

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Agu-Art Annuk

**Magasini ja järjekorra õpetamine ülikooli-
kursustel**

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Ahti Peder

Tartu 2019

Magasini ja järjekorra õpetamine ülikoolikursustel

Lühikokkuvõte:

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida lähemalt magasin ja järjekorra andmestruktuuri õpetamist ülikoolikursustel ja selgitada välja, millised on neis esinevad tugevused ning kitsaskohad. Keskendutakse sellele, milliste kasutusnäidete ja ülesannete põhjal neid andmestruktuure õpetatakse ning kas nendest piisab magasin ja järjekorra olulisuse selgitamiseks. Lisaks uuritakse, kas tudengitel on võimalik omandada magasin ja järjekorra kohta kõik vajaminevad teoreetilised teadmised.

Võtmesõnad:

Magasin, järjekord, algoritm, andmestruktuur, andmetüüp

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria

Teaching stack and queue in university courses

Abstract:

The purpose of this bachelor's thesis is to take in depth look at how stack and queue are taught at the various university courses and find out its strengths and weaknesses. The focus is on what kind of examples and exercises are presented and if it is enough for students to understand the importance of stack and queue. Also, it is examined if students can receive all the theoretical knowledge about stack and queue.

Keywords:

Stack, queue, algorithm, data structure, data type

CERCS: P175 Informatics, systems theory

Sisukord

1.	Sissejuhatus	5
2.	Olulisemad eelteadmised	6
2.1	Algoritmid ja andmestruktuurid	6
2.2	Andmetüüp.....	6
2.3	Magasin.....	7
2.4	Järjekord.....	7
3.	Magasini- ja järjekorra õpetamise hetkeseis	9
3.1	Olukord Eesti ülikoolides	9
3.1.1	Tartu Ülikool.....	9
3.1.2	Tallinna Tehnikaülikool	10
3.1.3	Tallinna Ülikool	12
3.1.4	Eesti ülikoolide kokkuvõte	13
3.2	Olukord tavaülikoolides.....	14
3.2.1	Chalmersi Ülikool	15
3.2.2	Jacobsi Ülikool.....	16
3.2.3	Florida Tehnoloogiainstituut.....	17
3.2.4	Tavaülikoolide kokkuvõte	18
3.3	Olukord eliitülikoolides	20
3.3.1	Cambridge'i Ülikool.....	20
3.3.2	Stanfordi Ülikool.....	22
3.3.3	California Tehnoloogiainstituut	23
3.3.4	Eliitülikoolide kokkuvõte	24
4.	Järeldused	27
4.1	Tugevused	27
4.2	Kasutusnäited ja ülesanded	27

4.3	Kitsaskohad.....	29
5.	Kokkuvõte.....	30
	Viidatud kirjandus.....	31
	Lisad.....	33
	Litsents.....	33

1. Sissejuhatus

Algoritmid ja andmestruktuurid on informaatika ja infotehnoloogia erialal kaks väga olulist ja lahutamatu osa. Mitmed algoritmide ja andmestruktuuride kursustel käsitletavat mõisted vajavad õpilastel paremaks arusaamiseks head teoreetilist ülevaadet ning selgeid kasutusnäiteid ja ülesandeid.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida lähemalt magasinini ja järjekorra andmestruktuuri õpetamist ülikoolikursustel ja selgitada välja, millised on neis esinevad tugevused ning kitsaskohad. Keskendutakse sellele, milliste kasutusnäidete ja ülesannete põhjal neid andmestruktuure õpetatakse ning kas nendest piisab magasinini ja järjekorra olulisuse selgitamiseks. Lisaks uuritakse, kas tudengitel on võimalik omandada magasinini ja järjekorra kohta kõik vajaminevad teoreetilised teadmised.

Teises peatükis seletatakse töö paremaks loetavuseks lahti olulisemad mõisted ja selgitatakse, miks magasinini ja järjekorra õppimine on oluline.

Kolmandas peatükis uuritakse, millised on trendid magasinini ja järjekorra õpetamisel ülikoolikursustel. Valitakse välja konkreetsed ülikoolid ja jaotatakse need kolmeks: Eesti ülikoolid, välismaa tavaülikoolid ja eliitülikoolid. Iga ülikooli puhul vaadeldakse, mida õpetatakse teoorias ning milliseid kasutusnäiteid ja ülesandeid esitatakse. Iga jaotuse kohta tehakse analüüsiv kokkuvõte.

Neljandas peatükis tehakse uuritud ülikoolide kohta järeldused. Tuuakse välja esinenud tugevused magasinini ja järjekorra teooria õpetamisel ning esitatakse nende kohta kokkukogutud kasutusnäiteid ja ülesandeid, mida antud ülikoolikursustel käsitleti. Lõpuks tuuakse välja ka esinenud kitsaskohad, millele tuleks magasinini ja järjekorra õpetamisel kindlasti tähelepanu pöörata.

Samuti püstitatakse töös hüpotees, et magasinini ja järjekorra teooriat õpetatakse eliitülikoolides põhjalikumalt ning esitatakse rohkem huvitavaid kasutusnäiteid ja ülesandeid kui Eesti ülikoolides ja välismaa tavaülikoolides.

2. Olulisemad eelteadmised

Töö paremaks loetavuseks tuuakse selles peatükis välja olulisemad eelteadmised ja mõisted. Seletatakse lühidalt, miks käsitletakse algoritme ja andmestruktuure üheselt, mis vahe on andmestruktuuril ja andmetüübil, mida kujutavad endast magasin ja järjekord ning miks on nende õppimine oluline.

2.1 Algoritmid ja andmestruktuurid

Algoritmid on suureks abiks erinevate lihtsate ja keeruliste probleemide lahendamiseks. Need koosnevad üheselt mõistetavatest ja järjestikustest sammudest ning pakuvad lõpliku lahenduse mingisugusele probleemile. Ühe probleemi lahendamiseks leidub tavaliselt mitu erinevat algoritmi, kuid need ei pruugi olla võrdväärse tõhususega [1]. Siin tulevad mängu andmestruktuurid ja nende seos algoritmidega, sest õige andmestruktuuri valik võimaldab koostada kiiremaid ja efektiivsemaid algoritme.

Andmestruktuure saab jaotada konkreetseteks ning abstraktseteks. Konkreetsete andmestruktuurid on lihtsamad struktuurid ja kirjeldavad andmete tegelikku paigutust arvutis, nagu näiteks massiiv ja ahel [2]. Abstraktsed andmestruktuurid on sellised andmestruktuurid, kus nende väärtus- ja operatsioonivarud on realisatsioonist sõltumatud [5].

Lisaks võivad andmestruktuurid jaotuda staatilisteks ja dünaamilisteks. Staatilise andmestruktuuri puhul on nende suurus eelnevalt fikseeritud ning andmeid juurde lisada ja eemaldada ei saa. Dünaamiline andmestruktuur võimaldab andmeid juurde lisada ja neid ka eemaldada [3].

2.2 Andmetüüp

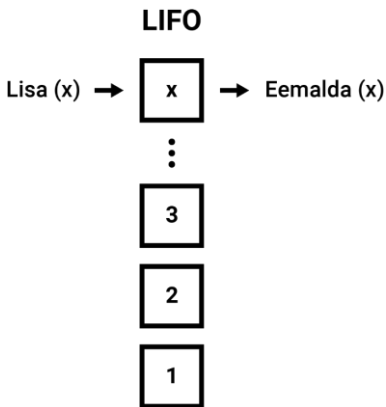
Andmestruktuuride õppimisel on oluline teha vahet andmetüübil ja andmestruktuuril. Andmetüüpi võib vaadelda kui objektorienteeritud programmeerimises esinevaid liideseid ning andmestruktuurid on vastavat liidest realiseerivad klassid [4].

Liidesed ehk andmetüübid määravad ära, millised operatsioonid peavad olema vastaval andmestruktuuril realiseeritud ning mida need peavad tegema [4].

Andmestruktuur ise on konkreetsetel andmetüübil põhineva definitsiooni realisatsioon ehk klass, kus kõik operatsioonid töötavad juba kindla algoritmi alusel. Siinkohal tuleks märkida, et andmetüüp võib olla realiseeritud mitmel erineval viisil [4].

2.3 Magasin

Magasin on dünaamiline ja abstraktne andmestruktuur, kus on võimalik andmeid järjendi lõppu lisada ning järjendi lõpust viimast kirjet eemaldada ja see muutujale omistada [5]. Selliste operatsioonidega juurdepääsusüsteemi kirjeldatakse tihtipeale ka inglisekeelse lühendiga LIFO (*last in, first out* – viimasena sisse, esimesena välja) [1]. Magasini andmestruktuur on kujutatud joonisel 1.



Joonis 1. Magasini andmestruktuur.

Lisaks eelnevatele põhilistele operatsioonidele on magasin andmestruktuuril realiseeritud tavaliselt ka viimase kirje muutujale omistamine ning tühja järjendi kontroll [1].

