

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKA TEADUSKOND

Arvutiteaduste Instituut
Infotehnoloogia eriala

Mihkel Vunk

LEGO MINDSTORMS NXT'ga ühilduv käsidünamomeeter

Bakalaureusetöö (6 EAP)

Juhendaja: Anne Villems

Kaasjuhendaja: Taavi Duvin

Autor:”....” mai 2012

Juhendaja:”....” mai 2012

Juhendaja:”....” mai 2012

Lubada kaitsmisele

Professor:”....” mai 2012

Tartu 2012

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Dünamomeetri otstarve	5
1.1. Jõud	5
1.2. Jõu definitsioon	6
1.3. Dünamomeeter kui andur	6
1.4. Dünamomeetri tööpõhimõte	7
1.5. Tensoandur kui dünamomeeter	8
1.6. Tensoanduri ehitus	9
2. Vernier käsidünamomeeter	11
2.1. Tööpõhimõte	11
2.2. Mõõtmine	12
2.3. Kasutamine NXT baaskomplektiga	13
3. Ülesanded	16
3.1. Ülesanne 1 - Käsidünamomeetri testimine	16
3.2. Ülesanne 2 - Näidu kuvamine NXT ekraanil	18
3.3. Ülesanne 3 - Anduriga mootori juhtimine	19
3.4. Ülesanne 4 - Võistlus	22
Kokkuvõte	29
LEGO MINDSTORMS: Hand dynamometer	30
Kasutatud kirjandus	31
Lisa	33
Lisa 1. CD-plaadil olevad failid	33

Sissejuhatus

Reaalainete populariseerimist Eesti üldhariduskoolides võetakse iga aastaga üha tõsisemalt ning selle tulemuslikkust on tasapisi ka näha. Populariseerimist on vaja, kuna osadel õpilastel puudub huvi reaalainete vastu tundide liigse teoreetilisuse tõttu. Olukorra leevendamiseks on olemas mitmeid võimalusi, näiteks robotika vahendusel õppeprotsessi praktilisemaks, mängulisemaks ning seeläbi ka huvitavamaks tegemine.

Robotikat saab kasutada näiteks keemia või füüsika õpetamisel tehtavate näitlike katsete läbiviimisel. Seetõttu on hea, kui soetatud seadmed oleks võimalikult universaalsed ning tekitaks seeläbi suurema tõenäosusega õpilastes seoseid erinevate õppeainete vahel. Antud nõuetele vastab hästi LEGO MINDSTORMS NXT komplekt.

LEGO MINDSTORMS NXT baaskomplekti nutikas osa koosneb juhtplokist, neljast andurist ning kolmest mootorist, mille abil on võimalik juba mõningaid katseid teha. Lisaks elektroonilistele vidinatele on komplektis ka piisavalt klotse, millega erinevaid konstruktsioone ehitada.

Komplekti lisaväärtus tuleb välja, kui ühendada sellega erinevaid baaskomplektiväliseid andureid. Neid toodab nii LEGO ise kui ka näiteks firmad HiTechnic [1] ja Vernier [2], viimase andurite ühendamiseks on LEGO poolt valmistatud standardne adapter.

Kõigil neil anduritel on internetist saada kasutusjuhendid ning tarkvara, mis on vajalik soovitud funktsionaalsuse tagamiseks LEGO juhtplokiga. Probleem seisneb aga selles, et valdav osa materjalidest pole saadaval eesti keeles, mis seab piirangud nende andurite kasutamisele koolitunnis. Tõlkimise ja uute materjalide loomisega on viimastel aastatel rohkem tegeletud ning seeläbi on üha enam NXT alast dokumentatsiooni ja abimaterjale saadaval ka eesti keeles.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on luua praktiliselt kasulikke materjale LEGO MINDSTORMS NXT komplekti ja Vernier käsidünamomeetri [3] kasutusvõimalustest. Töö on jaotatud kolmeks osaks. Esimene osa selgitab füüsikalise suuruse jõu, olemust, miks seda antud

kontekstis vaja on ning defineerib jõu kui mõiste. Teises osas on kirjeldatud konkreetse anduri omadused, tööpõhimõte, käsitlemine ning tarkvara võimalusi. Kolmas osa sisaldab praktilisemaid materjale – ülesandeid koos näitelahenduste ja muu taolisega, mida on võimalik kasutada õppeprotsessi toetamiseks.

1. Dünamomeetri otstarve

Dünamomeeter on seade, millega saab mõõta sellele rakendatava jõu suurust. Dünamomeeter tuleneb kreeka keelest ning eraldiseisvalt tähendavad eesliide *dynamo*- jõudu ja järelliide *-meter* mõõtmist. Jõud kui füüsikaline suurus vajab defineerimist. Järgnevalt esitatakse jõu olemus, jõu mõiste definitsioon ja seejärel selgitatakse üldisemalt dünamomeetrite kohta käivaid mõisteid.

1.1. Jõud

Igapäevaelust on teada, et eseme liigutamiseks tuleb seda kas lükata, tõmmata või muul moel mõjutada. Saavutamaks selle sama eseme kiiremat liikumist, tuleb seda ka intensiivsemalt mõjutada. Sarnaselt saame vaadelda kummipalli pigistamist – et palli kokku suruda ehk deformeerida, tuleb seda pigistada. Mida tugevam on pigistus, seda rohkem palli kuju muutub.

Sellise nähtuse kirjeldamiseks, kus keha hakkab liikuma, muutub selle liikumise kiirus, suund või keha kuju, on kasutusele võetud mõiste jõud. Tavaliselt on sellel nähtusel vähemalt kaks osapoolt - mõjutatav ja mõjutaja. Mõjutatav on keha, mille kuju või kiirust muudetakse, mõjutaja aga keha, mille liikumisest tingituna muutub kas mõjutatava, mõjutaja või nende mõlema kiirus, liikumise suund või kuju.

Kuna mõlema keha liikumises või kujus võib tekkida muutusi, siis räägitakse jõu kirjeldamisel nende kehade vastastikmõjust. Kehade vastastikmõju on kolme eri liiki:

- gravitatsioonijõud - avaldub kehade vastastikuse tõmbumisena;
- hõõrdejõud - takistab või pidurdab kahe kokkupuutuva keha libisemist mööda teineteist;
- elastsusjõud - üritab keha deformeerimisel taastada selle esialgset kuju.

Dünamomeetrites kasutatakse ära nendest viimase, elastsusjõu, omadusi, seega on järgnevas lõigus seda täpsemalt kirjeldatud.

Elastsusjõud on võrdne teda esile kutsuva jõuga. Elastsusjõud tekib aineosakeste vastastikmõju tõttu. Kui keha kokku suruda, siis surutakse ka keha koostises olevaid aineosakesi kokku, aineosakesed lähenevad üksteisele ja tekib osakestevaheline tõukejõud, mis töötab vastu keha

kokku suruvale jõule. Keha venitamisel aineosakesed kaugenevad üksteisest ning tekib osakeste vaheline tõmbejõud, mis töötab vastu keha venitavale jõule [4].

1.2. Jõu definitsioon

Jõud on füüsikaline suurus, mis näitab teatud vastastikmõju suurust ja suunda. Jõu definitsiooniks loetakse enamasti Newtoni II seadust, mis väidab, et keha kiirendus on võrdeline temale mõjuva jõuga ja pöördvõrdeline selle keha massiga. Newtoni II seadus valemina on $F = ma$ ning ühikud $F \rightarrow 1N, m \rightarrow 1kg, a \rightarrow 1m/s^2$. Ühikutest tuleb täpsemalt juttu järgmises lõigus Jõu mõjuks loetakse keha(de) kiiruse, suuna või kuju muutumist [5].

Jõu tähis on F ning ühik SI süsteemis N - njuuton. Jõud $1N$ on võrdne Maa gravitatsiooni poolt avaldatava jõuga, mis mõjub $100g$ raskusele kehale. Jõu arvutusvalem, mis on ühtlasi ka Newtoni II seaduse põhivalem, on $F = ma$, kus m on keha mass ning a selle keha kiirendus. Selle valemiga on defineeritud, et 1 njuuton on võrdne jõuga, mis mõjutab keha massiga 1 kg sedasi, et selle kiirendus on $1 m/s^2$.

