



# **Robottikuljettimen kasaus ja ohjelmointi opetuskäyttöön**

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

Kevät 2026

Tanja Mäkelä

Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus  
Tekijä Tanja Mäkelä  
Työn nimi Robottikuljettimen kasaus ja ohjelmointi opetuskäyttöön  
Ohjaaja Juhani Henttonen

Vuosi 2025

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa robotiikan ja automaation opetukseen soveltuva harjoitustyö, joka integroi robottiohjauksen, logiikkaohjauksen ja konenäön samaan kokonaisuuteen. Työssä rakennettiin kuljetinjärjestelmä, jota ohjataan Siemens Logo! -logiikalla. Kuljettimen päässä robottikäsi Dobot lajittelee kappaleita Pixy-kameran värintunnistuksen perusteella Arduino-ohjauksen avulla.

Harjoitus tarjoaa oppijoille mahdollisuuden soveltaa automaation perustaitojaan monialaisessa ympäristössä, joka vastaa teollisuuden käytännön sovelluksia. Harjoitustyö toimii osana oppimisympäristöä sähkö- ja automaatio opinnoissa. Toimeksiantajana on toiminut Hyria koulutus Oy.

Tehtävän vaikeustaso osoittautui kuitenkin korkeaksi etenkin vähemmän edistyneille opiskelijoille. Useiden teknologioiden samanaikainen hallinta vaatii vahvaa teknistä osaamista, ongelmanratkaisutaitoja, sekä oma-aloitteisuutta. Edistyneille opiskelijoille harjoitus puolestaan tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden syventää taitoja ja kehittää projektityöskentelyä.

Jatkokehityksenä harjoitusta voidaan selkeyttää jakamalla se useampaan tasoltaan eriytettyyn osatehtävään, jolloin se soveltuu paremmin eri oppijaprofiileille.

Avainsanat Pedagogiikka, Konenäkö, Robotiikka, logiikkaohjelmointi  
Sivut 23 sivua

DP Electrical and Automation Engineering

Author Tanja Mäkelä

Year 2025

Subject Assembling and programming a robotic conveyor for educational use

Supervisor Juhani Henttonen

---

The aim of this thesis was to design and implement an exercise suitable for teaching robotics and automation, which integrates robot control, logic control and machine vision into a unified system. A conveyor system was developed in the project, controlled by a Siemens Logo! logic controller. At the end of the conveyor, a Dobot robotic arm sorts objects based on color recognition using a Pixy camera with Arduino-based control.

The exercise offers learners the opportunity to apply their basic automation skills in a multidisciplinary environment that corresponds to practical industrial applications. Is intended to be a part of the learning environment in electrical and automation studies. This thesis was commissioned by Hyria Education Ltd.

The level of difficulty of the task proved to be relatively high, particularly for less advanced students. The simultaneous control of several technologies requires strong technical competence, problem-solving skills and initiative. For advanced students, exercise offers an excellent opportunity to deepen professional skills and develop project based work competences.

For further development, the exercise can be clarified by dividing it into several subtasks with different levels of difficulty, making it more suitable for learners with diverse skill levels.

Keywords Pedagogy, computer vision, robotics, logic programming

Pages 23 pages

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Robotiikka .....	1
2.1	Robotin määritelmä .....	2
2.2	Ohjaaminen .....	2
2.3	Käyttökohteet.....	2
2.4	Robotti tyypit.....	3
2.4.1	SCARA-robotti .....	3
2.4.2	Nivelvarsirobotti .....	3
2.4.3	Portaalirobotti.....	4
2.5	Robottien koordinaatisto.....	4
3	Konenäkö .....	4
4	Dobot järjestelmä .....	8
5	Pedagoginen näkökulma .....	11
6	Laitteisto ja ohjelmointi.....	13
7	Tehtävät .....	14
8	Yhteenveto .....	17
	Lähteet .....	

## Kuvat

Kuva 1.	Kuva 1. Dobot Magician Basic (Robotline, Robotline DOBOT Magicianin Basic, 2025) .....	8
Kuva 2.	Dobot CR7 (Robotline, Dobot CR7, 2025) .....	9
Kuva 3.	Dobot M1 (Robotline, Dobot M1, 2025) .....	10
Kuva 4.	Dobot MG400 (Robotline, Dobot MG400, 2025) .....	11
Kuva 5.	Arduinon koodi värien etsimiseen .....	14
Kuva 6.	Objektin tiputuksen koodi .....	14
Kuva 7.	Logiikkaohjaus .....	15
Kuva 8.	Riviliitinrima harjoitusalueella .....	15
Kuva 9.	Laitteiston etuala .....	16
Kuva 10.	Pixy kameran näkymä.....	16

Kuva 11. Robotin otto ja jättöpisteiden paikat ..... 17

## **Kaavat**

Kaava 1. SSDL-malli (Lehtinen & Jokinen 1996 Grow'n mukaan) ..... 12

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä rakennetaan Dobot MG400 kuljetti sisältyen automaatiopuolen opintoihin ammattikoulussa. Valmis työ toimii jatkossa Hyria koulutus Oy:n ammatillisen oppilaitoksen päiväpuolen opinnoissa sähkö- ja automaatioalan harjoitustyönä osana automaatio-opetusta.

Hyria nimi yhdistää kolme eri toimijaa yhdeksi konsortioksi. Hyria konsortio muodostuu: Hyria koulutus Oy:n konsernista, johon kuuluu emoyhtiö Hyria koulutus Oy ja tytäryhtiö Hyria Business Institute Oy sekä Hyria säätiön -konsernista, johon kuuluu Hyria säätiö sr. Hyria säätiön konserniin kuuluvat osaomisteisina myös Suomen Ympäristöopisto Sykli ja Wenhe Oy.

Työ toimii ajankohtaisena päivityksenä automaatio-opintojen harjoitustöiden kehittämisenä. Kurssi mihin kyseinen harjoitustyö sisällytetään, käsitellään mm. Siemens Logo! ohjelmointia erilaisten töiden yhteydessä kuten kappaleautomaatio ja liikennevalo ohjaus, säätötekniikkaa ja anturitekniikkaa. Yhtenä työnä toimii kuljettimen tarvittava kasaus ja ohjelmointi, mihin tässä opinnäytetyössä tehdään uusi harjoitustyö. Harjoitustyö tutustuttaa Logo! ohjelmoinnin lisäksi oppilaan Dobot järjestelmän pariin robotin liikkeisiin tutustuessa, sekä Arduino ohjelmointiin konenäön kanssa. Harjoitustyö sisältää Logo! ohjatun kuljettimen ja anturin. Prixien kameralla varustetun Dobot MG400 robotti, jota ohjataan Arduino Megalla toimimaan konenäkö koodilla.

# 2 Robotiikka

Robotiikka ja robotit ovat monipuolinen kirjo laiteita. Maallikolla eli ei alan ammattilaiselle robotit voivat olla tuttuja televisiosta tai elokuvista ja tekniikan ammattilaiselle mielikuva saattaa suuntautua teollisuuteen ja logistiikan pariin, missä robotit voivat työskennellä väsymättä. Robotteja voidaan luokitella eri kategorioihin riippuen niiden mallista ja millä liikeradoilla ne toimivat. Robotteja hyödynnetään monipuolisesti erilaisissa ympäristöissä ja tehtävissä.