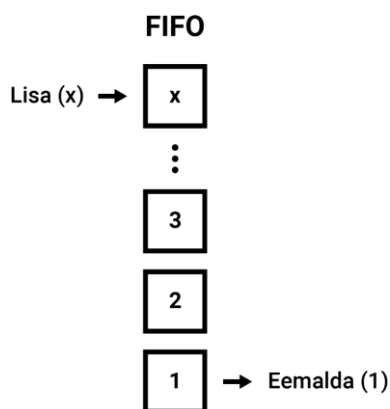
Magasin on arvutiteaduses üks olulisemaid andmestruktuure, mis võimaldab koostada huvitavaid ja võimekaid algoritme, mis suudavad efektiivselt lahendada erinevaid probleeme. Üheks selliseks näiteks oleks labürindi läbimine, kus igal sammul lisatakse uus asukoha markeering ning tupiku korral liigutakse vastupidises järjekorras mööda markeeringuid tagasi ja valitakse uus teekond ja jätkatakse protsessi seni kuni jõutakse välja. Veel on võimalik magasin abil pöörata järjendeid ümber ja kasutada seda näiteks palindroomi kontrollimiseks [1].

Magasiniprintsiibil töötavaid algoritme on palju ning juba ülaltoodud näidete põhjal võib öelda, et magasin ja seda kasutatavate algoritmide õpetamine ülikoolikursustel on oluline ja põhjendatud.

2.4 Järjekord

Järjekord on dünaamiline ja abstraktne andmetüüp, kus on võimalik andmeid järjendi lõppu viimaseks juurde lisada ning järjendi algusest esimest kirjet eemaldada ja see muutujale

omistada [5]. Selliste operatsioonidega juurdepääsusüsteemi kirjeldatakse tihtipeale ka inglisekeelse lühendiga FIFO (*first in, first out* – viimasena sisse, esimesena välja) [1]. Järjekorra andmestruktuuri illustreerib joonis 2.



Joonis 2. Järjekorra andmestruktuur.

Lisaks eelnevatele operatsioonidele on järjekorra andmestruktuuril tavaliselt realiseeritud ka tühja järjendi kontroll [1].

Järjekorra andmestruktuuri võib kõrvutada päriselus eksisteeriva järjekorraprinsiibiga. See tähendab, et järjekorra andmestruktuuri saab kasutada igasuguste päriselus eksisteerivate järjekordade modelleerimisel, nagu näiteks järjekorrad poodides ja kõnekeskustes. Samamoodi on järjekorra andmestruktuur kasutusel ka arvutiarhitektuuris ja sellega seotud programmides, nagu näiteks [1]:

- Arvutihiire vajutuste töötlemine.
- Klaviatuuril vajutuste töötlemine.
- Dokumentide printimise järjekorra haldamine.

Ülaltoodud kasutusnäidete ja -alade põhjal võib öelda, et järjekorra ja seda kasutavate algoritmide õpetamine ülikoolikursustel on oluline ja põhjendatud.

3. Magasini- ja järjekorra õpetamise hetkeseis

Käesolevas peatükis uuritakse valitud ülikoolide hetkeseisu magasinid ja järjekorra õpetamisel ning püütakse välja selgitada, millised on nendes esinevad kitsaskohad. Peamiselt toetatakse loengumaterjalidele ja esitatud näidisülesannetele ning pööratakse tähelepanu sellele, kas tudengitele selgitatakse ja näidatakse, milliste erinevate probleemide puhul oleks mõistlik kasutada oma lahenduses magasinid- või järjekorraprindi ja kuidas nendega loomingu- liselt ümber käia. Samuti pööratakse tähelepanu sellele, kas tudengitel on võimalik oman- dada vastavad teoreetilised teadmised nii magasinid kui ka järjekorra andmestruktuurist.

3.1 Olukord Eesti ülikoolides

Vaatluse alla on võetud kolm Eesti suuremat ülikooli, kus õpetatakse magasinid ja järjekorra andmestruktuuri. Valitud ülikoolid ja nende järjestus maailma ülikoolide edetabelis on [6]:

- Tartu Ülikool, 301.-350. koht.
- Tallinna Ülikool, koht edetabelis puudub.
- Tallinna Tehnikaülikool, 601.-800. koht.

Järgnevas alapeatükkides uuritakse loetletud ülikoolide lähemalt. Iga ülikooli kohta kirjeldatakse üksikasjalikult loengutes käsitletud teemasid ning tuuakse välja praktikumides lahendatavaid näidisülesandeid. Lõpuks tehakse eelmainitud ülikoolide kohta analüüsiv ja võrdlev kokkuvõte.

3.1.1 Tartu Ülikool

Tartu ülikoolis õpetatakse bakalaureuseõppes magasinid ja järjekorda MTAT.03.133 kursusel [7].

Antud kursusel käsitletakse neid teemasid ühes loengus. Alguses kirjeldatakse, mis on dünaamilised ja abstraktsed andmestruktuurid, ning edasiselt räägitakse magazinist ja järjekorrast lähemalt. Mainitakse üldiselt, et neid andmestruktuure kasutatakse alamülesannete lahenduses kui tegemata tööde loetelu ning nende kasutamisel õigete ülesannete puhul lahendus- käigud lihtsustuvad. Seejärel seletatakse lahti ka teoreetiline osa – magasinid ja järjekorra peamised omadused ja operatsioonid ning realisatsioon massiivil.

Magasini õpetamisel pööratakse selles loengus tähelepanu magasinini ja rekursiooni seosele. Mängitakse läbi *Fibonacci* arvude arvutamine rekursiivse funktsiooniga ja näidatakse, kuidas antud funktsioon kasutab väljakutsete haldamiseks magasinioperatsioone. Lisaks tuuakse näideteks mõned ülesanded, mille lahendamiseks kasutatakse magasinini:

- Tähtede järjekorra ümberpööramine sõnades.
- Kümnendsüsteemi teisendamine kahendsüsteemi.
- Post- ja infiksujul aritmeetiliste avaldiste väärtustamine.

Järjekorra puhul õpetatakse puu tasemete kaupa läbimist ja näidatakse, kuidas on võimalik failisüsteemist tasemete kaupa kõik kataloogid ja failid ekraanile väljastada. Esile tõstetakse ka küsimus, millal kasutada järjekorda või magasinini oma ülesannete lahendamiseks.

Praktikumides lahendatakse mitmeid ülesandeid, mis eeldavad eelnevalt kirjeldatud loengust omandatud teadmisi:

- Palindroomi kontrolli magasinini operatsioone kasutades.
- Fibonacci arvude leidmine magasinini- ja järjekorraprindi abil.
- Massiivi kiirsorteerimise meetodi realiseerimine magasinil.
- 36-lehelise kaardipaki ümberjärjestamine.

Mõlema andmestruktuuri käsitlemine Tartu Ülikoolis sellel kursusel on küllaltki põhjalik ning tudengitel on võimalik omandada head teoreetilised teadmised magasinini ja järjekorra operatsioonidest ja omadustest ning nende realiseerimisest. Nii magasinini kui ka järjekorra kasutamise kohta on tudengitel võimalik omandada ka praktiline kogemus, kuid üldjuhul on tegemist tüüpülesannetega, mis täidavad oma eesmärgi, kuid ei pruugi olla piisavalt huvitavad. Sellepärast oleks hea tuua näiteid ka mõne loomingulisema ja päriselulise ülesande näol. Üldiselt tuuakse järjekorra kohta vähem näiteid võrreldes magasiniga.

3.1.2 Tallinna Tehnikaülikool

Tallinna Tehnikaülikoolis käsitletakse bakalaureuseõppes magasinini ja järjekorda kolmel erineval algoritmide ja andmestruktuuride kursusel: IAS0090, ITI0204, ICD0001. Kolmest kursusest pole kättesaamatuse tõttu võimalik lähemalt uurida ITI0204 kursust ehk vaatluse alla jäävad vaid IAS0090 [8] ja ICD0001 [9] kursused.

Mõlema kursuse loengud algavad sarnaselt. Esmalt selgitatakse, mis on abstraktsed andmestruktuurid ning järgmisena defineeritakse magasinid ja järjekorra põhilised omadused ja operatsioonid ning näidatakse, kuidas neid realiseerida.

Kursuse IAS0090 loengus tuuakse magasinid kasutamise järgmised näited:

- Sulgude tasakaalu kontrollimine.
- Infiks kujul oleva aritmeetilise avaldise pööramine postfikskujule.
- Postfikskujul aritmeetilise avaldise väärtustamine.
- Mälu eraldamine lokaalsest muutujate magasinist.

Kursuse IAS0090 praktikumides kasutatakse magasinid ja selle operatsioone puu läbimiseks, et käia läbi sümmeetriliselt kõik puu tipud ja iga tipu kohta trükkida välja tema juurde kuuluva objekti kirjeldus.

Kursuse ICD0001 loengus tuuakse magasinid kasutamise järgmised näited:

- Infiks kujul aritmeetilise avaldise pööramine postfikskujule.
- Aritmeetiliste avaldiste väärtustamine.
- Puu läbimisel magasinid kasutamine.
- Tagurdusmeetod funktsioonide väljakutsetel.

Lisaks magasinile tuuakse selles loengus näiteid ka järjekorra kasutamisest:

- Järjekorra kasutamine printerites dokumentide printimisel.
- Graafide läbimisel järjekorra kasutamine.

Kursuse ICD0001 praktikumides tegeletakse kahe põhilise ülesandega. Esimeseks ülesandeks on realiseerida pikkade täisarvude magasin ahela abil, kus tuleb realiseerida erinevad magasinid operatsioonid. Teiseks ülesandeks on eelpool realiseeritud magasinid abil luua funktsioon, mis väärtustab pööratud poola kujul oleva aritmeetilise avaldise.