Jõud on vektoriaalne suurus, tal on suund ja suurus. See tähendab, et igal jõul on olemas kindel suund, milles see jõud mõjub. Seejuures saab välja tuua, et vastassuunalised jõud nõrgestavad ning samasuunalised tugevdavad teineteist.

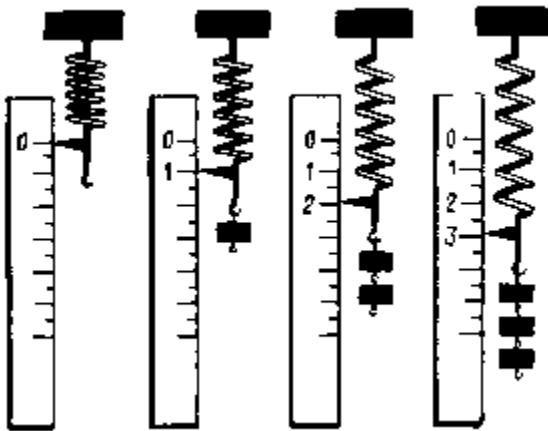
1.3. Dünamomeeter kui andur

Käesolevas töös hakkame uurima anduriks olevat dünamomeetrit. Seega tuleb selgitada, mis on andur. Andur on seade, mis muundab mõõdetava füüsikalise suuruse (näiteks rõhu, kiiruse, jõu) mingiks teiseks suuruseks (signaaliks), mida on parem võimendada, mõõta, edastada või töödelda. Andurite kasutusala kuulub automaatika ja mõõtetehnika valdkonda [6].

Andurite juures saame kasutada jõu kirjeldamisel mainitud mõisteid mõjutatav ja mõjutaja. Andurit või selle mõõteelementi nimetatakse selles kontekstis mõjutatavaks ning objekti või nähtust, mille poolt rakendatavat jõudu mõõdetakse, mõjutajaks.

1.4. Dünamomeetri tööpõhimõte

Selgitamaks dünamomeetri tööpõhimõtet saab tuua lihtsa näitena dünamomeetri, mille mõõteelemendiks on vedru. Vedru venib mõõdetava jõu rakendamisel pikemaks, selle käigus tekib vedrus elastsusjõud, mis on võrdne mõõdetava jõuga [4]. Skaala tegemiseks venitatakse seda vedru kindla raskusega kehadega, millele mõjuv gravitatsioonijõud on teada. Selliselt, gravitatsioonijõu väärtuste põhjal, saadakse skaalale ühikud. Kirjeldatud protsess on näidatud joonisel 1, kus vasakpoolseim vedru on raskuseta - nullasendis ning parempoolseim kolme ühiku raskusega.



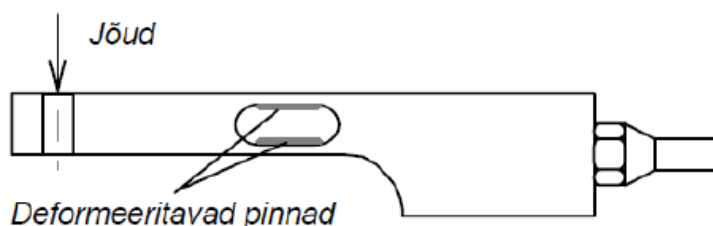
Joonis 1. Vedrudünamomeetri skaala märkimine [7].

Eelmises lõigus kirjeldatud nähtust nimetatakse elastseks mehaaniliseks deformatsiooniks, mis tähendab, et deformeeritav keha taastab oma esialgse oleku – kuju pärast (välise) deformeeriva jõu lakkamist. Kui keha esialgne geomeetria ei taastu, siis nimetatakse seda plastseks mehaaniliseks deformatsiooniks, mis dünamomeetri puhul tähendaks katki minemist, sest teda ei saa korduvalt kasutada.

Lähtudes faktist, et jõud on vektoriaalne suurus, saab järeldada, et dünamomeetri näit on kõige suurem jõu rakendussihis mõõdetuna. Raskusjõu mõõtmisel on see risti maapinnaga, seega vedrudünamomeetriga raskusjõudu mõõtes peab dünamomeetrit hoidma nii, et mõõteelement - vedru saaks pikeneda maapinna suhtes risti, püstises sihis.

1.5 Tensoandur kui dünamomeeter

Käesolevas bakalaureusetöös uuritav dünamomeeter (mis on samas ka jõuandur) töötab tensoanduri põhimõttel. Tensoandurist tuleb täpsemalt juttu allpool. Tensoandurit kasutatakse keha deformatsiooni mõõtmiseks. Kuna keha deformatsioon ja sellele mõjuv jõud on seotud (mida suurem jõud, seda rohkem keha kuju muutub), siis on võimalik deformatsiooni kaudu avaldada kehale rakendatud jõu väärtus. Joonisel 2 on toodud näide, kuhu paigaldada tensoandur, et mõõta käsidünamomeetrile (jõuandurile) rakendatava jõu põhjustatud deformatsiooni.



Joonis 2. tensoandurile sobilikud paigutuskohad jõuanduril [8].

Anduri elektriliste omaduste selgitamisel on oluline teada, mis tüüpi vooluahelas see töötab. Seda seetõttu, et mõningad mõisted ja väärtused on määratud erinevalt, sõltuvalt sellest kas tegemist on vahelduv- või alalisvooluahelaga. Käesoleva bakalaureusetöö seadmed töötavad alalisvooluahelas. Aktiivtakistus (tähis R , ühik 1Ω - oom) on elektritakistus, mis sõltub juhi materjalist ja mõõtmetest [9].

Tensoandurite talitus põhineb venitusefektil, mis kujutab endast anduri mõõteelemendi aktiivtakistuse muutumist selle geomeetrilise suuruse ja vastupanu muutuse tõttu elastsel mehaanilisel deformatsioonil. Venitusefekti arvuliseks tunnusjooneks on suhtelise venitustundlikkuse tegur k , mis on määratud avaldisega $k = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l}$, kus ε_R on voolujuhi takistuse suhteline muutus ja ε_l on selle pikkuse suhteline muutus.

Voolujuhi takistuse suhteline muutus saadakse jagatisest $\varepsilon_R = \frac{\Delta R}{R}$, kus ΔR on juhi elektritakistuse muutus ja R selle elektritakistus, kui tensoandur on mehaaniliselt pingestamata. Suhteline pikkuse muutus saadakse sarnaselt takistusega, jagades juhi pikkuse muudu selle esialgse

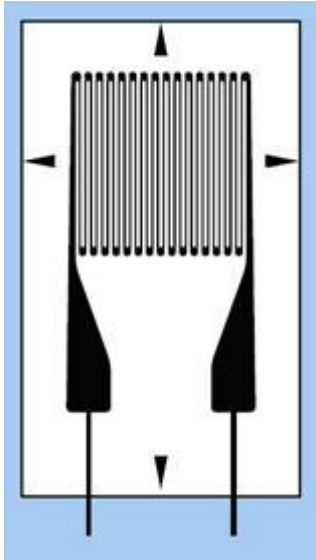
pikkusega - $\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l}$ [10]. Kuna on tegemist aktiivtakistusega, siis takistus muutub, kui seda juhti mehaaniliselt deformeerida - antud juhul kas suureneb või väheneb juhi pikkus.

Teades tensoanduri venitustundlikkuse tegurit ning mõõtes sellel takistuse suhtelise muudu, on võimalik arvutada anduri suhtelise pikkuse muut ($\varepsilon_l = \frac{\varepsilon_R}{k} = \frac{\Delta R}{kR}$). Kuna eesmärk on leida andurile mõjuva jõu arvutamise valem, siis edasi avaldamiseks tuleb teada seost jõu ja suhtelise pikkuse muudu vahel. Selleks on valem $F = \sigma S$, kus F on andurile mõjuv jõud, σ survepinge ning S anduri ristlõikepindala. Viimases valemis on survepinge avaldatav elastsusmooduli E [11] ja anduri elektri juhi suhtelise pikkuse muudu $\varepsilon_l = \frac{\Delta R}{kR}$ korrutisena, seega valem andurile mõjuva jõu arvutamiseks on $F = \frac{ES\Delta R}{kR}$. Selles valemis on konkreetse anduri puhul konstantsed kõik liikmed peale jõu ja elektritakistuse muudu, seega võimaldab valem elektritakistuse mõõtmisel leida andurile rakendatud jõu arväärtust.

