

TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Arvutiteaduste instituut

Getriin Kokk

**Algoritmilise mõtlemise oskust arendav arvutivaba programmeerimise
õppematerjal II ja III kooliastmele**

Matemaatika- ja informaatikaõpetaja õppekava

Magistritöö (15 EAP)

Juhendaja: Tauno Palts, MA

Tartu 2020

Algoritmilise mõtlemise oskust arendav arvutivaba programmeerimise õppematerjal II ja III kooliastmele

Lühikokkuvõte:

Eesti põhikooli riiklik õppekava toetab digipädevuse, tehnoloogia ja innovatsioon arengut ning on suunatud pigem arvuti kasutamise, kui informaatika ja programmeerimise õppele. Sellest tulenevalt on töö eesmärk luua ning katsetada II ning III kooliastmele tunnikavad ja õppematerjalid algoritmilise mõtlemise arendamiseks arvutivaba programmeerimise kaudu. Töö tulemusena valminud arvutivaba programmeerimise ülesandeid lahendasid 6. ja 7. klassi õpilased ning materjale arendati vastavalt õpilaste antud hinnangule õppematerjali meeldivuse, arusaadavuse ja huvi kohta.

Võtmesõnad:

Arvutivaba programmeerimine, algoritmiline mõtlemine.

CERCS: S270 Pedagoogika ja didaktika.

Educational materials for computational thinking development unplugged programming for II and III stage of middle school.

Abstract:

Middle school curriculum by the government of Estonia supports digital competence, technological and innovative development but does not set exact guidelines for teaching. At the moment, middle school informatics focus mainly on teaching of how to use a computer rather than teaching informatics and programming. Due to curriculum not having exact guidelines for the subject, the objective for this thesis was to create lesson plans and educational materials on education of computational thinking with unplugged programming for the II and III stage of middle school. All materials created for this thesis were tested and assessed by the students on the following topics: captivation; likeability; understandability of the material.

Keywords:

Unplugged programming, computational thinking.

CERCS: S270 Pedagogy and didactics.

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Algoritmilise mõtlemise oskus ja arvutivaba programmeerimine	7
1.1 Algoritmilise mõtlemise oskus	7
1.2 Arvutivaba programmeerimine	10
2. Programmeerimine Eesti üldhariduskoolides	14
2.1 Teema „Kood”	16
2.2 Teema „Programmeerimine”	16
3. Metoodika	19
3.1 Õppematerjali koostamine	19
3.2 Tunnikavade ja hindamismatriksite koostamine	20
3.3 Ülesannete koostamine	21
3.4 Valim ja protseduur	22
3.5 Mõõtevahendid	23
3.6 Andmeanalüüs	24
4. Tulemused	25
4.1 Tunnikava ja hindamismatriks	25
4.2 Ülesanded	26
4.3 Õpetajamaterjal	27
4.4 Ülesannete lahenduste tulemused	29
4.5 Kordamine ja algoritmilise mõtlemise hindamine	33
4.6 Õpilaste tagasiside	35
Arutelu	38
Kokkuvõte	40
Viidatud kirjandus	41
Lisad	45
Lisa 1. Arvutivaba programmeerimise õppematerjali sissejuhatus	45

Lisa 2. Tunnikava vorm „Sissejuhatus programmeerimisse“	48
Lisa 3. Tunni „Sissejuhatus programmeerimisse“ ülesanded	53
Lisa 4. Lahendused ja soovitused õpetajale tunniks „Sissejuhatus programmeerimisse“	57
Lisa 5. Tunnikava vorm „Kordused“	64
Lisa 6. Tunni „Kordused“ ülesanded	71
Lisa 7. Lahendused ja soovitused õpetajale tunniks „Kordused“	76
Lisa 8. Tunnikava vorm „Kordamine“	80
Lisa 9. Tunni „Kordamine“ ülesanded	84
Lisa 10. Lahendused ja soovitused õpetajale tunniks „Kordamine“	88
Lisa 11. Ankeetküsimustik	93
Lisa 12. Arvutivaba programmeerimise ülesannete muudatusettepanekud	97
Litsents	99

Sissejuhatus

Eesti põhikooli riiklik õppekava toetab digipädevuse, tehnoloogia ja innovatsioon arengut, kuid see ei määra täpselt koolis õpetatavat (Kori jt, 2019; Mis saab Eesti IT haridusest?..., 2015; Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Põhikooli riiklik õppekava (2011) võimaldab õpetada koolides informaatikat valikõppeainena. Informaatika õppeaine on koolides üldiselt vähe normeeritud (Mis saab Eesti IT haridusest?..., 2015) ning digioskuste õpetamine on koolides pigem juhuslik, süsteemitu ning üldiselt vähesel määral integreeritud teistesse õppeainetesse (Leppik, Haaristo, Mägi, 2017). Hetkel on põhikooli informaatika õppekava suunatud pigem arvuti kasutamise õpetamisele kui informaatika ja programmeerimise õpetamisele (Mis saab Eesti IT haridusest?..., 2015, lk 11).

ProgeTiiger programmi raames on loodud kontseptsioon „Uued õppeteemad põhikooli informaatika ainekavas nüüdisaegsete IT-oskuste omandamise toetamiseks”, mille eesmärk on pakkuda senisesse informaatika ainekavasse täiendavaid õppeteemasid (Informaatika digiõpik I ja II kooliastmele, s.a.; Lorenz jt, 2017). Kontseptsiooni rakendamiseks on loodud I ja II kooliastmele digiõpik, mis on leitav <https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/> ja mille üheks osaks on ka programmeerimine ning robotika. See osa keskendub põhiliselt hariduslike programmeerimiskeelte ja robotite kasutamisele. Enne rakendusliku programmeerimise juurde asumist oleks hea varakult tutvuda niinimetatud programmeerimisel kasutatava mõtlemisega, mida teaduskirjanduses nimetatakse algoritmiliseks mõtlemiseks (ingl *computational thinking*).

Cuny, Snyder, Wing (Cuny, Snyder, Wing, 2010, viidatud Wing, 2010 j) defineerivad algoritmilist mõtlemist kui mõtlemise protsessi, mis aitab probleemi sõnastada ja lahendada nii, et lahendus oleks teostatav arvuti, masina või näiteks mõne teise inimese poolt. Algoritmiline mõtlemine sisaldab täpsete ja konkreetse sammammuliste juhendite andmist soovitud eesmärgi saavutamiseks. Üheks võimaluseks programmeerimisel kasutatava mõtlemise arendamiseks ning selle vastu huvi äratamiseks on arvutivaba programmeerimine ehk seadmeteta programmeerimine (ingl *unplugged coding, unplugged programming, computer science unplugged, coding without computers*) (Bell, Alexander, Freeman, Grimley, 2009). Arvutivaba programmeerimine võimaldab õppida mänguliselt programmeerimise põhitõdesid ja probleemilahenduse samme, ilma et peaks esmalt õppima tundma arvutit või spetsiifilist programmeerimiskeelt (Bell jt, 2009). Lisaks on leitud, et arvutivaba programmeerimine tõstab õpilaste eneseusku ehk õpilased usuvad, et nad saavad probleemilahendusega ise hakkama (Hermans, Aivaloglou, 2017).

Ingliskeelseid õppematerjale algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks arvutivaba programmeerimisülesannetega on loodud mitmeid. Näiteks arvutivaba programmeerimise ülesannete kogu (Bell, Witten, Fellows, 1998), Canterbury Ülikooli arvutivaba programmeerimise õpetamiseks suunatud veebileht CS Unplugged, mis koondab nii õpetajamaterjale kui ka ülesandeid õpilastele, lisaks Code.org loodud tunnikavad arvutivaba programmeerimise õpetamiseks (CS Fundamentals Unplugged, s.a.).

Eelnevast tulenevalt sõnastati uurimistöö probleem: 21. sajandi üldhariduskool peaks toetama õpilastele vajalike IT-oskuste arendamist, kuid selle eesmärgi saavutamiseks puuduvad vajalikud arvutivaba programmeerimise materjalid programmeerimise baasoskuste arendamiseks. Sellest tulenevalt seati töö eesmärgiks luua II ning III kooliastmele tunnikavad ja õppematerjalid algoritmilise mõtlemise arendamiseks arvutivaba programmeerimisega ning loodud õppematerjale katsetada.

Terminil algoritmiline mõtlemine (ingl *computational thinking*) ei ole veel eesti keeles ühtset mõistet. Seda on tõlgitud mitmeti: arvuti moodi mõtlemine, arvutuslik mõtlemine, raalmõtlemine, algoritmiline mõtlemine, arvutipõhine mõtlemine kui ka matemaatiline mõtlemine. Selguse huvides kasutatakse töös mõistet algoritmilise mõtlemise oskus. Sarnaselt ei ole terminil arvutivaba programmeerimine (ingl *unplugged coding, unplugged programming, computer science unplugged, coding without computers*) eesti keeles ühtset mõistet. Seda on tõlgitud järgnevalt: programmeerimine ilma arvutita, programmeerimist õpetavad tegevused ilma arvutita ja seadmeteta programmeerimine. Antud töös kasutatakse üldiselt mõistet arvutivaba programmeerimine.

Magistritöö koosneb neljast osast. Esimeses peatükis antakse ülevaade algoritmilise mõtlemise oskust arendavast arvutivabast programmeerimisest ning tutvustatakse õppematerjalide loomise pidepunkte. Teises peatükis kirjeldatakse programmeerimise õpet Eesti üldhariduskoolides. Metoodika peatükis kirjeldatakse õppematerjali loomise protsessi. Töö neljandas osas tutvustatakse valminud õppematerjali, selle erinevaid osi ja õppematerjali katsetamise tulemusi. Töö lõppeb kokkuvõttega, mis sisaldab endas ka mõtteid edasisteks uurimistöödeks.

1. Algoritmilise mõtlemise oskus ja arvutivaba programmeerimine

See peatükk annab ülevaate algoritmilise mõtlemise oskuse arendamisest programmeerimise abil ja ülevaate olemasolevatest arvutivabadest programmeerimise õppematerjalidest.

1.1 Algoritmilise mõtlemise oskus

2006. aastal avaldas Jeannette R. Wing artikli algoritmilise mõtlemise oskuse kasutamisest ja vajalikkusest probleemide lahendusel igapäevaelus (Wing, 2006). Pärast artikli avaldamist on näiteks Belgia, Tšehhi, Iirimaa, Malta, Poola, Brasiilia ja Hispaania teinud muudatusi õppekavades, et lisada sinna algoritmilise mõtlemise oskuse õpetamine (Balanskat, Engelhardt, 2015; Brackmann, Barone, Casali, Boucinha, Munoz-Hernandez, 2016; Brackmann jt, 2017). Ühelt poolt on algoritmilise mõtlemise oskus probleemilahenduse tööriist ja mõtlemise protsess, mis koosneb probleemi sõnastamisest, sellele sammsammulise lahenduse leidmisest, lahenduse katsetamisest ja väljatöötatud lahenduse rakendamisest teiste sarnaste probleemide lahendamiseks (Aho, 2011; Balanskat, Engelhardt, 2015; Wing, 2006). Teiselt poolt on algoritmilise mõtlemise oskus mõtlemise protsess, mis aitab mõista tehnoloogia arengut ja toimimist ning aitab valmistuda tööturul info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (edaspidi IKT) vahendite kasutamisega hakkama saama (Bocconi jt, 2016).

Algoritmilise mõtlemise oskus koosneb mitmetest osaoskustest, kuid puudub ühtne arusaam ja kokkulepe, millised oskused on algoritmilise mõtlemise osad ning millised mitte. Osaoskuste piiritlemise teevad keeruliseks algoritmilise mõtlemise erinevad lähenemised arvutiteaduses ja pedagoogikas. Näiteks on teaduskirjanduses välja pakutud järgnevaid algoritmilise mõtlemise osaoskusi: andmete kogumine (ingl *data collection*), andmete analüüsimine (ingl *data analysis*), abstraherimine ehk olulise eristamine ebaolulisest (ingl *abstraction*) osadeks jagamine (ingl *decomposition*), mustrite tuvastamine (ingl *pattern recognition*), erinevate probleemi osade ühisosa leidmine (ingl *parallelization*), lahenduse simuleerimine (ingl *simulation*), voo haldamine (ingl *flow control*), lahenduse esitamine algoritmina (ingl *algorithms*), lahendusest vigade kõrvaldamine (ingl *debugging*) (Barr, Stephenson, 2011; Grover, Pea, 2013).

Samas pedagoogikas tuuakse välja laiemad oskused nagu olulise eristamine (ingl *abstraction*), osadeks jagamine (ingl *decomposition*), lahenduse leidmine (ingl *algorithmic thinking*), hindamine (ingl *evaluation*) ja üldistamine (ingl *generalisation*) (Dagiene, Sentance, Stupuriene, 2017; Selby, Woollard, 2013).

Dagiene jt (2017) märgivad, et algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks on oluline mõista, kuidas osaoskused väljenduvad. Nende töös välja toodud algoritmilise mõtlemise oskuste märkamine ja väljendamine (tabel 1) võimaldab luua õppematerjale kindla algoritmilise mõtlemise osaoskuse arendamiseks ja hinnata oskuste arengut.

Tabel 1. Algoritmilise mõtlemise oskuste märkamine (Dagiene jt, 2017; Selby, Woollard, 2013).

Algoritmilise mõtlemise osaoskus	Kuidas see osaoskus väljendub?
Olulise eristamine (ingl <i>abstraction</i>)	Probleemi lahendamiseks olulise info eristamine ebaolulisest
Osadeks võtmine (ingl <i>decomposition</i>)	Probleemi võtmine väiksemateks lahendatavateks osadeks
Lahenduse leidmine (ingl <i>algorithmic thinking</i>)	Sammsammulise lahenduskäigu leidmine
Hindamine (ingl <i>evaluation</i>)	Tulemuse õigsuse hindamine; parima lahenduse valimine
Üldistamine (ingl <i>generalisation</i>)	Sama algoritmi (lahenduskäigu) kasutusvõimaluse nägemine erinevates situatsioonides

Tabelis 1 on algoritmilise mõtlemise osaoskused esitatud autorite poolt välja pakutud järjekorras, mis ei kajasta nende omandamise raskust. Selby (2015) on leidnud Bloomi taksonoomia järgi arvutivaba programmeerimise abstraktsuse tasemed madalamast kõrgema suunas: hindamine, lahenduse leidmine, funktsionaalsuse eristamine, oluliste andmete eristamine, osadeks võtmine.

Informaatikat ja algoritmilist mõtlemise oskuse arengut üldhariduskoolide igas kooliastmes toetab informaatikaviktoriin „Kobras“. See põhineb erinevates ülesannetes ja küsimustes arvutite riist- ja tarkvarast, arvutiturvalisusest ja -eetikast, arvutus- ja sidetehnika ajaloost, arvutitega seotud matemaatikast, loogikast ning informatsiooni mõistmisest ja tõlgendamisest üldisemalt (Bebras, s.a.; Kobras, s.a.). Viktoriini viiakse läbi 50 riigis ning ülesandeid viktoriinile luuakse mitmetes riikides (Kobras, s.a.). Informaatikaviktoriini „Kobras“ on tehtud 2004. aastast, selle ajaga on tekkinud märgatav hulk ülesandeid (Bebras, s.a; Dagiene jt, 2017).

Õpetajate ja „Kobrase“ kogukond kategoriseeris ülesanded vastavalt algoritmilise mõtlemise oskustele (Dagiene jt, 2017). Selleks koostasid Dagiene jt (2017) programmeerimise ja algoritmilise mõtlemise oskuste järgi mudeli ülesannete kategoriseerimiseks. Samas võimaldab see mudel õpetajatel mõista ülesannetes esinevaid algoritmilise mõtlemise oskuseid. Jooniselt 1 leiab ingliskeelsest artiklist (Dagiene jt, 2017) väljavõtte „Kobrase“ kahest ülesandest ja nende ülesannete kategoriseerimisest.

Name of task	Short description of task	Informatics domain	Keywords (<=3)	CT Skill (<=3)
Bowl factory (Malaysia)	A sets of 6 different sizes bowls are moving on a long conveyor belt. The bowls need to be sorted by swapping any two neighbouring bowls. Question is how many workers should be put along the conveyor to sort the set of bowls.	Algorithms and programming	An algorithm	Algorithmic thinking
			Sorting	
			Bubble sort algorithm	
Beaver the alchemist (Russia)	There is a schema which shows how objects can be converted to another objects. The given rules explained how many objects we need in order to get a particular object. The task can be solved by interpreting rules of converting.	Data, data structures and representations	Graph	Algorithmic thinking
			Schema	Decomposition
			Data structures	

Joonis 1. Näide informaatikaviktoriini „Kobras“ ülesannete kategoriseerimisest (Dagiene jt, 2017).

Lisaks Dagiene jt (2017) poolt loodud mudelile, mis toob ülesandes kasutatavad algoritmilise mõtlemise oskused välja ja ühtlasi võimaldab ülesandeid kategoriseerida, on Brackmann jt (2017) toonud välja algoritmilise mõtlemise oskuste eduka arendamise arvutivaba programmeerimise ülesannete abil. Brackmann jt (2017) toetusid testimisel neljale algoritmilise mõtlemise oskusele: osadeks võtmine (ingl *decomposition*), mustrite märkamine (ingl *pattern recognition*), olulise märkamine (ingl *abstraction*) ja lahenduse leidmine (ingl *algorithmic design*). Nad kasutasid algoritmilise mõtlemise testi (ingl *computational thinking test*), milles olid erinevad arvutivaba programmeerimise ülesanded (COMPUTATIONAL THINKING TEST (CTt), s.a.). Testis esitati õpilastele ülesanne ning neli vastusevarianti, mille seas oli ainult üks õige. Joonisel 2 on näide ühest algoritmilise mõtlemise oskuse testimiseks koostatud arvutivaba programmeerimise ülesandest, millel on märgitud ka õige vastusevariant.

Which instructions take 'Pac-Man' to the ghost by the path marked out?

Option A

Option B
 ✓

Option C

Option D

Joonis 2. Näide algoritmilise mõtlemise oskuse testimiseks koostatud arvutivaba programmeerimise ülesandest (COMPUTATIONAL THINKING TEST (CTt), s.a.).

Algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks ja programmeerimise baasoskuste õpetamiseks kasutatakse ühe võimalusena hariduslikke programmeerimiskeeli, näiteks Scratch, Logo, Alice, Kodu Game Lab, Snap!, AgentCubes. Programmeerimise baasoskusteks on näiteks: algoritm, andmed, muutujad, sisend ja väljund, tegevused ja avaldised, kordused ja alamprogrammid (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.). Hariduslike programmeerimiskeelte kasutamine võimaldab õpilastel keskenduda algoritmilise mõtlemise oskusele ning programmeerimise baasoskuste õppimisele ega nõua teadmisi spetsiifilisest programmeerimiskeelest nagu seda on näiteks Java, C++, Python (Basawapatna, Koh, Repenning, 2010; Lye, Koh, 2014).

Algoritmilise mõtlemise oskust on hariduslike programmeerimiskeelte kõrval võimalik arendada arvutivaba programmeerimisega (Brackmann jt, 2017), mille eesmärk on probleemilahenduse sammsammuline lahendamine arvutit kasutamata ja programmeerimise baasoskuste õpetamine (Bocconi jt, 2016).

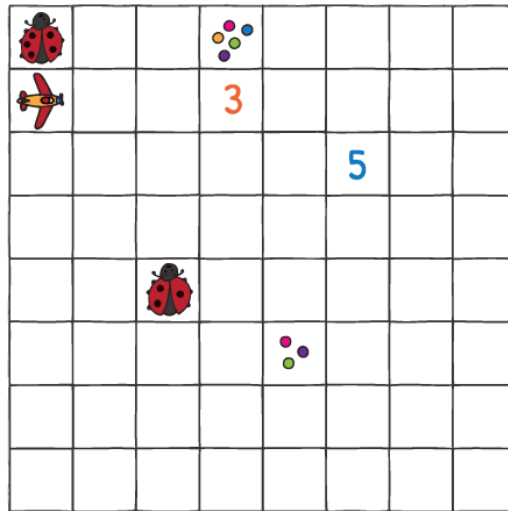
1.2 Arvutivaba programmeerimine

Algoritmilise mõtlemise oskuse arendamine on võimalik nii hariduslike programmeerimiskeeltega kui ka arvutivaba programmeerimisega. Arvutivaba programmeerimise ülesanded või mängud võivad olla loogikamängud, kaardimängud, need võivad sisalda liikumist ja võimaldavad laiemat kasutust, sest ei vaja arvutite olemasolu

(Brackmann jt, 2017; Rodriguez, Kennicutt, Rader, Camp, 2017). Järgmisena tutvustatakse erinevaid olemasolevaid arvutivaba programmeerimise õppematerjale, ülesandeid ja mänge.

Bell jt (1998) lõi arvutivaba programmeerimise ülesannete kogu eelkõige arvutiteaduse (ingl *computer science*) baasteadmiste õpetamiseks. Selle ülesannete kogu ülesanded on jagatud kuue teema vahel. Iga teema algab sissejuhatusega, millele järgneb ülesannete kirjeldus: ülesande fookuse kirjeldus, lühikokkuvõte, mõisted ja vajalikud tegevused ning materjalid enne ülesande lahendamist. Ülesande selgitus ja ülesande võimalikud täiendused on koos näidetega. Teema lõpeb teoreetiliste selgitustega ja lugemissoovitustega.

