

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2026

Jere Eskelinen

Teollisuusrullakuljettimen automatisointi



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2026 | 30 sivua

Jere Eskelinen

Teollisuusrullakuljettimen automatisointi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli automatisoida ja modernisoida vanha rullakuljetin, joka oli käytössä aikaisemmin keskussairaalassa. Opinnäytetyö tehtiin Turun ammatti-instituutille. Instituutti opettaa ja kouluttaa eri-ikäisiä ihmisiä monella eri alalla. Työn tarve tuli halusta tutkia ja kokeilla erilaisia teknologioita, jotka ovat kokeellisia tai vähän laajasti käytössä teollisuudessa.

Projekti suoritettiin pitkän aikavälin aloitteena ja sen päätavoite on luoda oppimisympäristö tuleville opiskelijoille. Onnistuneen järjestelmän luomiseksi tehtiin tutkimustyötä LAD-ohjelmointiin. Projektissa hyödynnettiin paljon anturitekniikkaa, pneumatiikkaa ja muita teollisuuden komponentteja.

Opinnäytetyön tuloksena on modernisoitu ja automatisoitu kuljetinjärjestelmä. Rullakuljettimen ja ohjelman tarkastuksiin perustuen lopputulos on toivotun lainen ja täyttää teollisuus 4.0 perusedellytykset. Täten luoden soveltuvan alustan tulevalle kehitykselle ja lisäyksille. Lopputulokset palvelevat hyvin tutkimus- ja opiskelu-ympäristönä, missä opiskelijat voivat tutkia ja kokeilla projektikehityksen eri vaiheita.

Asiasanat:

Automaatio, ohjelmoitavat logiikat, pneumatiikka, anturit, metrologia

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2026 | 30

Jere Eskelinen

Automation of an industrial roller conveyor

The objective of this thesis was to automate and modernise an industrial roller conveyor that was used previously in a central hospital. This thesis was commissioned by Turku Vocational Institute. The institute teaches and educates people of different ages on wide variety of study fields. The need for this thesis came from the urge to explore and try different experimental or less widely used technologies in industry.

The project was executed as a long-term ongoing initiative, with the mainpoint of focus being the creation of a learning environment for future students. For successful construction of the system, extensive study into LAD programming was done.

As a result of this thesis, a modernised and automated conveyor system was created. Based on inspections made to the system and programming, the end results are as desired and fulfill the prerequisites for industry 4.0. Creating a sufficient platform for future improvements and additions. Serving as a good learning and study environment, where students can explore and experience different stages of development.

Keywords:

Automation, programmable logic controllers, pneumatics, sensors, metrology

Sisältö

Käytetyt lyhenteet	6
1 Johdanto	7
2 Kuljettimen kehys	8
2.1 Kehyksen suoruus	8
2.2 Laserin metrologia ja turvallisuus	11
3 Kuljettimen kaapelointi ja komponentit	12
3.1 Kaapelityypit ja kiinnikkeet	12
3.2 IO-Linkit	14
3.3 Anturitekniikka	15
4 Pneumaattinen järjestelmä	16
4.1 Paineilman suodatus ja komponentit	16
5 Teollisuus PLC ja sen ohjelmointi	18
5.1 PLC	18
5.2 Ohjelmointikielet	19
5.3 Kuljettimen ohjelma	22
6 Yhteenveto	28
Lähteet	29

Kuvat

Kuva 1. Väsymisilmiö. uu459@outlook.com. (ei pvm.).	9
Kuva 2. Rullakuljetin asennettu nykyiseen sijaintiin.	10
Kuva 3. PROFINET kaapelin rakenne. Profinet university. (2026).	12
Kuva 4. SIG300 päälinkki. Sick. (2026).	14
Kuva 17. Sähköohjattu kaksiasentoventtiili. salhydro. (ei pvm.).	17
Kuva 5. LAD ohjelmointikieli. Aghajani, M. (ei pvm.).	19
Kuva 6. FBD esimerkki. Ait Ali Yahia, R. (ei pvm.).	20
Kuva 7. SCL ohjelmakieli. Realpars. (2026).	20
Kuva 8. IL ohjelmointikieli. Realpars. (2026).	21
Kuva 9. Kuljettimen rakenne.	22
Kuva 10. Arvotaulukko.	22
Kuva 11. Ensimmäinen kuljetinosuus.	23
Kuva 12. Kuljetin aloituspiiri ja sammutuspiiri.	24
Kuva 13. Suoristuspiiri.	25
Kuva 14. Keskitämistoiminto ja ajastimet.	25
Kuva 15. Suunnanvaihtopiiri.	26
Kuva 16. Pitopiiri ja sammutuspiiri.	27

Käytetyt lyhenteet

FBD	Function block diagram/Toimintalohkokaavio
LAD	Ladder diagram/Tikapuuukaavio
PLC	Programmable Logic Controller/Ohjelmitava logiikka
SCL	Structured control language/Rakenteinen ohjauskieli
STL	Statement list/Käskyjono

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään teollisen rullakuljettimen automatisointi- ja modernisointiprosessia, samalla ottaen huomioon nykypäivän kasvavat kyberturvallisuus vaatimukset. Työssä modernisoidaan vanhanaikainen teollisuusrullakuljetin samalla, kun otetaan käyttöön kokeellista ja ei laajasti käytettyä teknologiaa. Työssä on hyödynnetty pääsääntöisesti Siemensin teknologioita automatisointiprosesseihin yritysysteistä johtuen.

Kuljettimella kuljetetaan kuormia kuljetin kokonaisuuksia käyttäen ja anturitekniikkaa hyödyntäen. Kuljettimessa hyödynnetään teollisuus ethernetiä ja PROFINET-väylää. Anturitiedon siirtämiseen käytetään SMC:n uusinta langatonta teknologiaa. Samalla utilisoidaan pneumatiikkatekniikkaa prosessin sujuvoittamiseksi. Opinnäytetyöstä on rajattu pois robotiikka, konenäkö ja RFID-tekniikka. Kyseiset osa-alueet lisätään projektin myöhemmässä vaiheessa tulevaisuudessa. Työssä käytetään LAD-ohjelmointia logiikan ohjelmoimiseen.

Työn päätyttyä on modernisoitu järjestelmä, jonka avulla automatisoidaan täysin joidenkin pientavaroiden valmistus, seuranta ja pakkaus. Projektin lopputulokset toimivat hyvänä pohjana teollisuus 4.0:lle.

2 Kuljettimen kehys

Tässä luvussa käsitellään kuljettimen metrologiaa, materiaaleja ja turvallisuutta. Kuljettimen kehys oli valmiiksi ollut käytössä aikaisemmin HUS-sairaalan laajassa pesujärjestelmässä, missä kaikki osat ovat valmistettu haponkestävästä teräksestä anti-bakteeristen ominaisuuksien takia. Täten materiaali soveltuu hyvin tehdasympäristöön. Kuljettimen asennuksessa on kiinnitetty huomiota siihen, että linjasto on asennettu oikein linjaan. Näin varmistaen sen suoruuden ja kohdistuksen.

