



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

## **ESISAHA JUHTKONTROLLERI ARENDAMINE**

## **DEVELOPMENT OF FRONT SNOW PLOW CONTROLLER**

### **BAKALAUREUSETÖÖ**

Üliõpilane: Marko Ojasoo

Üliõpilaskood : 164586MAHB

Juhendaja: Leo Teder, EE instituudi assistent

Tallinn 2021

(Tiitellehe pöördel)

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplom taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

18.05.2021

Autor: Marko Ojasoo

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

18.05.2021

Juhendaja: Leo Teder

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina, Marko Ojasoo (sünnikuupäev: 24.05.1996 )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose esisaha juhtkontrolleri arendamine, mille juhendaja on Leo Teder,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

Marko Ojasoo /allkirjastatud digitaalselt/

18.05.2020

# TalTech

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Marko Ojasoo, 164586 (nimi, üliõpilaskood)  
**Õppekava, peeriala:** MAHB02/13, Mehhatroonika (kood ja nimetus)  
**Juhendaja(d):** Leo Teder, assistent, +372 620 3305 (nimi, amet, telefon)  
**Konsultant:** Raoul Renser, Tootearenduse peadisainer (nimi, amet)  
Meiren Engineering OÜ, +372 56 61 61 41, Raoul.Renser@meiren.ee (ettevõtte, telefon, e-post)

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Esisaha juhtkontrolleri arendus

(inglise keeles) Development of front snow plow controller

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Luua suhtlus nutitahvli äpi ja PLC vahel
2. Esisaha käskude realiseerimine PLC'ga
3. Reaalne testimine sahaga

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Esialgne andmete kogumine	5.03.2021
2.	Tarkvara valimine	7.03.2021
3.	Programmi kirjutamine <i>bluetoothi</i> suhtluseks	13.03.2021
4.	Programmi testimise läbi <i>bluetoothi</i>	25.03.2021
5.	Vigade parandamine ja lõputöö täiustamine	27.03.2021
6.	Programmi täiendamine hüdraulika juhtimiseks	8.04.2021
7.	Hüdraulika testimine	17.04.2021
8.	Vigade parandamine ja lõputöö täiustamine	30.04.2021
9.	Töö viimistlus	7.05.2021

**Töö keel:** Eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** 18. Mai 2021.a

**Üliõpilane:** Marko Ojasoo ..... "....." ..... 2021.a

**Juhendaja:** Leo Teder ..... "....." ..... 2021.a

**Konsultant:** Raoul Renser ..... “.....” ..... 2021.a

**Programmijuht:** Mart Tamre ..... “.....” ..... 2021.a

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse*

*Järgnevalt*

### **Lõputöö avalikustamise piirangud**

Taotleme firma Meiren Engineering OÜ poolt tudengi Marko Ojasoo lõputööle avalikustamise piirangut. Lõputöö lisadesse tuleb eeldatavalt firma siseseid dokumente ning programmi loogika, mis võimaldaks konkureerivatel firmadel kuritarvitada lõputööga valminud lõpliku projekti, kuid ilma milleta võib jääda töö sisu arusaamatuks või poolikuks.

Palume kaitsmisel arvestada kuid hiljem mitte avaldada lõputöö lisasid, millele on tehtud märged „konfidentsiaalne“.

### **Kinnitan:**

Allkiri: (Allkirjastatud digitaalselt)

Nimi (otsene juht): Raoul Renser

Kuupäev: 3.03.2021

# SISUKORD

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	8
1. SISSEJUHATUS .....	9
1.1. Meireni esisahk .....	9
1.2. Projekti nõuded .....	10
2. ELEKTROONIKA .....	12
2.1. Komponentide valik.....	12
2.2. PLC, CR2532.....	12
2.3. Pistikud .....	13
2.4. Andurid .....	14
2.5. Vastuvõtja .....	15
2.6. Tahvelarvuti .....	15
2.7. Juhtkang .....	16
2.8. Kaitsmed .....	18
2.9. Komponentide paigutamine .....	19
2.9.1. Komponentide mõõtmed ja nende paiknemine elektrikilbis .....	20
2.10. Komponentide lõppvalik .....	23
3. PROGRAMMEERIMINE.....	25
3.1. <i>Bluetooth</i> kanalid .....	25
3.2. UML.....	26
3.3. Juhtkangi kasutamine.....	29
3.4. Programmi kirjutamine .....	30
3.4.1. CAN info lugemine.....	30
3.4.2. Funktsioonide formuleerimine.....	30
4. TESTIMISE TULEMUSED .....	32
4.1. PWM viga .....	33
4.2. Häda-stopp .....	33
4.3. Elektrikilp .....	35
5. KOKKUVÕTE.....	36
6. CONCLUSION .....	37

KASUTATUD KIRJANDUS ..... 38

## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

CAN - Ühendatud kontrolleri võrk (*Controller Area Network*)

CD - Andmekandjana kasutatav optiline ketas (*Compact disc*)

DIN - Saksa Standardiinstituut (*Deutsches Institut für Normung*)

EOF - Signaali lõpp (*End of Frame*)

IP - Sissetungikaitse (*Ingress Protection*)

PLC - Programmeeritav loogika kontrolleri (*Programmable Logic Controller*)

PVE - Proportsionaalse klapi elektriline ajam (*Proportional Valve Electric actuator*)

PVEA - Proportsionaalse klapi elektriline ajam, millel on 2-6% hüsterees (*Electrical Actuator-Fine Proportional with 2-6% hysteresis*)

PVEH - Proportsionaalse klapi elektriline ajam, millel on 4-9% hüsterees (*Electrical Actuator-High Proportional with 4-9% hysteresis*)

PVHC - Proportsionaalse klapi elektriline ajam, mida juhitakse kahelt poolt PWM signaaliga (*Proportional Valve variant with High Current controlled valve actuator*)

PWM - Pulsilaiusmodulatsioon (*Pulse-width modulation*)

SOF - Signaali algus (*Start of Frame*)

UML - Ühtne modelleerimiskeel (*Unified Modeling Language*)

USB - Universaalne jadasiin (*Universal Serial Bus*)

WLAN - Traadita side kohtvõrk (*Wireless Local Area Network*)



# 1. SISSEJUHATUS

Käesolev bakalaureusetöö on mõeldud firmale Meiren Engineering OÜ arendamiseks välja võimalus sahkade kontrollimiseks kasutades nutitahvli. Lõputöö eesmärk on luua esialgne juhtsüsteem, mis on võimeline tagama esisaha täisfunktsionaalsuse. Lisaks peab jääma arenguruumi teiste sahkade juhtimiseks ning lisaseadmete ühendamiseks. See tähendab hüdraulikaseadmete juhtimist, mille läbi on võimalik sahkasid liigutada, ning vajalike töörihkude mõõtmist ja hoidmist. Vaja on arendada välja ühtne suhtlus tahvelarvuti ning programmeeritava loogikakontrolleri (edaspidi „PLC“) vahel, mille kaudu vajalik informatsioon liigub tahvli ning kontrolleri vahel.

## 1.1. Meireni esisahk

Firma Meiren engineering OÜ on omale kuulsust kogunud just esisahkade tootmisega. Näiteks kõige populaarsem toode firma kataloogist on külgnihutusega maantesahad, millega on teeäärte puhastamine mugavam kui tavalise sahaga [1].



Joonis 1.1. Meiren Engineering OÜ poolt toodetud sahk parallelogrammiga

Esisahk on autoga ühendatud kasutades kronsteini või parallelogrammi ning hüdrocilindreid. Silindri kolvi poolsesse ossa rõhu sisse laskmisel liigub vars kolvist välja ning seeläbi sahk pöörab või tõuseb. Vastupidiseks liigutamiseks tuleb õli teistpidi tööle panna, ehk õli tuleb suruda silindrisse varre poolse ühenduse kaudu. Selleks, et kontrollida kuhu poole õlisurve läheb, tuleb kasutada suunavaid solenoidklappe. Täielik hüdrooskeem on firmasisene dokument, mis avalikustamisele ei kuulu [2].



Joonis 1.2. Meiren Engineeringu sahk autoga ühendatuna.

Varasemalt on kasutanud Meiren Engineering OÜ allhankena tellitud lahendust, mis on juba aegumas ning mille tarkvara uuendamise õigus kuulub teisele firmale. Varasemal lahendusel tekkis aegajalt probleeme ka vana riistvaraga ja seetõttu plaanib firma ise uue lahenduse luua.