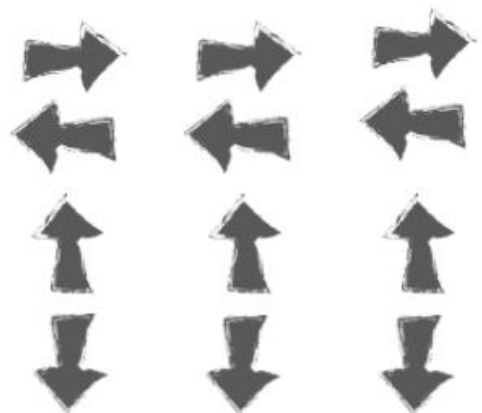
Canterbury Ülikooli arvutivaba programmeerimise õpetamiseks suunatud veebileht CS Unplugged (Computer Science without a computer, s.a.) koondab nii õpetajamaterjale kui ka ülesandeid õpilastele. CS Unplugged veebilehel (Computer Science without a computer, s.a.) on õpetajal võimalik valida mitmete teemade seast endale sobiv. Teema juures on tunni oletatav pikkus, õpilaste vanus, vajalikud materjalid ja tegevused, ülesande lühikirjeldus või küsimused teema sissejuhatuseks. Tegevuste kirjeldusele on lisatud näidisvideod, suunavad küsimused ja täpne õpetaja tegevus tunni läbiviimisel. Lisaks on tunni materjali lõpus selles tunnis esinenud arvutivaba programmeerimise oskuste loetelu näidetega, lisamaterjalid ja ülesannete laiendused. Näiteks tunnis „Rescue Mission“ (Rescue Mission, s.a.) õpitakse juhendi andmist kaasõpilase liikumist suunates käsklustega liigu otse, pööra paremale või pööra vasakule. Selle tunni laienduseks on mänguväli, millel on erinevad tegelased ja numbrid ning ülesandeks on üks tegelastest, näiteks lepatriinu, liigutada numbrini kolm (Move to a number, s.a.). Liikumisel peavad õpilased kasutama pööramist vasakule või paremale ning otse liikumist (Move to a number, s.a.). Näide CS Unplugged veebilehel oleva tunni „Rescue Mission“ ühest võimalikust laiendusest (Move to a number, s.a.) on joonisel 3.



Joonis 3. Näide CS Unplugged veebilehelt tunni „Rescue Mission“ ühest võimalikust laiendusest (Move to a number, s.a.).

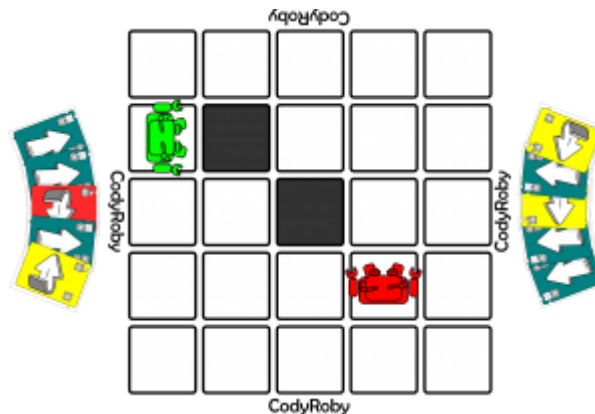
Code.org veebilehele (CS Fundamentals Unplugged, s.a.) koondatud arvutivaba programmeerimise materjalide seas on tundide tutvustused, tunnikavad, õppevideod ja hindamisjuhendid õpetajale. Code.org arvutivaba programmeerimise temade ülesehitus sarnaneb veebilehe CS Unplugged materjalide ülesehitusele. Õpetajal on võimalik töölehed õpilasele välja printida ning lisaks on veebilehel olemas ka õpetajamaterjal koos vastuste ja soovitusetega. Tunni „Lesson 3: Happy Maps“ õpilase töölehe viienda ülesande ekraanipilt on joonisel 4 (Happy Maps Assessment, s.a.; Lesson 3: Happy Maps, s.a.).

5. What should the Flurb do to get to the fruit?



Joonis 4. Ekraanipilt tunni „Lesson 3: Happy Maps“ õpilase töölehe ülesandest 5 (Happy Maps Assessment, s.a.).

Üleeuroopalise programmeerimisnädala projekti Code Week tegijad on loonud arvutivaba programmeerimise mängu CodyRoby, mille soovijad saavad alla laadida ning sellega mängida (Bogliolo, s.a.; Cody & Roby, s.a.). Üks võimalus CodyRoby'ga mängimiseks on duell. Mängimiseks on mänguväli, kaks käigunuppu, käsklused liikumiseks ja kaks takistuse kaarti (joonis 5). Mängu eesmärk on teise mängija käigunupp kätte saada, liikudes oma nupuga vastase käigunupu peale. Mängijad saavad liikumiseks kasutada käskluseid: liigu otse, pööra paremale või pööra vasakule. Ühel mängukorral peab välja käima vähemalt ühe kaardi ja võib käia maksimaalselt kuus.



Joonis 5. Näide programmeerimisnädala projekti Code Week tegijate loodud arvutivaba programmeerimise mängust CodyRoby (CodyRoby Duel, s.a.).

Lisaks erinevatele veebilehtedele ja koondmaterjalidele, loovad paljud õpetajad või arvutivaba programmeerimisest huvitujad ise internetis vabalt kättesaadavaid ülesandeid, näiteks superkangelaste programmeerimismäng ilma arvutita (SUPERHERO COMPUTER..., 2016) või arvutivaba programmeerimise tegevus, kus mängija peab liigutama mängunuppu selliselt, et korjab auhinnamune ja väldib laavakive (Egg carton..., 2019).

Kuigi ingliskeelseid arvutivaba programmeerimise ja algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks on materjale mitmeid, hirmutab õpetajaid siiski nende arendamisega tegelemine (Kotsopoulos jt, 2017). Kotsopoulos jt (2017) on välja pakkunud astmelise lähenemise algoritmilise mõtlemise oskuse arengu toetamiseks ja programmeerimise põhitõdede õppimiseks: arvutivaba programmeerimise tegevused, avastamine (ingl *tinkering*), loomine (ingl *making*), erinevate osade kokku panemine (ingl *remixing*). Kui arvutivaba programmeerimise tegevuste juures ei kasutata arvutit, siis avastamise, loomise ja erinevate osade kokku panemisel kasutatakse nii hariduslikke programmeerimiskeeli kui ka roboteid. Üks võimalus on tundides kasutada Arduinot.

2. Programmeerimine Eesti üldhariduskoolides

Selles peatükis antakse ülevaade Eesti üldhariduskoolides olevate programmeerimisega seotud tegevustest, põhikooli riiklikust õppekavast ning „Informaatika digiõpiku” teemade „Kood“ ja „Programmeerimine“ õppesisust.

Bell jt (2009) märgivad, et IKT hariduse mõiste on nii lai, et IKT haridus võib tähendada nii tabelitöötlust, tekstitöötlust kui ka veebisaidi loomist. PRAXISE 2017. aasta uuringust (Leppik jt, 2017) „IKT-haridus: digioskuste õpetamine, hoiakud ja võimalused üldhariduskoolis ja lasteaias” selgub, et kõige enam õpetatakse Eesti koolides digioskustest internetiotsingut, millele lisandub e-teenuste kasutamine, info otsimine ja videote või filmide vaatamine. Sisuloomest õpetatakse tekstitöötlust. Tegevusi, mis on seotud tehnoloogia haridusega, näiteks veebilehe loomine, robotite ehitamine, programmeerimine, mängu/rakenduse loomine, rakendavad aines vähe.

Eesti koolidest võib leida I, II ja III kooliastmes valikõppeaine informaatika või arvutiõpetus (Leppik jt, 2017). Põhikooli riikliku õppekava informaatika valikaine (Põhikooli riiklik õppekava. Lisa 10, 2011) õppe- ja kasvatuseesmärkides taotletakse, et õpilane valdab peamisi töövõtteid arvutil, teadvustab ja oskab vältida IKT kasutamisel tekkivaid riske ja ohte, koostab toimiva õpikeskkonna kasutades IKT vahendeid, osaleb virtuaalsetes võrgustikes ja järgib autoriõiguse seadusi veebikeskkondades materjalide kasutamisel ning avaldamisel. Kuigi informaatika on põhikooli riiklikus õppekavas, siis kohustuslik õppeaine see ei ole (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Eestis ja ka Belgias, Soomes, Iirimaa, Rootsis otsustab informaatikatunni kooli õppekavasse kuulumisse kool, samas kui paljudes Euroopa riikides on informaatika õpetamine otsustatud riigi poolt (The Committee on European Computing Education, 2017).

2017. aasta PRAXISE uuringust (Leppik jt, 2017) selgub, et digioskuse õpetamine on Eesti koolides pigem juhuslik, süsteemitu ning vähesel määral integreeritud teistesse õppeainetesse. Kuigi põhikooli riikliku õppekava üldosa (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) ei sätesta digipädevuse õpetamist I kooliastmes, on teinud siiski viiendik Eesti koolidest valiku õpetada informaatikat või arendada digipädevust juba I kooliastmes (Leppik jt, 2017).

PRAXISE 2017. aasta uuring (Leppik jt, 2017) soovib luua tervikliku kontseptsiooni põhikoolis digipädevuse õpetamiseks, mis mitmekesistaks ja süstematiseeriks digioskuse ja ka informaatika õpetamist. Digioskuse õpetamisel võiks olla uuringu soovitusel olulisel kohal

probleemilahendus kui osaoskus. Leppik jt (2017, lk 57) annavad mõistele „probleemilahendus“ järgneva selgituse:

Pidades eelkõige silmas probleemilahendust kui protsessi, kus õpilane (või koostöös teiste õpilastega) peab esmalt kindlaks määrama oma vajaduse, mõtlema läbi ja planeerima protsessi erinevad osad ning seejärel tutvuma probleemi lahendamiseks võimalike digitaalsete lahendustega ning lõpuks kriitilisele hindamisele tuginevalt valima ülesande teostamiseks kõige sobivama lahenduse. Oluline on, et õpilased mõistaksid ja oskaksid digivahendit tähtsustada kui kasulikku abivahendit.

Kuigi põhikooli riiklik õppekava keskendub arvuti kasutamise oskuse mitte informaatika või programmeerimise õpetamisele, toetatakse siiski informaatika õpetamist põhikoolis. Haridus- ja Teadusministeeriumi tellimusel Euroopa Sotsiaalfondi meetme „Kaasaegse ja uuendusliku õppevara arendamine ja kasutuselevõtt“ raames on loodud kontseptsioon „Uued õppeteemad põhikooli informaatika ainekavas nüüdisaegsete IT-oskuste omandamise toetamiseks” (Lorenz jt, 2017) ja kontseptsiooni põhjal informaatika digiõpik I ja II kooliastmele (<https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/>). Lorenz jt (2017) toovad kontseptsiooni loomise põhjusteks:

- 1) koolides mitmekesisem ja laialdasem informaatika ning digipädevuse õpetamine, kui põhikooli 2011. aasta informaatika valikõppeaine kava määratleb;
- 2) HITSA ProgeTiigri programmi soov äratada huvi programmeerimise, robotika ja uute tehnoloogiate vastu;
- 3) teadlikkuse tõstmine IT-st, suunates sellega õpilaste teadlikku karjäärivalikut;
- 4) PRAXIS’e 2017. aasta uuringu soovitus mitmekesistada ja süstematiseerida õpilaste digioskuseid ja informaatika õpetamist.

Loodud informaatika digiõpik (Informaatika digiõpik (digiopik.it.ee), s.a.) jagab õpetatavad valdkonnad kolmeks: digiohutus, programmeerimine ja robotika ning digimeedia ja animatsioon. Järgmisena antakse ülevaade valdkonnast programmeerimine ja robotika.

I kooliastmes on programmeerimine ja robotika valdkonna teemaks „Kood” ning II kooliastmes „Programmeerimine” (Informaatika digiõpik (digiopik.it.ee), s.a.). Valdonna „Programmeerimise ja robotika“ eesmärk on arendada strateegilist ja loogilist mõtlemist, anda võimalus ise tarkvara luua ning roboteid programmeerida (Lorenz jt, 2017).

I kooliastmes tutvustatakse programmeerimist mänguliselt. Kasutatakse erinevaid hariduslikke programmeerimiskeeli ja robotikakomplekte. Teema „Kood” on sissejuhatus

programmeerimisse ja robotikasse. II kooliastme teema „Programmeerimine” eesmärk on tutvustada ühe haridusliku programmeerimiskeele näitel programmeerimise põhitõdesid (Lorenz jt, 2017).

2.1 Teema „Kood”

Järgnev materjal on refereeritud digiõpiku õppeteema „Kood“ sissejuhatuses (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Kood, s.a.). Teema „Kood” on I kooliastmele ehk 1.-3. klassi õpilastele ning ainekava on planeeritud 35 õppetunniks. Teema „Kood” on sissejuhatus programmeerimisse ja robotikasse. Teema eesmärk on tutvuda programmeerimise põhitõdedega ning mõista programmeerimise olemust. Teema on jaotatud kolmeks: programmeerimine, mängu loomine ja hariduslikud robotid. Teema käsitleb roboteid BeeBot ja Edison, rakendusi Daisy the Dino ja BitByBit, programme KoduGameLab ning EdWare, millest viimane on vajalik Edison roboti juhtimiseks. 28 õppetundi on robotite, rakenduste, programmidega tutvumiseks ning 7 õppetundi vaheprojektideks, mis kinnistavad õpitut.

Järgmisena esitatakse digiõpiku õppeteema „Kood” õpitulemused I kooliastmes (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Kood, s.a.).

Õpilane

- *kasutab mängulises keskkonnas programmeerides lähtuvalt algoritmilisest probleemilahendusest mõisteid programm, muutuja, valik, tsükel, sisend ja väljund;*
- *kirjeldab elulisi näiteid programmide kasutamisest;*
- *selgitab etteantud lihtsa programmi/rakenduse sisu ning ennustab selle töö tulemit;*
- *kavandab ja loob juhiseid järgides lihtsamaid rakendusi, kasutades digitaalseid või füüsilisi vahendeid (nt lastele mõeldud hariduslikud programmeerimiskeskonnad või robotikakomplektid);*
- *selgitab programmi testimise vajadust, leiab koodist lihtsamad vead laadib internetist alla teiste loodud programme ja kohandab neid, arvestades autoriõigustega.*

2.2 Teema „Programmeerimine”

Järgnev materjal on refereeritud digiõpiku õppeteema „Programmeerimine“ sissejuhatuses (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.). Teema „Programmeerimine” on II kooliastmele ehk 4.-6. klassi õpilastele ning ainekava on planeeritud 35 õppetunniks. Teema eesmärk on anda mänguliselt ülevaade põhilistest programmeerimise võtetest. Ülevaate andmiseks tutvustatakse õpilastele ühe haridusliku programmeerimiskeele ja robotikakomplekti näitel programmeerimise põhitõdesid, algoritmide rakendamist ja programmi loomise etappe Teema on jaotatud kolmeks: programmeerimine haridusliku programmeerimiskeelega Scratch, programmeerimine erinevates ainetes, robotika ehk

robotite programmeerimine. Teema käsitleb sissejuhatuseks arvutivaba programmeerimist, keskkonda code.org, haridusliku programmeerimiskeelt Scratch, mobiilset leiutamiskomplekti Makey Makey, robotit mBOT ja tema programmeerimiseks keskkonda mBlock. Ainekavas on planeeritud 35 õppetundi, millest kaks õppetundi on sissejuhatuseks, 18 õppetundi haridusliku programmeerimiskeele Scratch tutvumiseks, 10 õppetundi robootikaks ning 5 õppetundi lõpuprojektiks.

Digiõpiku õppeteema „Programmeerimine” õpitulemused II kooliastmes on sõnastatud alljärgnevalt (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.).

Õpilane

- *mõistab ja kasutab teadlikult järgnevaid mõisteid: programm, protsess, algoritm, roll (looja, täitja, kasutaja), muutuja, avaldis, valik, tsükel, alamprogramm, programmeerimiskeel, sisend ja väljund;*
- *analüüsib etteantud programmi ja ennustab selle töö tulemust, teeb selles otstarbekaid (oma eesmärgile vastavaid) muudatusi ja täiendusi;*
- *koostab programmi etteantud tegevusskeemi, pseudokoodi või sõnalise kirjelduse alusel;*
- *kirjeldab algoritmide ning programmide kasutamise lisandväärtust erinevates eluvaldkondades;*
- *koostab lihtsamaid avaldise ja algoritme (valik, kordus), mida on võimalik kasutada reaalses juhtprogrammis ;*
- *selgitab rakenduse töö testimise vajadust ja olemust ning parandab tekkinud vead;*
- *koostab lihtsama ülesande (nt sõida mööda joont) täitmiseks valmisdetailidest mehaanilise seadme ja selle juhtprogrammi.*

Digiõpiku teemade „Kood“ ja „Programmeerimine“ sissejuhatavas tunnis on mõned arvutivaba programmeerimise tegevused ja ülesanded (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Kood, s.a.; Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.). Teema „Kood“ alguses on tegevused liikumisega, näiteks õpilased juhendavad kaaslast kindlate käsklustega kuhugi minema (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Kood, s.a.). Teema „Programmeerimine“ esimeses tunnis on samuti liikumisega ülesandeid ning lisaks kirjutavad õpilased algoritmi ruudustiku värvimiseks (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.). Mõlema teema teine tund on suunatud juba hariduslike robotite või hariduslike programmeerimise mängude tutvustamiseks.

Koostatud on mitmeid ingliskeelseid arvutivaba programmeerimise õppematerjale algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks, tunnikavasid ja programmeerimise baastõdesid arendavaid õppematerjale. Eesti keeles arvutivaba programmeerimise materjalid puuduvad. Algoritmilise mõtlemise oskuse arendamise võimaldamiseks eestikeelsete arvutivaba programmeerimise materjalidega seati töö eesmärgiks luua II ning III kooliastmele tunnikavad ja õppematerjalid

algoritmilise mõtlemise arendamiseks arvutivaba programmeerimisega ning loodud õppematerjale katsetada.

Lähtudes eesmärkidest püstitati järgmised uurimisküsimused:

- 1) Milliseid arvutivabu programmeerimisülesandeid kasutatakse algoritmilise mõtlemise arendamiseks ja milliseid algoritmilise mõtlemise oskusi need ülesanded arendavad?
- 2) Kuidas erineb algoritmilise mõtlemise tase 6. ja 7. klassides?
- 3) Kui huvi tekitab, meeldib ja arusaadav on loodud õppematerjal õpilastele nende endi hinnangul?

3. Metoodika

Metoodika peatükis antakse ülevaade õppematerjali koostamisest ning tutvustatakse meetodeid tulemuste analüüsimiseks.

3.1 Õppematerjali koostamine

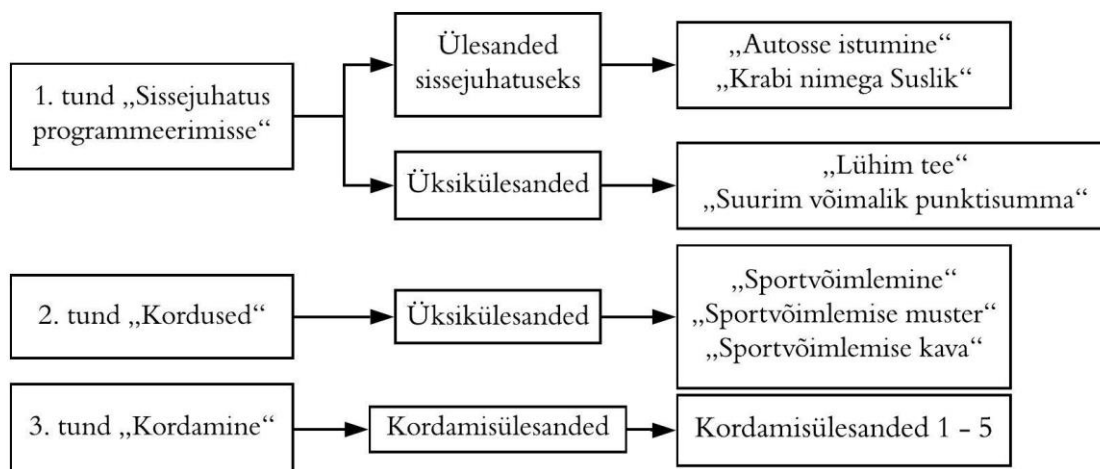
Õppematerjali koostamiseks tutvuti esmalt arvutivaba programmeerimist tutvustava teoreetilise materjaliga. Otsinguks kasutati märksõnu *unplugged coding, unplugged coding activities, computer science unplugged, programming in education, unplugged computer science*. Seejärel tutvuti õppematerjali koostamise soovitusetega ja olemasolevate materjalide ülesehitusega. Õppematerjali kokkupanemiseks otsiti näideteks olemasolevaid ingliskeelseid arvutivaba programmeerimise materjale, mis vastaksid kontseptsiooni õpiväljunditele. Kirjandusest leitud arvutivaba programmeerimise ülesannete ja mängude ülesehitus oli sarnane: sissejuhatus, lühikokkuvõtte ülesandest või teemast, vanuseaste, tunni kestus, tunnis kasutatavad mõisted, vajalikud tegevused enne tundi, vajalikud materjalid, tunni tegevuste kirjeldus, ülesannete või tegevuste lahendused õpetajale. Õppematerjali loomisel arvestati nii teaduskirjanduses kui ka õpetajate endi loodud arvutivaba programmeerimise ülesannete ja tegevuste ülesehitusega. Algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks arvestati loodud hindamismatriksite ja algoritmilise mõtlemise oskuste väljendamise ning märkamisega.

Otsus, milliste programmeerimise teemade kohta koostada õppematerjal, tehti digiõpiku „Informaatika digiõpik” I kooliastme teema „Kood” ja II kooliastme teema „Programmeerimine” õpiväljundite põhjal. Kuna selle digiõpiku koostamise aluseks on kontseptsioon „Uued õppeained põhikooli informaatika ainekavas nüüdisaegsete IT-oskuste omandamise toetamiseks” (Lorenz jt, 2017), siis andis see võimaluse luua õppematerjale, mida saaks võtta praktiliselt kasutusse nii põhikooli informaatikatundides kui ka teistesse ainetesse lõimitult. Seega koostatud arvutivaba programmeerimise õppematerjali õpiväljundid lähtusid kontseptsioonist ja õppeainete õpiväljunditest.