## 2.1 Robotin määritelmä

Robotin määrittelyyn käytetään vähintään kolmea liikeakselia, jota voi ohjelmoida ja vähintään yksi työkalu. Teollisuudessa robotit voivat liikkua ja tehdä töitä sähköisesti, pneumaattisesti tai hydraulisesti. Robotteja, joiden on mahdollista liikkua ääriasennosta toiseen, kutsutaan manipulaattoreiksi. Kaikkia robotteja yhdistää niiden nopeuden ja kiihtyvyyden säätö ja jokaisesta liikkeestä, sekä asennosta on mahdollista saada koko ajan tietoa ohjelmallisesti. (robotiikkayhdistys, 2023)

## 2.2 Ohjaaminen

Robottien ohjelmointi tapoja on johdattamalla ohjelmointi, opettamalla ohjelmointi ja Off-Line ohjelmointi. Johdattamalla ohjelmoinnissa robotin liikeakselisto vapautetaan ja robotin vartta liikutetaan ihmisvoimin haluttua liikerataa pitkin. Robotin ohjain lukee muistiin liikeradan ja ohjelmoinnin jälkeen pystyy toistamaan opetetut liikeradat. Opettamalla ohjelmoinnissa työkalu viedään halutulle paikalle käsiohjainta käyttämällä, jonka jälkeen haluttu paikka tallennetaan ohjaimen muistiin. Annetuille tallennuspisteille asetetaan liikekomento minkä tavalla ja nopeudella robotin on liikuttava pisteiden välillä. Käsiohjaimella tapahtuvaa ohjelmointia käytetään yleisesti sovelluksissa missä liikekäskyt ovat pisteistä pisteeseen komentoja. Ohjelmointitapaa käytetään yleisesti erilaisissa paketointi ja pakkaussovelluksissa. Off-Line ohjelmoinnissa hyödynnetään tietokonesovelluksia missä usein simuloidaan 3D-mallinnusten avulla robottien toimintaa. Robottivalmistajalla on oma ohjelmointikieli ja sovellus robotin ohjelmointiin. Nykyisin kuitenkin robottien ohjelmointiin käytetään standardisoitua IRL-kieltä (International Robot Language). Off-Line ohjelmointi on nykyisin yleinen ohjelmointitapa, sillä se ei vaadi robotin pystyttämistä valmiiksi ohjelmoinnin ajaksi ja monipuoliset liikekäskyt voidaan havainnollistaa käyttöliittymässä. (robotiikkayhdistys, 2023)

## 2.3 Käyttökohteet

Teollisuudessa robottiteknologiaa hyödynnetään muovi-, metalli- ja elintarviketeollisuudessa, jossa niiden käyttötarkoituksena usein on esimerkiksi hitsaus, kokoonpani, paketointi tai pakkaus. Perustana robotille toimii tarvittaessa nopeasti uudestaan ohjelmoitavat liikkeet, kun tuotanto muuttuu ja tarvitsee vaihtaa käsittelemään uutta tuotetta. Robotteja usein myös käytetään tekemään työtä, joka olisi mahdollisesti liian vaarallista tai painavaa ihmiselle. (robotiikkayhdistys, 2023)

Robottien hyödyntämistä tuotannossa perustellaan mm. tehokkaalla automaattituotannolla, tuotantolinjan tehokkaampi käyttöaste, yksinkertaisen työn koneellistaminen, ergonomian tai työturvallisuuden kannalta hankala työsuoritus, sekä tasaisempi laatu tuotannossa. (robotiikkayhdistys, 2023)

## 2.4 Robotti tyypit

Mekaanisesti robotteja voidaan jaotella nivelvarsirobotteihin ja lineaarisesti liikkuviin robotteihin jota voidaan myös kutsua portaalirobotteiksi. Nivelvarsiroboteilta löytyy viisi-kuusi ohjelmoitavaa niveltä, jolloin robotin varren päässä oleva kappale voidaan asettaa mihin tahansa kulmaan varren ulottuvalle alueelle. SCARA-robotit luetaan myös nivelvarsiroboteiksi, joilla nivelet ovat vaakatasossa ja lineaarinen pystysuuntainen liike. SCARA-roboteilla on pääsääntöisesti 4 vapausastetta. (robotiikkayhdistys, 2023)

### 2.4.1 SCARA-robotti

SCARA-robotti (Selective Compliance Assembly Robot Arm) on nivelvarsiroboteissa erityissovellus, joka mahdollistaa tarkat nopeat liikkeet mutta heikkoutena toimii käsiteltävän tavaran painorajoitus mikä tyypillisesti on max. 10 kg. Yleisiä käyttökohteita on erilaiset kevyet kokoonpanotehtävät kuten puhelimet tai muut elektroniikka laitteet. Niiden valmistus vaatii tarkkuutta ja nopeutta mitä kyseinen robottityyppi voi tarjota kevyellä taakalla. (robotiikkayhdistys, 2023)

### 2.4.2 Nivelvarsirobotti

Nivelvarsirobotit ovat teollisuudessa yleisimpiä robotteja niiden tarjoavan joustavuuden takia. Nivelvarsirobotteja käytetään monissa erilaisissa kokoonpanotehtävissä, työstökoneissa, hitsauksessa, maalaamisessa ja pakkaustehtävissä. Sen työskentelyalue on pallomainen ja 6-akselinen robotti voidaan ohjelmoida tarttumaan mistä tahansa asennosta työskentely alueellaan. Nivelvarsirobotin rakenne mekaanisesti tarjoaa erittäin laajan käyttömahdollisuuden ja lähes kaikkeen tarkoitukseen löytyy oikean kokoinen robottimalli. (robotiikkayhdistys, 2023)

### 2.4.3 Portaalirobotti

Portaalirobotit on kolmeen suorakulmaiseen koordinaattiin liikkuva, joissain tapauksissa tarttuja on siten nivelöity, että se kykenee kiertämään ja kääntämään eri asentoihin. Portaalirobotit ovat hyviä vaihtoehtoja, kun tarvitaan laajaa työskentelyaluetta, kappalepaino on suuri ja lattiatilaa voidaan säästää tehdasalueella, kun robotti toimii ylhäältäpäin. Portaalirobotteja käytetään mm. erilaisissa lavaus ja pakkaustehtävissä tai työstökoneessa. (robotiikkayhdistys, 2023)

## 2.5 Robottien koordinaatisto

Teollisuusrobottien yleisimmät koordinaatistot ovat maailmakoordinaatisto, perus- ja työkalu. Maailmakoordinaatisto on robotin omaan toimintaympäristön koordinaatisto, joka voi olla sidottu akseleihin nähden työstökoneessa. On järkevää hyödyntää maailmakoordinaatistoa ohjelmoinnissa silloin kun ympäristössä on ulkoisia rajoittavia tekijöitä työskentelyalueella. Peruskoordinaatisto on sidottu robotin jalkaan, jonka akselit X ja Y muodostuvat robotin jalalla olevaan tasoon ja Z akseli on koordinaatistossa pystyakseli mikä kulkee liikeakselin ensimmäisen pyörähdysakselin kautta. Työkalukoordinaatisto on suorakulmainen ja sen origo on sidottu työkalua käsittelevän kappaleen koordinaatistoon. Koordinaatisto tällöin muuttuu kappaleen asennon mukaan. X, Y ja Z liikkeet ovat tässä muodossa aina samat työstettävään kappaleeseen nähden. Työkalukoordinaatisto helpottaa ohjelmointia mm. hitsaus- ja kokoonpanotehtävissä. (robotiikkayhdistys, 2023)