Antud kahe kursuse põhjal võib öelda, et Tallinna Tehnikaülikoolis on tudengitel võimalik omandada head teoreetilised teadmised magasinid ja järjekorra andmestruktuurist. Samuti saadakse natukene aimu magasinid praktiseerimisest, kuid üldjuhul on tegemist tüüpülesannete- ja näidetega, mis ei pruugi olla huvitavad. Kindlasti oleks hea tudengitele tutvustada, kuidas antud andmestruktuure kasutada ka mõne loomulise ja päriselulise ülesande puhul. Ka selle ülikooli puhul jäävad järjekorra kasutusnäiteid ja praktiseerimine võrreldes

magasiniga tahaplaanile ning sellepärast võib järjekorra teooria õppimine tunduda tudengite jaoks ebavajalik.

3.1.3 Tallinna Ülikool

Tallinna Ülikoolis käsitletakse bakalaureuseõppes magasinini ja järjekorda IFI6083.DT [10] kursusel.

Antud kursuse loengus alustatakse magasinini ja järjekorra õpetamist esmalt programmeerimisega mitte seonduvatest näidetest päriselust, et luua ettekujutus nende printsiipide põhimõttest. Teiseks seletatakse lahti nende põhilised omadused ja operatsioonid. Seejärel tuuakse näiteid nende andmestruktuuride kasutamisest programmeerimises.

Magasini puhul tuuakse välja järgmised kasutusala:

- Funktsioonide väljakutsete organiseerimine.
- Avaldiste teisendamine, kontrollimine ja arvutamine.
- Andmete hoiustamine, kui on vaja viimati lisatud väärtust koheselt töötlemata hakata.

Lisaks sellele kirjeldatakse ka tuntumaid magasinil lahendatavaid ülesandeid:

- Mistahes järjekordade ümberpööramine.
- Infikskujul aritmeetilise avaldise teisendamine postfikskujule.
- Postfikskujul aritmeetilise avaldise väärtustamine.

Järjekorra puhul mainitakse vaid seda, et seda tuleks kasutada siis, kui on vaja päringuid saabumise järjekorras teenindada.

Kõige lõpuks räägitakse antud loengus mõlema andmestruktuuri realiseerimisest nii massiivil kui ka ahelal.

Praktikumides tegeletakse vaid magasinini andmestruktuuriga ning lahendatakse järgmised näidisülesanded:

- Infikskujul aritmeetilise avaldise pööramine postfikskujule.
- Postfikskujul aritmeetilise avaldise väärtustamine.
- Järjendi elementide ümberpaigutamine.

Sellel kursusel Tallinna Ülikoolis on tudengitel võimalik loengutest omandada head teoreetilised teadmised magasinini ja järjekorra operatsioonidest, omadustest ning nende realiseerimisest. Samuti tuuakse mõlema andmestruktuuri kohta paralleelse ka päriselust, mis aitavad

tudengitel luua selgema kujutluspildi nende toimimisest. Tudengitel on võimalik saada aimu ka magasinini praktiseerimisest, kuid tegemist on teadatud kasutusnäidete ja tüüpülesannetega, mis ei pruugi olla väga huvitavad. Sellepärast võiks tudengitele tutvustada ka mõne loomingulisema ja päriselulise sisuga probleeme, mida võiks magasinini või järjekorra abil lahendada. Nagu ka teistes Eesti ülikoolides, siis jääb ka siin järjekorra praktiseerimise osa võrreldes magasiniga tahaplaanile.

3.1.4 Eesti ülikoolide kokkuvõte

Kõigis kolmes ülikoolis on tudengitel võimalik omandada põhilised teoreetilised teadmised magasinini ning järjekorra operatsioonidest ja omadustest. Need teadmised on hädavajalikud ning loovad eelduse magasinini ja järjekorra kasutamiseks programmide kirjutamisel.

Samuti räägitakse nendes ülikoolides magasinini ja järjekorra realiseerimisest nii massiivil kui ka ahelal. Siinkohal jääb kõigi kolme ülikooli puhul selgusetuks, kas tudengitele seletatakse ka nende andmestruktuuride realiseerimise asjaolu, et nende operatsioonid ei ole ja ei pea olema alati realiseeritud ühesuguselt. Muidugi võib öelda, et magasinini ja järjekorra realiseerimise õpetamine pole niivõrd oluline, sest üldjuhul on need programmeerimiskeeltes juba realiseeritud ja valmis kasutamiseks.

Peale teoreetilise osa on oluline tuua näiteid ka magasinini ja järjekorra rakendamisest, et tudengid saaksid aimu nende andmestruktuuride kasulikkusest ja teaksid, milliste probleemide puhul on mõistlik neid kasutada.

Magasini kasutamisest tuuakse kõigis kolmes ülikoolis näiteks infiks kujul aritmeetilise avaldise pööramine postfiks kujule ning selle avaldise väärtustamine. See on oluline näide magasinini rakendamisest, sest aritmeetiliste avaldistega on tudengid kokku puutunud eelnevalt matemaatikas ning kindlasti on huvitav teada, millised on teised võimalikud viisid aritmeetiliste avaldiste koostamiseks ja väärtustamiseks.

Teiseks ühiseks näiteks magasinini kasutamisest kõigis kolmes ülikoolis on funktsioonikutsete haldamine. Selle näite puhul mõeldakse, et programmides käivitatud funktsioonid hoiustatakse magasinini ehk kui magasinini paiknev funktsioon „A“ kutsub enda sees esile uue funktsiooni „B“, siis see uus funktsioon „B“ paigutatakse samamoodi magasinini ning lahendatakse enne kui selle esile kutsunud algne funktsioon „A“. Tegu on samuti ühe olulise näitega magasinini kasutamisest, sest antud teadmine tuleb kindlasti kasuks, kui on vaja mõelda mälu kasutuse optimeerimise peale programmide kirjutamisel.

Tartu Ülikoolis ja Tallinna Ülikoolis tuuakse heaks magasinini kasutamise näiteks veel mistahes järjendite ümberpööramine. Tartu Ülikoolis näidatakse tudengitele, kuidas tähtede järjendit saab lausetes magasinini kasutades ümber pöörata. See tähendab, et järjend käiakse alates esimesest kuni viimase elemendini ükshaaval läbi ja paigutatakse magasinini ning kui sellest magasinist ükshaaval elemente väljastada, siis saadakse ümberpööratud järjend. Tegemist on lihtsa ja konkreetse näitega, mis annab selge ja praktilise ülevaate magasinini operatsioonidest.

Järjekorra kohta tuuakse kasutunäiteid vähem kui magasinini kohta. Oluliseks näiteks tuuakse Tartu Ülikoolis ja Tallinna Tehnikaülikoolis graafide tasemete kaupa läbimine järjekorda kasutades. Tallinna Ülikoolis jääb järjekorra praktiline osa puutumata, mis võib tekitada tudengites arusaamatust, miks seda andmestruktuuri on vaja õppida.

Praktikumides tegeletakse kõikides ülikoolides pigem magasinini andmestruktuuriga. Tallinna Ülikoolis ja Tallinna Tehnikaülikoolis lahendatakse vaid neid magasinini ülesandeid, mida loengutes eelnevalt käsitleti. See-eest Tartu Ülikoolis on tudengitel võimalik lahendada teistsuguseid ülesandeid, näiteks massiivi kiirsorteerimise realiseerimine magasinil ja *Fibonacci* arvude arvutamine nii magasinini- kui ka järjekorraprindi abil.

Võrreldes neid ülikoole, võib öelda, et neist kõige põhjalikum ja kasulikum on Tartu Ülikooli kursus, sest tudengitel on võimalik lahendada rohkem erinevaid ülesandeid ja loengus arutletakse ka selle üle, millal kasutada oma lahendustes magasinini või järjekorda.

Mainida tuleb kindlasti, et eelnevalt käsitletud ülikoolikursused pole suurepärased ning vajaksid mingil määral täiendamist. Kõigi kolme ülikooli puhul võib välja tuua, et kuigi tudengitele esitatakse magasinini ja järjekorra kasutamisest näiteid ja lahendatakse ülesandeid, siis üldjuhul on tegemist tüüpnaidete ja -ülesannetega, millega tudengid tõenäoliselt oma programmeerimiselus kokku ei puutu. Sellepärast oleks hea tuua näiteid ka mõnest loomulikumast ülesandest, et julgustada tudengeid magasinini ja järjekorda ülesannete lahendustes rohkem nägema ja kasutama.

3.2 Olukord tavaülikoolides

Vaatluse alla on võetud kolm välismaa tavaülikooli, kus õpetatakse magasinini ja järjekorra andmestruktuuri. Välismaa tavaülikooli all mõeldakse Tartu Ülikooli ja Tallinna Tehnikaülikooli edetabeli kohale sarnaseid ülikoole. Valitud ülikoolid ja nende järjestus maailma ülikoolide edetabelis on [6]:

- Chalmersi Tehnikaülikool Rootsis, 201.-250. koht.
- Jakobsi Ülikool Saksamaal, 251.-300. koht.
- Florida Tehnoloogiainstituut, 801.-1000. koht.

