

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND
Arvutiteaduse Instituut
Infotehnoloogia eriala

Janar Sell

**LEGO Mindstorms NXT'ga ühilduv
vedeliku hägususe mõõtja**

Bakalaureusetöö (6 EAP)

Juhendaja: Anne Villems
Kaasjuhendaja: Taavi Duvin

Tartu 2014

LEGO Mindstorms NXT'ga ühilduv vedeliku hägususe mõõtja

Lühikokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on luua õpilaste ja õpetajate jaoks eestikeelne õppematerjal LEGO Mindstorm NXT'ga ühilduvast vedeliku häguguse mõõtjast. Töö koosneb kolmest peatükist, millest esimeses selgitatakse vedeliku hägususe mõistet ning anduri tööpõhimõtet ja tuuakse välja erinevad viisid, kuidas vedeliku hägusust on võimalik mõõta. Teises peatükis kirjeldatakse Vernier' vedeliku hägususe mõõtja tööpõhimõtte ning kasutamine koos LEGO Mindstorms NXT baaskomplektiga. Kolmandas peatükis pakutakse välja kolm erineva raskusastmega ülesandeid, mida saab lahendada Vernier' vedeliku hägususe mõõtjat kasutades.

Võtmesõnad:

LEGO Mindstorms NXT, vedeliku hägususe mõõtja, Vernier, robotika.

LEGO Mindstorms NXT compatible Turbidity Sensor

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to create Estonian materials of using LEGO Mindstorms NXT compatible Vernier Turbidity Sensor for teachers and students. The material consists of three parts. The first part gives the basic background of fluids turbidity and other related definitions. The second part concentrates on the Turbidity Sensor made by Vernier Company. Sensor specifications and detailed description are given how to connect and use Turbidity Sensor with LEGO Mindstorms NXT robotics kit in NXT-G environment. The final part is practical and has three exercises for Turbidity Sensor. All solutions for the exercises are also added to the thesis. But if needed, there is always possible to create more exercises.

Keywords:

LEGO Mindstorms NXT, Turbidity Sensor, Vernier, NXT-G, robotics.

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Vedeliku hägusus.....	6
1.1 Vedeliku hägususe mõiste.....	6
1.2 Vedeliku hägususe mõõtmise vahendid.....	7
2. Vernier' vedeliku hägususe mõõtja	15
2.1 Vernier' vedeliku hägususe mõõtja tööpõhimõte	15
2.2 Vernier' vedeliku hägususe mõõtjaga mõõtmine	16
2.3 Vernier'i vedeliku hägususe mõõtja kasutamine NXT baaskomplektiga.....	17
2.4 NXT-G Vernier' vedeliku hägususe mõõtja ploki valimine, kasutamine.....	19
3. Ülesanded.....	24
3.1 Ülesanne 1 - Vedeliku hägususe anduri testimine	24
3.2 Ülesanne 2 - Anduri kalibreerimine ja näidu kuvamine NXT ekraanile	25
3.3 Ülesanne 3 - Anduriga andmete kogumine ning salvestamine tabelitöötlusprogrammi Microsoft Excel 2010.....	27
Kokkuvõte.....	32
Kasutatud kirjandus	33
Summary.....	35
Lisad.....	36
Lisa 1. Tööga kaasas olevad näidisülesannete lahenduste failid	36
Lisa 2. Litsents	37

Sissejuhatus

Tehnika areng on meie elu väga palju muutnud, kuna suur hulk töökohti eeldab tehnilist taiplikkust. Paljud õpilased peaksid tahtma oma tulevast elu tehnoloogiatega siduda, aga siiski valib liiga vähe noori edasiõppimiseks tehnoloogia või looduserialasid. Põhjuseid on mitmeid, näiteks koolis käimine on paljude õpilaste jaoks igav või reaalsed on liiga teoreetilised ja rasked. Tihti jääb selgusetuks, kus ja millal koolis omandatud vaja läheb. Seega kaob noortel huvi antud valdkondade vastu. Kõige kiiremini arenevaks tehnikaharuks on infotehnoloogia ja just siin annab kvalifitseeritud tööjõu puudus eriti tunda. Tehnika arengut saaks ära kasutada õppimise huvitavamaks muutmisel, kui kaasata mitmete ainete praktiliste tööde õpetamisprotsessi huvitavaid seadmeid. Õpilaste õpihimu tõstmiseks on tehtud mitmeid plaane. Üks edukam ja tuntum on Kooliroboti projekt.

Kooliroboti projekt sai alguse Eestis 2007 aasta kevadel. Projekti raames otsustati Eesti koolides edendada inseneriteadusi [1]. Kooliroboti projektis tutvutakse LEGO Mindstorms NXT robotite kasutamisega ning samuti on õpilaste jaoks nendest abi reaal- ja loodusainete õpetamise mitmekesisemaks, huvitavamaks ja praktilisemaks muutmisel. LEGO Mindstorms NXT on LEGO poolt väljatöötatud õppevahend. LEGO roboteid on õpilastel endil võimalik iseseisvalt kokku panna, programmeerida ning hiljem erinevaid ülesandeid lahendada. Eestis kasutavad Kooliroboti projekti LEGO Mindstorms NXT roboteid juba vähemalt 132 kooli. Paljud nendest õppeasutustest töötavad robotitega huviringitundides. Samas leidub ka mitmeid koole, mille õppekavas on olemas vastav robotika valikaine. Tõstmaks õpilaste huvi robotika vastu, korraldatakse igal aastal, alates aastast 2011, Kooliroboti projektis osalevate koolide vahel võistlus nimega FIRST LEGO League Eesti [2], kus osalejad peavad leidma erinevatele reaalelulistele ülesannetele innovatiivseid lahendusi, mida nad võistluse lõpus hindajatele demonstreerivad. Võistluse eesmärk on õpilastes juba varases eas tekitada huvi reaal- ja loodusainete vastu ning arendada nende meeskonnas töötamise oskust.

LEGO Mindstorms NXT Education komplekt koosneb programmeeritavast juhtploki, maksimaalselt nelja tunniga täislaetavast akust, roboti ehitamiseks vajalikest klotsidest, kolmest mootorist, lampidest, kauguse- ehk ultraheliandurist, kahest puuteandurist, valguse- ja heliandurist ning mootorite ja andurite juhtploki külge ühendamiseks mõeldud kaablitest. Kuna Mindstorms komplektis on mõõteriistade valik piiratud, saab LEGO NXT robotil kasutada kolmandate firmade poolt loodud andureid. Tuntumad LEGO robotitega ühilduvate

andurite tootjad on Vernier [3], HiTechnic [4] ja Mindsensors [5]. Valida on enam kui 50 erineva anduri vahel, olemas on nii temperatuuri-, vedeliku soolsuse-, kõrguse-, värvide mõõtmise jms andureid.

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on luua õppematerjalid firma Vernier' poolt toodetud LEGO Mindstorms NXT vedeliku hāgususe mõõtjale [6]. Töö käigus uuritakse vedeliku hāgusust kui nāhtust – kirjeldatakse vedeliku hāgususe mõõtmise vajalikkus, tutvustatakse hāgususe anduri tööpõhimõtet ja kasutamisevõimalusi koos LEGO Mindstorms NXT komplektiga ning samuti valmivad töö käigus erineva raskusastmega ülesanded, mis peaksid olema jõukohased vastavalt õpilaste oskustele ja vanusele.

Töö on jaotatud kolmeks peatükiks. Esimeses osas tutvustatakse vedeliku hāgususe mõistet kui füüsilist nāhtust ning tuuakse välja selle omadused ja kasutusala. Teises osas antakse ülevaade firma Vernier' poolt toodetud vedeliku hāgususe mõõtjast, selle tööpõhimõttest ning kasutusvõimalustest. Viimases osas valmivad praktilised ülesanded, juhendid ja lahenduskāigud.

1. Vedeliku hägusus

Elanikkonna kindlustamine ohutu ja puhta joogiveega on üks ühiskonna prioriteete. Igaühe õigus veele võimaldab realiseerida inimese õigust elule, tervise kaitsele ja inimväärikusele. Eesti elanikkond on joogiveega hästi varustatud. Kõigis Eesti linnades ja paljudes väikeasulates on joogiveega varustamiseks ühisveevärgid. Terviseameti 2008. aasta andmetel kasutab ligikaudu 84% elanikest ühisveevärgi vett, ülejäänud osa vett saab individuaalsetest madalamatest puur- ja salvkaevudest. Riikliku järelevalve all on üle 1200 veevärgi. Vee kvaliteet sõltub suuresti veetekkepiirkonna hüdrogeoloogilistest tingimustest, mistõttu vee koostis on erinevates põhjaveekihtides ja piirkondades erinev. Vee kvaliteeti võivad halvendada amortiseerunud torustikud ja mahutid, vee vähene liikumine torudes, sagedased veekatkestused, avariid, reostused jpm [7]. Vedeliku hägusus on üheks joogivee kvaliteedi näitajaks. Vedeliku hägususe all mõeldakse vedeliku läbipaistvuse näitajat.