Elastsusmoodul E on suurus, mis näitab materjali elastsust ehk kui suur pinge tekib materjalis ühikulise suhtelise pikenemise korral [11]. Kuna see suurus on anduri puhul konstantne, siis selle arvutusvalemit pole vaja teada.

1.6 Tensoanduri ehitus

Kui tensoanduri toimimine dünamomeetrina on selge, siis tuleks vaadata ka tema ehitust. Deformeeritavale kehale on liimitud õhuke kiht kindla mustriga (mustri näide toodud joonisel 3) elektrit juhtivat metalli. Metallikihi elektritakistus on teada ning selle muutumise kaudu arvutatakse keha deformatsiooni ning deformatsiooni kaudu kehale mõjuvat jõudu.



Joonis 3. Tensoanduri elektrijuhi muster[10]

Kui joonisel 3 asuvat mustrit venitada vertikaalsihis olevate noolte suunas, siis muutuvad metallirajad venitamisel pikemaks ja peenemaks ning kokku surumisel lühemaks ja jämedamaks. Sama juhtub ka horisontaalsihis deformeerimisel, kuid selles suunas on anduri tundlikkus väiksem. Seetõttu on soovitatav paigutada tensoanduri elektrijuhi pikirajad paralleelselt jõu rakendussihiga. Kuna igal materjalil on piir, kust edasi see enam ei veni ning läheb katki, siis see seab ka piirangud antud anduri mõõtepiirkonnale.

Kui tensoandurit surutakse joonisel 3 olevate noolte suhtes vastupidises suunas, siis selles olevad metalliradade osakesed surutakse tihedamalt kokku, mistõttu nende elektritakistus väheneb. Seega avaldab anduri mõõteelement väiksemat takistust seda läbivale voolule. Kuna tensoandur on mõeldud deformatsiooni mõõtmiseks, siis otse tensoandurilt saadud näit dünamomeetrinäiduks ei sobi. Teades kindla suurusega jõu rakendamisest tingitud elektritakistuse väärtusi selles anduris, on võimalik elektritakistuse ja jõu suuruste suhte kaudu arvutada jõudu. Selle suhte saab üles märkida matemaatilise valemina, mis on kirjeldatud eelmises peatükis. Teades seda valemit on võimalik avaldada ja arvutada mõõdetud elektritakistusele vastava jõu väärtus [12].

2. Vernier käsidünamomeeter

Firma Vernier käsidünamomeetriga (joonis 4) saab mõõta käepigistuse tugevust. Eraldi on võimalik mõõta ka iga sõrme näpistamise tugevust. Vastavalt vajadusele on võimalik andmeid esitada ja ka salvestada, mis võimaldab uurida pigistuse jõu vähenemist ajas või katsete järjestikusel kordamisel [3].



Joonis 4. Vernier käsidünamomeeter [13].

Dünamomeetril on eraldi mõõtepiirkonnad peopesa ja sõrmede pigistuse tugevuse mõõtmiseks. Dünamomeetri korpus on must ning mõõtepiirkonnad hallid elastsed padjakesed. Pilt dünamomeetrist on toodud joonisel 4, kust on näha vasakul ruudu kujulist sõrmedele ning paremal piklikku, peopesa jaoks loodud padjake.

2.1. Tööpõhimõte

Vernier dünamomeeter töötab tensoanduri põhimõttel. Elektritakistuse asemel mõõdetakse aga andurist läbi pääseva voolu suurust - mida suurem vool mõõdetakse, seda väiksem on anduri poolt avaldatav elektritakistus ning seega rakendati ka andurile suurem jõud.

NXT juhtplokk saab andurile rakendatud jõu suuruse ning näitab seda njuutonites. Kuna tensoandur reageerib nii kokku surumisele kui ka venitamisele, siis on kalibreeritud anduri puhul võimalik ka negatiivse jõu näit. See võib juhtuda piisavalt tundliku anduri korral, kui asetada see

sellises suunas, et Maa gravitatsioon venitab tensoanduri mõõteelementi “pikemaks”. Seetõttu on oluline hoida mõõtmisel dünamomeetrit ettenähtud asendis (tootja poolsed soovitused mõõteasendi jaoks on toodud joonisel 5).

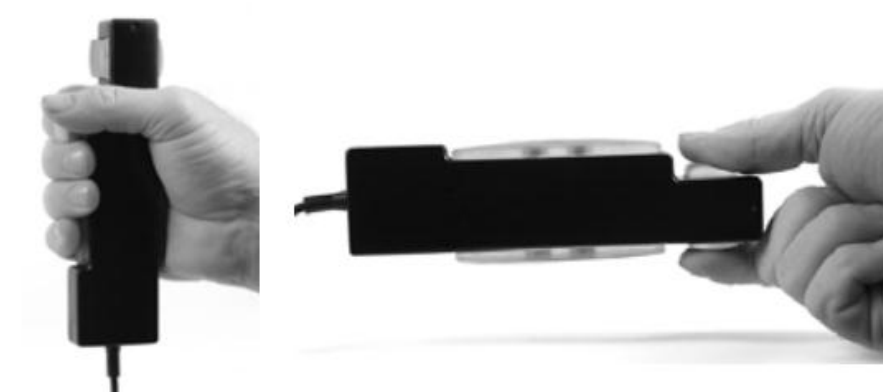
2.2. Mõõtmine

Enne dünamomeetri kasutamist tuleb tutvuda selle spetsifikatsioonidega, et andurit mitte kahjustada ning olla kursis ka mõõtmistulemuste iseärasustega.

- Mõõtetäpsus: ± 0.6 N.
- Mõõtepiirkond: 0 - 600 N.
- Kui andurit pigistada suurema jõuga kui 850 N, siis võib see puruneda. See on näiteks raskusjõud, mis mõjub 85 kg kaaluvale kehale. Põhjus, miks andur suuremat jõudu ei talu, on toodud esimese peatüki lõpus, kus on kirjutatud tensoanduri tööpõhimõttest.

Kuna anduri näit kuvatakse sajandiku täpsusega njuutonites, siis mõjutab mõõtmise tulemuse suurust ka Maa gravitatsioonijõud, millega arvestamiseks tuleb mõõtmisi sooritada, hoides dünamomeetrit kindlas asendis. Tootja poolt soovitatud mõõtmisel kasutatavad asendid on toodud järgnevalt.

Käepigistuse mõõtmiseks tuleb andurit hoida püstiselt, nagu on näidatud joonisel 5, vasakul asuval pildil. Lisaks dünamomeetri püstisele asendile soovitab kasutusjuhend hoida kätt risti rindkere suhtes ning olenevalt mõõtmise eesmärkidest, pigistada kas lühikeste intervallidega või hoida pikemalt.



Joonis 5. dünamomeetriga mõõtmine [14].

Sõrmede näpistamise tugevuse mõõtmiseks tuleb andur panna horisontaalselt lauale, sõrmeanduri poolne ots üle laua serva. Soovituslik asetus on toodud joonisel 5, parempoolsel pildil - lauda seal pole. Sel moel on võimalik mõõta kõikide sõrmede näpistusjõudu pöidla suhtes [14].

2.3. Kasutamine NXT baaskomplektiga

Vernier dünamomeetri ühendamiseks NXT baaskomplektiga läheb vaja Vernier NXT adapterit. Adapter on toodud joonisel 6. Et adaptril on kaks erineva kujuga ühenduspesa, üks anduri ja teine NXT standardse kaabli jaoks, siis seda valesti ühendada ei saa. Teadma peab ainult, et NXT juhtplokil käib selle anduri puhul juhe porti 1-4.



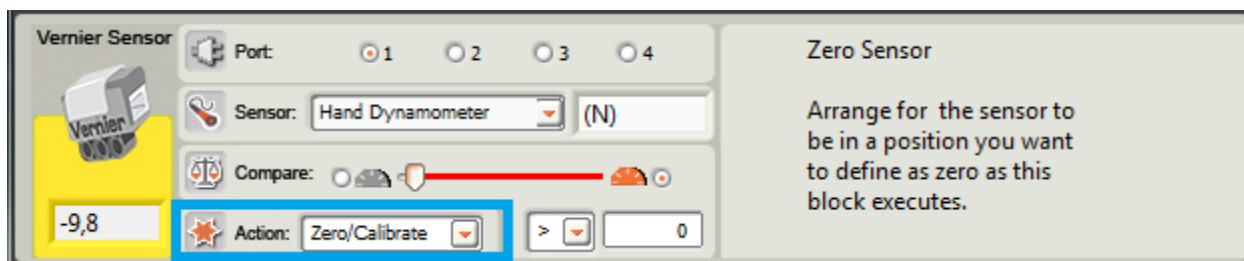
Joonis 6. Vernier NXT adapter [15].