Järgnevat alapeatükkides uuritakse loetletud ülikoole lähemalt. Iga ülikooli kohta kirjeldatakse üksikasjalikult loengutes käsitletud teemasid ning võimaluse korral tuuakse välja ka praktikumides lahendatavaid näidisülesandeid. Lõpuks tehakse eelmainitud ülikoolide kohta analüüsiv ja võrdlev kokkuvõte.

Antud peatükis piirdatakse vaid kolme eelmainitud ülikooliga, sest lähemal vaatlusel selgus, et ka teistes sarnase tasemega ülikoolides, nagu näiteks Florida Riiklik Ülikool [11] ning Houstoni Ülikool [12], käsitletakse magasinini ja järjekorda küllaltki sarnaselt.

3.2.1 Chalmersi Ülikool

Chalmersi Ülikoolis on võimalik õppida magasinini ja järjekorda DIT961 [13] kursusel. Antud teemasid käsitletakse ühes loengus ning lisaks sellele on iseseisvalt võimalik lahendada ennast arendavaid ülesandeid nendel teemadel.

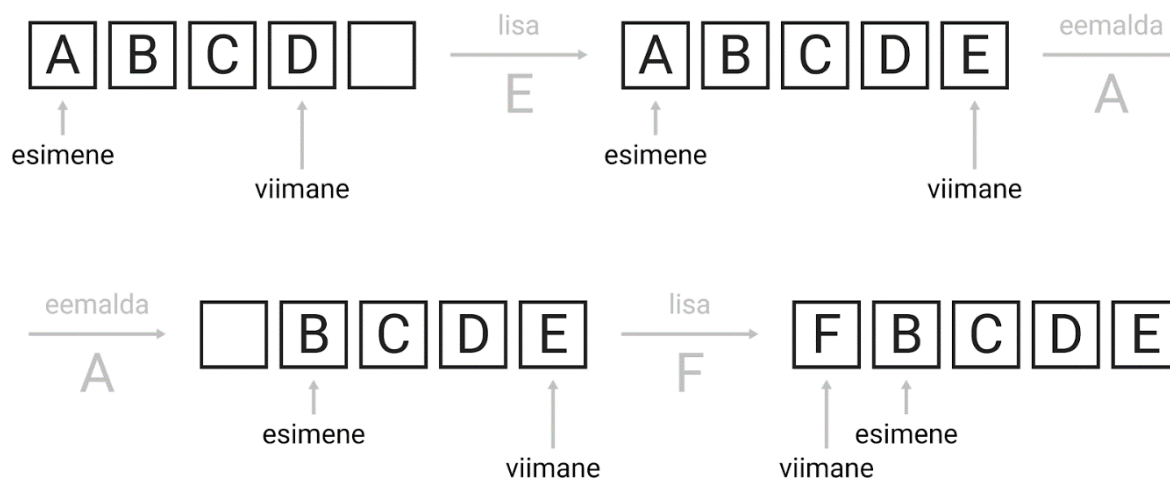
Loengut alustatakse magasiniga ning defineeritakse selle andmetüübi põhilised operatsioonid ja omadused ning parema ettekujutuse saamiseks tuuakse näide päriselust - taldrikute kuhi, mille otsast saab viimasena lisatud taldrikuid eemaldada ja mille otsa saab taldrikuid juurde lisada. Järgmisena näidatakse, kuidas Haskellis magasinini andmestruktuuri realiseerida, kasutades ahelat. Teoreetilise osa lõpuks tuuakse näiteid magasinini kasutamisest:

- Lauses paiknevate sulgude tasakaalu kontroll - see lahendatakse loengus koodis.
- Funktsioonikutsete haldamine protsessori töös.
- Parsimine kompilaatorites.

Lisaks räägitakse veel magasinini realiseerimisest Javas. Öeldakse, et ideeliselt võib kasutada dünaamilist järjendit (enamasti ahelat), millel on realiseeritud magasinini operatsioonid. Eelnevale tuginedes pööratakse tähelepanu abstraktse andmetüübi ja abstraktse andmestruktuuri erinevusele ning mainitakse, et abstraktsel andmetüübil võib olla mitu erinevat andmestruktuuri realiseerimist.

Sarnaselt magasiniga, defineeritakse ka järjekorra põhilised operatsioonid ja omadused ning tuuakse näide päriseluliselt olukorrast – esimesena saabunud inimene teenindatakse rivis esimesena. Järgmisena vaadeldakse üsna põhjalikult, kuidas oleks mõistlik realiseerida nii fikseeritud kui ka fikseerimata suurusega järjekorda.

Esmalt tutvustatakse fikseeritud suurusega järjekorra peal puhvri kasutamise võimalust, kus hoitakse indekseid esimese ja viimase järjendi elemendi kohta ning kui järjendi lõppu elemente enam lisada ei saa, siis paigutatakse see võimaluse korral järjendi algusesse, kui sealt on eelnevalt elemente eemaldatud. Joonisel 3 on toodud välja selle protsessi visuaalne kirjeldus.



Joonis 3. Fikseeritud suurusega järjekord ringpuhvrina.

Fikseerimata suurusega järjekorra puhul tuuakse võimalikuks lahenduseks samuti puhvri kasutamine nagu eelnevalt kirjeldatud, kuid alguses fikseeritud suuruse täitumisel tuleks luua suurema mahtuvusega järjekord ning kopeerida eelmine järjekord sinna kasutades järjekorra operatsioone.

Selle kursuse loengus Chalmersi Ülikoolis on tudengitel võimalik omandada kõik vajaminevad teoreetilised teadmised magasinini ja järjekorra andmestruktuurist – operatsioonid, omadused ja realisatsioon. Magasini puhul saavad tudengid natukene aimu, kus seda andmestruktuuri kasutatakse, kuid põhjalikum arutelu ja näidisülesanded selle kohta puuduvad ning tudengid ei pruugi täpselt aru saada, kuidas seda võiks päriselus kasutada. Järjekorra puhul piirduakse vaid teoreetilise osaga ning tudengitel võib jääda arusaamatuks, milleks seda andmestruktuuri on üldse vaja ning kuidas seda iseseisvalt programmeerimises rakendada.

3.2.2 Jacobsi Ülikool

Jacobsi Ülikoolis on võimalik õppida magasinini ja järjekorda CH08-320201 [14] kursusel, kus antud teemasid käsitletakse ühes loengus ning omandatud teadmisi on võimalik proovile panna ühes kodutöös.

Esmalt tutvustatakse loengus tudengitele dünaamilist järjend, mida kasutatakse magasinini ja järjekorra realiseerimiseks. See tähendab, et kasutatakse dünaamilise järjendi operatsioone, kuid realiseeritakse neid erinevalt sõltuvalt andmestruktuurist.

Järgmisena käsitletakse magasinini ja järjekorda ning seletatakse lahti nende põhilised operatsioonid ja omadused. Seejärel näidatakse pseudokoodis, kuidas magasinini ja järjekorra operatsioone dünaamilisel järjendil realiseerida. Järjekorra puhul tuuakse esile ringpuhvri meetod, mis on efektiivsem kui massiivi elementide järjekorras tagasi nihutamine igal eemaldamise operatsioonil.

Kodutöös antakse ülesandeks realiseerida programmeerimiskeeles Python või C++ magasinini andmestruktuur ahelat kasutades. Järgmiseks ülesandeks on realiseerida järjekorra andmestruktuur kahte magasinini kasutades.

Sellel kursusel saavad tudengid aimu vaid magasinini ja järjekorra teoreetilisest osast ning puudub igasugune rakenduslik pool antud teemade õpetamisel ning kindlasti tuleks kursust selles osas täiendada. Hetkel jääb tõenäoliselt tudengitele arusaamatuks, milliseid probleeme on võimalik lahendada magasinini või järjekorrapiintsibiil ning kuidas iseseisvalt neid andmestruktuure programmeerimises kasutada.

3.2.3 Florida Tehnoloogiainstituut

Florida Tehnoloogiainstituudis on võimalik õppida magasinini ja järjekorda CSE-2010 [15] kursusel, kus antud teemasid käsitletakse kahes loengus. Praktikumide ja kodutööde kohta informatsioon puudub.

Esmalt käsitletakse magasinini - seletatakse lahti selle põhilised operatsioonid ning omadused ja tuuakse näide taldrikute kuhjast, mille tippu saab taldrikuid ükshaaval lisada ja sealt neid vastupidises järjestuses eemalda. Järgmisena mängitakse läbi nende operatsioonide ja omaduste kasutamine. Näiteid tuuakse ka magasinini rakendamise kohta päriselus:

- Külalastatud lehtede ajalugu veebibrauserites ehk kasutaja saab minna tagasi viimati külalastatud lehekülgedele.
- Viimasena tehtud muudatuste tagasivõtmine tekstiredaktorites.
- Rekursiivsete funktsioonikutsete haldamine programmides.

Seejärel uuritakse ja näidatakse pseudokoodis, kuidas on võimalik fikseeritud suurusega massiivil magasinini realiseerida ja võrreldakse selle keerukust ahelal realiseeritud magasiniga. Lõpuks tuuakse esile mõned magasiniga lahendatavad näidisülesanded:

- Sulgude tasakaalu kontrollimine.
- HTML markeeringu korrektsuse kontrollimine.
- Infiks kujul aritmeetilise avaldise teisendamine postfiks kujule.
- Postfiks- ja infiks kujul aritmeetilise avaldise väärtustamine.