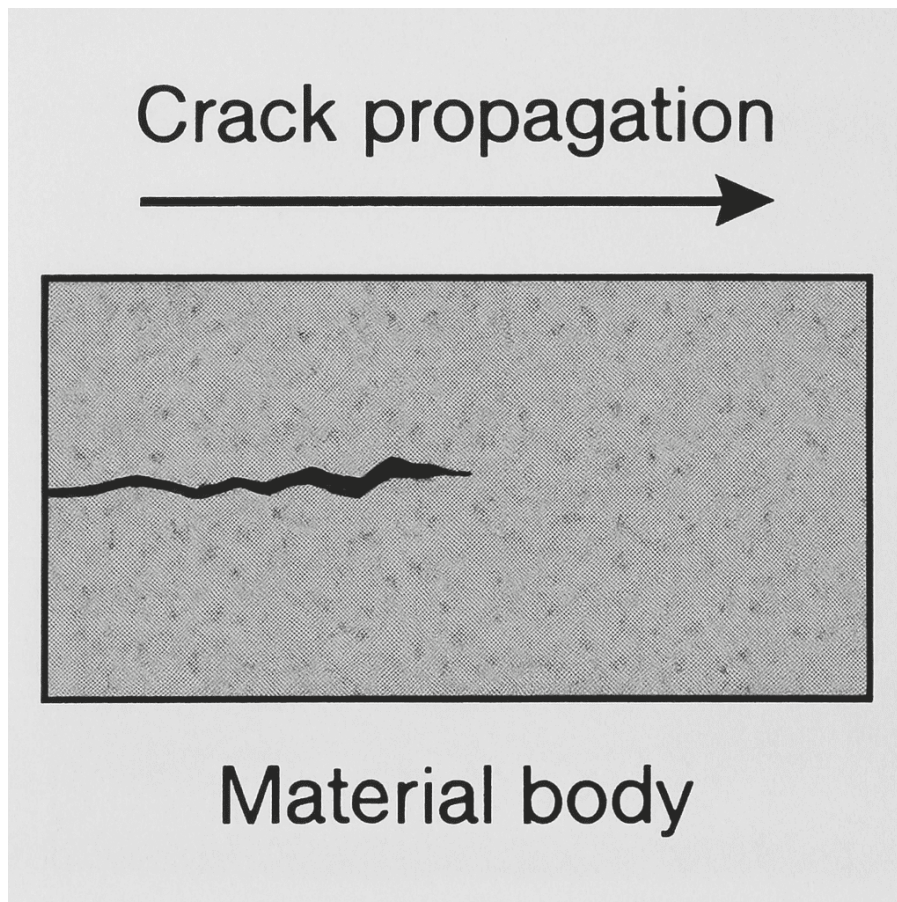
2.1 Kehyksen suoruus

Kuljettimen tultua nykyiseen paikkaansa sen säädöt eivät olleet hyvät ja ne tarvitsivat uudelleensäätämistä kuorman kuljetusta varten. Hyvillä säädöillä varmistetaan kuorman sujuva ja ongelmaton kuljetus kuljettimella. Joten hyvien metrologisten käytäntöjen mukaan kuljettimen kehys uudelleen asennettiin tämän työn alussa. Uudelleen asentamisen myötä varmistetaan linjaston suoruus ja tasomaisuus hyödyntämällä Makita:n SKR200 mallista laseria ja perusmallista vesivaakaa työn edetessä.

Laserin avulla kehys asennettiin sopivaan tasoon tarkasti ja suoraan. Työssä käytetty vesivaaka ei ollut tarkkuusvesivaaka, joten tarkkuusvesivaaka tarjosi suhteellisen hyvän tarkkuuden. Kuten Eley (2024) totesi, vesivaaka käytettäessä sen mittaustulos vaihtelee suuresti ihmisen mukaan, täten sitä ei ajatella metrologisesti tarkkana mittavälineenä mittausvirheiden vuoksi. Laserin käyttö oli oleellista kyseisessä ympäristössä, jotta kuljettimen kehys saadaan sopivaan tasoon ongelmien välttämiseksi.

Ajan kuluessa jalkojen vääränlainen asento johtaa jalkojen murtumiseen, taipumiseen tai pahimmassa mahdollisessa tilanteessa jalkojen katkeamiseen väsymisilmiön johteesta. Kuten Mäntynen (2018) on kertonut, väsymisilmiössä materiaaliin kohdistuu muuttuvia voimia, jotka aiheuttavat rasitusta materiaalin

kide-rakenteeseen ja siihen muodostuu säröhalkeama. Ajan kuluessa tämä särö kasvaa ja laajenee (kuva 1).



Kuva 1. Väsymisilmiö (uu459@outlook.com, ei pvm).

Särö laajenee ennen kuin se lopullisesti katkeaa. Kyseinen ilmiö tapahtuisi, kun kuljettimella kuljetettava kuorma liikkuu kuljettimen halki jalkojen ollessa väärässä asennossa aiheuttaen muuttuvia rasitusvoimia. Väsymisilmiö leviäisi hitaasti, mutta varmasti epäjatkuvuuskohtiin kehyksen liitoskohdissa ja muihin herkkiin alueisiin. Näitä herkkiä alueita ovat esimerkiksi reiät ja huonossa kulmassa olevat liitoslevyt, jotka liittävät eri kuljettimet yhteen. Kehys on koottu viidestä eri kokoisista rullakuljettimista yhdeksi jatkuvaksi kokonaisuudeksi (kuva 2).



Kuva 2. Rullakuljetin asennettu nykyiseen sijaintiin.

Usean pienemmän kuljettimen yhdistämistä ajatellaan heikkoutena epäjatkuvuuspisteiden vuoksi, koska väsymisilmiön tapahtuessa kuljettimia yhdistävät osat murtuvat. Ideaalisessa tilanteessa koko kuljetin on yhtenäinen. Todennäköisesti kuljettimet eivät koe tarvittavia voimia kyseisen tilanteen aiheutumiseen vähäisen kuormituksen vuoksi. Tulevaisuudessa tilanteen muuttuessa, esimerkiksi painon tai materiaalin muutoksen takia, voimat kasvavat ja väsymisilmiö esiintyy.

Koko kehys on valmistettu haponkestävästä teräksestä tehtävään soveltuvien ominaisuuksien perusteella ja kiertotaloudellisista syistä, sillä materiaalia ei toivottu hukattavaksi. Tehdasympäristöt eivät aina ole täysin puhtaita niin on tärkeää käyttää kehyksessä materiaalia, joka on vahvaa, kestävä ja pitkän elinkaaren omaavaa. Kuten Eagletube (2026) kertoo, haponkestävä teräs täyttää nämä ominaisuudet ja soveltuu täydellisesti tähän ympäristöön.

Kuljettimessa käytetyt ruuvit, mutterit ja muu pienoistavara ovat samaa materiaalia kuin itse linjasto. Syynä on se, että huoltotoimenpiteet ja tarkastukset ovat enemmän virtaviivaisia ja vähemmän aikaa vieviä. Kun kaikki osat ovat valmistettu samasta materiaalista niin ei tarvita useampaa tarkastusmenetelmää kuljettimen kunnan tarkistamiseksi. Mitä vähemmällä määrällä tarkastuskohteita voidaan suorittaa esimerkiksi vuosihuolto tai kausihuolto, niin sitä parempi on tilanne taloudellisesti ja työmäärällisesti.

2.2 Laserin metrologia ja turvallisuus

Projektissa käytetty laseri kuuluu metrologisesti optisten menetelmien aktiiviseen osioon, eli käytännössä laser heijastaa jonkin kuvion halutulle pinnalle ja laservalo heijastuu takaisin. Tällä metodilla saadaan nopeutettua ja yksinkertaistettua mittaus- ja säätöprosessia kehyksessä. Sen sijaan, että käytettäisiin epätarkkoja mitta välineitä, esimerkiksi rullamittaa, ja hidasta säätöprosessia, voidaan laserilla nopeuttaa prosessia huomattavasti.

Makita (2026) tuotetietoihin perustuen kyseisellä laserilla päästään yleisesti ± 1 mm tarkkuuteen, kun mittausetäisyys pidetään alle 10 metrissä. Laserilla voidaan mitata 200 metriin asti, mutta sen tarkkuus kärsii. Kuljettimen käyttöympäristössä ei vaadita huipputarkkoja toleransseja. Koska käyttöalue on rajattu suhteellisen pieneksi, verraten normaaliin tehdasympäristöön, ja sen päätoiminen käyttö keskittyy opetukseen. Mutta toiveiden mukaisesti sen suoruus ja tasomaisuus on tarkistettu laseria hyödyntäen.