## 1.2. Projekti nõuded

Peamiseks nõudeks on kontrolleri võime suhelda tahvelarvuti ja juhtkangiga ning realiseerida käsud, mis sellele edastatakse. Lisaks peab jääma võimalus vajaduspõhiselt lisada erinevate sahkade kontrollsüsteeme juhuks, kui on vaja samaaegselt juhtida mitut auto küljes olevat sahka.

Töö autori eesmärgiks valida välja süsteemi jaoks tarkvara, juhtsüsteem koostada ning kirjutada loogikakontrolleri jaoks programm, mis suudab tahvlist saadetud käsud lahti kodeerida ning nende järgi kontrollida hüdraulikat. Programm peab olema suuteline kahepooleks suhtluseks tahvliga, mis tähendab, et tahvel edastab kontrolleri kasklusi ning programmil peab olema võimalus saata tahvlele silindrites mõõdetud tööõhku ning õlitemperatuuri.

Uus kontrolleri skeem peab olema võimalikult sarnane eelnevalt kasutuses olnud versioonile, et oleks võimalik väheste muudatustega vanad masinad tuua uue süsteemi peale. Seetõttu ei tohi hüdraulika skeem tunduvalt muutuda. Muutmisele läheb sahkade peamised liigutamise jagajad, mille ON/OFF solenoidid vahetatakse proportsionaalsete ajamite vastu. Uuendatud süsteem peab kasutama silindrite kontrollimiseks pulsilaiusmodulatsiooni (edaspidi PWM) või pinge moduleerimist. See

tähendab, et kontrollierist on võimalik ühte hüdrosilindrit kahtepidi liigutada, kasutades juhtkontrollierist ainult ühte väljundit. Võrreldes PWM klappe eelnevalt kasutusel olnud ON/OFF solenoidide süsteemiga, on uue variandi eeliseks võime kasutada kontrollieri ühte väljundit jagaja kahepoolseks kontrolliks kui eelnevalt oli selleks vaja kahte signaali. Lisaks tagab proportsionaalne jagaja võimaluse avada siibreid ka osaliselt, mis annab võimaluse täpselt kontrollida silindritesse voolavat õlikogust ning seeläbi võimaldab silindrite asendite täpse juhtimise.

Antud lõputöö on jaotatud kolmeks suuremaks osaks. Esimeses osas on lahti selgitatud elektrisüsteemi jaoks valitud komponendid ning elektriskeemi koostamise etapid. Teises osas koostatakse juhtprogrammi ja äpi vahelise suhtluse ning programmeeritakse juhtsüsteem. Kolmandas osas viiakse masina peal läbi esisaha juhtsüsteemi katsetus ning lahendatakse testimise käigus tekkinud probleemid.

## **2. ELEKTROONIKA**

### **2.1. Komponentide valik**

Süsteemi komponendid tuleb valida põhimõttega, et kõik detailid töötaksid masina aku pingel, milleks üldjuhul on veoautodel 24 V alalisvool[3]. Tuleb arvestada ka auto aku muutliku pingega sõltuvalt laengute tasemest ning aku vanusest.

Lisaks peab kogu süsteem kannatama talviseid tingimusi, sest süsteemi kasutatakse üldjuhul pakaselistes oludes, kuid tuleb arvestada vahel ka soojemate tingimustega. Maamessidel osaledes või tulevikus teeharja ühendamisel peab süsteem kannatama ka kuumemaid tingimusi. See tähendab, et kogu elektroonika peab suutma töötada ka kõige madalamate miinus- ning maksimumkraadide korral, mis Eestis on mõõdetud. Ilmateenistuse andmetel on viimase 30 aasta minimaalne temperatuur olnud  $-36,7\text{ °C}$  ning maksimaalne  $+35,6\text{ °C}$  [4]. Suvel töötades lisanduvad kuumuse piirangutele juurde ka töötava masina poolt välja antud soojus. Arvestades eelnevalt nimetatud õhutemperatuure, peavad ilmastiku kätte jäävad komponendid olema suutelised töötama vähemalt temperatuuri vahemikus  $-30\text{ °C}$  kuni  $60\text{ °C}$ .

Elektroonika peab olema vähemalt IP 66 kaitseastmega välistamaks olukorda, kus vesi või talvise teesoolaga kokku puutunud lumi pääseb kontaktide vahele ning hakkab korrosiooni tekitama, mis võib omakorda võimaliku lühiseni viia.

Komponendid peab paigutama auto külge kasutades meetodeid, mis tagaks piisava kaitse vibratsiooni vastu. Pideva vibratsiooni tagajärjel võivad komponendid mitte piisava ühenduse korral lahti tulla ning viga saada või isegi kogu süsteemi rikkuda.

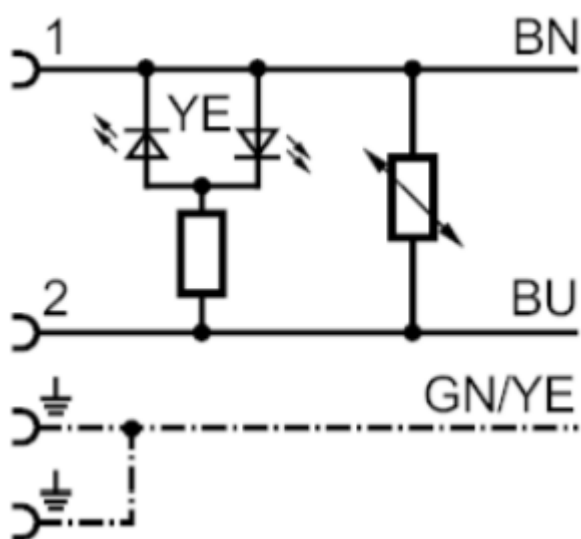
### **2.2. PLC, CR2532**

PLC'na võeti kasutusele töökoha poolt valitud kontrolleri CR2532, mis on varasemate toodete külge juba paigaldatud. Andmekaardi järgi töötab kontrolleri 8 V kuni 32 V alalisvoolu korral, kannatab kontrolleri temperatuurivahemikku  $-40\text{ °C}$  kuni  $+85\text{ °C}$  ning õige pistikuga vastab IP 67 standardile [5]. Lisaks on tagatud võimalus vana süsteemi uue vastu vahetamiseks kui kontrolleri ei ole vaja välja vahetada. PLC puhul on lisakriteeriumiks ka õige koguse sisendite ja väljundite omamine. Lisaks peab kontrolleri suutma väljastada PWM signaali või moduleerida pinget, mis on vajalik Danfoss'i hüdraulika ploki juhtimiseks läbi PVEA ja PVEH ajamite. Vajaminevad sisendid ja väljundid on välja toodud firmasiseses elektriskeemis [6]. Loogika

kirjutamiseks kasutan PLC'ga kaasa tulnud programmi "Codesys 2.3", mis sisaldab vajalikke teeke ning toetab CAN siini (*Controller Area Network*) kasutamist.

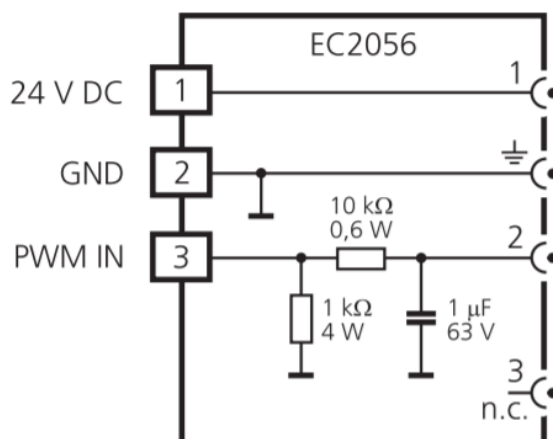
### 2.3. Pistikud

Kontrolleri ühendamiseks hüdraulikaga kasutatakse väljundites pistikuid E11651 [7], mis on mõeldud hüdrovoolu juhtimiseks läbi solenoidide. Kuna sellel pistikul on sisseehitatud LED tuluke, siis võimaldab see peale elektriühenduste tegemist veenduda, et vooluahelas ei esine katkestusi ning ühendused on tehtud korrektselt.