Teisena käsitletakse järjekorda - seletatakse lahti selle põhilised operatsioonid ning omadused. Järgmisena mängitakse läbi nende operatsioonide ja omaduste kasutamine. Seejärel tuuakse järjekorra kasutamisest näiteid päriselust:

- Erinevad ootejärjekorrad, milles esimene siseneja teenindatakse esimesena.
- Printerisse saadetud dokumentide printimine õiges järjekorras.

Lisaks näidatakse tudengitele pseudokoodis, kuidas järjekorda fikseeritud suurusega massiivil realiseerida, kasutades ringpuhvri meetodit. Lõpetuseks võrreldakse tavalisel massiivil, ringpuhvril ja ahelal realiseeritud järjekordade keerukust.

Selle kursuse loengust Florida Tehnoloogiainstituudis on tudengitel võimalik omandada head teadmised magasinis ja järjekorra teoreetilisest osast. Magasini kohta tuuakse huvitavaid näiteid päriselust ning tutvustatakse mõningaid tüüpülesandeid, mis aitavad selle kasulikkust paremini mõista. Järjekorra kohta tuuakse samuti mõningaid näiteid päriselust, kuid näidisülesanded harjutamiseks puuduvad, mis oleks siinkohal kindlasti oluline, et näha järjekorda praktikas.

3.2.4 Tavaülikoolide kokkuvõte

Kõigis kolmes välismaa tavaülikoolis on tudengitel võimalik eelpool mainitud kursuste loengutest omandada kõik vajaminevad teoreetilised teadmised magasinis ja järjekorra operatsioonidest ja omadustest.

Lisaks saavad tudengid nende kursuste loengutest teada, kuidas magasinis ja järjekorra andmestruktuurid on realiseeritud. Chalmersi Ülikoolis kasutatakse realiseerimiseks programmeerimiskeelt Haskell ning teistes ülikoolides pseudokoodi. Siinkohal pole niivõrd oluline, kas tegu on pseudokoodi või päris programmeerimiskeelega, sest tähtis on pigem idee ja teadmine, kuidas seda teha ükskõik millises programmeerimiskeeles. Chalmersi Ülikoolis tehakse tudengitele selgeks ka andmetüübi ja andmestruktuuri erinevus, mis annab mõista, et magasinis ja järjekorra andmestruktuur ei pea olema alati ühtemoodi realiseeritud. See teadmine on kindlasti oluline, kui tahta nende realiseerimist põhjalikumalt käsitleda.

Peale magasinini ja järjekorra teoreetilise osa õpetamise on mõistlik selgitada ja tuua näiteid nende andmestruktuuride kasutamisest, et tudengid saaksid aimu nende kasulikkusest ja tekiks arusaam, millistes olukordades neid võiks iseseisvalt programmeerimises rakendada.

Jacobsi ülikool on ainus kolmest ülikoolist, mis ei too loengutes näiteid nii magasinini kui ka järjekorra kasutamisest. Chalmersi Ülikool piirdub oma kursuse loengus ainult magasinini kasutunäidetega ning järjekord jääb käsitlemata. See tähendab, et nendes loengutes võib tudengite jaoks vastavate andmestruktuuride teooria õppimine tunduda igav ja kasutu, kui selle rakendamise kohta näited puuduvad.

Chalmersi Ülikool ja Florida Ülikool toovad ühiselt oma kursuste loengutes välja kaks magasinini ülesannet: sulgude tasakaalu kontroll ja funktsioonikutsete haldamine mälus. Sulgude tasakaalu kontrollimine on lihtne näide, mis on lahendatav magasiniprintsiibil ning tudengitel on võimalik seda kõrvutada ka näiteks päriselus eksisteeriva XHTML markeeringuga, kus igal alustaval märgendil peab olema lõpetav märgend. Funktsioonikutsete haldamine on kasulik näide magasinini kasutamisest, mis paneb tudengid mõtlema mälu kasutuse peale oma programmide kirjutamisel. Peatükis 3.1.4 on sama näidet kirjeldatud täpsemalt.

Huvitava magasinini kasutusnäitena tuuakse Chalmersi Ülikooli kursuse loengus esile parsimine kompilaatorites. Antud näide on kasulik eelkõige nendele tudengitele, kes tulevikus programmeerimiskeelte loomisega kokku puutuvad, sest nüüd neil on teadmine, kuidas parsimine on seotud magasiniga.

Ainsa ülikoolina kolmest toob Florida Tehnoloogiainstituut oma kursuse loengus esile magasinini kasutusnäitena infiksujul aritmeetilise avaldise teisendamine postfiksujule ning selle väärtustamise. Infiksujul aritmeetiliste avaldistega on tudengid kokku puutunud juba algklassidest alates ning kindlasti on huvitav teada, milline on alternatiivne variant aritmeetiliste avaldiste koostamiseks ja väärtustamiseks. Sama näidet on kasutatud ka Eesti ülikoolides.

Florida Tehnikaülikoolis tuuakse loengus esile veel kaks konkreetset kasutusnäidet päriselust, mis põhinevad magasiniprintsiibil. Esimeseks kasutusnäiteks on külastatud lehtede ajalugu veebibrauserites ja teiseks tekstiredaktorites tehtud muudatuste tagasivõtmine. Mõlemad näited toimivad põhimõtteliselt sama algoritmi alusel ja kasutavad magasinini, et andmeid õigesti hallata. Tegu on lihtsate kuid maalähedaste näidetega ning tudengitel on võimalik kergesti näha, kuidas magasin on kasutusel töötavates rakendustes.

Järjekorra kasutamisest tuuakse näiteid vaid Florida Tehnikaülikooli loengus. Nendeks kasutusnäideteks on järjekorrad printerites ja klientide teeninduses. Mõlemad näited on sarnaselt lahendatavad järjekorraprindi abil ning tudengitel on võimalik saada selge kujutluspilt järjekorra operatsioonide toimimisest päriselus.

Võrreldes neid tavaülikoolide kursuste loenguid, võib järeldada, et kõige paremini käsitleb magasinid ja järjekorda Florida Tehnoloogiainstituut, sest tudengitele tuuakse näiteid nii magasinid kui ka järjekorra kasutamisest, mille põhjal on tudengitel võimalik aru saada, kus neid andmestruktuure päriselt kasutatakse ja kuidas neid mõne tüüpülesande puhul rakendada.

Suurimaks puudujäägiks antud ülikoolide puhul on kindlasti järjekorra käsitlemine, sest võrreldes magasiniga tuuakse selle kohta oluliselt vähem kasutusnäiteid või üldse mitte, ning on võimalik, et tudengid ei pruugi aru saada, milleks neil on vaja järjekorda üldse õppida.

3.3 Olukord eliitülikoolides

Vaatluse alla on võetud kolm eliitülikooli, kus õpetatakse magasinid ja järjekorra andmestruktuuri. Valitud ülikoolid ja nende järjestus maailma ülikoolide edetabelis on [6]:

- Cambridge'i Ülikool Suurbritannias, 2. koht.
- Stanfordini Ülikool Ameerika Ühendriigis, 3. koht.
- California Tehnoloogiainstituut, 5. koht.

Järgnevatel alapeatükkides uuritakse loetletud ülikoolide lähemalt. Iga ülikooli kohta kirjeldatakse üksikasjalikult loengutes käsitletud teemasid ning võimaluse korral tuuakse välja ka praktikumides lahendatavaid näidisülesandeid. Lõpuks tehakse eelmainitud ülikoolide kohta analüüsiv ja võrdlev kokkuvõte.

Antud peatükis piirdatakse vaid kolme eelmainitud ülikooliga, sest kattuvaid kasutusnäiteid ja ülesandeid esitatakse magasinid ja järjekorra õpetamisel ka teistes eliitülikoolides nagu Princetoni Ülikool [19] ja Massachusettsi Tehnoloogiainstituut [20]. Kuigi neis eliitülikoolides räägitakse põhjalikumalt ka magasinid ja järjekorra realiseerimisest, siis antud töös on eesmärgiks uurida kasutusnäiteid ja ülesandeid ning põhiliste teoreetiliste teadmiste õpetamist.

3.3.1 Cambridge'i Ülikool

Cambridge'i Ülikoolis on võimalik magasinid ja järjekorda õppida “*Algorithms*” kursusel [16]. Praktikumide ja kodutööde kohta informatsioon puudub või pole ligipääsetav.

Tudengitele jagatakse esimese loengu alguses õppematerjalid, mis hõlmavad põhjalikult kõiki loengutes käsitletud teemasid. Loengud ise viitavad T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest ja C. Stein raamatule “*Introduction to Algorithms, Third edition*”, mis on ka soovituslikuks kirjanduseks tudengitele. Antud õppematerjalist lähtuvalt uurime lähemalt, kuidas käsitletakse magasinid ja järjekorda sellel kursusel.

Abstraktsete andmetüüpide osas seletatakse tudengitele, et need on andmetüübid, millel on defineeritud kindel hulk operatsioone andmete käsitlemiseks ja paigutamiseks. Abstraktsusest parema kujutluspildi saamiseks kirjeldatakse, kuidas Java keeles on võimalik kasutada liideseid, millel on defineeritud hulk funktsioone ning sisend ja väljund andmetüübid, kuid puuduvad nende realisatsioonid. Üht sarnaselt loodud liidest kasutades saab moodustada üksteisest erinevaid klasse, mis kõik põhinevad antud liidesel, kuid realiseerivad seda erinevalt.

