



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Automatiseeritud komposteerimise süsteemi projekteerimine

Design of an automated composting system

TELEMAATIKA JA ARUKATE SÜSTEEMIDE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Margus Kittus

Üliõpilaskood: 182719EDTR

Juhendaja: Sergei Pavlov, lektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

"18" mai 2022.

Autor: Margus Kittus

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele
"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele

lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Margus Kittus (sünnikuupäev: 11.04.1992)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Automatiseeritud komposteerimise süsteemi projekteerimine“ mille juhendaja on Sergei Pavlov,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	10
1. KOMPOSTRI ANALÜÜS	11
1.1 Kompost	11
1.2 Kompostri tööprotsess	12
1.3 Kiirkomposter	13
1.4 Kiirkompostrite võrdlused.....	14
1.4.1 Biolan 220 ECO	14
1.4.2 Smart Bin	15
1.4.3 OKLIN GG10-s	15
2. TARK KOMPOSTER.....	17
2.1 Kompostri parameetrid ja tehnilised andmed	17
2.2 Targa kompostri 3D mudel ja mehhanismid.....	17
2.2.1 Purustaja	18
2.2.2 Segaja	20
2.2.3 Väljatõmmatav alus.....	21
2.3 Mehaaniline juhtimine.....	21
3. SÜSTEEMID	23
3.1 Küttesüsteem	23
3.1.1 Temperatuuri reguleerimine.....	24
3.2 Ventilatsioonisüsteem	24
3.2.1 Ventilaatorite võrdlus.....	26
3.3 Niisustussüsteem	27
3.3.1 Sprinklerite võrdlus	28
4. RIISTVARA	29
4.1 Arendusplaat	29
4.2 Inverter	29
4.3 Andmete saatmiste moodulite ülevaade	30
4.3.1 Wifi	30
4.3.2 SigFox	30
4.3.3 GSM moodul	31
4.4 Kasutatavate andurite võrdlused	32
4.4.1 Mulla niiskusandur.....	32
4.4.2 Mulla pH-andur	33

4.4.3 Temperatuuri andur.....	33
5. SKEEMID.....	35
5.1 Andurite skeemi süsteem.....	37
6. ANDMETE SAATMINE FIREBASE.....	38
7. KOMPONENTIDE MAKSUMUS.....	39
8. EDASI ARENDAMISE VÕIMALUSED.....	40
KOKKUVÕTE	41
SUMMARY.....	42
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	43

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema idee on alguse saanud lõputöö autori isiklikust huvist projekteerida tark mudel, mis võimaldaks kiire ja lihtsa vaevaga biojätmeid lagundada huumuseks. Lõputöö teema sõnastati lõputöö autori algatusel.

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida ja analüüsida targa kompostri arendust ning leida parimaid võimalikke viise erinevate tehnoloogiliste riistvarade rakendamiseks. Lõputöö koostamiseks kasutati arvuti joonestusprogrammi SolidWorks ning andurite skeemide koostamisel kasutati Fritzing programmi ning juhtsüsteemiks on kasutatud Arduino UNO Rev3 arendusplaati.

Tänuavaldused edastatakse lõputöö koostaja juhendajale.

Võtmesõnad: kiirkomposter, autonoomsus, andmete edastus, lõputöö

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

3D - *Three-dimensional*, kolme dimensiooniline

4G - *Fourth-generation*, interneti võrgu generatsioon

AC - *Alternating current*, periooditi muutuv vahelduvvool

API - *Application Programming Interface*, definitsioonide ja protokollide kogum

Bar- Rõhuühik

DC - *Direct current*, alalisvool voolutugevus ja suund ei muutu

ECO - *Economics*, keskkonna sõbralikkus

EDGE - *Enhanced Data rate for GSM Evolution*, spetsifikatsioon andmeedastuseks GSM-võrkudes

GHz- *Gigahertz*, sageduste mõõtühik

GPRS - *General Packet Radio Services*, raadio-pakettandmeside teenus

GSM - *Global System for Mobiles*, globaalne mobiilsidesüsteem

ICSP - *In circuit serial programming*, meetod mikrokontrollerite programmeerimiseks

IoT- *Internet of things*, asjade internet

IP - standard, mis näitab seadme vastupidavust välise keskkonna suhtes

LTE - *Long Term Evolution*, mobiilsidestandard

Mbps - *Megabits per second*, bitikiiruse ühik

MHz - *Megahertz*, laine sageduse ühik

MPR - *Matched Precipitation Rate*, kasutatakse sademete hulga arvutamisel

NoSQL - *Not Only Structured Query Language*, andmebaas

Ph - *Potential of hydrogen*, happelisuse või aluselisuse näitaja

PWM - *Pulse-width modulation*, pulsilaiusmodulatsioon

RPM - *Revolutions per minute*, pöördeid minutis

SIM - *Subscriber Identification Module*, kasutatakse abonentide tuvastamiseks ja autentimiseks

UNB - *Ultra Narrow-Band*, väga selektiivne ja suudab tõrjuda müra ja häireid

USB - *Universal serial bus*, universaalne jadasiin

UV - *Ultraviolet*, elektromagnetilise kiirguse vorm

V - Volt, pinge ühik

VIN - Muutmata sisendvõimsus enne regulaatorit

W - *Watt*, võimsuse ühik

SISSEJUHATUS

Tänapäeva ühiskonnas on inimestele oluline oma isikliku aja ja energia kokkuhoid, mistõttu on erinevate nutikate tehnoloogiliste lahenduste kasutamine üha enam aktuaalsemaks muutunud. Arvestades elu tarbimisühiskonnas on vaja üha enam pöörata tähelepanu ka keskkonnasõbralikkusele ja jätkusuutlikkusele. Käesolevas töös on ühendatud nutikas tehnoloogia keskkondliku jätkusuutliku inimtegevusega, kasutades selleks erinevate biojäätmete kiiret komposteerimist majapidamistes ning projekteeritakse targa kompostri lahendust.

Töö eesmärgiks on projekteerida ning analüüsida targa kompostri süsteemi arendust lihtsustamiseks majapidamistes lisaks tavaliste biojätmetele ka suurema mahuliste biojätmete(oksa- ja haljastusjätmete) komposteerimist parimal kiiremal võimalikul viisil.

Turu uuringu tulemusel on nutikaid või elektroonilist tehnoloogiat kasutatavad kiirkompostreid vähe, mis oleksid suuremad ning täidaksid jätme purustamisfunktsiooni koos massi segajaga andes samal ajal ka ülevaadet massi valmimise protsessist ja selle sisekliima tingimustest. Peamiselt on olemasolevad mainitud lahendused suunatud eelkõige suurtarbijatele- koolid, restoranid, haiglad, poed, hotellid ning on hinnalt kallid või pole hind määratud.

Töö eesmärgist lähtuvalt on projekteeritavale targale kompostri loodud võimalik lahendus, mis olemasolevate sarnaste kompostrite puudujääke lahendavad.

Töö järgnevates osades antakse ülevaade komposti olemusest ning komposteeritava massi valmistamise tingimustest ja võrreldakse kolme erinevat kiirkompostrit ning hakatakse projekteerima ja analüüsima uut lahendust. Luuakse 3D mudeli erinevate mehhanismide ja tehnoloogiliste lahendustega, mis reguleerivad ise kompostri tööprotsessi võimaldades toota kvaliteetset komposti massi. Mudeli loomisel kasutatakse SolidWordki programmi.

Tehnoloogiliste lahendustena kasutatakse erinevaid andureid ning luuakse andurite skeem kasutades selleks Fritzing programmi. Anduritest tuleneva informatsiooni alusel võimaldatakse tarbijale läbi reaalaja andmebaasi(Firebase) tuua välja lisaks kompostitava massi hetke numbrilised väärtused statistika jälgimiseks(temperatuur, pH tase, niiskuse tase). Töös analüüsitakse erinevate andurite ning seadmete erinevusi leidmaks saadaolevatest riistvaradest parimaid võimalikke lahendusi. Lähtutakse eesmärgist võimaldada toode, hõlbustaks majapidamises tekkivate erinevate biojätmete kiiret jätkusuutlikku taaskasutust. Lõpetuseks arutatakse projekteeritud süsteemi edasiarendamise võimalusi tulevikus.

1. KOMPOSTRI ANALÜÜS

Käesoleva töö esimeses peatükis selgitatakse lahti komposti mõiste ning käsitletakse üldistavalt erinevaid kompostimise viise keskendudes peamiselt aeroobsele kompostimise viisile. Seejärel kirjeldatakse lähemalt erinevaid sobilikke ja mitte sobilikke materjale kompostimiseks ning selgitatakse kompostrite tööprotsessi. Edasi võrreldakse ühte tavalist kiirkompostit ja kahte automatiseeritud kiirkompostit nende erinevate plusside ja miinustega.

1.1 Kompost

Kompost on orgaaniline aine, mis saadakse mikroobiliste protsesside kõdunemise tulemusena orgaanilistest jäätmetest. [1] Üle 30% toidu ja aiajäätmed, mis ära visatakse, saab kasutada kompostina. Komposti valmistamine hoiab ära prügilate küllusliku ruumikasutuse ning tugeva kasvuhoonegaasi ja metaani liigset teket. [2]

Kompost on vajalik kogu mullaelustikule, aidates kaasa vähendada mulla kaudu levivate haigustekitajate vastu ning varustades mulda põhiliste väetusainete ning kaltsiumi ja mikroelementidega. [1]

Kompostimise viise on kolme tüüpi: aeroobne-, anaeroobne- ja vermikompostimine. Konkreetsetes lõputöös käsitletakse ainult aeroobset kompostimise viisi. Aeroobse kompostimise käigus aitab komposteeritava materjali lagundamise protsessi kiirendada regulaarne massi segamine, et kompost saaks õhutust. Aeroobse komposti lagundamise viisil on tähtis, et muld oleks pidevalt niiske ja regulaarset segatud, vältimaks ebameeldiva aroomi teket. [3]

Kompostimise käigus on oluline jälgida ka pH taset. Ph vahemikus 6-8 on soosiv komposti mikroorganismide tekkele ja elule. Komposti regulaarne segamine ja õhutamine ei lase kompostil minna liiga happeliseks. Happeline kompost ei ole sobiv paljudele taimedele. [4]

Tabelis 1.1 tuuakse välja kompostiks sobilikud materjalid [5] ning kompostimiseks mitte sobilikud materjalid. [6]

Tabel 1.1 Komposteerimise materjalid

Kompostimiseks sobilikud materjalid	Kompostimiseks mitte sobilikud materjalid
Munakoored	Liha- ja kala jäägid (Tekitavad ebameeldivat lõhna ning kutsuvad ligi kahjureid ja loomi)

Tabel 1.1 Komposteerimise materjalid järg

Suled	Piimatooted, rasvad ja õlid (Tekitavad ebameeldivat lõhna ning kutsuvad ligi kahjureid ja loomi)
Taimtoiduliste loomade sõnnik	Pestitsiidide või säilitusainetega töödeldud taimed või puit (Võivad tappa kasulikke kompostimise organisme)
Naturaalsed kiud	Koera ja kassi väljaheidetud (Väljaheidetes võivad olla bakterid ja erinevad parasiidid)
Puu- ja köögivilja jäätmed	Haigestunud ja putukate kahjustatud taimed (Haigused võivad edasi kanduda teistele taimedele)
Kohvipaks ja teeled	Seemneid eraldav umbrohi (Seemned ei pruugi ära laguneda)
Aiandusjäätmed	Tuhk (Tuha koostises on palju väävlit, mis võib mulla muuta väga happeliseks)

Valmis komposti saab kasutada erinevatel viisidel näiteks mulla üldise pinna parandamiseks, poti mulla parandamiseks, kasutamiseks multšina ning tehes tõmmist, mida vedelikuna taimede kastmiseks ja väetamiseks tarvitada. [5]