Joonis 2.1. E11651 elektriskeem

Pistikute valik oleneb täiturite valikust ning nende nõuetest. Oleks võimalik kasutada ka PVHC (*PV variant with High Current controlled valve actuator*) täitureid, mida kasutatakse puhta PWM signaali puhul, kuid hetkel on nende hinnavahe peaaegu kahekordne [8] ning sellisel juhul oleks vaja ühe siibri liigutamise jaoks kahte PWM signaali. Kuna pealisehitust tehes tuleks selle tõttu topelt kogus juhtmeid, siis otsustati kasutada PVE ajameid. Seetõttu võeti kasutusele pistikuid EC2056 [9], mis on mõeldud PVE (*Proportional Valve Electric actuator*) ajamite juhtimiseks kasutades PWM signaali madalpääsfiltriga teisendatuna analoogsignaalsiks.



Joonis 2.2 EC2056 elektriskeem

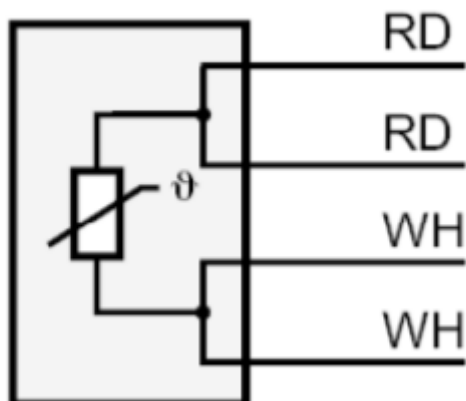
## 2.4. Andurid

Hüdroüsteemi kogurõhk ning sahkade tööõhud ei muutu eelneva süsteemi suhtes, siis jäävad kasutusse ka vanemal juhtsüsteemil kasutatud rõhuandurid. Kasutusele jääb kahte tüüpi andurid. Kolme juhtmega pingeandurid ning kahe juhtmega voolu andurid. Andurid töötavad vastavalt põhimõttele, et rõhu muutumise korral väljastab pingeandur oma väljundkanalist vastava pinge ning vooluanduril muutub väljastatud vool sõltuvalt mõõdetud rõhust. See tähendab, et andurite pistikud tuleb teha kolme soonega ning programmis peab jääma ruumi anduri tüübi valimiseks. Andurid valitakse vastavalt järgnevale tabelile.

Tabel 2.1. rõhuandurite tüübid

Tööõhk (bar)	Pingeandur (0-10 V)	Vooluandur (4-20 mA)	Pingeanduri pinge muutus 1 bar'i korral	Vooluanduri voolu muutus 1 bar'i korral
60	PU5423 [10]	PT5423 [11]	167 mV	267 μA
100	PU5402	PT5402	100 mV	160 μA
250	PU5401	PT5401	40 mV	64 μA

Lisaks tuleb ühendada temperatuuriandur, mis hakkab näitama paagis olevat õli temperatuuri. Selle jaoks tuleb kasutada ära paaki tehtud M12 keermega ava või selle puudumisel tuleb ava lisada enne paagi õliga täitmist. Keermestatud ava sisse ühendame TS5951 [12] anduri. Andur töötab põhimõttel, et temperatuuri muutumisel muutub anduri takistus, mida kontroller mõõtma hakkab.



Joonis 2.3. TS5951 elektriskeem

## 2.5. Vastuvõtja

Juhtkontrolleri ühendamiseks tahvelarvutiga on mitu erinevat võimalust. Tahvelarvuti võimalustest on kõige objektiivsem kasutada WLAN või *Bluetooth* ühendus protokolle. Nende peamisteks erinevusteks on võime mitme seadmega samaaegselt ühenduda, turvameetmete erinevus ning ühenduskaugus. Arvestades seda, et ühes masinapargis võib olla mitu teehooldusautot sama juhtsüsteemiga, siis võib WLAN protokoll kasutades tekkida olukord, kus üks tahvelarvuti juhib samaaegselt mitut masina, siis *Bluetooth*iga seda probleemi tekkida ei saa. *Bluetooth* võimaldab vastuvõtjal olla ühendatud ainult ühe saatjaga ning kui siduda vastuvõtja eelnevalt määratud aadressi läbi kindla seadmega ühilduvaks, siis saab vältida erinevaid turvalisusest tulenevaid probleeme.

Eelneva põhjal tuleb kasutamisele kasutada *Bluetooth* ühendamine. Selle jaoks on juhtkontrollerile vaja külge ühendada vastuvõtja, mis suudaks *Bluetooth* signaali tõlkida kontrollerile arusaadavaks CAN siini signaaliks. Selle jaoks saime pakkumise CR3130 [13] vastuvõtjale, mille tööpinge vastab nõuetele ning suudab suhelda tahvelarvutiga kuni 100 m kauguselt ilma häireteta kui tegu on lageda alaga. Kuna signaal hakkab üldjuhul läbima masina kere, siis võib arvestada tegelikult tööalaks 10-20 meetrit teehooldusauto lähiümbruses, mis on hetkel teehooldusautole piisav.

## 2.6. Tahvelarvuti

Tahvelarvuti tähtsaimateks osadeks on selle *Bluetooth* signaali omamine ning piisav robustsus. Lisaks peab saama sellele peale laadida Meireni äpi, mis kontrollib tahvli

poolset süsteemi juhtimist. Peale selle on nõuded minimaalsed, sest väljaspool tööaega on võimalik tahvlit soojas hoida ning teehoolduse ajal on see kabiinis külma ning sademete eest kaitstud. Lisaks kasutatakse auto jälgimissüsteemi jaoks juba aastaid tahvelarvuteid ning juhtidele on selle kasutamine loogiline [14]. Väikeste nõuete tõttu sai valida testimiseks vanema Galaxy tab Active 2 mudeli, mis oli firmal varasemalt ostetud ning hetkel ei omanud muud otstarvet.



Joonis 2.4. Samsung Galaxy Tab Active 2 Meiren Engineering OÜ juhtsüsteemi äpiga

## 2.7. Juhtkang

Vastavalt liiklusseaduse § 33 lõik 11 punkt 1 [15] on juhil keelatud tegeleda juhtimise ajal toimingutega, mis võivad segada juhtimist või liiklusolude tajumist, sealhulgas



kasutada telefoni ilma käsi vabaks jätva vahendita, sõiduki liikumise ajal hoida telefoni käes.

See tähendab, et autoga sõites ei tohi kasutada tahvelarvutit sahkade liigutamiseks. Selle jaoks on vaja auto kabiini ühendada juhthoob, mis võimaldaks juhil ilma sõitmist segamata kontrollida sahkade asendit.

Juhtkangil peab olema kaks telge ning esisaha funktsioonide täitmise võimaldamiseks vähemalt üks nupp. Kuna arvestada tuleb sellega, et ühe juhthoovaga peab saama tulevikus liigutada peale esisaha ka külgsahka, alussahka ning veel mõnda lisafunktsiooni näiteks haagise kasti tõstmine või veorullikute liigutamine, siis on vajalik võimaldada juhthoovale ka nende funktsioonide lisamine. Sellest tulenevalt peab kasutama juhtimiseks kangi, mille küljes on viis nuppu, millest vähemalt üks peab olema kangi tagaküljel, et saaks samaaegselt kasutada nii esimest kui tagumist nuppu ning seeläbi tagada täisfunktsionaalsus.

Juhtkangi ühendamiseks on võimalik kasutada varianti, et iga signaal tuleb eraldi. Sellisel juhul kasutatakse ühist pluss signaali nuppude jaoks ning telgede positsioon määratakse analoog signaalina läbi takistite või kasutades halli efekti andurit. Sellisel juhul peab juhthoovani tulema kaabel, millel on kaheksa või üheksa soont. Teine variant on kasutada ka kangi puhul CAN siini, mis võimaldab ühendada juhtkang süsteemiga ilma PLC pealt sisendklemme kasutamata. Kui juhtmete ühendamine nii teha siis tuleb PLC juurest juhtkangini nelja sooneline juhe, mis sisaldab toidet, miinust ning kahte CAN siini soont.

Eelmainitud kriteeriumeid arvesse võttes saime partneritelt pakkumise, mis vastas nõuetele ning hind ei olnud liiga kõrge. Lisaks sai valitud kangi mitmekesine nuppude paigutus ja hoova suurus. Väikese hoova puhul kannataks juhtimise täpsus ning suuremat kangi on ebamugav autoroolis kasutada.



Joonis 2.5. Valitud juhtkang

## 2.8. Kaitsmed

Kaitsmete valimisel tuleb jälgida vastavalt iga ühendatud seadme nõudeid ning ükski komponent ei jääks kaitsme alla panemata. Lisaks tuleb jälgida, et ei saaks tekkida olukorda, kus kaitsme läbipõlemise tagajärjel ei tekiks ohtliku olukorda.

