robotiikka valtaa kasvien kasvatuksen

Santeri Taavitsainen

## Sisällysluettelo

[Sisällysluettelo 1](#_Toc193627168)

[1. Tutkimuksen aihe 3](#_Toc193627169)

[2. Tutkimusongelma 3](#_Toc193627170)

[3. Tavoite ja suunnitelma 3](#_Toc193627171)

[4. Automaatio 4](#_Toc193627172)

[5. Laitteen osat 4](#_Toc193627173)

[5.1 Vesipumppu 4](#_Toc193627174)

[5.2 Tasavirtasähkömoottori 4](#_Toc193627175)

[5.3 Kapasitiivinen maaperän kosteusanturi 4](#_Toc193627176)

[5.4 Rele 5](#_Toc193627177)

[5.5 NPN-transistori 5](#_Toc193627178)

[5.6 Led 5](#_Toc193627179)

[5.7 Fotodiodi 5](#_Toc193627180)

[5.8 Painokytkin 5](#_Toc193627181)

[5.9 Tietokoneen kello 5](#_Toc193627182)

[5.10 NPT-protokolla 6](#_Toc193627183)

[5.11 Arduino 6](#_Toc193627184)

[5.12 Tietokoneavusteinen suunnittelu 6](#_Toc193627185)

[5.13 Muuntaja 6](#_Toc193627186)

[5.14 Vastuslämpötila-anturi 7](#_Toc193627187)

[5.15 Legot ja Duplot 7](#_Toc193627188)

[5.16 Arduino Cloud 7](#_Toc193627189)

[6. Palkokasvit/herne 7](#_Toc193627190)

[7. Tutkimuksen toteuttaminen 7](#_Toc193627191)

[7.1 Idea 7](#_Toc193627192)

[7.2 Suunnittelu 8](#_Toc193627193)

[7.3 Materiaalien hankinta ja testaus 8](#_Toc193627194)

[7.4 Rakentaminen ja ohjelmointi 9](#_Toc193627195)

[7.5 Kokeen valmistelu 11](#_Toc193627196)

[8. Tutkimus 12](#_Toc193627197)

[26.1.2025 sunnuntai 12](#_Toc193627198)

[27.1.2025 maanantai 13](#_Toc193627199)

[28.1.2025 tiistai 13](#_Toc193627200)

[29.1.2025 keskiviikko 14](#_Toc193627201)

[30.1.2025 torstai 14](#_Toc193627202)

[31.1.2025 perjantai 14](#_Toc193627203)

[1.2.2025 lauantai 14](#_Toc193627204)

[2.2.2025 sunnuntai 14](#_Toc193627205)

[3.2.2025 maanantai 15](#_Toc193627206)

[4.2.2025 tiistai 15](#_Toc193627207)

[5.2.2025 keskiviikko 15](#_Toc193627208)

[6.2.2025 torstai 15](#_Toc193627209)

[7.2.2025 perjantai 16](#_Toc193627210)

[8.2.2025 lauantai 16](#_Toc193627211)

[9.2.2025 sunnuntai 16](#_Toc193627212)

[9. Tutkimustulokset ja pohdinta 17](#_Toc193627213)

[10. Ongelmat 18](#_Toc193627214)

[11. Kehitysideat 18](#_Toc193627215)

[12. Lähteet 19](#_Toc193627216)

[13. Liitteet 20](#_Toc193627217)

[13.1 Laitteen koodi 20](#_Toc193627218)

## 1. Tutkimuksen aihe

Automaattinen kastelujärjestelmä huolehtii kasvin kastelusta ilman ihmisen apua tai valvomista. Päätoiminto laitteella on, että se kastelee, kun multa oli liian kuivaa eikä anna kasvin kuihtua, vaikka omistaja ei olisi kotona.

Laite kerää tietoja mullan kosteudesta, ilman lämpötilasta, vesisäiliön tilanteesta, reaaliaikaisesta ajasta ja tarkistaa kirkkauden. Niiden perustella päättää tarvitseeko kasvi kastelua.

Kasvatin tutkimuksessa Nelson Garden silpohernettä, lajikkeena oli Kelvedon Wonder.

Käytin tutkimiseen hernettä. Valitsin ne, koska herneet kestävät suurempiakin määriä vettä. Jos laitteeseen tulee vika niin tutkimus ei menisi hukkaan.

Tutkin kasvamista 14 päivää ja lopuksi mittasin kasvien painon.

Pyysin äitiäni kasvattamaan omaa hernesatoaan ja merkitsemään kastelumäärän ja sen ajankohdan muistiinpanovihkoon.

## 2. Tutkimusongelma

Kysymys, johon lähdin etsimään vastausta oli, ” onko robotti parempi kastelemaan kasveja kuin ihminen”.

## 3. Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena oli kehittää toimiva kastelurobotti, joka mahdollistaisi, ettei ihmisen tarvitse kastella itse kasveja. Tärkeää oli, ettei kasvit kuihtuisi, kun viljelijä on muualla. Tavoitteena oli myös, että laite on kohtuu hintainen rakentaa ja kuluttaisi vähän energiaa.

Ensiksi ajattelin suunnitella laitteen ja sen kotelon. Seuraavaksi tekisin alustavan koodin projektille.

Koodin jälkeen ostaisin tuotteet, jotka tarvitsisin. Sitten kun saisin laitteen osat kasaisin niistä prototyypin millä testaisin koodini toimivuuden. Laitteen osien yhdistämisen jälkeen kasaisin kotelon.

Viimeiseksi tekisin tutkimuksen ja merkitsisin kaikki tiedot talteen tutkimuksesta.

## 4. Automaatio

Automaatio on tietokoneen ja robottien käyttöä koneiden ja prosessien ohjaamiseen. Automaatio korvaavat ihmisen suorittaessaan tiettyjä toistuvia toimintoja.

Teollisuusautomaation alkuperäiset periaatteet olivat tuottavuuden lisääminen pidentämällä työaikoja ja vähentämällä työvoiman kustannuksia. Nykyisin asiat ovat muuttuneet ja tärkeämpää on tuotteiden laatu ja muokattavuus. Automaatiota käytetään useissa eri aloissa esim. tehtaissa, kuljetuksessa, maan-puolustuksessa ja maataloudessa.