## 3 Konenäkö

Konenäkö on nopeasti kasvanut innovatiivinen tekniikka jo 1960-luvulta. Tietokoneiden laskentatehon ja laajempi valikoima kohtuuhintaisia kameroita, sekä niiden koon pienentyminen mahdollistaa konenäön käytön lisääntymisen robottisovelluksissa. Ensimmäiset yksinkertaiset robotiikkaan tulleet näköjärjestelmät tulivat 80-luvulla ja tunnisti lähinnä kappaleen asennon. Konenäön vaatima laskentakapasiteetti oli suurin este silloisen konenäön hyödyntämisessä, kohtuuton hinta nousi esteeksi usein kun järjestelmä olisi vaatinut silloisia erikoiskomponentteja. Edullisempia konenäköjärjestelmiä toteutus saatiin vasta kehitettyä, kun mikrotietokoneiden laskentateho oli kasvanut merkittävästi. (Siltala & Gautam, 2023)

Robotteja, jotka hyödyntävät konenäköä kutsutaan konenäköroboteiksi (vision guided robots). Konenäkö mahdollistaa joustavampaa tuotantoa teollisuudessa ja sen avulla voidaan myös antaa operaattorille etävalvottavaksi useampi tuotantolinja tai ennakoimaan mahdollisia ongelmatilanteiden ratkaisuja. Konenäköä usein käytetään ”Pick and Place” tyyppisesti, eli tuotantolinjalla usein joustavaan osien paikantamiseen, poimintaan ja asettamiseen. Konenäkö tuotannossa voi vähentää tarkkuuskiinnittimien tarvittavaa määrää ja lisää robotin kykyä toimia itsenäisemmin vaihtelevissa oloissa ja käsittelemään jopa erilaisia osia ilma työkalun vaihtoa. Konenäkö on hyvä lisä, kun perinteiset tunnistustavat eivät enää riitä ja mekaanisten asemoinnin ja kiinnittämisen tarve olisi hyvä minimoida. Kokonaisuuksina visuaalinen havainnointi on tärkeää robotin tehokkaalle toiminnalle ympäristössään. Konenäköratkaisut ovat alkaneet kilpailemaan jo perinteisten anturiratkaisujen kanssa. RISC-prosessori (Reduced Instruction Set Computer) on auttanut sulautettujen konenäköjärjestelmien hinnan alenemisen. (Siltala & Gautam, 2023)

Konenäköjärjestelmien on luonnonvaloon reagoiminen. Luonnonvalo voi vaikuttaa jopa päivän ja vuoden aikaan eri tavoin tuotantolinjan valaistukseen haitaten tuotantosolujen kameroiden toimintakykyä. Joten luonnonvalon huomioiminen tehtaiden tuotantosoluissa on erittäin tärkeää. Robottisolujen kamerrat tulisi suojata täysin luonnonvalolta ja luoda keinovalaistuksella tasainen ympäristö estämään virheelliset tunnistukset ja erilaiset häiriöt konenäön toiminnassa. (Siltala & Gautam, 2023)

Konenäkö voidaan myös hyödyntää tehdasrobottien lisäksi valmistus ja käsittelyvaiheissa. Tuotantolinjoissa käytettävät näköjärjestelmiä voivat olla mm. tuotteen tunnistaminen, kappaleen ja sen dimensioiden mittaaminen, vikojen ja laatuvirheiden tarkastus, sekä tuotteiden tunnistus. Konenäköjärjestelmiä voidaan jakaa erilaisiin ryhmiin kuten

- luokittelu laadun, värin, muodon, tunnisteen tai koon perusteella
- prosessoitavan kohteen paikka (x, y, z) ja asennon (Rx, Ry, Rz) mittaus
- konenäköohjattu tarjoilu komponenteilla

Konenäköjärjestelmän osiin kuuluu karkeasti valaistus, prosessiyksikkö, kamera ja optiikka. Suunnitellessa konenäköjärjestelmää tulee lähteä liikkeelle kuvausgeometrian suhteesta. Sitä kuinka valaisin, kohde ja kamera ovat suhteessa toisiinsa tärkeää. Kamera tyypillisesti asetettaisiin kuvattavan kohteen yläpuolelle, milloin perspektiivin ja linssivirheiden mahdollisuus on pienimmillään. Yläpuolelle sijoittaminen on myös eduksi mittaus- ja paikoitussovelluksissa. Jos kamera on kulmassa kuvattavaan alaan niin kohteeseen syntyy

helposti perspektiivivirhettä ja mitta-/paikoitussovelluksiin tulisi helpommin millimetripikseli suhteeseen virhettä. (Siltala & Gautam, 2023)

Tärkeässä osassa kuvausgeometriaa on valaistuksen oikeanlainen sijoittaminen. Mitenkä käytetään kirkaskenttävalaisua, pimeäkenttävalaisua tai taustavaloa.

Kirkaskenttävalaistuksessa valaisin valaisee havaittavan kohteen ja heijastuvat säteet osuvat kameraan. Tätä tapaa käytetään yleisimmin robotiikan valaisugeometrioista.

Pimeäkenttävalaistuksessa valaisin asetetaan kohteen sivulle matalaan kulmaan, jolloin kohteesta heijastuvat säteet eivät päädy kameraan, vaan pinnan korkeuserot ja virheet taittavat kameralle valon. Tässä tärkeää on myös että, tuottaako valaisin diffuusoitua valoa vai samansuuntaista valoa. Taustavalokohteissa huomioidaan korkeakontrastinen siluettikuvion muodostuminen. (Siltala & Gautam, 2023)

Valaistusratkaisun tärkeys näkö järjestelmissä on 50 % tai jopa enemmän. Hyvät ratkaisut voivat ratkaista koko konenäkösovelluksen ja huonolla se voidaan pilata täysin.

Valaistuksen tarkoitus on pyrkiä nostamaan kohteen piirteiden kontrastin mahdollisimman suureksi ja häivyttää tausta tai epäolennaiset piirteet mistä ei olla kiinnostuneita.

Valaistuksen tulisi olla muuttumaton kuten kuten edellä mainittu, luonnon valon huonot vaikutukset. Riittävä intensiteetiltään ja tasainen, joka myös kattaa koko kuvattavan alueen.

Vaihtoehtoja valaistuksen toteutuksen on useita kuten LED tai loisteputki, sekä erilaiset laser ratkaisut. Valaisimeen linkittyä teknologia, joka vaikuttaa kuinka sisäänottotehoa saadaan muutettua valotehoksi ja vilkkuuko valo joillain taajuudella vai onko se tasaista.