Õppematerjalide loomine toimus ajavahemikus jaanuar – mai 2020. Töö raames koostati õppematerjalide komplekt. Õppematerjalide komplekt on jaotatud osadeks ning on leitav lisadest 1–10. Arvutivaba programmeerimise õppematerjal koosneb õpetajamaterjalist (lisad 1–10) ja õpilase töölehtedest (lisad 3, 6, 9). Õpetajamaterjalid koosnevad tunnikavadest, ülesannete lahendustest, soovitusetega õpetajale ja hindamismatriksist. Õppematerjalid on järjestatud tundide kaupa, kuid neid on võimalik kasutada ka üksikult erinevate õppeainete

tundidesse lõimides. Iga tund on üles ehitatud nii, et seda oleks võimalik läbi viia klassis tunnitööna või iseseisva kodutööna.

Õppematerjal sisaldab kolme suuremat teemat: sissejuhatus programmeerimisse, kordused ning kordamine. Õppematerjal „Sissejuhatus programmeerimisse” sisaldab tunnikava tunni läbiviimiseks, õpilaste üksikülesandeid „Autosse istumine“, „Krabi nimega Suslik“, „Lühim tee“ ja „Suurim võimalik punktisumma“ ning õpetajamaterjali koos töölehtede lahenduste ja soovitustega. Õppematerjal „Kordused“ sisaldab tunnikava, õpilaste üksikülesandeid „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“ ja „Sportvõimlemise kava“ ning õpetajamaterjali koos töölehtede lahenduste ja soovitustega. Õppematerjal „Kordamine“ sisaldab tunnikava, viit kordamisülesannet õpilastele ning õpetajamaterjali koos ülesannete lahenduste ja soovitustega. Iga tunnikava all on toodud ülesannete hindamismatriks. Ülesannete jaotus on esitatud joonisel 6.



Joonis 6. Koostatud arvutivaba programmeerimise ülesannete jaotus

Kokku koostati 12 ülesannet, millest kaks olid sissejuhatusesks, viis üksikülesannet iseseisvaks lahendamiseks ja viis kordamisülesannet.

3.2 Tunnikavade ja hindamismatriksite koostamine

Tunnikavade koostamine tugines teorias esitatud soovitustele ja nõuetele. Tunnikava aluspõhjuna kasutati digiõpiku „Informaatika digiõpik” I ja II kooliastme programmeerimise õppematerjali tunnikava vormi.

Tunni eesmärkide sõnastamisel toetuti „Uued õppeteemad põhikooli informaatika ainekavas nüüdisaegsete IT-oskuste omandamise toetamiseks” kontseptsioonile (Lorenz jt, 2017) ja

„Informaatika digiõpiku” õppeteemade „Kood” ja „Programmeerimine” tunnikavade õpiväljunditele (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Kood, s.a.; Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.). Tunnikavas toodud üld- ja ainepädevused on samad informaatika digiõpiku õppeteemades „Kood” ja „Programmeerimine” olevate pädevustega (Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Kood, s.a.; Informaatika I kooliastme digiõpiku õppeteema Programmeerimine, s.a.).

Tunnikava all on esitatud hindamise põhimõtted. Hindamismaatriks on koostatud üksikülesannetele „Lühim tee“, „Suurim võimalik punktisumma“, „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“, „Sportvõimlemise kava“ ja tunni „Kordamine” viiele kordamisülesandele. Ülesanded „Autosse istumine“ ja „Krabi nimega Suslik“ on koostatud programmeerimise tutvustamiseks ja sissejuhatuseks ning õpetajaga koos lahendamiseks. Seega ei peetud neile ülesannetel hindamismaatriksi koostamist oluliseks. Hindamismaatriks annab võimaluse eristada ülesannete lahenduste taset ning lahendamiseks kasutatud oskuseid ja annab õpetajale võimaluse õpilasi suunata kõrgeima lahendustasemeni. Eesmärgiks ei ole ülesannete eest hinnete või hinnangute andmine.

3.3 Ülesannete koostamine

Lisaks tunnikavadele ja hindamismaatriksitele loodi õppetöö läbiviimiseks töölehed ülesannetega. Töölehtedele märgiti ülesanne, liikumise juhend, mänguväli ja ruudustik käskluste märkimiseks.

Ülesannete koostamisel keskenduti algoritmilise mõtlemise arendamisele arvutivaba programmeerimise abil. Algoritmilise mõtlemise arendamiseks jagati Selby ja Woollardi (2013) ning Dagiene jt (2017) järgi algoritmilise mõtlemise oskus viieks osaks: olulise eristamine, osadeks jagamine, lahenduse leidmine, hindamine ja üldistamine.

Iga tunnikava õpetaja soovitustes on toodud algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumine arvutivaba programmeerimise ülesannetes. Tabelis 2 on esitatud algoritmilise mõtlemise oskuste esinemine koostatud õppematerjali ülesannetes.

Tabel 2. Algoritmilise mõtlemise oskuste esinemine koostatud ülesannetes.

Tund	Ülesanne	Ülesandes esinevad peamised algoritmilise mõtlemise oskused
1. tund „Sissejuhatus programmeerimisse“	Autosse istumine	Lahenduse leidmine
1. tund „Sissejuhatus programmeerimisse“	Krabi nimega Suslik	Lahenduse leidmine
1. tund „Sissejuhatus programmeerimisse“	Kõige lühem tee	Osadeks võtmine, hindamine
1. tund „Sissejuhatus programmeerimisse“	Suurim võimalik punktisumma	Osadeks võtmine, hindamine
2. tund „Kordused“	Sportvõimlemine	Üldistamine
2. tund „Kordused“	Sportvõimlemise muster	Osadeks võtmine, lahenduse leidmine
2. tund „Kordused“	Sportvõimlemise kava	Lahenduse leidmine, üldistamine
3. tund „Kordamine“, kordamisülesanded	Kordamisülesanne 1	Olulise eristamine, osadeks võtmine
	Kordamisülesanne 2	Lahenduse leidmine
	Kordamisülesanne 3	Olulise eristamine
	Kordamisülesanne 4	Osadeks võtmine
	Kordamisülesanne 5	Üldistamine, hindamine

Ülesannete täitmise juhendid on soovituslikud. Õpetajamaterjalis esitatud lahendused ja soovituslikud kommentaarid on kaldkirjas.

3.4 Valim ja protseduur

Selleks, et õppematerjale praktiliselt läbi proovida, moodustati mugavusvalim Tartumaa kooli 6. ja 7. klasside õpilastest. Uuringus kasutatavaid andmeid koguti 2020. aasta mais arvutivaba programmeerimise projektõppe raames. Kõik tunnid viis läbi töö autor ja tunnid toimusid koroonakriisi tõttu distantsõppes. Õppematerjalid edastati õpilastele Stuudiumi vahendusel, kus õpilased laadisid töölehtede lahendused üles Stuudiumi õppematerjalide keskkonda Tera. Esitatud lahendused olid nähtavad ainult õpetajale ehk töö autorile. Anonüümsuse tagamiseks salvestati tulemused tabelisse anonüümselt kasutades õpilasele ID-d. Tunde piloteeriti kolmel järjestikusel päeval. Pärast ülesannete lahendamist täitsid õpilased ankeetküsimustiku.

Koostatud ankeetküsimustik on lisas 11. Küsimustiku täitmine toimus kolmandal päeval pärast ülesannete lahendamist.

Õppematerjali piloteerisid 155 õpilast. Uuring viidi läbi koolis, mille õppekavas on informaatika õppeaine iga kooliastme esimeses klassis. Põhikooli informaatika õppeained keskendub arvuti kasutamise oskuse arendamiseks ja teksti- ning esitlustarkvara kasutamise õpetamisele. Koolis on programmeerimisele suunatud huviringid nii I, II kui ka III kooliastmele. Kuna töö eesmärk on luua II ning III kooliastmele tunnikavad ja õppematerjalid algoritmilise mõtlemise arendamiseks arvutivaba programmeerimisega ning loodud õppematerjale katsetada, eemaldati valimist kõik, kes ei lahendanud tunni „Kordamine” viit kordamisülesannet, kes ei vastanud tagasiside kogumiseks ankeedile või kelle esitatud lahendustest tuvastati plagiaat. 106 õpilase esitatud lahendused vastasid kriteeriumitele ning nende õpilaste lahendusi ja tagasisidet uuriti töös.

3.5 Mõõtevahendid

Uuringu andmete kogumiseks kasutati erinevaid andmekogumismeetodeid. Esiteks, töölehtedel olevate ülesannete lahendusandmete kogumiseks kasutati üksikülesannete „Lühim tee“, „Suurim võimalik punktisumma“, „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“, „Sportvõimlemise kava“ ning tunni „Kordamine” kordamisülesannete lahendusi.

Hindamismaatriksi järgi hinnati üksikülesannete „Lühim tee“, „Suurim võimalik punktisumma“, „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“, „Sportvõimlemise kava“ lahendusi punktidega 0, 1, 2 või 3. „Kordamine” tunnis lahendatud esimest nelja kordamisülesannet hinnati punktidega 0 või 1 ja viiendat ülesannet hinnati punktidega 0, 1, 2 või 3. Tunni „Kordamine“ viis kordamisülesannet moodustasid ülesannete komplekti, mille maksimum tulemus oli 7 punkti. Hindamismaatriksit kasutati ülesannete lahenduste taseme eristamiseks.

Esitatud ülesannete lahendusi hinnati töö autori poolt koostatud hindamismaatriksi järgi. Maatriksi valideerimiseks hindas esialgu töö autor ülesannete lahendusi koostatud hindamismaatriksi järgi. Seejärel valis töö juhendaja juhuslikult kümne õpilase ülesannete lahendused ning hindas neid. Hinnangute sarnasus oli 84%. Pärast valideerimist kooskõlastati hindamismaatriks ning töö autor hindas esitatud lahendused teist korda täiendatud hindamismaatriksi järgi.

Teiseks, õppematerjali tagasiside andmete kogumiseks kasutati ankeetküsimustikku. Ankeetküsimustiku eesmärgiks oli teada saada õpilaste hinnangud arvutivaba programmeerimise õppematerjalile. Küsimustiku alguses tutvustati küsimustiku eesmärki.

Küsimustikus esitati vastajatele 21 väidet, millega uuriti õppematerjali üldist arusaadavust ja huvitavust. Väiteid hinnati Likerti 5-palli skaalal: 5 - täiesti nõus; 4 - pigem nõus; 3 – nii ja naa; 2 – pigem ei ole nõus; 1 – ei nõustu üldse. Küsimustikus oli kaheksa avatud vastusega küsimust, millele oodati pikemat vastust ja põhjendust. Üks küsimus oli valikvastusega, millega sooviti teada, kas õpilased vajasisid ülesannete lahendamisel kõrvalist abi, jätsid ülesanded tegemata või said ise hakkama. Variandi „Jätsin tegemata” vastajatel paluti nimetada tegemata jätmise põhjused.

Ankeetküsimustik loodi töö autori poolt, kuid ülesehituse osas tugineti Kolki (2014) ja Tammearu (2016) magistr tööde raames koostatud õpilaste küsimustikele, sest need olid koostatud samuti õpilaste endi hinnangu kogumiseks õppematerjali sobilikkusest. Küsimustiku mõistetavuse tagamiseks saadeti see magistr töö juhendajale lugemiseks. Juhendaja tagasisidest selgus, et väited olid selged ja arusaadavad ning küsimused sobivad.

Valiidsuse tagamiseks mõõdeti küsimustiku sisemist kooskõla Cronbachi kordajaga, milleks oli 0,913. Ankeetküsitlus viidi läbi *Google Forms* keskkonnas ja küsimustikule vastamine oli anonüümne. Küsimustiku täitmiseks kulus umbes 10 minutit.

3.6 Andmeanalüüs

Ülesannete lahenduste hindamisel hindamismaatriksi järgi saadud tulemuste põhjal leiti üldine lahenduste aritmeetiline keskmine, üksikülesannete lõikes võrreldi kõigepealt iga ülesande keskmist lahendatust protsentides ning leiti aritmeetiline keskmine, standardhälve, miinimum- ja maksimumskoorid. Võrreldi 6. ja 7. klasside õpilaste kordamisülesannete keskmist lahendatust.

Ankeetküsimustiku Likerti 5-palli skaalal hinnatud väidete tulemuste põhjal leiti aritmeetiline keskmine ja standardhälve. Avatud küsimuste korral grupeeriti sarnased vastused. Tulemuste kirjutamisel koondati muudatusettepanekud tabelisse ning tähelepanuväärsemad esitati töös tsitaatidena.

4. Tulemused

Selles peatükis kirjeldatakse koostatud tunnikavasid, ülesandeid ja õpetaja juhendmaterjali, ülesannete lahenduste tulemusi ja õpilaste hinnangut õppematerjalile.

4.1 Tunnikava ja hindamismatriks

Lõputöö raames koostati algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks arvutivaba programmeerimise tegevusi sisaldavad kolm tunnikava, need leiab lisadest 2, 5 ja 8. Kuna kõik tunnikavad koostati sarnastel alustel, siis järgnevalt vaatame ühte näidet. Tunnikava päises on välja toodud õppeaine ja -valdkond, klass, vanuse- või haridusaste, tunni kestus, tunni teema, tase, tunnikava autor, tunni eesmärgid, üld- ja ainepädevuste toetamine, õpitulemused, mõisted, õpilaste eelteadmised ja -oskused, eelnevalt vajalikud tegevused õpetajale ja õpilasele, tunniks vajalikud materjalid ja vahendid. Tunni käigu tabeli vertikaalreal on tunni osad: ettevalmistus, põhiosa ja lõpetav osa. Tabeli horisontaalreal on tunni osad, tegevuste kirjeldused, tegevusele kuluv aeg, õpetaja tegevus ja õpilase tegevus. Näide tunnikava „Sissejuhatus programmeerimisse” ettevalmistavast osast on joonisel 7.

Tunni käik:

<i>Tunni osad</i>	<i>Tegevuste kirjeldused</i>	<i>Tegevusele kuluv aeg</i>	<i>Õpetaja tegevus</i>	<i>Õpilaste tegevus</i>
I Ettevalmistus Sissejuhatus Tähelepanu haaramine Häälestus (eesmärgipüstitus, motiveerimine) Eelteadmiste väljaselgitamine Vajaminevate teadmiste kordamine	Sissejuhatus ja tunni alustamine.	3 min	Õpetaja alustab tundi. Tuvustab, mis on arvutivaba programmeerimine.	Kuulamine, kaasa arutlemine.
	Õpilaste suunamine algoritmi koostamisel.	5 min	Õpetaja jagab töölehed. Õpetaja suunab õpilasi autosse istumise algoritmi koostamisel.	Õpilased löikavad töölehelte välja laused ja koostavad autosse istumisest algoritmi.
	Mõiste algoritm.	7 min	Õpetaja selgitab mõiste algoritmi tähendust. Õpetaja näitab õpilastele, kuidas etteantud algoritmi lugeda ja ise koostada, et õpilased saaksid edasi iseseisvalt ülesandeid lahendada.	Töölehelte ülesannete lahendamine, algoritmi järgimine ja ise algoritmi koostamine.

Joonis 7. Näide tunnikava „Sissejuhatus programmeerimisse” ettevalmistavast osast.

Tunni „Sissejuhatus programmeerimisse” eesmärkideks on etteantud tegevusjuhendist või algoritmist aru saamine, algoritmi koostamine ja rakendamine. Õpilane järgib varem koostatud algoritmi ülesande lahendamisel ja koostab enda algoritmi ülesande lahendamiseks.

Tunni „Kordused” eesmärkideks on etteantud algoritmi õigsuse kontrollimine, korduse kasutamine algoritmi koostamisel. Lisaks eelmise tunni õpiväljunditele lisandub selles tunnis korduse kasutamine algoritmide koostamisel. Teise tunni alguses peaksid õpilased teadma, mis on mõiste algoritm ning kuidas ise algoritmi koostada, kasutades selleks käskluseid liigu otse, pööra vasakule, pööra paremale.

Tunni „Kordamine” eesmärkideks on etteantud tegevusjuhendist või algoritmist aru saamine, etteantud algoritmi õigsuse kontrollimine, algoritmi koostamine ja rakendamine. Tunni „Kordamine” õpitulemused: õpilane järgib varem koostatud algoritmi ülesande lahendamisel, õpilane koostab enda algoritmi ülesande lahendamiseks, õpilane kasutab kordust algoritmi koostamisel, õpilane kontrollib etteantud algoritmi õigsust.

Tunnikavadele on lisatud ka hindamismatriks ülesannete hindamiseks. Üksikülesannete hindamismatriksi horisontaalreal on ülesande osade eest jagatavad punktid: 0 punkti, 1 punkt, 2 punkti ja 3 punkti. Kordamisülesannete hindamismatriksi horisontaalreal on ülesannete numbrid ning järgmisel real on nende ülesannete punktide jaotus. Esimest nelja kordamisülesannet hinnatakse punktidega 0 või 1 ning viimast ülesannet hinnatakse punktidega 0, 1, 2 või 3. Hindamismatriksis on toodud viienda ülesande punktide jaotuse kirjeldus. Näide tunnikava „Kordus” ülesande „Sportvõimlemise kava” osalisest hindamismatriksist on joonisel 8.

Hindamismatriks ülesandele „Sportvõimlemise kava”

0 punkti	1 punkt	2 punkti	3 punkti
Algoritm on poolik või puudub.	Sportvõimlemise kavas on arusaadav Linne asukoht, Linne suund, ruudustikku on märgitud pliiaatsiga Linne kava teekond.	Sportvõimlemise kavas on arusaadav Linne asukoht, Linne suund, ruudustikku on märgitud pliiaatsiga Linne kava teekond.	Sportvõimlemise kavas on arusaadav Linne asukoht, Linne suund, ruudustikku on märgitud pliiaatsiga Linne kava teekond.
Kava teekond või algoritm ei vasta ülesande juhendile.	Koostatud on sportvõimlemise kava algoritm, kuid algoritmis ei ole kasutatud kordust või õigeid käskluseid.	Koostatud on sportvõimlemise kava algoritm, milles on kasutatud kordust.	Koostatud on sportvõimlemise kava algoritm, milles on kasutatud kordust.

Joonis 8. Näide tunnikava „Kordus” ülesande „Sportvõimlemise kava” osalisest hindamismatriksist

Järeldub, et õpilaste iseseisva- või kodutööna esitatud ülesannete lahendusi on võimalik hinnata hindamismatriksi järgi.

4.2 Ülesanded

Lisaks tunnikavadele koostati ka töölehed ülesannetega. Kokku koostati kaksteist ülesannet: kaks ülesannet sissejuhatuseks, viis üksikülesannet jooksvalt tunnis lahendamiseks ja viis kordamisülesannet. Kõik üksikülesannetega töölehed algasid ülesande kirjeldusega, millele järgnes algoritmi ehk liikumise juhend. Joonisel 9 on näide liikumise juhendist. Üksikülesannete töölehtedel on lahendamiseks märgitud mänguväli ja algoritmi käskluste koostamiseks vajalik ruudustik. Käskluste koostamise ruudustikus on märgitud käskluste märkimise suund ja vajadusel ka ruudustiku lõpus koht kasutatud käskluste arvu ja punktisumma märkimiseks.

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Joonis 9. Arvutivaba programmeerimise üksikülesannete töölehtedel olev liikumise juhend.

Näide osalisest ülesandest „Krabi nimega Suslik” on toodud joonisel 10.

<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td>●</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>🦀</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			●				🦀			<p>Krabi Susliku teekond elukohta on märgitud nooltega. Järgi teekonna juhendit ja märgi ruudustikku pliiatsiga krabi teekond.</p> <table border="1"> <tr> <td>↷</td> <td>↑</td> <td>↑</td> <td>↶</td> <td>↑</td> <td>↑</td> </tr> </table>	↷	↑	↑	↶	↑	↑
		●														
🦀																
↷	↑	↑	↶	↑	↑											







Joonis 10. Näide arvutivaba programmeerimise sissejuhatava tunni ülesandest „Krabi nimega Suslik”.

Ülesannetes on kaks tegelast krabi Suslik ja lepatriinu Linne.

4.3 Õpetajamaterjal

Lisaks algoritmilise mõtlemise oskuse arendamise ülesannetele ja hindamismaatriksile koostati õpetajatele veel ka eraldi toetav õpetajamaterjal tunni paremaks läbiviimiseks. Õpetajamaterjalis on kirjeldatud õppematerjali ülesehitust, algoritmilise mõtlemise seost arvutivaba programmeerimisega, ülesannete näidislahendusi ja soovitusi tunni läbiviimiseks.

Õpetajamaterjal on õpilaste töölehed koos soovitustega õpetajale töölehtedele lisatud kaldkirjas. Näide ülesande „Krabi nimega Suslik” õpetajamaterjalist on joonisel 11.

<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										<p>Krabi Susliku teekond elukohta on märgitud nooltega. Järgi teekonna juhendit ja märgi ruudustikku pliiatsiga krabi teekond. <i>Juhtida õpilaste tähelepanu veelkord sellele, et nooled vasakule ja paremale tähendavad ainult pööramist.</i></p> <table border="1"> <tr> <td>↑</td> <td>↶</td> <td>↑</td> <td>↑</td> <td>↷</td> <td>↑</td> </tr> </table>	↑	↶	↑	↑	↷	↑
																
																
↑	↶	↑	↑	↷	↑											

Joonis 11. Näide arvutivaba programmeerimise sissejuhatava tunni õpetajamaterjali ülesandest „Krabi nimega Suslik”.

Õpetajamaterjal on lisatabel iga tunni üksikülesannete ja kordamisülesannete algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumisest arvutivaba programmeerimise ülesannetes. Näide teise tunni „Kordused” üksikülesannete algoritmilise mõtlemise väljendumisest arvutivaba programmeerimise ülesannetes on tabelis 3. Tabeli teises veerus on selgitus algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumisest.

