

TARTU ÜLIKOOL  
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND

Arvutiteaduse instituut

Informaatika eriala

Silver Tiik

**LEGO Mindstorms EV3 ja NXT komplektiga ühilduv Vernier'  
anemomeeter**

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendajad: Anne Villems

Taavi Duvin

Alo Peets

Tartu 2015

# **LEGO Mindstorms EV3 ja NXT komplektiga ühilduv Vernier' anemometer**

## **Lühikokkuvõte:**

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on luua eestikeelne õppematerjal õpetajatele ning õpilastele, mis toimib kasutusjuhendina firma LEGO Mindstorms NXT ja EV3'ga ühilduvale *Vernier'* anemomeetrile. Töö koosneb sissejuhatusest ja kolmest osast. Esimeses osas antakse ülevaade tuulest, kui füüsilik nähtusest, tutvustatakse anemomeetrite ajalugu ja kirjeldatakse tänapäeval kasutatavate anemomeetrite tööpõhimõtteid. Teises osas tutvustatakse firma Vernier poolt loodud anemomeetrit ning kirjeldatakse selle ühilduvust ja kasutamist LEGO Mindstorms NXT ja EV3 baaskomplektiga. Kolmandas osas esitatakse erineva raskustasemega ülesanded, mida saab anemomeetriga lahendada ja nende ülesannete näidislahendused.

**Võtmesõnad:** LEGO Mindstorms NXT, LEGO Mindstorms EV3, anemomeeter, Vernier, robootika.

## **LEGO Mindstorms EV3 and NXT compatible Vernier anemometer**

### **Abstract:**

The aim of this bachelor thesis is to create educational material in Estonian of using LEGO Mindstorms NXT and EV3 compatible Vernier anemometer for teachers and students. The material consists of introduction and three parts. The first part gives an overview of wind as a physical phenomenon, introduces the history of anemometers and describes the working principles of anemometers used today. The second part introduces the Vernier anemometer and describes its compatibility with LEGO Mindstorms NXT and EV3 robotic kits. The final part includes exercises with different difficulty levels and their solutions. These exercises can be solved using an anemometer.

**Keywords:** LEGO Mindstorms NXT, LEGO Mindstorms EV3, anemometer, robotics.

# Sisukord

1	Sissejuhatus .....	5
2	Tuule kiiruse mõõtmine.....	6
2.1	Tuul, kui füüsikaline nähtus .....	6
2.2	Anemomeetrite ajalugu .....	7
2.3	Anemomeetrite kirjeldus .....	9
3	Vernier' Anemomeeter .....	15
3.1	Vernier' anemomeetri töö põhimõte ja tehnilised spetsifikatsioonid .....	15
3.2	Vernier' anemomeetri kasutamine LEGO Mindstorms NXT ja EV3 baaskomplektiga .....	16
3.3	NXT keskkonnas Vernier' anemomeetri ploki kasutamine .....	21
3.4	EV3 arenduskeskkonnas Vernier' anemomeetri ploki kasutamine.....	26
4	Ülesanded LEGO Mindstorms EV3, NXT ja firma Vernier anemomeetriga .....	31
4.1	Ülesanne 1 - Puhumisvõistlus .....	31
4.2	Ülesanne 2 - Andmete salvestamine anemomeetri abil .....	36
4.3	Ülesanne 3 - Tuuliku tuule püüdmise efektiivsuse määramine.....	43
4.4	Ülesanne 4 - Tuule suuna määramine .....	46
	Kokkuvõte.....	52
	Viited.....	53

Lisad.....	56
I. Tööda kaasas olevate ülesannete lahenduste failed .....	56
II. Litsents .....	57

# 1 Sissejuhatus

Tänapäeval esineb õpilaste seas arusaam, et reaalsused on rasked või neid on igav õppida. Reaalainete populaarsus on tänu sellisele arusaamale märgatavalt vähenenud. Tänu sellele väheneb ka võimalus, et õpilased valivad oma edasisel eluteel õppekava, mis on seotud reaalainetega. Probleemiks on see, et õpilastelt oodatakse peamiselt teooria pähe tuupimist ilma sellest arusaamata. Praktilised oskused nagu probleemide lahendamine ja loogiline mõtlemine on jäänud tagaplaanile.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on luua eestikeelne õppematerjal õpetajatele ning õpilastele, mis toimib kasutusjuhendina firma *Vernier*' anemomeetritele. Õppematerjal sisaldab informatsiooni anduri spetsifikatsioonidest, anduri kasutusjuhendit ning taustainfot tuule, kui füüsikaliste nähtuste kohta, et anda õpilastele ülevaade, mida uuritakse. Lisaks sisaldab õppematerjal ülesandeid, mille eesmärk on seadme kasutamist lähemalt tutvustada.

Anemomeetrit saab kasutada tuule kiiruse mõõtmiseks. Kasutades tuulikut koos anemomeetriga on võimalik välja arvutada tuuliku efektiivsus või kui palju võimu on tuulik võimeline vastavalt tuule kiirusele tuulest soetama. Andurit saab tuule kiiruse mõõtmiseks kasutada käsiandurina. Lisavarraste abil on anemomeetri kasutamine võimalik ka tuuletunnelites ja tuulikute juures.

Ülesandeid on 4 tükki ning ülesanded on raskustaseme suhtes kasvavas järjestuses. Ülesannete eesmärk on õpetada kasutajat andurit käsitlema, seadme abil kergemaid probleeme lahendama ning anda kasutajale praktilist kogemust, mis teooriaga ühildub. Õppematerjal on mõeldud kasutuseks, kas füüsika tundides või robotika ringides.

## 2 Tuule kiiruse mõõtmine

Tuule kiiruse mõõtmiseks on mitmeid põhjuseid, kuid kõige levinum on ilma ennustamine ja analüüsimine. Muidugi on tuule kiiruse mõõtmine vajalik laevade ja lennukite ohutuks navigeerimiseks. Tuule kiiruse mõõtmist kasutatakse veel aerodünaamika alastel uurimistöodel, näiteks sõidukite voolujoonelisuse testimisel tuuletunnelites, ilma ennustamisel või ventilatsiooni kontrollimisel. Käesolevas peatükis kirjeldatakse tuult, kui füüsikalist nähtust. Veel kirjeldatakse tuule kiiruse mõõtmiseks kasutatavaid seadmeid ja nende tööpõhimõtteid.

### 2.1 Tuul, kui füüsikaline nähtus

Käesolevas bakalaureusetöös on uuritavaks füüsikaliseks nähtuseks gaasivoolu liikumine, täpsemalt õhu liikumine ehk tuul. Tuule kiirus on proportsionaalne rõhugradiendiga. Rõhugradient on füüsikaline suurus, mis kirjeldab, millises suunas ja millise kiirusega õhurõhk kõige kiiremini mingis kindlas kohas muutub. Selle füüsikalise suuruse mõõteühik on rõhuühikuid pikkuseühiku kohta ehk paskalit meetri kohta (Pa/m). Tugevamad tuuled on aladel, kus rõhugradient on kõige suurem.

Tuul kiiruse ja suuna mõõtmiseks kasutatakse erinevaid meetodeid. Tuule suunda saab määrata ennast ümbritsevat keskkonda jälgides. Vanarahvas pistis näpu suhu ja tõstis selle ülesse tunnetades, millisest suunast tuul puhub. Mõned inimesed vaatlevad, kuhu poole on viltu puude ladvad, teised uurivad pilvede liikumist taevas. Samasugused vaatlused annavad ka aimu, kui kiiresti tuul puhub, kuid ükski neist ei suuda anda täpset vastust, kui kiiresti tuul ikkagi puhub. Inimesed, keda on sellised teadmised huvitanud on leiutanud seadme nimega anemomeeter.

Järgnev tekst tugineb *National Oceanic and Atmospheric Administration* veebilehel asuvale artiklile, mis kirjeldab tuult, kui füüsikalit nähtust [12].

Globaalset õhu liikumist põhjustavad peamiselt kolm jõudu, mis töötavad kõik samal ajal. Esimene on rõhugradiandi jõud, mis üritab tasakaalustada rõhkude erinevused erinevates piirkondades. Kui õhku mõjutaks ainult rõhugradiandi jõud siis tänu õhurõhkude erinevusele liiguks õhk kõrgema rõhuga alalt madalama rõhuga alale. Ometi mõjutab õhu liikumist ka Maa pöörlemisest tingitud

teine jõud, mida nimetatakse Coriolisi efektiks, mis mõjutab õhu liikumise suunda. See jõud sai oma nime prantsuse teadlase Gaspard-Gustave de Coriolis'e järgi, kes esmakordselt seda jõudu aastal 1835 matemaatiliselt kirjeldas. Coriolisi jõud põhjustab objekte Maa põhjapoolkeral pöörlema paremale ja objekte Maa lõunapoolkeral vasakule. Ekvaatoril liikuvaid objekte Coriolisi efekt ei mõjuta. Lisaks rõhugradiandile ja Coriolisi efektile mängib globaalse tuule liikumise kindlaksmääramisel veel rolli hõõrdejõud. Mäed mõjutavad omakorda tuule liikumist, aeglustades tuule liikumist. Lisaks põhjustavad maapinna kõrguste erinevused kõrgrõhualade lahkuminevaid tuuli ning madalarõhualadel koonduvaid tuuli.

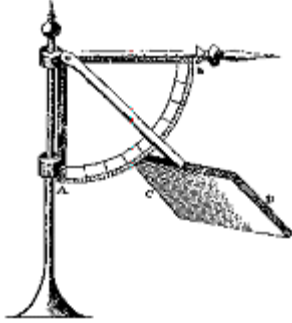
Madalarõhualale koonduvate tuulte mõjul tõuseb õhk kõrgemale ning jahtub. Kui õhk jahtub mahutab see vähem veeauru, nii et osa veeauru kondenseerub, moodustuvad pilved ja sademed. Selle pärast on madalarõhualadel on sagedasti vihmane ilm.

Kõrgrõhualadelt liigub õhk eemale, mille tõttu liigub kõrgemal olev jahedam õhk madalamale. Allapoole liikuv õhk soojeneb ning soojenedes hoiab õhk rohkem veeauru, mis tähendab, et piirkonnas asunud pilved võivad aurustuda. Selle pärast on kõrgrõhualadel sagedasti selge ilm.

## **2.2 Anemomeetrite ajalugu**

Järgnevas punktis tutvustatakse lähemalt anemomeetrite ajalugu. Anemomeetri mõiste on tuletatud kreekakeelsest sõnast *anemos*, mis tähendab tuult [1]. Seade ise loodi 15. sajandil [1]. Täpsemalt leiutas esimese mehaanilise anemomeetri 1450. aasta paiku Itaalia kunstiteoreetik, luuletaja ja maalikunstnik Leon Battista Alberti [2]. Tema loodud anemomeeter töötas põhimõttel, et tuul puhub vastu vertikaalset lauda, mis joondub vertikaalsest asendist mingi teatud nurga alla ning saadud nurk vastab tuule kiirusele [2].

Leon Battista Alberti jälgedes leiutasid ka mitmed teised oma versiooni anemomeetrist, kellele vahepeal ekslikult krediteeritakse seadme leiutamine [1]. Üks sellistest inimestest oli näiteks Leonardo Da Vinci, kes umbes 30 aastat peale originaali leiutamist lõi oma versiooni seadmest [11]. Umbes 200 aastat pärast originaali loomist, aastal 1664, lõi inglane Robert Hook oma anemomeetri, mis töötas samal põhimõttel (Joonis 1) [21].



Joonis 1. Robert Hooke'i anemometer [22].

Järgnev tekst tugineb saylor veebilehel asuvale artiklile erinevate anemomeetrite ajaloo tutvustusest [8] ja lühikesele tekstile veebilehelt logicenergy [1].

Alles aastal 1845 täiendas John Robinson oma eelkäijate disaini luues esimese kaussanemomeetri. Tema loodud seade kasutas tuule kiiruse mõõtmiseks nelja poolkerakujulist kaussi. Aastal 1926 parandas seadme disaini John Patterson, kes kasutas nelja kausi asemel kolme. Pattersoni täiendatud anemomeetrit uuendasid veelgi aastal 1935 Brevoort ja Joiner. Nende suurimaks uuenduseks võib pidada kausside disaini parandamist, mis saavutas kuni 97 km/h tuulekiiruste korral mõõtevea, mis oli vähem, kui 3%.

Aastal 1934 registreerisid Mount Washington observatooriumi töötajad kiireima tuulpuhangu rekordi, mille kiiruseks oli 372 km/h [19]. Hämmastav on fakt, et see on kiireim tuulepuhang, mille on jäädvustanud inimesed ja mitte automatiseeritud ilmajaamad [19]. Tänapäeval hoiab rekordit aastal 1996 tsüklon Olivia tuulepuhang kiirusega 407 km/h [18]. Mõlemad eelnevalt mainitud rekorditest on mõõdetud kaussanemomeetriga [18].

Aastal 1991 arendas kolme kausiga anemomeetrit veel edasi austraallane Derek Weston. Tema uuenduste tulemuseks oli kaussanemomeeter, mis võimaldas mõõta nii tuule kiirust, kui ka tuule suunda. Nimelt lisas Weston ühe anemomeetri kausi külge sildi, mis mõjutas kausside pöörlemise kiirust vastavalt sellele, mis suunast tuul puhub. See võimaldab arvutada tuule suunda mõõtes tsüklilisi muudatusi pöörlemise kiiruses. Tuule kiirus arvutatakse endiselt kausside pöörlemise kiirusest. Tänapäeval kasutatakse kolme kausiga anemomeetreid tööstusstandardina tuule kiiruse uurimiseks.

Hilisemateks edusammudeks anemomeetrite arengus on helianemomeetrid, mis kasutavad gaasivoolu kiiruse mõõtmiseks helilaineid. Helianemomeetri leiutas aastal 1994 Dr. Andrews Pflitsch. Veel võib kõrgelt arenenud anemomeetrite hulka lugeda kuuma traadi anemomeetri ja hiljuti loodud laserit kasutav Doppleri anemomeeter.

### **2.3 Anemomeetrite kirjeldus**

Anemomeeter on mõõteriist, mille abil mõõdetakse tuule või mõne muu gaasilise aine voolu kiirust ning suunda. Seadet kasutakse tänapäeval regulaarselt ilmajaamades, kaevandustes, tunnelites, ventilatsioonisüsteemides, õhusõidukite testimisel ja aeronavigatsioonis [3]. Järgnevalt kirjeldatakse laialdasemalt kasutatavaid erinevatel tööpõhimõtetel töötavaid anemomeetreid. Seejärel tutvustatakse mehaanilisel tööpõhimõttel töötavaid kaussanemomeetrit ja tiivikanemomeetrit. Peale seda pööratakse tähelepanu keerukamatele seadmetele, nagu soojusülekanal põhinev termoanemomeeter ja helilainete liikumise kiirust kasutav helianemomeeter.

Kõige levinum on kaussanemomeeter, mis leiutati aastal 1845 Thomas Romney Robinsoni poolt [4]. Seade ise koosneb kolmest või neljast poolkerakujulisest kausikesest, mis on kinnitatud horisontaalsete pulkade külge, mis omakorda on ühendatud vertikaalse völliiga nii, et kausid on omavahel võrdse nurga all (Joonis 2). Tänu kausside paiknemisele liigutavad horisontaalsed õhuvoolud kausse proportsionaalselt tuule kiirusega [4]. Tuule kiirus arvutatakse lugedes süsteemi pöördeid mingi ettemääratud ajaperioodi vältel, sellega leitakse keskmine tuule kiirus [4]. Kaussanemomeetrid on oma lihtsa disaini kohta äärmiselt täpsed, näiteks kolme kausiga anemomeeteri eksimus on vähem kui 3% kuni 97 km/h tuulekiiruste korral [8]. Seadet kasutatakse peamiselt ilmajaamades ning tuule, kui ressursi hindamiseks tuuleparkide loomisel [8].