Süsteemil vajab sisendvoolu kaitset ainult loogikakontroller, aga sellel on vastavalt juhendile vaja kolme kaitset [16]. 2 Amprine kaitse andurite ja mooduli jaoks ning kaks 15 A kaitset väljundite kaitsmiseks. Praegusel juhul on PLC väljundite taha ühendatud neli solenoidi, mis igaüks võtab 24 V juures maksimaalselt 1,5 A voolu siis võiks väljundid kaitsta  $4 \times 1,5 \text{ A} = 6 \text{ A}$  kaitsmega.

## 2.9. Kaablid

Teades, et kogu juhtsüsteem kasutab maksimaalselt 6 A voolu, siis võib selle järgi määrata ka voolu juhtme paksuse kasutades pingelangu valemit.

(2.1)

$$V = I * l * \rho / S,$$

Kus  $V$  = pingelangus (V)

$l$  = Juhtme pikkus (m)

$I$  = Voolutugevus (A)

$\rho$  = Juhtme eritakistus ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )

$S$  = Juhtme ristlõige ( $\text{mm}^2$ )

Arvestades, et kasutusel on vaskjuhe, mille eritakistus on  $0,0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , asub auto akust 2 m kaugusel ning eeldatav pingelang võib olla antud süsteemil 10%, mis on 24 V korral 2,4 V saame pingelangu vastavalt valemile (2.1) järgnevalt:

$$1,2 \text{ V} = 2 \text{ m} * 6 \text{ A} * 0,178 (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) / S$$
$$S = 2 \text{ m} * 6 \text{ A} * 0,178 (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) / 2,4 \text{ V} = 0,89 \text{ mm}^2$$

See tähendab, et juhtsüsteemi toiteks võib kasutada 1  $\text{mm}^2$  ristlõikega vasest kaablit.

Kui juhtsüsteemile arvestada juurde veel 2 sahka ning 2 lisaseadet, siis võib amperaaži kerkida ka 20 amprini. Kasutades sama valemit võib leida, et sellisel juhul 10% pingelanguga tuleb kasutada kaablit vastavalt:

$$S = 2 \text{ m} * 20 \text{ A} * 0,178 (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}) / 2,4 \text{ V} \approx 2,97 \text{ mm}^2$$

Kuna süsteemi peab arendama nii, et jääks võimalus ka tulevikus lisaseadmeid ühendada, siis arvestatakse kaablite ühendamisel peamise voolu vedamisel 4  $\text{mm}^2$  ristlõikega kaabliga.

## 2.10. Komponentide paigutamine

Peale detailide valikut tuleb leida optimaalne lahendus komponentide paigutamiseks. Kuna stabiilsed kinnituskohad sõltuvad omakorda veel suures osas veoauto tüübist ning autopoolsest ettevalmistusest, siis tuleb arvestada elektriskeemi projekteerimisel

nõudega, et süsteemi oleks võimalik kasutada muutmata kujul erinevate masinate peal.

Arvestades süsteemi sobivust võimalikult paljudele masinatele ning rõhutades veelkord elektroonika IP-kaitsekoodile ja veakindlusele, saab paigaldada juhtsüsteemi tähtsad detailid elektrikilpi, mis kannataks teehooldusega kaasnevaid tingimusi. Seeläbi saab elektroonika oluliselt veakindlamaks ning ka koostamise mugavamaks. See võimaldab koostada suurema osa süsteemist ilma auto juures olemata. Juhul, kui tulevane klient tellib juhtsüsteemi, siis jääb paigaldamise osakaal tunduvalt väiksemaks ja lihtsamaks kui olukorras, kus kogu juhtsüsteem on vaja detailhaaval auto kere külge paigaldada ning omavahel ühendada. Lisaks saab nii luua standardse põhja, millele vajaduspõhiselt funktsioone lisada.

Elektrikilbi sisse tuleb paigutada kõik juhtelemendid peale juhtkangi ja tahvelarvuti, mis peavad otstarbe kohaselt asuma auto kabiinis. Kilbi sisse jäävate komponentide jaoks tuleb jätta ka lisaruumi juhtmete mugavaks ühendamiseks ning järelhoolduse võimaldamiseks. Juhtkang tuleb monteerida juhi käepideme külge ja tahvelarvuti jaoks kasutame armatuurile mõeldud tahvlihooldjat. Lisaks ühendame tahvli laadijasse, mis tagab selle, et sõidu ajal ei saa tahvel tühjaks. Kabiini peab jääma ka lisa CAN väljavõtte võimaldamaks kabiinist masina programmeerimise.

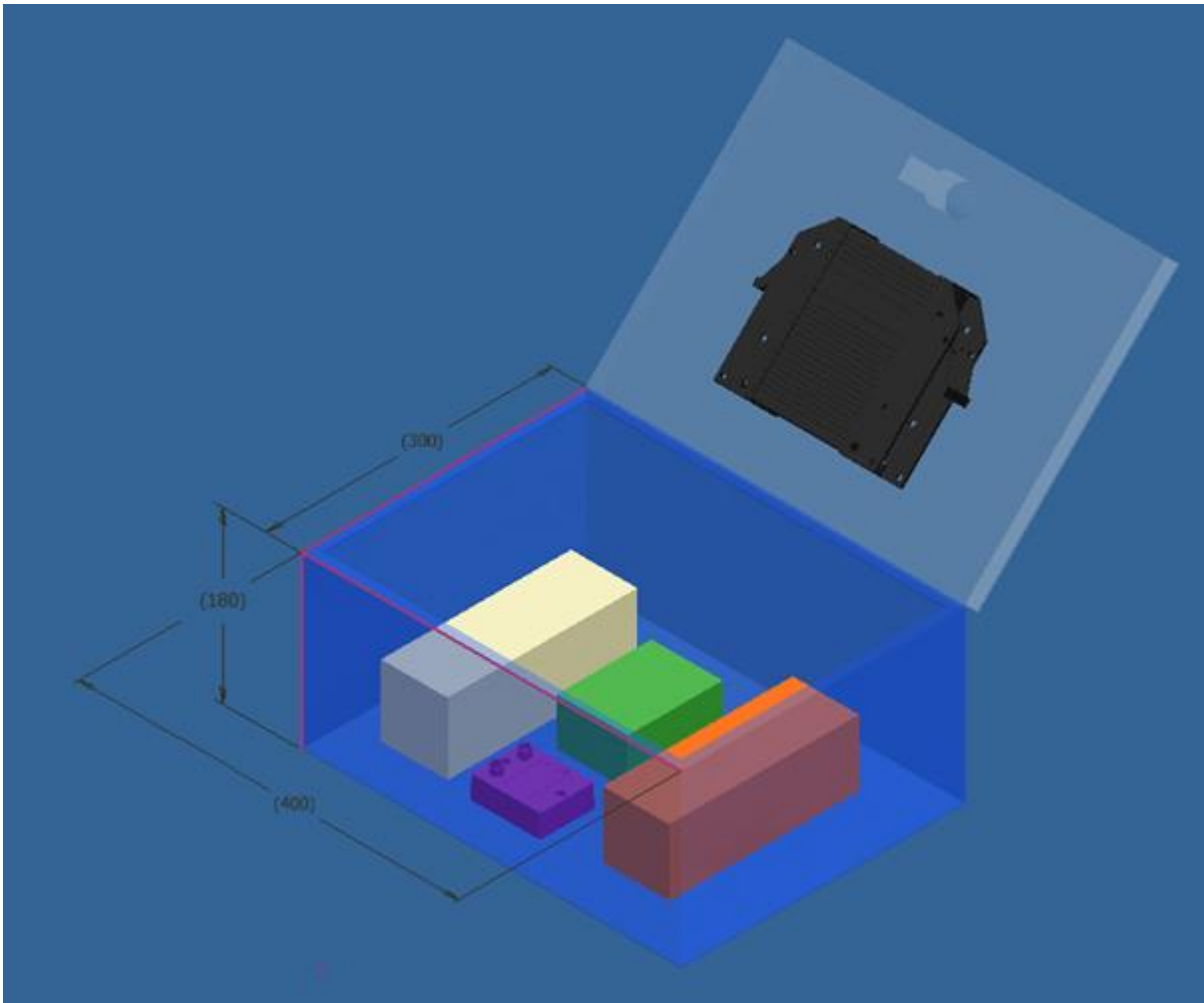
#### **2.10.1. Komponentide mõõtmed ja nende paiknemine elektrikilbis**

Kilbi suuruse valimisel on vaja arvestada maksimaalse varustusega, mida sellesse paigutada vaja. Selle jaoks toon välja kilbi sisse jääva elektroonika ning teen nende kohta mudeli. Seda põhimõttega, et saaks leida optimaalse detailide paigutuse kilbis. Elektrikilpi jäävad detailid ja nende eeldatavad mõõtmed:

Tabel 2.2. Elektrikilbi komponendid ning nende suurused.