Komposti valmistamiseks kasutatakse tavaliselt järgnevat kompostreid: hunnik ehk kompostiaun, lahtine komposter, tavaline-kinnine komposter, kiirkomposter, vermikomposter ja kilekotid. [7]

1.2 Komposti tööprotsess

Suurem osa kompostreid on valmistatud plastikust ning protsessi katkemise vältimiseks külmal perioodil, on kompostreid soojustatud. Komposti hunniku, kasti või komposterit peab jälgima ka selle asukohta- see ei tohiks asetseada liiga päikesepaistelises asukohas, sest see kuivatab massi ning samuti ei tohiks asuda kõrge veetasemega asukohas tõrjudes massist õhku välja, mis omakorda anaeroobse materjali lagundamisprotsessi tõkestab. [8] Asukoha valikul peab jälgima, et kompostrite juurde oleks ligipääs mugav ka talvisel ajal ning niiskema ilmaga. Biojäätmeid paigutades tuleks arvestada, et kompostkastile ei sobi betoonist või raudplaadist põhi. Biojäätmed tuleb paigutada maapinna peale kokkupuutes mullaga. [9]

Jäätmed, mis lisatakse ülemisest luugist, peaksid jõudma laguneda enne, kui mass vajub tühjendusluugini. Kompostrite puhul on vajalik lisada uut materjali pidevalt, et mass soe püsiks ning tõhustada sellega mikroorganismidele soodsamat keskkonda. Samuti peab jälgima, et komposter oleks enam vähem täis, hõlbustades sellega massi soojenemist. Tõhusamaks jäätmete lagundamist, tuleks massile aeg-ajalt juurde lisada mulda või alumisest luugist valmis massi. [8]

Kui mass lõhnab ebameeldivalt ning ei lagune, siis võib põhjus olla liigeses tiheduses või niiskuses, millest tingituna tuleb massi kobestada ning lisada tugiainet, mis käivitab protsessi taaskordselt mõne päevaga. Ammoniaagi lõhna tundmisel (kui kompostitav materjal kuumeneb) on vaja neutraliseerida massi happelisema tugiainega, milleks sobib hakkpuit või turvas. Liiga kuiva massi puhul võivad kompostihunnikusse tekkida närilised, mille lahenduseks tuleks massi segada ja kasta veega.

Ühest töödeldavast jäätmete kuupmeetrist saadakse massi valmimisel mõnisada liitrit komposti. [8]

1.3 Kiirkomposter

Peale tavaliste kompostrite on olemas ka kiirkompostid. Kiirkompostid on aja muutudes läinud järjest rohkem populaarsemaks, sest inimestele meeldib mugavus ning soov võimalikult kiiresti lagundada oma biojätmed ka aias näiteks oksad ja lehed. Kiirkompostrite valik praegusel hetkel pole väga suur.

Hetkel töö autorile teadaolevalt on turul müüdavaid kiirkompostreid ühte tüüpi-soojustusega kiirkompostid. Ükski tava kasutajale mõeldud kiirkomposter, mis sobilik ka suuremate aiajätmete kiiremaks komposteerimiseks, pole töö autorile teadaolevalt automatiseeritud- on vaid soojendusega, mis hõlbustab kiiremat lagundamise protsessi.

Suurtarbijatele- hotellid, poed, haridusasutused, haiglad, restoranid, elamu ühingud ja mereväe- ja militaar baasidele on mõeldud samuti kasutamiseks kiirkompostid. Need kasutuses olevad kompostid on suuremad ja on valmistatud metallist. Lisaks on mainitud kompostritele sisse ehitatud ka purustaja, mis purustab koheselt jäätme sisse viskamisel. Mida peenem on jääde, seda kiiremini lagunemise protsess algab ja seda kiiremini ka lõpetab. [10]

Käesoleva töö teema põhimõtte seisneb kiirkompostri tööprotsessis, kuid rakendades sellesse lisaks tarkade süsteemide lahenduse funktsioone toote arendamiseks ja tööprotsessi lihtsustamiseks.

1.4 Kiirkompostrite võrdlused

Võrdluseks on toodud ühe tavalise kiirkompostri ja kahe automatiseeritud kompostri võrdlus plusside ja miinustega.

1.4.1 Biolan 220 ECO

Biolan 220 ECO komposter (Joonis 1.1) on valmistatud külmakindlast UV-kaitsega polüeteenplastist ning kasutatakse freonivaba uretaansoojustust, tagades sellega parema soojusomaduse.

Komposter on valmistatud aastaringseks kasutamiseks. Orienteeruv biojätme lagundamise protsessi aeg kuni valmis materjalini on 5-8 nädalat. Kompostril on lisaks soojustusele ka vabalt hingav ventilatsioonsüsteem ja termomeeter. [11]

Tabelis 1.2 tuuakse välja Biolan 220 ECO mudeli plussid ja miinused.



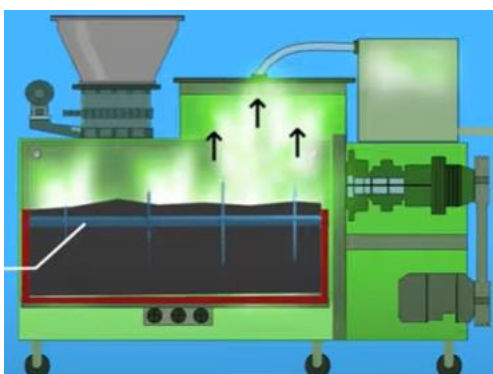
Joonis 1.1 Biolan Kiirkomposter 220 ECO [11]

Tabel 1.2 Biolan Kiirkomposter 220 ECO plussid ja miinused

Plussid	Miinused
Väikesed mõõdud	Pikk lagundamise aeg
Kompaktne	Puudub purustamise funktsioon
Temperatuuri näidik	Vajab käsitsi segamist
Aastaringseks kasutamiseks	Suuremate jäätmete jaoks on kompostri maht väike
Kerge transportida	Mehaanilise süsteemiga seade
Patenteeritud ventilatsioonisüsteem	Ebamugav valmis massi välja võtmine

1.4.2 Smart Bin

Suurtarbijatele mõeldud komposter Smart Bin (Joonis 1.2) on täisautomaatne komposter. Kompostri sisse on ehitatud mitmed andurid ning purustaja. Jäätmete sisestamisel käivitub purustaja, mis purustab jäätmed peenikeseks puruks. Kompostri automaatikas on lisaks purustajale ka ventilatsioon, auru koguja ja segaja. Tänu lisa seadmetele suudab komposter biojätmed valmis massiks teha ~20 tunniga. [10] Tabelis 1.3 tuuakse välja Smart Bin mudeli plussid ja miinused.



Joonis 1.2. Smart Bin [10]

Tabel 1.3 Smart Bin mudeli plussid ja miinused.

Plussid	Miinused
Kiir kompostimine ~20h	Suurus
Täis automaatne	Ebamugav mulla kättesaamine
Kompaktne	Puudub tarbijale andmete saatmine
Automaatne seiskamis funktsioon ukse avamisel	Puudub lehter suuremate komposteeritava massi sisestamisel
Ülekoormus funktsioon	Puudub teavitus komposti valmimisel

1.4.3 OKLIN GG10-s

Elektriline komposter OKLIN GG10-s (Joonis 1.3), võimaldab toidujäätmete kompostimist ~24 tunniga, suutes päevas kompostida kuni 25kg toidujäätmeid. Komposter võimaldab lõhnatud kompostimisprotsessi. Komposter tuvastab kompostimis protsessi olekut ja annab märguannet ilma taimerit eelnevalt seadistamata. [12] Tabelis 1.3 tuuakse välja OKLIN GG10-s mudeli plussid ja miinused.



Joonis 1.3.OKLIN GG-10-s [12]

Tabel 1.4 OKLIN GG10-s mudeli plussid ja miinused

Plussid	Miinused
Kiir kompostimine ~24h	Ebamugav mulla kättesaamine
Automaatne	Puudub tarbijale andmete saatmine
Kompaktne	Kallis
Suur mahutavus	Puudub lehter komposteeritava massi sisestamisel
Suudab ühes päevas kompostida 25kg toidujäätmeid	Mõeldud suurtarbijatele

2. TARK KOMPOSTER

Töö autori projekteeritud komposter liigendatakse kiirkompostriks, kuid antud mudelile luuakse juurde seadmed, mis muudavad kompostri targaks võimaldades muuta purustatud orgaanilised jäätmed ning biojätmed kiirendatult valmis massiks. Selles peatükis käsitletakse targa kompostri parameetreid, 3D mudeli versiooni ning kõikide seadmete süsteemseid mehhanisme ja elektroonilisi lahendusi. 3D mudel on loodud SolidWorks programmi kasutades. SolidWork on arvutijoonestusprogramm, mis võimaldab luua kolmemõõtmelisi modelleeritavaid joonestusi.

2.1 Kompostri parameetrid ja tehnilised andmed

Üldkonstruktsiooni mahutavus: 500 liitri

kõrgus: 70cm

laius: 60cm

pikkus: 180cm

Lehter süsteemi kõrgus: 55cm

Lehter süsteemi ülemise ava mõõdud: pikkus 80cm

Lehter süsteemi alumise ava mõõdud: pikkus 48,65cm; laius: 20cm

Segaja pikkus: 160cm

Segaja 3 sisemise laba pikkused: 33cm; laiused: 5cm

Segaja 2 äärmise laba pikkused: 18cm; laiused: 4cm

Segaja mootori võimsus: 560W

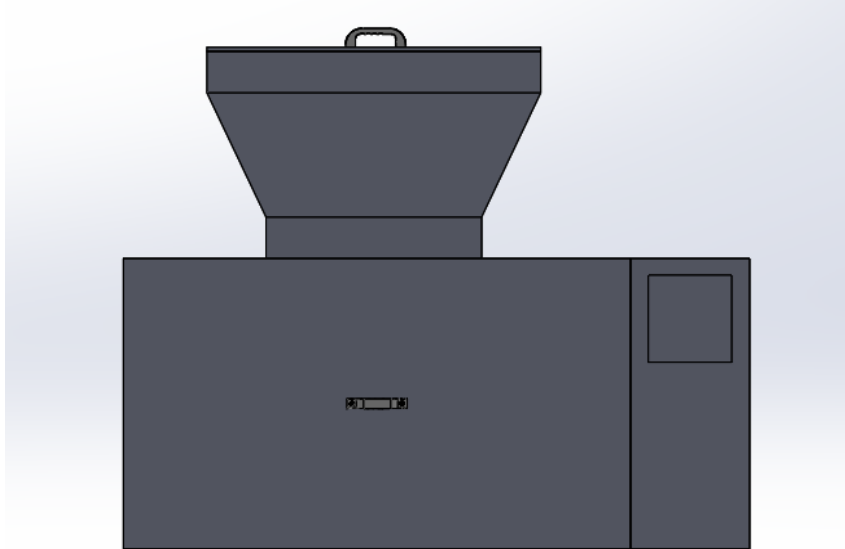
Purustaja mootori võimsus: 2600W

Elektrikulu: soojematel perioodidel ~170 EUR ja talvisel perioodil ~200 EUR aastas.