Joonis 2. Kaissanemomeeter [23].

Teine laialdasemalt kasutatud mehaaniline anemomeeter on tiivikanemomeeter, mille välimus meenutab tuuleveskit või propellerit (Joonis 3). Sellise disainiga anemomeeter koosneb tavaliselt kahest osast: üks tuule kiiruse mõõtmiseks ja teine tuule suuna mõõtmiseks. Tuule kiiruse mõõtmiseks kasutatakse tiivikanemomeeter tiivikut, mille pöörlemise kiirust mõõdab sisseehitatud tahhomeeter ehk pöördeloendur [5]. Tuule suuna arvestamiseks kasutab tiivikanemomeeter tuulelippu. See on oluline, sest korrektse tulemuse saamiseks peab anemomeetri tiivik olema risti gaasivoolu suunaga [6]. Käesolevas uurimistöös kasutatav anemomeeter on käeshoitav tiivikanemomeeter, millel puudub tuule suuna mõõtmiseks vajaminev tuulelipp.



Joonis 3. Tiivikanemomeeter [24].

Termoanemomeetritest kõige tuntum on kuuma traadi anemomeeter. Seade kasutab gaasivoolu kiiruse mõõtmiseks traati (Joonis 4), mida soojendatakse lastes traadist läbi konstantne elektrivool, hoides traati muutumatul temperatuuril, mis on seda ümbritsevast keskkonnast palju kõrgem [8]. Vastavalt gaasivoolu kiirusele kaotab traat kuumust ja seade vajab suuremat voolu, et traati algsel temperatuuril hoida [8]. Sellist füüsikalist nähtust, kus soojus levib liikuvast aines, milleks praegusel juhul on mingi gaas, nimetatakse konveksiooniks. Konveksiooniteooriat kasutades saab temperatuuri languse järgi või vajamineva elektrivoolu järgi arvutada gaasivoolu kiiruse [7].

Järgnev tekst tugineb eFunda veebilehel asuvale termoanemomeetri tööpõhimõtte kirjeldusele [9].

Oletame, et traat, mida soojendab konstantne elektrivool on termilises tasakaalus oma keskkonnaga. Vajaminev elektrivool on võrdne energiaga, mis kaob tänu konvektiivsele soojusülekandele (1).

$$I^2 R_W = h \cdot A_W \cdot (T_W - T_f). \quad (1)$$

Kus  $I$  on elektrivoolu tugevus,  $R_W$  on traadi takistus,  $T_W$  ja  $T_f$  on traadi temperatuur ja voolava gaasi temperatuur,  $A_W$  on kasutatud traadi pindala ja  $h$  on traadi soojusjuhtivuse kordaja. Traadi takistus on sõltuvuses ka temperatuurist, selle kohaselt valemis (1)

$$R_W = R_{Ref}[1 + a \cdot (T_f - T_{Ref})], \quad (2)$$

kus  $a$  on takistuse termiline kordaja ja  $R_{Ref}$  on traadi takistus temperatuuril  $T_{Ref}$ . Traadi soojusjuhtivuse kordajat  $h$  on funktsioon gaasivoolu kiirusest  $v_f$  vastavalt Kingi seadusele,

$$h = a + b \cdot v_f^c, \quad (3)$$

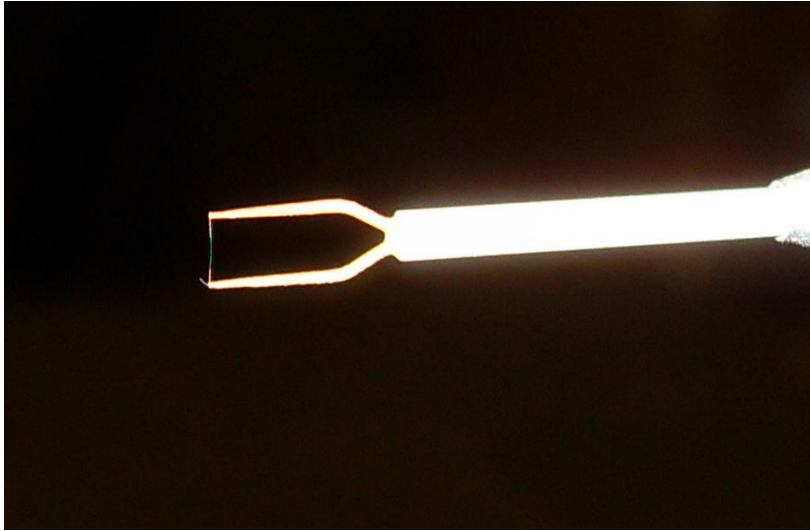
kus  $a$ ,  $b$  ja  $c$  on kalibreerimisest saadud kordajad. Kombineerides ülevalpool väljatoodud võrrandid (1), (2) ja (3) saame elimineerida soojusjuhtivuse kordaja  $h$ ,

$$a + b \cdot v_f^c = \frac{I^2 R_W}{A_W \cdot (T_W - T_f)} = \frac{I^2 R_{Ref}[1 + a \cdot (T_W - T_{Ref})]}{A_W \cdot (T_W - T_f)}. \quad (4)$$

Jätkates saame avaldada gaasivoolu kiiruse,

$$v_f = \left\{ \left[ \frac{I^2 R_{Ref}[1 + a \cdot (T_W - T_{Ref})]}{A_W \cdot (T_W - T_f)} - a \right] / b \right\}. \quad (5)$$

Kuuma traadi anemomeetreid saab rühmitada püsivoolu (Constant-Current Anemometer), pideva pingega (Constant-Voltage Anemometer) ja ühtlase temperatuuri (Constant-temperature Anemometer) järgi [8]. Nende anemomeetrite väljundpinge üritab vooluahel säilitada mingi kindla muutuja püsivat suurust. Eespool nimetatud anemomeetrite puhul voolu, pinget või temperatuuri [8]. Võrreldes teiste anemomeetritega on kuuma traadi anemomeeter parem tuule väga väikeste ja kiirete muutuste dokumenteerimiseks. Neid kasutatakse suletud keskkondades täpsete teaduslike katsete teostamiseks.



Joonis 4. Kuuma traadi anemomeeter[25].

Helianemomeetrid (Joonis 5) kasutavad gaasivoolu kiiruse mõõtmiseks ultraheli laineid. Andur arvutab gaasivoolu kiirust mõõtes aega, millal helilaine impulss jõuab ühest andurist teiseni [8]. Mõõdetud aeg sõltub andurite vahelise tee pikkusest, heli kiirusest ja gaasivoolu kiirusest piki andurite telge järgmiselt

$$T = L / (c + v), \quad (5)$$

kus  $T$  on aeg,  $L$  on andurite vaheline vahemaa,  $c$  on heli kiirus ja  $v$  on gaasivoolu kiirus piki andurite telge [10]. Heli kiirus sõltub keskkonna temperatuurist, õhurõhust ja õhus hõljuvatest osakekestest nagu tolm või udu [10]. Selleks, et helilaine impulsid saaksid liikuda andurite vahel edasi ja tagasi, peab iga andur töötama impulsi edastajana või vastuvõtjana [10]. Gaasivoolu kiirus arvutatakse impulsi saatmise ajast mõlemas suunas vastavalt

$$v = \frac{L}{2} \cdot \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right), \quad (6)$$

kus  $v$  on gaasivoolu kiirus,  $L$  on endiselt andurite vaheline vahemaa,  $t_1$  on impulsi edasi saatmise aeg ja  $t_2$  on vastavalt impulsi tagasi saatmise aeg [10]. Impulsi levimise aegadest võib tuletada ka helikiiruse

$$c = \frac{L}{2} \cdot \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right), \quad (7)$$

kus  $c$  on heli kiirus [10]. Tavaliselt on andurite vahelise tee pikkus 10 kuni 20 cm [8]. Nende anduritega on võimalik teha tuule kiiruse mõõtmisi vahemikus 0-60 m/s, mille veavahemik on 1 cm/s, sagedusega kuni 100 Hz [10]. Tegemist on seadmega, mis annab kasutajale väga kiirelt ja täpselt mõõtetulemusi. Helianemomeetrid on täpsemad, kui tiivik-või kaussanemomeetrid. Neil puuduvad liikuvad osad, mille tõttu sobivad nad hästi automatiseeritud ilmajaamadesse.



Joonis 5. Helianemomeeter [26].

Eelnevalt mainitud anemomeetritel on kõigil omad plussid, miinused ja täpsemad valdkonnad, kus neid kasutatakse. Käesolevas bakalaureusetöös kasutatav anemomeeter on tiivikanemomeeter, mida kasutatakse rohkem kohtades, kus tuule suund ei muutu, näiteks ventilatsioonišahtid, kaevandused, hooned või tuuletunnelid [3]. Järgnevas peatükis kirjeldatakse, kuidas firma Vernier poolt loodud anemomeetriga tuule kiirust mõõta, mõõtmisteks vajaminevaid vahendeid ja juhiseid, mida läbides olete valmis anemomeetrit ise kasutama.

### **3 Vernier' Anemomeeter**

Antud peatükis vaadeldakse firma Vernier poolt loodud anemomeetrit, selle ühilduvust LEGO Mindstorms NXT ja EV3 komplektidega ja programmeerimist NXT ning EV3 keskkondades. Esmalt vaadeldakse seadme tehnilisi spetsifikatsioone ja erinevaid kasutusvõimalusi.

#### **3.1 Vernier' anemomeetri töö põhimõte ja tehnilised spetsifikatsioonid**

Järgmine peatükk on koostatud tuginedes Vernier' veebilehel paiknevale anemomeetri kasutusjuhendile [13].

Vernier' anemomeeter on tiivikanemomeeter (Joonis 6), mille tiiviku pöörlemistelg peab olema paralleelne tuule suunaga. Andur koosneb tiivikust, käepidemest ja kaablist. Käepideme abil on võimalik anemomeetrit kergesti kasutada käeshoitavana. Anemomeetri kasutamiseks tuleb hoida seadet niimoodi, et tuule sound oleks risti anemomeetri tiivikuga. Seadmega on kaasas lisavarustusena varras, mis kinnitub anemomeetri taha. Varda abil saab anemomeetri ohutult statiivi külge kinnitada. Anduri tiivik peab täpse näidu saamiseks vabalt ringi käima. Selle testimiseks puhuge tiivikusse. Anemomeeter kasutab tiivikus paiknevat magnetit ja induktiivpooli, et mõõta tuule kiirust. Nimelt paneb tuul tiiviku pöörlema, mis paneb magnetväljad liikuma, mille tagajärjel tekib elektriväli. Tekkinud elektrivälja saame muundada elektrisignaaliks, mis omakorda on proportsionaalne tuule kiirusega. Anemomeetri tehnilised spetsifikatsioonid on toodud välja tabelis 1.

Seadme ühendamisel LEGO Mindstorms NXT juhtplokiga või EV3 juhtplokiga läheb vaja NXT Vernier' anduri adapterit. Järgmises punktis tutvustatakse adapterit lähemalt ja kuidas seda juhtplokiga ühendada.



Joonis 6. Vernier' anemomeeter [27].

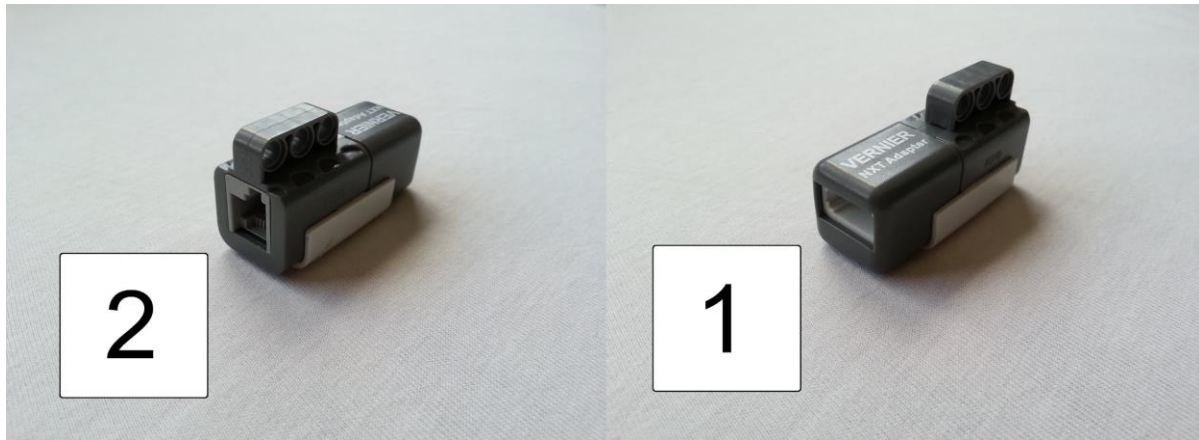
Tabel 1. Vernier' anemomeetri tehnilised spetsifikatsioonid.

Töövahemik:	0.5 m/s kuni 30 m/s
Mõõtmise täpsus:	
5 m/s või väiksema tuule kiiruse korral	$\pm 0.15$ m/s
suurem, kui 5 m/s:	$\pm 3\%$ näidust
Toide:	7 mA @ 5VDC
Töötemperatuur:	0°C kuni 50 °C
Säilitustemperatuur:	-20°C kuni 60 °C

Järgmises punktis tutvustatakse anemomeetri kasutamist LEGO Mindstorms NXT ja EV3 baaskomplektidega. Lugejale antakse ülevaade anduri kasutusest koos baaskomplektiga, mis võimaldab andurit edasi kasutada ülesannete lahendamiseks. Veel kirjeldakse, kuidas NXT ja EV3 arendustarkvara Vernier' andurite jaoks kasutatavaks teha.

### **3.2 Vernier' anemomeetri kasutamine LEGO Mindstorms NXT ja EV3 baaskomplektiga**

Eelnevas punktis mainiti, et Vernier' anemomeetri ühendamisel LEGO Mindstorms NXT ja EV3 baaskomplektidega läheb vaja NXT Vernier' adapterit (Joonis 7).



Joonis 7. Vernier' NXT adapter.

1. Vernier' anduri ühenduspesa.
2. LEGO Mindstorms NXT ja EV3 kaabli ühenduspesa.

Adapteril on üks ühenduspesa Vernier' anduri jaoks (Joonis 7) ja teine ühenduspesa standardse LEGO Mindstorms NXT ja EV3 kaabli jaoks (Joonis 7). Anduri läbi adapteri NXT juhtploki ühendamisel saab kaablid panna NXT porti 1-4, mis on mõeldud erinevate andurite NXT-ga ühendamiseks (Joonis 8).



Joonis 8. Vernier' anemomeeter ja NXT juhtploki ühendus NXT Vernier' adapteri abil.

Anemomeetri ühendamine LEGO Mindstorms EV3 baaskomplektiga käib analoogiliselt (Joonis 9).