Tabel 3. Algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumine teise arvutivaba programmeerimise tunni „Kordused” üksikülesannetes

Ülesanne	Selgitus	Ülesandes esinevad peamised algoritmilise mõtlemise oskused
Sportvõimlemine	Õpilased koostavad algoritmi ette näidatud teekonnast.	Üldistamine
Sportvõimlemise muster	Õpilased koostavad algoritmi ette näidatud teekonnast. Algoritmi lühemaks kirjutamiseks on toodud näide korduse kasutamisest. Õpilased kasutavad kordust eelmises ülesandes koostatud algoritmi lühemaks kirjutamiseks.	Osadeks võtmine, lahenduse leidmine
Sportvõimlemise kava	Õpilased mõtlevad ise sportvõimlemise kava. Õpilased kasutavad kava algoritmi koostamisel kordust.	Lahenduse leidmine, üldistamine

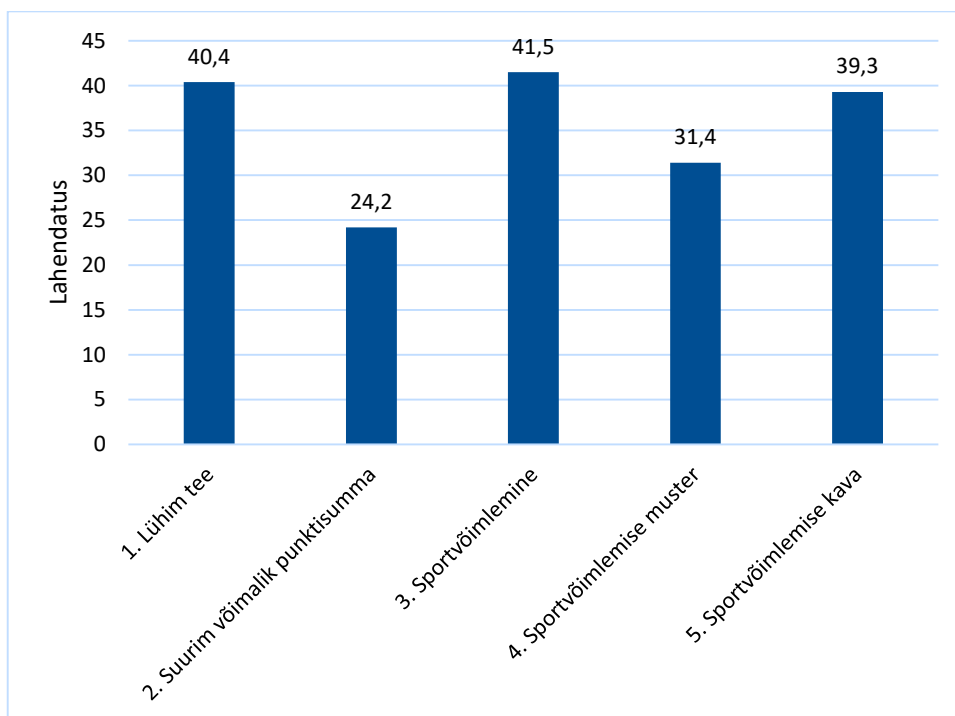
4.4 Ülesannete lahenduste tulemused

Järgnevas analüüsis on kirjeldava statistikana võrreldud iga ülesande keskmist lahendatust ning seejärel on keskendunud üksikülesannete tulemustele. Ülesande keskmine lahendus tähendab siinkohal, mitu protsenti moodustab ülesande keskmine tulemus võimalikust maksimumist. Näiteks kui ülesande eest on võimalik maksimaalselt saada 3 punkti ja aritmeetiline keskmine on 1,212, siis lahendus on 40,4% ($1,212 : 3 * 100$).

Lõputöös analüüsiti tunnis lahendatavate üksikülesannete ja kordamisülesannete tulemusi. Üksikülesannete lahendusi hinnati punktidega 0, 1, 2 või 3. Tunnis temaga „Kordamine” lahendati viis kordamisülesannet. Kokku oli võimalik kordamisülesannete eest saada 7 punkti. Kõikide hinnatud ülesannete eest oli võimalik kokku saada 22 punkti. Kuna ülesannete võimalikud maksimumpunktid on kas üksikülesande eest 3 punkti või kordamisülesannete komplekti eest 7 punkti, siis on järgnevas võrdluses kasutatud just keskmist lahendatuse protsenti.

Ülesannetele hinnangu andmisel tehti vahet lahendamata jäänud ülesannetel ja täiesti valesti lahendatud ülesannetel. Lahendamata jäetud ülesanne tähistati tulemuste tabelis kriipsuga ja tulemuse arvutamisel võrdsustati see 0 punktiga. Täiesti valesti lahendatud ülesande lahendus hinnati 0 punktiga. Küll aga lahendatuse arvutamisel andsid mõlemad 0 punkti.

Ülesannete aritmeetiline keskmine tulemus oli 1,6 punkti. Kõige madalam keskmine oli 0 punkti ja kõrgeim 3,2 punkti.



Joonis 12. Arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendatus protsentides.

Jooniselt 12 on näha, et üksikülesannete keskmine lahendatuse protsent jääb vahemikku 24,2% kuni 41,5%. Ülesannete „Lühim tee”, „Sportvõimlemine” ja „Sportvõimlemise kava” keskmine tulemus oli kolmepallisüsteemis 1,2 punkti. Ülesannete „Suurim võimalik punktisumma” ja „Sportvõimlemise muster” keskmised tulemused olid vastavalt 0,7 ja 0,9 punkti. Ülesandel „Sportvõimlemise muster” oli suurim vastamata jätmise protsent, milleks oli 10,4%. Õpilased lahendasid esimese tunni ülesandeid rohkem kui teise tunni ülesandeid. Järgnevalt on esitatud detailsem kirjeldus üksikülesannete tulemustest.

Ülesanne „Lühim tee” (lisa 3). *Koosta Susliku teekonnast algoritm nii, et ta järgiks võimalikult väheseid käskluseid. Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte. Märki algoritmile vastav teekond ruudustikku.*

Ülesandes oli esitatud liikumise juhend, ruudustik krabi Susliku liikumiseks ja ruudustik käskluste kirjutamiseks. Ülesandes esinevad algoritmilise mõtlemise oskustest peamiselt osadeks võtmine ja hindamine.

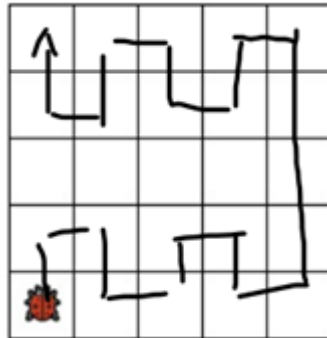
Õpilased pidid oskama koostada algoritmi, kasutades selleks käskluseid pööre vasakule, pööre paremale ja liigu üks samm edasi. Algoritm võis olla koostatud sõnade, tähiste või nooltega. Oluline oli õige teekonna leidmine ja algoritmi korrektne kirjapanek.

Ülesande keskmine lahendus oli 40,4% ning 102 (96,2%) õpilast proovis ülesannet lahendada ehk 4 õpilast ei proovinud ülesannet lahendada. Ülesande lahendamisel tehtud põhilised vead olid muude liikumiste kasutamine, koostatud algoritm ei olnud kooskõlas ruudustikku märgitud teekonnaga või koostatud algoritmi järgides väljus krabi mänguväljalt. Muude liikumistena kasutati diagonaalselt liikumist või pööre vasakule/paremale, mis tähistas algoritmis pööramise asemel liikumist vasakule/paremale ruudule. Nende vigade korral hinnati lahendust 0 punktiga. 36 lahendust hinnati 0 punktiga. 26 lahendust, mida hinnati 1 punktiga, olid pikemad kui lühima teekonna algoritm või nendes lahendustes oli algoritmi kahe esimese pööramise asemel märgitud ainult üks pööramine. 3 punktiga hinnati 20 lahendust. Nendes lahendustes oli lisaks õigele algoritmile kasutatud ka kordust. Seega õigeid lahendusi oli 40. 2 punktiga hinnatud lahendused olid korrektsed, aga nendes lahendustes puudus korduse kasutamine.

Ülesanne „Suurim võimalik punktisumma” (lisa 3). *Millise teekonna peab krabi Suslik läbima elukohta minemiseks, et koguda suurim võimalik punktisumma? Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga. Leia suurima võimaliku punktisummaga teekond, koosta Susliku liikumiseks algoritm ning leia punktisumma. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte. Igat ruutu võib läbida ainult ühe korra. Märgi algoritmile vastav teekond ruudustikku.* Ülesandes oli esitatud liikumise juhend, ruudustik krabi Susliku liikumiseks ja ruudustik käskluste kirjutamiseks. Ülesandes esinevad algoritmilise mõtlemise oskustest peamiselt osadeks võtmine ja hindamine. Ülesande lahenduse leidmisel oli oluline leida teekond, mille läbimisel kogub krabi kõige rohkem punkte.

Ülesande keskmine lahendus oli 24,2%. Kuigi selle ülesande keskmine lahendus oli kõige väiksem, proovis ülesannet lahendada 100 (94,3%) õpilast, ülesannet ei lahendanud 6 õpilast. Ülesande „Suurim võimalik punktisumma” lahendusi hinnati 0 punktiga sarnaselt ülesandele „Lühim tee” - selliseid lahendusi oli 41. 1 punktiga hinnati neid lahendusi, mille teekond ei olnud lühim, aga algoritm oli korrektne. 43 lahendust vastasid 1 punkti kriteeriumitele. 2 punktiga hinnati neid lahendusi, mille teekonna läbimisel kogus krabi 12 punkti, vastavaid lahendusi oli 14. 3 punkti saamiseks pidi koostatud algoritmi läbimisel koguma krabi 13 või enam punkti. Ühtlasi oli 13 punkti kogumiseks läbitav teekond pikim ehk selles algoritmis oli rohkem käskluseid kui 1 või 2 punkti saanud lahendustes. Maksimaalsete punktidega hinnati kaht lahendust.

Ülesanne „Sportvõimlemine” (lisa 6). *Krabi Susliku sõber lepatriinu Linne valmistub kooliolümpiamängudeks. Ta koostas sportvõimlemiseks kava. Koostatud kava on pildil. Koosta algoritm kava järgi liikumiseks. Algoritmiks loetakse käskluste kogumit. Käsklused on pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi.*



Joonis 13. Näide üksikülesande „Sportvõimlemine” lepatriinu Linne sportvõimlemise kavast

Ülesandes oli esitatud liikumise juhend, ruudustik lepatriinu Linne liikumise kavast (joonis 13) ja ruudustik käskluste kirjutamiseks. Ülesandes esines algoritmilise mõtlemise oskusest peamiselt üldistamine. Ülesande lahenduse leidmiseks oli eelkõige oluline mõista liikumise juhendit ning kasutada õigeid käskluseid (nooled \curvearrowright , \curvearrowleft , \uparrow): pööre vasakule, pööre paremale ja liigu üks samm otse. Ülesande keskmine lahendus oli 41,5% ja ülesannet proovis lahendada 98 (92,5%) õpilast.

Poolikud või mänguväljalt väljuvad algoritmid hinnati 0 punktiga. Selliseid lahendusi oli 38. Kaheksa esitamata lahendust hinnati 0 punktiga. 1 punktiga hinnati lahendusi, mille algoritm oli koostatud muid käskluseid kasutades, näiteks diagonaalne liikumine või pööramine tähistas liikumist ühe ruudu võrra vasakule või paremale. 1 punktiga hinnati 4 lahendust. 2 ja 3 punktiga hinnatud lahendused olid korrektsed, aga 3 punktiga hinnatud algoritmid olid astmelised või neis oli kasutatud kordust. 2 punktiga hinnatud lahendusi oli 40 ja 3 punktiga 16. Astmeliseks algoritmiks loeti lahendust, mis oli kirjutatud käskluste ruudustikku liigendatult.

Ülesanne „Sportvõimlemise muster” (lisa 6). Ülesanne koosnes kahest alamülesandest. Esimeses ülesandes koostasid õpilased sarnaselt eelmisele ülesandele „Sportvõimlemine” algoritmi etteantud kavale. Seejärel tutvustati mõistet kordus ning esitati näide. Teises ülesandes pidid õpilased koostama algoritmi kordust kasutades.

Linne valmistus kooliolümpiamängudeks kahe sportvõimlemise kavaga. Koosta kordust kasutades esimese kava liikumiseks algoritm. Algoritmiks loetakse käskluste kogumit. Käsklused on pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi. Esimene Linne sportvõimlemise kava on pildil. Pildil oli esitatud üksikülesande „Sportvõimlemine” kava.

Ülesande keskmine lahendatus oli 35,1% ja seda ülesannet proovis lahendada 95 (89,6%) õpilast. Selle ülesande lahendusi ei esitatud 11 korral ning need hinnati 0 punktiga. Ülesandes esinevad algoritmilise mõtlemise oskustest peamiselt osadeks võtmine ja lahenduse leidmine. 0 punktiga hinnati 52 lahendust. Ülesandest hinnati ainult teist osa ehk uuriti korduse kasutamist algoritmi koostamisel. Punktidega 1, 2 ja 3 hinnati sarnaselt ülesandele „Sportvõimlemine”. Punktidega 1 hinnati 11 lahendust. Punktidega 2 ja 3 hinnati kokku 32 lahendust, millest maksimumiga hinnati 25 esitatud lahendust.

Ülesanne „Sportvõimlemise kava” (lisa 6). *Koosta lepatriinu Linnele ise sportvõimlemise kava. Linne lava on 5×5 ruudustik. Linne võib sportvõimlemisel teha korvpalli petteliigutust, piruette või hoopis tšatša sammu või midagi muud põnevat. ... Nüüd koosta enda loodud sportvõimlemise kava algoritm nii, et võimalusel kasuta kordust.*

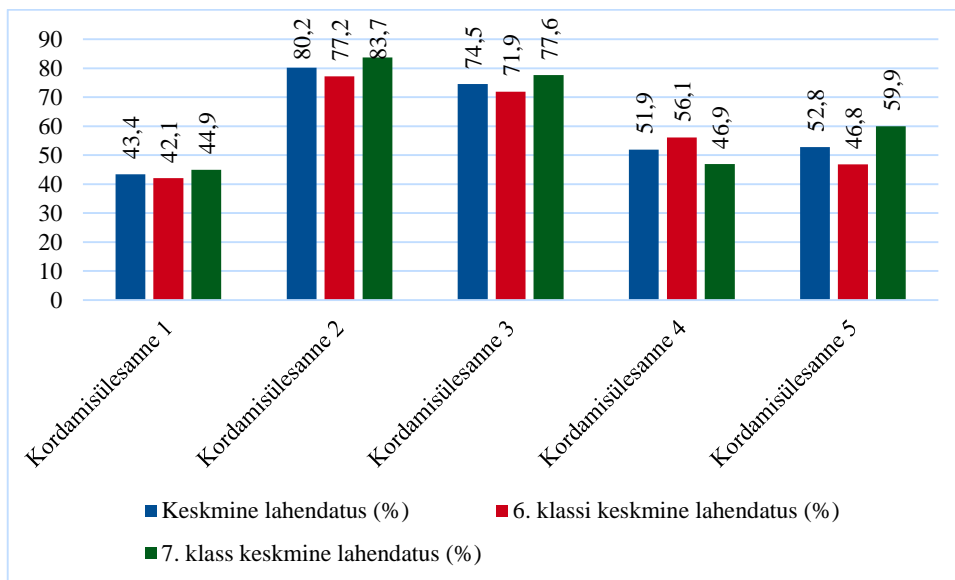
Ülesande eesmärk oli koostada ise kava ja kava järgi algoritm. Oluline oli algoritmis kasutada kordust. Ülesandes esinevad algoritmilise mõtlemise oskustest peamiselt lahenduse leidmine ja üldistamine. 98 õpilast (92,5%) proovis ülesannet lahendada ning keskmine lahendatuse protsent oli 42,5.

Lahendusi, mille kava teekond või algoritm ei vastanud ülesande juhendile või algoritm oli poolik, hinnati 0 punktiga - selliseid lahendusi oli 28. Lisaks hinnati 0 punktiga kaheksa esitamata lahendust. 1 punktiga hinnati kõiki sõnalisi lahendusi, muid liikumisi kasutavaid lahendusi ja ilma kordusteta algoritme, mida oli 30. 3 punktiga hinnati korrektseid lahendusi, mille algoritmis oli korduses kasutatud mitut käsklust ning korduse kasutamine lihtsustas oluliselt algoritmi järgimist. 2 punktiga hinnati lahendusi juhul, kui korduses oli kasutatud vaid üht käsklust. 2 punktiga hinnati 25 lahendust ja 3 punktiga 15.

4.5 Kordamine ja algoritmilise mõtlemise hindamine

Kordamistunnis pealkirjaga “Kordamine” lahendati viis ülesannet, mis olid koostatud vastavalt algoritmilise mõtlemise oskustele (vt tabel 2). Viie kordamisülesande keskmine lahendatus oli 58,4%. 106 ülesande lahendatud õpilasest 57 (53,8%) olid 6. klassi õpilased ja 49 (46,2%) 7. klassi õpilased. Esimest nelja ülesannet hinnati punktidega 0 või 1. Viiendat ülesannet hinnati punktidega 0, 1, 2 või 3. Kokku oli võimalik kordamisülesannete eest saada 7 punkti. Selliseid lahendusi oli 17. 6 punktiga hinnati 13 õpilase lahendused. Nendest lahendustest 12 olid sellised, milles hinnati kolmepunktine ülesanne maksimaalsete punktidega. 5-punktiliseks ja 3-punktiliseks hinnatuid lahendusi oli mõlemal juhul 14. Enim oli 4 punktiga hinnatud lahendusi, mida oli 23. 2 punktiga hinnatud lahendusi oli 12 ja 1 punktiga 8. Mitte ühtegi õiget vastust ei olnud 8 lahendusel. Viie ülesande keskmine lahendatuse protsent jääb vahemikku 43,4% kuni

80,2% (joonis 14). 6. klasside õpilaste ülesannete lahenduste keskmine lahendatuse protsent on vahemikus 42,1% kuni 77,2%. 7. klasside ülesannete keskmine lahendatuse protsent jääb vahemikku 44,9% kuni 83,7%. Kõige väiksema lahendatuse protsendiga on esimene kordamisülesanne, 6. ja 7. klassi keskmine lahendus erineb 2,8 protsendipunkti. Teise kordamisülesande lahendus oli suurim, aga suurim klasside keskmine lahendus erineb 6,5 protsendipunkti. Suurim erinevus on viienda kordamisülesande keskmises lahendavuses, 13,1 protsendipunkti. 7. klassi õpilased lahendasid kordamisülesanded 1, 2, 3 ja 5 paremini kui 6. klassi õpilased.



Joonis 14. Keskmise lahendatuse võrdlus 6. ja 7. klasside õpilaste kordamisülesannete lahendustes protsentides ($n = 106$).

Esimene ülesanne, mis arendas algoritmilise mõtlemise oskuseid olulise eristamine ja osadeks võtmine, oli õpilaste jaoks kõige keerulisem. Esimese ülesande lahendamiseks pidid õpilased koostama ise algoritmi. Enne algoritmi koostamist, pidi katsetama millise teekonna läbimisel on kõige vähem käskluseid. Peamised vead algoritmis tekkisid valele poole pööramisest.

Teine kordamisülesanne arendas algoritmilise mõtlemise oskust lahenduse leidmine. Ülesande lahenduse leidmiseks tuleb järgida etteantud algoritmi ning otsustada, millises ruudus lepatriinu teekond lõpeb.

Kolmandas ülesandes järgisid õpilased etteantud algoritmi ning pidid otsustama, millises suunas on lepatriinu pärast algoritmi läbimist. Ülesanne arendas algoritmilise mõtlemise oskust olulise eristamine. Seega ülesandes oli oluline lepatriinu lõpp suund mitte läbitud teekond või selle pikkus.

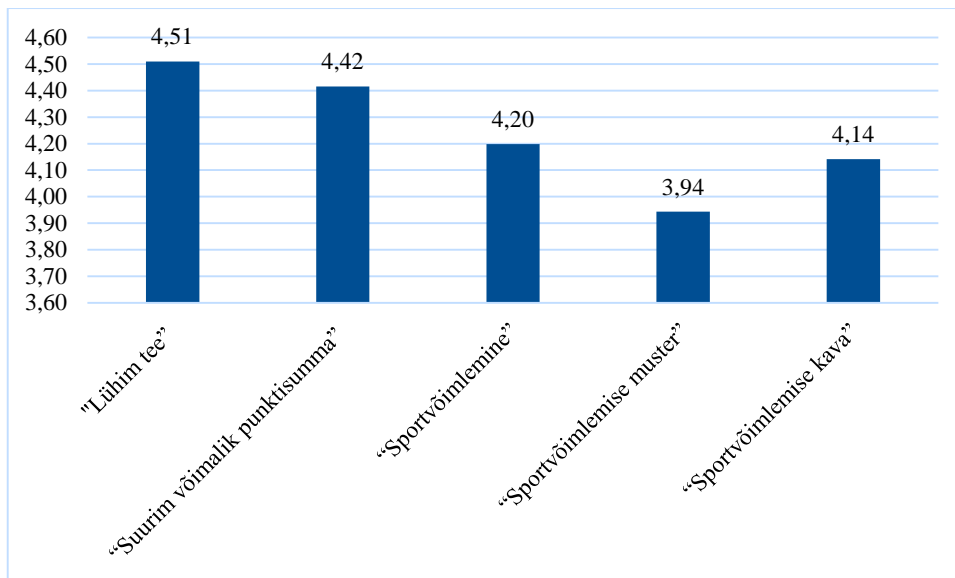
Neljandas ülesandes oli võimalik läbida 8 erinevat teekonda. Igal teekonnal oli algus samas ruudus, aga lepatriinu pööramisel oli võimalik teekonda jätkata erinevatest ruutudest. Ülesanne oli suunatud osadeks võtmise oskuse arendamisele.