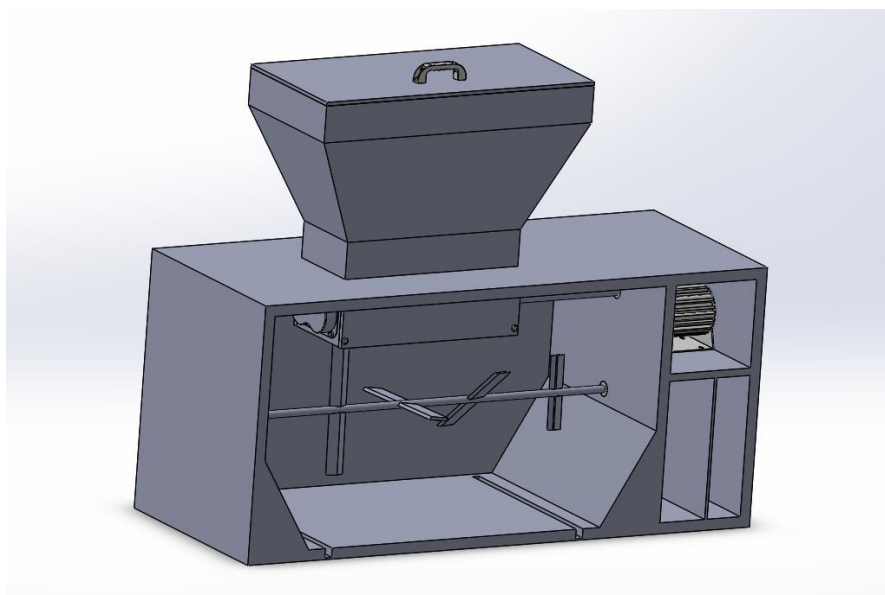
2.2 Targa kompostri 3D mudel ja mehhanismid

Kompostri 3D mudeli loomisel (Joonis 2.1) on võetud arvesse eelkõige selle piisavat mahtu (500l), suutmaks mahutada ja komposteerida piisavalt majapidamisest tulenevat orgaanilisi aiasaadusi ja biojätmeid ning luua tarbija jaoks lihtne automatiseeritud tark süsteem. Disainitud on jäätmete sisestamiseks lehter süsteem, mis mugavdab suuremahulisi saadusi masinasse sisestada. Kompostri sisemuses (Joonis 2.2) on tõhusamaks tööprotsessiks kompostri süsteemi lisatud purustaja ning

komposti massi segamissüsteem. Valmis toodangu mugavamaks kättesaamiseks on seadme alumises osas kujundatud väljatõmmatav alus. Konstruktsiooni materjaliks on roostevaba teras. Produkti 3D loomisel on arvestatud selle parimat võimalikku kasutajasõbralikkust, hinda ning kompaktsust.



Joonis 2.1 Kompostri 3D mudel



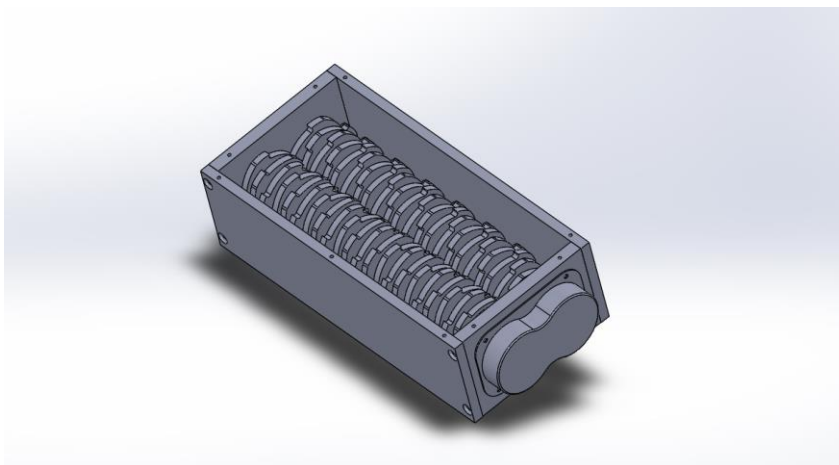
Joonis 2.2 Kompostri 3D mudeli sisemus

2.2.1 Purustaja

Purusti funktsioon on orgaaniliste jäätmete peeneks hakkimine aidates seeläbi kaasa kompostimis protsessile. [13]

3D kujundatud purustus mehhanismil on 23+23 tera mõlemal völliil. Ühe tera läbimõõt on 10cm ja paksus 1cm. Völliide otstesse on paigaldatud hammasrattad, mis omavahelisel siduvusel käivitavad terade liikumise (Joonis 2.3). Purustaja on ühendatud pika liitmikuga, mis ühendab purustaja mootoriga. Kujundatud purustaja mehhanism on ainult näidiseks mudelile selle olemuse struktuurist.

Mehhanismi materjaliks on valitud roostevaba teras. Roostevaba terase eeliseks on vastupidavus, tugevus, elastsus ja vormitavus. [14]



Joonis 2.3 Purustaja

Kujundatud purustaja vajab tööle hakkamiseks elektrimootorit ja reduktorit.

Elektrimootor võimaldab muuta elektrienergia mehaaniliseks energiaks [13], aktiveerides seda kompostri purustamise mehhanismi ja segamismehhanismi tööle panemiseks.

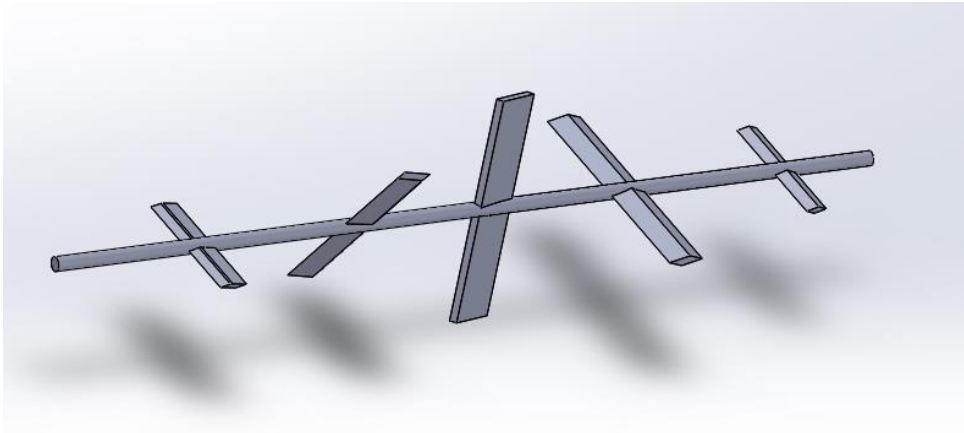
Mootorite võimsused peavad vastama valitud tööülesande nõudmistele. Nõrga mootori valimine võib tõsta voolu tarbimist ja pikemat tööprotsessi aega. Üle kvalifitseeritud mootor tarbib energiat rohkem ja võib hakata kahjustama teisi seadmeid.

Vajamineva mootori võimus on võetud näitena müügil olevast oksapurustajalt. Maksimaalne oksaläbimõõt 44mm, mida mootor on võimeline purustama on võimsuselt 2600W. [15]

Mootori tööprotsessi jaoks on vajalik ka reduktorit. Reduktor on spetsiaalne kiiruse seade tõhustamaks pöörlemiskiiruse vähendamist, suurendades pöördemomenti ning vastavalt elektrimootorile väljastada ülekande arvu. [16]

2.2.2 Segaja

Segaja hõlbustab kompostriis jäätmeid kiiremini lagundada õhutades järjepidevalt komposteeritavat massi. Segaja on ühendatud otse reduktoriga, mis omakorda on ühendatud mootoriga. Segajal on kokku 5 labat, millest 3 on pikemad. Pikemad labad segavad põhimassi ning 2 lühemat kompostri äärde liikuvat massi (Joonis 2.4). Iga labat on kujundatud erineva nurgaga hõlbustades seeläbi massi terviklikumat segamist. Segaja materjaliks on valitud roostevaba teras.



Joonis 2.4 Segaja

Segaja mootori võimsuse arvutamine:

$$P = M\omega \quad (2.1)$$

$$\Omega = 2\pi f$$

$$M = F \times l$$

$$F = m \omega^2 r$$

$$R = l$$

$$\rho = m/V \Rightarrow m = \rho V$$

$$P = M2\pi f = Fl2 \pi f = m\omega^2 r \times r2\pi f = \rho V \omega^2 r^2 2\pi f = \rho V4\pi^2 f^2 r^2 2 \pi f = \rho V8 \pi^3 f^3 r^2$$

Kus P- Võimsus, W,

M - jõumoment, Nm,

Ω - nurkkiirus, rad/s,

f - sagedus, Hz,

F - jõud, N,

m - materjali mass, kg,

ρ - materjali tihedus, kg/m³,

V – materjali ruumala, m³.

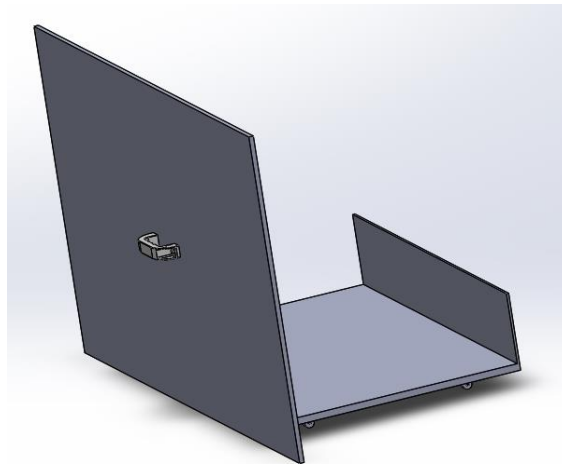
Segaja labade raadius 0,16m; keskmise niiskusega mulla tihedus 1500 kg/m³; mulla maht 500l = 0.5m³; pöörete arv 29,5 p/min; sagedus 0,49Hz.

Arvutuste vastuseks on 560W.

Segaja peab pöörlema vaikselt. Otse saadud pöördevõimsus mootorist on liiga kiire, mistõttu paigaldatakse mootori ja seadme vahele reduktor, millega saab kiirust reguleerida.

2.2.3 Väljatõmmatav alus

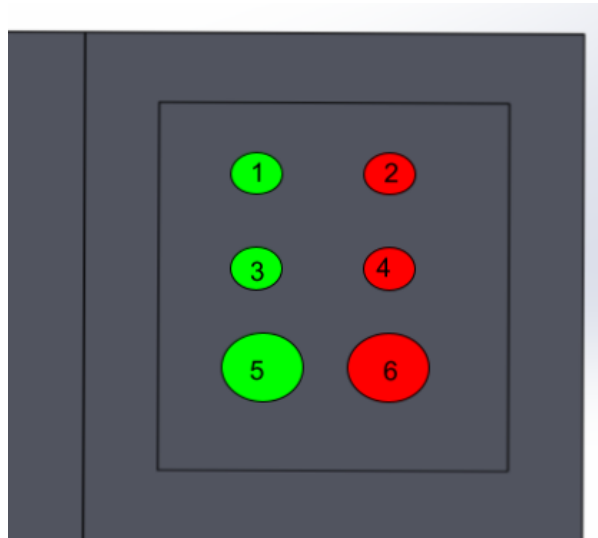
Hõlbustamiseks valmis komposteeritud massi kättesaamist, on kompostri ehitatud alumise osa täiendavaks elemendiks ratastel alus (Joonis 2.5).



Joonis 2.5 Väljatõmmatav alus

2.3 Mehaaniline juhtimine

Kompostrit saab käivitada ja kinni panna mehaaniliste lülititega. Kompostri paremal ääres on lülitite kogum (Joonis 2.6). Ülemised lülitid(1 ja 2) on mõeldud purustaja juhtimiseks. Roheline lüliti 1 käivitab purustaja ja punane lüliti 2 seiskab purustaja tööprotsessi. Purustaja lülitite all asuvad segamis mehhanismide juhtimine. Roheline lüliti 3 käivitab segaja ning punane lüliti 4 seisatab segaja. Segaja lülitus on mõeldud juhul, kui on vaja enne komposti kättesaamist massi veelkord segada. Alumisel real asetuvad kogu üldsüsteemi lülitid. Lüliti 5 käivitab terviksüsteemi ning lüliti 6 seisatab terviksüsteemi. Terviksüsteemi seiskamis lüliti on mõeldud ohutuse tagamiseks, kui peaks juhtuma ootamatult takistus, õnnetus või kui kompostri tühjendamise protsessi ajal käivitub automaatne segamise režiim. Terviksüsteemi käivitus lüliti käivitab kogu kompostri automaatsüsteemi.