<b>Detail</b>	<b>Mõõtmed (mm)</b>	<b>Värv mudelis</b>
CR2532 [5]	153 x 169.5 x 43	Must
CR3130 [13]	75 x 59 x 33.5	Lilla
Kaitsmeplokk	100 x 75 x 42	Roheline
DIN liist ja ühendused (hargnemised)	204 x 70 x 70	Oranž
Lülitusreleed	200 x 50 x 50	Beež

Kuna CR2532 ning CR3130 mudelid on avalikustatud tootelehel, siis on kasutatud detailide planeerimiseke valmis mudelid. Teiste detailide jaoks on tehtud umbkaudne eskiis. Mudeli tegemisel on arvestatud sellega, et kasti põhjast jääks piisavalt ruumi ka plaadi jaoks, kuhu kogu elektroonika oleks võimalik kinnitada.



Joonis 2.6. Esialgne elektrikilbi paigutuse mudel lahtise uksega aksonomeetrias.

Sinine – elektrikilp, hall- elektrikilbi uks lukuga, Beež – lisareleed, Roheline – kaitseplokk, oranž – DIN liistu detailid, Must – CR2532, Lilla – CR3130.

Maksimaalse ruumikasutuse mõttes saab vähemalt 200 mm sügavusega karpides paigutada osa elektroonikat ukse külge. Sedasi tekib elektroonika jaoks kaks korrust ning juhtmete ja detailide paigutamine on seetõttu lihtsam.



Tabel 2.3. Elektroonika vastavus esitatud nõuetele.

<b>Detail</b>	<b>Tööpinge</b>	<b>Töö temperatuurivahemik</b>	<b>IP klass</b>
Nõutud	~24 V DC	-30 °C kuni +60 °C	IP 66
CR2532 [5]	8 – 32 V DC	-40 °C kuni +85 °C	IP 67
CR3130 [13]	8 – 32 V DC	-30 °C kuni +75 °C	IP 67
Rõhu andurid (PT5423) [10]	16 – 36 V DC	-40 °C kuni +90 °C	IP 67, IP 69K
Temperatuuri andur (TS5951)[12]	-	-30 °C kuni +150 °C	IP 67
Juhthoob	9 – 36 V DC	-40 °C kuni +85 °C	IP 60
Samsung Galaxy Tab Active 2 [18]	4450 mAh, juhtmega ühildub auto USB pordiga	-40 °C kuni +80 °C [19]	IP 68
Elektrikilp [17]	-	-	IP 66

Tabelist selgub, et valitud elektroonikast ei vasta juhtkangi IP klass esitatud tingimustele. Kuna juhthoob paikneb kabiinis ning on elementide eest kaitstud siis ei tekita see kasutamisele probleeme.

Teised detailid vastavad esitatud tingimustele. Juhtmete hargnemised tehakse DIN liistule, mis asub elektrikilbi sees ning sellega tagatakse ka ühenduste vastavus IP nõuetele.



### 3. PROGRAMMEERIMINE

#### 3.1. Bluetooth kanalid

*Bluetooth* kanalite ning info määramine toimus koostöös firmaga Monifor OÜ, kelle ülesandeks oli tahvelarvuti jaoks äpi arendamine[20]. Kuna äpi arendamine toimus sisseostes, tuli äpi poolne juhtloogika koostada tervele juhtsüsteemile, mitte ainult esisahale. Selle jaoks pidi iga võimaliku tahvlipoolse käsu siduma kindla kanali ning biti või baitidega. Välja töötatud tabel on kaitstud informatsioonikaitsega ning avalikustamisele ei kuulu.

Vastavalt CR3130 [13] juhendile tõlgitakse *Bluetoothi* kaudu saadetud informatsiooni baithaaval CAN siini signaaliks ning saadetakse üle CAN kanali välja. See suhtlus töötab kahepoolset, mis tähendab, et kogu info, mis CAN ühenduse kaudu vastuvõtjani jõuab, saadetakse ka üle *Bluetoothi* tahvlisse tagasi. Seeläbi on võimalik kontrollierist edastada tahvelarvutisse hetkel saha silindrites olevat rõhku ning äpist välja lülitada funktsioone juhul, kui juhtkangist neid välja on vaja lükata.

Byte(s)	Value	Description
SOF (Start of Frame)	'C'	SOF marks the beginning of the command.
Length	xx	The length byte contains the number of data bytes + the number of command bytes following.
Command	0x00 0x01 0x02 0x03	11 bit ID CAN message received 11 bit ID CAN message received, message contains an additional 32 bit timestamp value. 29 bit ID CAN message received 29 bit ID CAN message received, message contains an additional 32 bit timestamp value.
Data	For 11 bit ID messages :  For 29 bit ID messages:	0x00-0xFF  0x00-0xFF
		<b>Byte 0-1:</b> 11 bit CAN ID (MSB first) <b>additional data bytes:</b> Up to 8 CAN data bytes + an additional 32 bit timestamp value (only if timestamp option is enabled, see below)
		<b>Byte 0-3:</b> 29 bit CAN ID (MSB first) <b>additional data bytes:</b> Up to 8 CAN data bytes + an additional 32 bit timestamp value (only if timestamp option is enabled, see below)
Checksum	xx	Contains the XOR checksum of the SOF, Length, Command and the Data-bytes.
EOF (End of Frame)	<CR>	EOF byte marks the end of the command.

Joonis 3.1. Väljavõte *Bluetooth* signaali formaadi kohta dokumendist "ifm Programmers Guide Byte Command Protocol API Description" [21]

Näiteks kui tahvelarvutist, mis on ühendatud *Bluetoothi* kaudu CR3130'ga, proovitakse esisahka alla liigutada, siis saadab tahvel välja signaali järgnevalt:

Tabel 3.1. *Bluetooth* signaali koostamine

Bait	Selgitus	Väärtus
1	SOF ( <i>Start of Frame</i> ) ehk signaali algus	C = 0x0c
2	Signaali pikkus	=11+1 = 0x0c
3	Käsk	= 0x00
4,5	CAN bus kanali number (0x670)	=0x670 = 0x06, 0x70
6 ... 13	Saadetav info, esimene bait = 2	0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
14	Kontroll bait, eelnev info baiti kaupa bit haaval XOR'itud	= 0x0c XOR 0x0c XOR 0x00 XOR 0x06 XOR 0x70 XOR 0x02 XOR 0x00 XOR 0x00 XOR 0x00 XOR 0x00 XOR 0x00 XOR 0x00 XOR 0x00 = 0x74
	EOF ( <i>End of Frame</i> )	<CR>

Vastavalt eelnenud näitele saadab tahvel üle *bluetoothi* välja signaali "0x 0c 0c 00 06 70 02 00 00 00 00 00 00 74", mille vastuvõtja kätte saab, tõlgib ja seejärel väljastab CAN 680 kanalile, et esimese baidi väärtus on 2 ning ülejäänud seitse baiti on 0.