Viiendas ülesandes valisid õpilased seitsme algoritmi seast õigesti teekonda kirjeldavad algoritmid. Ülesandes oli esitatud kolm õiget algoritmi, aga need erinesid üleskirjutuse poolest. Õpilased hindasid, millised on korrektsed lahendused ning ühe lahenduse leidmisel oli võimalik otsida teisi samade käskude kuid teise kirjapildiga algoritme. Näiteks olid ühes vastusevariandis kõik käsklused kirjutatud eraldi, aga teises samuti korrektses algoritmis kasutati kordust. Kordamisülesannete viienda ülesande 19 lahendust hinnati 0 punktiga ja 37 lahendust hinnati maksimaalsete punktidega. Ülesanne arendas hindamist ja üldistamist. Tunni „Kordamine” ülesannete komplekti lahenduste aritmeetiline keskmine oli 4,1 punkti. Tunni eesmärk oli kinnistada teadmisi. Keskmine lahendatud on üle 50% neljal ülesandel viiest.

4.6 Õpilaste tagasiside

Õpilastel paluti hinnata õppematerjalis olevate ülesannete meeldivust ja arusaadavust ning kogu õppematerjali Likerti 5-pallisel skaalal. Samuti sooviti teada, kas nad sooviksid tulevikus sarnase õppematerjali järgi õppida. Õppematerjalile antud kõikide väidete hinnangute aritmeetiline keskmine oli 3,7. Iga esitatud väite kõrgeim hinne oli „5 - täiesti nõus” ja kõige madalam hinne „1 – ei nõustu üldse.

Kolm kõige kõrgemalt hinnatud väidet olid õppematerjali arusaadavuse kohta. Väitega *Ülesande "Lühim tee" juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav* ($M = 4,5$; $SD = 0,8$) olid täiesti nõus 69 õpilast ja pigem nõus 28 õpilast. Üksikülesande „Lühim tee” kohta kirjutasid kaheksa õpilast: *Mina ei muudaks midagi, sest ülesanne oli arusaadav ja lihtne*. Sarnaselt hinnati väidet *Ülesande „Suurim võimalik punktisumma” juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav* ($M = 4,4$; $SD = 0,9$) 65 õpilase poolt „täiesti nõus” ja 27 õpilast olid pigem nõus. Üksikülesande „Sportvõimlemine” arusaadavust hindasid 56 õpilast vastusevariandiga „täiesti nõus” ja 25 õpilast variandiga „pigem nõus” ($M = 4,2$; $SD = 1$). Kolme kõige kõrgemalt hinnatud väitega ei olnud üldse nõus kaks õpilast. Joonisel 15 on esitatud kõigi üksikülesannete juhendite teksti arusaadavus õpilaste hinnangul. Üksikülesande „Sportvõimlemise muster“ teksti arusaadavus on hinnatud kõige madalamalt. Tagasisidest selgus, et tööjuhendis olnud näide ei olnud piisav ega toetanud tekstist arusaamist ning mõiste kordus mõistmist.



Joonis 15. Teksti arusaadavus üksikülesannete juhendites õpilaste hinnangul ($n = 106$).

39 õpilast ei nõustunud üldse väitega *Arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendamine muutis programmeerimise minu jaoks igavamaks* ($M = 2,3$; $SD = 1,3$) ja 26 õpilast pigem ei olnud nõus. 5 õpilase jaoks muutis arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendamine programmeerimise igavamaks. Väitega *Tahaksin ka iseseisvalt edaspidi arvutivaba programmeerimisega tegeleda* ($M = 2,6$; $SD = 1,2$) olid täiesti nõus 7 õpilast, 16 õpilast olid pigem nõus ja 37 õpilast valisid vastusevariandi „nii ja naa”. Kõige vähem meeldis õpilastele üksikülesanne „Sportvõimlemise muster”. Väidet *Mulle meeldis ülesanne „Sportvõimlemise muster”* hinnati kõige madalamalt ($M = 3,3$; $SD = 1,1$). Üksikülesande „Sportvõimlemise muster” kohta kirjutati: „Korduse näitest ei saanud aru, peaks olema täpsem näide ja selgitus.” Üksikülesande „Sportvõimlemise kava” kohta kirjutas üks õpilane: „See ülesanne oli põnev kuna sa said ise valida mis liigutusi ta sai valida.”

Kõrgelt hinnatud oli ka kogu õppematerjali kohta käivad väited. Tervikliku arvutivaba programmeerimise õppematerjali kohta käivad väited *juhend aitas mul teemast paremini mõista* ($M = 4,0$; $SD = 1,1$), *juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav* ($M = 4,1$; $SD = 0,9$) ja *juhend oli koostatud nii, et see oli mulle kergesti mõistetav* ($M = 4,2$, $SD = 0,9$) valisid vastusevariandi „täiesti nõus” vastavalt 38, 38 ja 47 õpilast. Esimese näitega olid pigem nõus 40 õpilast. Vastusevarianti „pigem nõus” valisid teise väite korral 48 õpilast ja kolmanda väite korral 34 õpilast.

Vajadusel küsisid õpilased abi kaaslastelt, vanematelt või töö autorilt. Üks õpilane kirjutas tagasisides: „Tegemata ei jätnud, aga pole endas kindel, kuna võõras teema ja kas olen õigesti aru saanud, ei tea.” Ebakindlust võis tekitada see, et ülesandeid lahendati iseseisvalt

distantõppes mitte koos õpetajaga klassis. Siiski oli õpilastel võimalus küsimustega õpetaja poole pöörduda ja mõned seda võimalust ka kasutasid.

Ankeetküsimustiku avatud küsimustega vastustes olid välja toodud mitmed ettepanekud ja muudatused õppematerjali parandamiseks. Ettepanekuid oli nii ülesannete ülesehituse kui ka sõnastuse kohta. Näiteks soovitati täpsustada ülesande juhendis krabi või lepatriinu liikumise suunda või muuta seda nii, et esimestes ülesannetes oleks ta juba liikumissuunas. Saadud tagasiside põhjal muudeti õppematerjali kaks sissejuhatavat ülesannet selliselt, et tegelase suuna valiku olulisus tuleks välja. Näiteks muudeti tegelase asukohta ruudustikus. Esialgses piloteeritavas õppematerjalis oli esimeses kahes sissejuhatavas ja esimeses kahes üksikülesandes jänese tegelane. Jänese suund tekitas segadust, sest pilt jänesest oli külgsuunas. Jänas asendati pealtvaates krabi pildiga. Tegelase suuna olulisuse arusaamiseks muudeti kaht sissejuhatavat ülesannet nii, et esmalt järgivad õpilased etteantud algoritmi ning alles siis koostavad ise algoritmi.

Lisaks pakuti muudatusena ülesannete raskemaks tegemist, lisades neisse tumedaid seinasid, rohkem miinuspunkte, keerulisemaid teekondi. Samas soovitati punktide ära võtmist, negatiivsete arvude asendamist positiivsetega ja tumedate seinte eemaldamist. Ülesannete raskusaste jäeti samaks, kuid muudeti ülesannete juhendit selgemaks ja ühtsemaks, näiteks lisati kõikidele töölehtedele liikumise juhend.

Üksikülesande „Sportvõimlemise muster” juhendit soovitati muuta selgemaks ja arusaadavamaks. Segaseks jäi selles ülesandes korduse kasutamine algoritmi koostamisel. Ülesannet „Sportvõimlemise muster” töölehele lisati selgitused ning näide korduse kasutamisest muudeti selgemaks. Lisaks muudeti töölehel algoritmi koostamise ruudustikku suurust selliselt, et korduse kasutamise võimalus oleks kohe märgatav. Kuigi üksikülesande „Sportvõimlemise kava” tagasiside oli positiivne ning õpilastele meeldis ise kava koostada, oleksid nad siiski soovinud, et mänguväli oleks suurem ning täpseid reegleid oleks olnud rohkem, näiteks ühte ruutu võib läbida ainult ühe korra.

Tabel kõikide muudatusettepanekutega on esitatud lisas 12.

Arutelu

Magistritöö eesmärgiks oli luua II ning III kooliastmele tunnikavad ja õppematerjalid algoritmilise mõtlemise arendamiseks arvutivaba programmeerimise kaudu ning loodud õppematerjale täiendada analüüsidest lahendustulemusi ja tagasisidet. Esimesele uurimisküsimusele, milliseid arvutivabu programmeerimisülesandeid kasutatakse algoritmilise mõtlemise arendamiseks ja milliseid algoritmilise mõtlemise oskusi need ülesanded arendavad, saadi vastus teoreetilist osa koostades. Arvutivaba programmeerimisülesanded, mida kasutatakse algoritmilise mõtlemise arendamiseks on näiteks liikumised juhendite järgi, mänguväljad tegelastega või väiksemad mõtlemisülesanded paberil (Cody & Roby, s.a.; COMPUTATIONAL THINKING TEST (CTt), s.a.; Dagiene jt, 2017; Egg carton..., 2019; SUPERHERO COMPUTER..., 2016). Kuigi kirjanduses esineb erinevaid algoritmilise mõtlemise osaoskuseid, siis siin töös arendatakse ja hinnatakse arvutivaba programmeerimisega järgnevat: olulise eristamine, osadeks jagamine, lahenduse leidmine, hindamine ja üldistamine (Barr, Stephenson, 2011; Grover, Pea, 2013). Selles töös loodud arvutivaba programmeerimise ülesanded arendavadki neid algoritmilise mõtlemise oskuseid.

Magistritöö teiseks uurimisküsimuseks oli uurida algoritmilise mõtlemise tase 6. ja 7. klassides. Koostatud arvutivaba programmeerimise õppematerjali algoritmilist mõtlemist hindavate kordamisülesannete lahendatusest selgub, et 7. klassi õpilased lahendasid viiest kordamisülesandest neli paremini kui 6. klassi õpilased. Nii 6. kui ka 7. klassi õpilaste teise ja kolmanda kordamisülesande lahendatus oli üle 70%.

Huvitav erisus tekkis neljanda probleemi osadeks võtmise oskust hindava ülesande tulemustes, kus 6. klassi neljanda kordamisülesande keskmine lahendatus oli 56,1% samas kui 7. klassi lahenduste keskmine lahendatus oli 6,5 protsendipunkti kehvem 49,6%. Kuna sama osaoskust arendas ka esimene kordamisülesanne, mille 7. klassi lahenduste keskmine lahendatus oli 2,6 protsendipunkti suurem 6. klassi õpilaste lahendustest, siis täpsem erisuse tekkimine vajab veel eraldi uurimist.

Kõige kehvemine lahendati üllatuslikult 6. ja 7. klassis esimest kordamisülesannet. Põhjus võis olla selles, et ülesandes kasutatud pildil oli jännes külgvaates ja see võis segada ülesandest ja käskudest arusaamist. See viga sai pärast katsetamist parandatud asendades pildi pealtvaates oleva pildiga. Ülesannete lahendusi hinnati töö autori poolt loodud hindamismaatriksiga, mille eesmärk oli hinnata lahenduste erinevat taset sellisel kujul, kus maksimumpunktide saamiaks pidi õpilane ise lisama veel midagi ülesande lahendusele. Seega näiteks nii kahe kui ka kolme punktiga hinnatud ülesannete „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“ ja

„Sportvõimlemise kava“ lahendused vastasid ülesannete töökäsklustele ja õppetöö kontekstis võib need mõlemad õigeks lugeda, siis selles uurimuses olid „erilised“ lahendused kõrgemalt hinnatud. Näiteks ülesande „Sportvõimlemine“ lahendust hinnati kolme punktiga siis, kui lahenduses oli juba kasutatud kordust, kuigi kordust tutvustati tegelikult alles ülesande „Sportvõimlemise muster“ juures. Sarnaselt ülesannete „Sportvõimlemise muster“ ja „Sportvõimlemise kava“ lahendusi hinnati kahe punktiga siis, kui ülesanne vastas tööjuhendile ja milles oli kasutatud kordust, aga kolme punktiga hinnati neid lahendusi, milles kasutati korduses ühe käsu asemel mitut käsklust.

Kolmandale uurimisküsimusele, kui huvi tekitav, meeldiv ja arusaadav on loodud õppematerjal õpilastele nende endi hinnangul, saadi vastus ankeetküsimustike vastustest. Õpilaste hinnangul oli üksikülesannete tekst arusaadav. Õpilased hinnang iseseisvalt ülesannete lahendamisesse oli positiivne ning õppematerjal huvitav, kuigi õpilaste hinnang tulevikus iseseisvalt arvutivaba programmeerimisega tegeleda oli pigem madal. Seda võis põhjustada ka koroonaaegne katsetamisaeg, kus õpilased pidid iseseisvalt töölehed välja printima ja kuigi õpetaja oli olemas, siis ilmselt tuli hakkama saada vanemate toel. Õnneks olid iseseisvaks tööks töölehed suureks abiks ja seda näitab ka õpilaste positiivne hinnang ülesannete meeldivuse kohta. Mõned õpilased soovitasid muuta ülesandeid raskemaks, mis näitab, et teema pakkus huvi ja sooviti uusi väljakutseid, kuid oli ka neid õpilasi, kes soovisid, et ülesanded oleksid lihtsamad.

Valminud algoritmilise mõtlemise oskust arendava arvutivaba programmeerimise õppematerjali tagasisidet võeti arvesse õppematerjali täiendamisel vastavalt valik ja vabavastustest saadud põhjendatud soovitustest ja tagasisidest.

Töö edasiarenguna on võimalik luua teiste programmeerimise teemade õpetamiseks arvutivaba programmeerimise õppematerjale ning lisada loodud õppematerjalile lisäülesandeid kiirematele.

Kokkuvõte

Magistritöös loodi ja katsetati algoritmilise mõtlemise oskust arendav arvutivaba programmeerimise õppematerjal II ja III kooliastmele. Töö teoreetilises osas anti ülevaade algoritmilise mõtlemise oskustest ja nende arendamisest arvutivaba programmeerimise abil. Lisaks kirjeldati programmeerimise õpet, suunda ja teemasid Eesti üldhariduskoolides.

Õppematerjali koostamisel arvestati kirjanduses esitatud arvutivaba programmeerimise õppematerjalide ülesehitusega. Teoreetilise materjali põhjal (Bell jt, 1998; Computer Science without a computer, s.a.; CS Fundamentals Unplugged, s.a.; Happy Maps Assessment, s.a.; Move to a number, s.a; Rescue Mission, s.a.) oli arvutivaba programmeerimise ülesannete ja mängude ülesehitus sarnane: sissejuhatus, lühikokkuvõte ülesandest või teemast, vanuseaste, tunni kestus, tunnis kasutatavad mõisted, vajalikud tegevused enne tundi, vajalikud materjalid, tunni tegevuste kirjeldus, ülesannete või tegevuste lahendused õpetajale. Algoritmilise mõtlemise oskuse arendamiseks arvutivaba programmeerimisega jagati see osaoskusteks: olulise eristamine, osadeks jagamine, lahenduse leidmine, hindamine ja üldistamine (Barr, Stephenson, 2011; Grover, Pea, 2013).

Töö tulemusena valminud arvutivaba programmeerimise õppematerjali arendamiseks katsetasid materjali 155 õpilast. Uuringu andmete kogumiseks kasutati koostatud õppematerjali töölehtede ülesannete lahendusandmeid ja õppematerjali tagasiside kogumiseks kasutati ankeetküsimustikku. Õpilaste hinnangul oli üksikülesannete tekst arusaadav, ülesanded meeldivad ning õppematerjal huvitav.

Loodud õppematerjal sisaldab kolme suuremat teemat: sissejuhatus programmeerimisse, kordused ning kordamine. Õppematerjal „Sissejuhatus programmeerimisse” sisaldab tunnikava tunni läbiviimiseks, kaht sissejuhatavat ülesannet ning kaht üksikülesannet. Õppematerjal „Kordused“ sisaldab tunnikava ning kolme üksikülesannet. Õppematerjal „Kordamine“ sisaldab tunnikava ja viit kordamisülesannet õpilastele. Kõigi kolme teema ja tunnikava juures on õpetajamaterjal koos ülesannete lahenduste ja soovitustega ning iga tunnikava all on toodud ülesannete hindamismatriks. Kokku on õppematerjalis 12 ülesannet, millest kaks on sissejuhatuseks, viis üksikülesannet iseseisvaks lahendamiseks ja viis kordamisülesannet.

Algoritmilise mõtlemise oskust arendava arvutivaba programmeerimise õppematerjali tagasiside võeti arvesse ning õppematerjali täiendati vastavalt põhjendatud soovitustele ja tagasisidele.

Viidatud kirjandus

Aho, V. A. (2011). Ubiquity symposium: Computation and Computational Thinking. Ubiquity, 1-8.

Balanskat, A., Engelhardt, K. (2015). Computing our future: Computer programming and coding - Priorities, school curricula and initiatives across Europe.

Barr, V., Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community? ACM Inroads Volume 2, Issue 1. Association for Computing Machinery. New York, NY, United States.

Basawapatna, A. R., Koh, K. H., Repenning, A. (2010). Using scalable game design to teach computer science from middle school to graduate school. ITiCSE '10 Proceedings of the fifteenth annual conference on Innovation and technology in computer science education.

Bebras, (s.a.). Külastatud aadressil <https://www.bebbras.org/>

Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., Grimley, M. (2009). Computer Science Unplugged: school students doing real computing without computers. Külastatud aadressil

<https://pdfs.semanticscholar.org/a5e8/fdef0bfb5b41138fb79e611781cfb7a0b305.pdf>

Bell, T., Witten I. H., Fellows, M. (1998). Computer Science Unplugged . . . off-line activities and games for all ages. Külastatud aadressil <https://classic.csunplugged.org/wp-content/uploads/2015/01/unplugged-book-v1.pdf>

Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., Punie, Y. (2016). Developing Computational Thinking in Compulsory Education - Implications for policy and practice. Technical Report. Publications Office of the European Union.

Bogliolo, A. (s.a.). *Coding without digital technology (unplugged)*. Külastatud aadressil <https://codeweek.eu/training/coding-without-computers>

Brackmann, C., Barone, D., Casali, A., Boucinha, R., Munoz-Hernandez, S. (2016). Computational thinking: Panorama of the Americas. IEEE, 1–6.

Brackmann, C., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. WiPSCE '17: Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education, 65–72.

CodyRoby Duel (s.a.). Külastatud aadressil <http://www.codeweek.it/cody-robby-en/duel/>

Cody & Roby (s.a.). Külastatud aadressil <http://www.codeweek.it/cody-robby-en/>

COMPUTATIONAL THINKING TEST (CTt) (s.a.). Külastatud aadressil <https://goo.gl/GqD6Wt>

Computer Science without a computer, s.a. Külastatud aadressil <https://csunplugged.org/en/>

CS Fundamentals Unplugged, s.a. Külastatud aadressil <https://code.org/curriculum/unplugged>

Dagiene, V., Sentance, S., Stupuriene, G. (2017). Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics. *Informatica (Netherlands)*, 28(1), 23-44.

Egg carton unplugged coding activity! (2019). Külastatud aadressil https://teachyourkidscode.com/egg-carton-unplugged-coding-activity/?utm_medium=social&utm_source=pinterest&utm_campaign=tailwind_tribes&utm_content=tribes&utm_term=563335980_20796398_366937

Grover, S., Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12 A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42, 38-43.

Happy Maps Assessment (s.a.). Külastatud aadressil https://docs.google.com/document/d/15uNhf_dISlr0ZT5j3sBuz3I7v_v5Av9H5jsdLXhE8c/edit

Hermans, F., Aivaloglou, E. (2017). To Scratch or not to Scratch?: A controlled experiment comparing plugged first and unplugged first programming lessons. *WiPSCE '17: Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, p. 49–56.

Informaatika digiõpik (digiopik.it.ee) (s.a.). Külastatud aadressil <https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/>

Informaatika digiõpik I ja II kooliastmele (s.a.). Külastatud aadressil <https://www.hitsa.ee/ikt-haridus/progetiiger/digiopik>

Informaatika I kooliastme digiõpiku  ppeteema Kood (s.a.). Külastatud aadressil <https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/Kood/Kood>

Informaatika II kooliastmele  ppeteema Programmeerimine (s.a.). Külastatud aadressil <https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/Programmeerimine/Programmeerimine>

Kobras (s.a.). Külastatud aadressil <https://www.teaduskool.ut.ee/et/ainevoistlused/kobras>

Kolk, M. L. (2014). IKT vahenditel põhineva õppematerjali koostamine matemaatikas ajutiste õpiraskustega õpilastele. Magistritöö. Tartu Ülikool.

Kori, K., Beldmann, P., Tõnisson, E., Luik, P., Suviste, R., Siiman, L., Pedaste, M. (2019). IT oskuste arendamine Eesti koolides. Külastatud aadressil <https://transferwise.com/documents/IT%20oskuste%20arendamine%20Eesti%20koolides.pdf>

Kotsopoulos, D., Floyd, L., Khan, S., Namukasa, I. K., Somanath, S., Weber, J., Yiu, C. (2017). A Pedagogical Framework for Computational Thinking. Digital Experiences in Mathematics Education, Vol 3, p. 154–171.

Mis saab Eesti IT haridusest? Kes tuleb õppima? Kes kuidas õpib? Kes langeb välja? Mida saab keegi teha? Raport (2015). Külastatud aadressil

https://sisu.ut.ee/sites/default/files/ikt/files/iktraport_31.08.2015.pdf

Move to a number (s.a.). Külastatud aadressil

<https://csunplugged.org/en/topics/kidbots/integrations/move-to-a-number/>

Leppik, C., Haaristo, H-S., Mägi, E. (2017). IKT-haridus: digioskuste õpetamine, hoiakud ja võimalused üldhariduskoolis ja lasteaias.