Yleensä kun puhutaan automaatiosta, niin ajatellaan robotteja, jotka toimivat tehtaissa tai robottipölyimuria, mutta automaatio tarkoittaa paljon muutakin. Automaatio tarkoittaa esimerkiksi hissin toimintaa, kun ihminen painaa nappia. Hissi osaa mennä oikeaan kerrokseen automaattisesti ja kulkea turvallisesti, ettei kukaan vaarantuisi.

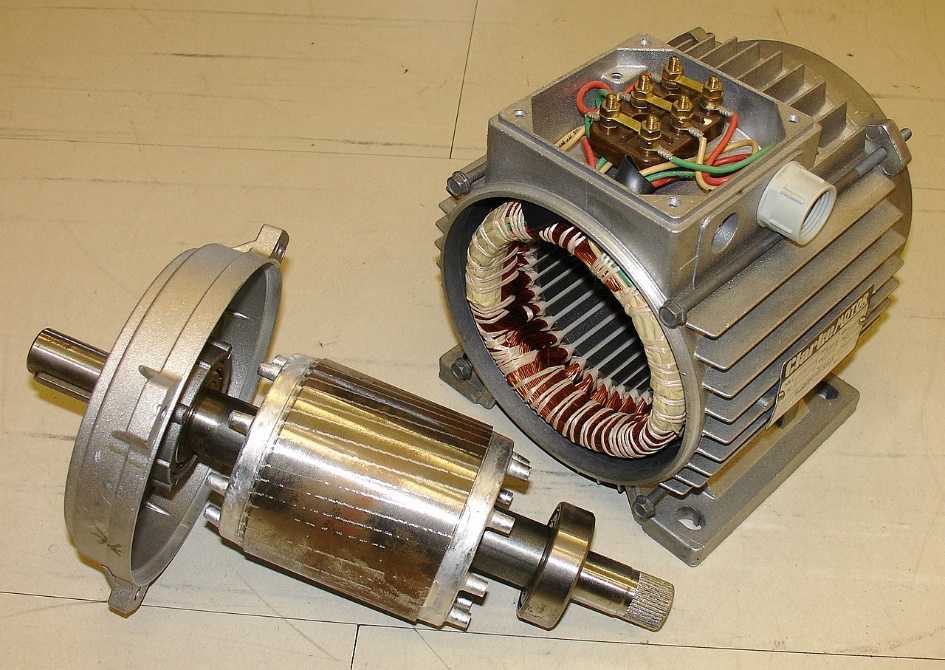
## 5. Laitteen osat

5.1 Vesipumppu

Pumppu koostuu kahdesta osasta: moottorista ja pumpusta. Työssäni moottori pyörittää siipiä, jotka luovat imun pumpun navalle, jonka seurauksena neste syöksyy pumpun ulostuloaukosta putkeen.

5.2 Tasavirtasähkömoottori

Käytin pumpuissani kahta tasavirtamoottoria. Kun käämiin syötetään virtaa se hylkii magneettia ja sen seurauksena moottori pyörii. Magneetit on kiinnitetty roottoriin, joka on moottorin keskellä.



Kuva 1. Purettu tasavirtamoottori

5.3 Kapasitiivinen maaperän kosteusanturi

Kosteusanturi mittaa, kuinka nopeasti sähkö pääsee hygroskooppisen dielektrisen kalvon läpi ja muuttaa ajan digitaaliseksi signaaliksi, joka on mullan kosteus.

5.4 Rele

Rele on sähköisesti toimiva kytkin. Releen toiminta perustuu sähkömagneettiin ja käämiin. Kun käämiin syötetään virtaa käämi hylkii magneettia. Käämiin on kytketty levy, joka koskettaa tappia, jolloin virta pääsee läpi.

5.5 NPN-transistori

Transistori on puolijohdekomponentti. Transistori valmistetaan yleensä piistä, mutta se voidaan valmistaa myös germanismista. Transistorin toiminta perustuu sähköiseen kytkimeen. Kun laitteeseen syötetään virtaa, niin se kytkee kytkimen päälle, kun virtaa ei syötetä, se kytkee kytkimen pois päältä.

Kuva, joka sisältää kohteen musta, pimeys

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 2. NPN-transistorin symboli

5.6 Led

Led eli valodiodi on puolijohdekomponentti, joka päästää valoa, kun siihen johdetaan sähkövirtaa. Led päästää virtaa läpi vain yhteen suuntaan. Ledien väri määräytyy galliumyhdisteiden määrästä. Väriä vahvistetaan monesti samanvärisellä muovikalvolla.

5.7 Fotodiodi

Lyhyesti selitettynä fotodiodi on herkkä diodi, joka muuntaa valon analogisiksi signaaleiksi.

5.8 Painokytkin

Painokytkin eli painike on sähkömekaaninen kytkin, joka päästää virran läpi, kun painiketta painetaan.

5.9 Tietokoneen kello

Tietokone pitää itsensä ajassa yleensä kideoskillaattorilla. Kideoskillaattorilla toimiva kello heittää enintään pari sekuntia vuorokaudessa. Toimiakseen kello tarvitsee virtaa. Tyypillisesti virtalähde on paristo, jolloin koneessa on paristovarmennettu kello.

Unix-aika on useissa käyttöjärjestelmissä käytettävä tapa merkata aikaa. Aikaa lasketaan hetkestä 1.1.1970 sekunteina.

5.10 NPT-protokolla

Hajautetuissa järjestelmissä ja internetissä olevien laitteiden kellot pyritään pitämään samassa ajassa. Yleisin tapa pitää kellot samassa ajassa on NPT-protokolla. NPT-protokolla pohjautuu siihen, että on atomikello, josta otetaan aikaa ja muut laitteet tallentavat sen ajan ja käyttävät sitä omien aikojen alkulähteenä.