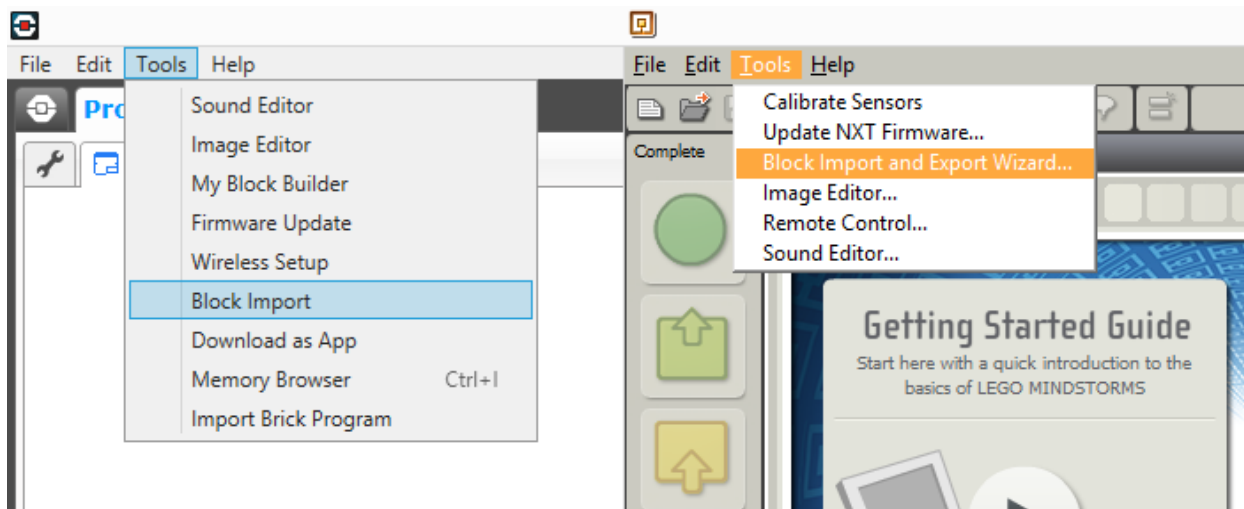
Joonis 9. Vernier' anemomeeter ja EV3 juhtploki ühendus NXT Vernier' adapteri abil.

Vernier' tuule kiiruse mõõtja mugavaks kasutamiseks NXT või EV3 baaskomplektidega tuleb kõigepealt arvutisse tõmmata ja installeerida sobivale operatsioonisüsteemile EV3 arenduskeskkonna [16] või NXT arenduskeskkonna [14] tarkvara.

Lisaks tuleb tarkvara kasutamiseks Vernier' toodetega alla laadida ka adapteri NXT tarkvara [15].

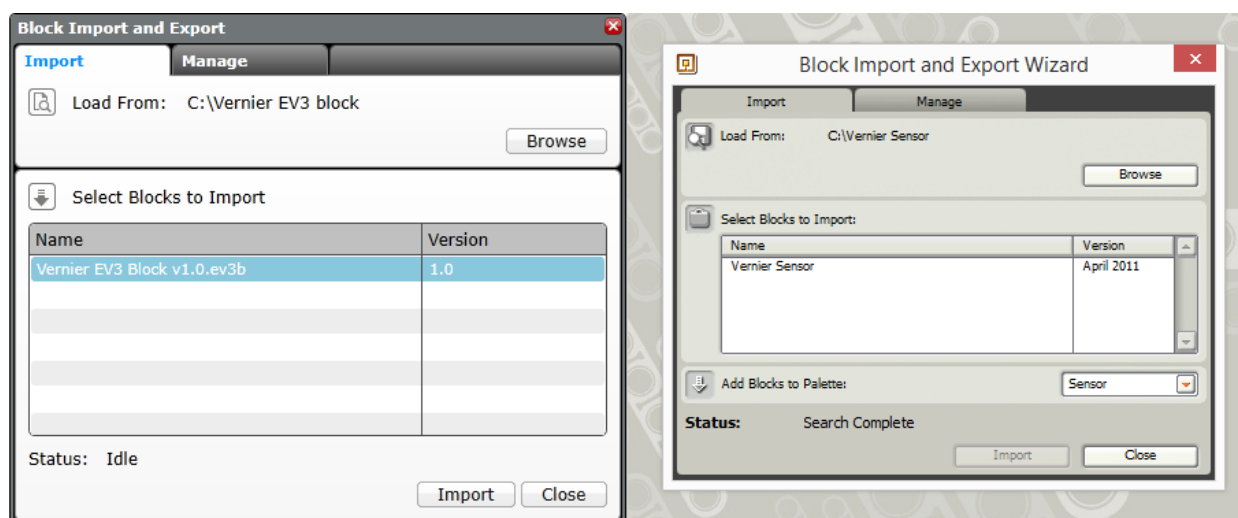
LEGO Mindstorms EV3 juhtploki kasutades tuleks alla laadida EV3 arenduskeskkonna jaoks mõeldud adapteri lisa [17].

Adapteri ploki tarkvara lisamiseks tuleks kõigepealt fail lahti pakkida. Seejärel, peale vastava arenduskeskkonna käivitamist, tuleks NXT korral valida "Tools" menüüst "Block Import and Export Wizard..." (Joonis 10) ja EV3 korral "Tools" menüü alt valida "Block Import" (Joonis 10).



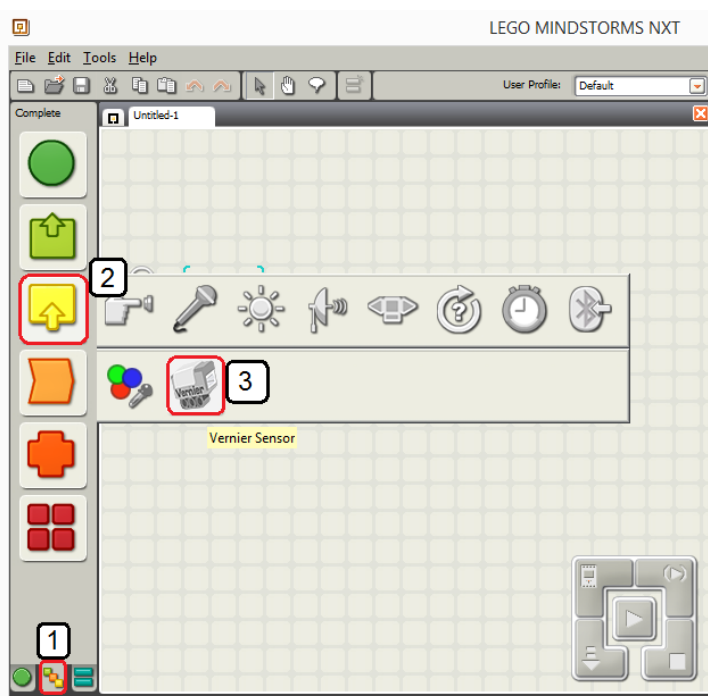
Joonis 10. NXT ja EV3 keskkonnas adapteri tarkvara importmine (Vasakul EV3 ja paremal NXT).

Seda tehes avaneb aken (Joonis 11), mis võimaldab lisada erinevaid NXT-s kasutatavaid plokkide ning juba importitud plokkide hallata. Sarnane aken avaneb ka EV3 keskkonnas. Järgmisena valige asukoht kuhu eelnevalt pakisite lahti Vernier' tarkvara. Peale seda ilmub tabelisse "Vernier Sensor" ning tarkvara versioon. NXT akna tabelis on vaja ära märgistada "Vernier Sensor". Vajalik on ka "Add Blocks to Palette" alt valida "Advanced" asemel "Sensor". EV3 keskkonnas piisab tabelis paikneva kirje ära märgistamisest. Impordi kinnitamiseks vajutate nuppu "Import".



Joonis 11. Vernier' adapteri importimise aknad (EV3 vasakul ja NXT paremal).

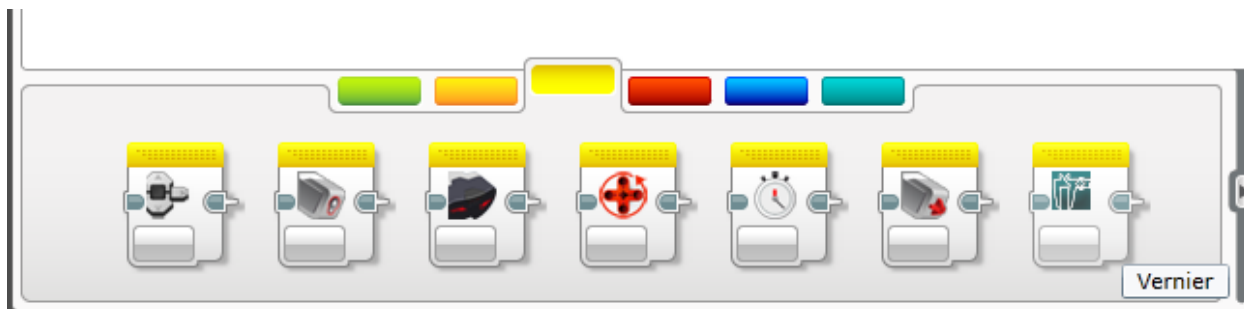
Mõne sekundi pärast peaks Vernier' adapteri tarkvara olema NXT keskkonnas kasutusvalmis. Juhul, kui kasutate EV3 arenduskeskkonda tuleb EV3 keskkond anduri ploki kasutamiseks taaskäivitada. Ploki olemasolu kontrollimiseks võite NXT keskkonnas peale importimist luua uue programmi ja seejärel "Complete palette" alt kontrollida, kus valiku "Sensor" all paikneb "Vernier Sensor" (Joonis 12).



Joonis 12. Vernier' sensor NXT kasutajaliideses.

1. Palette "Complete".
2. Nupp "Sensor".
3. Nupp "Vernier Sensor".

Peale EV3 arenduskeskkonna taaskäivitamist on Veriner' sensorite plokk saadaval menüüst "Sensor" all (Joonis 13).



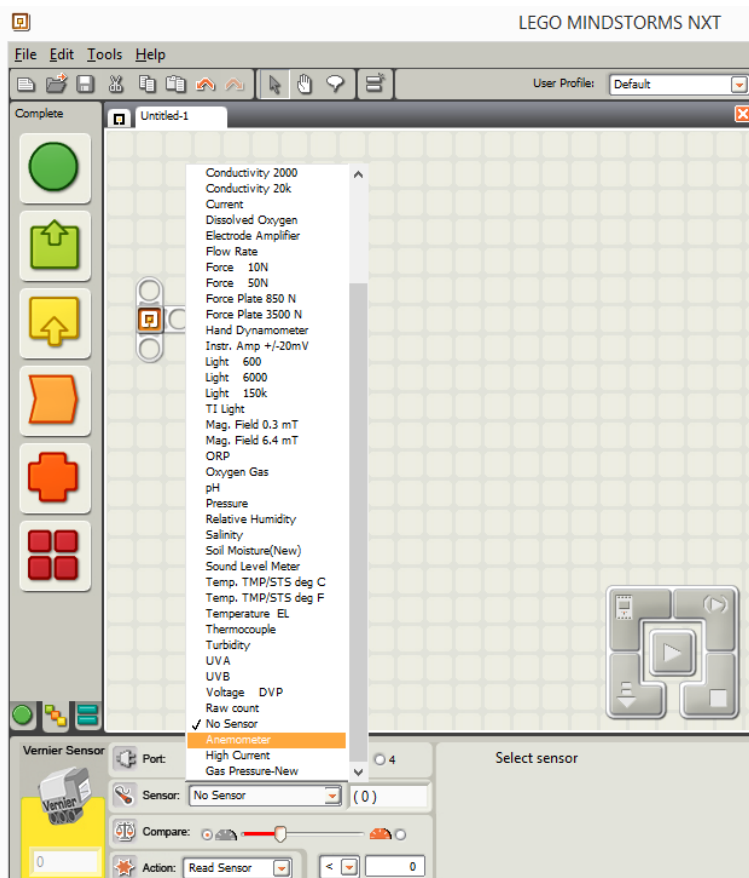
Joonis 13. Vernier' sensori plokk menüü "Sensor" all.

Antud punktis tutvustati Vernier' anemomeetri ühendamist NXT ja EV3 baaskomplektiga. Veel tehti tutvust NXT ja EV3 kasutajaliidesega ning kuidas neid Vernier' andurite jaoks kasutuskõlblikuks teha. Järgnevalt antakse täpsem ülevaade, kuidas kasutada Vernier' anemomeetrit NXT keskkonnas. Seejärel tutvustatakse Vernier' anemomeetri kasutamist EV3 arenduskeskkonnas.

### 3.3 NXT keskkonnas Vernier' anemomeetri ploki kasutamine

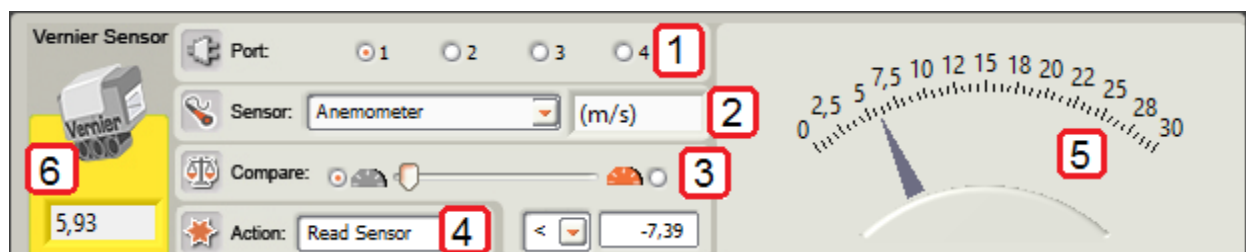
Uue programmi loomiseks tuleb NXT keskkonna ülemise menüüriba alt valida "File" ning selle alt "New". Pärast uue programmi loomist tuleb Vernier' anduri ploki kasutamiseks valida palette "Complete". Järgmisena tuleb valida nupu "Sensor" alt nupp "Vernier Sensor", mis tuleb omakorda lohistada NXT keskkonnas eelnevalt loodud programmi töölauale (Joonis 12).

Peale Vernier' sensori ploki töökeskkonda lisamist tuleb ploki natukene seadistada, et see Vernier' anemomeetriga korralikult töötaks. Valides Vernier' sensori ploki ilmuvad programmeerimisala alla sensori ploki seadistuse menüü. Anemomeetri kasutamiseks tuleb ploki seadistuses olevast rippmenüüst valida "Anemometer" (Joonis 14)



Joonis 14. Vernier' ploki seadistuse valimine.

Pärast kindla anduri valimist ja aktiveerimist on võimalik muuta anduri seadeid (Joonis 15).

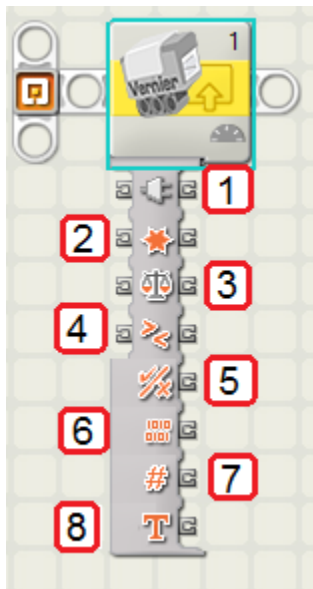


Joonis 15. Vernier' anemomeetri ploki seadmed

1. Valik, millisesse NXT juhtploki porti andur ühendatud on.
2. Erinevate Vernier' andurite valik.
3. Võimaldab anduri väärtust mingi kasutaja poolt väärtusega võrrelda.

4. Anduri tegevuse valik.
5. Anduri hetkeseis/mõõtetulemus.
6. Digitaalne anduri hetkenäit.

Lisaks on programmeerimisalal võimalik muuta andmejaoturis Vernier' sensori ploki sisendeid ja väljundeid (Joonis 16). Pistikud andmejaoturist vasakul on sisendi jaoks ja paremal väljundi jaoks. Andmejaoturid võimaldavad erinevate plokkide vahel andmeid jagada ning nende abil on võimalik panna LEGO Mindstorms'i robot keerukaid ülesandeid lahendama.



Joonis 16. Vernier' sensori ploki sisendid ja väljundid.

1. "Port" - pordi number, kuhu andur ühendut on.
2. "Action" - valik, mida andur tegema hakkab.
3. "Trigger Point" - väärtus, millele andur reageerib.
4. "Greater/Less" - väärtus, millest suuremale või väiksemale väärtusele andur reageerib.
5. "Yes/No" - võrdluse tõeväärtus/tulemus.
6. "Raw Value" - anduri mõõtetulemus töötlemata kujul.
7. "Sensor Reading" - anduri mõõtetulemus numbrina.
8. "Sensor Reading (Text)" - anduri mõõtetulemus tekstina.