Sovelluksissa ei aina ole tarpeellista käyttää näkyvää valoa, vaan voidaan hyödyntää myös ultraviolettivaloa tai infrapunavaloa. Korkea intensiteettistä valoa tarvittaessa infrapunavalo on esimerkiksi hyödyllinen. Jos tilassa työskentelee myös muita vilkkuva valo voi olla erittäin häiritsevä ratkaisu. Hyvä valaistus suunnittelu tarvitsee käytännön testaamisen lähes aina. Valokulman pienetkin muutokset voivat vaikuttaa heijastuskulmiin niin myönteisesti kuin ei toivotulla tavalla, myös aallonpituuden käyttö saattaa muuttaa piirteiden kontrasteja. (Siltala & Gautam, 2023)

Toinen merkittävä järjestelmä konenäön kannalta on konenäköohjelmistot millä käsitellään ja analysoidaan kuvia, joita kamera tai kuvanotto otin on muodostanut digitaaliseen muotoon. Ohjelmistoista löytyy erilaisia työkalukirjastoja, jotka tarjoavat funktioita kuvan käsittelyyn. Tyypillisiä ominaisuuksia kuvankäsittelyn kirjastotyypeille on: suodatukset, kuvan binärisointi, blob-analyysi, mallietsintä, reunaetsintä, piirteiden mittaaminen, funktioiden tulosteiden ja ehtojen käsittely, sekä tulosteiden esittäminen ja eteenpäin välittäminen. (Siltala & Gautam, 2023)

Kuvankäsittelyssä hyödynnettävät kirjastot toimitetaan integraattorin omaan sovellukseen liitettävä kirjasto tai omana kehitysympäristönään. Yleisimpiä kirjastoja ovat mm. MVTec:n Halacon, Congnex Vision Library (CVL), OpenCV ja National Instrument:n Vision Builder for Automated Inspection (VBAI). Käyttämä graafinenkäyttöliittymä (GUI) ratkaisu on usein jo valmistajan toimesta otettu käyttöön osaksi integroituun järjestelmään, joka on käyttäjäystävällinen tapa. Konenäköjärjestelmien toimittajilta on mahdollista saada valmiita robotiikkaan suunnattuja ohjelmistoja, jossa on toiminnot esim. kappaleen paikantamiseen ja asennon mittaamiseen valmiina. Usein konenäkösovelluksen kehittäminen on integroitu valmiiksi robotin ohjelmointiympäristöön. (Siltala & Gautam, 2023)

Robotiikassa yleistymässä oleva 3D-konenäkö ottaa huomioon kolmannen ulottuvuuden eli etäisyyden kuvaamisessa. Tämä ominaisuus tuo robotille lisää joustavuutta, kun kohdekappale ja sen toimintapistettä voidaan muuttaa kuvatun tiedon perusteella. Ominaisuutta pystytään hyödyntämään mm. pakkauskoneissa, poiminnassa tai ohjaamisessa. 3D-tiedon käsittely vaatii omat menetelmänsä ja ovat hieman haastavampia sekä raskaampia suorittaa. 3D-konenäkö on yleistymässä tulevaisuudessa mutta kehitystyötä on vielä jäljellä ja tutkimuksia sovelluksista, menetelmistä ja sen käytettävyydestä. Kehityksen jälkeen yleistyminen pääsisi jokapäiväiseen teollisuuskäyttöön. 3D-kuvaamista on eri menetelmiä erilaisiin käyttökohteisiin. Kuvaustavan valintaan voi vaikuttaa prosessoinnin määrä ja siihen käytettävä aika, onko kohde paikallaan vai liikkeellä. Kuvaus menetelminä voi toimia stereokamerakuvaus, jossa kaksi kameraa kohdennetaan kuvaamaan kohdetta eri kulmista tietyn etäisyyden päästä. Kuvantaminen tällä tavoin on nopeaa mutta vaatii runsaasti jälkilaskentaa 3D-kuvan muodostamiseksi. Time-of Flight-kuvantamisessa (TOF) hyödynnetään laservalaisimen valon matka-aikaa pintaan ja siitä takaisin anturille. Kuvan tuottama resoluutio on heikko mutta kuvantaminen nopeaa ja toimii jopa liikkuviin kohteisiin. Rakenteisen kuvan projisointi periaate on tietyn muotoisen kuvan heijastaminen paikallaan olevaan kohteeseen ja kuvioden vääristymistä voidaan laskea kappaleen pinnassa olevat muodot. Menetelmää voidaan hyödyntää pinoissa missä itsessään ei ole muotoja kuten paperi. Kuvaustapa on hidas ja kuvaus kulma ei saa muuttua mutta kuvaustapa on tarkka. Lasertrangulaatio on rakenteisen valoluennan alatyyppejä. Lasertangulaatioissa laservaloa heijastetaan kappaleen pintaan mistä kulmassa oleva kamera kuvaa viivan muodostamaa profiilia. Kuvakulmaa muuttamalla ja kuvasarjoja yhdistämällä luodaan kohteesta 3D-kuva. Kuvaustyyppiä käytetään usein kuljettimella missä liikkuu saman muotoisia kappaleita ja sopii jatkuviin prosesseihin. (Siltala & Gautam, 2023)

Konenäköjärjestelmiin perustuvat tekoäly (AI), koneoppiminen (Machine Learning, ML) ja syvään oppimiseen (Deep Learning, DL) on lisääntynyt viime vuosina paljon. Näissä varsinaista ihmisen antamaa ohjelmointia ei tarvitse, vaan järjestelmä oppii omatoimisesti mallikuvista olennaiset tiedot. (Siltala & Gautam, 2023)

## 4 Dobot järjestelmä

Dobot -robotit ovat edullisia ja monipuolisia robotteja esimerkiksi opetuskäyttöön, tutkimuksiin ja kevyisiin teollisuuden tehtäviin. Dobot roboteista löytyy neljä eri mallia erilaisiin tarpeisiin.

Dobot Magician sarjan käsivarsirobotit soveltuvat erinomaisesti opetuskäyttöön ja pieniin prototyyppeihin. Toimintoina on DOBOT Magician Educational mallissa: piirtäminen, 3D-tulostus, laser, pneumaattinen imukuppi ja tarttuja. Ohjelmoinnin voi tehdä yli kahdenkymmenen (20) ohjelmointikielen lisäksi graafisella ”drag&drop” ohjelmointikielellä. (Robotline, Robotline DOBOT Magicianin Basic, 2025) Dobot Magician sarjasta löytyy järeämpää 6-akselista E6 mallia isommalle kuormalle ja kevyempi Lite malli, joka sopii erityisesti nuorille oppimisalustana törmäystunnistus toiminnon avulla tehden käytöstä turvallisempaa. (Robotline, Robotline DOBOT Magicianin Basic, 2025)

Kuva 1. Dobot Magician Basic (Robotline, Robotline DOBOT Magicianin Basic, 2025)



Dobot CR (Collaborative Robots) ovat teollisuustarpeisiin suunniteltuja yhteistyörobotteja, jotka on tarkoitettu työskentelemään turvallisesti ihmisen rinnalla. Soveltuu teollisuudessa mm. kokoonpanoon, pakkaamiseen ja kappaleiden käsittelyyn. CR mallista löytyy esimerkiksi Dobot CR7 7 kg maksimi kuormalla, joka on kuusiakselinen ja suunniteltu teollisuuteen ja opetukseen. Malleja löytyy 3/5/7/10/12/ 16 kg. Joustava ja helppokäyttöinen erilaisiin tehtäviin kuten kokoonpano, liimaus, hitsaus, kuormaus ja purku. CR tukee kehittyneet ohjelmistot ja se voi myös matkia käden liikkeitä, mikä helpottaa monimutkaisten tehtävien antoa (Dobot, Dobot CR7, 2025)