5.11 Arduino

Arduino on italialainen yritys, joka valmistaa ja suunnittelee yksilevyisiä mikrokonttrollereita ja mikrokontrollerisarjoja. Arduinon piirilevyssä on sarjoja digitaalisia ja analogisia tulo- ja lähtöliitäntöjä. Porttien avulla Arduino voidaan yhdistää erilaisiin piirilevyihin, laitteisiin ja antureihin. Laitetta ohjataan joko USB-portin kautta tai sarjaporttien kautta.

Arduinon kehitys alkaa vuodesta 2005. Idea syntyi, kun italialainen Ivrean Interaction Desing Insituten opiskelijoille haluttiin uusi oppimistyökalu. Tavoitteena oli luoda laite mikä sopisi aloittelijoille, sekä ammattilaisille. Laitteen tuli olla edullinen ja helppo tapa luoda uusia laitteita. Arduinoon haluttiin kytkeä antureita ja toimilaitteita, jotka olisivat ympäristön kanssa tekemisissä.

Arduino koostuu yleensä Atmelin 8-bittisisestä AVR-mikro-ohjaimesta, mutta esimerkiksi Arduino uno r4 wifi versiossa käytetään Cortex-M4 suoritinta, joka on 32-bittinen. Versiossa on myös toinen suoritin verkko ominaisuuksia varten, jonka nimi on ESP32-S3.

5.12 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD on tietokoneen käyttöä apuvälineenä jonkun asian suunnittelussa. CAD nimitys perustuu ohjelmistoon ja aiemmin myös laitteiston digitaalisten mallien tekoon fyysisestä kappaleesta. CAD kehitettiin korjaamaan käsikirjoituksen epäkäytännöllisyyttä.

CAD-suunnittelussa käytetään mukana myös erilaisia simulaatioita. Simulointiin on tuotettu sovelluksia 1990-luvulta alkaen. Erilaisia simulaatioita tehdään esimerkiksi sähköjärjestelmistä, rakennuksen paloturvallisuudesta, kemiallisista reaktioista ja lentokoneiden toiminnasta.

5.13 Muuntaja

Muuntaja on sähkömagneettinen laite, jolla muutetaan vaihtosähkön jännitettä tai muutetaan virta toiseksi saman taajuiseksi jännitteeksi tai virraksi. Yksinkertaisessa muuntajassa on kaksi käämiä, jotka ovat eristetty toisistaan rautasydämen ympärille. Käämien nimet ovat ensiökäämi ja toisiokäämi.

5.14 Vastuslämpötila-anturi

Anturi on termistori, jolla mitataan lämpöä. Vastuksen resistanssi laskee 3–5 % astetta kohti. Anturin resistanssista lasketaan lämpötila.

5.15 Legot ja Duplot

Legot ovat Lego Groupin valmistamia rakennuspalikoita. Legot ovat kestäviä. Legot kestävät vuosikymmeniä jopa satoja vuosia samanlaisina. Duplot ovat pienemmille lapsille tarkoitettuja isokokoisia Lego-palikoita. Duploja ja Lego-palikoita voidaan käyttää yhteen, jolloin on helpompi tehdä isompia rakennelmia.

5.16 Arduino Cloud

Arduino cloud on pilvipoh

## 6. Palkokasvit/herne

Herne on hernekasvien heimoon kuuluva vanha viljelykasvi. Hernettä käytetään ihmisen sekä karjan ravintona. Suomessa herneen kasvu on lähtenyt suureen nousuun vuoden 2013 jälkeen.

Herne on hyvin proteiinipitoinen kasvi ja siinä on myös paljon erilaisia vitamiineja. Suurin osa kasvin energiasta on valkuaisessa.

Hernettä pystytään viljelemään puolessa osassa Suomea. Herne kestää vähän pakkasta, joten hernettä pystytään viljelemään jo alku keväästä lehmille rehuksi. Herne tarvitsee kasvaakseen kovaa maata, ettei kasvi lakoa. Herne tarvitsee myös ravinteikkaan ja kalkitun maan. Herne sitoo hyvin typpeä, joten se soveltuu esikasviksi pelloille.

Herne tarvitsee kasvaakseen enemmän vettä, kun monet muut viljelykasvit, esimerkiksi viljat. Herne pitää kylvää melko syvälle eikä ihan pintaan, mutta kuitenkin alle 7 cm syvyyteen. Herne tarvitsee vettä rutkasti kasvaakseen ja erityisesti kukintavaiheessa. Herne tarvitsee auringon valoa yhteyttämiseen.

Kasvit ylipäätään tarvitsevat vettä kasvaakseen, kasvin ylläpitämiseen ja yhteyttämiseen. Vesi auttaa myös ravinteiden kuljettamisessa kasvin sisällä. Kasvien on tärkeää saada hiilidioksidia yhteyttämiseen.

## 7. Tutkimuksen toteuttaminen

7.1 Idea

Sain idean lähteä tutkimaan aihetta neljä vuotta sitten, kun katselin vain tavaroita mitä myytiin Arduinon verkkosivuilla. Sen jälkeen olen halunnut rakentaa kastelurobotin itse. Tämä haaveeni vahvistui, kun kuulin 5-luokalla Sammon sirun kilpailusta.

7.2 Suunnittelu

Aloin suunnittelemaan laitetta 2024 kesällä. Sain tehtyä alustavan mallin tietokoneella kesän 2024 aikana. Käytin suunnitelmassa ohjelmaa nimeltä Thinkercad. Tein SketchUP nimisellä ohjelmalla suunnitelman laitteen kotelosta 2024 talvella.

Kuva, joka sisältää kohteen kuvakaappaus, teksti, luonnos, diagrammi

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 3. Kotelosuunnitelma

Kuva, joka sisältää kohteen teksti, virtapiiri, Sähkötekniikka, diagrammi

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 4. Piirisuunnitelma

Tein myös alustavan koodin mikrokontrollerille samaan aikaan kotelon kanssa. Mikrokontrollerin koodi ei lopulta toiminut.