Anduri kasutamiseks ainult juhtmete ühendamisest ei piisa (dünamomeeter, ühendatuna NXT juhtplokki 1. porti ja USB kaabel on toodud joonisel 7), selleks tuleb NXT tarkvarale lisaks alla laadida ka adaptri tarkvara. See on ühine kõigile firma Vernier anduritele ning seetõttu lihtne kodulehelt [16] leida. Teadma peab vaid oma NXT versiooni. Anduriploki võimalused ja detailne importimise juhend on näidatud Arvi Kiiki bakalaureusetöös “LEGO MINDSTORMS NTX robotikakomplektiga ühilduva jõuanduri tutvustus ja ülesanded” [17].



Joonis 7. Vernier käsidünamomeeter ühendatud NXT juhtploki külge

Dünamomeetri kasutusjuhendis on kirjas, et anduri kalibreerimine (anduri näidu viimine vastavusse tegelikuga) on eelnevalt tehtud ning lõppkasutaja seda tegema ei pea. Ühendades anduri NXT komplektiga, võib siiski esineda olukordi, et anduri näit ei ole tavaolekus nullis. Seda on NXT tarkvaras võimalik parandada kalibreerimise/nullimise teel. Vernier anduri kalibreerimine on näidatud joonisel 8, kust on ka näha, et anduri hetkenäit on -9,8 njuutonit.



Joonis 8. Vernier anduriploki kalibreerimine

Vernier anduriploki kalibreerimine käib enamike andurite puhul sama moodi. Programmi algusesse tuleb paigutada Vernier anduriplokk, valida vastav andur ning “Action” jaotuses tuleb aktiivseks teha “Zero/Calibrate” valik - näidatud joonisel 8, helesinise kasti sees. Kui programmi

täitmine on jõudnud selle plokini, siis määratakse anduri hetkenäit nullnäiduks ning jätkatakse programmi täitmist.

Kui anduri omadused, iseärasused ning toimimise põhimõte on selge, siis on paras aeg see ühendada juhtplokiga, kalibreerida näit ja seejärel asuda ülesandeid lahendama. Järgnevas peatükis on toodud mõned näidisülesanded, mida saab Vernier käsidünamomeetriga lahendada.

3. Ülesanded

Käesolevas peatükis on toodud neli erineva raskusega ülesannet, mida lahendades saab katsetada Vernier käsidünamomeetri funktsionaalsust. Ülesanded on jaotatud koostaja subjektiivse raskustaseme järgi alates kõige kergemast, lõpetades raskematega. Raskusaste on selges seoses ka ülesande lahendamiseks kulunud ajaga - esimese ülesandega peaks hakkama saama paari minutiga, viimane võttis koostajal üle tunni. Iga ülesande järel on kirjeldatud võimalik lahenduskäik ning ekraanipildid. Lisaks ka tähelepanekuid võimalikest probleemidest, mis ülesannete koostamise käigus tekkisid.

3.1 Ülesanne 1 - Käsidünamomeetri testimine

Tase: Lihtne.

Eesmärk: Tutvuda Vernier käsidünamomeetriga, ning testida selle töötamist.

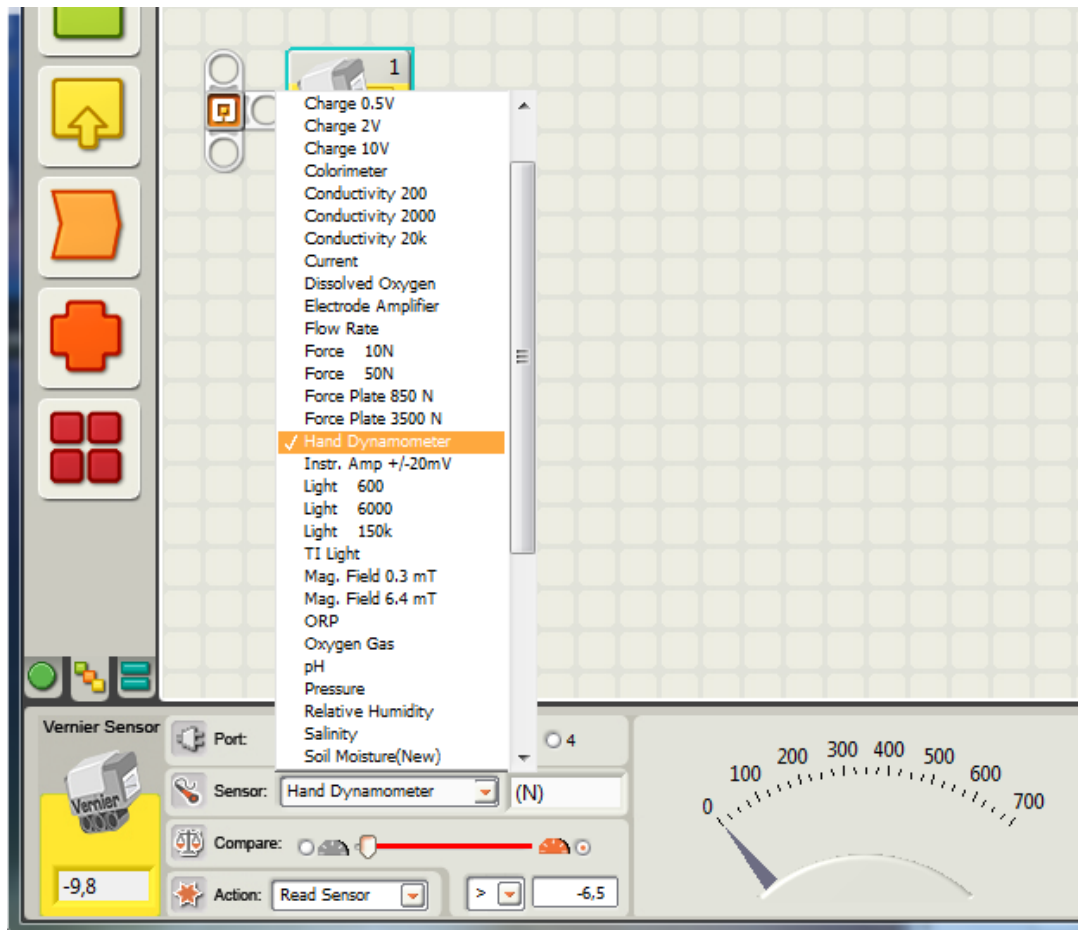
Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO MINDSTORMS NXT juhtplokk
- Vernier käsidünamomeeter ja NXT adapter
- Kaablid anduri ja juhtploki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO MINDSTORMS Education NXT Programming ja Vernier anduriplokk installeeritud

Ülesande püstitus: Ühendada Vernier käsidünamomeeter NXT juhtploki vahendusel arvutiga ning kontrollida dünamomeetri pigistamisel, kas arvutis näitu kuvatakse.

Lahendus: Vernier käsidünamomeeter tuleb ühendada NXT adaptri külge, see omakorda NXT juhtmeid kasutades näiteks porti 1 – oluline on jätta meelde pordi number. NXT juhtplokk lülitada sisse ja ühendada USB kaabli abil arvutiga. Käivitada NXT Programming tarkvara ning alustada uue programmiga. Anduri näidu kuvamiseks tuleb programmeerimisalale lohistada Vernier anduriplokk ning sealt valida anduriks (*Sensor*) käsidünamomeeter (*Hand Dynamometer*). Kui nimetatud tegevused on tehtud, siis peaks anduriploki vaates, vasakul servas kollasel taustal nägema anduri näitu. Joonisel 9 on näitatud anduriploki käsidünamomeetri

valimine - hüpikmenüü ning kalibreerimata anduri näit - all vasakul, väärtus -9,8. Ülesande lahendus on bakalaureusetööga kaasas oleval plaadil nimega “1_ylesanne.rbt”.