Kui inimene tahab teada saada, millise läbipaistvusega on vesi akna all järves, tuleks mõõta vedeliku hägusust. Vedeliku hägusust on vaja mõõta näiteks ujulates. Basseinivesi peab olema epidemioloogiliselt (nakkushaiguste levimise suhtes) ohutu ning keemiliselt kahjutu. Mikroorganismide hävitamiseks, orgaaniliste ainete jääkide kõrvaldamiseks ja vetikate vohamise takistamiseks vajab basseinivesi desinfitseerimist ning selleks on vaja mõõta basseinivee hägusust [8]. Vedeliku hägusus mõjutab ka tuukrite tööd. Tuukritele on kasulik, et vedeliku hägusus oleks võimalikult väike, kuna siis on vesi selgem ning tuukrid näevad vee all kaugemale. Vedeliku muudavad häguseks vees mittelahustuvad aineosakesed (setted). Mõned aineosakestest satuvad vette juba veeallikast, näiteks liiv. Samuti muutub vesi häguseks kokkupuutes õhuga (rauaühendid, lahustunud lubjakivi välja sadenemine). Vee hägusust mõjutavad tegurid on inimeste tervisele enamasti ohutud, aga ohutuse seisukohast on sogasust ikkagi vaja mõõta. Käesolevas peatükis antakse põhjalikum ülevaade vedeliku hägususe definitsioonist ja mõõtmismeetoditest.

1.1 Vedeliku hägususe mõiste

Hägususeks ehk sogasuseks nimetatakse vedeliku vähest läbipaistvust heljumi-, hõljumi- või võõrisesisalduse tõttu [9]. Heljumiks nimetatakse vedelikus liikuvaid väikeseid osakesi, mille sisaldust mõõdetakse mg/L või g/m³ kohta [10]. Heljumi sisaldus on oluline veekvaliteedi indikaator. Hõljum on aga omakorda veekogudes hõljuvate organismide kogum, kes ei ole

suutelised hoovustele ega lainetele vastupanu osutama [11]. Võõris on aine vees, õhus või muus keskkonnas, mis püsivalt sinna ei kuulu. Näiteks võõristeks võivad olla plastid, mis on looduslikesse veekogudesse visatud või mujalt kantud [12]. Seega hägusus tähendab, et vedelikus leidub lisaks enda koostisosadele veel võõraid mittevajalikke koostisosi.

Selles punktis tutvustati vedeliku hägususe mõistet. Järgnevalt antakse ülevaade tänapäeval kasutusel olevatest vedeliku hägususe mõõtmise vahenditest.

1.2 Vedeliku hägususe mõõtmise vahendid

Hägususe määramiseks on väljatöötatud mitmed erinevad meetodid, mis erinevad täpsuselt ja keerukuselt. Mõõtmiste täpsus on oluline, et kindlaks teha ega vesi pole ohtlik inimeste tervisele. Hägusust mõõdetakse nii laborites kui ka looduses. Näiteks väljasõitudel erinevate veekogude hägususe mõõtmisteks on oluline, et leiduks meetod, mis aitaks hägusust kohapeal mõõta. Seetõttu peab olema seadmeid mugav kaasas kanda ning mõõtmised peavad olema kiired ja täpsed. See kiirendaks teadlaste reageerimisvõimet võimalikule reostusele ilma keerukaid protsesse sooritamata. Järgnevas antakse ülevaade tänapäeval enim kasutatavatest hägususe mõõtmise vahenditest.

Kui siiani on veeproovidel kasutuses keerulised analüüsivahendid ning neid proove tuleb vastavatest asutustest tellida, siis tulevikus võib abi olla lihtsast mobiiltelefonist. Tartu Ülikooli analüütilise keemia doktorant Teemu Näykki on koostöös Soome keskkonnaametiga välja töötanud lahenduse Secchi 3000, mis võimaldab vee läbipaistvust analüüsida kõige tavalisema mobiiltelefoni abil. Selleks pole tarvis omada isegi nutitelefoni, telefonil peab peal olema fotokaamera ning sellega peab olema võimalik saata multimeediasõnumeid [13].

Secchi 3000 põhiinstrumendiks ongi mobiiltelefon ning spetsiaalne anum, kus on kaks üksteisest kindla kaugusel olevat must-valget plastmärki (vt. Joonis 1). Anum täidetakse analüüsitava veekogu veega ning mobiiltelefoniga tehakse anuma ülasos asuvast avast pilt neist märkidest. Pilt tuleb saata kesksesse andmebaasi.



Joonis 1. Mobiiltelefon ning spetsiaalne anum [14].

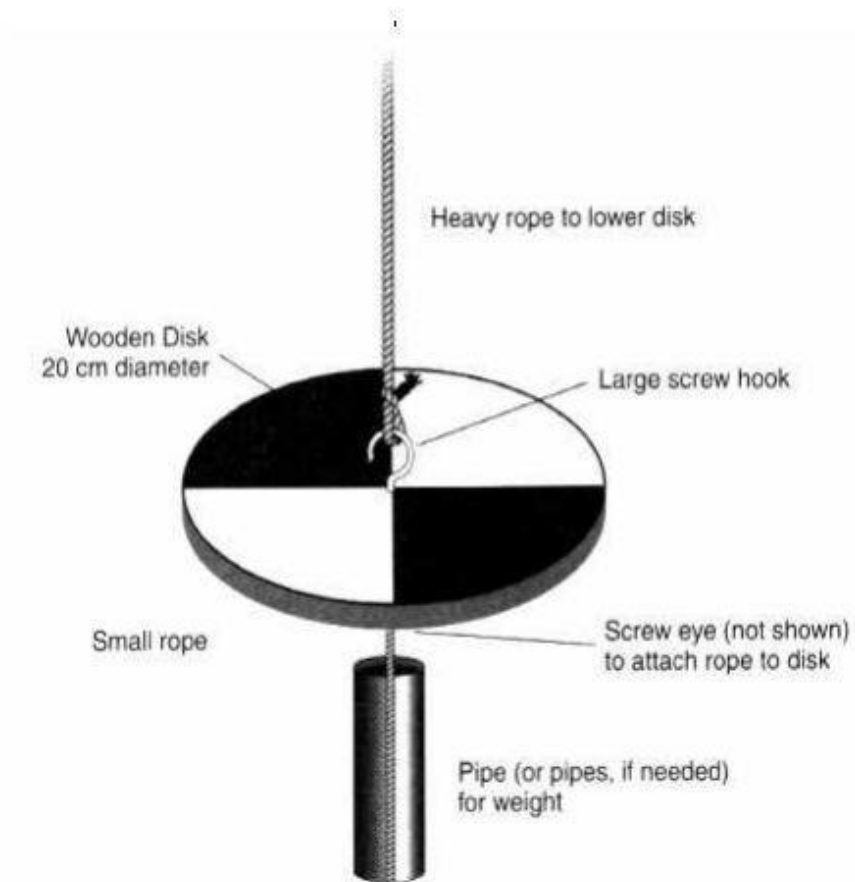
Andmebaasis analüüsitakse fotol märkide nähtavust kindla algoritmi abil ning selle põhjal on võimalik otsustada, kui hea on vee läbipaistvus. Kui arvutused on tehtud, saadetakse analüüsi tulemused mobiiltelefoniomanikule sõnumiga tagasi.

Enne mobiiltelefoni kasutamisevõimalust oli üheks levinumaks vahendiks vedeliku hägususe mõõtmisel Secchi ketas (vt. Joonis 2). Ketas sai oma nime Itaalia astronoomi Angelo Secchi järgi, kes seda esmakordselt 1865. aastal tutvustas [15]. Ketta nähtavus sõltub vees hõljuvate ja lahustunud ainete hulgast, mis satuvad veekogusse setetest, jõgedega sissekantud materjalist või veekogus toimuvast bioloogilisest tegevusest [16]. Mõõtevahendiga tuleb alati mõõta varjus ning ketast saab kasutada vähesel viirusel veekogudes, näiteks järvedel, lahtedel, ookeanis.



Joonis 2. Secchi ketas ja nõör [17].

Must-valge ketta läbimõõt on tavaliselt 20 cm (vt. Joonis 3). Ketta keskele mõlemal poolel on kinnitatud konksud. Must-valge mustriga külje poolel asuva konksu ehk ketta pealmise külje konksu külge on ühendatud nõör või köis, mis on piisavalt pikk võimaldamaks ketast vajaliku sügavuseni vette lasta. Ketta teise konksu ehk põhja pool asuva konksu külge on ühendatud lisaraskus, mis võimaldab ketast vee alla lasta.



Joonis 3. Secchi ketas täpsemate kirjeldustega [18].

Wooden Disk 20 cm diameter – puidust ketas 20 cm diameetriga.

Small rope – peenike nõor.

Pipe (or pipes, if needed) for weight – toru (või torud, kui on vaja) raskuseks.

Screw eye (not shown) to attach rope to disk – keermega konks (ei ole näha), et kinnitada nõor ketta külge.

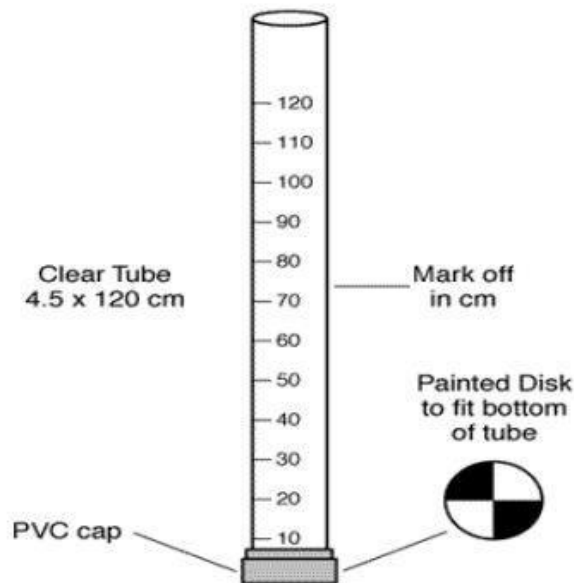
Large screw hook – suur keermega konks.