7.3 Materiaalien hankinta ja testaus

Etsin netistä yrityksiä, joista saisin hankittua osat tutkielmaani varten tehtävään robottiin. Isäni kertoi, että on olemassa kauppa nimeltä Partco. Partco on suomalainen elektroniikkatukku, joka sijaitsee Vantaalla.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tuote | hinta (€) | Hankittu |
| Arduino Uno R4 Wifi | 33,3 | Partco |
| Grove Male Jumper to Grove 4p Cable (5pcs) | 5,11 | Partco |
| Grove Soil Moisture Sensor | 6,34 | Partco |
| Grove - Temperature Sensor | 4,8 | Partco |
| vesipumppu, letku, releet ja kosteusanturi | 15 | Temu |
| Grove 4-pin Female Header THT (10pcs) | 3,03 | Partco |
| Leipälauta 830 pisteinen | 2,23 | Temu |
| Muovikulho | 2,6 | Ikea |
| 5V virtalähde | ilmainen | Koululta |
| Arduino aloituspakkaus | 10,53 | Temu |
| sininen ledi | ilmainen | Isän työkaveri |
| liittimet | 2 | Partco |
| Kaikki muu | 10 | Partco/Temu |

Taulukko 1. Hankitut tuotteet

Kun testasin Arduinoa, huomasin, ettei se toiminut oikein. En saanut yhdistettyä sitä nettiin, enkä saanut vietyä koodia siihen. Menin Partcoon reklamoimaan siitä ja sain uuden laitteen, jota pystyin käyttämään tutkielmassa. Kun Temusta saapui tilatut laitteen osat, pääsin testaamaan ledejä Arduinon kanssa. Siniset ja valkoiset ledit eivät toimineet. Sain uudet siniset ledit isäni työkaverilta. Virtalähteen antoi koulumme opettaja.

7.4 Rakentaminen ja ohjelmointi

Yhdistin ledit, yhden kosteusanturin, piuhat, valoanturin, lämpötila-anturin, napin ja leipälaudan Arduinoon.

Kuva, joka sisältää kohteen Sähkötekniikka, Johdotus, elektroniikka, Elektroninen komponentti

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 5. Prototyyppi

Sain toimimaan ledit ja kosteusanturin Arduinon kanssa 4. marraskuuta 2024. Seuraavaksi aloitin moottoreiden kytkemisen. Se oli haastavaa. Ensiksi yritin kytkeä moottorin suoraan Arduinoon. Kytkentä ei onnistunut, koska Arduino ei antanut tarpeeksi virtaa läpi moottorille. Seuraavaksi päätin jättää moottorit kytkemisen vähäksi mietintään ja aloin rakentaa laitteelle koteloa. Ideana oli 3d-tulostaa kotelo, mutta tajusin ettei se olisi mahdollista laitteen komponenttien koon takia. Päädyin rakentamaan kotelon Lego- ja Dublo-palikoista.

Kotelon rakentamisen jälkeen jatkoin moottoreiden kytkentää.

Tein moottoreiden kytkennän ja kotelon. Aloitin tämän 27. päivä joulukuuta 2024 ja lopetin 27. tammikuuta 2025.

Yritin saada moottorit toimimaan ainoastaan releiden avulla. Kytkentä ei onnistunut, koska releet syöttivät virtaa Arduinoon päin ja saivat oikosulun aikaan. Ledejä paloi oikosulun takia. Sain tietoa netistä etsimällä ja löysin piirikaavion missä oli käytetty NPN-transistoreja yhdessä releen kanssa. Kytkin NPN-transistorista tulevan pinnin yhteen releen ohjauksen kanssa ja käytin relettä niin että ohjasin moottoreita miinusvirralla. Sain laitteen toimimaan ja pääsin suorittamaan itse koetta.

Kuva, joka sisältää kohteen työkalu, sisä-, Johdotus, kaapeli

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.Kuva, joka sisältää kohteen Johdotus, kaapeli, elektroniikka, muovi

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 6. ja 7. Valmis laite kotelon päältä ja sisältä

Aloitin laitteen koodin ohjelmoinnin 14. lokakuuta 2024. Tein ohjelman käyttäen C++ ohjelmointikieltä. Ensimmäisessä koodi versiossa ei ollut yhdistettynä mitään verkkoon liittyvää. Halusin kuitenkin saada laitteen toimimaan verkkoon kytkettynä, jolloin pääsisin ohjaamaan sitä etänä.

Toisessa versiossa sain laitteen toimimaan yhdessä kotimme wifi verkon kanssa, muttei se näkynyt Arduinon verkkopaneelissa.

Kolmannessa versiossa käytin eri lisäosaa verkkoon yhdistämiseen ja sain Arduinoni näkymään verkkopaneelissa. Lämpötila-anturi ei kuitenkaan antanut oikeaa lukemaa vaan näytti miinus 56 astetta. Sain sen näyttämään oikeaa lämpötilaa muuttamalla porttia analogisesta digitaaliseen ja tekemällä pieniä koodi muokkauksia.

Lopuksi lisäsin koodiin ominaisuuden, jonka seurauksena valot sammuvat kello 21 ja 7 välillä. Silloin laite ei myöskään kastele. Samalla säädin laitteen kasteluaikaa lyhyemmäksi. Sain koodin valmiiksi 9. maaliskuuta 2025. Koodin eri versioita oli yli 30, johtuen uudesta ohjelmointi kielestä minulle. Liitteessä 1 on viimeisin ohjelma mikä on viety laitteeseen.

7.5 Kokeen valmistelu

Siirsin laitteen ikkunalaudalle ja kytkin siihen virran mullankosteuden kalibrointia varten. Siirtämisen jälkeen mittasin kahteen karkkirasiaan noin saman verran multaa noin 5 cm laitoin 120 siementä per astia siisteihin riveihin. En esikastellut multaa vaan annoin sen jopa vähän kuivahtaa ennen siementen asettamista, jolloin laite saisi kastella vähän enemmän aluksi. Kuva, joka sisältää kohteen sisä-, Tarjoiluastiat, posliini, keraaminen

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva, joka sisältää kohteen ruoka, Välipala, sisä-, maa

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuvat 8, 9, ja 10. Herneiden istuttaminen

Kuva, joka sisältää kohteen Johdotus, kaapeli, Sähkövirta, elektroniikka

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 11. Laite tutkimuspaikassaan

## 8. Tutkimus

26.1.2025 sunnuntai

Aloitin tutkimuksen tasan kello 17:00. Laitteeni oli silloin kytketty vielä tietokoneeseen virheiden etsimiseksi. Heti aluksi laitoin 4 dl vettä koneen säiliöön ja laite syötti veden suoraan multaan.