Joonis 2.6 Lülitid: (1) Purustaja "START"; (2) Purustaja "STOP"; (3) Segaja "START"; (4) Segaja "STOP"; (5) Kompostri üld lüliti "START"; (6) Kompostri üld lüliti "STOP"

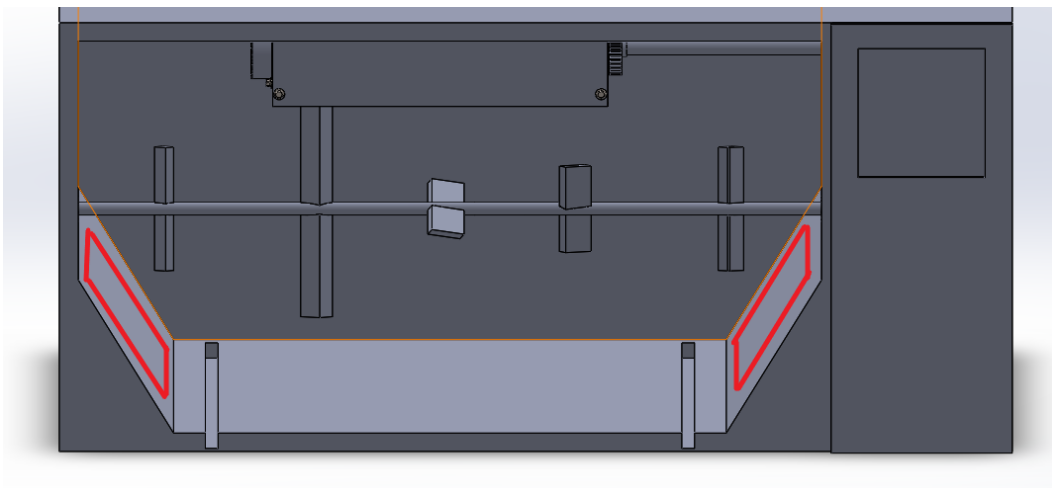
3. SÜSTEEMID

Järgnevas peatükis on toodud välja erinevad süsteemid, mis võimaldavad kompostriis luua õiged temperatuuri võimalused, luua ventilatsiooni süsteem ning võimaldada kompostriile niisutussüsteem. Lisaks on toodud välja toodete võrdlused ja analüüs.

3.1 Küttesüsteem

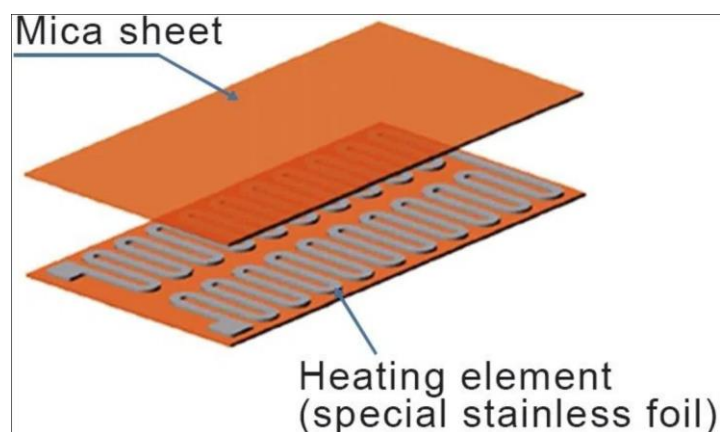
Küttesüsteem omab eelkõige suuremat tähtsust jahedamatel perioodidel lagundamis protsessi tõhusamaks tööks. Soodne temperatuur komposti massi lagundamiseks on 45-55 °C, olles sel temperatuuri ajal kõige intensiivsema toimega. [8] Targa komposti sisemusse on projekteeritud soojuse tagamiseks kütteplaadid. Kütte plaadid on paigaldatud komposti sisekülgedele (Joonis 3.1). Plaadid asetuvad võimalikult allpool kompostrit, et soojus jõuaks kiiremini komposti massi. Kui temperatuur hakkab langema alla 45°C, siis rakenduvad küttekehad tööle ning lõpetavad töö tegemise, kui on saavutatud reguleeritud minimaalne vajaminev temperatuur. Kui temperatuur tõuseb kompostriis üle 55°C rakendub automaatselt tööle ventilatsiooni süsteem ning aktiveerub segaja, mille tulemusel temperatuur alaneb.

Temperatuuri taset mõõdab temperatuuri andur.



Joonis 3.1 Vilgukivi asetused kompostriis

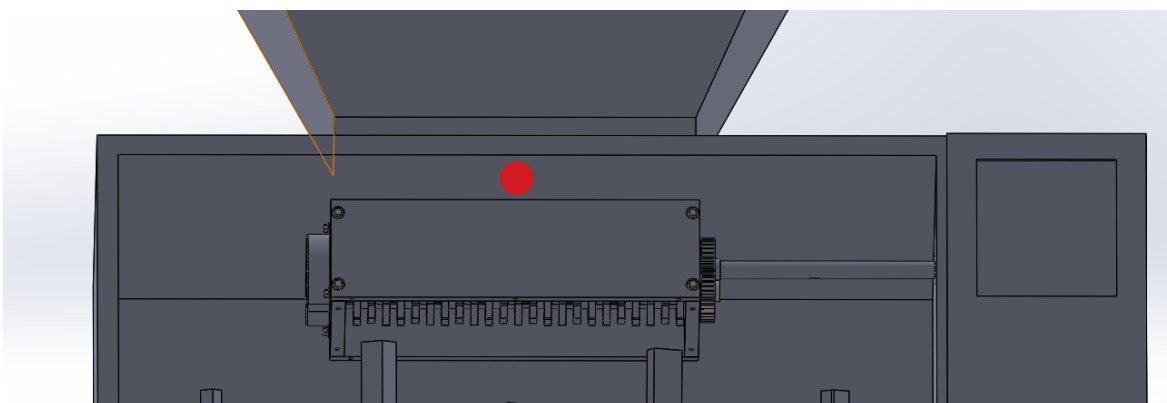
Küttesüsteemi materjaliks on valitud vilgukivist kütteplaadid (Joonis 3.2). Vilgukivist kütteplaadid on valmistatud kuumutus kile või süsinik põhise küttekile sulamist ning vilgupaberist, mis omab kõrget temperatuuri kindlust. Kütteplaatide omadusteks on kerge kaal, vastupidavus, energiasäästlikkus ja ökonoomsus. [17] 500l mahulise komposti kambri soojendamiseks on arvestatud vajaminevaks kütteelemendi võimsuseks 100W.



Joonis 3.2 Vilgukivist kütteplaat [17]

3.1.1 Temperatuuri reguleerimine

Kompostri on määratud kindel temperatuuri vahemik. Suurem osa temperatuuri tõusu tekitab komposti lagundamise protsess. Komposter on reguleeritud hoidma seesmiselt 45-55 °C temperatuuri vahemiku. Kontrollimaks temperatuuri sobilikku vahemikku, on projekteeritud kompostri sisemusse temperatuuri andur, mis kontrollib päevas kaks korda sisemist temperatuuri ning vajadusel rakendab tööle küttekehad. Andur peab olema paigaldatud võimalikult kõrgele kindlale pinnasele vältimaks takistusi, mis segaksid anduri tööle rakendumist (Joonis 3.3).

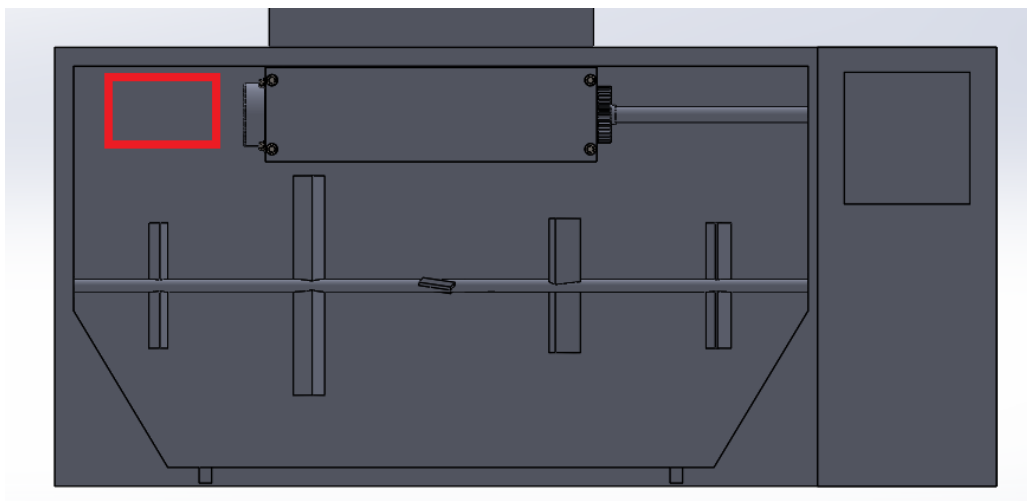


Joonis 3.3 Temperatuuri anduri asukoht

3.2 Ventilatsioonisüsteem

Komposteeritavas massis on vajalik piisav õhuhapniku sisaldus, mida aitab saavutada massi korrapärane segamine. Värskem kompost vajab õhuhapnikku sisaldust tunduvalt rohkem, kui vanem komposti mass. [8] Targal kompostriil on lisaks segamismehhanismile ka hapniku sisalduse reguleerimiseks projekteeritud

ventilaatsioonisüsteem. Ventilatsiooni aitavad tagada ventilaatorid. Ventilaatori valikul lähtutakse eelkõige selle niiskuskindlusest. Kompostris on projekteeritud olema kaks ventilaatorit, mille mõlema asukoht on üksteise kõrval (Joonis 3.4). Ventilaatorite asukoht peab olema võimalikult kõrgel, vältimaks võimalikke takistusi tööprotsessi katkemiseks.

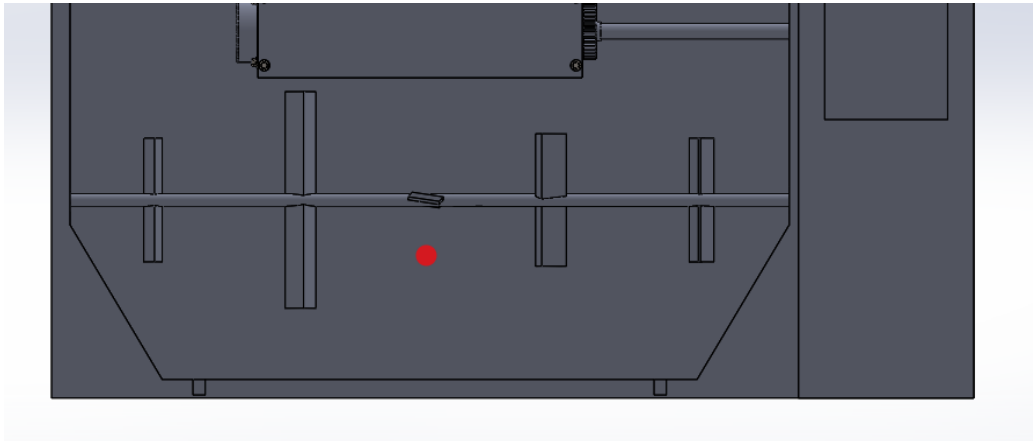


Joonis 3.4 Ventilaatori asukoht

Liiga kõrgele tõusnud sisekliima temperatuuri korral käivitub välja suunduva suunaga ventilaator automaatselt. Teine ventilaator käivitub päevas ühel korral, et lasta kompostrisse värsket hapnikku. Ventilaatorid on reguleeritud lõpetama töö automaatselt hetkel, kui on saavutatud piisav õhuhapniku sisaldus, pH tase ja kompostri sisetemperatuur.