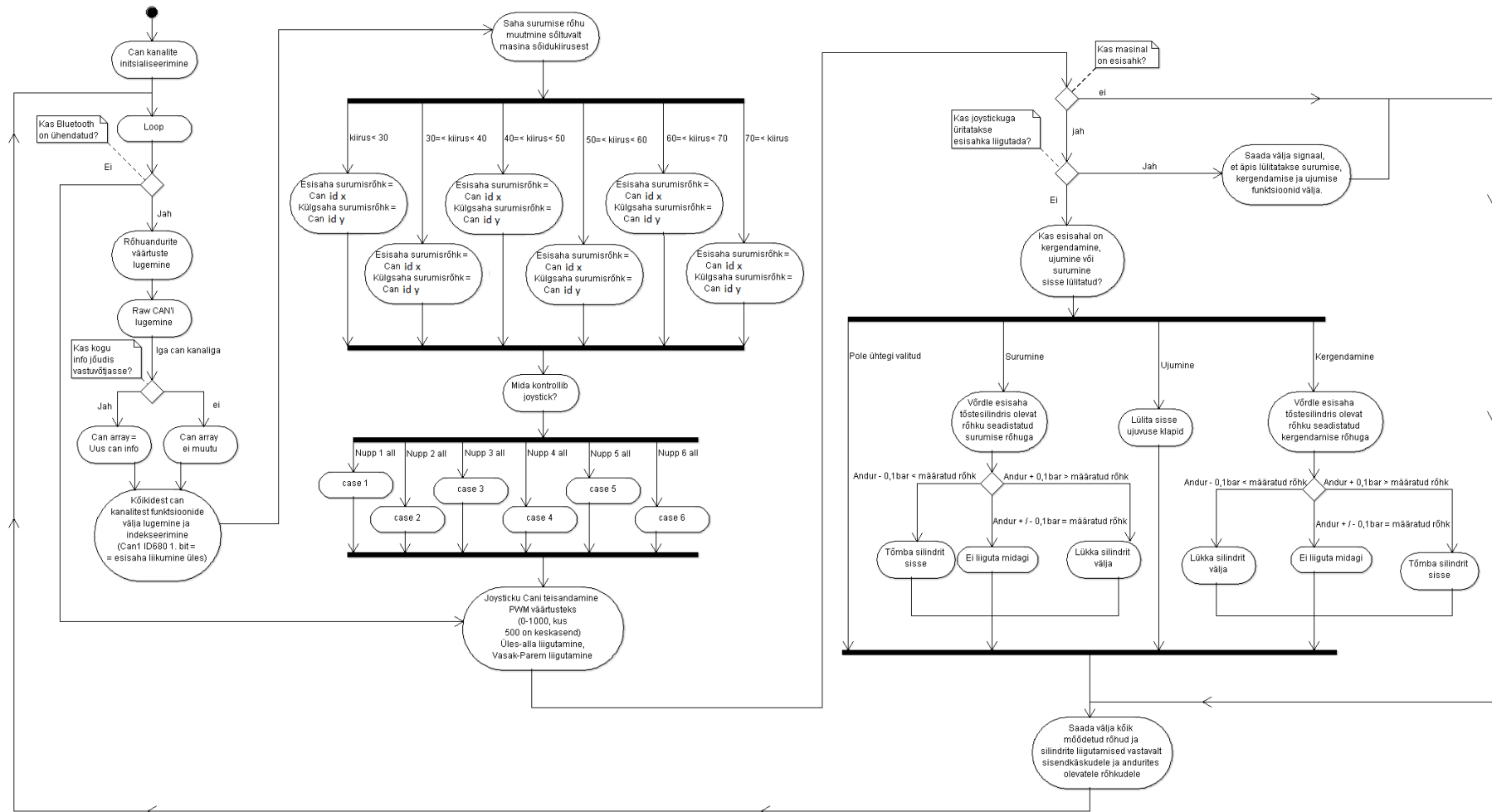
### 3.2. UML

Selleks, et programmi kirjutamist alustada, tuleb eelnevalt tekitada loogikaskeem. Juhtloogika töötab põhimõttel, et iga tsükli alguses kontrollib programm üle *Bluetoothi* poolt edastatavad kanalid ning vastav info tõlgendatakse käskudeks. See aitab koodi kirjutamisel ja hiljem ka järelkontrolli teostades tuvastada kiirelt veakohad. Seejärel kontrollib programm juhtkangi asendit ning alla vajutatud nuppe. Kõik juhtkangi signaal edastatakse samuti üle CAN siini. Peale seda mõõdetakse ka andurites olev rõhk ning teisaldatakse saadud signaal bar-ideks.

Programmi koostamisel tuleb arvestada sellega, et põhiline juhtseade on kabiinis asuv kang, mitte tahvelarvuti. Sellest tulenevalt on prioriteet juhtkangi käskudel. Olukorras,

kus tahvel ning kang edastavad vastandlikke käske, näiteks kangist liigutatakse sahka üles ning äpist liigutatakse sahka alla, järgib PLC juhtkangi ning sahk liigub üles.

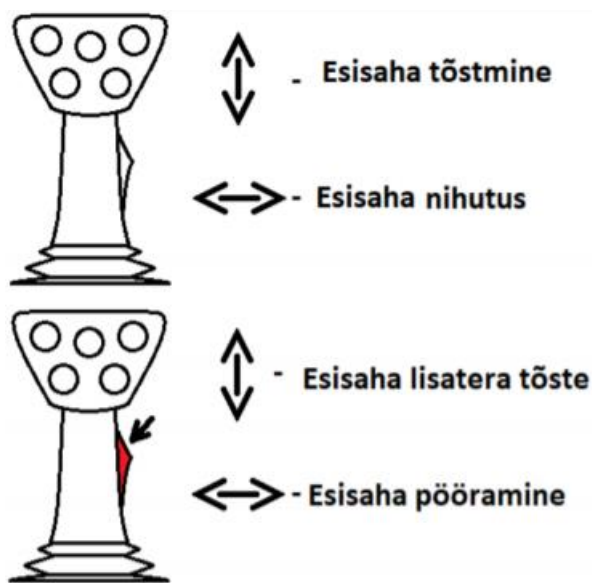
Arvesse tuleb võtta ka see, et kuna hüdrocilindritel on kolvi ja varre õli maht erinev, siis tuleb kolvi poolele suunata poolte kompenseerimiseks veidi väiksem õlikogus. Kuna eelnimetatud vooluhulga vahe on igal silindril erinev, siis jäetakse programmis selle kalibreerimise jaoks koht.



Joonis 3.1. Programmi algoritm koostatud programmiga ArgoUML

### 3.3. Juhtkangi kasutamine

Kuigi sahkade juhtimise jaoks ei ole Eestis veel ühtset standardit, siis tuleb jälgida kangi käskude valimisel põhimõtet, et nende kasutamine oleks intuiitivne ning juht ei pea liigselt sellele mõtlema. Lisaks peab uus süsteem olema võimalikult sarnane teiste turul olevate süsteemidega. Esialgse variandi järgi otsustasin juhtimise teha järgnevalt:



Joonis 3.1. Juhtkangiga esisaha juhtimine.

Juhul kui lõppkliendile see lahendus ei sobi, siis on võimalik vastavalt autojuhi soovidele käsklused ära vahetada. Kuna juhtkang paikneb autojuhi paremal käel, siis kangi eemale lükates läheb sahk tööasendisse, milleks on alla ja paremale. Sama loogika hakkab kehtima ka ülejäänud funktsioonide esialgses käsitluses.

Kangile tuleb jätta keskasendisse omakorda surnud tsoon, et iga väiksema kangi liigutamise peale sahad liikuma ei hakkaks. Lisaks tuleb tekitada ka hüsterees, mis välistab ära piirväärtuses olles olukorra, kus sahk pidevalt sisse ja välja lülituks.

### **3.4. Programmi kirjutamine**

Juhtloogika kirjutamiseks kasutatakse programmi *Codesys 2.3*, millele on avalikult kättesaadavad juhtkontrolleri enda ning CANopen teegid [5]. Programm võimaldab koodi kirjutada struktureeritud teksti ning funktsiooniplokkidega. Kõik CR2532-le minevad teegid on kättesaadavad kontrolleri ostuga ning see võimaldab kerge vaevaga seadistada kontrolleri sisendid ning väljundid.

#### **3.4.1. CAN info lugemine**

Kontrolleri CAN kanalite initsialiseerimiseks on kasutatud kontrolleri jaoks mõeldud näidist, mis on saadaval CR2532 ostuga kaasa tulnud CD peal. Näidisfailis on olemas teegina kasutatud funktsiooniblokk *CANopenHeader*. Selle sees on kirjutatud CAN siini kanal, mille kontroller enda jaoks võtab. Peale programmi peale laadimist on võimalik selle kanali järgi ühendada arvuti programmeeritava kontrolleriga. Selle jaoks kasutatakse teeki „ifm\_CANopen\_NT\_V020004.lib“.

Peale kanali seadistamist saab kasutada funktsiooniplokki *CAN\_RX*, et saada kätte *Bluetooth* vastuvõtva poolt edastatav info tahvlist. *CAN\_RX* plokk on ära defineeritud teegis nimega „ifm\_RAWCan\_NT\_V020004.lib“. plokki kasutatakse CAN siini kindlal kanalil oleva info teisendamiseks 8 baidiseks maatriksiks. Kasutusel on ka väljund, mis näitab, kas kanalil liigub kindlal hetkel informatsiooni või mitte. Sarnaselt jõuab kontrollerini ka juhtkangi signaal.