Kello 17:43 muokkasin koodia kastelemaan vähemmän, mutta useammin huomioiden antureiden tulokset. Siirsin vesiputket mullan pohjalle ja teippasin ne astiaan kiinni, etteivät ne irtoaisi. Kastelin vahingossa 8 sekuntia, jolloin säiliö tyhjeni, koska koodissani oli virhe ja laite syötti liikaa vettä kerralla.

Kello 17:52 Muokkasin koodia siten, että valot eivät pala yöllä ja ledit palavat oikeassa kohdassa. Huomasin ettei toinen pumpuista jaksanut pumpata kunnolla johtuen sen pidemmästä putkesta, mutta päätin jatkaa kuitenkin samalla pumpulla.

Kello 18:01 Huomasin etteivät ledit palaneet ollenkaan, vaikka olin muokannut ohjelmaa, niin että ne palaisivat päivisin. Päätin, että korjaan sen seuraavana päivänä.

Kello 18:11 Lisäsin 2.5 dl vettä laitteeseen ja laite tunnisti veden. Irrotin laiteen pois tietokoneesta.

Kello 21:03 Katsoin verkkopaneelista, että laite toimii oikein.

Äitini kasteli omaan herneviljelmäänsä 2,5 dl vettä kello 18:00.

Kuva, joka sisältää kohteen teksti, näyttö, kuvakaappaus, tietokone

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva. 12 Kuva tietokoneesta missä on auki laitteen verkkopaneeli

27.1.2025 maanantai

Kello 9:27 Tarkistin, että laite toimii oikein. Huomasin ettei multa ole kuivunut yöllä.

Kello 14:40 Tarkistin, että kaikki toimii oikein. Osa siemenistä oli noussut mullan pintaan ja painelin ne multaan takaisin.

Kello 16:40 Laite oli kuumentunut huomattavasti. Korkein lämpötila oli 27 astetta. Avasin laiteen kotelon ja annoin sen jäähtyä

Kello 20:30 Laite ei ole kastellut vieläkään ja multa on vähän kuivunut.

Äitini kasteli omaan herneviljelmäänsä 1 dl vettä kello 16:45.

28.1.2025 tiistai

Kello 7:00 Multa oli kuivunut lisää muttei riittävän paljon, että laite kastelee. Ledit eivät palaneet oikein vieläkään.

Kello 21:09 Laite ei ole kastellut vieläkään.

29.1.2025 keskiviikko

Ei muistiinpanoja.

Äitini kasteli omaan herneviljelmäänsä 1 dl vettä kello 16:40.

30.1.2025 torstai

Ei muistiinpanoja.

Äitini kasteli omaa herneviljelmäänsä 2 dl vettä kello 12:45.

31.1.2025 perjantai

Laite toimii muuten, mutta ledit eivät pala ollenkaan. Siemenet olivat alkaneet itämään minulla ja äidilläni.

Kuva, joka sisältää kohteen kasvi, muovi, kontti

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen uuni, sisä-, ruoka

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 13. ja 14 Vertailukuvat päivältä 31.1.2025 oikealla äitini multa ja vasemmalla laitteeni multa.

1.2.2025 lauantai

Ei muistiinpanoja

2.2.2025 sunnuntai

Kello 9:59 Huomasin, että laitteeni kosteusanturin piuha oli irronnut eikä kosteusanturi antanut oikeaa tietoa.

Kello 12:40 Kasteltu vahingossa 1.5 sekuntia, kun kytkin laitteen tietokoneeseen ledien korjausta varten.

Kello 13:10 Laitteeseen vien uuden koodin virheiden korjausta varten.

Kello 13:11 Kytkin kosteusanturi takaisin kiinni laitteeseen.

Kello 13:17 Sain ledit palamaan oikein ja muokkasin koodia niin ettei valosensori vaikuta kasteluun.

Kello 13:20 Lisätty 4 dl vettä laitteen sisälle

Kello 13:23 Otin laitteen irti tietokoneesta ja laiteoin laitettu takaisin verkkovirtaan

Kello 13:25 Tarkistin, että kaikki toimii laitteessa ja todettu niin

Äitini kasteli omaan herneviljelmäänsä 3 dl vettä kello 9:45.

Kuva, joka sisältää kohteen kasvi, huonekasvi, piha-, kontti

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen teksti, uuni

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 15. ja 16 Vertailukuvat päivältä 2.2.2025 oikealla äitini multa ja vasemmalla laitteeni multa.

3.2.2025 maanantai

Ei muistiinpanoja.

Kuva, joka sisältää kohteen sisä-, elektroniikka, henkilö, pitäminen

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen sisä-, taide, muotoilu

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 17. ja 18 Vertailukuvat päivältä 3.2.2025 oikealla äitini multa ja vasemmalla laitteeni multa.

4.2.2025 tiistai

Ei muistiinpanoja.

5.2.2025 keskiviikko

Ei muistiinpanoja.

Äitini kasteli omaa herneviljelmäänsä 2 dl vettä kello 18:35.

6.2.2025 torstai

Ei muistiinpanoja.

Kuva, joka sisältää kohteen huonekasvi, kukkaruukku, kasvi, yrtti

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen kasvi, huonekasvi, yrtti, kukkaruukku

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 19. ja 20 Vertailukuvat päivältä 6.2.2025 oikealla äitini multa ja vasemmalla laitteeni multa.

7.2.2025 perjantai

Ei muistiinpanoja.

8.2.2025 lauantai

9:23 Huomasin, että laite oli kastellut viikon aikana ilman, että minä olin huomannut asiaa. Lisäisin laitteeseen 4 dl vettä.