Kuva 2. Dobot CR7 (Robotline, Dobot CR7, 2025)



Dobot M1 on älykäs neljä (4) nivelinen SCARA-robottikäsi, joka on suunniteltu teollisuuden kevyeseen tarpeeseen. Siihen on integroitu ohjain, joka mahdollistaa plug-and-play käytön. M1 tukee myös langatonta ohjausta ja sisäänrakennettu dynaaminen algoritmi mahdollistaa tarkan ja sujuvat liikkeet. (Dobot, Dobot M1, 2025)

Kuva 3. Dobot M1 (Robotline, Dobot M1, 2025)



Dobot MG400 on kevyt pöydälle sijoitettava neljä akselinen robottivarsi. Siinä on ammattimainen suorituskyky servomootoreiden, jossa on tarkat absoluuttiset enkooderit. Kehittynyt servo-ohjain ja -kontrolleri mahdollistaa  $\pm 0,05$  mm toistotarkkuuden. Siitä löytyy törmäyksenestotoiminto, joka mahdollistaa turvallisen työskentelyn ympärillä. Helppokäyttöisyyttä tukee käsin ohjaus (drag-to-teach) toiminto ja useat ohjelmointikielät. (Dobot, Dobot MG400, 2025)

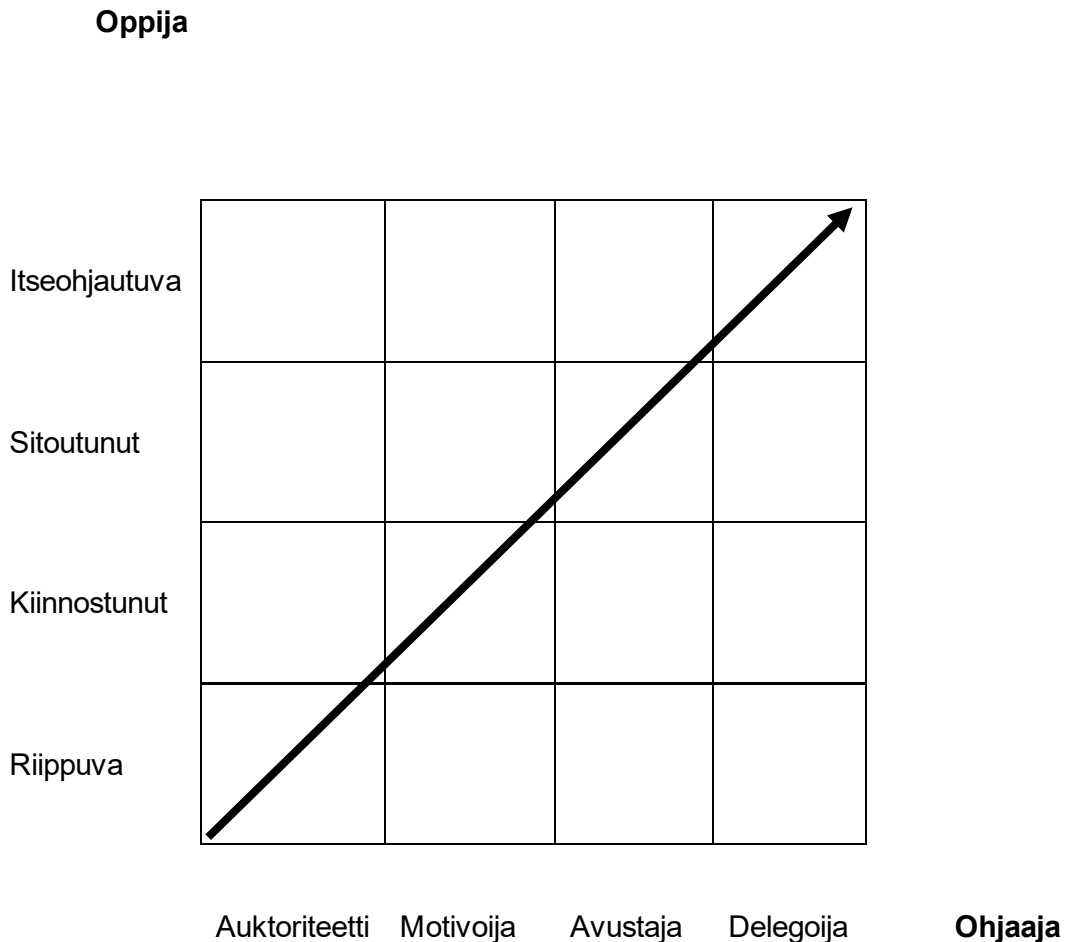
Kuva 4. Dobot MG400 (Robotline, Dobot MG400, 2025)



## 5 Pedagoginen näkökulma

Pedagogista näkökulmaa on lähdetty hakemaan katsomalla kognitiivista ja yksilöllistä tapaa silmällä pitäen. Itsenäinen tiedonhaku, sisäistämisen ja loogisen päättelykyvyn taidot ovat ratkaisevassa osassa työtä. Tiedon oma luominen on myös osana työtä oppilaalle. Ymmärrys omaan työskentelyyn ja ammattimaiseen toimimiseen sekä tiedon rakentamiseen uudessa ympäristössä kehittää oppilaan omaa ajattelua oppimisympäristössä. Työssä ei varsinaisesti haeta yhteisöllistä näkökulmaa, mutta sen toteutus pareittain tai pienessä ryhmässä kehittää oppijan tiimityöskentelytaitoja ja sosiaalisten taitojen edistäminen niin ideoinnin kuin ongelmanratkaisukyvyyn kannalta. Tehtävänannon tulisi olla selkeä ja kattava, jolloin itseohjautuvat oppilaat selviytyisivät tehtävästä omatoimisesti eikä erillistä ohjaamista tarvittaisi. SSDL-mallin (The Staged Self-Directed Learning Model) mukaisesti voidaan tulkita oppilaan tarvitsevaa ohjaamisen määrää työstä selviytyäkseen. Tehtävää annettaessa oppilaista on saatu tasokuvaus omasta osaamisestaan, jonka mukaan tukea annetaan suoritusta tehdessä.