Järgmiseks tuleb kirjutada uus funktsioon, mis salvestaks *Bluetoothi* kaudu tuleva maatriksi mällu kui uus info peale tuleb. Selle jaoks tuleb kasutada eelnevas plokkis sisalduvat uue signaali kontrolli. Uue signaali lugemisel asendatakse varasemalt tulnud maatriks uuega, kuid signaali puudumisel jääb programm kasutama vana signaali. Selle mõtte on lihtsamate pakettide kadumisel juhtsüsteemi töö katkestusteta jätkamine.

#### **3.4.2. Funktsioonide formuleerimine**

Seejärel loetakse programmi sisse kõik andurite signaalid ning need muundatakse loetavateks väärtusteks. CAN kanalitest sisse tulnud info edastatakse esisaha juhtplokk, milles eelnevalt tekkinud maatriks seostatakse nimeliselt erinevate bittide alla määratud tegevustega. Selle jaoks kasutatakse firmasisest funktsioonide protokoll [20]. Juhtkangil tuleb teisendada tekkinud CAN väärtus muunduri kaudu väärtuseks, mida saab PWM klappidele edastada. CAN siini kaudu tulev juhtkangi

signaal sisaldab ühte baiti x-telje signaali jaoks ning ühte baiti y-telje jaoks. See tähendab, et enne teisendamist on x-telje ja y-telje väärtuseks 0-255, kuid PWM väljundi jaoks peab see olema 0-1000. Lisaks tuleb juhthoova väärtus CAN kanali kaudu järgnevalt. Kesk asendis on väljastatud väärtuseks 0. Kui kangid ühele poole liigutada kuni piirväärtuseni siis muutub signaal 0-127. Teisele poole kangid liigutades on selleks väärtuseks 255-128.

Jagajaploki siibri keskel asendis olemise jaoks nõuab tajur PWM väärtuseks 50% 250 Hz. See tähendab, et PWM signaali väärtus on vaja arvutada kasutades järgnevat loogikat.

Kui juhtkangi väärtus on vahemikus 128 kuni 255, siis PWM väärtuseks on  $500 - \text{juhtkang} * 4,545$ .

Vastasel juhul on PWM väärtus võrdeline tehtega  $500 + \text{juhtkang} * 4,545$ .

Arvutusi tehes tuleb jälgida, et mitte mingis arvutamise etapis ei langeks arv väärtus 0-st alla. Hetkel kasutuses olev kontrolleri ei võimalda kasutada arve, mis on väiksemad kui 0.

Kui juhtkangi asendi väärtus on välja arvutatud, siis tuleb leitud PWM väärtus seostada mingi saha funktsiooniga. Selle jaoks kontrollib programm, kas kangid peal on alla vajutatud mõni nupp või on tahvlist sisse lülitatud mõni funktsioon.

Tahvli pealt sisse lülitatud funktsioonid võrdlevad mõõdetud andurite väärtust soovitud väärtusega ning korrutades nende vahe koefitsiendiga ning tekkinud väärtus saadetakse PWM väljundiga pistikusse. Igale väljundile on lisatud ka juurde kontroll, et väljundit hakatakse edastama ainult juhul kui edastatav väärtus on suurem kui 10% kesk asendist ning lülitub välja, kui väärtus langeb alla 5%. Sellega tagatakse juhtkangi ning juhtsüsteemi hüsterees.

Peale PWM signaalide väljastamist saadetakse CAN\_TX käsuga andurite poolt mõõdetud rõhud ning funktsioonide välja lülitamise vajadus kui juhthooba kasutati hetkel, millel oli mõni saha funktsioon sees.

## 4. TESTIMISE TULEMUSED

Esimesel testimisel selgus, et kui toide süsteemile peale tuleb, siis väljundid hakkavad edastama 0-signaali. Tavaliselt ei tohiks see probleemiks olla, aga kuna autori projektis kasutatud jagaja plokis on siibri keskmise asendi saamiseks vaja PWM 50% signaali, siis antud olukorras hakkas sahk maksimaalse kiirusega hetkeks liikuma. Selles olukorras tuli välja ka vajadus omada avarii-STOP nuppu, mille vajutamisel katkeks kõik õlivool ning süsteem jääks seisma.

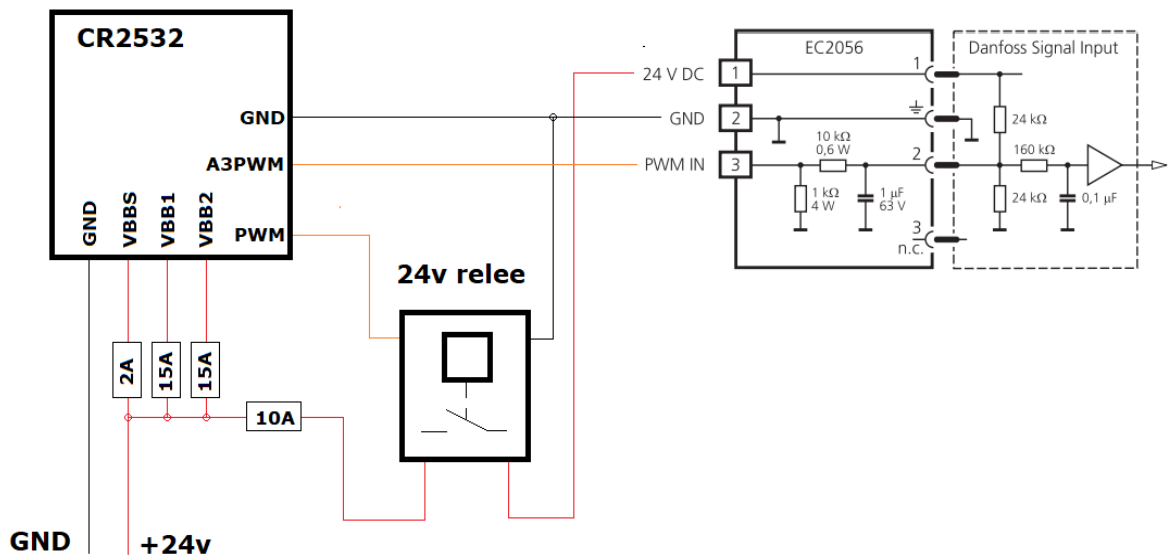


Joonis 4.1. Valminud juhtsüsteem.



## 4.1. PWM viga

PWM signaali viga esines selle tõttu, et EC2056 pistik saab oma toite aku pealt. See tähendab, et solenoid töötab ka olukorras, kus PLC ei ole veel täies mahus tööle saanud ning PWM 50% väärtust edastama hakanud. Selle probleemi vältimiseks tuleb teha katkestus PWM pistikute toite osas ning seda releega kontrollida. Kui PLC on valmis PWM signaali välja saatma, siis samaaegselt lülitatakse sisse ka PWM pistikute toide.

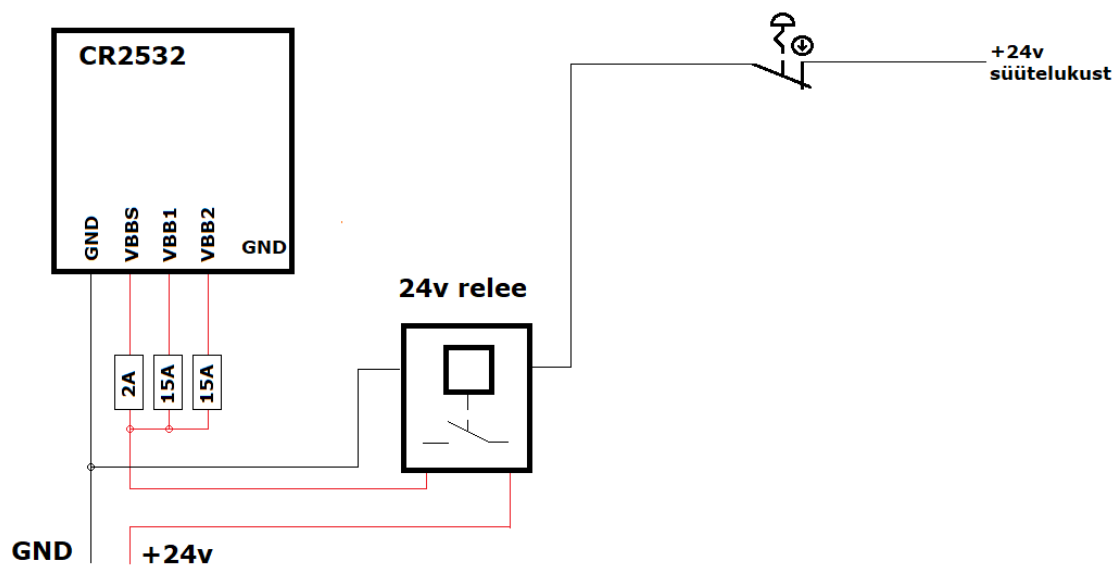


Joonis 4.1. Illustreeriv joonis pistiku ühendamise kohta.