Äitini kasteli omaan herneviljelmäänsä 2 dl vettä kello 12:10.

Kuva, joka sisältää kohteen huonekasvi, kasvi, kukkaruukku, yrtti

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen huonekasvi, kasvi, kukkaruukku, henkilö

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 21. ja 22 Vertailukuvat päivältä 8.2.2025 oikealla äitini multa ja vasemmalla laitteeni multa.

9.2.2025 sunnuntai

Lopetin tutkimuksen ja keräsin herneen varret talteen molemmista viljelmistä. Mittasin viljelmien kasvien massat erikseen.

Kuva, joka sisältää kohteen huonekasvi, kasvi, kukkaruukku, sisä-

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen Floristiikka, kukka, huonekasvi, kasvi

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 23. ja 24 Vertailukuvat päivältä 9.2.2025 oikealla laitteeni multa ja vasemmalla äitini multa.

## 9. Tutkimustulokset ja pohdinta

Kasvit kasvoivat melko saman verran eikä ollut silmällä havaittavaa eroa. Painossa eroa oli 3 grammaa eli noin 4 varren verran. Laitteeni sai kasvamaan 54 grammaa hernettä 120 siemenestä ja äitini 57 grammaa hernettä 120 siemenestä. Suhteessa siihen, paljonko laitteeni käytti vettä, ihmiseen verrattuna voin todeta, että laitteen kastelemat herneet eivät välttämättä kasvaneet suuren vesimäärän vuoksi. Osa käyttämistäni siemenistä luultavasti mätäni eikä ruvennut kasvamaan.

Kasvumäärään vaikuttaa myös siementen itävyys, mullan lämpötila, auringon valon määrä ja mullan ravinteiden määrä. Mullan lämpötila muuttui koko ajan ollessaan patterin ja ikkunan vieressä ulkosään ja sisälämpötilan mukaan. Laitteiden kastelemien herneiden määrään vaikutti myös vahinkokastelut ja laitteen ongelmat. Auringon valon määrä oli kasveille sama. Kasvun määrä saattoi olla erilainen pienesti johtuen mullan määrästä. Laitteen purkissa oli vähemmän multaa kuin äitini purkissa. Kasvun määrään saattoi vaikuttaa, myös mullan ravinteiden määrän, joka saattaa vaihdella jopa multapussin sisällä.

Tulosten perusteella oletan, ettei herneiden kasvulle kasteleeko ole merkitystä ihminen vai robotti. Kuitenkaan laite ei tarvitse hoitajaa vaan pystyy toimimaan itsenäisesti vähintään kolme päivää ja enemmän isommalla vesisäiliöllä. Kuitenkin pitää ottaa huomioon laitteen lopullisessa käytössä laitteen hinta, laitteen sähkön ja veden kulutus, sekä osassa maissa datanmaksu käytön mukaan.

Sanoisin että jos olet matkalla lyhyen tai pidemmän aikaa niin laite on parempi vaihtoehto kasvien kasvatukseen. Kuitenkin jos olet yleensä kotona niin laitteeni ei ole paras vaihtoehto sinulle. Jos et muista kastella kasveja säännöllisesti, laite voi olla parempi vaihtoehto. Jos on fyysisiä tai psyykkisiä ongelmia esimerkiksi liikkumisessa, laitteeni on parempi.

Laitteen hankinta hinta oli kallis, mutta sen käyttö ei ole kallista muuten.

Laitteeni kulutti noin 2.58 kWh tammi- ja helmikuun keskipörssisähkön hinta oli 0.06 €/kWh joillain laitteeni sähkönkulutus hinta oli 0,15 €/2 viikkoa. Vertailuksi mittasin tietokoneeni virrankulutuksen, joka oli vastaavalla 2 viikon ajalla 16,55 kwh. Näiden perusteella mielestäni laitteen käyttö on edullista.

Opin uuden ohjelmointikielen tässä tutkielmassa. Ohjelmointi kielen nimi on C++. Osasin käyttää Arduinoa jo entuudestaan, johtuen omasta kiinnostuksesta elektroniikkaa kohtaan. Opin Arduinosta kuitenkin uutta, kuten verkkopaneeli ominaisuudet ja niiden sähkönsyötön määrän. Sähköstä opin miten käyttää reseptoreja, transistoreja, ledejä ja releitä. Opin myös laskemaan sähkönkulutuksen ampeereiden pohjalta.

Kuva, joka sisältää kohteen vihannes, yrtti, sisä-, kasvi

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä. Kuva, joka sisältää kohteen vihannes, yrtti, sisä-, kasvi

Tekoälyn generoima sisältö voi olla virheellistä.

Kuva 25. ja 26 Tulokset kulhot taarattuna: oikealla laitteen kasvattamat herneen versot ja vasemmalla äitini kasvattamat herneen versot.

## 10. Ongelmat

Laitteessa on ollut joitain ongelmia. Kosteusanturin piuha oli irronnut eikä antanut silloin oikeaa lukemaa, lämpötilan lukemissa oli häiriöitä ja ledit eivät palaneet ollenkaan.

Sain kaikki nuo ongelmat korjattua ja korjausten jälkeen laite toimii oikein.

## 11. Kehitysideat

Yritän kehittää vielä toimivamman ja halvemman version laitteestani, joka toimisi ilman verkkoa ja varavirralla erikoistilanteiden varalta. Haluaisin lisätä myös omenaisuuden millä voisi kastella, jopa kasvustoa eikä vain yhtä kasvia. Lisäisisin vielä laitteeseen pienen näytön missä kerrotaan ilman lämpötila ja veden määrä säiliössä. Kehittäisin laitetta niin, että se kuluttaisi vähemmän energiaa. Vaihtoehtona laitteeni voisi kastella muitakin kasveja esimerkiksi perunaa. Haluaisin pystyä kytkemään laitteen suoraan hanaveteen jolloin pystyisin kastelemaan pensaita ja puita paremmin yhdistettynä tietokoneen kalenteriin ja kelloon. Lisäisin vielä ominaisuuden, jolla pystyisin ohjaamaan laitetta täysin etänä ja näkemään kamerasta kasvien tilan.