Komposti massi õhuhapniku reguleerimisele lisaks on vaja jälgida ka kompositava massi pH taset. Mida kõrgem pH tase on, seda happelisem on muld. Happeline muld ei ole taimede kasvatamiseks sobilik, sest taimed ei saa sealt sobivaid toitaineid kätte. Happeline muld takistab mikroelementide täieliku imendumist taimede poolt. [18] Sobilik mulla pH tase jääb vahemikku 6-8. [19]

PH taset mõõdab mulla pH andur. PH taseme tõusmisel üle norm väärtuste kompostis rakenduvad selle tasakaalustamiseks segamis mehhanism ja ventilatsioon. PH andur peab asetsema kompostris paigutatult selliselt, et see saaks mõõta andmeid kompositava massi seest. Andur on paigutatud kompostri tagumise seina külge (Joonis 3.5).



Joonis 3.5 PH-anduri asukoht

3.2.1 Ventilaatorite võrdlus

Võrdluses tuuakse välja tava kaks ventilaatorit-Ventilaator 120x120x25mm 12VDC 2W ball [20] ja 12V DC IP55 waterproof cooling fan 120mm. [21]

Tabel 3.1 Ventilaatorite võrdlus

	Ventilaator 120x120x25mm 12VDC 2W ball	12V DC IP55 waterproof cooling fan 120mm
Niiskuskindlus	Puudub	Olemas(IP55)
Kiirus	2200RPM	2200RPM
Hind	22 EUR	17 EUR

Projektis kasutatakse 12V DC IP55 ventilaator süsteemi (Joonis 3.6). Tegemist on kõrge IP klassiga ventilaatoriga, mis sobib niiskettesse ruumidesse. [21] IP klass näitab tolmu ja niiskuskindlust. Esimene number näitab tolmu kindlust ja teine veekindlust. [22]

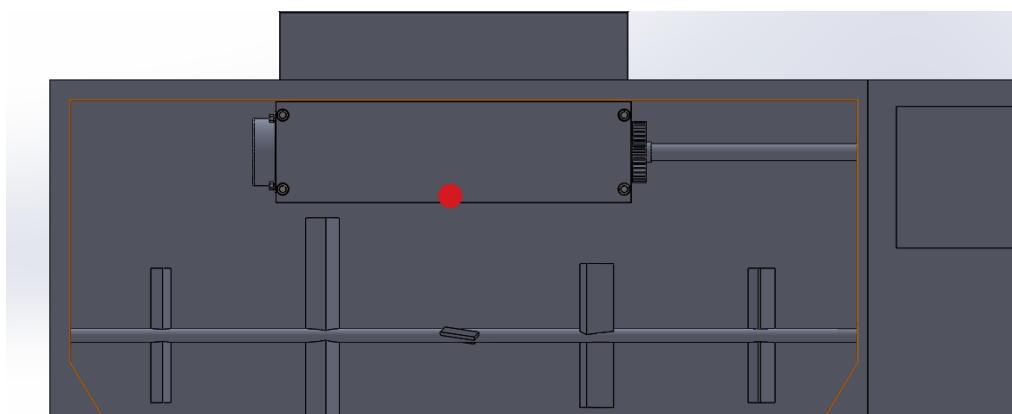


Joonis 3.6 12V DC ventilaator. [21]

3.3 Niisustussüsteem

Kompostitava massi niiskuse tase peab olema vähemalt 30%, parim soodne niiskuse tase on 45-65%. Kui niiskusesisaldus ulatub alla 45%, siis aeglustub bakterite liikumine ning see pole enam soosiv lagundamise protsessiks. Kui niiskusesisaldus ulatub üle 65%, siis on muld liigselt niiske ja vähese õhuga, millest võib tekkida mädanemise protsess, millest omakorda tekib ebameeldiv aroom massile. [8]

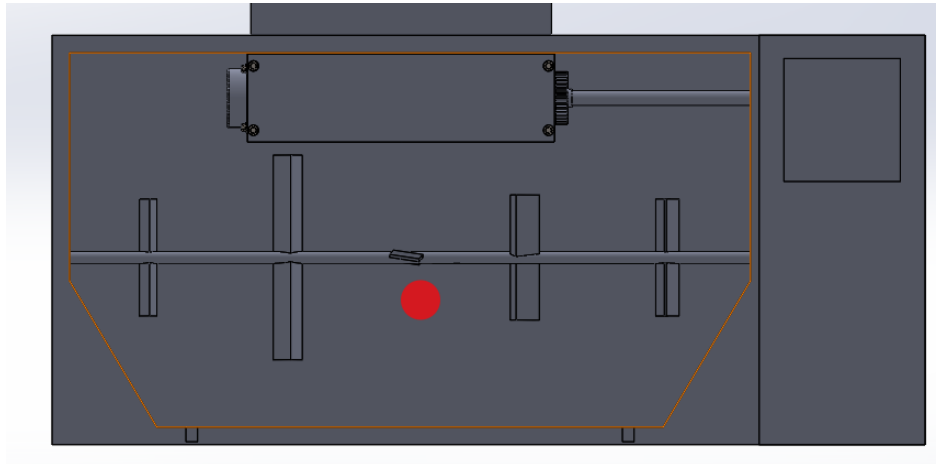
Tõhusaks niisutussüsteemiks komposteeritavale massile targas kompostris on kasutusele võetud sprinkler süsteem, mis võimaldab niisutust 360° ulatuses. Sprinkleri asukoht kompostris on projekteeritud kompostri purustaja mehhanismi külgmise raami külge (Joonis 3.7).



Joonis 3.7 Sprinkleri asukoht

Niisutussüsteem käivitub siis, kui mulla niiskuse tase on alla 45%. Niisutamise protsess käib teatud intervallidega. Ühe intervalli pikkus on 5 sekundit ning korraga laseb sprinkler süsteem välja ühe liitri vedelikku. Järgmisel korral võtab mulla niiskusandur 1h möödumisel uuesti niiskuse taseme proovi. Kui kompost on endiselt kuiv, siis kordub niisutus protsess sama intervalliga seni, kuni kui on kätte saadud 55% niiskusesisaldusega komposti mass.

Niiskuse taset mõõdab mulla niiskusandur, mis asub kompostri sees tagumises seinas olles paigaldatud keskele (Joonis 3.8)



Joonis 3.8 Mullaniiskuse anduri asukoht

3.3.1 Sprinklerite võrdlus

Võrdluses on välja toodud kaks erinevat niisutussüsteemide sprinklerit-Hunter Adjustable Spray Head Nozzles 360° [23] ja Rain Bird 5F 5ft Full Circle MPR Sprinkler Nozzle. [24]

Tabel 3.2 Sprinklerite võrdlus

	Hunter Adjustable Spray Head Nozzles 360°	Rain Bird 5F 5ft Full Circle MPR Sprinkler Nozzle
Kaugus	1.2m	1.5m
Raadius	360°	360°
Surve	minimaalselt 2.1 bar	minimaalselt 1 bar
Hind	3.24€	0.82€

Projektis kasutatakse Rain Bird 5F 5ft Full Circle MPR Sprinkler Nozzle sprinkler süsteemi. (Joonis 3.9). Konkreetse toote hind on madalam ning vajab maksimaalse niisutus raadiuse jaoks väiksema mahulist veepumpa.



Joonis 3.9 Rain Bird 5F 5ft Full Circle MPR Sprinkler Nozzle [24]

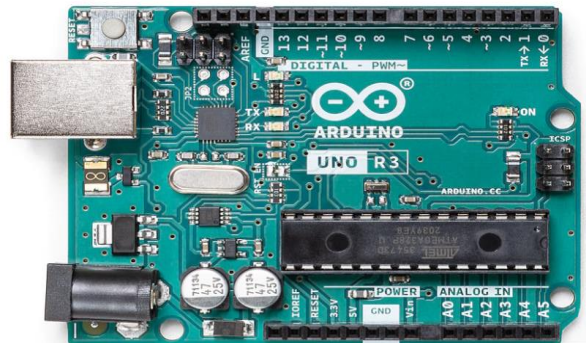
4. RIISTVARA

Käesolevas peatükis tuuakse välja projektis kasutatavad erinevad riistvarad ning võrreldakse erinevaid andureid. Süsteemi juhtimiseks on valitud Arduino UNO Rev3 arendusplaat.

4.1 Arendusplaat

Arduino UNO Rev3 (Joonis 4.1) sisaldab mikrokontrolleri toetamiseks peamisi vajalikke süsteeme. Platvormil on 14 digitaalset sisend/väljund viiki, millest kuute saab kasutada PWM väljundina. Arduino UNO komponentideks on veel 6 analoogsisendit, USB ühendus, 16 MHz keraamiline resonaator, toitepesa, ICSP päis ja lähetusnupp. [25]

Konkreetne arendusplaat on valitud projekti eelisega selle toote hea hinna, kvaliteedi, saadavuse ja kasutajasõbralikkusest tulenevalt.



Joonis 4.1 Arduino UNO arendusplaat [25]

4.2 Inverter

Komposter on mõeldud töötama 220V pealt. Elektroonilised seadmed nii kõrget pinget ei talu, mistõttu on arduino vahele paigaldatud 220V inverter, mis muudab pinget 5V peale (Joonis 4.2).



Joonis 4.2 Mini Ac-Dc converter [26]

4.3 Andmete saatmiste moodulite ülevaade

Andmeid on võimalik saata läbi erinevate platvormide. Käesolevas projektis kasutatakse GSM moodulit selle hea leviala ulatuse tõttu, kuid on ka palju teisi saatmise viise. Peale GSM süsteemi tuuakse võrdlusesse wifi ja SigFox.

4.3.1 Wifi

Wifi on traadita sideühendus ruuteri vahel. Ruuter saadab raadio signaali seadmetesse, kus muudetakse signaal andmeteks. Seadmed omakorda saadavad töödeldud andmed ruuterile tagasi ning ühendatakse internetiga. Saadud andmeid on võimalik kasutajal näha ja neid kasutada. [27]

Wifi leviala sõltub sellest, millist ruuterit hetkel kasutatakse. Wifi-l on kaks sagedusala: 2,4GHz ja 5 GHz. 2,4 GHz-l on siseruumides leviala ulatus ümardatult 46m ja välitingimustes umbes 92m. 5GHz puhul on kolmandik vähem leviala ulatust kui 2,4GHz. 5GHz sideühenduse eeliseks on kiirem andme edastus, kuid väiksem leviala. [28]

Kompostri andmete saatmine läbi wifi leviala on väikese ulatusega, mistõttu ei pruugi wifi signaal piisava kompostri kauguseni ulatuda.

4.3.2 SigFox

SigFox on võrguoperaator IoT süsteemidele. Laia võrgu ulatusega SigFox kasutab UNB süsteemi, mis võimaldab kasutada minimaalset võimsust ja suhelda eri seadmetega. Ilma vahemaa piiranguteta saadab SigFox seadmetest tulenevad andmed otse SigFoxi serverisse. [29]

Tabelis 4.1 tuuakse välja SigFoxi eelised ja puudused. [30]

Tabel 4.1 SigFoxi plussid ja miinused

Plussid	Miinused
Lai leviala	Eesti kattuvus leviga 69% [31]
Kasutab vähe protokollkulusid	Ei saa kasutada suuri andmeedastuskiirusega rakendustes
Kulutab vähem energiat	Fikseeritud asukoht

4.3.3 GSM moodul

Andmete saatmiseks ja kontrollimiseks kasutatakse kompostris GSM süsteemi.

Läbi GSM süsteem saadetakse andmed läbi SIM kaardi internetti, kus kasutaja saab vaadata päevaseid statistilisi andmeid, mida saadavad temperatuuriandur, mulla pH andur ning niiskusandur. Vajadusel on kasutajal võimalik andmete edastus peatada. GSM mooduliks kasutatakse SIM7600CE-T 4G(LTE) seadeldist (Joonis 4.3). Võrreldes teiste turul olevate GSM/GPRS moodulitega, on konkreetne moodul stabiilsema jõudlusega ning võimaste funktsioonidega.