Järgnevalt tegeletakse magasinid andmetüübiga. Parema kujutluspildi loomiseks tuuakse alguses paralleele päriselust – näiteks taldrikute virn, kus ligipääs on ainult ülemisele taldrikule. Teoreetilises osas seletatakse põhjalikult lahti magasinid operatsioonid ja näidatakse, milline võiks välja näha Java liidese realisatsioon pseudokoodis. Üheks päriseluliseks programmeerimise maailma näiteks tuuakse Postscript ja muud sarnased programmeerimiskeeled, mis kasutavad magasinidoperatsioone programmide käitamisel. Eelnevale tuginedes antakse tudengitele ülesandeks pikkade täisarvudega infiks kujul avaldise teisendamine postfix kujule ning vastupidi ja küsitakse, kumba pidi on raskem.

Järjekorra andmetüübi õpetamisel piirdatakse vaid teoreetilise osaga. Tudengitele seletatakse põhilised operatsioonid, erinevused magasiniga ning näidatakse, milline võiks välja näha Java liidese realisatsioon pseudokoodis. Järjekorrast lähtuvalt mainitakse ka kahepoolset järjekorra andmetüüpi, millel on lubatud nii magasinid kui ka järjekorra operatsioonid.

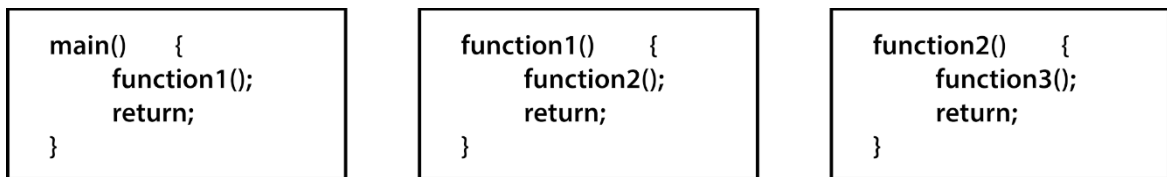
Selle kursuse loengus Cambridge’i Ülikoolis on tudengitel võimalik omandada kõik oluline magasinid ja järjekorra teoreetilisest osast – operatsioonid, omadused ja realisatsioon. Magasinid puhul on hästi antud mõista, et magasinid on programmeerimises ka päriselt kasutusel. Puudulikuks võib pidada näidisülesannete- ja probleemide vähesust. See tähendab, et tudengitele võib jääda arusaamatuks, milliste päriselt programmeerimises esinevate ülesannete ja probleemide lahendamiseks võiks neid andmestruktuure kasutada.

3.3.2 Stanfordi Ülikool

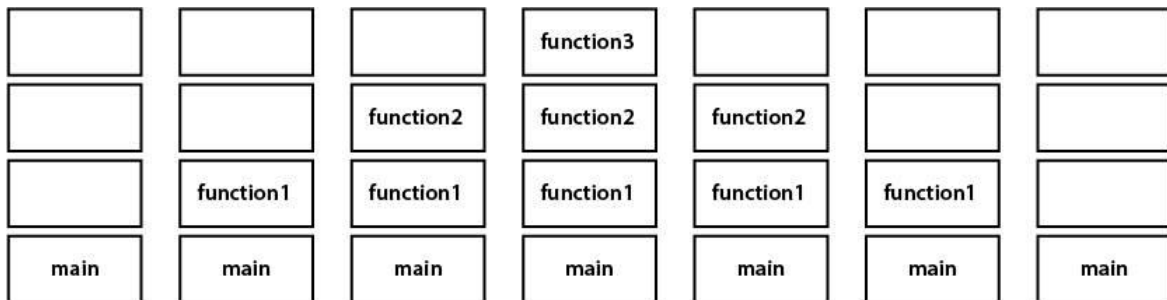
Stanfordi Ülikoolis saab õppida magasinis ja järjekorda CS-106B “*Programming Abstractions*” kursusel, kus magasinis ja järjekorda käsitletakse ühes loengus [17]. Soovituslikuks lisalugemiseks tudengitele on Eric S. Roberts “*Programming Abstractions in C++*” 2012 aasta e-raamat. Praktikumidele ja kodutöödele väljastpoolt ligipääs puudub.

Loengu alguses seletatakse tudengitele lahti abstraktse andmetüübi olemus. Öeldakse, et abstraktne andmetüüp on mudel, mis kirjeldab, kuidas andmeid manipuleeritakse, ning abstraktne andmestruktuur on vastava abstraktse andmetüübi realisatsiooni kirjeldus.

Järgnevalt käsitletakse magasinis andmetüüpi ning seletatakse lahti selle põhilised operatsioonid ja omadused. Mainitakse, et sõltumata magasinis piiratud võimalustest on see kasutusel pea igas arvutiarhitektuuris ja programmis, sest see on väga tõhus mälu haldamises. Ühe näitena tuuakse funktsioonide väljakutsete haldamine mälus magasinis kasutades, mida kirjeldab täpsemalt joonis 4 ja joonis 5.



Joonis 4. Funktsiooni väljakutsete haldamine.



Joonis 5. Funktsiooni väljakutsete paiknemine magasinis.

Esmalt paigutatakse mällu kindlas järjekorras “main” funktsioon, “function1” funktsioon, “function2” funktsioon ja “function3” funktsioon ning seejärel tagastatakse need funktsioonid vastupidises järjekorras.

Magasiniprintsiipi kasutades tuuakse veel mõningaid näiteid ja realiseeritakse need koodis:

- Pööratud poola kujul avaldiste väärtustamine.
- Kirjavahemärkideta lausete ümberpööramine.

Sarnaselt magasinile seletatakse tudengitele lahti ka järjekorra andmetüübi põhilised operatsioonid ja omadused. Tuuakse välja mõningad päriselulised probleemid, mis on lahendatavad järjekorraprinsiibil:

- Dokumentide printimise järjekord printeris.
- Järjekorras ootamine poodides.
- Kõnedele vastamine kõnekeskustes.

Järjekorra näitel pööratakse tähelepanu “*size*” funktsioonile, mis näitab elementide arvu. See funktsioon on tavaliselt defineeritud nii järjekorral kui ka magasinil. Kasutades seda funktsiooni jagatakse nõuandeid ja näidatakse koodis, kuidas efektiivselt järjekorda tühendada või filtreerida.

Selle kursuse loengus Stanfordi Ülikoolis on tudengitel võimalus omandada hea arusaam magasinil ja järjekorra operatsioonidest ja omadustest. Loengus nende andmestruktuuride realiseerimist koodi kujul ei käsitleta ja seda põhjusega, et need on programmeerimiskeeltes juba üldjuhul realiseeritud ja tähtis on pigem nende kasutamise oskus. Lisaks on antud loengu puhul hästi välja toodud mõningad magasinil olulisemad kasutusala ning tudengitel on võimalik näha selle andmestruktuuri tähtsust programmeerimises. Järjekorra puhul tuuakse samuti välja mõningad huvitavad kasutusala, kuid täpsustavad näidisülesanded puuduvad. Mõlema andmestruktuuri puhul oleks kindlasti vaja tuua rohkem huvitavaid näiteid, kuidas magasinil ja järjekorda päriselus rakendada ja nende abil teatud probleeme lahendada.

3.3.3 California Tehnoloogiainstituut

California Tehnoloogiainstituudis on võimalik õppida magasinil ja järjekorda CS-2 “*Introduction to Programming Methods*” [18] kursusel, kus magasinil ja järjekorda käsitletakse ühes loengus ning omandatud teadmisi on võimalik rakendada ühes kodutöös ning kahes praktikumis.

Loengu alguses kirjeldatakse, mis on abstraktne andmetüüp. Öeldakse, et abstraktne andmetüüp on matemaatiline mudel, millel on andmete käsitlemiseks defineeritud kindlad omadused ja operatsioonid. Lisaks mainitakse, et konkreetne andmestruktuur on abstraktse andmetüübi realiseerimine, nagu näiteks Java keeles “*Stack*” liidesel põhinev “*Stack*” klass ja “*Queue*” liidesel põhinev “*LinkedList*” klass.

Järgnevalt tegeletakse magasiniga ja järjekorra andmetüübiga ning defineeritakse nende põhilised operatsioonid ja omadused. Paralleelselt tuuakse visuaalseid näiteid magasiniga ja järjekorra operatsioonide erinevusest täisarvude järjendil. Lisaks tuuakse näiteks sulgude tasakaalu kontroll ning võrreldakse selle ülesande erinevaid lahendusi ja näidatakse, et magasiniga kasutades on võimalik lahenduskäik palju kiirem ja efektiivsem.

Kodutöös tuleb tudengitel realiseerida kaheotsaline järjekord (ingl. k *dequeue*) kahel erineval viisil – alguses tavalisel järjendil ning seejärel ahelal. Pärast seda tuleb realiseerida fikseeritud suurusega ringpuhvri meetodil järjekord, mida tuleb kasutada kitarrikeele simulatsiooni loomisel.