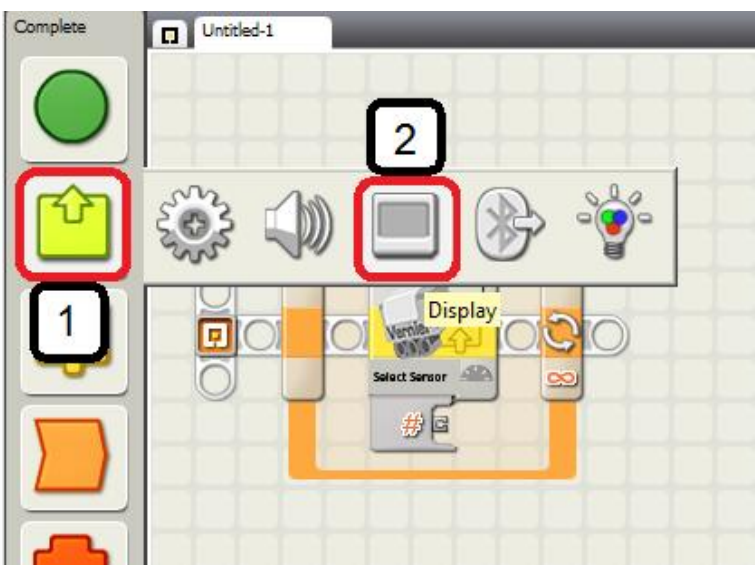
Vernier' anduri mõõtetulemuste nägemiseks NXT juhtploki ekraanil tuleb programmeerimisalale lisada nupp "Common" alt plokk "Loop" (Joonis 17).



Joonis 17. Vernier' sensor NXT kasutajaliideses.

1. Nupp "Common".
2. Nupp "Loop".

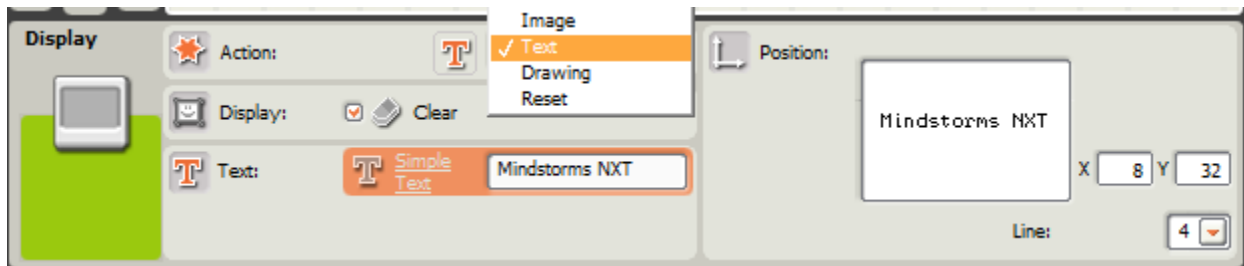
Plokk "Loop" moodustab NXT programmis tsükli, mis kogu programmi töötamise aja täidab mingit kindlat ülesannet. Praegusel juhul on selleks ülesandeks mõõtetulemuste kuvamine NXT juhtploki ekraanil. Lisage ploki "Loop" sisse Vernier' anduri plokk (Joonis 13) ja nupu "Action" alt plokk "Display" (Joonis 18).



Joonis 18. Vernier' sensor NXT kasutajaliideses.

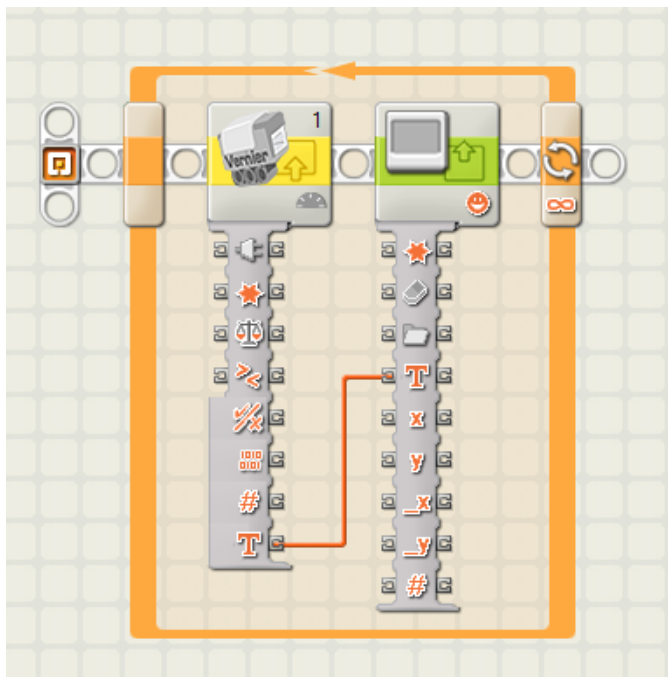
1. Nupp “Action”.
2. Nupp “Display”.

NXT juhtploki teksti kuvamiseks tuleb “Display” plokk vastavalt seadistada. Valige “Display” ploki seadmetest “Action” menüü alt teksti kuvamine (Joonis 19).



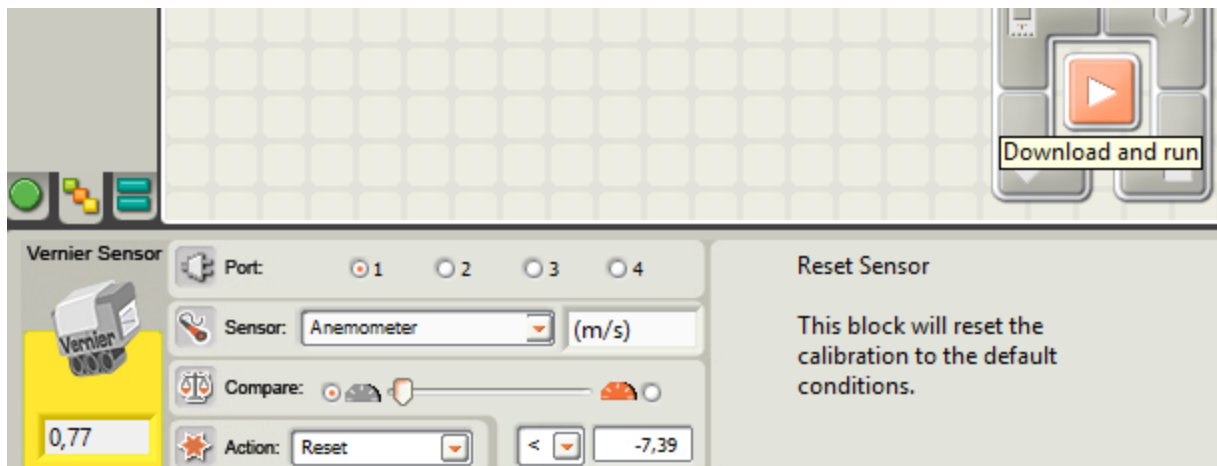
Joonis 19. NXT keskkonnas “Display” ploki teksti kuvamise seadistamine.

Peale seda tuleb Vernier’ sensori ploki teksti väljund ühendada ekraani teksti sisendiga (Joonis 20).



Joonis 20. Vernier’ anduri mõõtetulemuse väljundi ühendus NXT juhtploki ekraaniga.

Kindlasti tuleb enne tuulekiiruse mõõtja kasutama hakkamist veenduda, et seade oleks tehase poolt paigaldatud seadistusega. Nimelt täpsete mõõtetulemuste saamiseks peab andur olema tehase poolt paigaldatud seadistuses. Vastupidisel juhul ei pruugi mõõtetulemused olla täpsed. Seadistuse algseisu viimiseks valige Vernier' sensori plokk. Valige anduri tegevuseks "Reset" viimiseks tuleb NXT keskkonnas peale Vernier' sensori ploki valimist (Joonis 21).



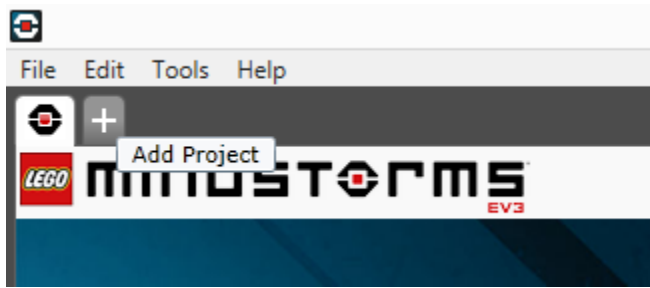
Joonis 21. Vernier' sensori ploki algseadistuse taastamine.

Vajutage nuppu "Download and run". Peale seda, kui NXT juhtplokk on programmi alla laadunud ja programm on juhtplokis käivitatud peaksid Vernier' tuule kiiruse mõõtja algseadmed olema taastatud.

Käesolevas punktis tutvustati, kuidas Vernier' anemomeetrit NXT keskkonnas töövalmis seada. Edasi kirjeldatakse, kuidas seada üles Vernier' anduri plokk LEGO Mindstorms EV3 arenduskeskkonnas.

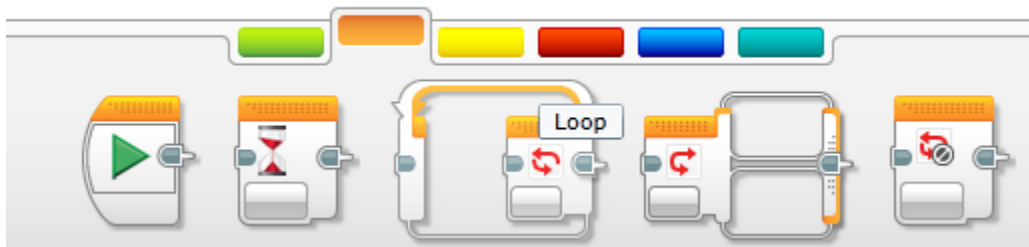
### 3.4 EV3 arenduskeskkonnas Vernier' anemomeetri ploki kasutamine

EV3 arenduskeskkonnas tuleb uue projekti loomiseks valida menüü "File" alt "New Project" või vajutada nuppu "Add Project" (Joonis 22).



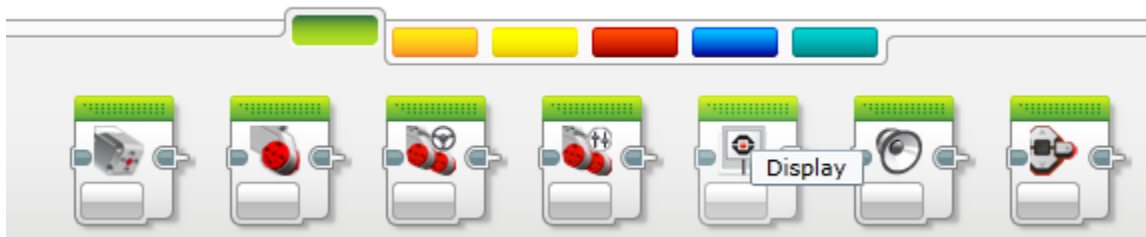
Joonis 22. EV3 arenduskeskkonnas uue projekti loomine.

Järgmisena ehitame EV3 arenduskeskkonnas programmi, mis kuvab EV3 ekraanil Vernier' tuule kiiruse mõõtja näitu. Kõigepealt lohistame programmeerimisalale menüü "Flow Control" all oleva ploki "Loop" (Joonis 23).



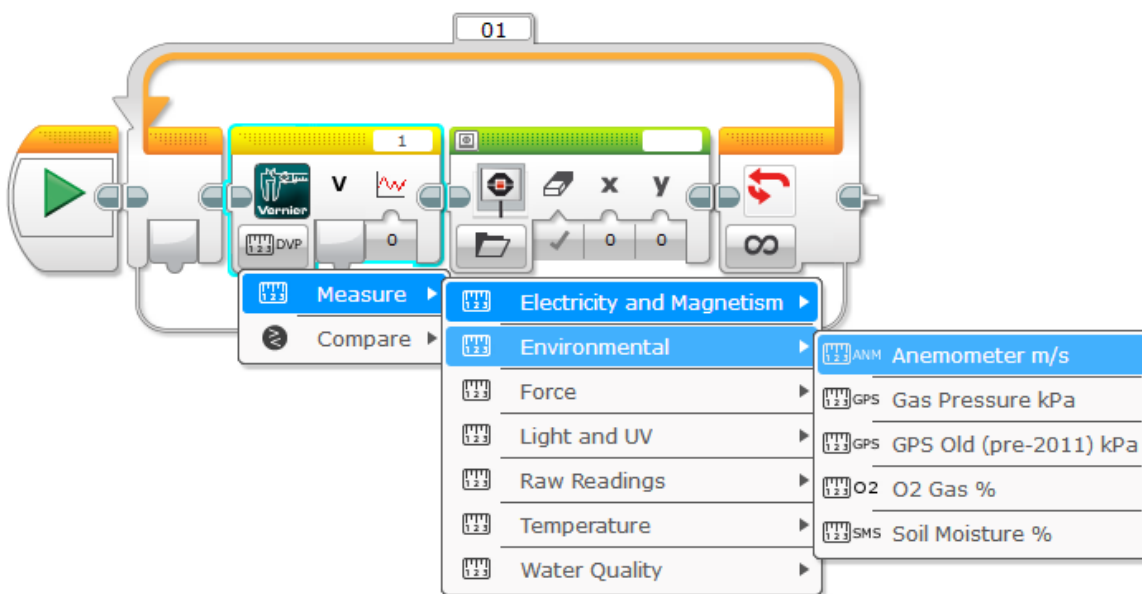
Joonis 23. EV3 arenduskeskkonnas plokk "Loop".

Ploki "Loop" sisse tuleb lohistada Vernier' anduri plokk (Joonis 13) ja EV3 juhtploki ekraani esindav plokk "Display" (Joonis 24), mis asub menüü "Action" all.



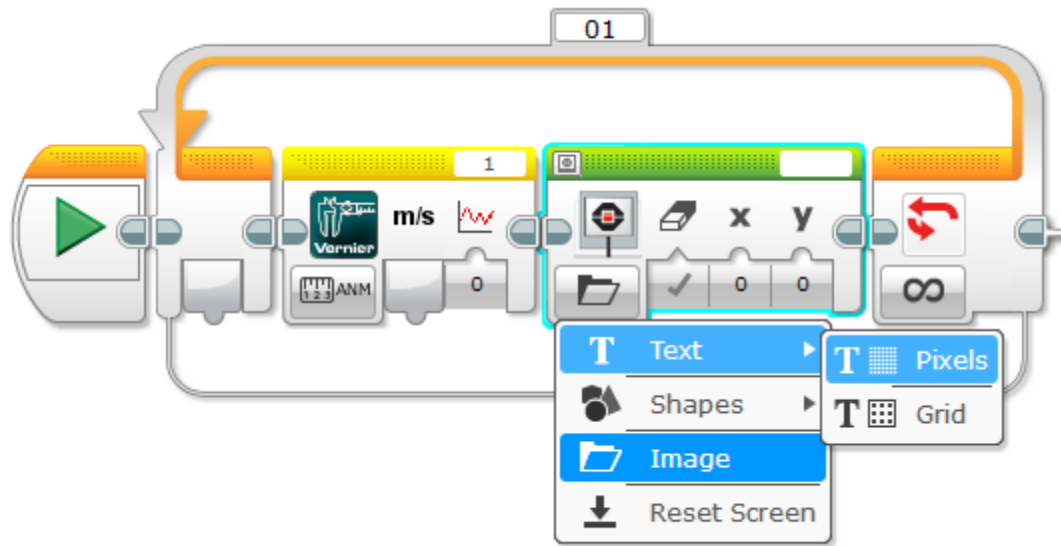
Joonis 24. EV3 arenduskeskkonnas plokk "Display".

Vernier' anduri plokk tuleb anemomeetri jaoks korrektselt seadistada. Valige ploki küljes asuvast menüüst "Measure" alt "Environmental" ja sealt edasi "Anemometer m/s" (Joonis 25).