Mooduli spetsifikatsioonid:

- Tööpinge 5V
- Sisendpinge: VIN (7-23 V) / USB (5 V)
- GSM/GPRS/EDGE 900/1800 MHz
- 4G kiirus: üleslaadimis kiirus 50 Mbps, allalaadimis kiirus 150 Mbps
- Töötemperatuur: -40 °C ~85 °C



Joonis 4.3 SIM7600CE-T 4G(LTE) Arduino moodul [32]

4.4 Kasutatavate andurite võrdlused

Sõbilike andurite välja valimiseks kasutati eri andurite vahel võrdlusi leidmaks parimaid võimalikke tooteid kompostri süsteemide tööle rakendamiseks.

4.4.1 Mulla niiskusandur

Mulla niiskuse mõõtmiseks on vaja selleks loodud andurit, mis annab informatsiooni mulle hetke niiskuse sisaldusest. Liiga kuiva mulla puhul käivitub niisutussüsteem automaatselt. Mulla niiskuseanduri töö on mõõta vedeliku sisaldust mulla massis. Võrdluses on välja toodud kaks mulla niiskusandurit- VH400 Soil Moisture Sensor [33] ja SoilWatch 10 – Soil moisture sensor. [34]

Tabel 4.1 Niiskusandurite võrdlus

	VH400 Soil Moisture Sensor	SoilWatch 10 – Soil moisture sensor
Pinge	3.5 – 20V	3.1 – 5V
Ilmastikukindlus	Olemas	Olemas
Parameetrid	133,5 x 7,09 mm	170 x 15 mm
Temperatuuri taluvus	-40°C - 85°C	-20°C - 80°C
Hind	41.95€	21.00€

Projektis kasutatakse SoilWatch 10 -Soil moisture seinsor-it (Joonis 4.4). SoilWatch 10 parameetrid on suuremad ning hind soodsam. Arvestades sensori asukoha vajalikkust mulla sees, on konkreetse toote mõõtmise otsik pikem, mis võimaldab andmeid täpsemini lugeda.



Joonis 4.4 SoilWatch [34]

4.4.2 Mulla pH-andur

Kui komposteeritav mass on jõudnud teatud pH tasemele, annab see märku massi valmimis küpsusest. Mulla PH andurite töö on mõõta pH taset mullas. PH andurite võrdluses on välja toodud Soil pH sensor [35] ja Analog pH sensor. [36]

Tabel 4.2 Ph-andurite võrdlus

	Soil pH sensor	Analog pH sensor
Niiskuskindlus	Olemas. IP68	Puudub
Temperatuurivahemik	-20°C – 60°C	0°C - 60°C
Hind	37.83 EUR	52.50 EUR

Projektis kasutatakse Soil pH sensorit (Joonis 4.5). Andur talub suuri temperatuuri kõikumisi ning on niiskuskindel(IP 68).



Joonis 4.5 Soil Ph sensor [35]

4.4.3 Temperatuuri andur

Temperatuuri anduri töö on mõõta kompostri sisekliima temperatuuri. Sisetemperatuuri andmetest lähtuvad ventilatsioon, kütte- ja niisutussüsteemid. Temperatuuri andurite võrdluses on välja toodud kaks erinevat andurit- DHT11 [37] ja DS18B20. [38]

Tabel 4.3 Temperatuuriandurite võrdlus

Kriteeriumid	DHT11	DS18B20
Niiskuskindlus	Puudub	Olemas
Ühilduvus arendus plaadiga	Ühendab	Ühendab
Tööstuslik kasutusala	Ei ole sobilik	Sobib

Tabel 4.3 Temperatuuriandurite võrdlus järg

Hind Eestis	1.50 EUR	2.70 EUR
Temperatuur	0-50°C	-55-125°C

Projektis kasutatakse DS18B20 andurit (Joonis 4.6) .Anduril on olemas veekindlus ja kõrge temperatuuri taluvus.



Joonis 4.6 DS18B20 sensor [38]

5. SKEEMID

Selles peatükis tuuakse välja targa kompostri projekteerimisel kasutatav andurite üldine skeem ning plokk skeem.

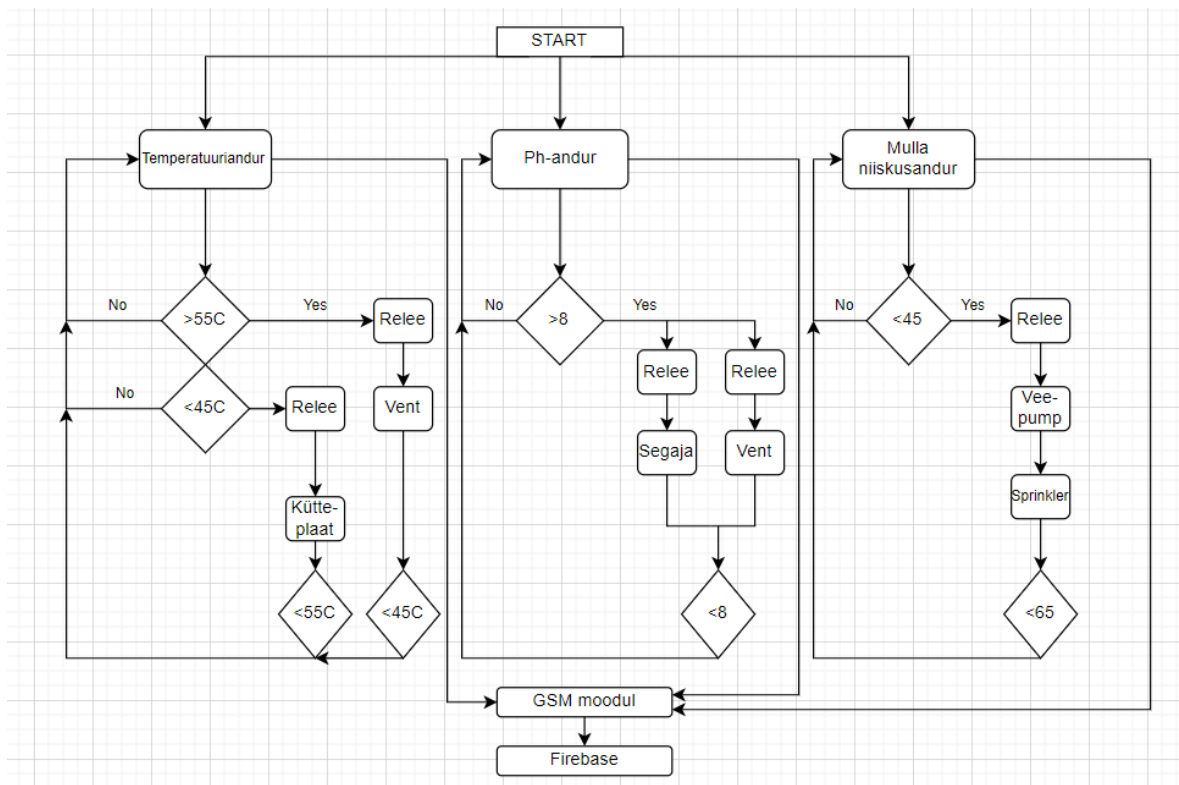
Plokk skeem (Joonis 5.1) kirjeldab andurite algoritmi. Algoritmis on süsteemselt jaotunud temperatuurianduri, mulla niiskusanduri ja pH-anduri poolt antud ülesanded seadmetele tööprotsessi rakendamiseks.

Temperatuuriandur kontrollib pidevalt kompostri sisetemperatuuri. Temperatuuri langemisel alla 45°C rakendub kütteplaadid, mis kütavad kompostri sisemust kuni 55°C kraadini. Temperatuuri liiga kõrgele tõusmine üle 55°C rakendub ventilatsioon ning töötab niikaua kui on saavutanud 45°C.

PH-andur mõõdab massi happelisust. Sobilik happelisuse vahemik on 6-8. Üle 8 küündiv happelisuse korral rakenduvad segaja ja ventilatsioon süsteemid. Süsteemid töötavad niikaua kui on taastatud pH tase maksimaalselt 8.

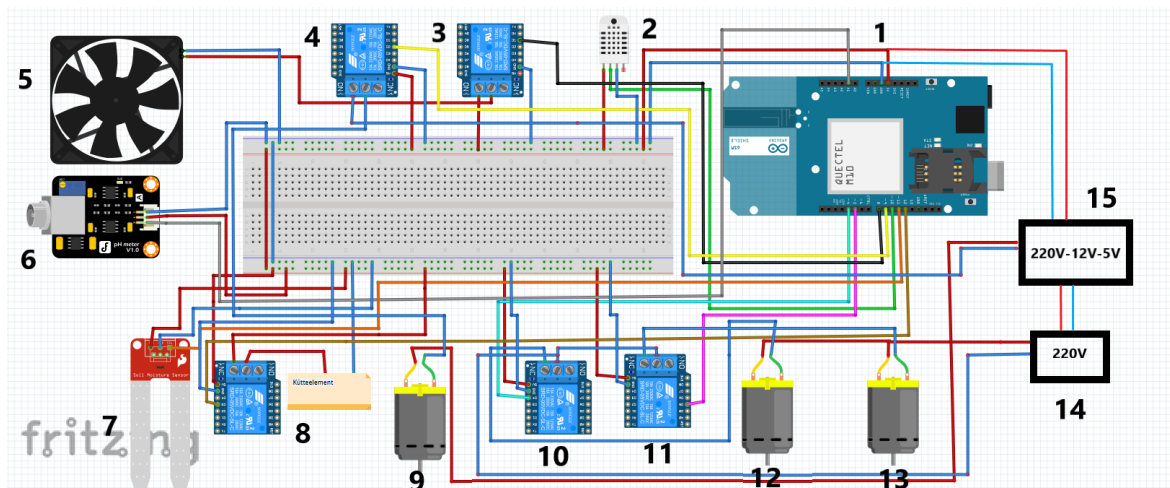
Sobilik mulla niiskuse tase on 45-65%. Kui massi niiskus on alla 45% rakendub veepump, millest läbijooksev vesi jooksev jõuab sprinklerisse. Niisutus süsteem lõpetab töö, kui on kätte saadud mulla niiskuse tase maksimaalselt 65%.

Kõik kolme anduri näidud edastatakse läbi GSM mooduli reaalaja andmebaasi Firebase-i.

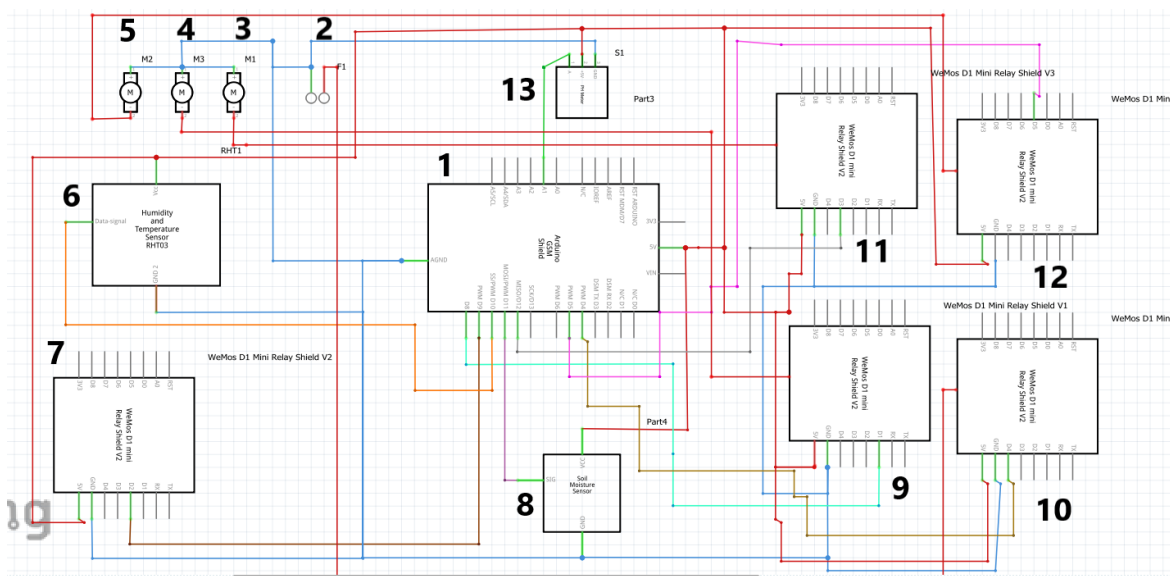


Joonis 5.1 Plokk skeem

Andurite üld skeemis (Joonis 5.2) on välja toodud kogu kasutatav andurite lülitusskeemi jaotus, teises skemaatilises joonises (Joonis 5.3) on välja toodud kogu kasutatav elektroonika elektriskeem koos selgitustega.