Joonis 9. Käsidünamomeetri valimine Vernier anduriplokis

Tekkida võivad probleemid:

Anduri näitu ei kuvata:

- Tuleb veenduda, et kõik juhtmed on õigesti ühendatud ning pordi number, millesse andur ühendatud on, ühtiks anduriplokis märgitud pordiga
- Kontrollida, kas õige andur on valitud, nagu on näidatud joonisel 9
- Arvutis programmi taaskäivitamine

3.2 Ülesanne 2 - Näidu kuvamine NXT ekraanil

Tase: Lihtne.

Eesmärk: Tutvuda Vernier anduriploki võimalustega ja harjutada tsükli kasutamist ja numbrite kuvamist ekraanile.

Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO MINDSTORMS NXT juhtplokk
- Vernier käsidünamomeeter ja NXT adapter
- Juhtmed seadmete ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO MINDSTORMS Education NXT Programming ja Vernier anduriplokk installeeritud

Ülesande püstitus: Kalibreerida dünamomeeter, lugeda selle näit ning esitada see ekraanil kujul „F = # N“.

Võimalik lahendus: Ühendada dünamomeeter NXT juhtplokiga, juhtplokk USB kaabli abil arvutiga. Kuna anduri näitu on vaja pidevalt ekraanil uuendada, siis selles ülesandes tuleb kasutada tsükli. Dünamomeetri kalibreerimine tuleb teha enne tsükli ning anduri näit tuleb lugeda tsükli sees, teisendada see tekstiks ning enne ekraanile kuvamist liita näidu ette tekst „F = “ ja järele „ N“. Tsükli lõppu on kasulik panna ka ootamisplokk, et näitu liiga tihti ei uuendataks. Kuna pigistusjõud võib ajas väheneda, siis peaks ooteaeg olema piisavalt lühike, näiteks 0,25 sekundit. Väheste kommentaaridega programminäide on toodud joonisel 10. Ülesande lahendus on bakalaureusetööga kaasas oleval plaadil nimega “2_ylesanne.rbt”.

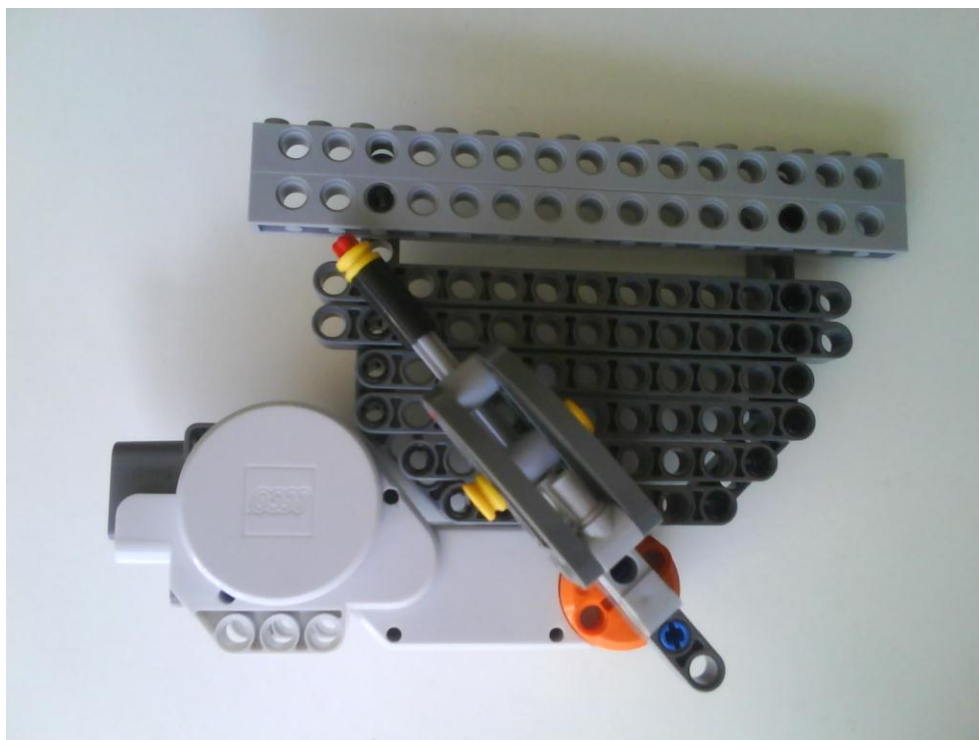
- Tarkvara arvutis - LEGO MINDSTORMS Education NXT Programming ja Vernier anduriplokk installeeritud

Ülesande püstitus: Konstrueerida robot ning koostada programm, millega saab imiteerida seieriga dünamomeetrit. Seier peab pärast näidu „esitamist“ minema algasendisse.

Võimalik lahendus: Enne ülesande lahendamist oleks vaja paika panna, kui palju hakkab seier kindlate jõunäitude puhul liikuma. Dünamomeetri spetsifikatsioonis on väidetud selle mõõtepiirkonnaks 0-600 N. Näitelahenduse robot on toodud joonisel 11 ja skaala joonisel 12. Seieri skaalat mõõdetakse kraadides ning selle näitelahenduse maksimum on 90 kraadi alguspunktist. Seega, et saada ühele kraadile vastav jõud, tuleb teha tehe $600/90 = 6,67$. Et nüüd sellest saada kraadide arv, kui palju mootor seierit keerama peab, tuleb dünamomeetril pigistatud jõud jagada arvuga 6,67. See käib aritmeetikaploki abil ning tulemus tuleb esitada mootorile “kestus” (*Duration*) sisendisse ning jälgida, et mootoriploki oleks kestuse ühikuks kraadid (*Degrees*).



Joonis 11. Seieriga dünamomeetrit imiteeriv robot.



Joonis 12. Mootoriga dünamomeetri skaala.

Pärast mootoriploki tööd tuleb seier algasendisse viia, selleks sobib samasugune mootoriplokk, sama sisend, kuid mootori suund on vastupidine. Kui seier on viidud näidule vastavasse asendisse, siis oleks mõistlik veidi oodata, enne kui see algusesse tagasi liigutada. Näiteprogrammis on selleks ooteperioodiks üks sekund. Kirjeldatud lahendus on toodud joonisel 13, lisaks ülesandes nõutule on kontrolli eesmärgil lisatud näiteprogrammis info ekraanile kuvamine, kus näidatakse anduril mõõdetud suurus ning mootorile edastatav kraadide arv kujul “jõud -> kraadid”. Ülesande lahendus on bakalaureusetöoga kaasas oleval plaadil nimega “3_ylesanne.rbt”.

Võimalik lahendus:

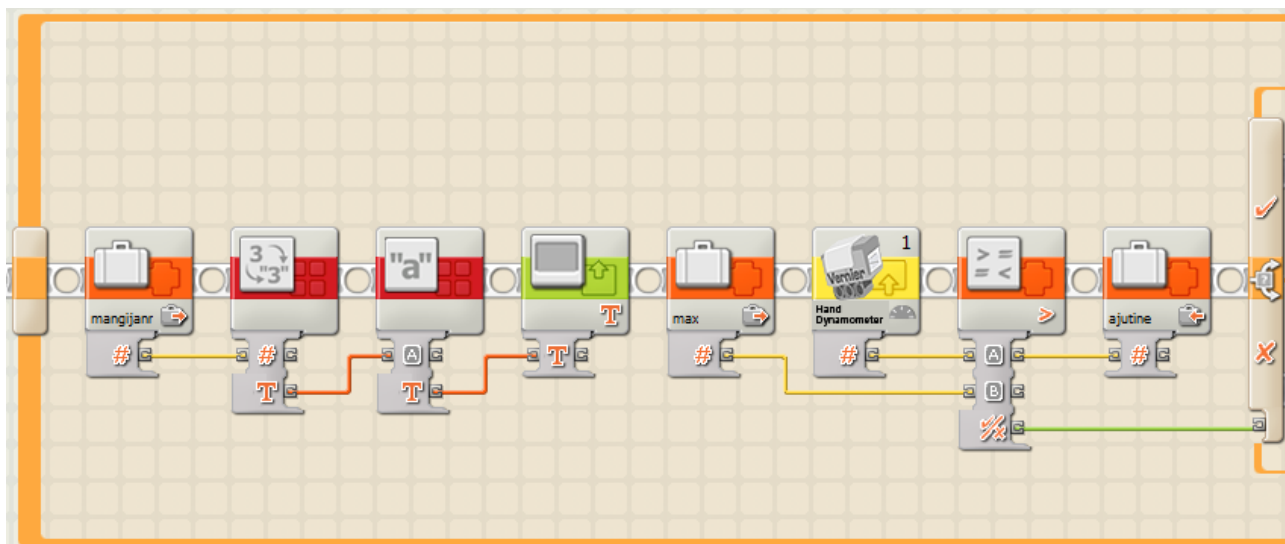
Kuna tegemist on mitut tsüklit, failitoiminguid ning kontrolle ja võrdlemisi vajava ülesandega, siis on see liigitatud raske tasemega ülesandeks. Seetõttu on selle lahenduskäik ka veidi põhjalikumalt selgitatud kui eelnevatel.