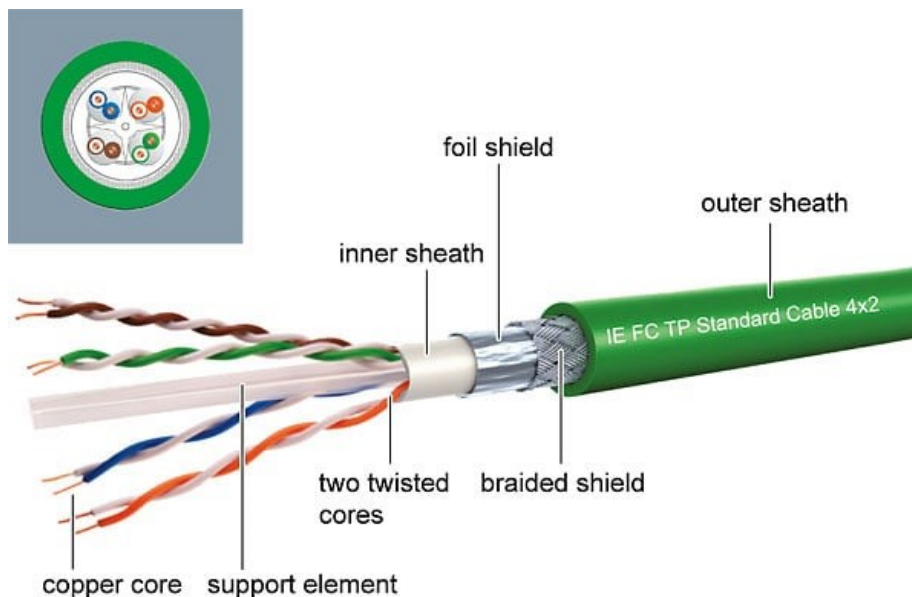
Käytetty laseri on luokitettu laser 2 -luokkaan ja kuten Keyence (2026) toteaa, että kyseinen laserluokka on ihmiselle turvallinen niin kauan kuin altistuminen silmien alueella pidetään lyhytaikaisena. Toisen luokan laseri on näkyvän valon aallonpituuksilla eli se voidaan havaita katsomalla ilman erikoisvälineitä. Tämä on yleisesti turvallinen luokka, mutta altistuminen silmien alueelle on vältettävä. Jos altistuminen on pidempi kuin yhden silmän räpäytyksen verran, laser voi aiheuttaa hetkellistä sokeutumista ja verkkokalvojen vahingoittumista. Kyseistä altistumista pyritään välttämään aina kuin mahdollista.

3 Kuljettimen kaapelointi ja komponentit

Tässä luvussa käsitellään teollisuus yhteyksiä ja niiden häiriösuojauksia. Profinet PI North America (2026) mukaan PROFINET on teollisuudessa käytettävä kommunikaatioprotokolla. Protokollalla välitetään ja vaihdetaan informaatiota eri laitteiden välillä. Näihin laitteisiin sisältyy antureita, moottoreita ja päälinkkejä. Luvussa käsitellään myös päälinkkien ominaisuuksia, toimintaperiaatetta ja anturitekniikkaa.

3.1 Kaapelityypit ja kiinnikkeet

Kuljettimen eri komponenttien kaapelointiin on käytetty PROFINETiin soveltuvaa RJ45-liitännällä varustettua teollisuusverkkokaapelia. Kyseinen verkkokaapeli on häiriösuojattu ulkoisilta sähkömagneettisilta häiriöiltä (kuva 3).



Kuva 3. PROFINET kaapelin rakenne (Profinet university, 2026).

Häiriösuojauksen muodostaa alumiinisuojaavaippa ja sen päällä oleva alumiinikudosverkko. Koska kaapelit kulkevat taajuusmuuntajien läheisyydessä ja lähialueella on muitakin häiriötä aiheuttavia laitteita, niin on tarpeellista varmistaa häiriösuojaus ja sen toimivuus.

Tämä kaapelin häiriösuojaus on myös tärkeä osa kyberturvallisuutta. Samalla kun kyseinen häiriösuojaus suojaa tietoliikennettä esimerkiksi moottorien häiriöiltä, se samalla estää ja hankaloittaa kyberhyökkäyksiä. Näillä toimilla pyritään vaikuttamaan järjestelmän toimintaan. Ulkopuoliset tahot voivat yrittää hyökätä järjestelmään, joko sammuttamalla sen, tai aiheuttamalla virhetilanteita, jotka viivästyttävät tuotantoa. Häiriösuojaus suojaa kaapelin sisäisiä johtimia näiltä häiriöiltä ja varmistaa tiedon kulun eri komponenttien välillä.

Näillä häiriösuojatuilla kaapeleilla on yhdistetty kuljettimen päälinkit sähkökeskuksessa sijaitsevaan Programmable Logic Controlleriin (PLC), eli keskuksen logiikkaan ja sen vieressä sijaitseviin lisäosiin. Kaikki kaapelit, joita käytettiin automatisointiin liittyvissä osissa, ovat varustettu mekaanisilla pikalukituspäillä. Pikalukituspäät takaavat hyvän yhteyden ja pikaisen kaapeloinnin lukittumalla mekaanisesti heti kun kaapeli on puskettu tarpeeksi syväälle vastapuoleen, kuten esimerkiksi anturiporttiin.

Edellä mainittuihin päälinkkeihin on yhdistetty samanlaisilla verkkokaapeleilla SICK-turva-anturi, joka varmistaa henkilöturvallisuuden ja estää ihmisten raajojen menemisen kuljettimen eri osien väleihin. Näiden edellä mainittujen verkkokaapeleiden kautta antureiden saama tieto viedään linkkien kautta keskuksen PLC:lle, missä logiikka suorittaa ohjelmoituja käskyjä. Näitä käskyjä ovat esimerkiksi aloita moottori, aktivoi venttiili ja sammuta moottori.

3.2 IO-Linkit

Kuljettimen tiedon siirrossa on käytetty SICK (2026) SIG300 Master Link IO -linkkejä (kuva 4) niiden helpon järjestelmään integroimisen takia.



Kuva 4. SIG300 päälinkki (Sick, 2026).

Päälinkki on helppo integroida sen soveltuvuuden takia. Päälinkki soveltuu moneen eri protokollaan kuten PROFINET, EtherCAT ja REST-API.

Aikaisemmin kuljettimessa käytettiin Siemensin ET200Eco PN -linkkejä, mutta ne päätettiin vaihtaa tehokkaampiin ja enemmän nykyaikaisempiin linkkeihin.

SIG300-linkissä olevat portit voidaan konfiguroida usealla tavalla sisältäen digitaaliseksi ulos- ja sisääntuloksi. Linkkien IP-luokitus on 67, tarkoittaen täydellistä suojaa pölyltä ja kestää tilapäisen upotuksen veteen. Kyseinen suojausluokka on kuljettimen tehdasympäristössä sopiva, sillä alueella ei ole vesilinjoja tai muita nesteitä. IO-linkin tehokkuutta nostaa sen Plug-and-Play-ominaisuus, millä voidaan nopeasti korvata tai vaihtaa vanha anturi uuteen ilman ylimääräisiä konfigurointeja. Linkki automaattisesti tallentaa ja siirtää vanhan konfiguroinnin uuteen kytkettyyn laitteeseen säästäten operoijan tai huoltomiehen aikaa.

3.3 Anturitekniikka

Kuljettimeen on asennettu viisi kappaletta SICK WTS16P -antureita ja yksi kappale SICK WTM10L -anturia. Alun perin anturien saama tieto vietiin takaisin keskukselle yhtä PROFINET-kaapelia pitkin. Mutta eräältä laitevalmistajalta, nimellä SMC, saadun langattoman teknologian avulla päätettiin viedä kaikki anturitieto langattomasti keskuksessa sijaitsevaan PLC:hen. Tämä teknologia vähentää tilan tarvetta, sillä kyseinen teknologia mahtuu erittäin pieneen tilaan eli noin alle 100mm leveä ja 150mm pitkään tilaan.. Tieto anturilta kulkeutuu kaapelia pitkin langattomaan lähettimeen, joka lähettää tiedon eteenpäin logiikan lähellä olevaan vastaanottimeen. Tämän jälkeen vastaanotin siirtää tiedon kaapelia pitkin logiikalle.

SMC:n mukaan kyseinen teknologia kykenee lähettämään anturitietoa jopa sadan metrin päähän. Mutta tämä riippuu monesta eri ympäristötekijästä, joten kantama saattaa olla erittäin paljon vähemmän. Näihin ympäristötekijöihin sisältyy esimerkiksi taajuusmuuntajat, moottorit ja muut laitteet, jotka aiheuttavat sähkömagneettisia aaltoja. Lähettimet ja vastaanottimet hyödyntävät frequency channel select -toimintoa, joka vähentää häiriön määrää mikä kohdistuu muihin toimintoihin. Toiminto auttaa välttämään muiden laitteiden ja verkkojen taajuuksia, vähentäen kommunikaatio ongelmia.