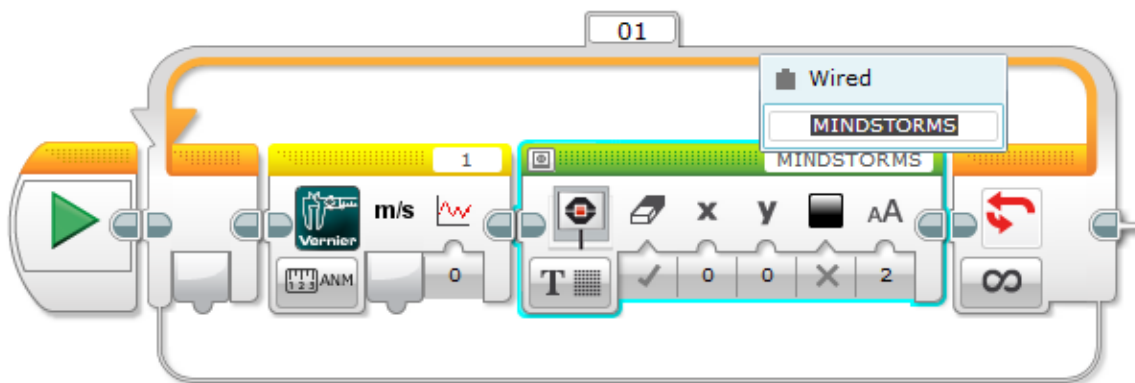
Joonis 25. EV3 arenduskeskkonnas Vernier' sensori ploki tüüpi määramine.

Järgmisena seadistame "Display" ploki Vernier' tuule kiiruse mõõtja näitu kuvama ja ühendame Vernier' ploki väljundi EV3 ekraani esindava "Display" plokiga. Valige "Display" ploki küljes asuvast menüüst kuvatavaks väärtuseks "Text" ja sealt edasi "Pixels" (Joonis 26).



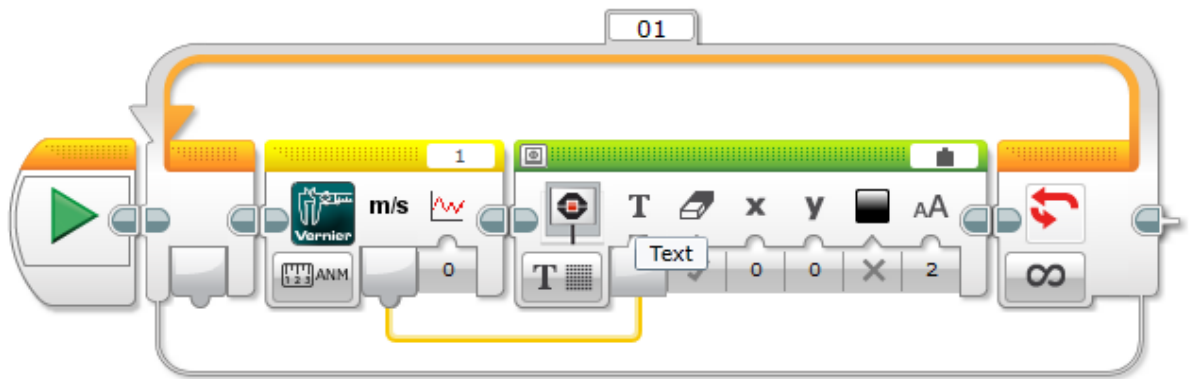
Joonis 26. EV3 keskkonnas “Display” ploki teksti kuvamise seadistamine.

Edasi valige “Display” ploki küljest kuvatavaks väärtuseks vaikeväärtuse asemel “Wired” (Joonis 27). Selline seadistus võimaldab ekraanil kuvada mingit andurilt saadud väärtust.



Joonis 27. EV3 keskkonnas “Display” ploki vaikeväärtuse muutmise.

Nüüd jääb üle vaid Vernier’ anduri ploki väljund lohistada “Display” ploki sisendisse (Joonis 28).



Joonis 28. EV3 keskkonna programm, mis kuvab Vernier' anduri näidu EV3 juhtploki ekraanil.

Programmi käivitamisel kuvatakse juhtploki ühendatud Vernier' anemomeetri näit EV3 juhtploki ekraanil. Eelnevalt kirjeldatud programm ei kuva ekraanile mõõteühikut, milleks on vaikumise meetrit sekundi kohta (m/s).

Antud peatükis kirjeldati, kuidas Vernier' anemomeetrit EV3 ja NXT keskkondades kasutada. Muidugi ei piirdu Vernier' tuule kiiruse mõõtja kasutused eelnevalt kirjeldatud programmidega. Järgmises peatükis tuuakse välja erinevate raskusastmetega näidisülesanded, mida saab Vernier' anemomeetriga lahendada.

## 4 Ülesanded LEGO Mindstorms EV3, NXT ja firma Vernier anemomeetriga

Käesolevas peatükis esitatakse mõned näidisülesanded, mida saab Vernier' anemomeetriga lahendada. Ülesannetes on välja toodud raskustase, eesmärk, ülesande täitmiseks vajalikud vahendid, ülesande püstitus, lihtsustamiseks üks lahendusviis ja ülesande lahendamisel tekkida võinud probleemid. Ülesanded on esitatud raskustaseme kasvamise järjekorras.

### 4.1 Ülesanne 1 - Puhumisvõistlus

**Tase:** Lihtne

**Eesmärk:** Tutvuda Vernier' anemomeetriga ja testida selle töötamist.

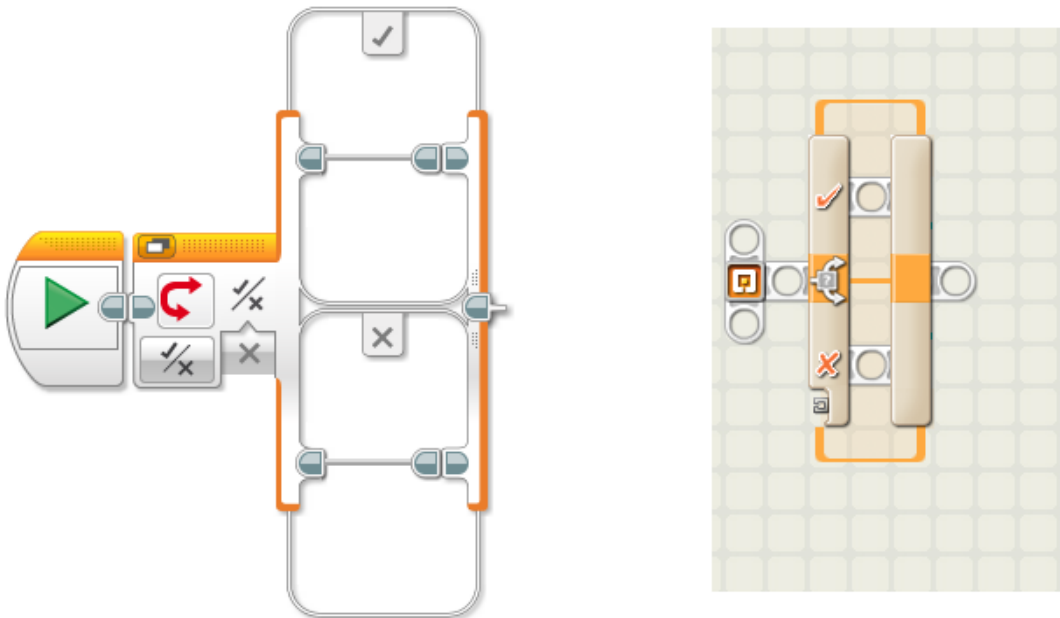
#### Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk või LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Vernier' anemomeeter
- Vernier' NXT adapter
- Kaablid anduri, adapteri ja juhtploki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT tarkvara või LEGO Mindstorms EV3 tarkvara

**Ülesande püstitus:** Ühendada Vernier' anemomeeter kaablite ja Vernier' NXT adapteri abil EV3 või NXT juhtploki. Seada üles eelnevas peatükis kirjeldatud vastava juhtploki tarkvara seadistus ja kontrollida, kas andur kuvab mõõtetulemusi arvutis või juhtploki ekraanil. Üritada andurisse puhudes võimalikult suurt näitu saada. Lihtsustatud version sellest ülesandest on lihtsalt mõõdu kuvamine EV3 või NXT juhtploki ekraanil, mida kirjeldati eelnevas peatükis.

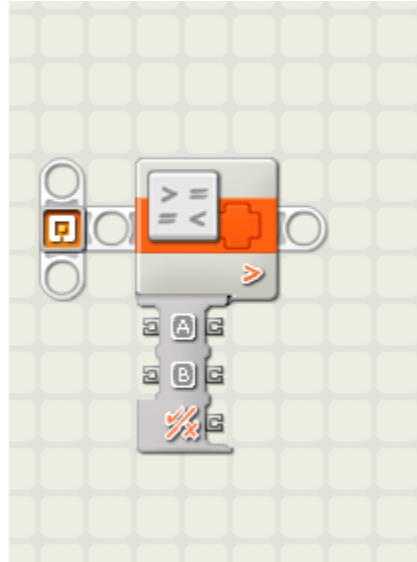
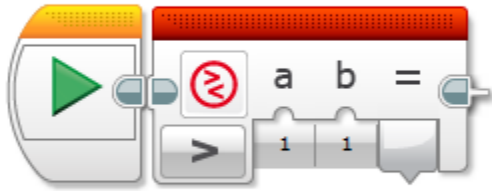
**Lahendus:** Vernier' anemomeeter tuleb Vernier' NXT adapteri abil ühendada EV3 või NXT juhtploki (Joonis 8, Joonis 9). Järgnevalt tutvuge eelnevas peatükis kirjeldatud EV3 või NXT tarkvaraga. Anduri mõõdu kuvamiseks juhtploki ekraanil on vaja kasutada tsükleid, mis paneb anduri pidevalt oma näitu uuendama ning koheselt kuvatakse saadud tulemus juhtploki ekraanil.

NXT ja EV3 arenduskeskkondades on olemas “Switch” plokk, mis võimaldab programmi lisada lüliti, mis aktiveerub, kui mingi sündmus on tõene või väär (Joonis 29). Hetkel on selle lüliti aktiveerivaks sündmuseks kahe arvu võrdlemine.



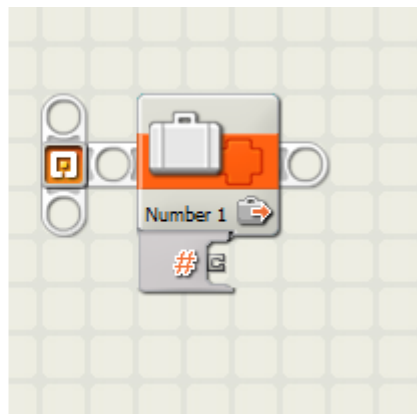
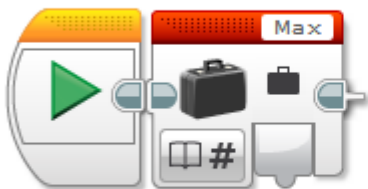
Joonis 29. “Switch” plokk (EV3 keskkonnas vasakul ja NXT keskkonnas paremal).

Kahe arvu võrdlemiseks kasutame “Compare” plokki, mis võimaldab kahte arvuy võrrelda (Joonis 30).



Joonis 30. “Compare” plokk (EV3 keskkonnas vasakul ja NXT keskkonnas paremal).

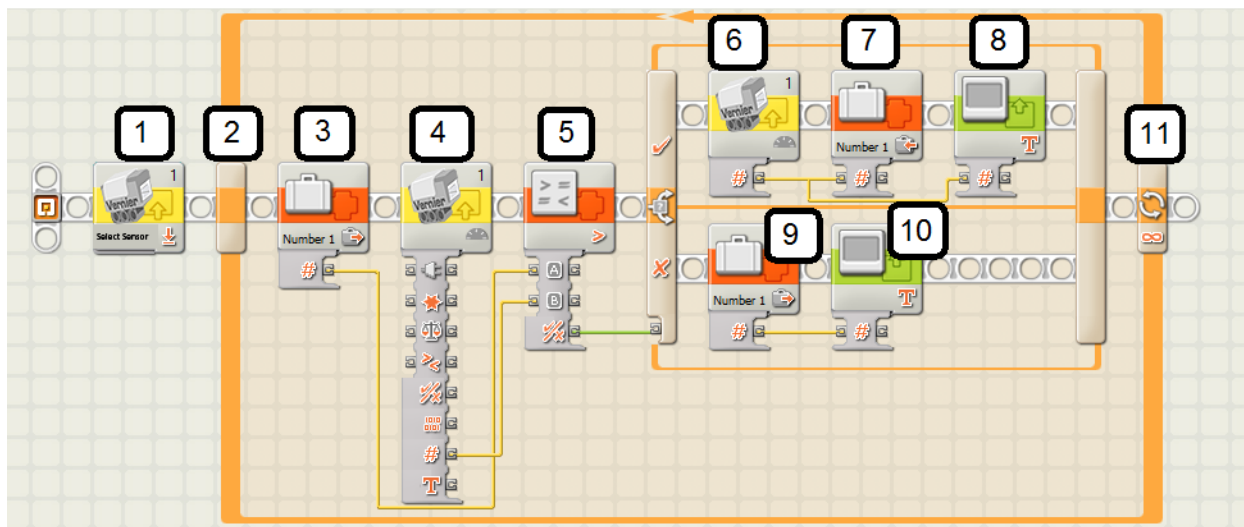
Programmis salvestame hetkel suurima näidu muutujana, selleks on mõlemas keskkonnas olemas “Variable” plokk (Joonis 31). Muutujaga on võimalik näitu lugeda ja kirjutada. Hetkel on vaja salvestada näit numbrina



Joonis 31. “Variable plokk” (EV3 keskkonnas vasakul ja NXT keskkonnas paremal).

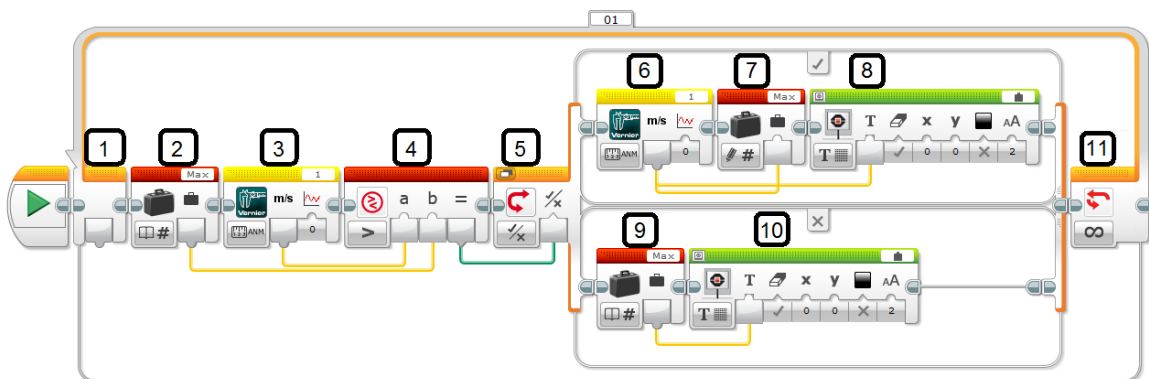
Kasutades eelnevalt mainitud plokkide koos saame kokku panna programmi

NXT keskkonnas on ka vajalik, et enne tsükli algust taastatakse anduri algseadistus. Programmi NXT keskkonna näide on näha joonisel 32 ja EV3 keskkonna näide joonisel 33.



Joonis 32. Ülesanne 1 programmi näide NXT programmeerimiskeskonnas.