Heavy rope to lower disk – jäme nõor / köis, mille abil ketast vette lasta.

Secchi ketas lastakse vertikaalsihis veekogusse. Kaugust veepinnast, mil silm ketast enam ei näe, loetaksegi vaadeldava veekogu läbipaistvuseks ehk Secchi sügavuseks.

Kiirema vooluga veekogudes nagu näiteks jõgedes, kus Secchi ketta kasutamine ei ole võimalik, kasutatakse vedeliku läbipaistvuse mõõtmiseks hägususe toru [16] (vt. Joonis 4). Hägususe toruga mõõtmisi saab teha kõikides veekogudes. Mõõtmisi saab teha isegi veepuhastuse settetiigist kannuga vett võttes ja seda kodus või mujal torusse valades. Vedeliku hägususe mõõtmisvahend on läbipaistev plastmassist toru, pikkusega umbes üks

meeter ja diameetriga 4,5 cm. Toru põhjas on Secchi ketta mustri- ja korg. Kaugust toru põhjas olevast korgist, mil silm korki enam ei näe, loetaksegi nähtavuseks vees hõljuvate ja lahustunud ainete hulga ehk nähtavuseks vaadeldavas veekogus. Hägususe toruga mõõtmisi ei tohi teha otsese päikese valguskiirguses, sest see petab vedeliku hägususe tulemusi. Päikese valguse käes mõõtmisi tehes paistab vedelik paremini läbi, seega vedeliku hägususe näit kahaneb.



Joonis 4. Hägususe toru koos mõõteskaalaga [18].

Clear Tube – läbipaistev toru.

PVC cap – Secchi ketta mustri- ja korg.

Mark off in cm – märgistus on sentimeetrites.

Painted Disk to fit bottom of tube – värvitud ketas, mis mahub toru põhja.

Hägususe toruga mõõtmiseks kallatakse sinna vett seni, kuni toru põhjas olevat ketast enam ei näe. Vedeliku hägususeks loetakse toru küljel olevalt skaalalt veepiiriga vastavuses olev mõõtühik.

Vedeliku hägususe mõõtmiseks kasutatakse ka elektroonilisi vahendeid. Levinumateks elektrooniliseks vahenditeks on nephelometer [19] (vt. Joonis 5) ja turbidimeter (vt. Joonis 6).

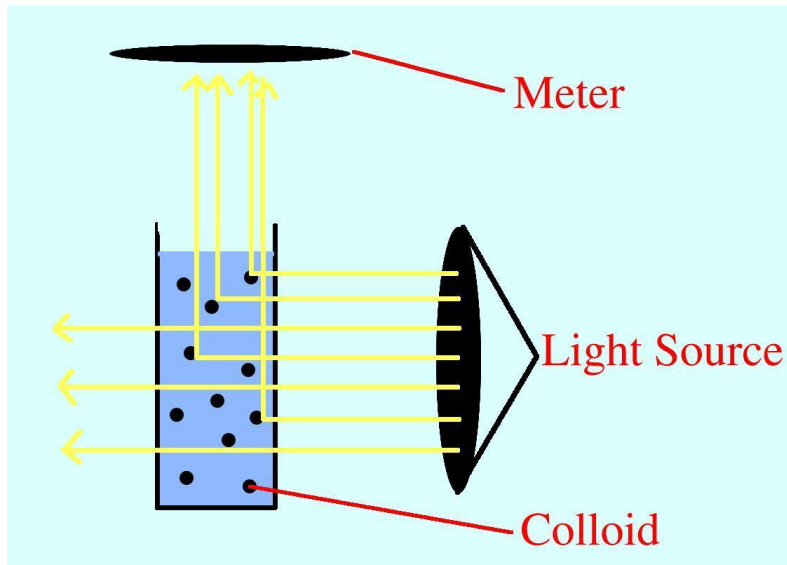


Joonis 5. Nephelometer [20].



Joonis 6. Turbidimeter [21].

Mõlemad seadmed mõõdavad vedelikus olevatelt osakestelt peegeldunud valguskiirte hulka. Valguskiirte mõõtmisandur on paigutatud tavaliselt 90 kraadise nurga alla valgusallika suhtes ning mõõtmisandur mõõdab ainult neid valguskiiri, mis osakestelt andurile peegelduvad (vt. Joonis 7). Seega võib öelda, et seadmed mõõdavad vedelikus olevate osakeste tihedust. Langeva valguskiirte peegeldumise tihedust mõjutavad osakeste kuju, värvus ja peegeldumissvõime.



Joonis 7. Nephelometer'i ja turbidimeter'i tööpõhimõte [22].

Meter – peegeldunud valguskiirte mõõtmisandur.

Light Source – valgusallikas.

Colloid – osake.

Elektroniliste seadmete mõõtmisühikuid on palju ning neid kasutatakse erinevatel juhtudel. Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuur on standartiseeritud mõõtmisühikuks valinud *Nephelometer Turbidity Unit* ehk NTU. Rahvusvaheline standartiseeritud mõõtmisühikuks on *Formazin Nephelometric Unit* ehk FNU. Mõlema mõõtmisühikuga mõõdetakse valguskiirguse peegeldumist 90 kraadise nurga alt. Nende erinevuseks on see, et NTU mõõdab valge valguse valguskiiri, aga FNU mõõdab infrapunakiiri. Seega nephelometer'i kasutamisel tuleb alati enne mõõtmisi veenduda, mis mõõtühikutes masin mõõdab.

Vedeliku hägususe mõõtmistulemused erinevates vedelikes:

Reovesi – 70-2000 NTU

Kaevuvesi	–	0.05 - 10 NTU
Joogivesi	–	0.05 - 1.5 NTU
Piim	–	> 4000 NTU
Apelsinimahl	–	300 - 900 NTU

Selles peatükis tutvustati vedeliku hägususe mõõtmisvahendeid. Järgnevas peatükis pööratakse suuremat tähelepanu Vernier' vedeliku hägususe mõõtjale.

2. Vernier' vedeliku hägususe mõõtja

Firma Vernier' vedeliku hägususe anduriga saab mõõta erinevate vedelikkude hägusust. Andurit kasutatakse enamasti jõgede, mere- ja järvevee puhtuse mõõtmiseks. Andur on kerge, lihtsasti mõõtmisteks seadistatav ja käepärase kujuga (vt. Joonis 8).

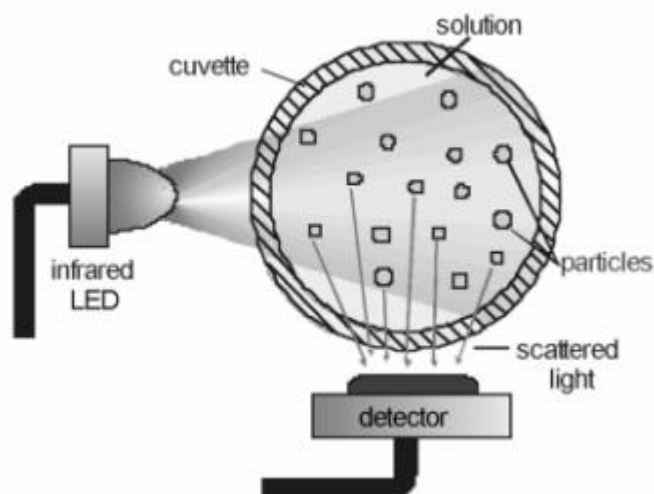


Joonis 8. Vernier' andur [6].

Katseklaasi kogutakse mõõdetav vedelik ning seejärel paigutatakse katseklaas andurisse. Lisaks vedeliku hägususe mõõtmisele, saab anduriga mõõta ka tekkinud sademe hulka [6]. Sade on vedelikus enamasti keemilise reaktsiooni käigus eraldunud (settinud) tahke aine. Järgnevas punktis antakse ülevaade anduri tööpõhimõttest, mõõtmisest ning kasutamisest NXT baaskomplektiga.

2.1 Vernier' vedeliku hägususe mõõtja tööpõhimõte

Vernier' vedeliku hägususe andur töötab samal põhimõttel nagu nephelometer ja turbidimeter. Seade mõõdab vedelikus olevatelt osakestelt peegeldunud valguskiirte hulka. Infrapuna LED valgus suunatakse ühest suunast vedelikule. Vedelikus osakestelt peegeldunud valguskiiri mõõdab andur, mis on 90 kraadise nurga all valgusallika suhtes (vt. Joonis 9). Peegeldunud valguskiiri mõõdab andur voltides ja tõlgib need vedeliku hägususe mõõtmise ühikutesse. Standardmõõtühikuks on *Nephelometer Turbidity Unit* ehk NTU nagu ka nephelometer'il.



Joonis 9. Vernier' vedeliku hägususe anduri tööpõhimõte [23].