4 Pneumaattinen järjestelmä

Kuljettimeen on rakennettu yhtenä osana pneumaattinen järjestelmä, jonka avustuksella varmistetaan kuljettimella olevan kappaleen haluttu asento ja kulma. Tämä tapahtuu pneumaattisilla levyillä ja sylintereillä. Kun kappale saavuttaa tietyn anturin, niin se lähettää elektronisen signaalin. Tämän jälkeen pysäytyslevy nousee ja sivuilla olevat koskettimet suoristavat kuljettimella olevan kappaleen. Kun kappale on suoristettu, koskettimet vetäytyvät sivuun ja pysäytys levy laskeutuu.

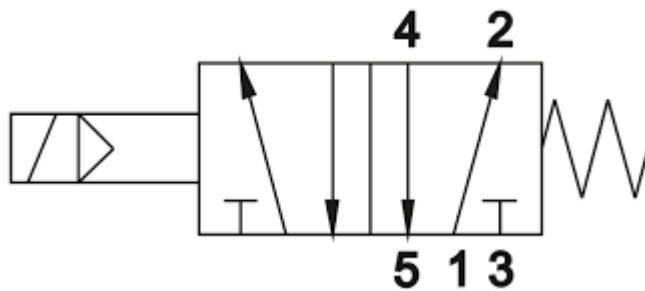
Kuorman edetessä ensimmäisen kuljetin osuuden päähän, kuljetinosioiden välillä olevat hihnatasot nousevat pneumaattisesti. Hihnatasot auttavat kappaleen kulkemaan seuraavalle kuljetinkokonaisuudelle. Pneumaattisen järjestelmän paineilma tulee rakennuksen pääilmakeskukselta ja sen puhtaudesta ja mahdollisista epäpuhtauksista ei ole täyttä varmuutta. Tämän takia syöttölinjaan on asennettu ylimääräinen separaattorin ja suodatusjärjestelmän yhdistelmä. Tällä järjestelyllä varmistetaan toimintavarmuus ja eliminoidaan mahdolliset ilman epäpuhtaudet.

4.1 Paineilman suodatus ja komponentit

Aiemmin mainittu suodatinjärjestelmä nappaa ilman epäpuhtaudet ja separaattori ottaa talteen ilmankosteuden. Nämä epäpuhtaudet aiheuttavat ongelmia komponenteissa ja on siksi tärkeä suodattaa ne pois. Kondensoitunut vesi tippuu omaan säiliöön, joka pystytään erittäin helposti tyhjentämään ajan vaatiessa. Kuten Puolakanaho (2024) on todennut, teollisuudessa kompressoidun ilman puhtaus on tärkeää kavitaatioiden estämiseksi ja laitteiden eliniän pidentämiseksi.

Tämänhetkisen käyttötarkoitukseen perusasteen suodatusjärjestelmä on riittävä. Tulevaisuudessa suodatuksen hienoutta voidaan nostaa, kun kuljetinta kehitetään. Suodatusjärjestelmä tuo ylimääräistä varmuutta ja pidentää käytettyjen pneumaattisten osien elinikää suojaamalla niitä epäpuhtauksilta,

nesteiltä ja kavitaatioilta. Pneumaattisia levyjä, koskettimia ja nosto toimintoja ohjataan sähköisillä 5/2 venttiileillä (kuva 17).



Kuva 5. Sähköohjattu kaksiasentoventtiili (Salhydro, ei pvm).

Kaksiasentoventtiili omaa kaksi asentoa ja on jousipalautteinen. Kun paineilma ei kulje venttiilissä, niin jousi työntää venttiilin sisäisesti normaaliin asentoon. Kun logiikka antaa sähkösignaalin aktivoida venttiilin, paineilma virtaa venttiilin ohjausporttiin ja vaihtaa toisen asennon päälle. Tämän jälkeen paineilma virtaa toiseen suuntaan.

5 Teollisuus PLC ja sen ohjelmointi

Tässä luvussa käsitellään ohjelmoitavaa logiikkaa ja sen ominaisuuksia. Työssä käytetty logiikka on Siemensin lippulaivamalli usealla eri ominaisuudella. Samalla luvussa käydään läpi eri ohjelmointikieliä sisältäen niiden ominaisuudet. Myöhemmässä vaiheessa avataan rakennetun ohjelman sisältö ja toiminnallisuus laajasti. Logiikan ominaisuuksiin sisältyy muun muassa tekoälylohko, joka edistää konenäkö ominaisuuksien toimintaa.

5.1 PLC

Rullakuljettimen ohjaukseen projektissa käytetään Siemens (2026a) S7-1500 teollista logiikkaa. Kyseiseen PLC:hen yhdistetään Siemens (2026b) tekoälylohko, joka yhdistää tekoälyn algoritmeja ja automaation logiikkaa. Tämän avulla voidaan vähentää kuljettimeen tarvittavan välineistön määrää. Tekoälyn ominaisuuksilla voidaan parantaa esimerkiksi konenäön tehokkuutta ja erinäisten pintojen tarkistamista. Kun kuljettimeen lisätään konenäkötekniikkaa, niin tekoälylohko nopeuttaa oppimisprosessia, millä tunnistetaan oikeat kappaleet.

Tässä projektissa tekoälyn käyttöaste jää vähäiselle käytölle konenäön puutteen vuoksi, mutta tekoäly on päätetty integroida osaksi järjestelmää tulevaisuutta varten. Tulevaisuudessa kuljettimeen asennetaan lisää konenäkötekniikkaa, joten tekoälylohko on hyvä olla asennettuna ennakkoon. Lisä konenäkö auttaa varmistamaan kuljettimen sujuvan operoinnin ja ehkäisee virhetilanteita. Haittapuolina nähdään lisääntyneet kustannukset ja mahdolliset ongelmatilanteet, kuten valaistuksen muutos ja pölyinen tehdasympäristö.

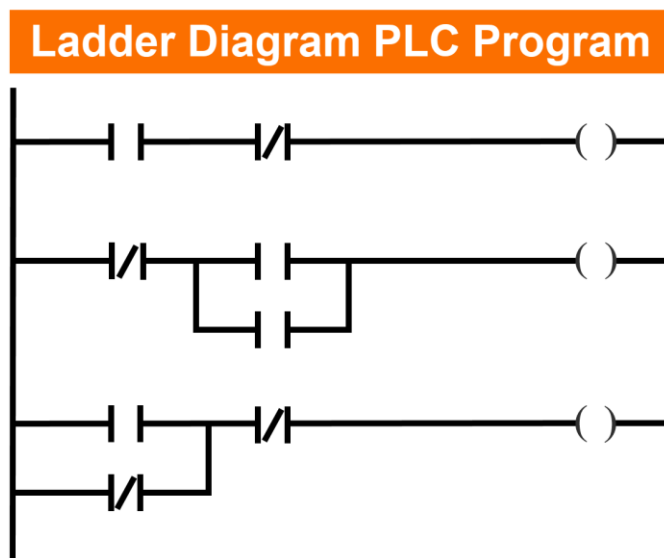
Konenäkökamerat ovat yleisesti herkkiä ympäristöntekijöille, mutta näihin löytyy erilaisia ratkaisuja. Kuten suojalinssejä, jatkuva ja tehostettu siivoaminen. Valaistuksen muuttuessa konenäkökamera ei enää tunnista kappaleita ja näe ympäristöä, joka aiheuttaa väärää toimintaa automaatiassa. Tämän takia hyvä ja tasainen valaistus on välttämätöntä.

Logiikka myös kykenee käyttämään muita teollisuudessa ei tyypillisiä ohjelmointikieliä kuten C++. S7-1500 -sarjan logiikka käyttää pääsääntöisesti seuraavia koodin muotoja: Ladder diagram (LAD), Function block diagram (FBD), Structured control language (SCL), Statement list (STL).