Mõlemas praktikumis tegeletakse puude läbimisega, kus puu on kujutatud labürindina, mille läbimiseks tuleb kasutada esiteks DFS(*Depth-First Search*) algoritmi ning teiseks BFS(*Breadth-First Search*) algoritmi. DFS algoritmi iteratiivse lahenduse puhul tuleb kasutada magasiniga andmestruktuuri. BFS algoritmi lahendamiseks tuleb kasutada järjekorra andmestruktuuri.

Antud kursuse loengus California Tehnoloogiainstituudis on tudengitel võimalik saada hea arusaam magasiniga ja järjekorra teooriast, kuid selle kõrval esitatakse vaid üks ülesanne magasiniga kasutamisest. Muidugi on tegu ülesandega, mille põhimõtte on selgitada, miks antud tüüpi ülesannet on efektiivsem lahendada magasiniga abil. Kodutöös ja praktikumides tegeletakse keerukate ja huvitavate ülesannetega, mis käsitlevad nii magasiniga kui ja järjekorda, ning annavad tudengitele põneva võimaluse neid andmestruktuure praktiseerida. Kindlasti tuleks kasuks, kui tuua loengutes magasiniga ja järjekorra kohta rohkem huvitavaid näiteid ja nende abil lahendatavaid ülesandeid.

3.3.4 Eliitlikoolide kokkuvõte

Kõigis kolmes eliitlikoolis on tudengitel võimalik eelpool mainitud kursuste loengutest omandada põhilised teoreetilised teadmised magasiniga ja järjekorra operatsioonidest ja omadustest. California Tehnoloogiainstituudis on hästi lahendatud magasiniga ja järjekorra võrdlus, kus näidatakse visuaalselt magasiniga ja järjekorra operatsioonide erinevust ühel ja samal täisarvude järjendil. Sellisel viisil magasiniga ja järjekorra võrdlemine on küll lihtne aga kasulik, kuna tudengid saavad paremini aru, kuidas need andmetüübid on defineeritud.

Magasini ja järjekorra andmestruktuuride realiseerimisest nende ülikoolide kursuste loengutes konkreetseid näiteid ei tooda, kuid see-eest pööratakse tähelepanu andmetüübi ja andmestruktuuri erinevusele ning selgitatakse, et andmetüüp määrab ära, millised operatsioonid peavad olema andmestruktuuril realiseeritud ning kirjeldab, mida need tegema peaksid ning andmestruktuur on selle realisatsioon. Cambridge'i Ülikoolis ja California Tehnoloogiainstituudis tuuakse antud teema näiteks Java liidesed ja klassid, kus liidesed mängivad andmetüübi rolli ning klassid on nende realisatsioonid ehk andmestruktuurid. Võimalik, et kõigis kolmes ülikoolis ei näidata loengutes tudengitele magasini ja järjekorra andmestruktuuride realiseerimist seetõttu, et nende realiseerimine pole üheselt määratud ning tavaliselt on see programmeerimiskeeltes juba eelnevalt defineeritud.

Lisaks on kõigis kolmes ülikoolis toodud näiteid ja ülesandeid magasini kasutamisest. Ainsaks kattuvaks magasini kasutusnäiteks on Cambridge'i Ülikooli ja Stanfordini Ülikooli loengus toodud postfikskujul aritmeetilised avaldised, kuid ülesanded sellel temal on erinevad. Cambridge'i ülikoolis lahendatakse loengus pikkade täisarvudega infikskujul aritmeetilise avaldise teisendamist postfikskujule ning räägitakse, et postfikskujul notatsioon on kasutusel ka programmeerimiskeeltes nagu näiteks Postscript keel. Stanfordini Ülikoolis lahendatakse postfikskujul aritmeetilise avaldise väärtustamist. Tegu on praktilise ja silmaringi arendava ülesandega, mida tuuakse näiteks nii Eesti kui ka välismaa tavaülikoolides.

Ühe olulise kasutusnäitena tuuakse Stanfordini Ülikooli loengus arvutiarhitektuurid ja programmid, kus magasin on kasutusel mäluhalduses. Antud näite kohta tehakse põhjalik ja piltlik seletus, mille kohta on täpsem kirjeldus peatükis 3.3.2. Sama näidet on kasutanud nii Eesti kui ka välismaa tavaülikoolid ning seda põhjusega, et tegu on olulise näitega pärise-lust, mis on konkreetset seotud programmeerimisega. Teise näitena tuuakse Stanfordini Ülikooli loengus esile kirjavahemärkideta lausete ümberpööramine, mis on küll kohati igav magasiniprintsiibil lahendatav ülesanne, kuid see-eest aitab magasini lihtsa vaevaga praktiseerida ja õpetab mistahes järjendeid efektiivselt ümber pöörama.

California Tehnoloogiainstituudis tuuakse loengus ainult üks näide magasini kasutamisest, milleks on sulgude tasakaalu kontroll. Sama näidet on välja toodud ka välismaa tavaülikoolides, kuid antud juhul on ülesande eesmärk näidata erinevate lahenduskäikude põhjal, miks antud tüüpi ülesande jaoks kõige efektiivsem kasutada magasini.

Kuna ainukese ülikoolina sai lähemalt uurida vaid California Tehnoloogiainstituudi praktikume, siis ei ole võimalik kolme ülikooli selle põhjal võrrelda. Mainida saab vaid seda, et

antud ülesanded California Tehnoloogiainstituudi praktikumis olid kasulikud ja nende kohta saab täpsemalt lugeda peatükis 3.3.3.

Järjekorra kasutamise kohta tuuakse näiteid vaid Stanfordini Ülikooli loengus. Tegu on kasutusnäidetega, mille põhimõte on kirjeldada järjekorraprintsiibi olemust päriselus. Nendeks näideteks on järjekorrad printerites, klienditeeninduses ja kõnekeskustes. Antud näidete puhul on tudengitel võimalik saada aru, et selliste ja muude sarnaste järjekordade simuleerimine on lahendatav järjekorra andmestruktuuri abil.

Võrreldes neid eliitülikoolide kursuste loenguid, võib järeldada, et kõige paremini käsitleb magasinid ja järjekorda oma kursusel Stanfordini Ülikool, sest tudengitele tuuakse rohkem kasulikke näiteid magasinid kasutamisest ja ainukese ülikoolina kolmest tuuakse näiteid ka järjekorra kasutamisest.

Põhiliseks puudujäägiks üldiselt antud eliitülikoolide kursuste loengute puhul on see, et järjekorra käsitlemine jääb võrreldes magasiniga tahaplaanile ja näiteid järjekorra kasutamisest tuuakse vähe või üldse mitte. Sarnase puudusega näivad olevat ka eelmistes peatükkides uuritud Eesti ülikoolid ja välismaa tavaülikoolid. Kuna järjekorraprintsiip võib tunduda liialt kergesti mõistetav, siis arvatavasti ei peeta nii oluliseks järjekorra kohta kasutunäiteid ja ülesandeid tuua.

4. Järeldused

Käesolevas peatükis tuuakse välja, millised olid tugevused ja kitsaskohad uuritud ülikoolikursustel magasini ja järjekorra õpetamisel. Tugevuste all tuuakse välja mõned silmapaistavad osad teooria õpetamisel. Samuti esitatakse magasini ja järjekorra kohta häid enimesinenud kasutusnäiteid ja ülesandeid, millest on tudengitele kasu antud teemade kinnistamiseks ja mõistmiseks.

4.1 Tugevused

Magasini ja järjekorra teooria on edukalt omandatav kõikides uuritud ülikoolikursustel. Tudengitele räägitakse, millised on põhilised nende andmestruktuuride põhilised omadused ja operatsioonid ning samuti näidatakse, kuidas neid realiseerida. Siiski saab välja tuua mõned üksikasjad, mille puhul mõned ülikoolid rohkem silma paistavad.

Üheks silmapaistvaks ja oluliseks teemaks on andmestruktuuri ja andmetüübi erinevus, mis on hästi esile toodud Chalmersi, Cambridge'i ja Stanfordini Ülikoolis ja California Tehnoloogiainstituudis. Antud teema on oluline, sest see aitab mõista, et magasini ja järjekorra operatsioonid ei ole ja ei pea olema alati üheselt realiseeritud ning oluline on nende printsiipide toimimise põhimõte.

Kõige põhjalikumalt on järjekorra realiseerimisest räägitud tavaülikoolikursuste loengutes, kus tudengitele tutvustatakse ringpuhvri kasutamise võimalust, mis aitab järjekorda efektiivselt realiseerida. Selle teema käsitlemine on oluline, sest järjekorra realiseerimine on küllaltki keeruline, kui tahta seda hästi teha.

Samuti saab siinkohal ühe olulise teemana välja tuua California Tehnoloogiainstituudis loengus esitatud sulgude tasakaalu kontrolli ülesande erinevate lahenduskäikude võrdluse, kus näidati konkreetselt, miks antud tüüpi ülesannet on mõistlik lahendada just magasini andmestruktuuril. Sellisel moel võrdlus on väga hea tudengitele selgitamiseks, miks antud andmestruktuuri on oluline õppida.

4.2 Kasutusnäited ja ülesanded

Uuritud ülikoolikursuste seast võib leida magasini ja järjekorra kohta mitmeid tudengeid abistavaid kasutusnäiteid ja ülesandeid. Siinkohal võib märkida, et antud teemadel kasutusnäidete ja ülesannete esitamisel ei mängi ülikoolide järjestus edetabelites erilist rolli, sest üldiselt on tegemist sarnaste läbivate näidete ja ülesannetega.