1. Vernier' anduri algseadmete taastamise plokk.
2. Tsükli algus.
3. "Variable" plokk, kus salvestatud väärtust hoitakse.
4. Vernier' anduri plokk.
5. "Compare" plokk, mis võrdleb anemomeetri hetke näitu varem talletatud näiduga.
6. Vernier' anduri plokk.
7. "Variable" plokk, mis salvestab uue suurema näidu.
8. NXT ekraani esinav plokk.
9. "Variable" plokk, milles on eelnevalt salvestatud suurima näidu väärtus.
10. NXT ekraani esinav plokk.
11. Tsükli lõpp.



Joonis 33. Ülesanne 1 programmi näide EV3 arenduskeskkonnas.

1. Tsükli algus.
2. "Variable" plokk, kus salvestatud väärtust hoitakse.
3. Vernier' anduri plokk.
4. "Compare" plokk, mis võrdleb anemomeetri hetke näitu varem talletatud näiduga.
5. "Switch" plokk, mis jälgib, kas "Compare" ploki võrdlus on tõene või mitte.
6. Vernier' anduri plokk.
7. "Variable" plokk, mis salvestab uue suurema näidu.
8. EV3 ekraani esinav plokk.
9. "Variable" plokk, milles on eelnevalt salvestatud suurima näidu väärtus.
10. EV3 ekraani esinav plokk.
11. Tsükli lõpp.

### Tekkida võivad probleemid:

NXT keskkonnas:

- Ekraanile ilmub näidu asemel pilt:
  - Ploki "Display" seadmete alt kontrollida, kas "Action" valiku alt oleks valitud "Text" ja mitte "Image".
- Seadme mälus ei ole piisavalt ruumi loodud programmi jaoks:

- Kustutage NXT juhtplokist mittevajaminevad programmid, pildid ja helifailid.

EV3 keskkonnas:

- Ekraanile ilmub näidu asemel midagi muud:
  - Ploki “Display” seadmete alt tuleb kontrollida, kas plokk on seadistatud näitema teksti.
  - Ploki “Display” seadmete alt tuleb määrata, et kuvatav tekst tuleks välisest allikast. Määrake vaikeväärtuse “MINDSTORMS” asemele väärtus “Wired”.
- Seadme mälus ei ole piisavalt ruumi loodud programmi jaoks:
  - Kustutage EV3 juhtplokist mittevajaminevad programmid, pildid ja helifailid.

## 4.2 Ülesanne 2 - Andmete salvestamine anemomeetri abil

**Tase:** Keskmine

**Eesmärk:** Tutvuda EV3 või NXT keskkonna andmete salvestamise võimalustega.

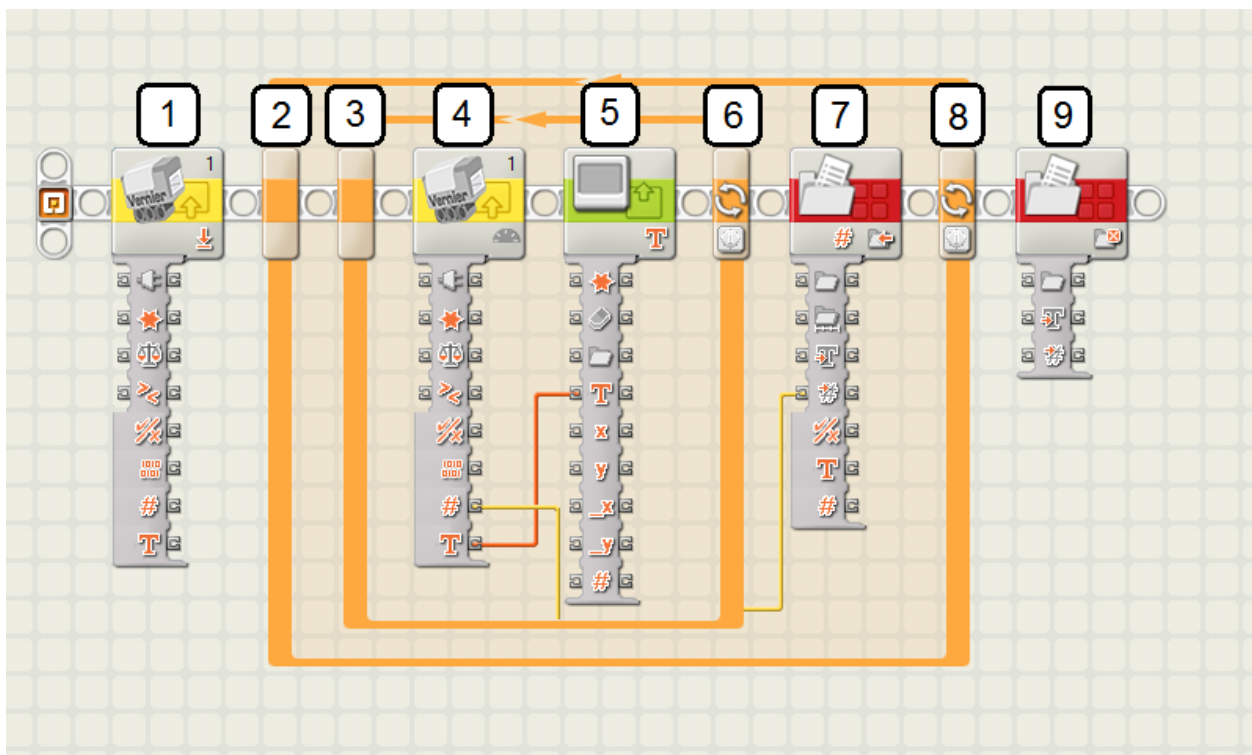
**Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk või LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Vernier’ anemomeeter
- Vernier’ NXT adapter
- Kaablid anduri, adapteri ja juhtploki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT tarkvara või LEGO Mindstorms EV3 tarkvara ja omal valikult üks tabelarvutus- ja tabeltöötlusprogramm.

**Ülesande püstitus:** Ühendada Vernier’ anemomeeter kaablite ja Vernier’ NXT adapteri abil EV3 või NXT juhtplokiga. Mõõta tuule või mõnel muul jõul liikuva õhu liikumise kiirust ja seejärel andmete importimine ja salvestamine mõnda tabelarvutus- ja tabeltöötlusprogrammi.

**Lahendus:** Vernier’ anemomeeter tuleb Vernier’ NXT adapteri abil ühendada EV3 või NXT juhtplokiga (Joonis 8, Joonis 9).

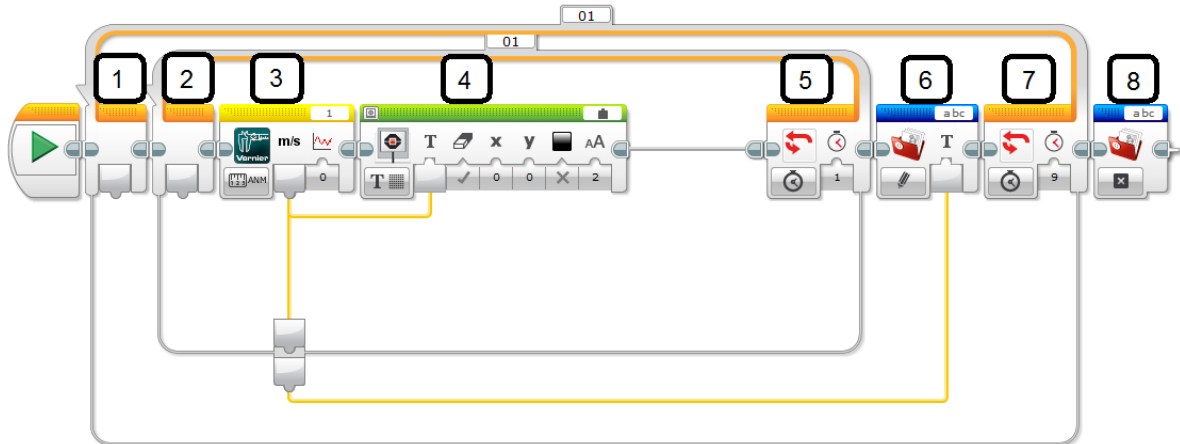
Mõõtetulemuste täpsuse tagamiseks viige andur enne põhiprogrammi algust algseadistusele. Teatud ajavahemikul saadud tulemuste faili kirjutamiseks kasutame kahte tsüklit, millest üks on teise sees. Mõlemad tsüklid on seadistatud töötama mingi kindla ajavahemiku vältel. Sisemise tsükli sees on Vernier' anemomeeter, mis tänu tsüklile salvestab iga kindla ajavahemiku tagant oma näidu faili. Faili lugemise plokk ja "Display" plokk on üldtsükli sees. Peale tsükleid asub veel üks faili lugemise plokk, mis sulgeb faili ning teeb selle kasutaja jaoks kättesaadavaks. Katse tulemused salvestatakse NXT juhtploki mällu tekstifailina. EV3 keskkonnas salvestatakse EV3 juhtploki mällu "Rich Text Document" failina. Programmi näide NXT keskkonnas on joonisel 34 ja EV3 keskkonnas joonisel 35. Näitel teeb andur peale programmi käivitamist kümme näidu salvestamist, iga sekundi tagant üks näit ja salvestab tulemused tekstifaili.



Joonis 34. Ülesanne 2 programmi näide NXT arenduskeskkonnas.

1. Vernier' anduri algseadmete taastamise plokk.
2. Tsükli, mille ajaline pikkus on 1 sekund, algus.
3. Tsükli, mille ajaline pikkus on 9 sekundit, algus.

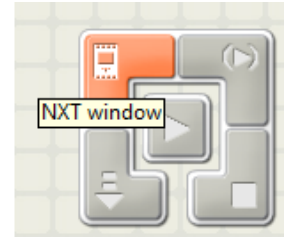
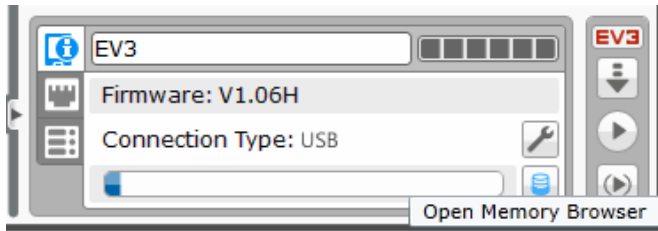
4. Vernier' anemomeetri näidu lugemise plokk.
5. NXT ekraani esindav plokk, mis kuvab anduri näitu.
6. Tsükli, mille ajaline pikkus on 1 sekund, lõpp.
7. Vernier' anemomeetri näidu faili kirjutamise plokk.
8. Tsükli, mille ajaline pikkus on 9 sekundit, lõpp.
9. Tulemuste faili sulgemise plokk.



Joonis 35. Ülesanne 2 programmi näide EV3 arenduskeskkonnas.

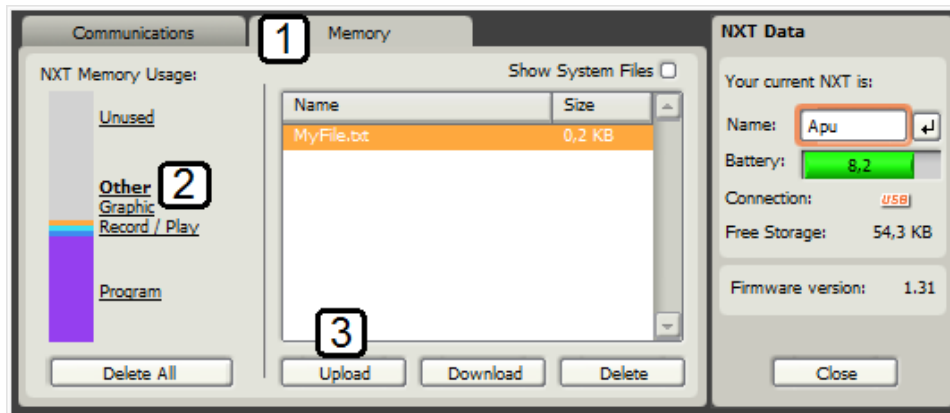
1. Tsükli, mille ajaline pikkus on 1 sekund, algus.
2. Tsükli, mille ajaline pikkus on 9 sekundit, algus.
3. Vernier' anemomeetri näidu lugemise plokk.
4. EV3 ekraani esindav plokk, mis kuvab anduri näitu.
5. Tsükli, mille ajaline pikkus on 1 sekund, lõpp.
6. Vernier' anemomeetri näidu faili kirjutamise plokk.
7. Tsükli, mille ajaline pikkus on 9 sekundit, lõpp.
8. Tulemuste faili sulgemise plokk.

Mõõtmiste tulemuste arvutisse üles laadimiseks ühendage NXT või EV3 juhtplokk arvutiga ning valige EV3 keskkonnas “Open Memory Browser” või NXT keskkonnas “NXT Window” (Joonis 36).



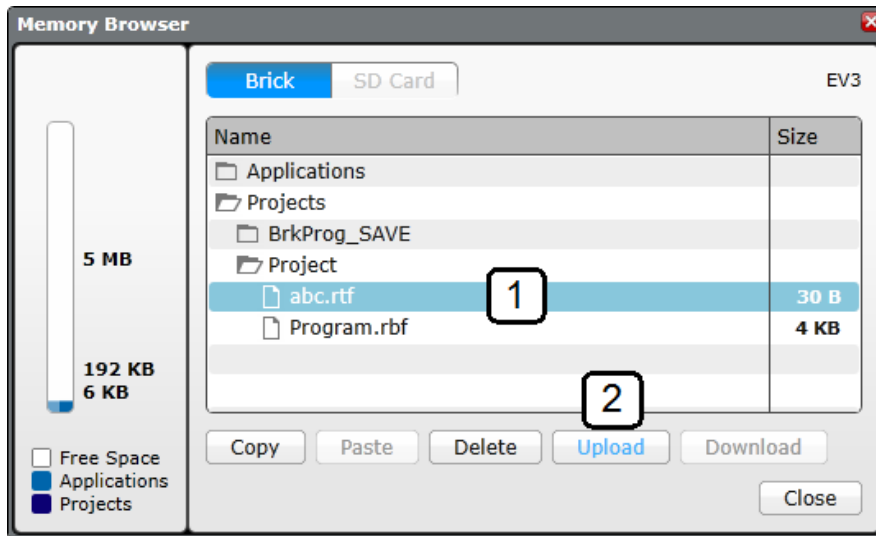
Joonis 36. NXT ja EV3 arenduskeskkonnades juhloki mälu kasutuse avamine.

Seejärel avaneb NXT keskkonnas uus aken, milles tuleb valida vahekaart “Memory” ning seal valida tekst “Other”. Järgmisena valige tulemustega fail ja vajutage nuppu “Upload” (Joonis 37). EV3 arenduskeskkonnas tuleb lihtsalt valida tulemustega fail ja vajutada nuppu upload (Joonis 38).



Joonis 37. NXT juhtloki mälu kasutus.

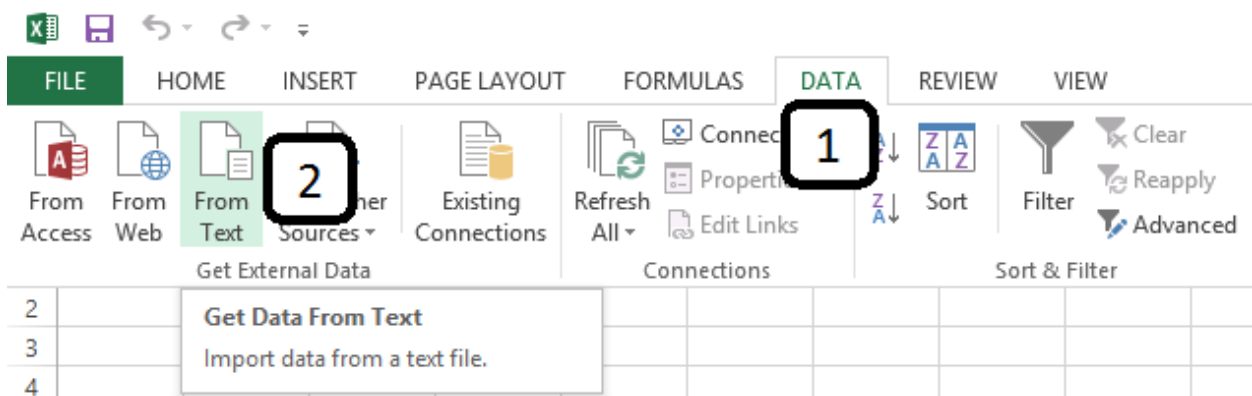
1. Vahekaart “Memory”.
2. Tekst “Other”.
3. Nupp “Upload”.