5.2 Ohjelmointikielet

Tähän projektiin on käytetty yksinkertaisuuden ja käyttäjäystävällisyyden vuoksi LAD-ohjelmointikieltä. LAD on käyttäjäystävällisin ohjelmointikieli, koska sillä voidaan hallita monimutkaista tai muuten vaikeata tietomäärää tehokkaammin ja yksinkertaisemmin. Se on mahdollista koska LAD:ia käyttämällä voidaan seurata useamman piirin toimintaa samanaikaisesti. FBD:tä ajatellaan myös simppeleinä ja käyttäjä ystävällisenä, koska se on erittäin visuaalinen ohjelmointikieli niin kuin LAD.

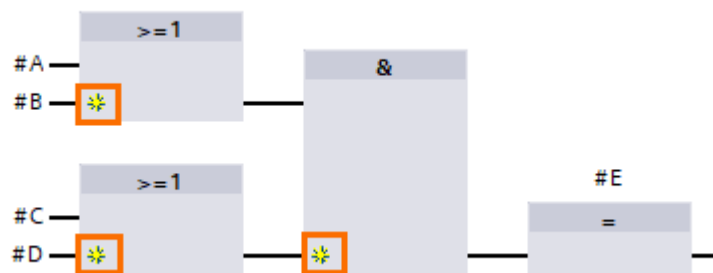
LAD on visuaalinen ohjelmointikieli, joka on helppo oppia ja visualisoida. LAD ohjelmointi soveltuu hyvin ihmisille, joilla on vähäinen tai olematon tausta ohjelmoimisesta. Kieli perustuu poikkipuihin missä sähkövirta kulkee ja toteuttaa ohjelmoituja logiikka laskuja (kuva 5).



Kuva 6. LAD ohjelmointikieli (Aghajani, ei pvm).

LAD-ohjelmointi on varsin käyttäjäystävällistä, koska visuaalisuus näyttää nopeasti mikä osa koodia ei toimi suunnitellusti. Tämä nopeuttaa viankorjaustoimintoja, kun vikoja ilmestyy.

FBD on LAD:in tapaan visuaalinen ohjelmointikieli, joka muodostuu koodia sisältävistä palikoista. Käytettyjen palikoiden sisällä on ennalta ohjelmitu koodin pala, mikä muodostaa jonkin komennon. Esimerkkinä moottorin tai koskettimen aktivointi. Näitä komentoja ovat esimerkiksi AND,OR ja IF (kuva 6).



Kuva 7. FBD-esimerkki (Ait Ali Yahia, ei pvm).

SCL on korkean tason koodikieli tarkoitettu haastaviin matemaattisiin ja loogisiin tilanteisiin. SCL on Siemensin oma versio IEC 61131-3 standardin Structured text -ohjelmointikielestä (kuva 7).

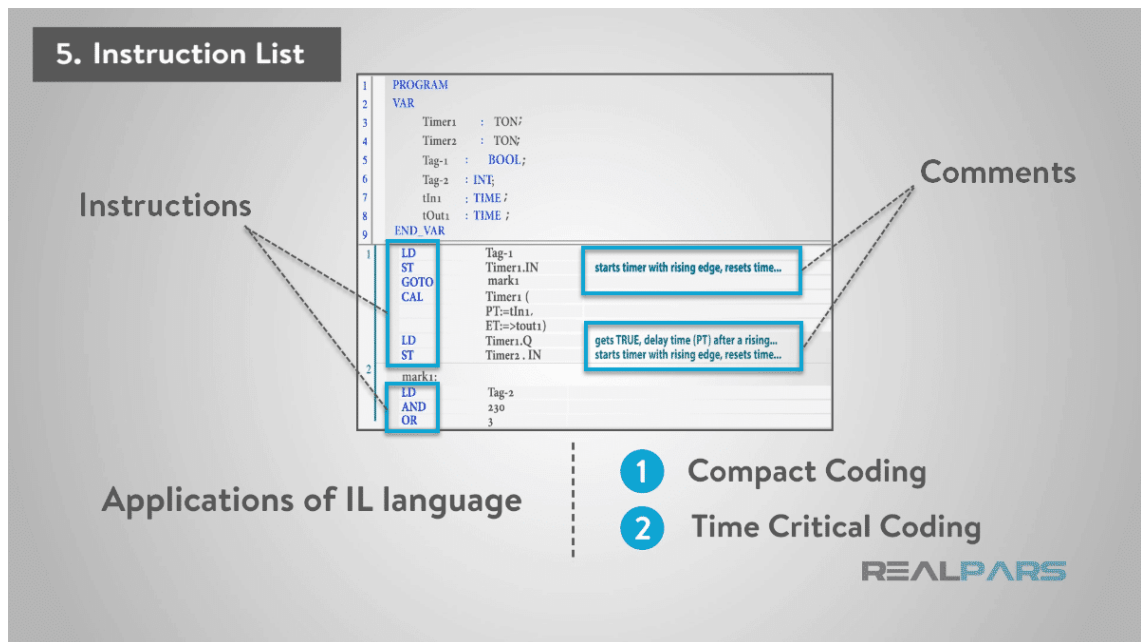
4. Structured Text

```
FOR WHILE IF ELSE ELSE IF CASE ...
1 IF #Enable = 1 THEN
2
3 //Init
4 #The_Max := #In_1;
5 #i := 1;
6 #Array [1] := #In_1;
7 #Array [2] := #In_2;
8 #Array [3] := #In_3;
9 #Array [4] := #In_4;
10 #Array [5] := #In_5;
11 //*****
12 WHILE #i < 6 DO
13 IF #Array[#i] > #The_Max THEN
14 #The_Max := #Array[#i] ;
15 ELSE
16 #i := #i + 1 ;
17 END_IF;
18 END_WHILE;
19 END_IF;
```

REALPARS

Kuva 8. SCL-ohjelmakieli (Realpars, 2026).

SCL on yleisesti hyvä ohjelmointikieli, mutta haasteellinen korjata jos jokin osa ei toimi. Toinen haasteellinen osa kieltä on sen muokkaaminen verkossa. SCL soveltuu erinomaisesti niille, joilla on kokemusta sovellusten kehittämisestä. Tämä johtuu samanlaisista periaatteista ja ulkonäöstä. STL on sama kuin IEC 61131-3 -standardin mukaan määritelty Instruction List, joka on matalan tason tekstimuotoon perustuva ohjelmointikieli (kuva 8).



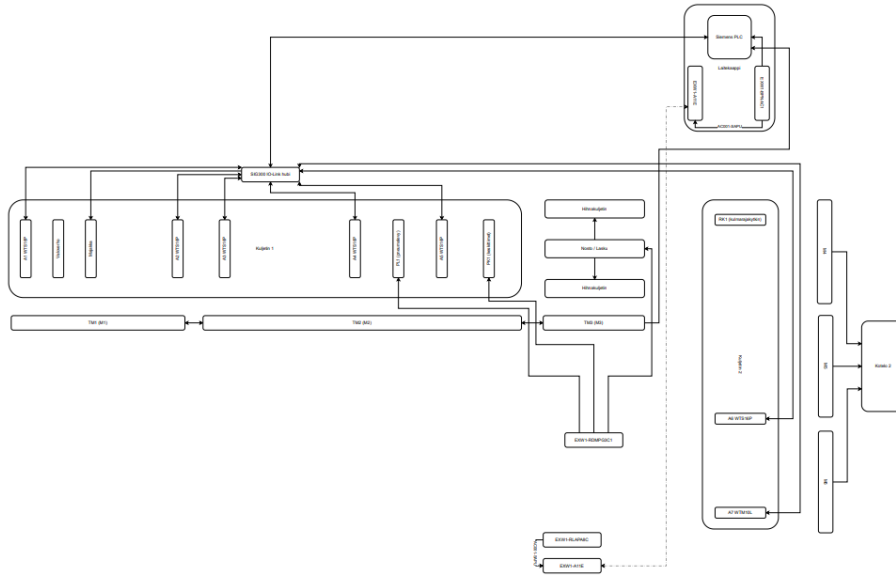
Kuva 9. IL ohjelmointikieli (Realpars, 2026).