Lesson 3: Happy Maps (s.a.). Külastatud aadressil

<https://curriculum.code.org/csf-19/coursea/3/>

Lorenz, B., Laugasson, E., Umbleja, K., Antoi, K., Kusmin, M., Peets, M-L., Palts, T. (2017). Kontseptsioon: Uued õppeteemad põhikooli informaatika ainekavas nüüdisaegsete IT-oskuste omandamise toetamiseks. Külastatud aadressil https://oppekava.innove.ee/wp-content/uploads/sites/6/2017/12/Pohikooli_informaatika_uued_oppeteemad_2017.pdf

Lye, S., Y., Koh, J., H., L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? Computers in Human Behavior, 41, 51-61.

Põhikooli riiklik õppekava. (2011). Riigi Teataja. Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/114022018008>

Põhikooli riiklik õppekava. Lisa 10, ainevaldkond „Informaatika”. (2011). Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1140/2201/8008/1m%20lisa10.pdf#>

Rescue Mission (s.a.). Külastatud aadressil

<https://csunplugged.org/en/topics/kidbots/unit-plan/rescue-mission/>

Rodriguez, B., Kennicutt, S., Rader, C., Camp, T. (2017). Assessing Computational Thinking in CS Unplugged Activities. SIGCSE '17: Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, p 501–506.

Selby, C. C., (2015). Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy. WiPSCE '15: Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education, p 80–87.

Selby, C. C., Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition.

Külastatud aadressil

https://eprints.soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf

SUPERHERO COMPUTER CODING GAME WITHOUT A COMPUTER! (2016).

Külastatud aadressil <https://littlebinsforlittlehands.com/superhero-computer-coding-game-without-a-computer/>

Tammearu, T. (2016). DIGITAALNE ÕPPEMATERJAL LÄBIVATE TEEMADE ÕPPIMISEKS 8. KLASSI INGLISE KEELE TUNNIS. Magistritöö. Tartu Ülikool.

The Committee on European Computing Education, 2017. Informatics Education in Europe: Are We All In The Same Boat? Association for Computing Machinery New York NY United States.

Wing J. M. (2006). Computational thinking. Külastatud aadressil <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf>

Wing J. M. (2010). Computational thinking: What and Why? Külastatud aadressil <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>

Lisad

Lisa 1. Arvutivaba programmeerimise õppematerjali sissejuhatus

Arvutivaba programmeerimise õppematerjalid

Üheks võimaluseks äratada õpilastel huvi programmeerimise vastu on alustada visuaalse arvutivaba programmeerimisega. See arvutivaba programmeerimise õppematerjal koosneb õpetajamaterjalist ja õpilase töölehtedest. Õpetajamaterjalid koosnevad tunnikavadest ja lisamaterjalist õppe läbiviimiseks. Õppematerjalid on järjestatud tundide kaupa, kuid neid on võimalik kasutada ka üksikult lõimides erinevate õppeainete tundidesse. Iga tund on üles ehitatud nii, et seda oleks võimalik läbi viia klassis, kasutada tunnitööna ja ka iseseisva kodutööna.

Õppematerjal sisaldab kolme suuremat teemat: sissejuhatus programmeerimisse, kordused ning kordamine.

Õppematerjal „Sissejuhatus programmeerimisse” sisaldab tunnikava tunni läbiviimiseks, õpilaste töölehti „Autosse istumine“, „Krabi nimega Suslik“, „Lühim tee“ ja „Suurim võimalik punktisumma“ ning vastavat õpetajamaterjali koos ülesannete lahenduste ja soovitustega. Õppematerjal „Kordused“ sisaldab tunnikava, õpilaste töölehti „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“ ja „Sportvõimlemise kava“ ning õpetajamaterjali koos ülesannete lahenduste ja soovitustega. Õppematerjal „Kordamine“ sisaldab tunnikava, viit kordamisülesannetega töölehte õpilastele ja õpetajamaterjali koos ülesannete lahenduste ja soovitustega.

Algoritmilisest mõtlemisest probleemide lahendamisel

Enne programmeerimise juurde asumist on oluline varakult tutvuda niinimetatud programmeerimisel kasutatava mõtlemisega, mida nimetatakse algoritmiliseks mõtlemiseks (ingl *computational thinking*). Cuny, Snyder, Wing (2010) defineerib algoritmilist mõtlemist, kui mõtlemise protsessi, mis aitab probleemi sõnastada ja lahendada nii, et lahendus oleks teostatav arvuti, masina või näiteks mõne teise inimese poolt.

Algoritmilist mõtlemist ja programmeerimise põhitõdesid on muuhulgas võimalik õppida ilma spetsiifilist programmeerimiskeelt teadmata (Basawapatna, Koh, Repenning, 2010; Bell, Alexander, Freeman, Grimley, 2009). Programmeerimisel kasutatava mõtlemise arendamine ning selle vastu huvi äratamine on võimalik ka arvutivaba programmeerimisega ehk seadmeta programmeerimisega (ingl *unplugged coding, unplugged programming*) (Bell, Alexander, Freeman, Grimley, 2009).

Erinevaid näited arvutivaba programmeerimise tegevustest leiab Tartu Ülikooli kursuse „Programmeerimise õpetamine e-kursuse materjalide põhjal“ osast „Programmeerimine ilma arvutita” (<https://courses.cs.ut.ee/2019/poemp/Main/Period2Ilmaarvutita>), üleeuroopaline programmeerimisnädala Code Week Euroopa kodulehelt (<https://codeweek.eu/>), Informaatika digiõpiku teema „Kood“ esimesest tunnist (<https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/Kood/Tund1>), Informaatika digiõpiku teema „Programmeerimine“ esimesest tunnist (<https://courses.cs.ut.ee/t/digiopik/Programmeerimine/Tund1>).

Arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendamine arendab õpilaste algoritmilise mõtlemise oskusi probleemide lahendamisel. Algoritmilise mõtlemise oskuste all mõeldakse süstemaatilist ja etapiviisilist probleemide lahendamist. Viis algoritmilise mõtlemise oskust on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Algoritmilise mõtlemise oskuste märkamine (Dagiene jt, 2017; Selby, Woollard, 2013).

Algoritmilise mõtlemise oskus	Kuidas see oskus väljendub?
Olulise eristamine (ingl <i>abstraction</i>)	Probleemi lahendamiseks olulise info eristamine ebaolulisest
Osadeks võtmine (ingl <i>decomposition</i>)	Probleemi võtmine väiksemateks lahendatavateks osadeks
Lahenduse leidmine (ingl <i>algorithmic thinking</i>)	Sammsammulise lahenduskäigu leidmine
Hindamine (ingl <i>evaluation</i>)	Tulemuse õigsuse hindamine; parima lahenduse valimine
Üldistamine (ingl <i>generalisation</i>)	Sama algoritmi (lahenduskäigu) kasutusvõimaluse nägemine erinevates situatsioonides

Järgnevad töölehtede täitmise juhendid on soovituslikud. Õpetajamaterjalis on soovituslikud kommentaarid esitatud kaldkirjas.

Õppematerjali viidatud kirjandus

Basawapatna, A. R., Koh, K. H., Repenning, A. (2010). Using scalable game design to teach computer science from middle school to graduate school. ITiCSE '10 Proceedings of the fifteenth annual conference on Innovation and technology in computer science education.

Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., Grimley, M. (2009). Computer Science Unplugged: school students doing real computing without computers.

<https://pdfs.semanticscholar.org/a5e8/fdef0bfb5b41138fb79e611781cfb7a0b305.pdf>

Dagiene, V., Sentance, S., Stupuriene, G. (2017). Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics. Informatica (Netherlands), 28(1), 23-44.

Selby, C. C., Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition.

Külastatud aadressil

https://eprints.soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf

Wing J. M. (2010). Computational thinking: What and Why? Külastatud aadressil

<https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>

Lisa 2. Tunnikava vorm „Sissejuhatus programmeerimisse“

Tunnikava vorm „Sissejuhatus programmeerimisse”

Õppeaine ja -valdkond: Informaatika. Programmeerimine

Klass, vanuse- või haridusaste: II ja III kooliaste

Tunni kestus: 45 minutit

Tunni teema (sh alateemad): Algoritm

Autor: Getriin Kokk

Tunni eesmärgid:

Etteantud tegevusjuhendist või algoritmist arusaamine, algoritmi koostamine ja rakendamine.

Milliseid üld- ja ainepädevusi (sh läbivad teemad) toetatakse:

- elukestev õpe ja karjääri planeerimine – programmeerimise tutvustamine;
- tehnoloogia ja innovatsioon – programmeerimine on üks nüüdisaegne oskus olla IT-maailmas looja mitte tarbija;
- digipädevus;
- matemaatikapädevus.

Õpitulemused:

- järgib varem koostatud algoritmi ülesande lahendamisel;
- koostab enda algoritmi ülesande lahendamiseks.

Mõisted: algoritm

Õpilaste eelteadmised ja -oskused: oskab täisarvudega liita ja lahutada. Varasem programmeerimiskogemus pole vajalik.

Eelnevalt vajalikud tegevused õpetajale ja õpilasele: õpetaja prindib töölehed.

Tunniks vajalikud materjalid, vahendid, tarkvara ja veebiaadressid (õpikud, vihikud, töölehed, esitus, tehnilised vahendid, programmid jne):

Töölehed õpilasele.

Kirjatarbed ja käärid õpilasele.

Tunni käik:

<i>Tunni osad</i>	<i>Tegevuste kirjeldused</i>	<i>Tegevusele kuluv aeg</i>	<i>Õpetaja tegevus</i>	<i>Õpilaste tegevus</i>
I Ettevalmistus Sissejuhatus Tähelepanu haaramine Häälestus (eesmärgipüstitus, motiveerimine) Eelteadmiste väljaselgitamine Vajaminevate teadmiste kordamine	Sissejuhatus ja tunni alustamine.	3 min	Õpetaja alustab tundi. Tutvustab, mis on arvutivaba programmeerimine.	Kuulamine, kaasa arutlemine.
	Õpilaste suunamine algoritmi koostamisel.	5 min	Õpetaja jagab töölehed. Õpetaja suunab õpilasi autosse istumise algoritmi koostamisel.	Õpilased lõikavad töölehelte välja laused ja koostavad autosse istumisest algoritmi.
	Mõiste algoritm.	7 min	Õpetaja selgitab mõiste algoritmi tähendust. Õpetaja näitab õpilastele, kuidas ette antud algoritmi lugeda ja ise koostada, et õpilased saaksid edasi iseseisvalt ülesandeid lahendada.	Töölehelte ülesannete lahendamine, algoritmi järgimine ja ise algoritmi koostamine.
II Põhiosa Peab tagama tunni eesmärgi täitmise	Õpilaste suunamine	25 min	Õpetaja jagab õpilastele töölehed.	Õpilased koostavad algoritmi lühima teekonna ja suurima võimaliku punktisumma leidmiseks.

<i>Tunni osad</i>	<i>Tegevuste kirjeldused</i>	<i>Tegevusele kuluv aeg</i>	<i>Õpetaja tegevus</i>	<i>Õpilaste tegevus</i>
Õppemeetodid Harjutamine, kinnistamine ja/või rakendamine	algoritmi koostamisel.		Õpetaja kontrollib õpilaste leitud vastused. Vajadusel suunab õpilasi algoritmi koostamisel.	
III Lõpetav osa Tunni kokkuvõte/eesmärgi saavutuse kontroll Tagasiside/refleksioon (sh uute eesmärkide püstitamine) Kodutöö	Tunni lõpetamine	5 min	Õpetaja kordab üle mõiste algoritm. Suurima punktisumma leidmine ja teekonna algoritmi koostamine võib jääda kodutööks. Õpetaja lõpetab tunni.	Õpilased kuulavad, räägivad kaasa ja arutlevad. Suurima punktisumma leidmine ja teekonna algoritmi koostamine võib jääda kodutööks.

Hindamine: Suulised hinnangud tunni käigus. Alloleva hindamismaatriksi eesmärk on lahendusi eristada ning hinnata lahenduste erinevat taset.

Hindamismaatriks ülesandele „Kõige lühem tee“

0 punkti	1 punkt	2 punkti	3 punkti																				
Algoritm on poolik või puudub.	Algoritm on korrektne ja käsklused vastavad teekonnale, kuid algoritmis on rohkem kui 17 käsklust.	Algoritm viib jänese pessa 17 käsklusega ja esitatud järjekorras (KAKS VÕIMALUST)	Algoritm viib jänese pessa 17 käsklusega, esitatud järjekorras ja algoritmis on kasutatud korduseid. (KAKS VÕIMALUST)																				
Algoritmis on kasutatud lisaks otse liikumisele ja pööramisele mingeid muid liikumisi. Näiteks diagonaalne liikumine või pööre vasakule/paremale tähendab ühe sammu liikumist vasakule/paremale.	Algoritm on koostatud nooltega, tähistena või sõnadena.	Algoritm on koostatud nooltega, tähistena või sõnadena.	Algoritm on koostatud nooltega, tähistena või sõnadena.																				
Ruudustikku märgitud teekond ja koostatud algoritm ei ole kooskõlas või algoritmi järgi liikumine väljub ette antud ruudustiku alalt.	Lahendus, mille korral on kahe esimese pööramise asemel kasutatud üht pööramist, lugeda õigeks.	Kõige lühemad algoritmid vähimate käsklustega: 1) P̂P̂↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑ 2) P̂↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑	Kõige lühemad algoritmid vähimate käsklustega: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>2×P̂</td> <td>P̂</td> </tr> <tr> <td>5×↑</td> <td>↑</td> </tr> <tr> <td>↵</td> <td>P̂</td> </tr> <tr> <td>4×↑</td> <td>2×↑</td> </tr> <tr> <td>P̂</td> <td>↵</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td>3×↑</td> </tr> <tr> <td>↵</td> <td>P̂</td> </tr> <tr> <td>2×↑</td> <td>4×↑</td> </tr> <tr> <td></td> <td>↵</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2×↑</td> </tr> </tbody> </table>	2×P̂	P̂	5×↑	↑	↵	P̂	4×↑	2×↑	P̂	↵	↑	3×↑	↵	P̂	2×↑	4×↑		↵		2×↑
2×P̂	P̂																						
5×↑	↑																						
↵	P̂																						
4×↑	2×↑																						
P̂	↵																						
↑	3×↑																						
↵	P̂																						
2×↑	4×↑																						
	↵																						
	2×↑																						

Hindamismaatriks ülesandele „Suurim võimalik punktisumma“

0 punkti	1 punkt	2 punkti	3 punkti
Algoritm on poolik või puudub.	Algoritm juhatab krabi elukohta, kuid kogutud on vähem kui 12 punkti.	Algoritm juhatab krabi elukohta, kogutud on 12 punkti.	Algoritm juhatab krabi elukohta, kogutud on 13 või enam punkti.
Ruudustikku märgitud teekond ja koostatud algoritm ei ole kooskõlas või algoritmi järgi liikumine väljub ette antud ruudustiku alalt.	Algoritm, mille korral on kahe esimese pööramise asemel kasutatud üht pööramist, lugeda õigeks.	Algoritm on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.	Algoritm on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.
Algoritm on kasutatud lisaks otse liikumisele ja pööramisele mingeid muid liikumisi. Näiteks diagonaalne liikumine või pööre vasakule/paremale tähendab ühe sammu liikumist vasakule/paremale.	Algoritm on koostatud nooltega, tähistena või sõnadena.	Algoritm on koostatud nooltega, tähistena või sõnadena.	Algoritm on koostatud nooltega, tähistena või sõnadena.

Lisa 3. Tunni „Sissejuhatus programmeerimisse“ ülesanded

Autosse istumine

Sammsammuline lahendus ehk **algoritm** on mingi ülesande lahenduseeskiri või juhend.

Koosta algoritm autosse istumiseks ja sõidu ettevalmistuseks. Selleks lõika laused paberist välja. Järjesta laused. Esimene lause on juba paika pandud.

1. OLEN AUTO KÕRVAL JA AUTO UKSED ON KINNI

OLEN SÕIDUKS VALMIS

SULGEN AUTO UKSE

ISTUN AUTOSSE

KINNITAN TURVAVÖÖ

AVAN AUTO UKSE

Krabi nimega Suslik

Olgu käsklused pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi. Neid käskluseid tähistatakse nooltega.

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Noolled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Krabi nimega Suslik liigub enda praegusest asukohast elukohta. Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte. Teekonna kirja panemiseks kasutatakse ainult pööret vasakule, pööret paremale ja otse liikumist.

	<p>Krabi Susliku teekond elukohta on märgitud nooltega. Järgi teekonna juhendit ja märgi ruudustikku pliiatsiga krabi teekond. Käskluseid on kirja pandud vasakult paremale.</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↷</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↶</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> </tr> </table> </div>	↑	↷	↑	↑	↶	↑
↑	↷	↑	↑	↶	↑		

	<p>Krabi Susliku teekond elukohta on märgitud nooltega. Järgi teekonna juhendit ja märgi ruudustikku pliiatsiga krabi teekond.</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↷</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↶</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> </tr> </table> </div>	↷	↑	↑	↶	↑	↑
↷	↑	↑	↶	↑	↑		

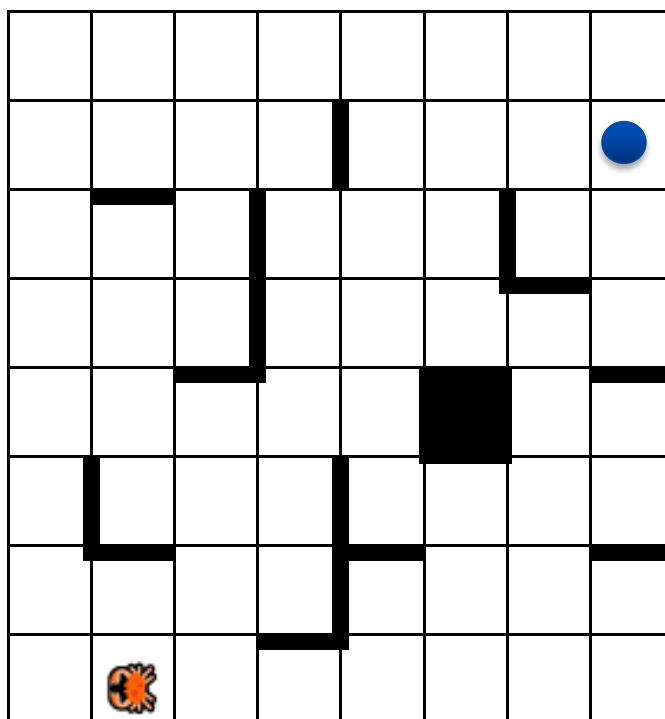
	<p>Juhata Suslik praegusest asukohast elukohta. Susliku elukoht on märgitud sinise ringiga. Märgi algoritmile vastav teekond ruudustikku. Ruudustikus võib olla ruute rohkem kui käskluseid.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Märgi käsklused vasakult paremale →</p> <table style="width: 100%; height: 30px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> </tr> </table> </div>										

Lühim tee

Milline on krabi Susliku lühim teekond elupaika jõudmiseks? Lühimaks teekonnaks loetakse vähimate käsklustega teekonda. Käsklusteks loetakse pööret vasakule, pööret paremale ja liikumist ühe sammu võrra edasi.

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Koosta Susliku teekonnast algoritm nii, et ta järgiks võimalikult väheseid käskluseid. Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte ja tumeda ruudu. Märki algoritmile vastav teekond ruudustikku.





KÄSKLUSED														
Märgi käsklused vasakult paremale →														
Käskluseid on kokku:														

Suurim võimalik punktisumma

Millise teekonna peab krabi Suslik läbima elukohta minemiseks, et koguda suurim võimalik punktisumma? Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga.

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Leia suurima võimaliku punktisummaga teekond, märgi Susliku liikumiseks algoritm käskluste ruudustikku ning leia punktisumma. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte ja tumeda ruudu. Igat ruutu võib läbida ainult ühe korra.

	-1			1			-2
2	-2					-1	
		4	-4				-1
	-6				-2		
-3	7			-5			
						-1	
	-1						
-1		-1		8			

KÄSKLUSED													
Märgi käsklused vasakult paremale →													
Käskluseid on kokku:							Punktisumma:						

Lisa 4. Lahendused ja soovitused õpetajale tunniks „Sissejuhatus programmeerimisse“

Lahendused ja soovitused õpetajale

Järgnevalt on soovitused töölehtede täitmiseks. Õpetajamaterjalis on kommentaarid esitatud kaldkirjas. Õpetajaga koos lahendamiseks ja arutlemiseks on ülesanded „Autosse istumine“ ja „Krabi nimega Suslik“. Tunni põhiosas on lahendamiseks ülesanded „Kõige lühem tee“ ning „Suurim võimalik punktisumma“.

Tabel 1. Algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumine arvutivaba programmeerimise ülesannetes.

Ülesanne	Selgitus	Ülesandes esinevad peamised algoritmilise mõtlemise oskused
Autosse istumine	Õpilased peavad probleemi lahendamiseks järjestama autosse istumise etapid õiges järjekorras.	Lahenduse leidmine
Krabi nimega Suslik	Õpilased peavad aru saama noolte tähendustest ja leidma algoritmile vastava teekonna.	Lahenduse leidmine
Kõige lühem tee	Õpilased peavad lühima tee leidmiseks katsetama erinevaid teekondi ning valima parima lahenduse. Lühimaks teekonnaks loetakse vähimate käsklustega teekonda. Kaks teekonda on sama käskluste arvuga.	Osadeks võtmine, hindamine
Suurim võimalik punktisumma	Ruudustikku on paigutatud täisarvud. Õpilane peab koostama algoritmi suurima punktisummaga teekonnast. Algoritmis võib kasutada ainult käskluseid pööre vasakule, pööre paremale ja liigu üks samm otse. Õpilane peab valima parima teekonna ülesande lahendamiseks.	Osadeks võtmine, hindamine

Autosse istumine lahendus

Arvutivaba programmeerimise õppimine annab teadmise kuidas juhendit lugeda või koostada nii, et arvuti, masin või teine inimene sellest aru saaks.