Laitteen koodia voisi muokata, ettei se yhdistäisi kahta kertaa saamaan nettiin, jonka se tekee nyt koodin suorittamisen alussa.

## 12. Lähteet

Suse: Industrial Automation <https://www.suse.com/suse-defines/definition/industrial-automation/> Luettu 7.2.2025

Wikipedia: pumppu [https://fi.wikipedia.org/wiki/Pumppu](https://fi.wikipedia.org/wiki/Pumppu%20) Luettu 17.2.2025

Hackman: Soil Moisture Sensor how they work <https://hackaday.com/2021/05/17/soil-moisture-sensors-how-do-they-work/> Luettu 18.2.2025

processsensing: Humidity Academy Theory 6 – The Capacitive Sensor <https://www.processsensing.com/en-us/blog/capacitive-sensor-technology.htm> luettu 17.2.2025

Wikipedia: painokytkin [https://fi.wikipedia.org/wiki/Painokytkin 18.2.2025](https://fi.wikipedia.org/wiki/Painokytkin%2018.2.2025)

Wikipedia: led <https://fi.wikipedia.org/wiki/LED> luettu 18.2.2025

Wikipedia: transistori <https://fi.wikipedia.org/wiki/Transistori> luettu 18.2.2025

Wikipedia: fotodiodi <https://fi.wikipedia.org/wiki/Fotodiodi> luettu 18.2.2025

Wikipedia: moottori <https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori> luettu 17.2.2025

Wikipedia: Tietokoneavusteinen suunnittelu [https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen\_suunnittelu luettu 19.2.2025](https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen_suunnittelu%20luettu%2019.2.2025)

wikipedia:Tietokonen kello [https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneen\_kello luettu 19.2.2025](https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneen_kello%20luettu%2019.2.2025)

wikipedia:NTP <https://fi.wikipedia.org/wiki/NTP_(tietotekniikka)> 19.2.2025

wikipedia:arduino

arduino:Uno r4 wifi <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-r4-wifi/#tech-specs> 19.2.2025

Wikipedia:Lego https://fi.wikipedia.org/wiki/Lego 23.2.2025

wikipedia: Thermistor <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor> 23.2.2025

Wikipedia: NTC-termistori [https://fi.wikipedia.org/wiki/NTC-termistori](https://fi.wikipedia.org/wiki/NTC-termistori%20) luettu 23.2.2025

Wikipedia: Vastuslämpötila-anturi <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vastusl%C3%A4mp%C3%B6tila-anturi> luettu 23.2.2025

Wikipedia: Muuntaja <https://fi.wikipedia.org/wiki/Muuntaja> luettu 23.2.2025

Luke: Heikki Jalli, Jukka Saarinen ja Matts Nysand (toim.) Herneen viljelyopas <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/553430/luke-luobio_40_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Piipoo: Kysymyksiä ja Vastauksia [https://www.piipoo.com/blogs/pii-poon-lego-uutiset/lego-kysymyksia-ja-vastauksia luettu 23.2.2025](https://www.piipoo.com/blogs/pii-poon-lego-uutiset/lego-kysymyksia-ja-vastauksia%20luettu%2023.2.2025)

RapidTables: Watts / Volts / Amps / Ohms calculator <https://www.rapidtables.com/calc/electric/watt-volt-amp-calculator.html> luettu 21.3.2025

Wikimedia commons: BJT symbol NPN <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BJT_symbol_NPN.svg> otettu 18.2.2025

Peda.net: mitä kasvit tarvitsevat elääkseen <https://peda.net/hankkeet/geenivaraoppi/yl%C3%A4koulu/biologia_ylakoulu/mksl3/otekekl/mkktel> luettu 21.3.2025

## 13. Liitteet

13.1 Laitteen koodi

#include <math.h>

#include "RTC.h"

//Include the NTP library

int tunti;

#include <NTPClient.h>

#if defined(ARDUINO\_PORTENTA\_C33)

#include <WiFiC3.h>

#elif defined(ARDUINO\_UNOWIFIR4)

#include <WiFiS3.h>

#endif

#include <WiFiUdp.h>

#include "kello\_secrets.h"

char ssid[] = SECRET\_SSID; // your network SSID (name)

char pass[] = SECRET\_PASS; // your network password (use for WPA, or use as key for WEP)

int wifiStatus = WL\_IDLE\_STATUS;

WiFiUDP Udp; // A UDP instance to let us send and receive packets over UDP

NTPClient timeClient(Udp);

//muu

#include "thingProperties.h"

int kosteus\_3;

int a;

int B=4275; //B value of the thermistor

float resistance;

bool valot;

int kosteus\_1;

int kosteus\_2;

int alusta;

int viime\_aika;

int tulevaan;

int vali\_aika;

int alku\_muuttuva;

int mennyt;

bool lupa;

void setup() {

kastelee=false;

vali\_aika=300000; //1800000

lupa=true;

// Initialize serial and wait for port to open:

Serial.begin(9600);

delay(1500);

// This delay gives the chance to wait for a Serial Monitor without blocking if none is found

pinMode(2, OUTPUT); //pumppu 1

pinMode(3, OUTPUT); //pumppu 2

pinMode(4, OUTPUT); //puna

pinMode(5, OUTPUT); // kelta

pinMode(6, OUTPUT); // vihreä

pinMode(7, OUTPUT); // sini

pinMode(A0, INPUT);

pinMode(A1, INPUT);

pinMode(A2, INPUT);

pinMode(A3, INPUT);

pinMode(A4, INPUT);

pinMode(10, INPUT);

digitalWrite(4, HIGH); //puna

digitalWrite(5, HIGH); //kelta

digitalWrite(6, HIGH); //vihreä

digitalWrite(7, HIGH); //sini

delay(3000);

digitalWrite(4, LOW); //puna

digitalWrite(5, LOW); //kelta

digitalWrite(6, LOW); //vihreä

digitalWrite(7, LOW);

//kello

while (!Serial);

connectToWiFi();

RTC.begin();

Serial.println("\nStarting connection to server...");

timeClient.begin();

timeClient.update();

// Get the current date and time from an NTP server and convert

// it to UTC +2 by passing the time zone offset in hours.