STL on Siemensin oma nimi kyseiselle koodikielelle. STL soveltuu hyvin S7-300- ja 400-logiikoille tarjoten vaihtoehdon esimerkiksi LAD-kielelle. STL ei ole nykyisessä teollisuusmaailmassa kovin yleinen kuten 30 vuotta sitten, koska tilalle ovat saapuneet tehokkaammat ja helpommat kielet. Koodikieli on hiljaa jäänyt pois käytöstä, mutta sillä on vielä käyttökohteita joissain paikoissa.

Kuljettimeen asennetaan yhteistyöyritysten kanssa uusinta teknologiaa sisältäen anturit, logiikan ja muun automaatiotekniikan. Kuljettimen ohjelmointiin käytetään LAD-ohjelmointia edellä mainittujen tekijöiden hallinnoimisen helpottamiseksi.

5.3 Kuljettimen ohjelma

Kuljettimen ohjelma seuraa loogisesti kuljettimen rakennetta. Anturien viimeiset sijoitukset joko muuttuvat tulevaisuudessa tai pysyy kuvan mukaisina (kuva 9).



Kuva 10. Kuljettimen rakenne.

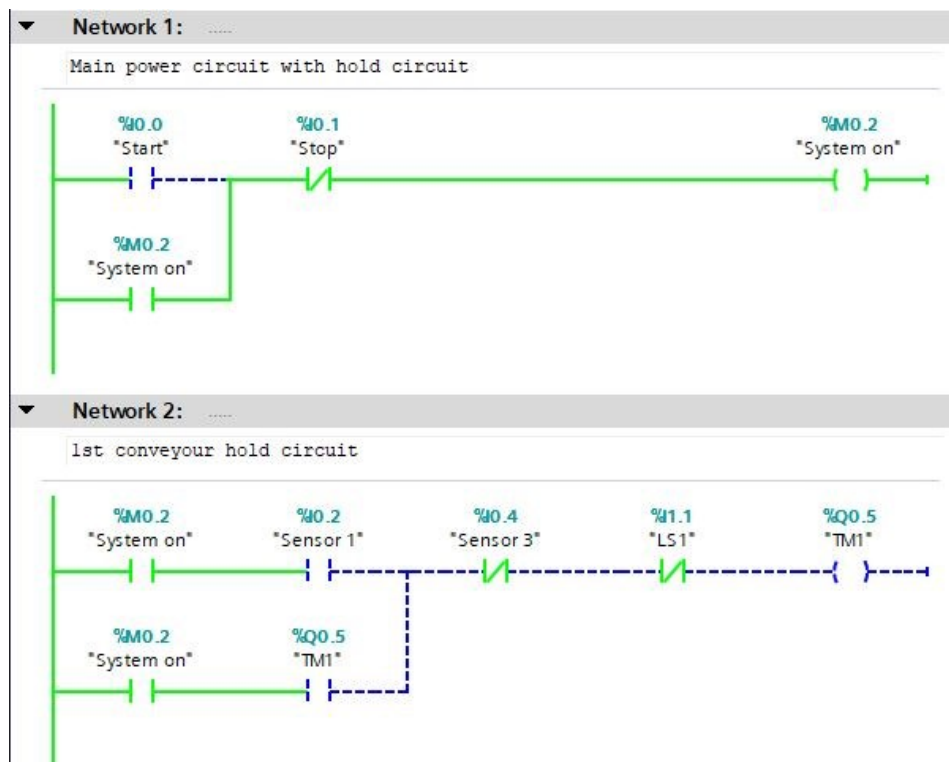
Kuljettimen ohjelmointiin käytettiin LAD-ohjelmointikieltä ja tässä kappaleessa käydään läpi koodin rakenne ja sen toiminnallisuus. Osassa ohjelmaa oli kohtia, joihin oli pakko laittaa jokin ulostulo. Koska ei haluttu näiden kyseisten ulostulojen vaikuttavan muuhun ohjelmaan niin ne määriteltiin muisti bitiksi termillä neg. Ohjelmassa näkyvät tunnisteet löytyvät arvotaulukko kuvasta 10.

Default tag table							
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Write...	Visibl...
1	Start	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Stop	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Sensor 1	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Sensor 2	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Sensor 3	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Sensor 4	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Sensor 5	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Sensor 6	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Sensor 7	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	L51	Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Valve 1	Bool	%I1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Valve 2	Bool	%I1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Valve 3	Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	neg	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	System on	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	TM1	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	TM2	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	TM3	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	M4	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	M5	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	M6	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	shut off	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	<Add new>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 11. Arvotaulukko.

Ohjelma koostuu kokonaisuudessa 11 verkostosta. Yksi pääominaisuus ohjelmassa on sen käynnissäolo-ehto. Jokaisen verkoston eli virtapiirin käynnistymisehtoihin kuuluu järjestelmä virran päällä oleminen.

Ensimmäinen verkosto on päävirran aktivointipiiri ja ilman sitä mikään ei aktivoidu. Tämä on yksi kuljettimen turvamekanismeista vaikka sitä ei virallisesti luokitella turvallisuuslogiikaksi. Aktivointipiiri pysyy aktiivisena aktivoinnista alkaen kunnes, joko koko kuljettimen virransyöttö katkaistaan tai painetaan stop-painiketta. Toisessa verkostossa hallitaan ensimmäisen kuljettimen toimintaa (kuva 11).

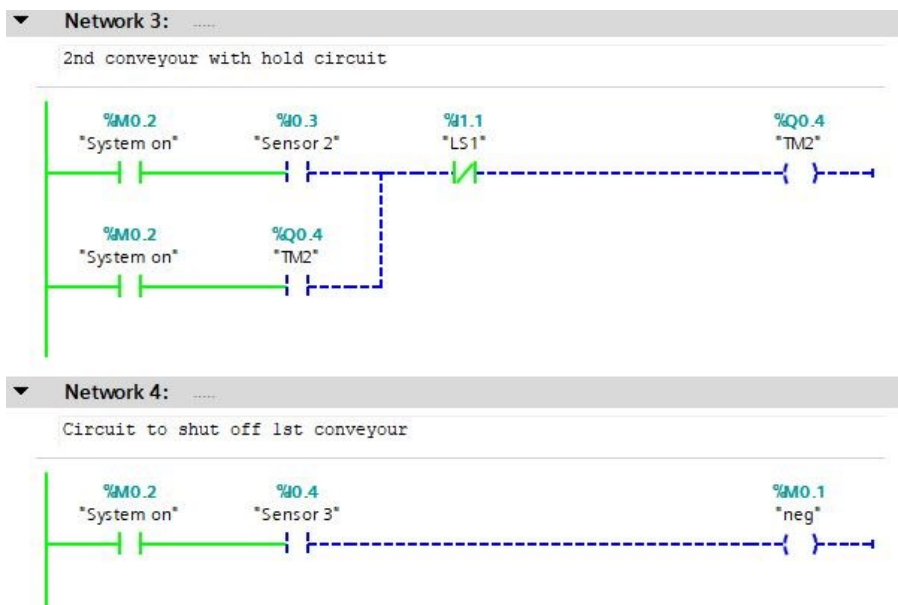


Kuva 12. Ensimmäinen kuljetinosuus.

Kun ensimmäinen anturi tunnistaa kuljettimelle asetetun kuorman, anturi antaa signaalin taajuusmuuttajalle ja käynnistää sen. Vaikka kuorma ei olisi anturin kohdalla enää niin kuljetin pyörii. Tämä on mahdollista taajuusmuuttajan pitopiirin ansiosta. Kun TM1 saa alkuperäisen signaalin niin se muuttuu yhdeksi aloitusehdoksi eli anturin signaalia ei tarvita kuljettimen käynnissäpitoon. Kuljetin sammuu vasta kun kuorma saavuttaa seuraavan anturin tai

myöhemmässä vaiheessa, missä rajakytkin LS1 sammuttaa kaikki kokonaisuudet.

Kolmas verkosto sisältää toisen kuljettimen käynnistyspiirin. Kuorman saavutettua toisen anturin, alkaa toinen kuljetin osuus pyörimään. Toinen osuus kuljettimesta omaa saman pitopiirin kuin ensimmäinen kuljetin osuus. Kuljetin sammuu, kun kuorma saavuttaa rajakytkimen (kuva 12).