Esmalt ühendame juhtploki ja dünamomeetri arvutiga. Teiseks alustame uue programmiga ning kalibreerime anduri näidu ja loome muutuja mangijanr, mis kujutab endast mängija järjekorranumbrit, selle määrame numbritüüpi ja väärtuseks anname 1 - plokid joonisel 14.



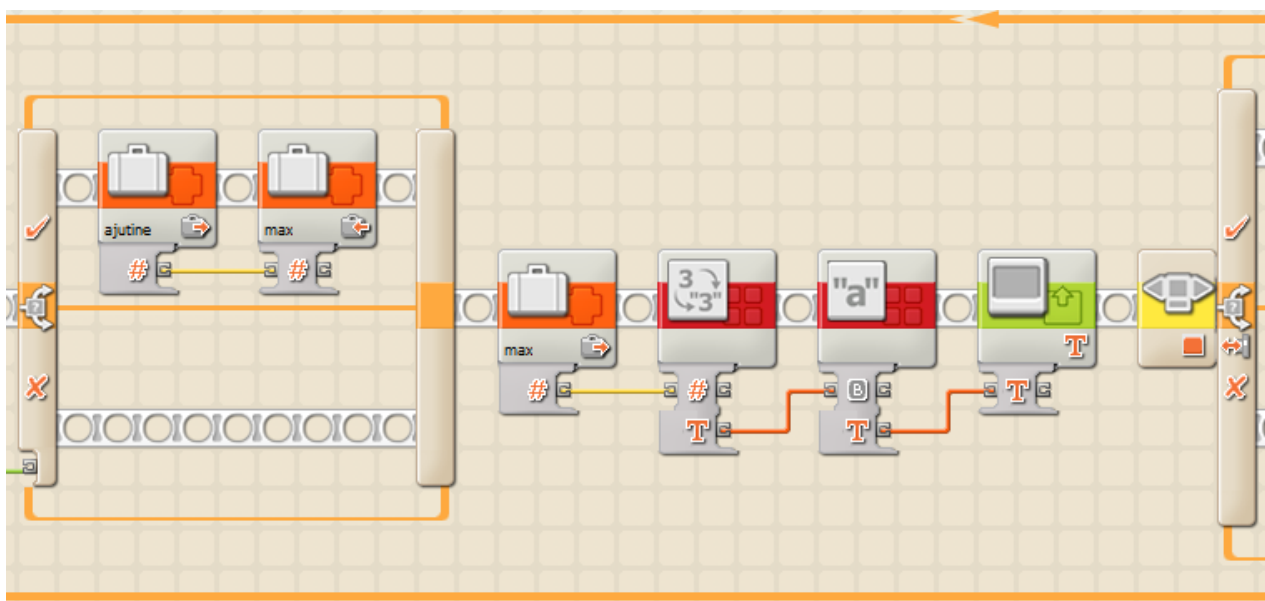
Joonis 14. Anduri kalibreerimine ja muutuja väärtustamine.

Edasi alustame tsüklit, mille tegevused loeks sisse mängijate parima soorituse ja salvestaks selle edasiseks parima tulemuse leidmiseks. Jooniselt 15 võib näha mängija numbri kuvamist ekraanile, antud juhul on see lahendatud teksti liitmisega, kus mängijanumbrile lisatakse tekst “. mangija kord:” ning kuvatakse tekst ekraanile. Edasi võetakse muutuja “max” väärtus(see on esimesel tsükli täitmisel 0, sest selle väärtust pole varem määratud), võrreldakse seda dünamomeetrilt saaduga ning kui dünamomeetri näit oli suurem kui muutujas “max” olev suurus, siis minnakse programmi täitmisega valikuploki positiivsele reale.



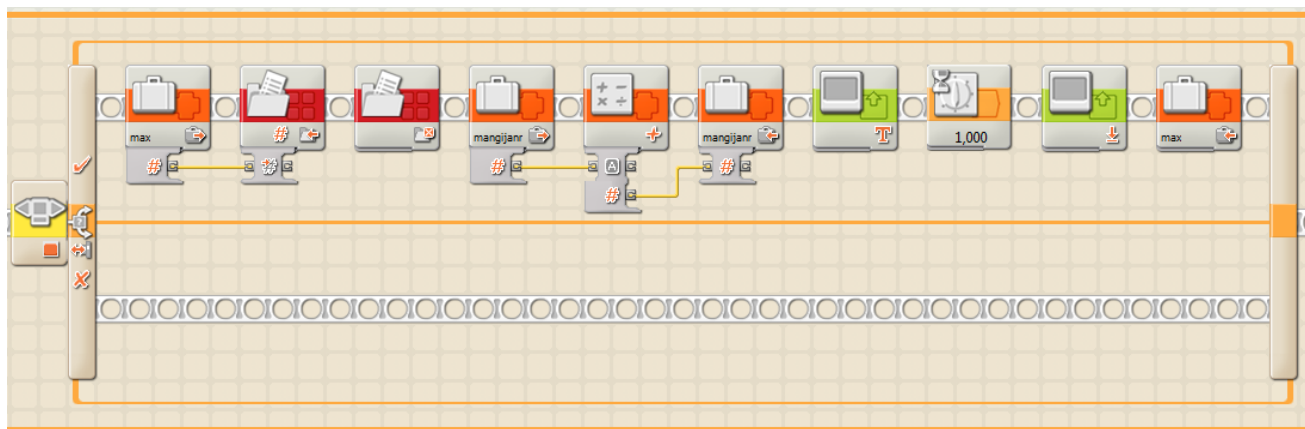
Joonis 15. Mängija numbre kuvamine ning dünamomeetrilt näidu võtmine.

Joonisel 16 on näidatud eelpool mainitud valikuploki sisu, kus dünamomeetrilt saadud ajutine näit salvestatakse muutujasse “max” ning pärast seda kuvatakse see ekraanile. Tähele tuleb panna, et ekraani ploki tuleks jätta ekraan puhastamata, et jääks alles eelnevalt ekraanile kirjutatud “#. mängija kord:” ning uus tekst kirjutada eelmisest alla poole. Edasi tuleb ootamise plokk, mille täitmiseks ootab programm NXT oranži nupu vajutamist.



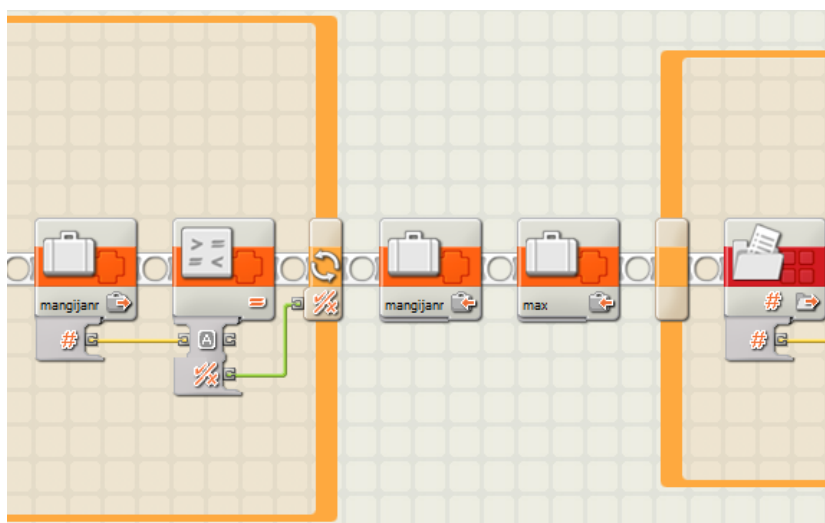
Joonis 16. Mängija maksimaalse soorituse salvestamine ja ekraanile kuvamine.