Infrared LED – valgusallikas.

Curvette – katseklaas.

Solution – vedelik.

Particles – osakesed.

Scattered light – peegeldunud valguskiired.

Detector – andur, mis mõõdab peegeldunud valguskiiri.

Käesolevas punktis tutvustati Vernier' vedeliku hägususe anduri tööpõhimõtet. Järgnevalt antakse ülevaade anduriga mõõtmise kohta.

2.2 Vernier' vedeliku hägususe mõõtjaga mõõtmine

Enne vedeliku hägususe mõõtja kasutamist tuleb tutvuda anduri spetsifikatsioonidega, et andurit mitte kahjustada ning olla kursis ka mõõtmistulemuste iseärasustega.

- Mõõtmisulatus: 0 - 200 NTU
- Mõõtmistäpsus: ± 2 NTU, kui mõõtmistulemus on alla 25 NTU
 $\pm 5\%$, kui mõõtmistulemus on üle 25 NTU
- LED valguslainepikkus: 890 nm (nanomeetrit)
- Mõõtmisstandard: *StablCal Formazin Standard* 100 NTU

Kui vedelik paistab pealevaadates selgena, tuleks anduril lasta soojeneda umbes 5 minutit enne mõõtmise algust. Siis saavutab andur ühtlase mõõtmispinge, mis vähendab anduri mõõtmiseksimust. Katseklaasi kogutud vedelik tuleks samuti natukeseks seisma jätta ning vältida vedeliku raputamist, kuna raputamise tagajärel katseklaasi tekkinud vedeliku mullid mõjutavad mõõtmistulemusi. Kui eespool kirjeldatud kriteeriumid on täidetud, tuleb katseklaas ettevaatlikult andurisse panna ja anduri kaas sulgeda. Seejärel saab anduriga oma mõõtmisi alustada.

Selles punktis tutvustati anduriga mõõtmist. Järgnevalt antakse ülevaade kuidas vedeliku hägususe andurit NXT baaskomplektiga kasutada.

2.3 Vernier'i vedeliku hägususe mõõtja kasutamine NXT baaskomplektiga

Vernier' vedeliku hägususe mõõtja ja NXT baaskomplekti ühendamiseks läheb vaja Vernier' NXT adapterit (vt. Joonis 10).



Joonis 10. Vernier' NXT adapter [24].

Adapteril on kaks ühenduspesa. Üks ühenduspesa on anduri ning teine LEGO Mindstorms NXT standardse kaabli jaoks. Joonisel 10 on näha anduri ühenduspesa. Pesad on erineva kujuga, et kasutaja kaableid valesi ühendada ei saaks. Juhtploki ühendamisel saab kaablit panna NXT porti 1-4 (vt. Joonis 11).



Joonis 11. Vernier' vedeliku hägususe mõõtja ja NXT ühendus.

- 1 – Vernier' vedeliku hägususe mõõtja.
- 2 – Vernier' NXT adapter.
- 3 – NXT juhtplokk.

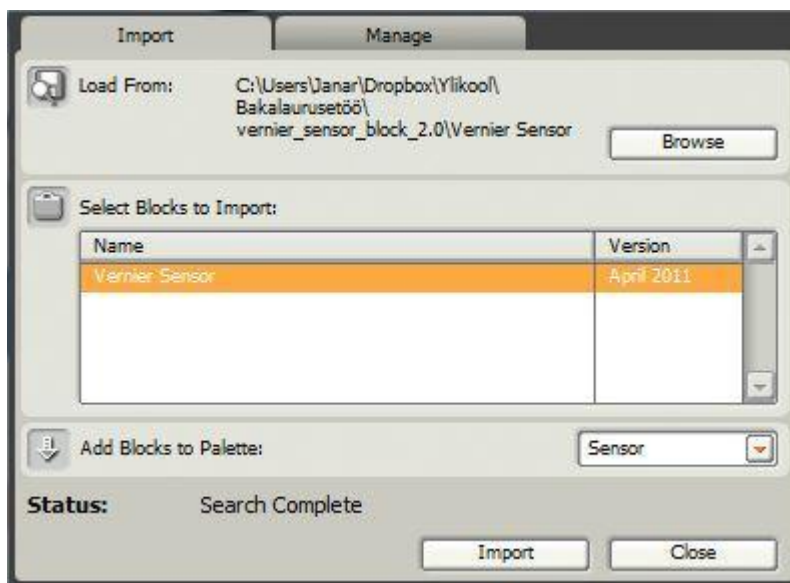
Vernier' vedeliku hägususe mõõtja korrektseks kasutamiseks tuleb lisaks NXT-G keskkonna jaoks allalaadida ka adapteri tarkvara. Vajalikud failid on kättesaadavad firma Vernier' koduleheküljelt [25]. Allalaetud fail tuleb lahti pakkida ja seejärel NXT-G keskkonda importida. Selleks peab „Tools“ menüüst valima „Block Import and Export Wizard“ (vt. Joonis 12).



Joonis 12. Vernier' NXT sensor adapteri importimine

Pärast „Block Import and Export Wizard“ vajutamist, avaneb dialoogiaken, kus tuleb teha neli valikut (vt. Joonis 13):

1. Vajutada „Browse“ ning valida kaust, kuhu Vernier' NXT sensor adapter fail lahti pakiti.
2. Loendist ära märgistada „Vernier Sensor“.
3. „Add Blocks to Palette“ alt teha valik „Sensor“.
4. Vajutada „Import“.



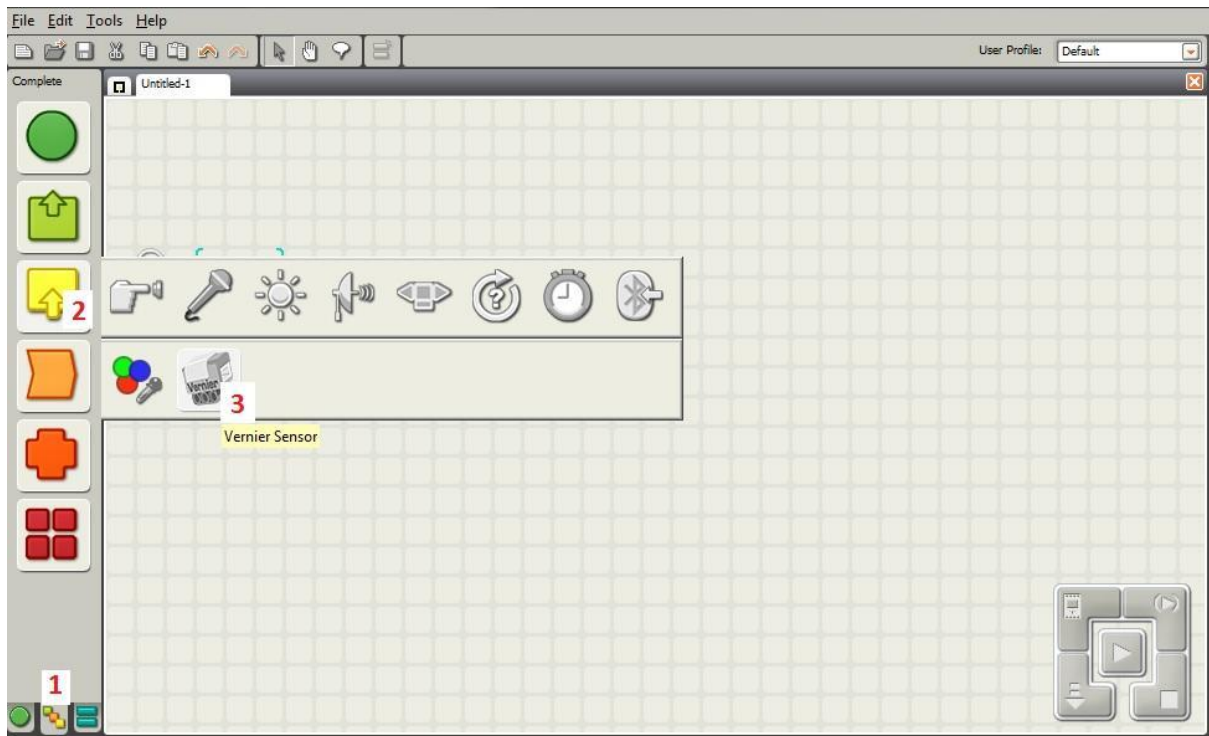
Joonis 13. Vernier' adapteri importimise dialoogiaken.

Eduka importimise lõppedes on võimalik kasutada Vernier' NXT sensor anduri elemente NXT-G keskkonnas. Antud plokk on leitav teiste andurite hulgast.

Selles punktis tutvustati Vernier' vedeliku hõigususe mõõtja kasutamist NXT baaskomplektiga. Järgnevalt antakse täpsem ülevaade anduri kasutamisest NXT-G keskkonnas.

2.4 NXT-G Vernier' vedeliku hõigususe mõõtja ploki valimine, kasutamine

Vernier' adapteri tarkvara edukal importimisel, on võimalik NXT-G keskkonnas valida plokk nimega „Vernier Sensor“. Selleks tuleb kõigepealt NXT-G keskkonnas ülemise menüü riba alt valida „File“ -> „New“. Palettide valikuks peab olema „Complete“. Ploki kasutamiseks tuleb valida nupu „Sensor“ valikute alt nupp „Vernier Sensor“ ning lohistada see programmeerimisalale (vt. Joonis 14).