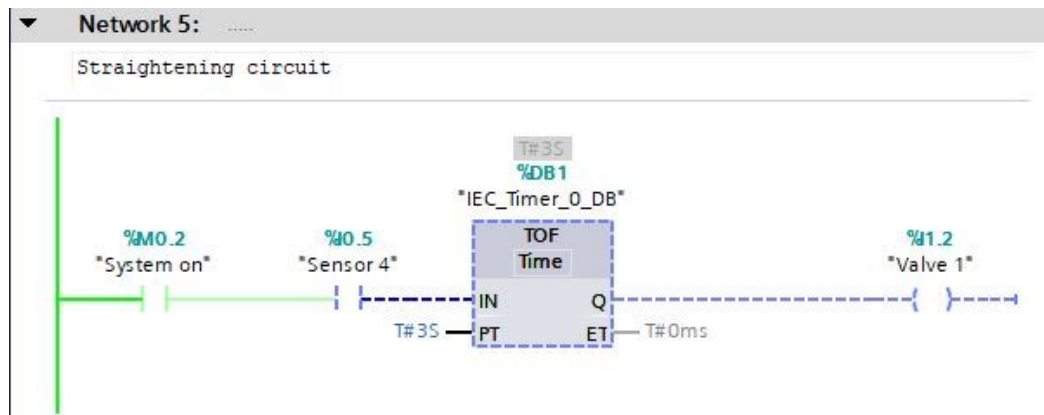


Kuva 13. Kuljetin aloituspiiri ja sammutuspiiri.

Neljännän verkoston tarkoitus on sammuttaa ensimmäinen kuljetin käyttämällä anturi kolmea. Verkosto ei toiminut ilman kunnollista ulostulokäskyä, joten siihen sijoitettiin aikaisemmin mainittu muistibitti. Tällä tavalla verkosto ei aiheuta toimintoja muissa verkostoissa.

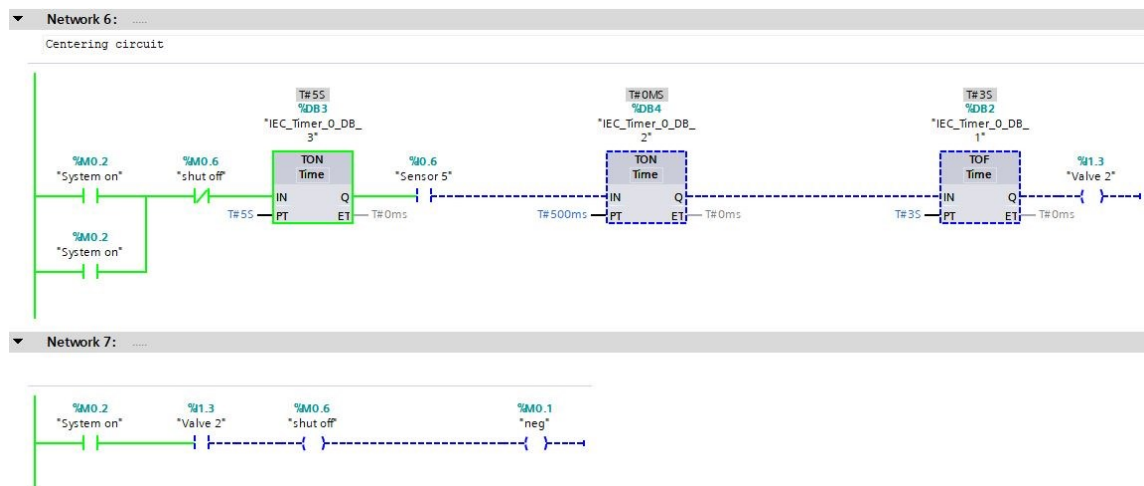
Kuljettimen pneumaattinen suoristustoiminto suoritettiin ohjelmassa hyödyntäen ennalta ohjelmoitua ajastintoimintoa. Kun signaali anturi neljältä saapuu, niin alkaa suoristus levyn nouseminen. Levy nousee ja pysyy ylhäällä noin kolme sekuntia. Anturin pulssin loputtua alkaa Timer Off-Delay -toiminto eli ajan

loputtua levy laskeutuu takaisin alkupisteeseen ja kuorma jatkaa kulkemista (kuva 13).



Kuva 14. Suoristuspiiri.

Seuraavassa verkostossa käsitellään kuorman keskittämistä kuljettimeen nähden, jotta suunnanvaihto toimii moitteettomasti. Piirin toimintaehtoina ovat aikaisemmin mainittu virran päällä oleminen ja ajastin. Ajastin varmistaa keskittimien sujuvan toiminnan ja estää äkillisen toistoliiikkeen. Nopeat toistot ovat epätoivottavia, koska kuorma ei koskaan liikkuisi eteenpäin (kuva 14).

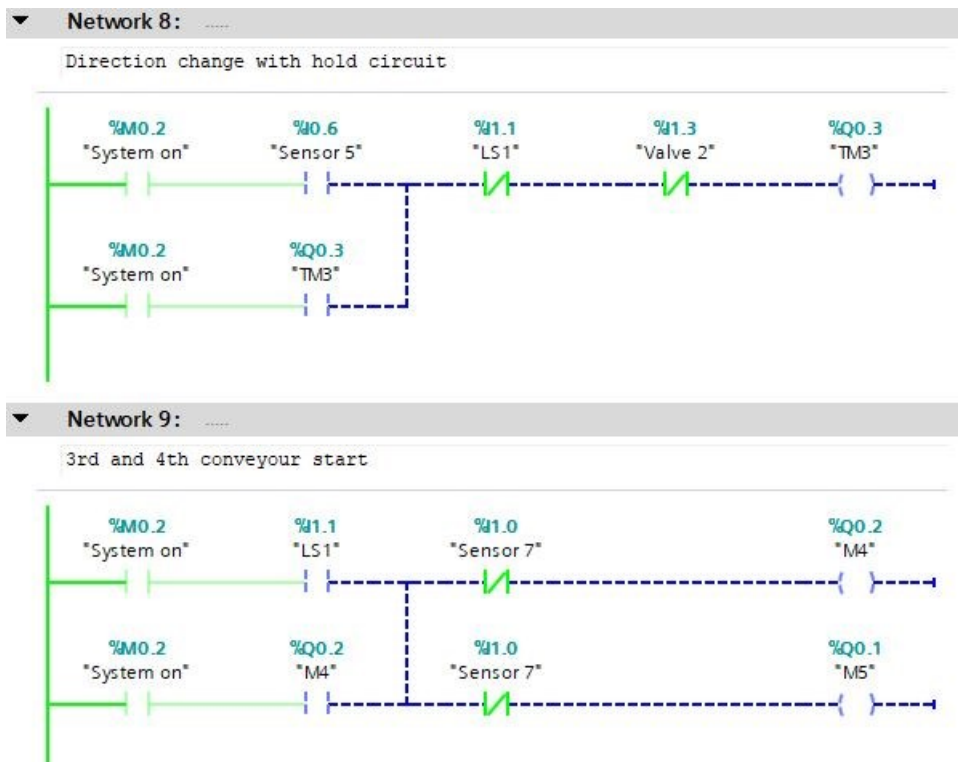


Kuva 15. Keskittämistoiminto ja ajastimet.

Kun viides anturi havaitsee kuorman, niin se odottaa noin puoli tai 1 sekuntia. Tämän jälkeen suoristimet keskittävät kuorman keskelle kolmen sekunnin ajan.

Tämän jälkeen suoristimet vetäytyvät ja kuorma jatkaa kulkua. Kun keskittämislake tapahtuu, niin verkosto seitsemän sammuttaa virrankulun ja aloittaa ajastimen. Ennen kuin anturi voi antaa uuden signaalin, niin se odottaa kaksi sekuntia suorituksen jälkeen. Tämä estää kuorman jumittumisen samaan kohtaan.