Kaava 1. SSDL-malli (Lehtinen &amp; Jokinen 1996 Grow'n mukaan)



Opiskelijoiden tasot voidaan SSDL-mallissa jaotella karkasti neljään kategoriaan. Ensimmäisellä tasolla oppija on riippuvainen opettajasta, tarvitsee opettajajohtoista ja sisältöpainotteista ohjausta, sekä hyvin rajattuja tehtäviä. Opettajan auttaessa oppijan voittamaan puutteita ja vastarintaa, välitön palaute suorituksesta ja kannustaminen voi auttaa oppijaa edistymään oman opiskelunsa kannalta. Kiinnostunut oppija taso tarvitsee innostamista, vuorovaikutteista opetusta ja ohjausta, sekä kannustavaa palautetta omasta suoriutumisestaan. Sisäistä motivaatiota ja kiinnostusta lisäävät tehtävät auttavat oppijaa kehittymään omatoimisessa oppimisessä. Sitoutunut oppija kykenee omatoimisesti tutustumaan ja tutkimaan aineistoa. Sitoutuneen oppijan kokemus on "oman oppimisen tekijä" tarviten kuitenkin itsetuntoa lujittavaa palautetta suoriutumisestaan. Opettajan tehtävänä on tässä tapauksessa motivoida ja antaa tietoisesti enemmän oppimisvastuuta oppijalle. Itseohjautuva oppija kykenee ja haluaa itse ottaa vastuuta omasta oppimisestaan

asettaen itselleen tavoitteita, referoi omaa oppimistaan, sekä hyödyntää oppimisresursseja monipuolisesti. Opettaja antaa tietoisesti tilaa kyseisen oppijan luovalle työskentelylle ja selviytyä itsenäisesti tehtävistä. Opettajan rooli on lähinnä konsultin ja delegoijan omainen. Oppijaa pyritään kohtaamaan tehtävän aikana kannustavalla otteella ja kohdataan yksilönä. (Kärhönen, 2009)

Tutkimalla ja kokeilemalla, sekä muistiinpanoja tekemällä oppija saa itselleen parhaan oppimiskokemuksen. Lisää oppimispintaa saisi, kun onnistumisensa jälkeen oppija ohjaisi ja opettaisi sen toiselle oppijalle, jolloin opitusta asiasta saisi uuden näkökulman itselleen. Itsensä referoiminen tuo ja harjoittaa oppijaa lähestymään ongelmia eri näkökulmista. Eräs tapa tehostaa omaa oppimistaan on tiivistelmän kirjoittaminen opittavasta aiheesta. Tiivistelmää kirjoittaessa oppija pääsee kertaamaan oppimaansa ja tarkastelemaan sitä mahdollisesti useammalta kannalta, luoden monipuolista tarkastelua opittavaa asiaa kohtaan.

## 6 Laitteisto ja ohjelmointi

Laitteisto on kasattu vanhan pneumatiikan avulla toimineen kuljetinjärjestelmään. Harjoituspöydästä purettiin kaikki pneumaattiset komponentit ja telineet. Pneumatiikan tilalle asennettiin Dobot robotti ja logon lisänäyttö. Edellisen harjoituksen kuljetin, palikoiden syöttötorni ja logiikkaohjaus jätettiin paikalleen.

Laitteistossa toimii tällä hetkellä Siemens Logo! ohjaamassa kuljetinta anturitunnisteiden avulla ja Siemens näyttö palikoiden syöttämiseen hihnalle.

Arduinon käyttämä koodikieli on yksinkertaistettu C++, joka ohjaa Dobot robottia. Arduino yhdistää Pixy kameran ja Dobotin liikkumaan yhteistyössä palikan noukkimisesta oikealle paikalle laskemiseen.

Ohjelmointi kuljettimelle on osa oppilaan harjoitustyötä ja tehtävänantoa.

Logiikkaohjauksessa voidaan hyödyntää eri osaamistasoja ja lisätä muuttavia tekijöitä tai yksinkertaistaa toimintaa tarpeen mukaan. Pääkohtana on kuitenkin hyödyntää päälle-/pois nappeja ja ainakin yhtä anturia liukuhinnan pyörittämiseen, sekä näyttöä kappaleiden ulos työntämiseen logiikkaohjauksella. Lisäominaisuuksia voidaan tehdä ja keksiä tarpeen mukaan esim. kappaleelaskuria ja tekstisyöttöjä näyttöön.

Ohjelmointia myös tarvitaan Arduinon käyttämiseen koodi muodossa. Koodista löytyy muutettavia arvoja kuten kappaleiden sijainti ja tunnistettavien kappaleiden tietoja. Kuva 5 on ote esimerkikoodista ja siihen tehtävistä muutoksista. Sijainnin tietoja tarvitsee muuttaa mm. silloin, jos robotin sijainti muuttuu laudalla.

Kuva 5. Arduinon koodi värien etsimiseen

```

/* Koordinaatit, joiden perusteella kamera etsii värit*/
/* Koordinaatit löytyvät Pixymonista, kun väriarvot asetetaan */
/* Väri1, Väri2, Väri3 Väri4, Väri5, Väri6 */
/* X1, Y1, pituus, leveys, X2, Y2, pituus, leveys, X3, Y3, pituus, leveys*/
SmartKit_VISSetPixyMatrix(11, 153, 44, 45, 245, 122, 45, 46, 260, 11, 47, 43);
SmartKit_VISSetColorSignature(RED, 1);
SmartKit_VISSetColorSignature(GREEN, 2);
SmartKit_VISSetColorSignature(BLUE, 3);
/* Väri1, Väri2, Väri3 */
/* X, Y, X2, Y2, X3, Y3*/
SmartKit_VISSetDobotMatrix(215, -40, 215, -40, 215, -40);
/* Z arvo */
SmartKit_VISSetGrapAreaZ(0);

```

Kuva 6. Objektin tiputuksen koodi

```

/* sijainti, mihin robotti tiputtaa objektin*/
/* Z arvot lisätään/miinustetaan SmartKit_VISSetBlockHeight arvosta */
/* X, Y, Z, R*/
SmartKit_VISSetBlockTA(RED, -50, -190, 5, 0);
SmartKit_VISSetBlockTA(GREEN, 72, -190, 5, 0);
SmartKit_VISSetBlockTA(BLUE, 11, -190, 5, 0);|

```

Koodi muutosta tarvitsee myös jättöpisteelle tiedot riippuen mikä laittelu tapa on kyseessä ja mihin sijoitettuna.

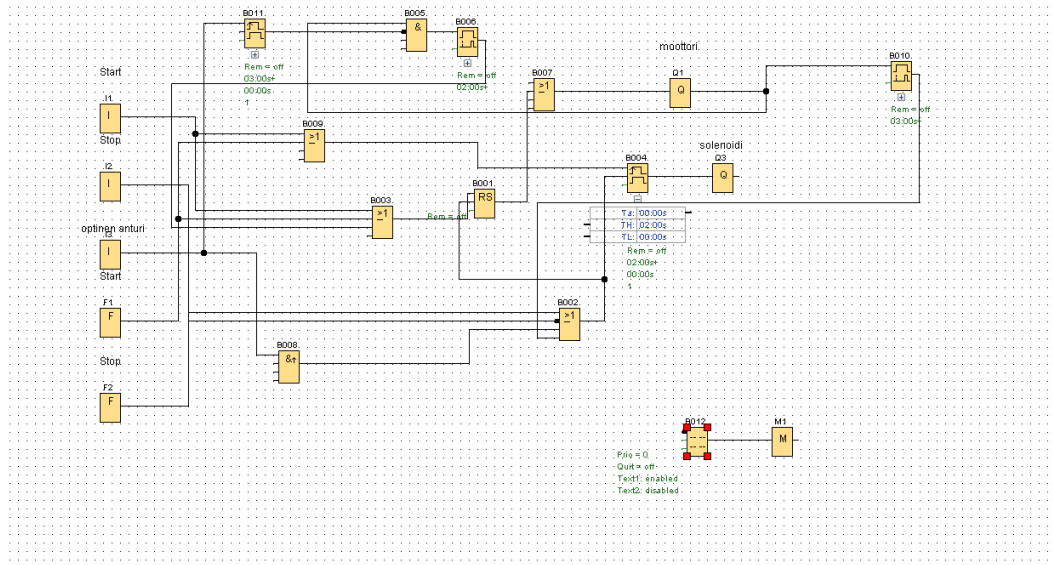
## 7 Tehtävät

Opetuksellisesti harjoitukseen sisältyy Logo! ohjelmointi, fyysinen kytkentä antureille ja moottoreille riviliittimien kautta, Arduino ohjelmaan muuttaa koordinaatin tietoja, tutustua Dobotin ohjelmointiin pintapuolisesti, Pixy kameran liittäminen Arduinoon, sekä kuvien piirtäminen.