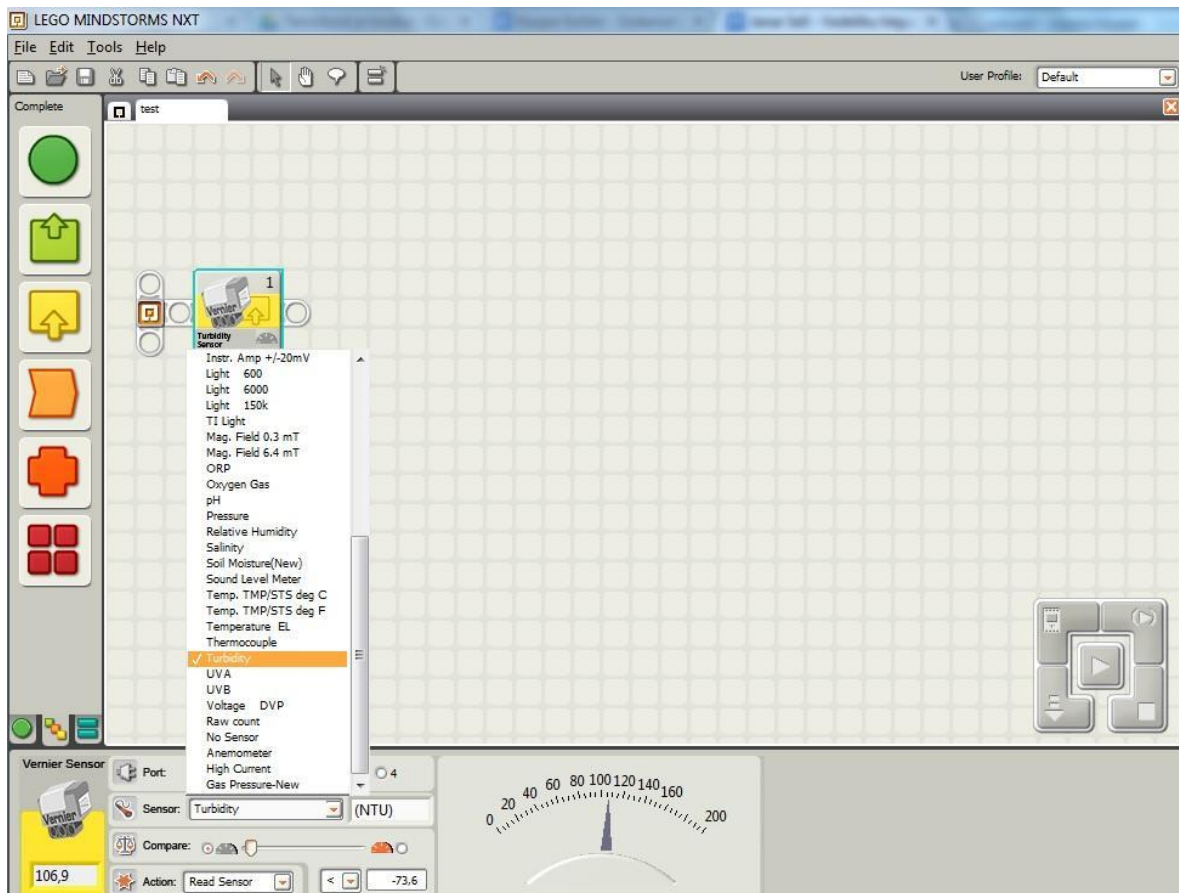
Joonis 14. Vernier' sensori valimine.

1 – Palette „Complete“.

2 – Nupp „Sensor“.

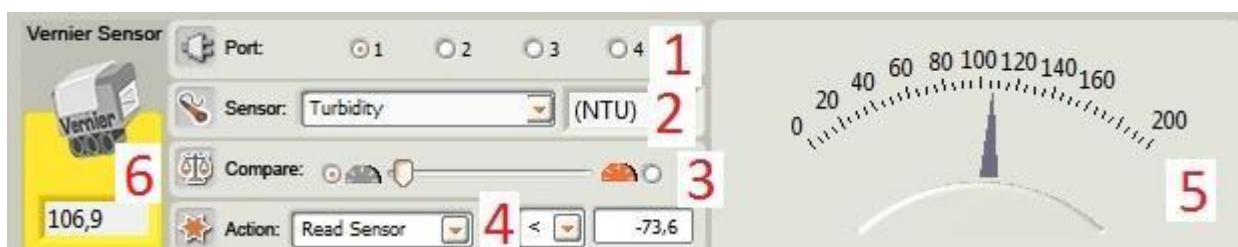
3 – Nupp „Vernier Sensor“.

Nüüd on olemas Vernier' andurite plokk, kus saab valida paljude erinevate andurite vahel. Vernier' vedeliku hägususe anduri kasutamiseks tuleb valida rippmenüüst „Turbidity“ (hägusus), nagu on näha joonisel 15.



Joonis 15. Vernier' vedeliku hägususe anduri valimine.

Pärast Vernier' vedeliku anduri aktiveerimist, on võimalik omaduste paneelil muuta anduri seadeid (vt. Joonis 16).



Joonis 16. Vernier' vedeliku hägususe anduri omaduste paneel.

- 1 – valik, millisesse juhtploki porti on andur ühendatud.
- 2 – Vernier' anduri valik.
- 3 – võimalik võrrelda anduri näitu mingi väärtusega.
- 4 – anduri tegevuse valimine („Read Sensor“, „Zero/Calibrate“, „Reset“).
- 5 – analoog skaala, mis näitab anduri hetkenäitu.
- 6 – digitaalne anduri hetkenäit.

Samuti on võimalik programmeerimisel muuta *Vernier Sensor* ploki sisendeid ja väljundeid (vt. Joonis 17).



Joonis 17. Vernier' hägususe anduri plokk.

- 1 – pordi number, kuhu andur on ühendatud.
- 2 – tegevus, mida tegema hakatakse.
- 3 – *Trigger point* - väärtus, millele andur reageerib.
- 4 – suurem/väiksem võrdlus.
- 5 – *Yes/No* võrdluse tulemus.
- 6 – mõõtmisel saadud väärtus töötlemata kujul.
- 7 – mõõtmisel saadud väärtus numbrina.
- 8 – mõõtmisel saadud väärtus tekstina.

Enne Vernier' vedeliku hägususe anduri kasutamist, tuleks kontrollida, kas andur on tehase poolt paigaldatud seadistuses. See on vajalik, et andur võimalikult täpse ning õige näidu annaks. Tehase poolt paigaldatud seadete taastamise jaoks on Vernier' anduri komplektis kaasas üks suletud testkatseklaas, mis on täidetud vedelikuga. Katseklaasi peal on kirjas, et anumad ei tohi avada ning vedeliku hägususe on 100 NTU. Vernier' vedeliku hägususe anduri tehase poolt paigaldatud seadete taastamiseks tuleb omaduste paneelil valida anduri tegevuseks „*Reset*“ ja teha valikud nagu on näha joonisel 18.



Joonis 18. Vernier' vedeliku hägususe anduri kalibreerimine.

Kui anduriga mõõdetud tulemus on sama nagu testkatseklaasis oleva vedeliku hägusus, siis on anduri seaded õiged ning võib alustada mõõtmistega.

Käesolevas peatükis tutvustati Vernier' vedeliku hägususe mõõtja kasutamist LEGO Mindstorms NXT komplektiga. Järgnevas peatükis on toodud mõned ülesanded, mida saab antud anduriga lahendada.

3. Ülesanded

Antud peatükis on toodud mõned näidisülesanded, mida saab lahendada Vernier' vedeliku hägususe mõõtjaga. Ülesanded on erineva raskusastemega ning lahendamiseks kulub vastavalt rohkem või vähem aega. Lisaks raskustasemele on ülesannetele veel lisatud eesmärk, ülesande täitmiseks vajalikud vahendid, ülesande püstitus, üks lahendusviis ning tekkida võivad probleemid. Esimese ülesande lahendamine on kõige lihtsam. Järgnevate ülesannete lahendamine läheb aga järjest raskemaks.

3.1 Ülesanne 1 - Vedeliku hägususe anduri testimine

Tase: Väga lihtne

Eesmärk: Tutvuda Vernier' vedeliku hägususe mõõtjaga ning testida selle töötamist.

Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk
- Vernier' vedeliku hägususe mõõtja
- Kaablid anduri ja juhtploki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT Programming

Ülesande püstitus: Ühendada Vernier' vedeliku hägususe mõõtja NXT juhtploki vahendusel arvutiga ning kontrollida, kas katseklaasis oleva vedeliku hägususe mõõtmisel saadud näitu kuvatakse arvutis.

Lahendus: Vernier' vedeliku hägususe andur tuleb ühendada NXT adapteri külge ning adapter tuleb ühendada NXT juhtploki külge. Meelde tuleb jätta pordi number, kuhu andur ühendati. Näidu jälgimiseks peab arvuti ja juhtploki omavahel USB kaabliga ühendama. Seejärel tuleb arvutis käivitada NXT Mindstorms tarkvara ning alustada uue programmiga. Vernier' anduri plokk tuleb lohistada programmeerimisalale ning anduri omaduste paneelilt tuleb valida hägususe (*Turbidity*) andur (vt. Joonis 15). Seejärel peaks anduri omaduste paneeli vasakus servas kollasel taustal nägema anduri näitu.