Joonisel 17 on näidatud ootamisplokk, mille aktiveerumisel salvestatakse muutujas “max” olev väärtus numbrina faili (antud juhul on faili nimeks “tulemused”), suletakse fail ning mängijanumbrit suurendatakse ühe võrra. Ekraanile kuvatakse kiri “Salvestatud”, hoitakse seda sekund ekraanil ning tühjendatakse ekraan, muutuja “max” väärtustatakse nulliga.



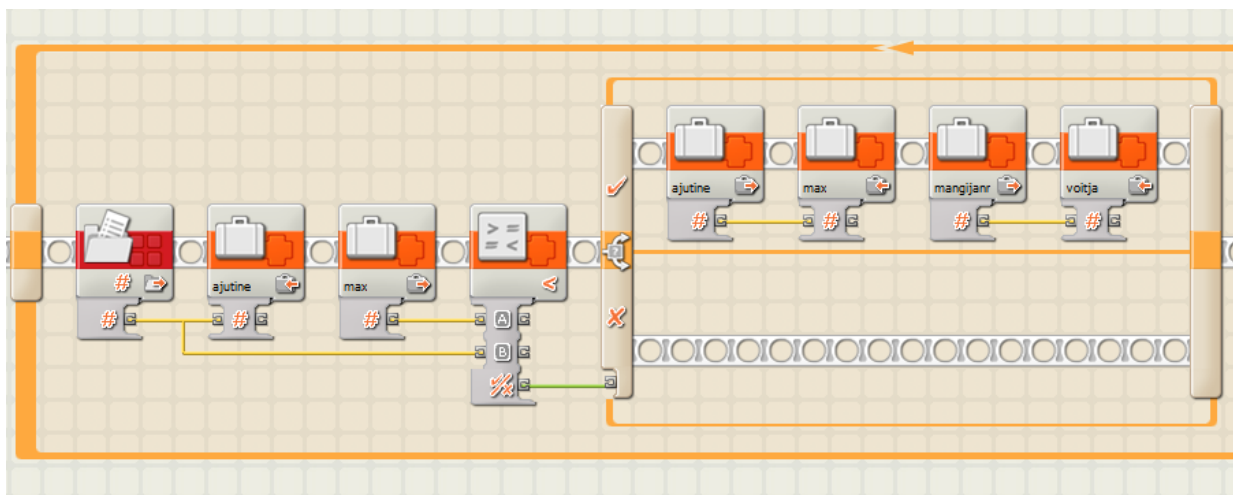
Joonis 17. Mängija soorituse salvestamine faili ning uue mängija jaoks mängijanumbri suurendamine.

Joonisel 18 on mängijate tulemuste salvestamise tsükli lõpp - tsüklist väljutakse, kui mängijate arv on jõudnud etteantud väärtuseni. Näiteprogrammis on selleks 4 mängijat. Edasi nullitakse maksimaalne tulemus “max” ja mängija number “mängijanr” väärtustatakse taas numbriga 1, selleks, et failist lugema hakates oleks taas mängija number teada - tulemused salvestati faili ning loetakse sealt samas järjekorras.



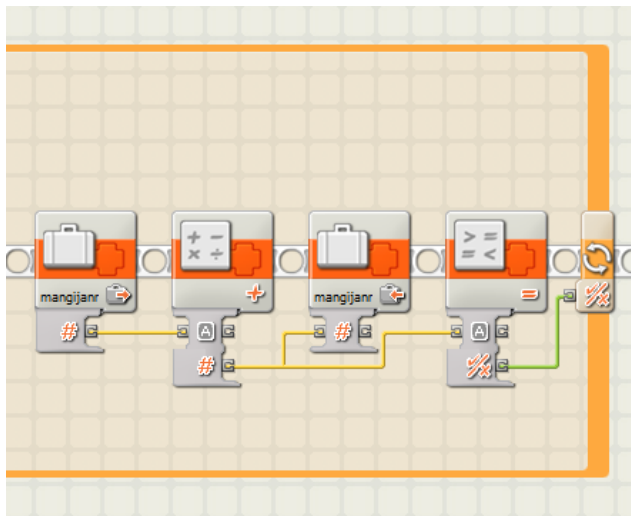
Joonis 18. Kontroll, mis määrab ära, kui palju mängijaid osaleb, mängijanumbri ja maksimaalse tulemuse nullimine, et alustada võitja tuvastamist.

Joonisel 19 loetakse sisse rida failist (näiteprogrammis failinimeks “tulemused”), salvestatakse tulemus muutujasse “ajutine” ning võrreldakse seda muutujaga “max” - maksimaalne. Kui loetud väärtus osutub suuremaks muutujas “max” olnud väärtusest, siis valikuplokis salvestatakse muutuja “ajutine” väärtus muutujasse “max” ning antud mängija number “mangijanr” muutujasse “voitja”.



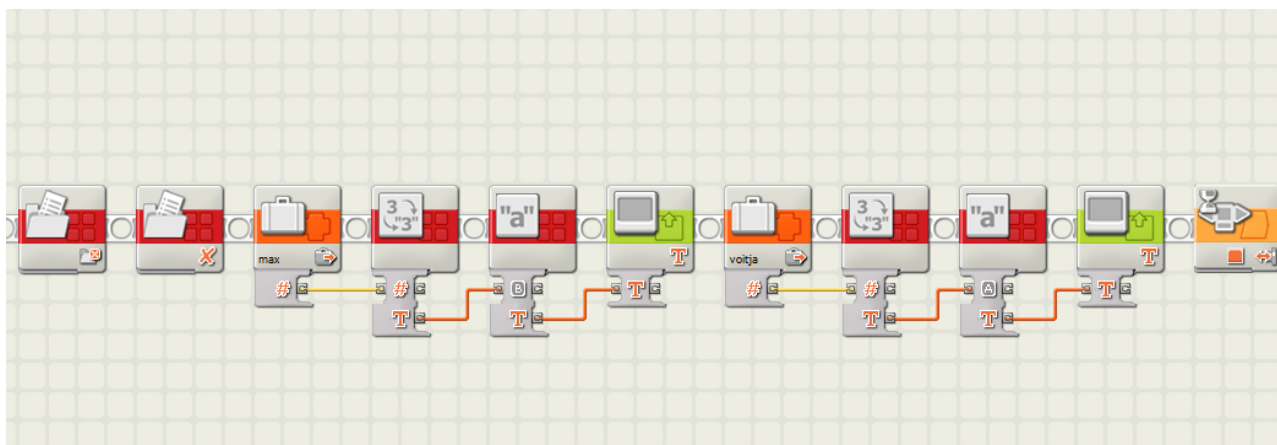
Joonis 19. Tsükkel, mis loeb failist mängijate tulemused ning salvestab parima tulemuse ning selle tulemuse järjekorranumbri.

Kui eelnevad tegevused on sooritatud, siis suurendatakse taas mängijanumbrit ühe võrra ning kontrollitakse, kas mängijaid on veel. Kontrollimiseks on võrdlemisplokis näiteprogrammis võrreldud mängijanumbrit numbriga 5, kui see võrdlus on tõene, siis lõpetatakse tsükkel ning minnakse programmi täitmisega edasi. Mängijanumbri suurendamine ja võrdlemisplokk on toodud joonisel 20.



Joonis 20. Mängijanumbri suurendamine ning kontroll, kas kõik mängijad on kontrollitud.

Programm jätkub joonisel 21. Kui failist on kõik andmed kätte saadud ja võitja muutujasse salvestatud, siis võib faili sulgeda ning kustutada. Viimane on vajalik selleks, et järgmisel programmi käivitamisel oleks värsked tulemused esimeste ridade peal. Edasi loetakse parim sooritus ja võitnud mängija järjekorranumber, muudetakse see tekstiks, liidetakse sobivad sõnad ning väljastatakse need ekraanile. Programmi lõpus on ootamisblokk, mis jääb ootama kasutaja vajutamist oranžile NXT nupule. Seejärel programmi töö lõpetatakse.