Joonis 5.2 Andurite skeem: (1) Arduino Uno ja GSM shield; (2) Temperatuuriandur; (3) Ventilaatori relee; (4) Veepumba relee; (5) Ventilaator; (6) Ph andur; (7) Mulla niiskusandur; (8) Kütteelemendi relee ja kütteelement; (9) Veepump; (10) Purustaja relee; (11) Segaja relee; (12) Purustaja mootor; (13) Segaja mootor; (14) 220V; (15) 220V inverter



Joonis 5.3 Andurite elektrisüsteem: (1) Arduino Uno ja GSM shield; (2) Ventilaator; (3) Veepump; (4) Purustaja mootor; (5) Segaja mootor; (6) Temperatuuriandur; (7) Kütteelemendi relee; (8) Mulla niiskusandur; (9) Purustaja relee; (10) Ventilaatori relee; (11) Veepumba relee; (12) Segaja relee; (13) Ph andur

5.1 Andurite skeemi süsteem

- Temperatuuriandurile suundub 5V pinge ja neutraal kontrollerrist. Kontrollerrist PIN 10 suundub kaabel anduri PIN2-e.
- Ventilaator saab 5V pinge releest. Ventilaatori rele saab oma toite ja neutraali kontrollerrist. Kontrolleri PIN 9-st suundub kaabel rele D2-e
- Niisutussüsteemi veepump töötab 12V pealt, mis tuleb koos neutraaliga 220V inverterist. Käivitussignaali tuleb releest. Rele saab oma toite ja neutraali kontrollerrist. Kontrolleri PIN 8-st suundub kaabel rele D1-e.
- Ph andurisse suundub 5V pinge ja neutraal kontrollerrist. Kontrolleri A01-st suundub kaabel ph anduri PIN 1-e.
- Mulla niiskusandurisse suundub 5V pinge ja neutraal kontrollerrist. Kontrolleri PIN 11-st suundub kaabel anduri PIN 1-e.
- Kütteelement saab pinge releest. Relesse suundub pinge ja neutraal kontrollerrist. Kontrollerrist PIN 12 suundub kaabel D3 relesse.
- Purustaja mootor töötab 220V pinge peal. Pinge ja neutraal saavad mootorisse otse pinge allikalt. Mootori käivitust lülitab rele, mis saab omakorda toite kontrollerrilt. Kontrollerrist PIN 4 suundub kaabel D4 relesse. Rele saab pinge ja neutraali kontrollerrist.
- Segaja mootor töötab 220V pinge peal. Pinge ja neutraal saavad mootorisse otse pinge allikalt. Mootori käivitust lülitab rele, mis saab omakorda toite kontrollerrilt. Kontrollerrist PIN 5 suundub kaabel D5 relesse. Rele saab pinge ja neutraali kontrollerrist.
- 220V pinge, mis tuleb suuremast toite allikast suundub üks osa inverterisse ja teine osa koos neutraaliga mootoritesse. Kontrollerrisse suundub 5V ja 12V suundub niisustuse veepumpa.

6. ANDMETE SAATMINE FIREBASE

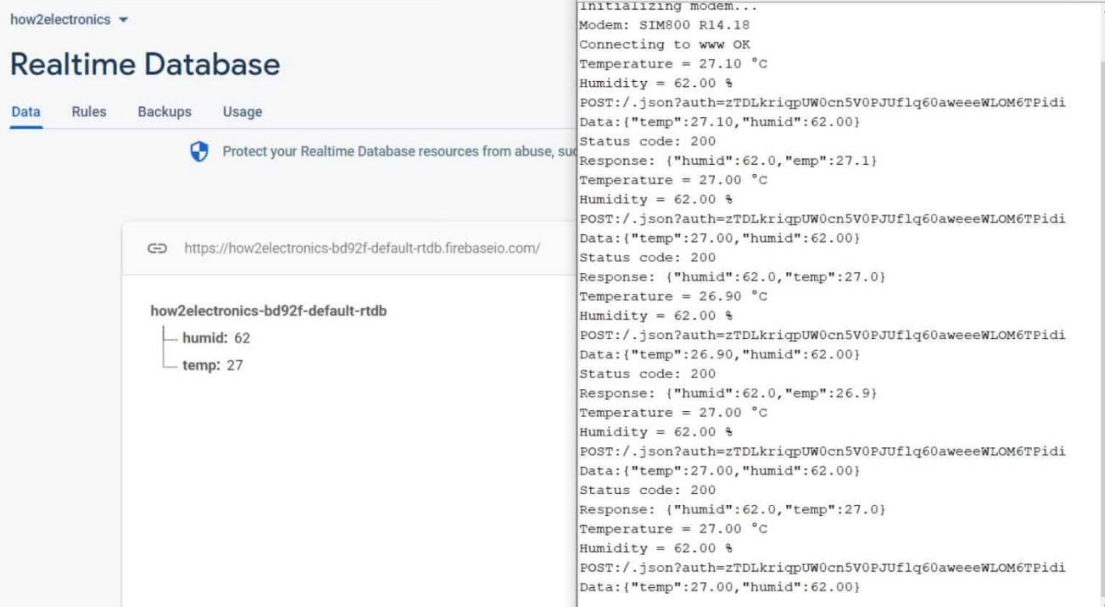
Targa kompostri eripäraks on andmete saatmine internetti, kus kasutaja näeb kompostri sees toimuva lagundamise protsessi andmeid. Andmete vaatamiseks kasutatakse vabalt kättesaadavat interneti võrgus olevat Firebase-i.

Firestore reaalaaja andmebaas on pilve pealne NoSQL andmebaas, mis võimaldab reaalaajas oma kasutajate andmeid salvestada, sünkroonida ja päringuid teha. Firestore-is on reaalaaja sünkroonimine, mis võimaldab juurdepääsu andmetele eri seadmetega. Andmeid säilitatakse kohapeal ja võrguühenduseta käivituvad reaalaajas. Reaalaaja andmebaasi API lubab ainult operatsioone. See protsess võimaldab luua reaalaaja andmete kogumise. [39]

Firestore on paljude funktsioonidega ja on ideaalne prototüüpimise tööriist. Lihtsa ülesehitusega ja kasutajasõbralik keskkond. [40] Firestore on hetkel üks parimaid reaalaaja teadaolevaid andmebaase.[41]

Käesolevas projektis saadab komposter andmebaasi hetkelise temperatuuri, ph-taseme ja mulla niiskuse andmed, millega saab kasutaja ennast viia kurssi ja pidada statistikat.

Välja on toodud GSM mooduli ja Firestore vahelist suhtlus (Joonis 6.1). Joonisel on näidisenähtena temperatuuri anduri skeem, mis kogub hetke temperatuuri ja niiskuse taset. [42]



The image shows a screenshot of the Firebase Realtime Database console on the left and a terminal window on the right. The console displays the URL `https://how2electronics-bd92f-default-rtdb.firebaseio.com/` and the current data structure: `humid: 62` and `temp: 27`. The terminal window shows the following log output:

```
initializing modem...
Modem: SIM800 R14.18
Connecting to www OK
Temperature = 27.10 °C
Humidity = 62.00 %
POST:/.json?auth=zTDLkriqpUW0cn5V0PJUflq60aweeeWLOM6TPidi
Data:{"temp":27.10,"humid":62.00}
Status code: 200
Response: {"humid":62.0,"emp":27.1}
Temperature = 27.00 °C
Humidity = 62.00 %
POST:/.json?auth=zTDLkriqpUW0cn5V0PJUflq60aweeeWLOM6TPidi
Data:{"temp":27.00,"humid":62.00}
Status code: 200
Response: {"humid":62.0,"temp":27.0}
Temperature = 26.90 °C
Humidity = 62.00 %
POST:/.json?auth=zTDLkriqpUW0cn5V0PJUflq60aweeeWLOM6TPidi
Data:{"temp":26.90,"humid":62.00}
Status code: 200
Response: {"humid":62.0,"emp":26.9}
Temperature = 27.00 °C
Humidity = 62.00 %
POST:/.json?auth=zTDLkriqpUW0cn5V0PJUflq60aweeeWLOM6TPidi
Data:{"temp":27.00,"humid":62.00}
Status code: 200
Response: {"humid":62.0,"temp":27.0}
Temperature = 27.00 °C
Humidity = 62.00 %
POST:/.json?auth=zTDLkriqpUW0cn5V0PJUflq60aweeeWLOM6TPidi
Data:{"temp":27.00,"humid":62.00}
```

Joonis 6.1 GSM mooduli ja Firestore-i andmete edastus [42]

7. KOMPONENTIDE MAKSUMUS

Järgnevalt on toodud ära toodete orienteeruv maksumus, mis edastatud tabeli kujul(tabel 7.1) . Kõik välja toodud toodete hinnad on võetud kõige soodsamad nii Eestis, kui ka välismaal müüdavatest lahendustest. Hinnad võivad ajas muutuda.

Tabel 7.1 Kompostri maksumus

Seade	Maksumus
Arduino Uno	12 EUR
Temperatuuri andur	2.70 EUR
Ventilaatorid 2x	34 EUR
PH andur	37.83 EUR
Niisutussüsteem(sprinkler, veepump,voolik)	11 EUR
Mulla niiskuse andur	21 EUR
GSM andur	65.30 EUR
220V inverter	5 EUR
Purustaja	189 EUR
Segaja materjal	10 EUR
Vilgukivi küttelelaat	25 EUR
Segaja mootor	56 EUR
Segaja reduktor	50 EUR
Mehaanilised lülitid 6tk	10 EUR
Juhtmestik	20 EUR
Kesta materjal(roostevaba teras)	1000 EUR
Mulla koguja rattad	5 EUR
Pisidetailid(kruvid, poldid, mutrid, tihendid, seibid)	10 EUR
Kokku	1564 EUR

8. EDASI ARENDAMISE VÕIMALUSED

Lõputöö analüüsimise protsessi käigus on targa kompostri mudelile mõeldud lisa rakendusi, mida edaspidiselt võiks täiendada.

1. Kompostri toimuva protsessi erinevad analüütilised andmed ja osaline juhtimissüsteem võiks olla rakendunud tarbija nutiseadme operatsioonisüsteemi tööprotsessi.
2. Päikesepaneelide paigaldamine elektrikulude minimaliseerimiseks
3. Kompostri aluse arendamine käruks, mis lihtsustab valmismassi vedamist.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärk oli projekteerida ja analüüsida targa kompostri süsteemi arendust, mille tehnoloogia võimaldaks kompostitava massi valmimist erinevate mehhanismide ja andurite koostööl.

Töö alguses teostati turu-uuring olemasolevatest kiirkompostrite lahendustest ning uuriti nende seniseid plusse ja miinuseid. Projekteeriti 3D mudel targast kompostrist koos mehaaniliste lisaseadmetega ning kirjeldati tehnoloogiliste riistvarade asukohta 3D mudelil. Mehaaniliste abivahendite ülesandeks oli purustada suuremaid oksa ja haljastus saadusi, segada ja ventileerida toodetavat massi ning hõlbustada valmismassi kättesaamist.

Töö käigus analüüsiti ja kirjeldati erinevaid targa kompostri valmistamiseks vajaminevaid lisaseadmeid ja andureid ning põhjendati nende valikute tegemist.