Sellise ühendusega ei jõua enne kontrolleri töövalmidust pistikusse voolu ning see vältib eelnevalt tekkinud probleemi.

## 4.2. Hädastopp

Avariistopp peab paiknema kabiinis, autojuhile võimalikult kättesaadavas kohas. See võiks asuda näiteks juhtkangi juures ning selle eesmärk oleks intuitiivne. Nupp peaks olema suur, punane ning lukustuv. Juhtmete ühendamiseks on vaja tuua süütelukust +24 V nupuni ning edasine signaal kilbini vedada, kus rele kontrollib juhtsüsteemi peatoidet. Rele amperaaži määrab ära selle taha ühendatud süsteem. Kuna antud releed läbib kogu süsteemi toide siis amperaaži saab välja arvutada, kui liita kokku iga seadme vool. Kaitsmete valimisel sai see arvutus tehtud ning avaldus, et süsteemi maksimaalne vool mingil ajahetkel on 6 A.



Joonis 4.2. Hädastopi ühendamine

Stopp nupu olemasolu aitab tulevikus välistada veaohlike olukordi. Lisaks võimaldab see juhtsüsteemi välja lülitamist olukordades, kus on seda vaja ei ole. Näiteks autot transportides.

### 4.3. Elektrikilp



Joonis 4.3. tulemusena valminud elektrikilp.

Peale lõpliku koostamist selgub, et kilbis jääb detailide vahel ruumi väheks. Põhjuseks on kogu juhtsüsteemi juhtmete paksuse ning paindlikkuse arvestamata jäämine. Järgmise mudeli ehitamiseks on vaja vähemalt 50 mm kõrgemat kilpi juhtmete optimaalsemaks paigutamiseks ning ehitamismugavuseks.

## 5. KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli firmale Meiren Engineering OÜ luua algeline juhtsüsteem esisaha juhtimiseks. Lõputöö teema valik oli põhjustatud vajadusest vana süsteem uuemaks teha ning kasutada selleks võimalikult palju firmasisesest tööjõudu.

Selgitatud sai süsteemi nõudeid ning nende põhjal valitud süsteemi seaded. Põhjendati ära elektrikilbi valik ning elektroonikaseadmete asetus selle sees. Ära sai mainitud suhtlusprotokoll tahvelarvuti ja kontrolleri vahel ning töö käigus valmis komplektne programmi loogika [22]. Kogu komplekti valmides prooviti seda ka päriselt auto peale.

Peale teostatud projekti kontrolliti üle süsteemi töövõime ning toodi välja ilmnunud vead ning tähelepanekud. Üldiselt täitis sahk oma tööd hästi kuid esimesel katsetusel ilmnas mõningaid märkusi. Tekkinud probleemidele pakuti välja lahendused, mis võimaldaks süsteemi parandada ilma seda täielikult lammutamata.

Tulevikus peab juhtsüsteemile juurde arendama ning ühendama ka teised sahad. Juhtsüsteemi võiks olla võimalik uuenda kasutades loodud *Bluetooth* ühendust, mis võimaldaks süsteemi uuendada üle õhu. Lisaks saab süsteemi juhendada auto enda CAN siini pistikutega, et juhtsüsteem saaks veelgi rohkem informatsiooni töö kohta. Loodame teha veel ka rõhulöövide fikseerimise ning avariilukorras automaatse probleemist teatamise firmale.

## **6. CONCLUSION**

The purpose of this thesis was to create a control system that has all the base functions of a snowplow controller. The theme was put out by Meiren Engineering OÜ in order to have an updated version of an old system while also educating the workers of the firm.

The thesis explained the conditions for the control system and the details that were chosen according to named parameters. The protocol of communication between the system and tablet was mentioned briefly. In the process the logic behind the control system was created and it was connected to a real work environment.

After the completion of the project, the system was fully tested, and the problems noted. The snowplow managed to complete all its functions perfectly, but some problems still existed. A solution was offered for all the noticed problems so that it is not needed to completely redo the system.

In the future it is planned to have the system control more plows at the same time. The system also could be updated via Bluetooth in the future as that would decrease the need for traveling in the case of a system update. The system is also meant to be connected to the car in the future for the control system to have access to more information. Hopefully, it is also possible to fixate any crashes that are made with the snowplows and transmit the data to the firm.

## KASUTATUD KIRJANDUS

[1] Külgnihutusega maanteeahk [WWW] <https://meiren.ee/toode/n-seeria-maantee-lumesahk-mskn/> (18.05.2021)

[2] Meiren Engineering OÜ. Firmasisene intelligentse saha hüdrooskeem, 2021

[3] Scania aku ühendamise juhend [WWW]  
[https://www.scania.com/content/dam/scaniaoe/market/au/products-and-services/engines/electrical-system/Electrical-System\\_Issue-7.pdf](https://www.scania.com/content/dam/scaniaoe/market/au/products-and-services/engines/electrical-system/Electrical-System_Issue-7.pdf) (18.05.2021)

[4] Ilmateate kliimanormid [WWW]  
<https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/ohutemperatuur/> (18.05.2021)

[5] CR2532 kontrolleri [WWW] <https://www.ifm.com/gb/en/product/CR2532>  
(18.05.2021)

[6] Autor. Firmasisene intelligentse saha elektriskeem, 2021

[7] E11651 pistik [WWW] <https://www.ifm.com/vn/en/product/E11651> (18.05.2021)

[8] Autori poolne kirjavahetus Danfossi Eesti esindajaga. 2021

[9] EC2056 pistik [WWW] <https://www.ifm.com/vn/en/product/EC2056> (18.05.2021)

[10] Pingega töötav 60 bar-ine rõhuandur [WWW]  
<https://www.ifm.com/de/en/product/PU5423> (18.05.2021)

[11] Vooluga töötav 60 bar-ine rõhuandur [WWW]  
<https://www.ifm.com/de/en/product/PU5423> (18.05.2021)

[12] Takistusega töötav temperatuuriandur [WWW]  
<https://www.ifm.com/nz/en/product/TS5951> (18.05.2021)

[13] CR3130 Bluetooth vastuvõtja [WWW]  
<https://www.ifm.com/nz/en/product/CR3130> (18.05.2021)

- [14] Jälgimissüsteem [WWW] <https://fleetcomplete.ee/eesti-teed/> (18.05.2021)
- [15] Liiklusseadus [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/130032021003>  
(18.05.2021)
- [16] CR2532 kontrolleri paigaldamise juhend [WWW]  
<https://www.ifm.com/mounting/80003974UK.pdf> (18.05.2021)
- [17] Viru elektri metallkilp [WWW] <https://www.ve.ee/metallkilp-400x300x200-ip66-mont-plaadiga-adapterplaat-140x230> (18.05.2021)
- [18] Samsung Galaxy tab active 2 [WWW]  
[https://www.gsmarena.com/samsung\\_galaxy\\_tab\\_active\\_2-8897.php](https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_tab_active_2-8897.php) (18.05.2021)
- [19] Samsung Galaxy tab active 2 stresstest [WWW] <http://onboardscales.com/scale-pdf/SCI%20Scales%20PDFs/INFOGRAPHIC-21-Testing-Criteria-the-Galaxy-Tab-Active2-Survived.pdf> (18.05.2021)
- [20] Autor, Monifor OÜ. Firmasisene intelligentse saha CAN kanalite protokoll, 2021
- [21] Bluetooth vastuvõtja protokoll [WWW]  
<https://www.ifm.com/mounting/7391131UK.pdf> (18.05.2021)
- [22] Autori poolne programmi loogika. 2021