Tekkida võivad probleemid:

Anduri näitu ei kuvata:

- Veenduge, et kõik juhtmed on õigesti ühendatud.

- Kontrollida pordi numbri õigsust - anduri omaduste paneelil peab pordi number olema sama, kuhu andur NXT juhtplokis ühendati.
- Kontrollida, kas anduri omaduste paneelil on valitud õige andur.
- Kontrollida, kas NXT Mindstorm programmil on aktiivne ühendus NXT juhtplokiga.

3.2 Ülesanne 2 - Anduri kalibreerimine ja näidu kuvamine NXT ekraanile

Tase: Lihtne

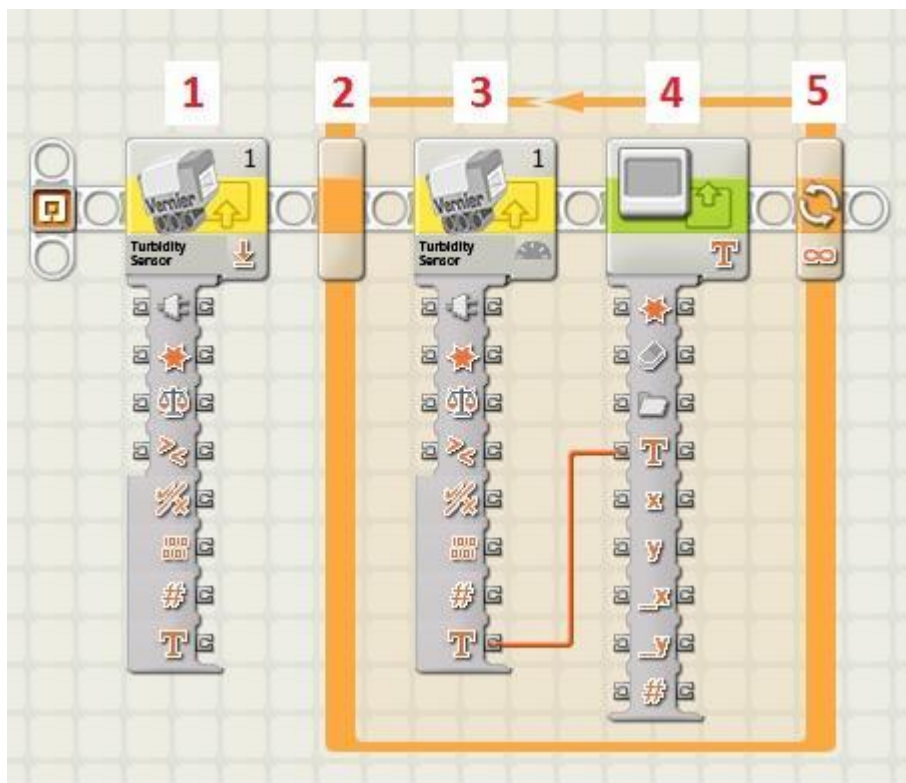
Eesmärk: Tutvuda Vernier' vedeliku hāgususe mõõtjaga, harjutada tsükli kasutamist ja näidu kuvamist ekraanile.

Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk
- Vernier' vedeliku hāgususe mõõtja
- Kaablid anduri ja juhtplokki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT Programming

Ülesande pūstitus: Ühendada Vernier' vedeliku hāgususe mõõtja NXT juhtplokki vahendusel arvutiga, taastada tehase seaded, mõõta testkatseklaasis oleva vedeliku hāgusust ja veenduda, et vedeliku hāgususe mõõtmisel saadud näitu kuvatakse NXT ekraanil ning test katseklaasis oleva standard vedeliku hāgusust vastaks mõõdetud näidule.

Lahendus: Vernier' vedeliku hāgususe andur tuleb ühendada NXT adapteri külge ning adapter tuleb ühendada NXT juhtplokki külge. Vernier' vedeliku hāgususe anduri tehase seadete taastamist tuleb teha enne anduriga mõõtmist. Anduri mõõtmise ja näidu kuvamiseks on vaja kasutada tsükli, sest siis uuendab andur pidevalt oma näitu. Programmi näide on nāha joonisel 19.



Joonis 19. Ülesande 2 programmi näide.

- 1 – anduri tehase seadmete taastamine.
- 2 – tsükli algus.
- 3 – anduri näidu lugemine.
- 4 – näidu kuvamine ekraanile.
- 5 – tsükli lõpp.

Tekkida võivad probleemid:

Kontrollida eelmise ülesande puhul mainitud veakohti.

Näidu tehase seadmete taastamine ei õnnestu:

- Kontrollida, et tehase seadmete taastamiseks mõeldud katseklaas oleks Vernier' hāgususe mõõtjas ning mõõtja kaas peab olema suletud programmi käivitamise hetkel.
- Tehase seadmete taastamiseks mõeldud sensori ploki kontrollida, et „Action“ valiku all oleks aktiivne valik „Reset“.

Ekraanile ilmub teksti asemel pilt:

- *Display* (ekraan) ploki kontrollida, et „Action“ valiku all oleks aktiivne „Text“ (tekst) mitte „Image“ (pilt).

3.3 Ülesanne 3 - Anduriga andmete kogumine ning salvestamine tabelitöötlusprogrammi Microsoft Excel 2010

Tase: Raske

Eesmärk: Salvestada vedeliku hāgususe anduriga mōõdetud tulemused tabelitōõtlusprogrammi Microsoft Excel 2010.

Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk
- Vernier' vedeliku hāgususe mōõõtja
- LEGO Mindstorms NXT puuteandur.
- Kaablid andurite ja juhtploki ūhendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT Programming ja Microsoft Excel 2010.

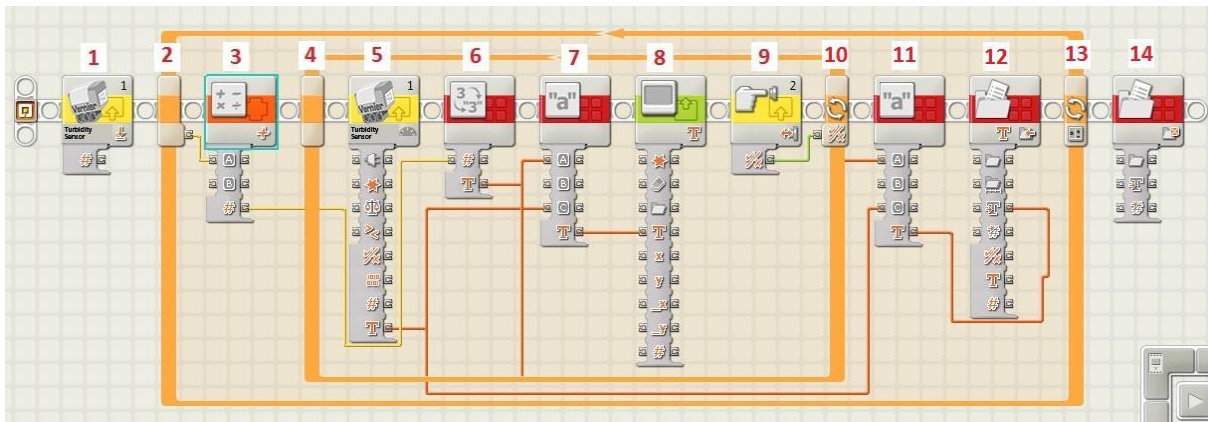
Ülesande pūstitus: Ūhendada Vernier' vedeliku hāgususe mōõõtja NXT juhtploki vahendusel arvutiga, mōõõta erinevate vedelikkude hāgusust, teostada erinevaid katseid puuteanduri abil (nāiteks mōõõtmistulemuse salvestamiseks tuleb vajutada puuteanduri nuppu) ning importida ja salvestada tulemused tabelitōõtlusprogrammi Microsoft Excel 2010.

Lahendus:

Vernier' vedeliku hāgususe andur tuleb ūhendada NXT adapteri kūlge ning adapter tuleb ūhendada NXT juhtploki kūlge. Samuti tuleb ūhendada juhtploki kūlge LEGO Mindstorms NXT puuteandur.

Vāltimaks vale režiimi kasutamist anduril, tuleks enne mōõõtmisi, programmi alguses, Vernier' vedeliku hāgususe anduri tehase seaded taastada. Mitmete katsete mōõõtmise jaoks oleks vaja kasutada tsūklit. Tsūkli jaoks māārata katsete arv. Ūldtsūkli sisse lisada veel ūks tsūkkel, mis vāljastab ekraanile katse jārjekorranumbri ning vedeliku hāgususe mōõõtmistulemuse (nāiteks: "2 tulemus: 60 NTU"). Kui tulemus sobib, peab kasutaja vajutama puuteanduri nuppu. Tulemus salvestatakse faili. Jārgmise vedeliku hāgususe mōõõtmiseks peab kasutaja vahetama vedelikku anduris. Katse tulemuse salvestamiseks peab kasutaja jālle vajutama puuteanduri nuppu. Katse tulemus salvestatakse tekstifaili kujul "2;60" ("2" tāhistab katse korda, ";" vajalik katse jārjekorranumbri ning katsetulemuse eraldamiseks ja "60" tāhistab katse tulemust). Programmi nāide on nāha joonisel 20. Antud

lahenduses tehakse 5 erinevat mõõtmiskatset, seejärel suletakse ja salvestatakse tulemuste fail.