Logiikkaohjelmoinnista löytyy esimerkki kuvasta 7. Ohjelmoinnista huomioidaan input tietoina (I) antureiden, painikkeiden päälle/pois tulot ja näytön painikkeiden tuloja tulotietoja halutulla tavalla ohjaamaa ulostuloja (Q). Ulostuloina toimii solenoidi ja hihnaa pyörittävä

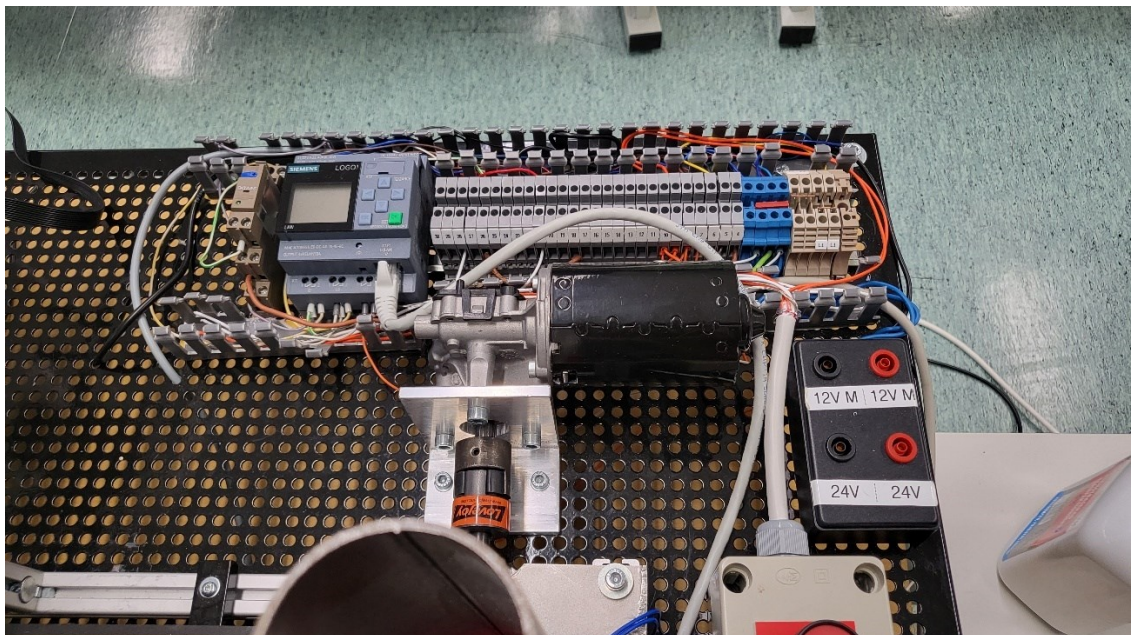
moottori. Lisäksi ohjelmassa on näytölle lisätty tekstit tarkentamaan painikkeiden F1 ja F2 toimintoja käyttäjälle.

Kuva 7. Logiikkaohjaus



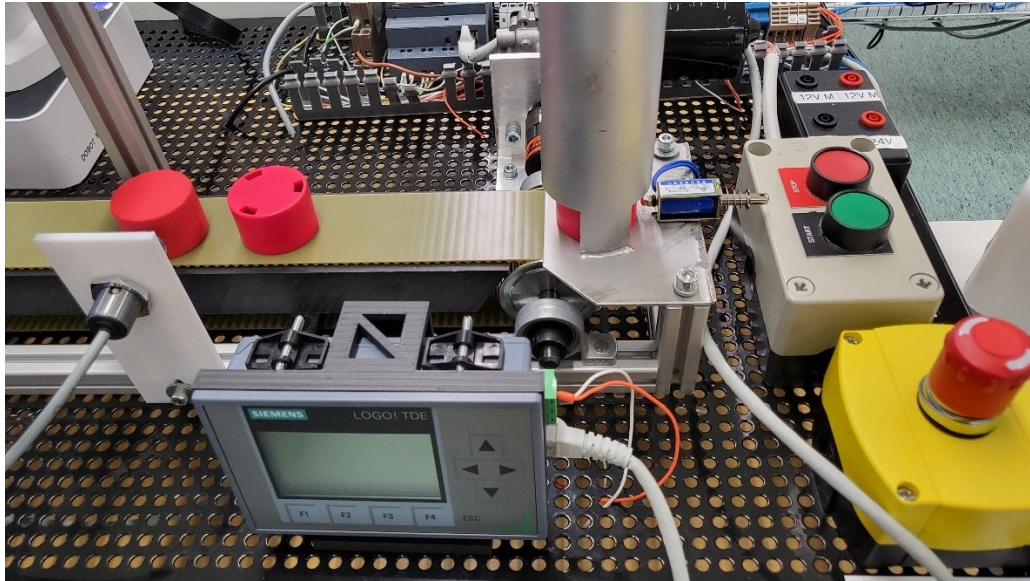
Fyysisissä kytkennöissä hyödynnetään valmiita antureiden kaapeloiteja ja virransyöttö pisteitä. Tehtävässä tulee huomioida eri jännitteillä toimivat komponentit, kuten logo 24V ja moottori 12V.

Kuva 8. Riviliitinrima harjoitusalueella



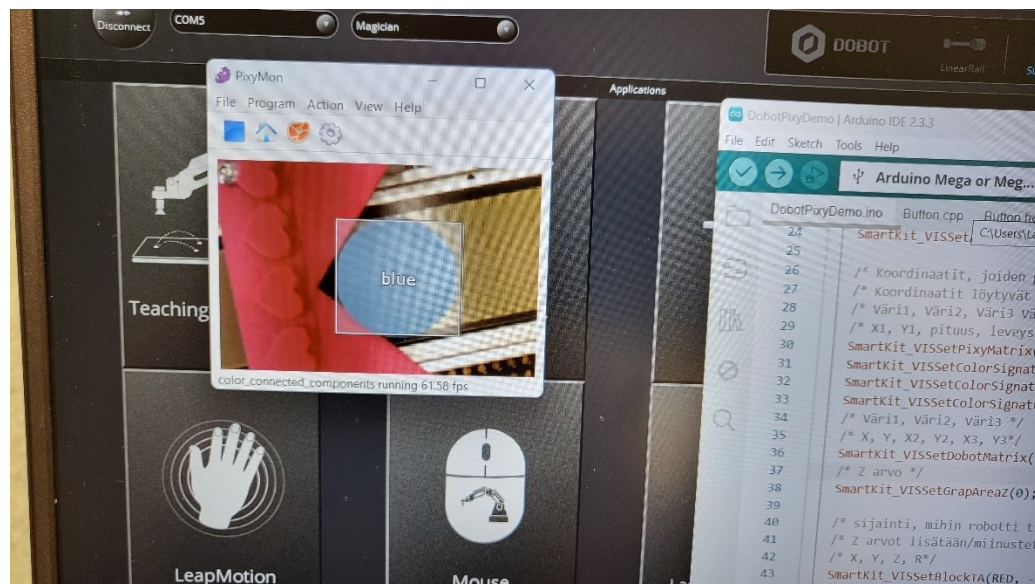
Logiikalle ohjelman syöttö on suunniteltu menevän lisänäytön kautta