Arvutivaba programmeerimise juures on oluline sammsammulise lahenduse esitamine.

Koosta sammsammuline juhend autosse istumiseks. Sammsammuline lahendus ehk algoritm on mingi ülesande lahenduseeskiri või juhend.

Koosta algoritm autosse istumiseks ja sõidu ettevalmistuseks. Selleks lõika laused paberist välja. Järjesta laused. Esimene lause on juba paika pandud.

Näidislahendused:

1. OLEN AUTO KÕRVAL JA AUTO UKSED ON KINNI

2. AVAN AUTO UKSE

3. ISTUN AUTOSSE

4. SULGEN AUTO UKSE

5. KINNITAN TURVAVÖÖ

6. OLEN SÕIDUKS VALMIS

1. OLEN AUTO KÕRVAL JA AUTO UKSED ON KINNI

2. AVAN AUTO UKSE

3. ISTUN AUTOSSE

4. KINNITAN TURVAVÖÖ

5. SULGEN AUTO UKSE

6. OLEN SÕIDUKS VALMIS

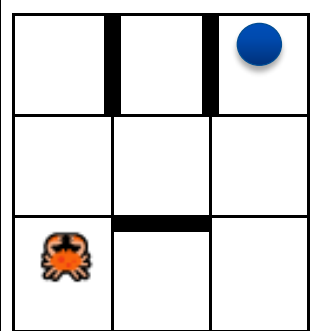
Krabi nimega Suslik lahendus

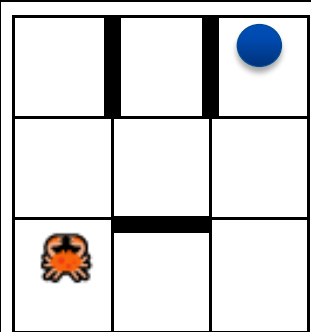
Olgu käsklused pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi. Neid käskluseid tähistatakse nooltega.

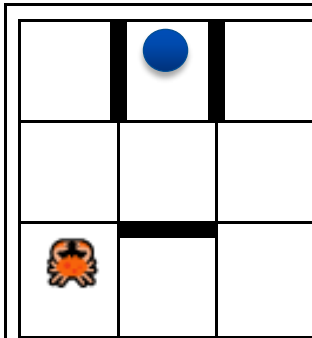
↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Krabi nimega Suslik liigub enda praegusest asukohast elukohta. Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte. Teekonna kirja panemiseks kasutatakse ainult pööret vasakule, pööret paremale ja otse liikumist.

Näidislahendused:

	<p>Krabi Susliku teekond elukohta on märgitud nooltega. Järgi teekonna juhendit ja märgi ruudustikku pliiatsiga krabi teekond. <i>Juhtida õpilaste tähelepanu veelkord sellele, et nooled vasakule ja paremale tähendavad ainult pööramist.</i></p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;"> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↷</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↶</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> </tr> </table> </div>	↑	↷	↑	↑	↶	↑
↑	↷	↑	↑	↶	↑		

	<p>Krabi Susliku teekond elukohta on märgitud nooltega. Järgi teekonna juhendit ja märgi ruudustikku pliiatsiga krabi teekond.</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;"> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↷</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↶</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">↑</td> </tr> </table> </div>	↷	↑	↑	↶	↑	↑
↷	↑	↑	↶	↑	↑		



Juhata Suslik praegusest asukohast elukohta. Susliku elukoht on märgitud sinise ringiga.

Märgi algoritmile vastav teekond ruudustikku. Ruudustikus võib olla ruute rohkem kui käskluseid.

Näidislahendus 1:

Märgi käsklused vasakult paremale →								
↑	↖	↑	↖	↑				

Näidislahendus 2:

Märgi käsklused vasakult paremale →								
↖	↑	↑	↖	↑	↖	↑	↖	↑

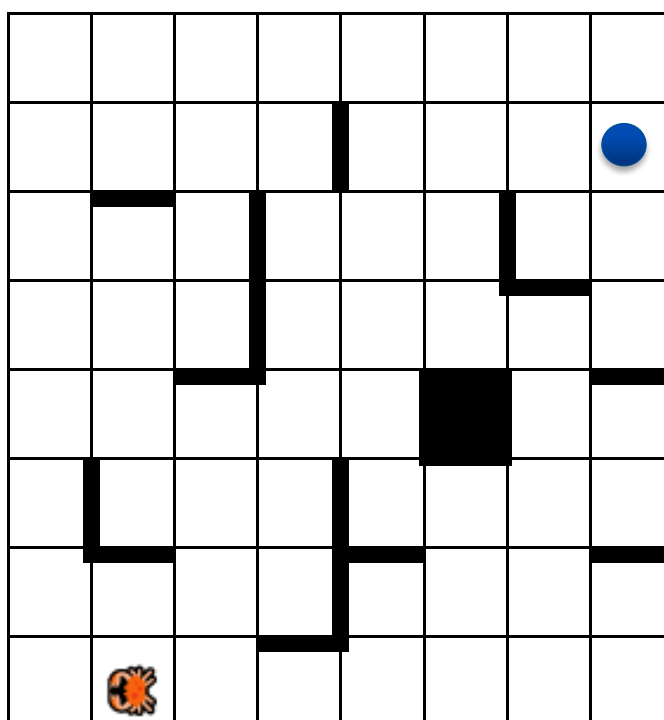
Lahendusi võib olla veel. Eesmärk on koostada korrektne algoritm.

Lühim tee lahendus

Milline on krabi Susliku lühim teekond elupaika jõudmiseks? Lühimaks teekonnaks loetakse vähimate käsklustega teekonda. Käsklusteks loetakse pööret vasakule, pööret paremale ja liikumist ühe sammu võrra edasi.

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Koosta Susliku teekonnast algoritm nii, et ta järgiks võimalikult väheseid käskluseid. Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte. Märki algoritmile vastav teekond ruudustikku. *Juhtida tähelepanu krabi suunale, krabi on suunatud vasakule.*



Näidislahendused:

KÄSKLUSED

Märgi käsklused vasakult paremale →

Näidislahendus 1:

ᵀ	ᵀ	↑	↑	↑	↑	↑	↶	↑	↑	↑	↑	ᵀ	↑
↶	↑	↑											

Näidislahendus 2:

ᵀ	↑	ᵀ	↑	↑	↶	↑	↑	↑	ᵀ	↑	↑	↑	↑
↶	↑	↑											



Käskluseid on kokku: 17

Suurim võimalik punktisumma lahendus

Millise teekonna peab krabi Suslik läbima elukohta minemiseks, et koguda suurim võimalik punktisumma? Krabi elukoht on märgitud sinise ringiga.

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

Koosta Susliku liikumiseks algoritm ning leia punktisumma. Teekonna valikul tuleb liikuda ümber tumedate seinte. Igat ruutu võib läbida ainult ühe korra. Märki algoritmile vastav teekond ruudustikku. *Juhtida tähelepanu krabi suunale, krabi on suunatud vasakule.*

	-1			1			-2
2	-2					-1	
		4	-4				-1
	-6				-2		
-3	7			-5			
						-1	
	-1						
-1		-1		8			

Näidislahendus:

KÄSKLUSED													
Märki käsklused vasakult paremale →													
↑	↷	↑	↑	↑	↑	↑	↷	↑	↑	↶	↑	↑	↷
↑	↑	↷	↑	↑	↑	↷	↑	↶	↑	↷	↑	↑	↶
↑	↶	↑	↷	↑	↑	↶	↑	↑	↑	↑	↶	↑	↑
↑	↑	↷	↑	↶	↑	↑							
Käskluseid on kokku: 49							Punktisumma: 13						

Lahenduses võib kasutada korduseid, sellisel juhul on käskluste arv väiksem.

Lisa 5. Tunnikava vorm „Kordused“

Tunnikava vorm „Kordused“

Õppeaine ja -valdkond: Informaatika. Programmeerimine

Klass, vanuse- või haridusaste: II ja III kooliaste

Tunni kestus: 45 minutit

Tunni teema (sh alateemad): Kordus

Autor: Getriin Kokk

Tunni eesmärgid:

Etteantud algoritmi õigsuse kontrollimine, korduse kasutamine algoritmi koostamisel.

Milliseid üld- ja ainepädevusi (sh läbivad teemad) toetatakse:

- elukestev õpe ja karjääri planeerimine – programmeerimise tutvustamine;
- tehnoloogia ja innovatsioon – programmeerimine on üks nüüdisaegne oskus olla IT-maailmas looja mitte tarbijad;
- digipädevus.

Õpitulemused:

- järgib varem koostatud algoritmi ülesande lahendamisel;
- koostab enda algoritmi ülesande lahendamiseks;
- kasutab kordust algoritmi koostamisel.

Mõisted: kordus

Õpilaste eelteadmised ja -oskused: teab mõisteid algoritm ja käsklus; kasutab algoritmi koostamisel käskluseid (nooled ↶, ↷, ↵) pööre vasakule, pööre paremale ja liigu üks samm otse.

Eelnevalt vajalikud tegevused õpetajale ja õpilasele: õpetaja prindib töölehed.

Tunniks vajalikud materjalid, vahendid, tarkvara ja veebiaadressid (õpikud, vihikud, töölehed, esitlus, tehnilised vahendid, programmid jne):

Töölehed õpilasele.

Kirjatarbed ja käärid õpilasele.

Tunni käik:

<i>Tunni osad</i>	<i>Tegevuste kirjeldused</i>	<i>Tegevusele kuluv aeg</i>	<i>Õpetaja tegevus</i>	<i>Õpilaste tegevus</i>
I Ettevalmistus Sissejuhatus Tähelepanu haaramine Häälestus (eesmärgipüstitus, motiveerimine) Eelteadmiste väljaselgitamine Vajaminevate teadmiste kordamine	Sissejuhatus ja tunni alustamine. Mõistete meeldetuletus.	15 min	Õpetaja alustab tundi. Mõiste algoritm meeldetuletamine ja käskluste kordamine. Õpetaja jagab töölehed.	Kuulamine, kaasa arutlemine. Etteantud teekonna järgi algoritmi koostamine.
II Põhiosa Peab tagama tunni eesmärgi täitmise Õppemeetodid	Korduse mõiste. Algoritmi koostamine.	5 min	Mõiste kordus tutvustamine.	Etteantud teekonna järgi algoritmi koostamine. Etteantud algoritmi kontrollimine.

Harjutamine, kinnistamine ja/või rakendamine	Algoritmi koostamine.	10 min	Õpetaja aitab individuaalselt. Õpetaja kontrollib loodud algoritme.	Kordust kasutades algoritmi koostamine.
	Oma loodud kavale algoritmi koostamine.	10 min	Vajadusel õpetaja suunab individuaalselt.	Juhendi järgi töötamine. Loovad oma loodud sportvõimlemise kavast kordust kasutades algoritmi.
IV Lõpetav osa Tunni kokkuvõte/eesmärgi saavutuse kontroll Tagasiside/refleksioon (sh uute eesmärkide püstitamine) Kodutöö	Tunni lõpetamine	5 min	Õpetaja kordab üle mõiste kordus. Oma loodud sportvõimlemise kava algoritmi koostamise lõpetamine võib jääda kodutööks. Õpetaja lõpetab tunni.	Õpilased kuulavad, räägivad kaasa ja arutlevad. Oma loodud sportvõimlemise kava algoritmi koostamise lõpetamine võib jääda kodutööks.

Hindamine: Suulised hinnangud tunni käigus. Õpetaja veendub, et õpilased jõuaksid koostada algoritmid paberil ning koostada kordust kasutades algoritmi. Alloleva hindamismatriksi eesmärk on lahendusi eristada ning hinnata lahenduste erinevat taset.

Hindamismaatriks ülesandele „Sportvõimlemine“

0 punkti	1 punkt	2 punkti	3 punkti
Algoritm on poolik või puudub.	Algoritm on kasutatud lisaks otse liikumisele ja pööramisele mingeid muid käskluseid. Näiteks diagonaalne liikumine või pööre vasakule/paremale tähendab ühe sammu liikumist vasakule/paremale.	Algoritm järgib täpselt lepatriinu Linne sportvõimlemise kava.	Algoritm järgib täpselt lepatriinu Linne sportvõimlemise kava.
Ruudustikku märgitud teekond ja koostatud algoritm ei ole kooskõlas või algoritmi järgi liikumine väljub ette antud ruudustiku alalt.	Käskluste tähendus on ühtne.	Algoritmi käsklused on märgitud ruudustikku järjest, kordust kasutatud ei ole.	Algoritm on märgitud astmeliselt või on kasutatud kordust.
	Algoritm on koostatud nooltega, tähistega või sõnadega.	Algoritm on koostatud nooltega või tähistega.	Algoritm on koostatud nooltega või tähistega.
		Algoritm on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.	Algoritm on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.

Hindamismatriks ülesandele „Sportvõimlemise muster“

0 punkti	1 punkt	2 punkti	3 punkti
Algoritm on poolik või puudub.	Algoritm on kasutatud lisaks otse liikumisele ja pööramisele mingeid muid käskluseid. Näiteks diagonaalne liikumine või pööre vasakule/paremale tähendab ühe sammu liikumist vasakule/paremale.	Algoritm järgib täpselt lepatriinu Linne sportvõimlemise kava.	Algoritm järgib täpselt lepatriinu Linne sportvõimlemise kava.
Ruudustikku märgitud teekond ja koostatud algoritm ei ole kooskõlas või algoritmi järgi liikumine väljub ette antud ruudustiku alalt.	Käskluste tähendus on ühtne.	Kordust on kasutatud õigesti ja korduses on kasutatud mitut käsklust.	Korduses on kasutatud mitut käsklust ja algoritm on efektiivne ehk kordused lihtsustavad algoritmi ja algoritmi järgimist.
	Algoritm on koostatud nooltega, tähistega või sõnadega.	Algoritm on koostatud nooltega või tähistega.	Algoritm on koostatud nooltega või tähistega.
		Algoritm on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.	Algoritm on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.
			Sportvõimlemise kava algoritm: 2×↑↑↑↑↑↑↑↑ 4×↑ 2×↑↑↑↑↑↑↑↑

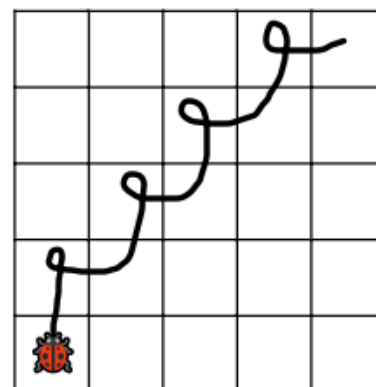
Hindamismatriks ülesandele „Sportvõimlemise kava“

0 punkti	1 punkt	2 punkti	3 punkti
Algoritm on poolik või puudub.	Sportvõimlemise kavas on arusaadav Linne asukoht, Linne suund, ruudustikku on märgitud pliiatsiga Linne kava teekond.	Sportvõimlemise kavas on arusaadav Linne asukoht, Linne suund, ruudustikku on märgitud pliiatsiga Linne kava teekond.	Sportvõimlemise kavas on arusaadav Linne asukoht, Linne suund, ruudustikku on märgitud pliiatsiga Linne kava teekond.
Kava teekond või algoritm ei vasta ülesande juhendile.	Koostatud on sportvõimlemise kava algoritm, kuid algoritmis ei ole kasutatud kordust või õigeid käskluseid.	Koostatud on sportvõimlemise kava algoritm, milles on kasutatud kordust.	Koostatud on sportvõimlemise kava algoritm, milles on kasutatud kordust.
		Korduses on kasutatud üht käsklust.	Korduses on kasutatud mitut käsklust ja algoritm on efektiivne ehk kordused lihtsustavad algoritmi ja algoritmi järgimist.
	Algoritm on koostatud nooltega, tähistega või sõnadega.	Algoritm on koostatud nooltega või tähistega.	Algoritm on koostatud nooltega või tähistega.
		Algoritmis on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.	Algoritmis on kasutatud korrektseid liigutusi: pööre vasakule, liikumine otse, pööre paremale.
		Võib esineda väike eksimus.	

Sportvõimlemise muster

Lepatriinu Linne on kooliolümpiamängudeks koostanud varu sportvõimlemise kava. Kava on pildil.

Koosta algoritm kava järgi liikumiseks. Algoritmiks loetakse käskluste kogumit. Käsklused on pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi.



↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

KÄSKLUSED Märgi käsklused vasakult paremale →					

Kas Sa märkasid, kirjutasid algoritmis käskluseid ↑↶↶↶↶ neli korda. Seda kava on võimalik korduse abil lühemalt kirjutada. Siin on esitatud näide selle kava lühemast kirjutamisest.

NÄIDE. SAMA KAVA LÜHEMALT käsklused vasakult paremale →					
4 ×					
↑	↶	↶	↶	↑	↶

Ruudustikus tähistab 4 × kordust. Käskluseid ↑↶↶↶ korratakse neli korda järjest ehk saadakse sama kood, mille Sina juba kirjutasid. Siiski kontrolli, kas lühem kava järgib ka täpselt Linne kava.

Lisa 7. Lahendused ja soovitusel õpetajale tunniks „Kordused“

Lahendused ja soovitusel õpetajale

Järgnevalt on soovitusel töölehtede täitmiseks. Õpetajamaterjalil on kommentaarid esitatud kaldkirjas. Õpilased lahendavad kolm ülesannet „Sportvõimlemine“, „Sportvõimlemise muster“ ja „Sportvõimlemise kava“.

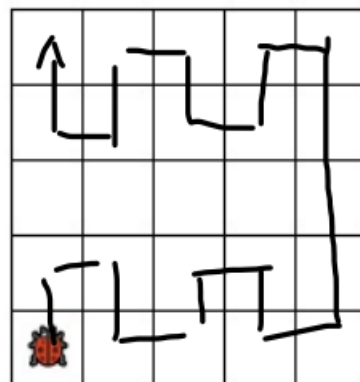
Tabel 2. Algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumine arvutivaba programmeerimise ülesannetes

Ülesanne	Selgitus	Ülesandes esinevad peamised algoritmilise mõtlemise oskused
Sportvõimlemine	Õpilased koostavad algoritmi ette näidatud teekonnast.	Üldistamine
Sportvõimlemise muster	Õpilased koostavad algoritmi ette näidatud teekonnast. Algoritmi lühemaks kirjutamiseks on toodud näide korduse kasutamisest. Õpilased kasutavad kordust eelmises ülesandes koostatud algoritmi lühemaks kirjutamiseks.	Osadeks võtmine, lahenduse leidmine
Sportvõimlemise kava	Õpilased mõtlevad ise sportvõimlemise kava. Õpilased kasutavad kava algoritmi koostamisel kordust.	Lahenduse leidmine, üldistamine

Sportvõimlemine lahendus

Krabi Susliku sõber seitsetäpp-lepatriinu Linne valmistub kooliolümpiamängudeks. Ta koostas sportvõimlemiseks kava. Koostatud kava on pildil.

Koosta algoritm kava järgi liikumiseks. Algoritmiks loetakse käskluste kogumit. Käsklused on pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi.



↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

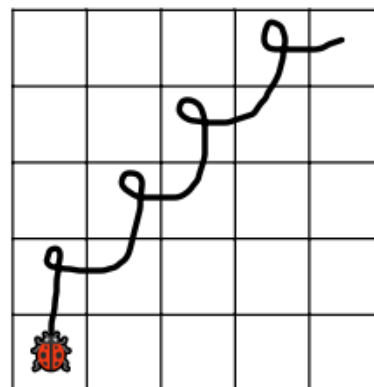
Näidislahendused:

KÄSKLUSED							
Märgi käsklused vasakult paremale →							
<i>Astmeline lahendus:</i>							
↑	↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶
↑	↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶
↑	↑	↑	↑				
↶	↑	↶	↑	↷	↑	↷	↑
↶	↑	↶	↑	↷	↑	↷	↑
<i>Käsklused on märgitud ruudustikku järjest:</i>							
↑	↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶
↑	↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶
↑	↑	↑	↑	↶	↑	↶	↑
↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶	↑
↷	↑	↷	↑				
Käskluseid on kokku: 36							

Sportvõimlemise muster lahendus

Lepatriinu Linne on kooliolümpiamängudeks koostanud varu sportvõimlemise kava. Kava on pildil.

Koosta algoritm kava järgi liikumiseks. Algoritmiks loetakse käskluste kogumit. Käsklused on pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi.



↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

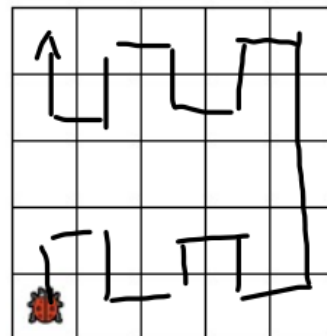
KÄSKLUSED Märgi käsklused vasakult paremale →					
<i>Näidislahendus:</i>					
↑	↶	↶	↶	↑	↶
↑	↶	↶	↶	↑	↶
↑	↶	↶	↶	↑	↶
↑	↶	↶	↶	↑	↶

Kas Sa märkasid, kirjutasid algoritmis käskluseid ↑↶↶↶↑↶ neli korda. Seda kava on võimalik korduse abil lühemalt kirjutada.

SAMA KAVA LÜHEMALT käsklused vasakult paremale →					
4 ×					
↑	↶	↶	↶	↑	↶

Kontrolli, kas Linne teeb ikka sama sportvõimlemise kava ka lühema kava läbimisel.

Linne valmistus kooliolümpiamängudeks kahe sportvõimlemise kavaga. Koosta kordust kasutades esimese kava liikumiseks algoritm. Algoritmiks loetakse käskluste kogumit. Käsklused on pööre vasakule, pööre paremale ja liikumine ühe sammu võrra edasi. Esimene Linne sportvõimlemise kava on pildil.



↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	

KÄSKLUSED							
Märgi käsklused vasakult paremale →							
Näidislahendus 1:							
2×							
↑	↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶
4×	↑						
2×							
↶	↑	↶	↑	↷	↑	↷	↑
Näidislahendus 2:							
2×							
↑	↷	↑	↷	↑	↶	↑	↶
3×	↑						
2×							
↑	↶	↑	↶	↑	↷	↑	↷
1×	↑						

Lisa 8. Tunnikava vorm „Kordamine“

Tunnikava vorm „Kordamine”

Õppeaine ja -valdkond: Informaatika. Programmeerimine

Klass, vanuse- või haridusaste: II ja III kooliaste

Tunni kestus: 45 minutit

Tunni teema (sh alateemad): Algoritm, kordus

Autor: Getriin Kokk

Tunni eesmärgid:

Etteantud tegevusjuhendist või algoritmist arusaamine, etteantud algoritmi õigsuse kontrollimine, algoritmi koostamine ja rakendamine.

Milliseid üld- ja ainepädevusi (sh läbivad teemad) toetatakse:

- elukestev õpe ja karjääri planeerimine – programmeerimise tutvustamine.
- tehnoloogia ja innovatsioon – programmeerimine on üks nüüdisaegne oskus olla IT-maailmas looja mitte tarbija.
- digipädevus.

Õpitulemused:

- järgib varem koostatud algoritmi ülesande lahendamisel;
- koostab enda algoritmi ülesande lahendamiseks;
- kasutab kordust algoritmi koostamisel;
- kontrollib etteantud algoritmi õigsust.

Mõisted: algoritm, kordus.

Õpilaste eelteadmised ja -oskused: teab mõisteid algoritm, käsklus ja kordus; kasutab algoritmi koostamisel käskluseid (nooled ↶, ↷, ↵) pööre vasakule, pööre paremale ja liigu üks samm otse; kasutab kordust algoritmi koostamisel.

Eelnevalt vajalikud tegevused õpetajale ja õpilasele: õpetaja prindib töölehed.

Tunniks vajalikud materjalid, vahendid, tarkvara ja veebiaadressid (õpikud, vihikud, töölehed, esitlus, tehnilised vahendid, programmid jne):

Töölehed õpilasele.

Kirjatarbed ja käärid õpilasele.

Tunni käik:

<i>Tunni osad</i>	<i>Tegevuste kirjeldused</i>	<i>Tegevusele kuluv aeg</i>	<i>Õpetaja tegevus</i>	<i>Õpilaste tegevus</i>
I Ettevalmistus Sissejuhatus Tähelepanu haaramine Häälestus (eesmärgipüstitus, motiveerimine) Eelteadmiste väljaselgitamine Vajaminevate teadmiste kordamine	Sissejuhatus ja tunni alustamine. Mõistete meeldetuletus.	5 min	Õpetaja alustab tundi. Mõistete algoritm ja kordus meeldetuletus. Käskluste kordamine.	Kuulamine, kaasa arutlemine.
II Põhiosa	Algoritmide koostamine,	20 min	Vajadusel õpetaja suunab individuaalselt.	Juhendi järgi töötamine.

Peab tagama tunni eesmärgi täitmise Õppemeetodid Harjutamine, kinnistamine ja/või rakendamine	sobiva algoritmi valik.			
	Lahenduskäikude esitamine.	15 min	Vajadusel suunab õpilasi erinevate lahenduskäikude valimisel.	Õpilased arutlevad ja põhjendavad valitud või koostatud lahenduskäikude õigsust.
IV Lõpetav osa Tunni kokkuvõtte/eesmärgi saavutuse kontroll Tagasiside/refleksioon (sh uute eesmärkide püstitamine) Kodutöö	Tunni lõpetamine	5 min	Õpetaja kordab mõisted algoritm ja kordus. Õpetaja lõpetab tunni.	Õpilased kuulavad, räägivad kaasa ja arutlevad.

Hindamine: Suulised hinnangud tunni käigus. Õpetaja veendub, et õpilased jõuaksid koostada algoritmid paberile. Alloleva hindamismatriksi eesmärk on lahendusi eristada ning hinnata lahenduste erinevat taset.

Hindamismatriks ülesannetele “Kordamine”

Ülesanne 1	Ülesanne 2	Ülesanne 3	Ülesanne 4	Ülesanne 5
↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑	5	LÕUNA	8	Õiged: 3, 5, 6 Kolmas algoritm. 2×↑↑↑↑↑↑ 2×↑ Viies algoritm. 2×↑↑↑↑↑↑ ↑ ↑ Kuues algoritm. ↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑↑
Õige vastus 1 punkt.	Õige vastus 1 punkt.	Õige vastus 1 punkt.	Õige vastus 1 punkt.	Õige vastus 3 punkti. Punktide jaotus: 0 punkti - ükski valik pole õige 1 punkti - tehtud on üks valik ja see on õige 2 punkti - tehtud on kaks valikut ja mõlemad on õiged 3 punkti - tehtud on kolm valikut ja kõik on õiged

Lisa 9. Tunni „Kordamine“ ülesanded

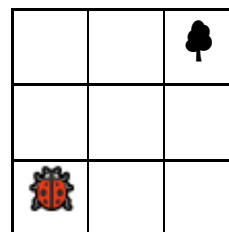
Kordamine

Ülesanne 1

Linne peab jõudma puuni nii, et ta läbiks kõiki lava ruute. Koosta lühima teekonna algoritm. Lühimaks teekonnaks loetakse vähimate käsklustega teekonda.

Laval on märgitud Linne asukoht ja suund ning puu asukoht

↶	↑	↷	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	



KÄSKLUSED

Märgi käsklused vasakult paremale →

Käskluseid on kokku:

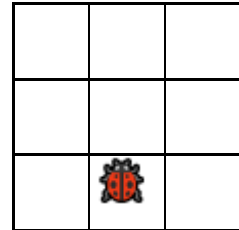
Ülesanne 2

Linne läbib algoritmi ↑↑↑↑↑↑↑↑↑ järgi sportvõimlemise elemendi. Millisesse ruutu Linne jõuab?

Laval on märgitud Linne esialgne asukoht ja suund

Ruudud on tähistatud numbritega 1 kuni 9 järgmiselt:

1	2	3
4	5	6
7	8	9



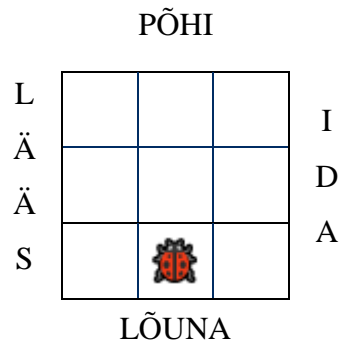
Vastus:

.....

Ülesanne 3

Linne läbib algoritmi ↑↑↑↑↑↑↑↑↑ järgi sportvõimlemise elemendi. Kuhu Linne pärast algoritmi läbimist vaatab? Kas põhja, lõunasse, itta või läände?

Laval on märgitud Linne esialgne asukoht ja suund



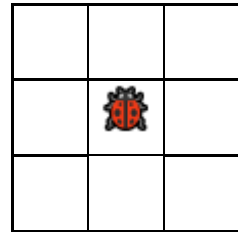
Vastus:

.....

Ülesanne 4

Mitu erinevat teekonda on lava kõikide ruutude läbimiseks selliselt, et igat ruutu läbitakse ühel teekonnal ainult ühe korra?

Laval on märgitud Linne asukoht ja suund



Vastus:

.....

Ülesanne 5

Linne läbib laval sportvõimlemise kava nii nagu joonisel näidatud. Joonisel on liikumine ja pööramine märgitud nooltega ning pööramise suund joonega. Millised algoritmid iseloomustavad jooniselt esitatud kava?

KÄSKLUSED		
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale
↶	↑	↷

Märgi õige algoritmi ees olevasse kasti rist.

Esimene sammsammuline kava juhend.

↶↑↑↶↶↶↑↑↶↑↑↶

Teine sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↶↶↶↑↑↶

3 × ↶

Kolmas sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↶↶↶↑↑↶

2 × ↷

Neljas sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↶↶↶↑↑↶

2 × ↷

Viies sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↶↶↶↑↑↶

↷

↷

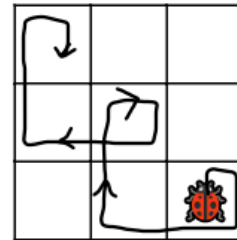
Kuues sammsammuline kava juhend.

↶↶↶↑↑↶↑↑↶↶↶↑↑↶↶

Seitsmes sammsammuline kava juhend.

↶↑↑↶↶↑↑↶

Laval on märgitud Linne esialgne asukoht, suund ja sportvõimlemise kava.



Lisa 10. Lahendused ja soovitused õpetajale tunniks „Kordamine“

Lahendused ja soovitused õpetajale

Järgnevalt on soovitused töölehtede täitmiseks. Õpetajamaterjalis on kommentaarid esitatud kaldkirjas. Õpilased lahendavad viis ülesannet.

Tabel 3. Algoritmilise mõtlemise oskuse väljendumine arvutivaba programmeerimise ülesannetes

Ülesanne	Selgitus	Ülesandes esinevad peamised algoritmilise mõtlemise oskused
Kordamisülesanne 1	Õpilased koostavad lühima teekonna algoritmi. Lühimaks teekonnaks loetakse vähimate käsklustega teekonda.	Olulise eristamine, osadeks võtmine
Kordamisülesanne 2	Õpilased järgivad esitatud algoritmi.	Lahenduse leidmine
Kordamisülesanne 3	Õpilased järgivad esitatud algoritmi ja leiavad ülesandele vastuse.	Olulise eristamine
Kordamisülesanne 4	Õpilased leiavad kõik võimalikud erinevad lahendused.	Osadeks võtmine
Kordamisülesanne 5	Õpilased valivad esitatud algoritmidest teekonnale vastavad. Õigete algoritmide käsklused on esitatud erinevalt.	Üldistamine, hindamine

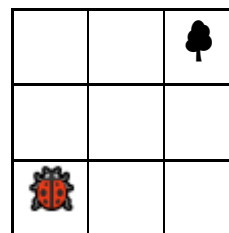
Kordamine

Ülesanne 1

Linne peab jõudma puuni nii, et ta läbiks kõiki lava ruute. Koosta lühima teekonna algoritm. Lühimaks teekonnaks loetakse vähimate käsklustega teekonda.

Laval on märgitud Linne asukoht ja suund ning puu asukoht

↶	↑	↷	
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale	Liikumiseks on kolm võimalust, kas pööre vasakule, pööre paremale või üks samm otse edasi järgmisele ruudule. Nooled paremale ja vasakule tähendavad pööramist ühe koha peal.



KÄSKLUSED

Märgi käsklused vasakult paremale →

Näidislahendus:

↑	↑	↷	↑	↷	↑	↑	↶	↑	↶	↑	↑		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--

Käskluseid on kokku: 12

Ülesanne 2

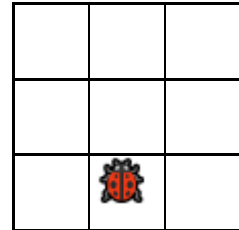
Linne läbib algoritmi ↑↑↖↖↑↑↑↑↖↖ järgi sportvõimlemise elemendi. Millisesse ruutu Linne jõuab?

Ruudud on tähistatud numbritega 1 kuni 9 järgmiselt:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Vastus: 5

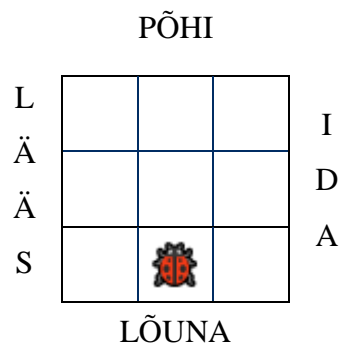
Laval on märgitud Linne esialgne asukoht ja suund



Ülesanne 3

Linne läbib algoritmi ↖↑↑↑↑↖↖↖↖↖↖ järgi sportvõimlemise elemendi. Kuhu Linne pärast algoritmi läbimist vaatab? Kas põhja, lõunasse, itta või läände?

Laval on märgitud Linne esialgne asukoht ja suund

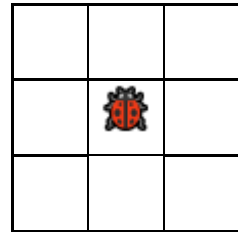


Vastus: *Linne vaatab lõunasse.*

Ülesanne 4

Mitu erinevat algoritmi on võimalik koostada lava kõikide ruutude läbimiseks selliselt, et igat ruutu läbitakse ühel teekonnal ainult ühe korra?

Laval on märgitud Linne asukoht ja suund



Vastus: *Lava kõikide ruutude läbimiseks on kaheksa erinevat teekonda.*

Ülesanne 5

Linne läbib laval sportvõimlemise kava nii nagu joonisel näidatud. Joonisel on liikumine ja pööramine märgitud nooltega ning pööramise suund joonega. Millised algoritmid iseloomustavad jooniselt esitatud kava?

KÄSKLUSED		
Pööre vasakule	Liigu üks samm otse	Pööre paremale
↶	↑	↷

Märgi õige algoritmi ees olevasse kasti rist.

Esimene sammsammuline kava juhend.

↶↑↑↶↑↑↶↑↑↶↑↑

Teine sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↷↷↷↑↑↑↑

3 × ↶

Kolmas sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↷↷↷↑↑↑↑

2 × ↷

Neljas sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↷↷↷↶↶↑↑

2 × ↷

Viies sammsammuline kava juhend.

2 × ↷↷↷↷↑↑↑↑

↷

↷

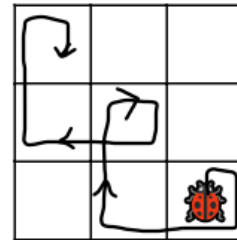
Kuues sammsammuline kava juhend.

↷↷↷↷↑↑↑↑↷↷↷↷↑↑↑↑

Seitsmes sammsammuline kava juhend.

↶↑↑↶↶↑↑↶↶↑↑

Laval on märgitud Linne esialgne asukoht, suund ja sportvõimlemise kava.



Lisa 11. Ankeetküsimustik

Ankeetküsimustik

Palun Sul täita arvutivaba programmeerimise projektõpet puudutav tagasiside. Tagasisidele vastates aitad kaasa arvutivaba programmeerimise õppematerjali tugevate ja arendamist vajavate kohtade leidmisel. Seepärast on Sinu vastus väga oluline. Palun vasta, millises ulatuses Sa nõustud/ei nõustu väidetega.

		Täiesti nõus	Pigem nõus	Nii ja naa	Pigem ei ole nõus	Ei nõustu üldse
1	Mulle meeldis ülesanne „Lühim tee”.					
2	Mulle meeldis ülesanne „Suurim võimalik punktisumma”.					
3	Mulle meeldis ülesanne „Sportvõimlemine”.					
4	Mulle meeldis ülesanne „Sportvõimlemise muster”.					
5	Mulle meeldis ülesanne „Sportvõimlemise kava”.					
6	Ülesanded olid mulle jõukohased.					
7	Ülesandeid oli huvitav täita.					
8	Ülesande "Lühim tee" juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav.					
9	Ülesande „Suurim võimalik punktisumma” juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav.					

		Täiesti nõus	Pigem nõus	Nii ja naa	Pigem ei ole nõus	Ei nõustu üldse
10	Ülesande „Sportvõimlemine” juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav.					
11	Ülesande „Sportvõimlemise muster” juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav.					
12	Ülesande „Sportvõimlemise kava” juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav.					

Ülesannete lahendamisel (VALI ÜKS)

- sain ise hakkama.
- küsisin abi kaaslastelt.
- jätsin tegemata.

Juhul, kui vastasid jätsin tegemata, siis palun selgita, mis selle põhjustas.

.....
Mida muudaksid "Lühim tee" juures?.....

.....
Mida muudaksid „Suurim võimalik punktisumma” juures?.....

.....
Mida muudaksid „Sportvõimlemine” juures?.....

.....
Mida muudaksid „Sportvõimlemise muster” juures?.....

.....
Mida muudaksid „Sportvõimlemise kava” juures?.....

.....
Mida muudaksid ülesannete juures üldiselt?.....

.....

		Täiesti nõus	Pigem nõus	Nii ja naa	Pigem ei ole nõus	Ei nõustu üldse
13	Arvutivaba programmeerimise õppematerjali juhend aitas mul teemat paremini mõista.					
14	Arvutivaba programmeerimise õppematerjali juhendis kasutatav tekst oli kergesti arusaadav.					
15	Arvutivaba programmeerimise õppematerjali juhend oli koostatud nii, et see oli mulle kergesti mõistetav.					

Mida muudaksid juhendi juures?.....

.....

.....

		Täiesti nõus	Pigem nõus	Nii ja naa	Pigem ei ole nõus	Ei nõustu üldse
16	Mulle meeldis, et oli erinevaid tegevusi teema omandamiseks.					
17	Mulle meeldis, et sain seda teemat õppida iseseisvalt.					
18	Arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendamine muutis programmeerimise minu jaoks huvitavaks.					
19	Arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendamine muutis programmeerimise minu jaoks igavamaks.					

		Täiesti nõus	Pigem nõus	Nii ja naa	Pigem ei ole nõus	Ei nõustu üldse
20	Arvutivaba programmeerimise ülesannete lahendamine aitab mul programmeerimisest paremini aru saada.					
21	Tahaksin ka iseseisvalt edaspidi arvutivaba programmeerimisega tegeleda.					
22	Sooviksin pigem tegeleda õppeainete õppimisega.					

Sooviksin veel lisada, et

.....

.....

Lisa 12. Arvutivaba programmeerimise ülesannete muudatusettepanekud

Ülesanne	Tehtud ettepanek/muudatus
<p>Üksikülesanne „Lühim tee“</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ma lisaksin paremale alla ühe seina. • Ülesande võiks teha, et sammude arv on antud ja pead leidma tee, mis on sammude arvuga võrdne. • Paneksin rohkem takistusi. • Raja teeksin pikemaks. • Ma keeraksin jänese liikumissuuna näoga paremale alguses. • Kuna see oli meie esimene ülesanne oleks ala kus jännes on teinud väiksemaks. • Teeksin kasti natukene suuremaks ja paneksin rohkem musti seinu. • Ma lisaksin vastusesse, et sa saad liikuda sinna poole kuhu on jänese nägu. • Mina paneksin jänese pesa kohta, kuhu on raskem ligi pääseda. • Võtaksin need tumedamad jooned ja ruudu ära, sest siis mul oleks ülesannet lihtsam täita.
<p>Üksikülesanne „Suurim võimalik punktisumma“</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ma paneksin juurde positiivseid arve. • Ma paneksin lisapunktid raskematesse kohtadesse. • Võtaksin all vasakus nurgas oleva -1 ära ning „iga ruutu võib läbida ainult ühe korra“ teeks rasvaselt, sest ma algul ei pannud seda tähele, sealt tuli ka viga. • Rohkem miinus ja tavapunkte. • Sammu lahtris oleks rohkem kohti kuhu samme kirjutada. • Võibolla oleks võinud olla teistsugune joonis, kui esimeses ülesandes. • Tööjuhendi natuke arusaadavamaks. • Ma oleks pannud rohkem neid musti tugevaid jooni kust läbi minna ei saa. • Ma teeksin seda ‘ala’ veidi väiksemaks. • Punktid oleksid võinud olla rohkem laiali. • Ma lisaksin siia vastusesse ka, et sa saad liikuda sinna poole kuhu on jänese nägu. • Siin ülesande juhendis jäi arusaamatuks, ka numbrita ruut annab punkti või ei. • Võiks kohe alguses teada mitu punkti on võimalik saada.

Ülesanne	Tehtud ettepanek/muudatus
Üksikülesanne „Sportvõimlemine“	<ul style="list-style-type: none"> • Võiks täpsustada, et kas sa pead selle sama kava sammud kirja panema või midagi sellist. • Ei saanud aru kas peab kava ise tegema või peab parema pildi järgi tabelisse sammud märkima. • Teeksin tee raskemaks. • Muudaksin seda, et oleks paremini seletatud kas peab tegema juba etteantud kava sammud või peab uue kava mõtlema. • Minule valmistas see tee natuke raskusi kuna teel oli palju keeramisi. • Kava oleks võinud olla veidi raskem.
Üksikülesanne „Sportvõimlemise muster“	<ul style="list-style-type: none"> • Minu tehtud kava ei oleks saand lühemalt märkida ning ei saanud seda teha. • Ma muudaksin ruutude arvu ja Linne kava. • Ma kirjutaksin, kuidas tabelis kirja pandud osa vormistada. • Seletada rohkem lahti, kuidas siin kordust kasutada. • Korduse näitest ei saanud aru, peaks olema täpsem näide ja selgitus. • See oli väga segadust tekitav, sest ma ei saanud aru kuidas täpselt kava lühemalt teha, kui leidsin kuidas sammud kordusid oli juba lihtne. • Alguses võiks rohkem kirjutada, mis kuidas kordust kasutada. • Ei muudaks midagi, kui siis ainult annaks mõne vihje (osadele võib-olla vajalik), kuidas märkida äre, milline kordus vm käsk kuhu alla kuulub. • Teeksin tee lühema, sest siis oleks lihtsam.
Üksikülesanne „Sportvõimlemise kava“	<ul style="list-style-type: none"> • Sammud võiks kohe lühemalt kirjutada. • Selles ülesandes võiks olla suurem ruudustik kava tegemiseks. • Siin oleks võinud olla midagi põnevamat. Näiteks oleks võinud olla meil ülesanne kasutades neid nõudeid, teha see kava mingi kujundina sinna ruudustikule. • Võtaksin ülesandest ära korvpalli petteliigutused, sest tavaliselt petteliigutus on küljepeale ja seda on ülesandes raske märkida antud märgistustega. • Ma lisaksin reegli, mis ei luba ühte ruutu kaks korda ületada. • Teeks suurema lava ala.

Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Getriin Kokk,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Algoritmilise mõtlemise oskust arendav arvutivaba programmeerimise õppematerjal II ja III kooliastmele“, 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 Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Getriin Kokk

19.08.2020