Joonis 38. EV3 juhtploki mälu kasutus.

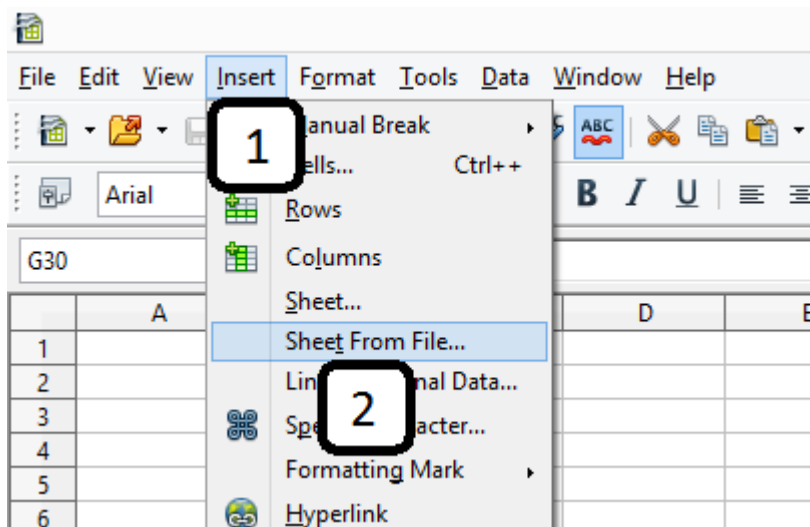
1. Tulemustega tekstifail.
2. Nupp "Upload".

Peale tulemuste faili allalaadimist tuleb avada omal valikul üks tabelitöötlusprogramm. Faili importimiseks tabelitöötlusprogrammiga Microsoft Excel 2013 valige vahekaart "Data" ja avanenud menüüst vajutage nuppu "From Text" (Joonis 39). Faili importimiseks tabelitöötlusprogrammiga OpenOffice Calc valige menüüst "Insert" ja avanenud menüüst vajutage nuppu "Sheet From File..." (Joonis 40).



Joonis 39. Tekstifaili importimine tabelitöötlusprogrammiga Microsoft Excel 2013.

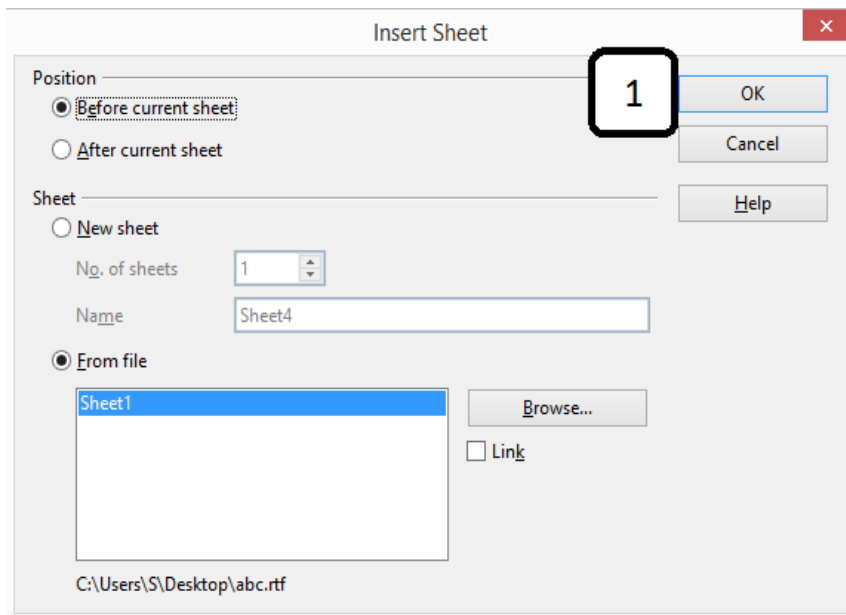
1. Vahekaart "Data".
2. Nupp "From Text"



Joonis 40. Tekstifaili importimine tabeltöötlusprogrammiga OpenOffice Calc.

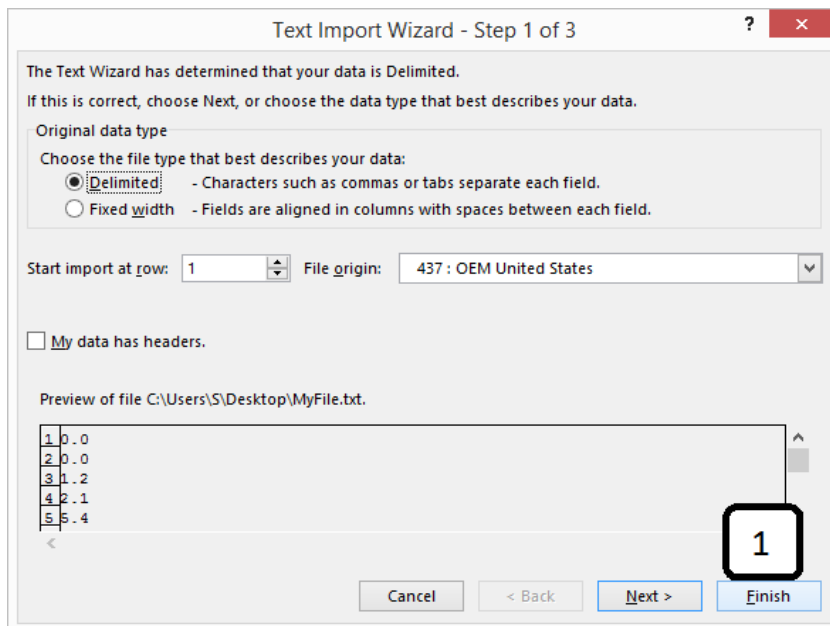
1. Menüü valik "Insert"
2. Nupp "Sheet From File..."

Järgmisena avaneb tabeltöötlusprogrammis aken, milles tuleb valida fail, mida soovite importida. Peale faili valimist avaneb programmis OpenOffice Calc aken, milles mitte midagi muuta pole vaja, piisav nupu "OK" vajutamisest (Joonis 41). Programmis Microsoft Excel 2013 saab importida tavalisi tekstifaile, selleks vajutage peale faili valimist avanenud aknas nuppu "Finish" (Joonis 42). Siinkohal tuleks ära mainida, et programmis Microsoft Excel 2013 ei ole kerge viisi, kuidas importida faile tekstilaiendiga ".rtf". Teistsuguse tekstilaiendiga failide importimiseks avage fail, mida soovite importida, kopeerige kogu faili sisu ja kleepige see programmi tabelisse.



Joonis 41. Programmis OpenOffice Calc tekstifaili importimise ableht.

1. Nupp “OK”.



Joonis 42. Programmis Microsoft Excel 2013 tekstifaili importimise ableht.

1. Nupp “Finish”.

Peale neid samme on Vernier' anemomeetri mõõdetud tulemused tabeltöötlusprogrammi tabeli esimeses tulbas. Mainitud tabeltöötlusprogrammide abil on võimalik imporditud andmeid paramini analüüsida.

### **Tekkida võivad probleemid:**

Kontrollida eelmise ülesande juures esinenud veakohti.

Tulemuste faili ei ole võimalik kasutada:

- EV3 või NXT keskkonnas loodud programmi viimase ploki juures kontrollida, kas ploki "Action" valiku all oleks väärtus "Close". Veel tuleks kontrollida, et välja "Name" väärtused oleksid kõik samasugused. Kõik programmi ploki, mis faili käsitlevad peavad töötama sama faili kallal.

## **4.3 Ülesanne 3 - Tuuliku tuule püüdmise efektiivsuse määramine**

**Tase:** Keeruline

**Eesmärk:** Rakendada Vernier' anemomeetrit praktilise ülesande lahendamiseks. Kalkuleerida tuuliku tuule püüdmise efektiivsus.

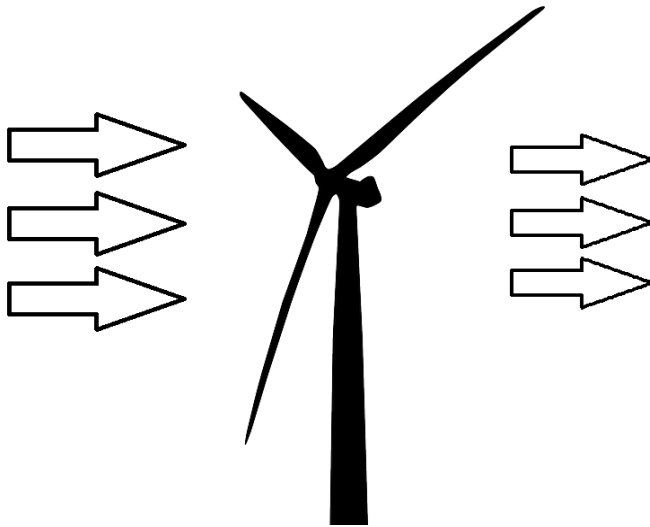
### **Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk või LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Vernier' anemomeeter
- Vernier' NXT adapter
- Tuulik
- Föön, ventilaator või tuuluti
- Kaablid anduri, adapteri ja juhtploki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT tarkvara või LEGO Mindstorms EV3 tarkvara ja omal valikult üks tabelarvutus- ja tabeltöötlusprogramm.

**Ülesande püstitus:** Ühendada Vernier' anemomeeter kaablite ja Vernier' NXT adapteri abil EV3 või NXT juhtploki. Mõõta tuule või mõnel muul jõul liikuva õhu liikumise kiirust tuuliku ees ja taga. Mõõtmisi tuleks teha sekundiliste intervallidega ning vähemalt 20 sekundit. Täpsema tulemuse saamiseks tuleb teha rohkem mõõtmisi. Selleks, et tuule kiirus mõõtmise ajal ei muutuks tuleks teha mõõtmised kunstlik tuule abil. Saadud tulemuste põhjal tuleb eraldi arvutada välja aritmeetilised keskmised mõõtetulemuste jaoks tuuliku ees ja taga. Aritmeetilise keskmise arvutamiseks kasutada omal valikul üht tabelitöötlusprogrammi. Keskmiste põhjal saab edasi välja arvutada tuuliku tuule püüdmise efektiivsuse.

**Lahendus:** Vernier' anemomeeter tuleb Vernier' NXT adapteri abil ühendada EV3 või NXT juhtploki (Joonis 8, Joonis 9).

Eelnevale ülesandele sarnaselt tuleks üles seada programm NXT või EV3 keskkonnas, mis salvestab anemomeetri näidud tekstifaili. Seadke üles tuulik ning selle ette foon, ventilaator või tuuluti. Tuulik peab ühtlase kiirusega pöörlema. Selleks, et tuulik kasutaks ära maksimaalselt tuule jõudu peab peab tuulik olema tuule suunaga risti. Tuuliku kaugus tuule allikast sõltub tuult genereeriva masina ja tuuliku suurusest. Mõõtes tuule kiiruseid anemomeetriga asetage anemomeeter mõõduka kaugusega tuult genereeriva masina ja tuuliku vahele. Tuule kiirused tuuliku ees annavad suuremaid tulemusi, kui teha mõõtmisi tuuliku taga (Joonis 43). Tuulik kasutab osa tuule jõust, et end pöörlema panna ja seda olekut hoida.



Joonis 43. Tuuliku ees ja taga mõõdetud tuule kiiruste tulemused.

Mõõdetud tulemused tuleb eelnevale ülesandele analoogiliselt importida tabelitöötlusprogrammi. Järgmisena tuleb välja arvutada mõõtetulemuste aritmeetiliselt keskmised väärtused. Tabelitöötlusprogrammis Excel 2013 ja OpenOffice Calc saab aritmeetilise keskmise arvutamiseks kasutada funktsiooni “Average” (Joonis 44).

	A	B	C	D	E	F	G
1	2.5						
2	5.4		5.155				
3	5.2						
4	5.4						
5	5.1						
6	5.6						
7	5.2						
8	5.4						
9	5						
10	4.9						
11	5.3						
12	5.5						
13	5.5						
14	5.6						
15	5.4						
16	5.3						
17	5.3						
18	5.2						
19	5.1						
20	5.2						
21							

Joonis 44. Aritmeetilise keskmise arvutamine programmiga Excel 2013.

Tuuliku taga mõõdetud tulemus tuleb jagada tuuliku ees mõõdetud tulemusega. Saadud tulemus peaks olema nulli ja ühe vahel, sest tuuliku taga mõõdetud tuule kiirus peaks olema väiksem, kui tuuliku ees saadud näit. Jagatis on tuule protsent, mis tuulikust mööda pääses ning ei mõjutanud otseselt tuuliku liikumist. Lahutage saadud jagatis ühest ja seejärel korrutage sajaga. Vastuseks saadud arv on tuuliku tuule püüdmise efektiivsuse protsent.

### **Tekkida võivad probleemid:**

Kontrollida eelmise ülesande juures esinenud veakohti.

## **4.4 Ülesanne 4 - Tuule suuna määramine**

**Tase:** Raske

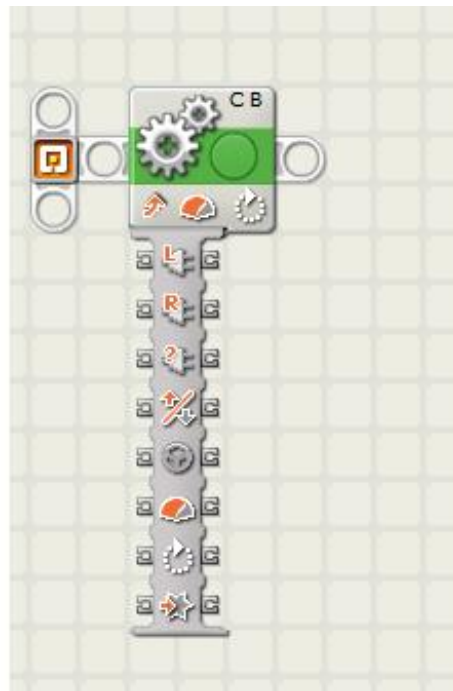
**Eesmärk:** Rakendada NXT või EV3 juhtploki koos Vernier' anemomeetriga praktilise ülesande lahendamiseks.