// You may change the time zone offset to your local one.

auto timeZoneOffsetHours = 2;

auto unixTime = timeClient.getEpochTime() + (timeZoneOffsetHours \* 3600);

Serial.print("Unix time = ");

Serial.println(unixTime);

RTCTime timeToSet = RTCTime(unixTime);

RTC.setTime(timeToSet);

// Retrieve the date and time from the RTC and print them

RTCTime currentTime;

RTC.getTime(currentTime);

Serial.println("The RTC was just set to: " + String(currentTime));

// Defined in thingProperties.h

initProperties();

// Connect to Arduino IoT Cloud

ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);

/\*

The following function allows you to obtain more information

related to the state of network and IoT Cloud connection and errors

the higher number the more granular information you’ll get.

The default is 0 (only errors).

Maximum is 4

\*/

setDebugMessageLevel(2);

ArduinoCloud.printDebugInfo();

}

void loop() {

Serial.println("lupa");

//kello

tunti = 0;

katso\_tunti();

alusta=millis();

//kastelu aika

alku\_muuttuva=alusta;

mennyt=alku\_muuttuva-viime\_aika;

//Serial.println(mennyt);

if(mennyt>vali\_aika)

{

lupa=true;

Serial.println("lupa");

}

//kastelee=true;

Serial.println(valot);

Serial.println(kastelee);

Serial.println(lupa);

ArduinoCloud.update();

a=analogRead(A3);

resistance=(float)(1023-a)\*10000/a; //get the resistance of the sensor;

lampotila=1/(log(resistance/10000)/B+1/298.15)-273.15;//convert to temperature via datasheet&nbsp;;

kosteus\_yhteensa = ((kosteus\_1 + kosteus\_2) / 2);

//Serial.println(kosteus\_yhteensa);

kosteus\_1 = analogRead(A0);

kosteus\_2 = analogRead(A1);

kosteus\_3 = analogRead(A2);

valo = analogRead(A4);

// put your main code here, to run repeatedly:

digitalWrite(2, LOW); //pumppu 1

digitalWrite(3, LOW); //pumppu 2

digitalWrite(4, LOW); //puna

digitalWrite(5, LOW); //kelta

digitalWrite(6, LOW); //vihreä

digitalWrite(7, LOW); //sini

if(digitalRead(10) == HIGH)

{

digitalWrite(2, HIGH); //pumppu 1

digitalWrite(3, HIGH); //pumppu 2

digitalWrite(7, HIGH);

delay(1000);

digitalWrite(2, LOW); //pumppu 1

digitalWrite(3, LOW);

digitalWrite(7, LOW);

}

if (kosteus\_yhteensa > 500 && valot==true) {

digitalWrite(4, HIGH);

Serial.println("puna");

}

if (kosteus\_yhteensa > 400 && kosteus\_yhteensa < 500 && valot==true) {

digitalWrite(5, HIGH);

Serial.println("kelta");

}

if (kosteus\_yhteensa > 400 && valot==true) {

digitalWrite(6, HIGH);

Serial.println("vihreä");

}

if(kosteus\_yhteensa > 350 && valo>20 )

{

kastelee=true;

Serial.println("kastelee\_annettu");

}

if(kastelee==true && lupa==true && valot==true)

{

viime\_aika=millis();

Serial.println("kastelee");

digitalWrite(2, HIGH); //pumppu 1

digitalWrite(3, HIGH); //pumppu 2

digitalWrite(7, HIGH);

delay(2500);

digitalWrite(2, LOW); //pumppu 1

digitalWrite(3, LOW);

digitalWrite(7, LOW);

lupa=false;

kastelee=false;

}

if(kosteus\_3<300)

{

vetta\_sisalla=true;

}

if(kosteus\_3>300)

{

vetta\_sisalla=false;

}

}

//kello

void katso\_tunti()

{

auto timeZoneOffsetHours = 2;

auto unixTime = timeClient.getEpochTime() + (timeZoneOffsetHours \* 3600);

Serial.print("Unix time = ");

Serial.println(unixTime);

RTCTime timeToSet = RTCTime(unixTime);

RTC.setTime(timeToSet);

// Retrieve the date and time from the RTC and print them

RTCTime currentTime;

RTC.getTime(currentTime);

Serial.println("The RTC was just set to: " + String(currentTime));

RTC.getTime(currentTime);

tunti = currentTime.getHour();

Serial.println(tunti);

if(tunti>21 || tunti<7)

{

valot=false;

Serial.println("pois");

}

else

{

valot=true;

Serial.println("päällä");

}

}

void printWifiStatus() {

// print the SSID of the network you're attached to:

Serial.print("SSID: ");

Serial.println(WiFi.SSID());

// print your board's IP address:

IPAddress ip = WiFi.localIP();

Serial.print("IP Address: ");

Serial.println(ip);

// print the received signal strength:

long rssi = WiFi.RSSI();

Serial.print("signal strength (RSSI):");

Serial.print(rssi);

Serial.println(" dBm");

}

void connectToWiFi(){

// check for the WiFi module:

if (WiFi.status() == WL\_NO\_MODULE) {

Serial.println("Communication with WiFi module failed!");

// don't continue

while (true);

}

String fv = WiFi.firmwareVersion();

if (fv < WIFI\_FIRMWARE\_LATEST\_VERSION) {

Serial.println("Please upgrade the firmware");

}

// attempt to connect to WiFi network:

while (wifiStatus != WL\_CONNECTED) {

Serial.print("Attempting to connect to SSID: ");

Serial.println(ssid);

// Connect to WPA/WPA2 network. Change this line if using open or WEP network:

wifiStatus = WiFi.begin(ssid, pass);

// wait 10 seconds for connection:

delay(10000);

}

Serial.println("Connected to WiFi");

printWifiStatus();

}