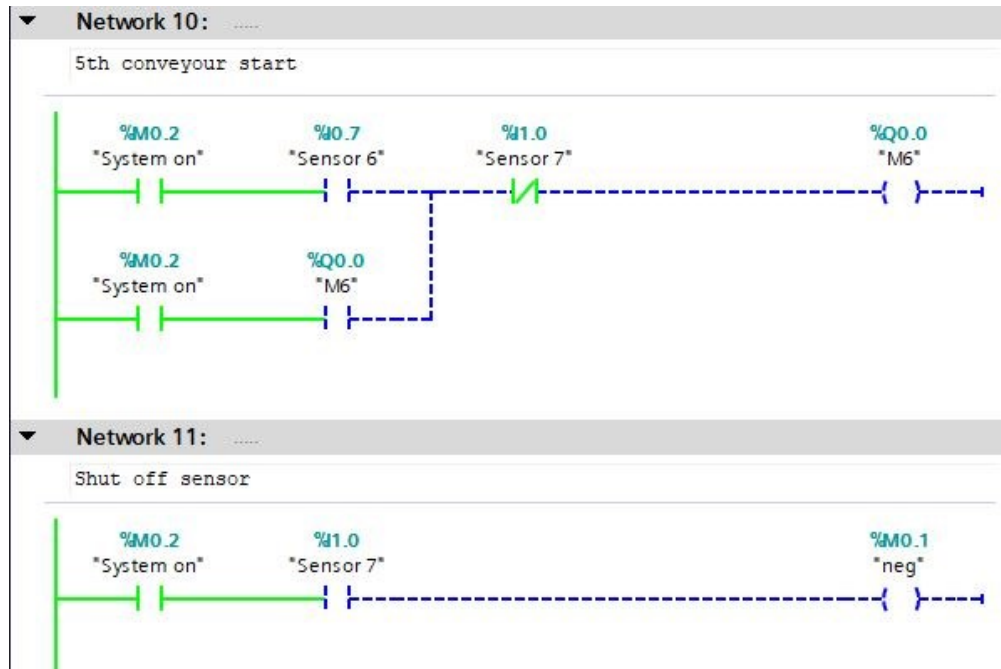
Samanaikaisesti anturi antaa komennon hihnakuojettimen nostamiseen ja käynnistämiseen. Hihnakuojetin siirtää kuojettimen kuorman toiselle kuojetinkokonaisuudelle vaihtaen kuojettimen suunnan. Kuojettimen siirryttyä seuraavan kuojettimen reunaan, aktivoituu rajakuojtkin ja seuraavat moottorit (kuva 15).



Kuva 16. Suunnanvaihtopiiri.

Rajakuojtkin sammuttaa kaikki aikaisemmat taajuusmuuttajat ja aktivoi osan toisesta kuojetinkokonaisuudesta. Verkostoon on rakennettu pitopiiri, joka pysyy aktiivisena, kunnes kuorma saapuu viimeiseen pisteeseen.

Kuudes anturi antaa signaalin aktivoida viimeisen kuljetinosuuden pitäen samalla aikaisemmat moottorit käynnissä. Verkosto 11 toimii toisen kuljetinkokonaisuuden sammutuspiirinä (kuva 16).



Kuva 17. Pitopiiri ja sammutuspiiri.

Kun kuorma vihdoin saavuttaa kuljettimen pään ja aktivoi seitsemännän anturin, sammuu kaikki kuljettimen moottorit.

6 Yhteenveto

Projektin tavoitteena oli automatisoida ja modernisoida vanha kuljetin anturitekniikkaa, pneumaattisia ratkaisuja ja ohjelmoitavaa logiikkaa hyödyntäen. Samanaikaisesti päästiin kokeilemaan teknologiaa, mikä ei ole laajasti käytössä teollisuudessa. Vaikkakin teknologia ja tekniikka mitä käytettiin kuljettimessa projektin aikana, on vaihtunut ja muuttunut niin opinnäytetyön aikana tehty työ on saanut projektille hyvän peruspohjan aikaiseksi. Lisäksi pystytään lisäämään tai vaihtoehtoisesti muuttamaan käytettyä teknologiaa, kun teknologia kehittyy.

Kuljettimen toiminta perustuu PLC:n LAD ohjelmaan. Ohjelma muodostuu langattomasti saadusta anturitiedosta PROFINET väylää hyödyntäen. Anturitekniikka kertoo logiikalle kappaleen sijainnin ja sitä seuraavat askeleet. Pneumaattisia venttiileitä ja toimilaitteita hyödyntäen varmistetaan kuorman sujuva liikkuminen käyttämällä suoristus ja keskitys liikkeitä.

Opinnäytetyön teon aikana ei olla päästy hyödyntämään esimerkiksi RFID teknologiaa tai robotiikkaa, mutta työn lopetus aikana niille on jätetty hyvät mahdollisuudet toteuttaa tulevaisuudessa. Ajan kuluessa tullaan myös lisäämään anturitekniikkaa ja konenäköä. Näin voidaan kokeilla muita uusia teknologioita ja teollisuuden ratkaisuja. Tekoälylohkoa ei käytetty tässä vaiheessa projektia, mutta se on tärkeä osa tulevaisuuden teollisuus 4.0.

Tuloksia tarkastellessa voidaan todeta projektin tavoitteiden täyttyminen rajauksen puitteissa. Kyseiseltä pohjalta voidaan hyvin lähteä rakentamaan opetusympäristöä ja alustaa teollisuus 4.0:lle. Lopputuloksia voidaan hyvin ja helposti laajentaa.

Lähteet

Aghajani, M. (ei pvm.). Ladder Logic Decoded.

<https://www.solisplc.com/tutorials/ladder-logic-tutorial-for-plc-programmers>

Ait Ali Yahia, R. (ei pvm.). An Introduction to the Function Block Diagram (FBD) Language in TIA Portal. <https://www.solisplc.com/tutorials/an-introduction-to-the-function-block-diagram-fbd-language-in-tia-portal>

Eagletube. (2026). STAINLESS STEEL CHARACTERISTICS.

<HTTPS://EAGLETUBE.COM/ABOUT-US/NEWS/STAINLESS-STEEL-CHARACTERISTICS/>

Eley, J. (2024). What Influences Measurement Accuracy and Precision.

<https://eylemet.com/2024/10/21/what-influences-measurement-accuracy-and-precision/>

Keyence. (2026). Laser Safety Standards and Classes.

https://www.keyence.eu/ss/products/measure/measurement_library/basic/laser_safety/

Makita. (2026). [Makita tuotetieto esite].

https://www.makita.fi/data/sr/productinfo/generated/skr200z_3.pdf

Mäntynen, J. (2018). Kaupallisten väsymisen monitorilaitteiden vertailu.

[Kandidaatintyö, LUT-yliopisto]. LUTPub. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018110147059>

Profinet PI North America. (2026). Profinet technology.

<https://us.profinet.com/technology/profinet/>

Profinet university. (2026). PROFINET Infrastructure – Cat-5 Cable.

<https://profinetuniversity.com/profinet-basics/profinet-infrastructure-cat-5-cable/>

Puolakanaho, J. (2024). Paineilman laadun selvitystyö. [AMK-opinnäytetyö,

Lapin ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2024052013627>

Realpars. (2026). PLC programming. What are the most popular PLC

Programming languages? <https://www.realpars.com/blog/plc-programming-languages>

Salhydro. (ei pvm.). 5/2 sähköohjattu venttiili 2-asentoinen 1/4" Pneumax. <https://www.salhydro.fi/fi/sahkoohjatut-venttiilit/5-2-sahkoohjattu-venttiili-2-asentoinen-1-4-pneumax>

Sick. (2026). SIG300. <https://www.sick.com/fi/fi/catalog/tuotteet/verkko-ja-liitaentaetekniikka/verkkolaitteet/sig300/c/g606089?tab=overview>

Siemens. (2026a). Simatic S7-1500 PLC. <https://www.siemens.com/fi-fi/products/simatic/s7-1500/>

Siemens. (2026b) Simatic S7-1500 TM NPU. <https://www.siemens.com/en-us/products/simatic/s7-1500-tm-npu/>

uu459@outlook.com. (ei pvm.). Fracture Stress: Theory and Practical Examples. <https://creamicpcbmanufacture.com/fracture-stress-theory-and-practical-examples/>