Joonis 20. Ülesande 3 programmi näide.

- 1 – anduri tehase seadmete taastamine.
- 2 – katsete tsükli algus.
- 3 – operaator, mis liidab 1 (vajalik katse arvu ekraanile kuvamiseks).
- 4 – katse mõõtmise tsükli algus.
- 5 – anduri näidu lugemine.
- 6 – katse numbri teisendamine sõneks.
- 7 – katse ja mõõtmistulemuse üheks sõneks liitmine.
- 8 – sõne kuvamine ekraanile.
- 9 – nupu vajutus.
- 10 – katse mõõtmise tsükli lõpp.
- 11 – tulemuse sõneks teisendamine.
- 12 – tulemuse sõne lisamine tulemuste faili.
- 13 – katsete tsükli lõpp.
- 14 – tulemuste faili sulgemine.

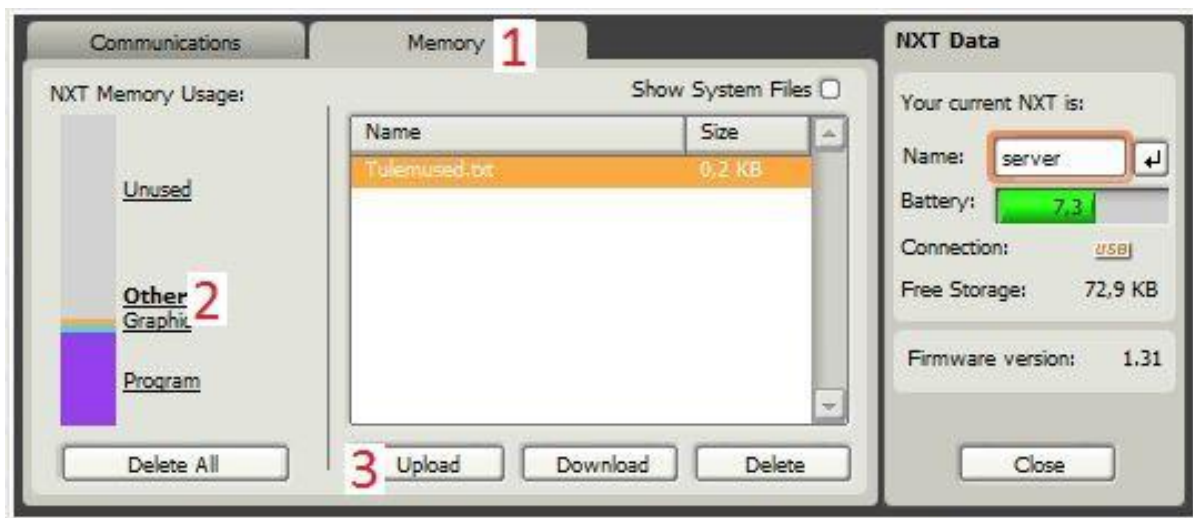
Ülesande tulemuste fail asub NXT juhtplokis. Tulemuste faili arvutisse saamiseks on vaja ühendada juhtplokk arvutiga. LEGO Mindstorms NXT Programming tarkvaras on vaja seejärel vajutada nuppu „NXT window“ (vt. Joonis 21).



Joonis 21. „NXT window“ nupp.

1 – „NXT window“ nupp

Avaneb uus aken. Seejärel peab valima vahelehe nimega „Memory“. Avatud vahelehel tuleb klikkida tekstil „Other“, valida õige fail ning vajutada nuppu „Upload“ (vt. Joonis 22).



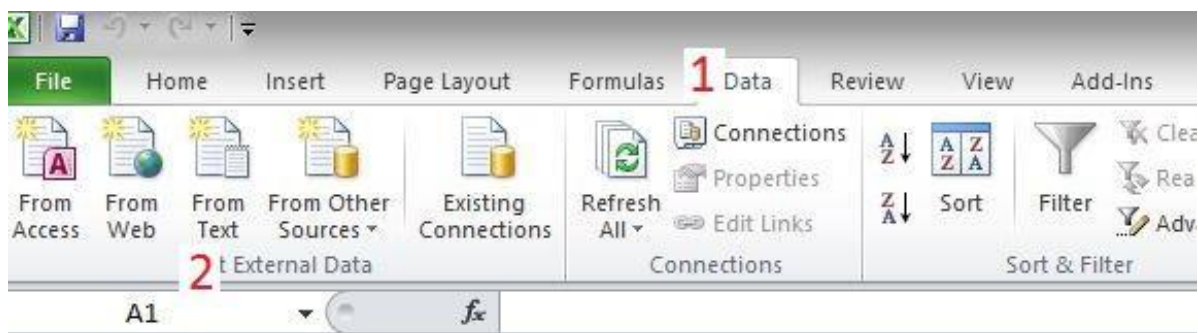
Joonis 22. Tulemuste faili allalaadimine.

1 – vaheleht „Memory“.

2 – tekst „Other“.

3 – nupp „Upload“.

Pärast tulemuste tekstifaili arvutisse allalaadimist peab avama tabelitötlusprogrammi Microsoft Excel 2010. Faili importimiseks valida vaheleht „Data“ ning seejärel klikkida nupul „From Text“ (vt. Joonis 23). Avanenud failisirvijast valida tulemuste tekstifail.

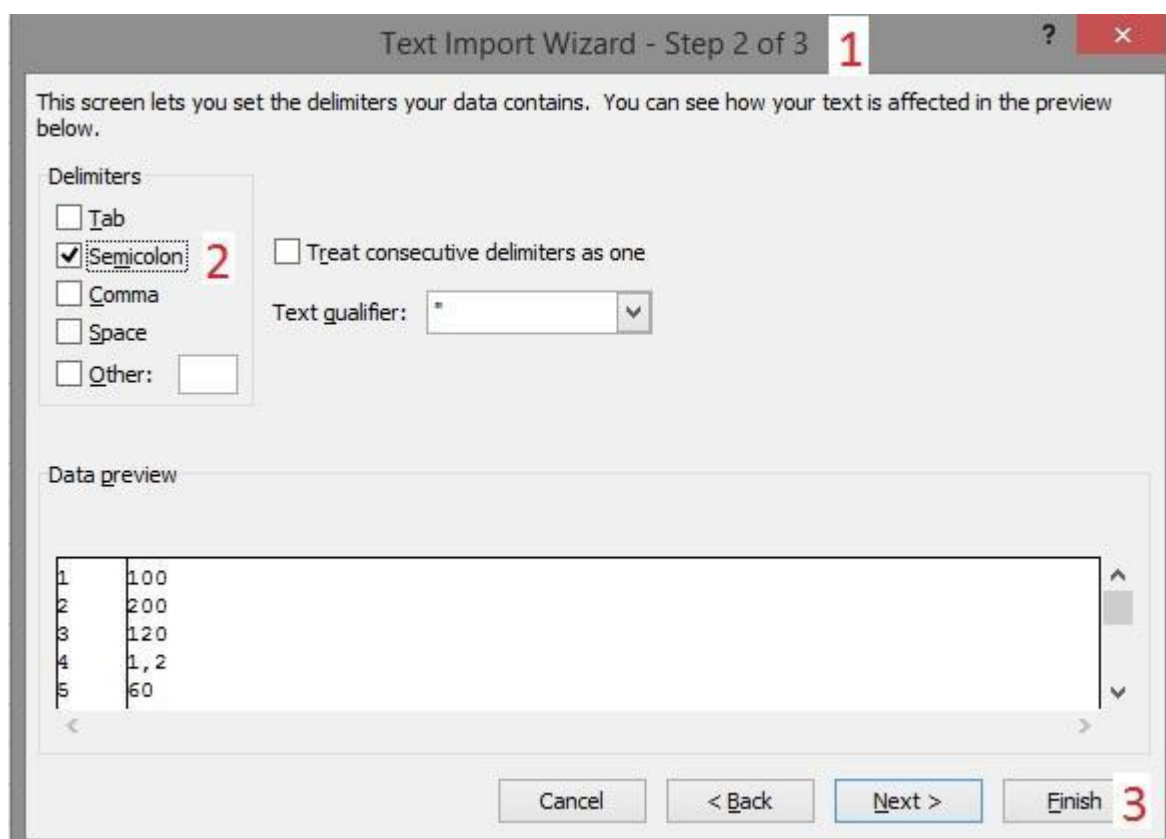


Joonis 23. Tekstifaili importimine.

1 – vaheleht „Data“.

2 – nupp „From Text“.

Seejärel avaneb tekstifaili importimise abimehe menüüaken. Esimeses etapis ei muuda midagi ning vajutada nupule „Next“, teises etapis tuleb valida eraldajaks semikoolon („Semicolon“), nagu on näha joonisel 24. Väli „Data preview“ peab näitama kahte tulpa. Seejärel vajutada nuppu „Finish“.



Joonis 24. Tekstifaili importimise abimehe menüüaken.

1 – teine etapp kolmest.

2 – eraldaja semikoolon.

3 – nupp „*Finish*“.