Kuva 9. Laitteiston etuala



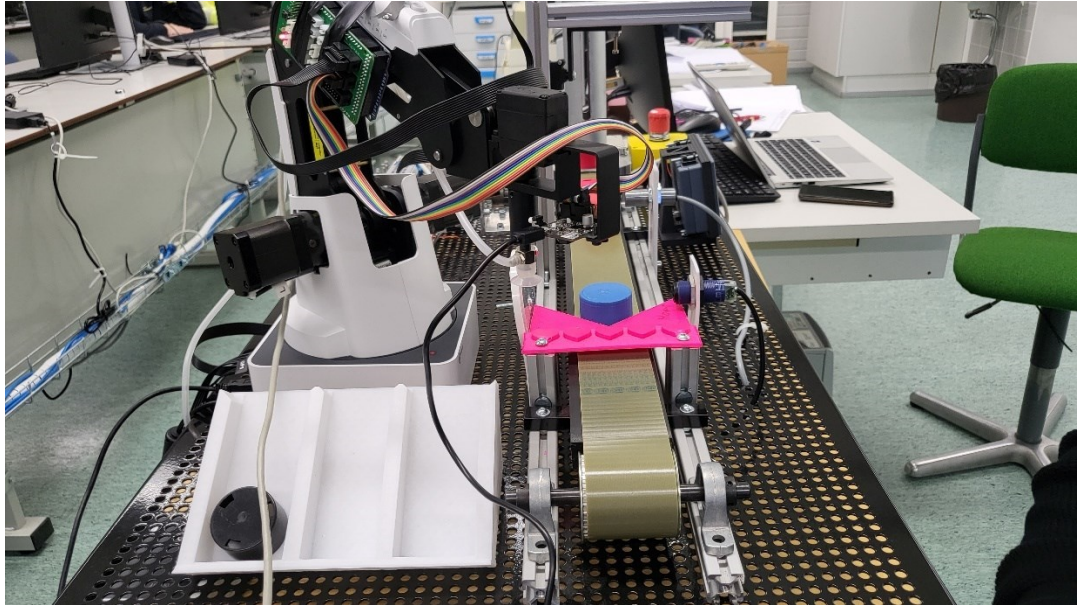
Pixy kameran näkymässä pystyy tunnistamaan värejä ja määrittämään niitä Arduinon luettavaan muotoon. Arduinon koodissa on määriteltävä haluttujen värien koko ja sijainti mistä siirrettävät kappaleet löytyvät.

Kuva 10. Pixy kameran näkymä



Arduinon koodiin on esimerkkitapaukseen määritelty koordinaatit pinkin kohdistimen upotukseen, jolla saadaan täsmällinen ottopiste jokaiselle kappaleille. Kappaleiden jättöpisteiden on koordinoitu väreittäin omalle paikalleen

Kuva 11. Robotin otto ja jättöpisteiden paikat



## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää uusi, monipuolinen harjoitustyö robotiikan ja automaation opetuskäyttöön yhdistämällä kuljetinjärjestelmä, robotti, konenäkö ja ohjelmointi. Työn tekninen toteutus onnistui, ja se tarjoaa laajan kokonaisuuden, jossa voidaan soveltaa useita sähkö- ja automaatiotekniikan osa-alueita.

Harjoitustyön vaativuus osoittautui kuitenkin liian suureksi osalle opiskelijoista. Tehtävä edellyttää samanaikaista ymmärrystä logiikkaohjelmoinnista, Arduino-koodauksesta, konenäöstä ja robottiohjauksesta – sekä näiden teknologioiden yhteensovittamista. Hitaammin edistyville opiskelijoille tämä muodostui erityisen haasteelliseksi, sillä tehtävä vaatii paitsi teknistä osaamista myös kokonaisuuksien hahmottamista, pitkäjänteistä ongelmanratkaisua ja itsenäistä työskentelyä. Ilman riittävää pohjatukea ja vaiheittaista ohjausta tällainen tehtävä voi aiheuttaa turhautumista ja estää oppimista.

Sen sijaan edistyneemmille ja itseohjautuville opiskelijoille harjoitus toimii mielekkäänä ja realistisena projektina. Heille tehtävä tarjoaa mahdollisuuden syventää osaamista aidosti monialaisessa kontekstissa, joka muistuttaa teollisuuden käytännön sovelluksia. Tällaisessa työskentelyssä korostuvat suunnitteluosaaminen, itsenäinen tiedonhaku ja kyky ratkaista teknisesti vaativia ongelmia.

Jotta harjoitustyö palvelisi paremmin koko oppilasryhmää, tulevaisuudessa tehtävä tulisi joko yksinkertaistaa tai jäsentää useampaan, selkeästi rajattuun osatehtävään, joita voidaan suorittaa eri taitotasoilla. Näin myös hitaammin etenevät opiskelijat voisivat saavuttaa onnistumisen kokemuksia ja rakentaa osaamistaan vaiheittain, samalla kun edistyneemmille tarjoutuu mahdollisuus haastavampiin kokonaisuuksiin.

## Lähteet

- Dobot. *Dobot CR7*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta [https://www.dobot-robots.com/products/cr-series/cr7.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.dobot-robots.com/products/cr-series/cr7.html?utm_source=chatgpt.com)
- Dobot. *Dobot M1*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta [https://www.dobot-robots.com/products/dobot-series/m1-pro.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.dobot-robots.com/products/dobot-series/m1-pro.html?utm_source=chatgpt.com)
- Dobot. *Dobot MG400*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta [https://www.dobot-robots.com/products/desktop-four-axis/mg400.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.dobot-robots.com/products/desktop-four-axis/mg400.html?utm_source=chatgpt.com)
- Kärhönen, K. (2009). Näkökulmia ja menetelmiä oppimisen ohjaamiseen ammatillisessa koulutuksessa. Teoksessa J. Helander, *Ammatillisen opettajan käsikirja* (ss. 29-40). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- robotiikkayhdistys, S. (2023). *Teollisuuden robotiikka*.
- Robotline. *Dobot CR7*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta <https://dobot.fi/shop/product/dobot-cr7-65>
- Robotline. *Dobot M1*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta <https://dobot.fi/shop/product/dobot-m1-22>
- Robotline. *Dobot MG400*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta <https://dobot.fi/shop/product/dobot-mg400-38>
- Robotline. *Robotline DOBOT Magicianin Basic*. Haettu 27. Tammikuu 2025 osoitteesta <https://dobot.fi/shop/product/r0001-dobot-magician-basic-28>
- Siltala, N.;& Gautam, M. (2023). Konenäkö. Teoksessa M. N. Kari Välimäki, *Teollisuuden robotiikka* (ss. 171-187). Suomen Robotiikkayhdistys ry.