### **Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms NXT juhtplokk või LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Vernier' anemomeeter
- Vernier' NXT adapter
- Kaablid anduri, adapteri ja juhtploki ühendamiseks
- Tarkvara arvutis - LEGO Mindstorms NXT tarkvara või LEGO Mindstorms EV3 tarkvara

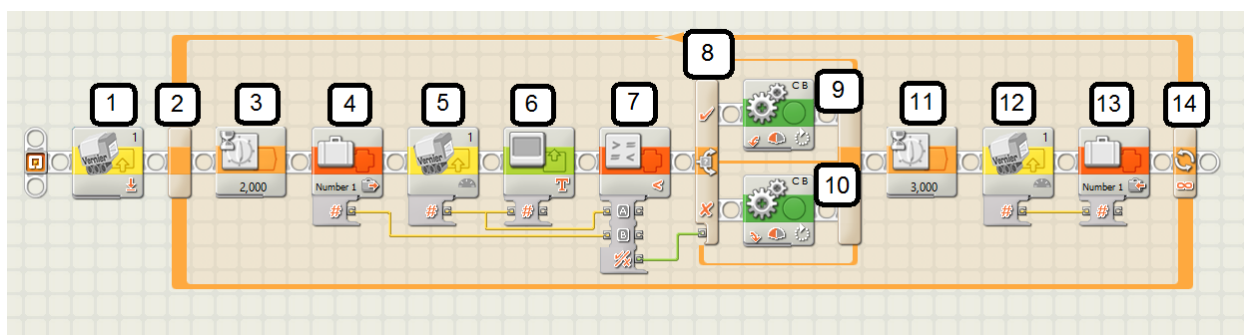
**Ülesande püstitus:** Ühendada Vernier' anemomeeter kaablite ja Vernier' NXT adapteri abil EV3 või NXT juhtploki külge nii, et tiivik oleks maapinna suhtes vertikaalselt ja anemomeeter ise ei liiguks ringi. Järgmisena tuleb ehitada robot, mis on võimeline ennast koos anemomeetriga pöörata. Peale seda tuleb robot programmeerida pöörata ennast umbes 15°, mõõtma tuule kiirust ning tulemus salvestada. Seda tegevust korda robot seni, kuni anemomeeter on risti tuule suunaga.

**Lahendus:** Vernier' anemomeeter tuleb Vernier' NXT adapteri abil ühendada EV3 või NXT juhtploki (Joonis 8, Joonis 9). EV3 või NXT juhtploki külge tuleb ühendada suured või keskmised mootorid, mille abil juhtplokk hiljem liikuma pannakse. Mootorid tuleb ühendada EV3 kaablite abil portidesse A, B või C. Hiljem tuleb NXT või EV3 arenduskeskkonnas programmeerides arvestada, millistesse portidesse on mootorid ühendatud. EV3, kui ka NXT keskkonnas on olemas plokid, mis võimaldavad mootoreid vastavalt kasutaja soovidele liikuma panna. Juhtploki programm peaks kasutama lõpmatut tsüklit. Tsüklil kasutab taimerit, mis viivitab anemomeetri näidu faili kirjutamist, et anemomeetri näit saaks stabiliseeruda. Programm kasutab "Compare" ja "Variable" plokkide, et võrrelda tuule kiirust hetkel ja enne pöörde sooritamist. Robot pöörab ennast ühes suunas. Vastavalt anemomeetri näit, kas kasvab või kahaneb. Kasvava näidu korral pöörab robot ennast samas suunas edasi ning juhul, kui järgmisel pöördel on anemomeetri näit väiksem, kui eelmisel, pöörab robot ennast positsiooni tagasi. Kuna tegu on lõpmatu tsükliga töötab robot edasi. Kasutaja ülesanne on üles märkida suund, kus robot sellise manöövri tegi. Roboti pööramiseks kasutatakse EV3 keskkonnas "Move Steering" plokk (Joonis 45) või NXT keskkonnas "Move" plokk (Joonis 45).



Joonis 45. Roboti liigutamiseks vajalik plokk (Vasakul “Move Steering” plokk EV3 keskkonnas ja paremal “Move” plokk NXT keskkonnas).

Programmi näide NXT keskkonnas on joonisel 46 ja EV3 keskkonnas joonisel 47. Programmi on soovitatav modifitseerida vastavalt kasutaja vajadustele ja kasutatavatele vahenditele.

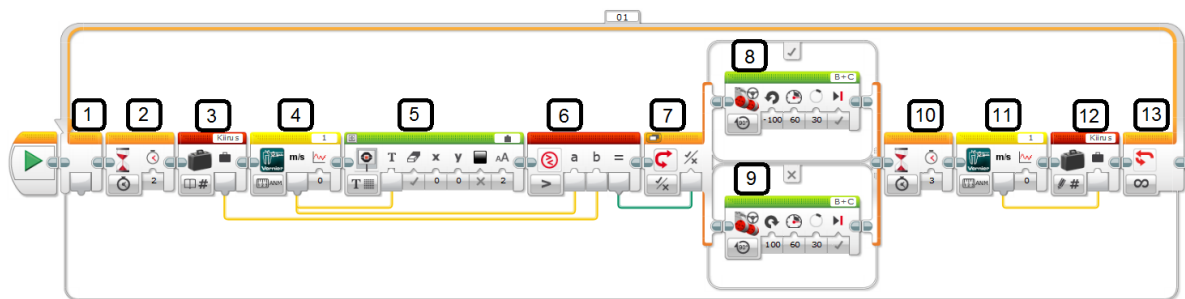


Joonis 46. Ülesanne 4 programmi näide NXT arenduskeskkonnas.

1. Vernier' anduri algseadmete taastamise plokk.
2. Tsükli algus.
3. Taimer, mis ootab 2 sekundit.

4. Muutuja, mida võrreldakse anemomeetri näiduga.
5. Vernier' anemomeetri andurit plokki.
6. NXT ekraani esindav plokki, mis kuvab anduri näitu.
7. "Compare" plokki, mis võrdleb anemomeetri hetke näitu varem talletatud näiduga.
8. "Switch" plokki, mis vastavalt anemomeetri näitude võrdlusele valib tegevuse.
9. "Move Steering" plokki, mis pöörab vasakule.
10. "Move Steering" plokki, mis pöörab paremale.
11. Taimer, mis ootab 3 sekundit.
12. Vernier' anemomeetri andurit plokki.
13. Muutuja, mille väärtus on anemomeetri näit uues positsioonis.
14. Tsükli lõpp.

Roboti pööramise ploki seadmed sõltuvad roboti ehitamisel kasutatud vahenditest. Kindlasti katsetage enne sensori lisamist, kas ehitatud robot pöörab ennast vastavalt kirjutatud programmile.



Joonis 47. Ülesanne 4 programmi näide EV3 arenduskeskkonnas.

1. Tsükli algus.
2. Taimer, mis ootab 2 sekundit.
3. Muutuja, mida võrreldakse anemomeetri näiduga.
4. Vernier' anemomeetri andurit plokki.
5. EV3 ekraani esindav plokki, mis kuvab anduri näitu.
6. "Compare" plokki, mis võrdleb anemomeetri hetke näitu varem talletatud näiduga.

7. "Switch" plokk, mis vastavalt anemomeetri näitude võrdlusele valib tegevuse.
8. "Move Steering" plokk, mis pöörab vasakule.
9. "Move Steering" plokk, mis pöörab paremale.
10. Taimer, mis ootab 3 sekundit.
11. Vernier' anemomeetri andurit plokk.
12. Muutuja, mille väärtus on anemomeetri näit uues positsioonis.
13. Tsükli lõpp.

Näites toodud programmis määrab robot, millal hakkab anemomeetri näit kahanema. Robot liigub tagasi, kui on leidnud seni suurima näiduga suuna ja järgmise pöörde sooritamisel on näit hakkanud kahanema.

### **Tekkida võivad probleemid:**

Kontrollida eelmise ülesande juures esinenud veakohti.

- Robot ei liigu vastaval tuule kiiruse muutusele.
  - Tuleb kontrollida, et "Variable" plokkid oleks õigesti seadistatud. Õigetes kohtades peavad olema "Read" või "Write" seadistusega plokkid. "Variable" plokkid peavad olema sama nimega, muidu ei toimu muutuja lugemise ja kirjutamise operatsioonid ühe ja sama muutuja peal.
  - Anemomeetri tulemust võivad segada juhtmed või roboti ehtamisel kasutatud LEGO jupid. Tehke kindlaks, et anemomeetri näitu ei segaks kõrvalised tegurid.
  - Programm ei oota piisavalt kaua, et anemomeetri näit saaks stabiliseeruda. Muutke programmis olevate taimerite plokkide ooteaega.
- Robot ei liigu vastavalt robotit liigutavate plokkide seadistusele.
  - Tuleb kontrollida, kas juhtploki külge kinnitatud mootorid on ühendatud õigestesse portidesse.
  - Tuleb veenduda, et liikumise plokk oleks seadistatud korrektselt. Soovitav on eelnevalt ploki seadistusega katsetada, proovides seadistuses erinevaid väärtusi.

- Liikumise ploki seadmeid tuleb muuta vastavalt mootorite külge ühendatud rataste disainile.

Kindlasti ei piirdu EV3 ja NXT juhtploki ja Vernier' anemomeetri kasutused eelnevalt väljatoodud ülesannetega. Autor soovib sooja südamega peale eelnevalt välja toodud ülesannete lahendamist luua ise huvitavaid ülesandeid, pannes oma oskused veel kord proovile. Eelnevalt mainitud Vernier' anduri plokiga ühilduvad ka paljud teised andurid peale anemomeetri. Soovitan EV3 ja NXT juhtplokkide unarusse jätmise asemel võtta esile uued andurid ja uued sihid.

## Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua õpilastele ja õpetajatele eestikeelne õppematerjal LEGO Mindstorms EV3 ja NXT'ga ühilduvast Vernier' anemomeetrist. Õppematerjal ja andur sobivad kasutamiseks füüsika või keemia tundides ning robotika ringides.

Antud töös kirjeldati tuult, kui füüsikalist nähtust, anti lugejale ülevaade anemomeetri ajaloost ning kirjeldati tänapäeval kasutatavaid tuule kiiruse mõõtjaid ja nende tööpõhimõtteid. Veel sisaldab töö kasutusjuhendeid, kuidas Vernier' anemomeetrit LEGO Mindstorms EV3 ja NXT baaskomplektidega kasutada. Lisaks on toodud töös välja mõned ülesanded, mida saab Vernier' anemomeetri ja NXT või EV3 baaskomplektiga lahendada.

Tänu valminud töö põhjalikkudele kirjeldustele ei pea õpetaja ega õpilased kulutama oma aega materjalide otsimiseks. Loodud materjali põhjal on võimalik luua uusi ülesandeid, millega õpilased saavad oma teadmised ja oskused proovile panna.

Töö loomine oli huvitav ja hariv ning andis autorile uusi teadmisi tuule mõõtmise valdkonnas ning kogemusi robotika valdkonnas. Lisaks sai autor parandada oma kirjutamisoskusi. Tööd kirjutades sain kasutada NXT ja EV3 arenduskeskkondi. Algselt eeldasin, et töö tuleb ainult anduri ühilduvusest NXT baaskomplektiga, kuid hiljem sain teada, et andur on ka ühilduv EV3 baaskomplektiga.

## Viited

- [1] „Anemometer - HowStuffWorks,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.logicenergy.com/articles/history-anemometer/> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [2] „Anemometr,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.quido.cz/objevy/anemometr.a.htm> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [3] „History of the Anemometer,“ [Võrgumaterjal].  
<http://science.howstuffworks.com/nature/climate-weather/meteorological-instruments/anemometer-info.htm> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [4] „Anemometer - Introduction to Air Velocity Measurement,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.omega.com/prodinfo/anemometers.html> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [5] G. Dall’O’, Green Energy Audit of Buildings: A Guide for Sustainable Energy Audit of Buildings, 2013. lk 76
- [6] „Anemometer,“ [Võrgumaterjal].  
<http://nptel.ac.in/courses/123106002/MODULE%20-%20X/Lecture%201.pdf> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [7] „eFunda: Introduction to Hot-Wire Anemometers,“ [Võrgumaterjal].  
[http://www.efunda.com/designstandards/sensors/hot\\_wires/hot\\_wires\\_intro.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/sensors/hot_wires/hot_wires_intro.cfm) (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [8] „eFunda: Theory of Hot-Wire Anemometers,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2011/04/Anemometer.pdf> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [9] „LECTURE 1 - 3.0 VANE ANEMOMETER,“ [Võrgumaterjal].  
[http://www.efunda.com/designstandards/sensors/hot\\_wires/hot\\_wires\\_theory.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/sensors/hot_wires/hot_wires_theory.cfm) (viimati vaadatud 14.05.2014)

- [10] „Leonardo da Vinci's Anemometer Invention,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.cas.manchester.ac.uk/restools/instruments/meteorology/sonic/> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [11] „Sonic Anemometers (Centre for Atmospheric Science - The University of Manchester),“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.da-vinci-inventions.com/anemometer.aspx> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [12] „NWS JetStream - Origin of Wind,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.srh.noaa.gov/jetstream//synoptic/wind.htm> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [13] „Vernier Anemometer User Manual,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.vernier.com/files/manuals/anm-bta.pdf> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [14] „LEGO.com customerservice FAQ - Products - Themes - MINDSTORMS - MINDSTORMS NXT,“ [Võrgumaterjal].  
<http://service.lego.com/en-us/helptopics/products/themes/mindstorms/mindstorms-nxt/nxt-software-download> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [15] „Vernier NXT Sensor Block > Vernier Software & Technology,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.vernier.com/engineering/lego-nxt/vernier-sensor-block/> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [16] „Download Software - Downloads - Mindstorms LEGO.com,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.lego.com/en-us/mindstorms/downloads/download-software> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [17] „Vernier EV3 Sensor Block > Vernier Software & Technology,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.vernier.com/engineering/lego-ev3/ev3-sensor-block/> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [18] „A New World Wind Speed Record at 253 MPH! - The WeatherMatrix Blog Weather Blog,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.accuweather.com/en/weather-blogs/weathermatrix/a-new-world-wind-speed-record-at-254-mp/24085> (viimati vaadatud 14.05.2014)

- [19] „Mount Washington Observatory | World Record Wind,“ [Võrgumaterjal].  
<https://www.mountwashington.org/about-us/history/world-record-wind.aspx> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [20] „NXT Sensor Adapter > Products > Vernier Software & Technology,“ [Võrgumaterjal].  
<http://www.vernier.com/products/interfaces/bta-nxt/> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [21] „The History of the Anemometer | eHow,“ [Võrgumaterjal].  
[http://www.ehow.com/facts\\_4924856\\_who-invented-anemometer.html](http://www.ehow.com/facts_4924856_who-invented-anemometer.html) (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [22] *Hooke* *anemometer.* [Pilt].  
<http://www.quido.cz/objevy/hooke.gif> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [23] *Cup* *anemometer.* [Pilt].  
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Anemometer.jpg> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [24] *Cup* *Vane* *Anemometer.* [Pilt].  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Prop\\_vane\\_anemometer.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Prop_vane_anemometer.jpg) (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [25] *Hot* *Wire* *Anemometer.* [Pilt].  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Hot\\_wire.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Hot_wire.JPG) (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [26] *Sonic* *Anemometer.* [Pilt].  
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/WindMaster.jpg> (viimati vaadatud 14.05.2014)
- [27] *Vernier* *Anemometer.* [Pilt].  
[http://www.vernier.com/images/cache/product.anm-bta\\_hero\\_withbar.001.590.332.jpg](http://www.vernier.com/images/cache/product.anm-bta_hero_withbar.001.590.332.jpg)  
(viimati vaadatud 14.05.2014)

## Lisad

### I. Tööda kaasas olevate ülesannete lahenduste failid

Tabelis 2 on välja toodud neljandas peatükis esitatud ülesannete lahendused.

Tabel 2. Ülesannete lahenduste failid.

<b>Faili nimi</b>	<b>Kommentaar</b>
yl1.ev3	Esimese ülesande lahendus EV3 keskkonnas.
yl2.ev3	Teise ülesande lahendus EV3 keskkonnas.
yl4.ev3	Neljanda ülesande lahendus EV3 keskkonnas.
yl1.rbt	Esimese ülesande lahendus NXT keskkonnas.
yl2.rbt	Teise ülesande lahendus NXT keskkonnas.
yl4.rbt	Neljanda ülesande lahendus NXT keskkonnas.

## II. Litsents

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina **Silver Tiik** (sünnikuupäev: 25.02.1993)

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
**LEGO Mindstorms EV3 ja NXT komplektiga ühilduv Vernier' anemometer**, mille juhendajad on Anne VILLEMS, Taavi DUVIN ja Alo PEETS,
  - 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 autoriõiguste 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, **14.05.2015**