Joonis 21. Faili sulgemine, võitja tulemuse ja järjekorranumbri väljakuulutamine.

Näiteprogrammis on mängijate arvuks võetud 4 ning programm lõpetab töö pärast võitja kuulutamist, kuid see ei pea nii olema. Kuna ülesande kirjelduses pole need fikseeritud, siis võib lahendaja ise valida, kas mäng lõpetab töö pärast võitja kuulutamist või läheb tagasi algusesse. Veel pole kohustuslik mängijate kindel arv - seda on võimalik ka mängu esimese tsükli jooksul

määrata, kuid see võib jääda nutikamate lahendajate poolt välja mõtlemiseks. Töös kirjeldatud lahenduskäik on saadaval bakalaureusetööga kaasas oleval CD-plaadil failinimega “4_ylesanne.rbt” ning eelvaatena fail “4_ylesanne.html”.

Tekkida võivad probleemid:

NXT Programming programm jookseb kokku:

- Kuna tegemist on keskmiselt suurema programmiga, siis võib juhtuda, et programm jookseb kokku ning tõenäoliselt kaotatakse salvestamata andmed, seega oleks soovitatav salvestada pooleli olev programm aeg-ajalt kõvakettale.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua õppeprotsessi toetamiseks praktiliselt kasulikke materjale LEGO MINDSTORMS NXT komplekti ja Vernier käsidünamomeetri kasutusvõimalustest. Kuna käsidünamomeetriga saab mõõta käepigistuse tugevust, siis lisaks robotika ja füüsikatunnile sobib see ka katsetamiseks näiteks kehalise kasvatuse tundi.

Töö kirjutamisel on eeskujuks võetud sarnastel teemadel kirjutatud bakalaureusetööd ning juhendajate ja kaaskirjutajate näpunäiteid. Töö on jaotatud kolmeks peatükiks, millest esimeses on kirjeldatud dünamomeetri mõõdetava nähtuse jõu füüsikalised aspektid ja kõnealuse anduri tööpõhimõte, kuidas andur ikkagi oma näidu saab, koos füüsikaliste valemitega. Teises peatükis on näidatud, kuidas Vernier käsidünamomeeter välja näeb, selle spetsifikatsioonid ning lühidalt selgitatud, kuidas seda NXT juhtploki ühendada. Kuna Vernier andurite ühendamisest on räägitud juba mitmetes bakalaureusetöödes, siis seda detailselt korratud pole, vajadusel saab selle info viidatud tööst [17]. Kolmanda peatüki sisu jälgib kõige enam teiste LEGO MINDSTORMS teemal tehtud bakalaureusetööde raamistikku. Seal on neli ülesannet, kõigil neil on ära toodud koostaja poolt määratud tase, vajalikud vahendid, ülesande püstitus ning võimalik laahenduskäik koos oletatavate küsimustega, mis võivad tekkida lahenduseni jõudmisel.

Kirjutamise käigus sai autor meenutada keskkoolifüüsikat, õppida juurde mõningaid fakte jõu mõõtmiseks kasutatavate andurite kohta ning kindlasti ka lisakogemusi LEGO MINDSTORMS NXT baaskomplekti kasutamises. Ülesannete loomisel sai tõdeda informaatikute üht valusaimat kogemust – andmete kaotsimineku varukoopiate puudumise korral. Seega on autor ülesandeid lahendanud vähemalt kaks korda.

LEGO MINDSTORMS: Hand dynamometer

Bachelor thesis

Mihkel Vunk

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to create Estonian materials of using Vernier hand dynamometer with LEGO MINDSTORMS NXT kit. Besides creating the material in estonian, it should help to make the learning process more interesting and fun for the students. The thesis explains matters, relevant to opportunities, the sensor offers when using with LEGO kit.

The thesis consists of three paragraphs. First paragraph explains physics behind the topic - force, its properties, definition and how to measure it. The second paragraph concentrates on the sensor itself, specifying its characteristics and a manual, how to use it with LEGO MINDSTORMS NXT. Third paragraph consists of four different exercises, made by author to exercise using Vernier hand dynamometer in different scenarios. The exercises are ordered by their level of complexity so the first exercise is easiest and fourth one is the hardest. Each exercise has an instruction for possible solution and all the example programs are bundled on a CD added to the thesis.

The structure of this bachelor thesis is similar to other thesis about LEGO MINDSTORMS NXT kit so it suitable to be used in estonian schools by teachers and students as well.

Kasutatud kirjandus

1. HiTechnic <http://www.hitechnic.com/> - viimati vaadatud 14.05.2012.
2. Vernier <http://www.vernier.com/> - viimati vaadatud 14.05.2012.
3. “Firma Vernier käsidünamomeeter” <http://www.vernier.com/products/sensors/hd-bta/> - viimati vaadatud 14.05.2012
4. Mehaanika kursus 8. klassile *Elastsusjõud* <http://mehaanika8kl.wordpress.com/kehade-vastastikmoju-2/elastsusjoud/> - viimati vaadatud 14.05.2012.
5. Vikipeedia, *Jõud* <http://et.wikipedia.org/wiki/J%C3%B5ud> - viimati vaadatud 14.05.2012.
6. Vikipeedia, *Andur* <http://et.wikipedia.org/wiki/Andur> - viimati vaadatud 14.05.2012.
7. “Vedrudünamomeetri skaala märkimine”
<http://www.miksike.ee/documents/main/elehed/7klass/5geoloogia/images/7-5-6-1-1.gif> - viimati vaadatud 14.05.2012.
8. Tõnu Lehtla “Andurid”, lk 54
<http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/Andurid.pdf> - viimati vaadatud 14.05.2012.
9. Vikipeedia, *Aktiivtakistus* <http://et.wikipedia.org/wiki/Aktiivtakistus> - viimati vaadatud 14.05.2012.
10. “Mehhatroonikaseadmed” http://www.eope.ee/download/euni_repository/file/1790/mehhatroonikaseadmed_31.05.2011.zip/Andurid_3.html - viimati vaadatud 14.05.2012.
11. Vikipeedia, *Elastsusmoodul* <http://et.wikipedia.org/wiki/Elastsusmoodul> - viimati vaadatud 14.05.2012.
12. Vikipeedia, *Strain gauge* http://en.wikipedia.org/wiki/Strain_gauge - viimati vaadatud 14.05.2012.
13. Vernier Hand dynamometer http://www.vernier.com/images/magnify/product.hd-bta._physiology._hero.002.jpg - viimati vaadatud 14.05.2012.
14. Vernier Hand Dynamometer manual <http://www.vernier.com/files/manuals/hd-bta.pdf> - viimati vaadatud 14.05.2012.

15. Robopolis shop, *Vernier NXT sensor adapter* <http://www.shop-robopolis.com/index.php/en/vernier-nxt-sensor-adaptor.html> - viimati vaadatud 14.05.2012.
16. “Vernier Sensor block” <http://www.vernier.com/engineering/lego-nxt/vernier-sensor-block/> - viimati vaadatud 14.05.2012.
17. Arvi Kiik, bakalaureusetöö “LEGO MINDSTORMS NTX robotikakomplektiga ühilduva jõuanduri tutvustus ja ülesanded”
http://comserv.cs.ut.ee/forms/ati_report/downloader.php?file=bae28e9b0025b000c931944864c8489588b8a172 lk 22 - viimati vaadatud 14.05.2012.

Lisa

Lisa 1. CD-plaadil olevad failid

Järgnevas tabelis on toodud bakalaureusetööga kaasasolevale CD-plaadile lisatud failid.

Faili nimi	Kirjeldus
dynamomeeter_vunk.pdf	Bakalaureusetöö
1_ylesanne.rbt	Esimese ülesande lahenduse programm
1_ylesanne.html	Esimese ülesande lahendusprogrammi eelvaade html failina
2_ylesanne.rbt	Teise ülesande lahenduse programm
2_ylesanne.html	Teise ülesande lahendusprogrammi eelvaade html failina
3_ylesanne.rbt	Kolmanda ülesande lahenduse programm
3_ylesanne.html	Kolmanda ülesande lahendusprogrammi eelvaade html failina
4_ylesanne.rbt	Neljanda ülesande lahenduse programm
4_ylesanne.html	Neljanda ülesande lahendusprogrammi eelvaade html failina