Eduka tulemuste tekstifaili importimisel on järjekorranumbrid esimeses ning vedeliku hāgususe mōõtmistulemused teises tulbas. Soovi korral on nūūd Microsoft Excel 2010 abiga vōimalik mōõdetud tulemusi paremini analūūsida, vajadusel lisada erinevaid diagramme, jooniseid, pilte jne.

Tekkida vōivad probleemid:

Kontrollida eelmise ülesande puhul mainitud veakohti.

Nupule vajutamine ei toimi nii nagu vaja:

- LEGO Mindstorms NXT puuteanduri sensori plokis kontrollida, et „*Action*“ valiku all oleks aktiivne valik „*Bumped*“.

Katsete numbrid tulemuste tekstifailis algavad 0-st vōi on kuidagi läbi korrutatud, jagatud vōi ebaloogilise järjestusega:

- Loogilise operaatori plokis kontrollida, et operation valik oleks „*Addition*“ ja *B* välja vāārtus oleks number 1.

Tulemuste faili ei saa kasutada:

- Programmi lõpus „*File Access*“ plokis kontrollida, et „*Action*“ valiku all oleks aktiivne vāārtus „*Close*“ ja „*Name*“ välja nimi oleks sama, mis on „*File Access*“ plokis, kus mōõdetud tulemused tekstifaili kirjutatakse.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua õpilaste ja õpetajate jaoks eestikeelne õppematerjal LEGO Mindstorm NXT'ga ühilduvast vedeliku hāguguse mõõtjast. Andur sobib kasutamiseks robotika, füüsika kui ka bioloogia tunnis.

Töö kirjutamisel on järgitud ühtset struktuuri sarnastel teemadel kirjutatud bakalaureusetöödega. Töö koosneb kolmest peatükist, millest esimeses selgitati vedeliku hāguguse mõistet ning anduri tööpõhimõtet ja toodi välja erinevad viisid, kuidas vedeliku hāgusust on võimalik mõõta. Teises peatükis kirjeldati Vernier' vedeliku hāguguse mõõtja tööpõhimõte ning kasutamine koos LEGO Mindstorms NXT baaskomplektiga. Kolmandas peatükis pakuti välja erineva raskusastmega ülesandeid, mida saab lahendada Vernier' vedeliku hāguguse mõõtjat kasutades. Ülesanded järgivad ühtset malli:

- tase;
- eesmärk;
- ülesande täitmiseks vajalikud vahendid;
- ülesande püstitus;
- lahendus;
- tekkida võivad probleemid.

Ülesannete lahendusi selgitati võimalikult põhjalikult selleks, et õpetaja ei peaks tunni ettevalmistamiseks tegema märkimisväärselt lisatööd. Samuti on käesoleva materjali põhjal võimalik luua uusi ja keerulisemaid ülesandeid, mille abil saavad nii õpetajad kui ka õpilased oma teadmiseid ja oskusi rakendada.

Bakalaureusetöö kirjutamise käigus sai autor laiendada oma silmaringi vedeliku hāguguse ning selle mõõtmise valdkonnas, lisakogemust LEGO Mindstorms NXT baaskomplekti kasutamisest NXT-G keskkonnas ja samuti parandada eneseväljendusoskust kirjutamise teel.

Kasutatud kirjandus

1. Kooliroboti projekt. [Online]. <http://www.robootika.ee/lego/projekt/> - viimati vaadatud 06.05.2014
2. FIRST LEGO League võistlus. [Online]. <http://www.tiigrihype.ee/et/first-lego-league-voistlus> - viimati vaadatud 06.05.2014
3. Vernier. [Online]. <http://www.vernier.com/> - viimati vaadatud 06.05.2014
4. HiTechnic. [Online]. <http://www.hitechnic.com/> - viimati vaadatud 06.05.2014
5. Mindsensors. [Online]. <http://www.mindsensors.com/> - viimati vaadatud 06.05.2014
6. Vernier. *Turbidity Sensor*. [Online]. <http://www.vernier.com/products/sensors/trb-bta/> - viimati vaadatud 06.05.2014
7. Terviseamet. *Joogvesi tarbijale* [Online]. <http://www.terviseamet.ee/keskkonnatervis/vesi.html> - viimati vaadatud 06.05.2014
8. Terviseamet. *Ujulad*. [Online]. <http://www.terviseamet.ee/keskkonnatervis/vesi/ujulad.html> - viimati vaadatud 06.05.2014
9. *Hägususe mõiste*. [Online]. <http://et.efactory.pl/H%C3%A4gusus> - viimati vaadatud 29.12.2012
10. K. Robam. Heljum. *Mäendusõpik*. [Online]. <http://maeopik.blogspot.com/search/label/Heljum> - viimati vaadatud 06.05.2014
11. J.Kennedy. *Plankton*. [Online]. <http://marinelife.about.com/od/glossary/g/planktondef.htm> - viimati vaadatud 06.05.2014
12. *Võõrriis*. [Online]. <http://et.wikipedia.org/wiki/V%C3%B5%C3%B5ris> - viimati vaadatud 06.05.2014
13. V.Paart. (2013). *Mobiiltelefon teeb veeanalüüse*. [Online]. http://novaator.ee/ET/idee/mobiiltelefon_teeb_veeanaluuse/ - viimati vaadatud 06.05.2014
14. Joonis 1. Mobiiltelefon ning spetsiaalne anum. [Online]. http://novaator.ee/galerii/thumb_4251_veemoot.png - viimati vaadatud 06.05.2014
15. *Secchi*. [Online]. <http://www.mlswa.org/secchi.html> - viimati vaadatud 29.12.2012
16. K.Reivelt. *Vee läbipaistvuse mõõtmine*. [Online]. <http://www.globe.ee/globe/juhendid/mootmine/?details=1&id=1316> - viimati vaadatud 06.05.2014

17. *Secchi Disk*. [Online]. <http://www.geoscientific.com/sampling/index.html> - viimati vaadatud 06.05.2014
18. *Protokoll 6: Vee läbipaistvus* (1996). [Online].
http://www.fyysika.ee/omad/media/exp_skeem/108_Hydro_vee_labipaistvus.pdf - viimati vaadatud 06.05.2014
19. *Nephelometer*. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Nephelometer> - viimati vaadatud 06.05.2014
20. Joonis 5. Nephelometer. [Online]. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nephelometer.jpg> - viimati vaadatud 06.05.2014
21. Joonis 6. Turbidimeter. [Online].
http://www.filtec.co.nz/images/products/hach/HACH_portable_turbidimeter.jpg - viimati vaadatud 01.02.2013
22. Joonis 7. Nephelometer'i ja turbidimeter'i tööpõhimõtte. [Online].
<http://water.me.vccs.edu/turbid.jpg> - viimati vaadatud 06.05.2014
23. *Turbidity Sensor*. [Online]. <http://www.vernier.com/files/manuals/trb-bta.pdf> - viimati vaadatud 06.05.2014
24. Joonis 10. Vernier' NXT adapter. [Online].
http://www.vernier.com/images/cache/product.bta-nxt_hero.001.210.119.jpg - viimati vaadatud 06.05.2014
25. *Vernier NXT Sensor Block* (2011). [Online].
<http://www.vernier.com/engineering/lego-nxt/vernier-sensor-block/> - viimati vaadatud 06.05.2014

LEGO Mindstorms NXT compatible Turbidity Sensor

Bachelor's thesis (6 ECP)

Janar Sell

Summary

The aim of this bachelor thesis was to create Estonian materials of using LEGO Mindstorms NXT compatible Vernier Turbidity Sensor for teachers and students. Thesis gives an interesting review and some exercises how Turbidity Sensor can be used in different situations with LEGO Mindstorms NXT robotics kit.

The material consists of three parts. The first part gives the basic background of fluids turbidity and other related definitions. The second part concentrates on the Turbidity Sensor made by Vernier Company. Sensor specifications and detailed description is given how to connect and use Turbidity Sensor with LEGO Mindstorms NXT robotics kit in NXT-G environment. The final part is practical and has three exercises for Turbidity Sensor. Every exercise consists of points:

- level of complexity;
- exercise purpose;
- list of needed equipment;
- introductions;
- possible solution;
- a list of problems that may occur.

Author tried to write exercises descriptions and solution as detailed as possible that teachers does not have to spend unnecessary extra time for preparing the lectures. This means that all solutions for the exercises are also added to the thesis. But if needed, there is always possible to create more exercises.

This bachelor thesis follows same principles and shares similar structure as the other theses about LEGO Mindstorms NXT kit so it can be used in estonian schools as a part of teaching material.

Lisad

Lisa 1. Tööga kaasas olevad näidisülesannete lahenduste failid

Tabelis 1 on toodud peatükis 3 olevate näidisülesannete lahenduste failid.

Faili nimi	Kommentaar
Ylesanne_1.rbt	Esimese ülesande lahenduse programm.
Ylesanne_2.rbt	Teise ülesande lahenduse programm.
Ylesanne_3.rbt	Kolmanda ülesande lahenduse programm.

Tabel 1. Näidisülesannete lahenduste failid.

Lisa 2. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Janar Sell** (sünnikuupäev: 16.05.1990),

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “**LEGO Mindstorms NXT’ga ühilduv vedeliku hägususe mõõtja**”, mille juhendajad on Anne VILLEMS ja Taavi DUVIN,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace’i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **02.05.2014**