Magasini kohta kokku kogutud kasutusnäiteid:

- Mälu eraldamine lokaalsest muutujate magasinist.
- Graafide läbimisel magasinini kasutamine.
- Tagurdusmeetod funktsioonide väljakutsetel.
- Funktsioonide väljakutsete organiseerimine.
- Avaldiste teisendamine, kontrollimine ja arvutamine.
- Andmete hoiustamine, kui on vaja viimati lisatud väärtust koheselt töötleva hakata.
- Mistahes järjekordade ümberpööramine.
- Parsimine kompilaatorites.
- Rekursiivsete funktsioonikutsete haldamine programmides.
- Postscript ja muud sarnased programmeerimiskeeled.

Magasini kohta kokku kogutud ülesanded:

- Kümnendsüsteemi teisendamine kahendsüsteemi.
- Post- ja infiks kujul aritmeetiliste avaldiste väärtustamine.
- Palindroomi kontrolli magasinini operatsioonide kasutamisel.
- Fibonacci arvude leidmine magasiniprintsiibil.
- Massiivi kiirsorteerimise meetodi realiseerimine magasinil.
- 36-lehelise kaardipaki ümberjärjestamine.
- Sulgude tasakaalu kontrollimine.
- Külalastatud lehtede ajalugu veebibrauserites ehk kasutaja saab minna tagasi viimati külalastatud lehekülgedele.
- Viimasena tehtud muudatuste tagasivõtmine tekstiredaktorites.
- HTML korrektse markeeringu kontrollimine.
- DFS(*Depth-First Search*) algoritm puu läbimisel.

Järjekorra kohta kokku kogutud kasutusnäiteid:

- Järjekorra kasutamine printerites dokumentide printimisel.
- Graafide läbimisel järjekorra kasutamine.
- Kui on vaja päringuid saabumise järjekorras teenindada.
- Erinevad ootejärjekorrad, milles esimene siseneja teenindatakse esimesena.
- Kõnede vastamine kõnekeskustes.

Järjekorra kohta kokku kogutud ülesanded:

- Fibonacci arvude leidmine järjekorrapiintsibil.
- BFS(*Breadth-First Search*) algoritm puu läbimisel.

4.3 Kitsaskohad

Uuritud ülikoolide põhjal võib üheks üldiseks ja suurimaks kitsaskohaks tuua välja järjekorra kasutusnäidete ja ülesannete puuduse. Kuna järjekorda ja magasinini käsitletakse tavaliselt üheskoos, siis see võib olla põhjuseks, miks järjekord magasiniga võrreldes tahaplaanile jääb.

Teiseks kitsaskohana võib tuua selle, et tudengitele esitatakse liiga tavapäraseid ja igavaid ülesanded magasinini ja järjekorra kohta. Kuna tegu on oluliste ja kasulike andmestruktuuridega, siis nende kohta võiks tuua rohkem huvitavaid ülesandeid ja mitte piirduda vaid teadatud tüüpülesannetega.

5. Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö peamiseks eesmärgiks oli uurida lähemalt magasinini ja järjekorra andmestruktuuri õpetamist ülikoolikursustel ja selgitada välja, millised on neis esinevad tugevused ning kitsaskohad. Vaatluse alla võeti 9 erinevat ülikooli, mis jagunesid Eesti ülikoolideks, välismaa tavaülikoolideks ning eliitülikoolideks.

Töö alguses püstitati ka hüpotees, et magasinini ja järjekorra teooriat õpetatakse eliitülikoolides põhjalikumalt ning esitatakse rohkem huvitavaid kasutusnäiteid ja ülesandeid kui Eesti ülikoolides ja välismaa tavaülikoolides.

Uurimustöö käigus selgus, et tegelikkuses on võimalik magasinini ja järjekorra põhilised omadused ja operatsioonid omandada edukalt kõikides vaatluse all olnud ülikoolides. Samamoodi selgus, et antud teemadel kasutusnäidete ja ülesannete esitamisel ei mängi ülikoolide maine ja järjestus edetabelites erilist rolli, sest üldiselt on tegemist sarnaste läbivate näidete ja ülesannetega.

Teoreetiliste teadmiste õpetamise analüüsimisel toodi välja üksikuid aspekte, mis olid teistest ülikoolidest silmapaistvamad ja mida oleks hea rakendada ka teistes ülikoolides antud teemade õpetamisel. Samuti koguti kokku erinevaid kasutusnäiteid ja ülesandeid, millest on tudengitele kasu antud teemade kinnistamiseks ja mõistmiseks.

Kõige lõpuks toodi välja põhilised kitsaskohad, mis antud ülikoolides enim esinesid. Selgus, et magasiniga võrreldes esitati tudengitele järjekorra kohta palju vähem kasutusnäiteid ja ülesandeid. Samuti selgus, et kuigi tudengitele esitati magasinini ja järjekorra kohta kasutusnäiteid ja ülesandeid, siis tegemist oli liiga tavapäraste ja lihtsate tüüpülesannetega.

Kuna antud ülikoolides polnud võimalik osasid praktikume lähemalt uurida, siis käesolev uurimustöö jäi liigselt loengumaterjalide põhiseks. Edasiste uuringute tegemisel oleks kindlasti oluline uurida lähemalt ka praktikume ja kontakteeruda selle jaoks teiste ülikoolidega.

Viidatud kirjandus

- [1] Baldwin D. ja Scragg G. W. *Algorithms and Data Structures: The Science of Computing*. Hingham: Charles River Media. 2004.
- [2] Tennisberg T. ja Gabrel K. *Võistlusprogrammeerimine 1. osa*. Tartu: Tartu Ülikool. 2017.
- [3] Mehlhorn K. ja Sanders P. *Algorithms and Data Structures*. Berliin: Springer. 2008.
- [4] Morin P. *Open Data Structures: An Introduction*. Edmonton: AU Press. 2013.
- [5] Kiho J. *Algoritmid ja andmestruktuurid*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 2003.
- [6] Times Higher Education World University Rankings. <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2019/world-ranking> (19.07.2019).
- [7] Tartu Ülikooli MTAT.03.133 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <https://courses.cs.ut.ee/2018/aa/fall/Main/Materjalid> (19.07.2019)
- [8] Tallina Tehnikaülikooli ICD0001 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <http://enos.itcollege.ee/~jpoial/algoritmid/> (19.07.2019)
- [9] Tallina Tehnikaülikooli IAS0090 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <http://www.tud.ttu.ee/im/Viktor.Leppikson/> (19.07.2019)
- [10] Tallinna Ülikooli IFI6083.DT kursuse koduleht ja õppematerjalid. http://www.cs.tlu.ee/~inga/alg_andm_18/ (19.07.2019)
- [11] Florida Riikliku Ülikooli COP-4530 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <http://www.cs.fsu.edu/~myers/cop4530/?fbclid=IwAR2hTMhea2LUbAnHEaXzTtmd-Ly40af8Km6RQfqEIVdLrcEwdvTWtj8CWg> (19.07.2019)
- [12] Houstoni Ülikooli COSC-2430 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <http://www2.cs.uh.edu/~arjun/courses/ds/?fbclid=IwAR1NMexDI0Wu4rwwDg-M9Sfju-gZIRFAWdvtNxreFpUK2zhwgNm7A87IECII> (19.07.2019)
- [13] Chalmersi Ülikooli DIT961 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <http://www.cse.chalmers.se/edu/year/2018/course/DIT961/> (19.07.2019)
- [14] Jacobsi Ülikooli CH08-320201 kursuse koduleht ja õppematerjalid. <http://www.faculty.jacobs-university.de/llinsen/teaching/320201.htm> (19.07.2019)

- [15] Florida Tehnoloogiainstituudi CSE-2010 kursuse koduleht ja õppematerjalid.
<https://cs.fit.edu/~pkc/classes/ds/> (19.07.2019)
- [16] Cambridge'i Ülikooli "Algorithms" kursuse koduleht ja õppematerjalid.
<https://www.cl.cam.ac.uk/teaching/1819/Algorithms/materials.html> (19.09.2019)
- [17] Gregg C. Stanfordini Ülikooli CS-106B kursuse loeng "Stacks and Queues".
https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs106b/cs106b.1186/lectures/05-Stacks_Queues/5-Stacks_Queues.pdf (19.09.2019)
- [18] California Tehnoloogiainstituudi CS-2 kursuse koduleht ja õppematerjalid.
<http://courses.cms.caltech.edu/cs2/19wi/> (19.07.2019)
- [19] Princetoni Ülikooli COS-226 kursuse koduleht ja õppematerjalid.
<https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spring19/cos226/> (19.07.2019)
- [20] Massachusettsi Tehnoloogiainstituudi „Introduction to Computers and Engineering Problem Solving“ kursuse koduleht ja õppematerjalid. <https://ocw.mit.edu/courses/civil-and-environmental-engineering/1-00-introduction-to-computers-and-engineering-problem-solving-spring-2012/> (19.07.2019)

Lisad

Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Agu-Art Annuk**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose **Magasini ja järjekorra õpetamine ülikoolikursustel**, mille juhendaja on **Ahti Peder**, 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.

Agu-Art Annuk

14.08.2019