Tehnoloogiliste abivahendite ülesanne oli mõõta mulla niiskusetaset ning automatiseerida niisutussüsteem vastavalt vajadusele, mõõta temperatuuri ning automatiseerida vastavalt vajadusele küttekehad ning mõõta valmis kompostimassi pH taset, mis annaks massi küpsusastmest teavitust.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks lõputöös kasutati kahte erinevat programmi. 3D mudeli loomiseks kasutati SolidWorks programmi ning andurite skeemide koostamiseks kasutati Fritzing programmi. Tarbijale võimaldati erinevate andmete(niiskustase, temperatuur, pH tase) reaalaja analüüsimiseks Firebase programmi.

Töö analüüsimise ja projekteerimise tulemuseks kujundati mudel võimaldamaks nutikalt erinevaid biojätmeid kiirelt komposteerida läbi tehnoloogiliste protsesside.

Tulevikus võiks mudelit täiendada lisa nutikate seadmetega näiteks päikesepaneelid, mis võimaldaksid elektrikulusid kokku hoida ning võimalda läbi nutiseadme

operatsioonisüsteemi tööprotsessi jälgimist ja juhtimist.

SUMMARY

The purpose of this thesis was to design and analyse the development of the smart composter system, the technology of which would enable the completion of the compostable mass through the cooperation of different mechanisms and sensors.

Market research was performed on existing fast composter solutions and their current pros and cons were analysed in the beginning of this thesis. 3D model of smart composter with mechanical accessories was designed and the locations of technological hardware on the 3D model were described. The task of mechanical accessories was to crush larger branches and landscaping products, mix and ventilate produced mass and facilitate the receipt of finished mass.

During the formulation of this thesis, different mechanical accessories and sensors that were needed to manufacture the smart composter were analyzed, described and justified the choice of use. The task of technological aids was to measure the humidity level of the soil and automatize the irrigation system as required, measure the temperature and automatize the heaters as required, measure the pH level of finished compost and provide information on the degree of completion of the compost.

Two different programmes were used to fulfill the purpose of this thesis. SolidWorks programme was used to create the 3D model and Fritzing programme was used to create the sensor circuit. Firebas programme was made available for consumers to analyse different data (level of humidity, temperature, pH level) in realtime.

To analyze and design the result of this thesis, a model was designed to enable different types of bio-waste to be composted cleverly and fast through technological processes.

In the future the model could be complemented by adding smart devices, for example solar panels which would allow to economize electricity consumption and also by enabling the monitoring and leading of the operating system processes through a smart device.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Kompost aianduses ja maastikukujunduses. [Võrgumaterjal]
<http://www.recycling.ee/wp-content/uploads/2014/02/Kompost-aianduses-ja-maastikukujunduses.pdf> [Kasutatud 04.04.2022]
2. Composting At Home. [Võrgumaterjal]
<https://www.epa.gov/recycle/composting-home> [Kasutatud 04.04.2022]
3. What Are the Different Kinds of Composting? [Võrgumaterjal]
<https://unclejimswormfarm.com/different-kinds-composting/> [Kasutatud 04.04.2022]
4. Monitoring Compost pH. [Võrgumaterjal]
<http://compost.css.cornell.edu/monitor/monitorph.html#:~:text=As%20composting%20proceeds%2C%20the%20organic,system%20should%20reduce%20this%20acidity> [Kasutatud 07.04.2022]
5. Komposteerimine. [Võrgumaterjal] <https://www.biobag.ee/komposteerimine/>
[Kasutatud 07.04.2022]
6. 8 Items You Should Never Put in Your Compost Bin. [Võrgumaterjal]
<https://www.bhg.com/gardening/yard/compost/what-not-to-compost/>
[Kasutatud 07.04.2022]
7. Kompostimise liigid. [Võrgumaterjal]
<https://www.kompostiljon.ee/kompostimise-liigid/> [Kasutatud 15.04.2022]
8. M.Kriipsalu, A.Luik, E.Peetsmann, „Abiks väiketootjatele, komposti valmistamine“ [Võrgumaterjal]
<https://www.agri.ee/sites/default/files/content/valjaanded/2016/valjaanne-2016-vaiketootjale-kompost.pdf> [Kasutatud 15.04.2022]
9. Väldi vigu kompostimisel. [Võrgumaterjal]
<https://www.kompostiljon.ee/valdi-vigu/> [Kasutatud 07.04.2022]
10. Smart bins - waste to compost machine. [Võrgumaterjal]
<http://www.dmsdubai.com/en/products/view/smart-bins-waste-to-compost-machine> [Kasutatud 15.04.2022]
11. Biolan Kiirkomposter 220eco. [Võrgumaterjal]
<https://www.biolan.ee/tooted/biolan-kiirkomposter-220eco.html> [Kasutatud 15.04.2022]
12. Oklin technology. [Võrgumaterjal] <http://oklininternational.com/technology/>
[Kasutatud 15.04.2022]
13. F. De Nardo, „Composting from A to Z“. [Võrgumaterjal]
https://www.academia.edu/11692803/Composting_from_A_to_Z [Kasutatud 15.04.2022]

14. N.R. Badoo, „Stainless steel in construction: A review of research, applications, challenges and opportunities“ [Võrgumaterjal] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X08001831?via%3Dihub> [Kasutatud 15.04.2022]
15. Elektriline oksapurustaja Hecht 6285 XL. [Võrgumaterjal] <https://hansapost.ee/et/aiakaubad/aiatehnika-ja-aiaseadmed/lehepuhurid-ja-oksapurustajad/elektriline-oksapurustaja-hecht-6285-xl?id=230057> [Kasutatud 17.05.2022]
16. Why electric motor should use speed reducer (gearbox)? [Võrgumaterjal] <https://www.veermotor.com/why-electric-motor-should-use-speed-reducer-gearbox/> [Kasutatud 15.05.2022]
17. Vilgukivi kütteplaat. [Võrgumaterjal] <https://ee.heater-technology.com/mica-heater/mica-plate-heater/mica-heat-plate.html> [Kasutatud 05.05.2022]
18. Mulla lupjamine. Mis tüüpi mullad vajavad lupjamist, kuidas seda teha. [Võrgumaterjal] <https://zyle.ru/et/shpaklevka/izvestkovanie-pochvy-kakie-vidy-pochv-trebuyut-izvestkovaniya-kak/> [Kasutatud 15.04.2022]
19. A.Grant, „Is My Compost pH Too High: What Should The pH Of Compost Be“. [Võrgumaterjal] <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:En1FhQXp0ywJ:http://www.gardeningknowhow.com/composting/basics/ph-of-compost.htm+&cd=13&hl=en&ct=clnk&gl=ee> [Kasutatud 07.04.2022]
20. Ventilator 120x120x25mm 12VDC 2W ball 2200RPM 3-juhet. [Võrgumaterjal] https://www.oomipood.ee/product/eec0251b3_g99_ventilaator_120x120x25mm_12vdc_2w_ball_2200rpm_3_juhet [Kasutatud 15.04.2022]
21. TITAN- 12V DC IP55 Waterproof/Dustproof Case Cooling Fan (120mm). [Võrgumaterjal] <https://www.amazon.com/TITAN-Waterproof-Dustproof-Cooling-120mm/dp/B00U471UXU?th=1> [Kasutatud 15.04.2022]
22. IP KAITSEASTE. [Võrgumaterjal] <https://www.akaabel.ee/projekteerimine/ip-kaitseaste/> [Kasutatud 08.05.2022]
23. Hunter Adjustable Spray Head Nozzles 360°. [Võrgumaterjal] <https://www.irrigationexpress.co.nz/product/hunter-adjustable-spray-head-nozzles-360/> [Kasutatud 08.05.2022]
24. Rain Bird 5F 5ft Full Circle MPR Sprinkler Nozzle. [Võrgumaterjal] <https://www.evergreensprinklers.com/rainbird-5f-mpr-nozzle-5-radius-full-circle.html> [Kasutatud 08.05.2022]

25. Arduino UNO R3 description. [Võrgumaterjal]
https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf?_gl=1*gd6229*_ga*NDQ4MjYxMDIxLjE2NDk4MzU4NTM.*_ga_NEXN8H46L5*MTY1MjQ3MDc1NC4xMS4xLjE2NTI0NzA3ODkuMjU [Kasutatud 15.04.2022]
26. Mini Ac-Dc Converter Ac110V 220V To Dc 12V 0.2A+5V Module Board. [Võrgumaterjal]
<https://www.joom.com/et/products/5d03294f8b45130101aae7c9> [Kasutatud 02.05.2022]
27. Wi-Fi. [Võrgumaterjal] <https://www.verizon.com/info/definitions/wifi/>
 [Kasutatud 18.05.2022]
28. What's the difference between 2.4GHz and 5GHz WiFi? [Võrgumaterjal]
<https://beambox.com/what-s-the-difference-between-2-4ghz-and-5ghz-wifi>
 [Kasutatud 18.05.2022]
29. SigFox. [Võrgumaterjal] <https://enless-wireless.com/en/sigfox-iot-network/>
 [Kasutatud 18.05.2022]
30. Advantages of SigFox | Disadvantages of SigFox. [Võrgumaterjal]
<https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/advantages-and-disadvantages-of-Sigfox-wireless-technology.html> [Kasutatud 18.05.2022]
31. Coverage. [Võrgumaterjal] <https://www.connectedbaltics.com/coverage/>
 [Kasutatud 18.05.2022]
32. SIM7600CE-T 4G(LTE) Shield for Arduino. [Võrgumaterjal]
<https://www.dfrobot.com/product-1834.html> [Kasutatud 17.05.2022]
33. Stop Over-Watering With Soil Moisture Sensors. [Võrgumaterjal]
<https://www.vegetronix.com/Products/Soil-Moisture-Sensor-Probes.phtml>
 [Kasutatud 1.05.2022]
34. SoilWatch 10 - Soil moisture sensor. [Võrgumaterjal]
<https://www.tindie.com/products/pinotech/soilwatch-10-soil-moisture-sensor/>
 [Kasutatud 1.05.2022]
35. Soil PH Sensor. [Võrgumaterjal] <https://www.renkeer.com/product/soil-ph-sensor/> [Kasutatud 01.05.2022]
36. Gravity: Analog pH Sensor / Meter Pro Kit For Arduino. [Võrgumaterjal]
<https://store.arduino.cc/collections/dfrobot/products/gravity-analog-ph-sensor-meter-pro-kit-for-arduino?selectedStore=eu> [Kasutatud 01.05.2022]

37. DHT11 module temperature and humidity sensor DHT-11 electronic building blocks for SAARDUINO. [Võrgumaterjal]
https://www.aliexpress.com/item/1005003009308416.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.3d957bafId4Exu&algo_pvid=c707496e-a4b4-4ffa-ac5b-498df993161d&algo_exp_id=c707496e-a4b4-4ffa-ac5b-498df993161d-8&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000023210224258%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21EUR%21%211.32%21%21%21%21%21%400bb0620316526065832351949ef177%2112000023210224258%21sea [Kasutatud 01.05.2022]
38. DS18B20 Waterproof Prewired Cable. [Võrgumaterjal]
<https://www.pcboard.ca/ds18b20-temperature-sensor-wired> [Kasutatud 01.05.2022]
39. Firebase Realtime Database. [Võrgumaterjal]
<https://firebase.google.com/docs/database> [Kasutatud 02.05.2022]
40. What Is Google Firebase and Why Should You Use It? [Võrgumaterjal]
<https://www.makeuseof.com/what-is-google-firebase-why-use-it/> [Kasutatud 18.05.2022]
41. C.Cimpanu, „More than 10% of Firebase databases are open and exposing data“. [Võrgumaterjal] <https://therecord.media/more-than-10-of-firebase-databases-are-open-and-exposing-data/#:~:text=Developed%20in%202012%20as%20a,today%27s%20most%20popular%20database%20engines> [Kasutatud 02.05.2022]
42. GSM & Arduino Communication with Firebase or Thingspeak. [Võrgumaterjal]
<https://how2electronics.com/gsm-arduino-communication-with-firebase-or-thingspeak/> [Kasutatud 18.05.2022]

