



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janne Lampinen

HYDRAULISEN KOEAJOPROSESSIN KEHITTÄMINEN JA TEHOSTAMINEN

Tekniikka
2025

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Janne Lampinen
Opinnäytetyön nimi	Hydraulisen koeajoprosessin kehittäminen ja tehostaminen
Vuosi	2025
Kieli	suomi
Sivumäärä	43 + 3 liitettä
Ohjaaja	Anssi Yppärilä (VAMK), Jarkko Selin (ST-Koneistus Oy)

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kokoonpanotuotannossa tehtävän koeajoprosessin kehityskohteita käytännön tutkimusten, havainnointien ja arvioiden avulla.

Tutkimusaineistoa kerättiin perehtymällä prosessiin ja keräämällä tietoa havainnoimalla sekä haastatteleamalla työntekijöitä. Työssä hyödynnettiin myös yrityksen tietokannasta löytyvää materiaalia. Hankittujen aineistojen pohjalta laadittiin kehitysehdotuksia, joiden mukaan prosessia voidaan optimoida ja jatkojalostaa.

Työn taustalla oli tuotannon nopea ylös nostaminen, minkä takia prosessiin jäi kehitys- ja tehostamistarvetta. Tutkimuksen tuloksena saatiin koottua kehitysehdotuksia, jotka antavat hyvän pohjan prosessin toteutukseen ja tehostamiseen.

Avainsanat kehittäminen, tehokkuus, läpimenoaika, tuottavuus

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Konetekniikka

ABSTRACT

Author	Janne Lampinen
Title	Development and Efficiency of Hydraulic Test Drive Process
Year	2025
Language	Finnish
Pages	43 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Anssi Yppärilä (VAMK), Jarkko Selin (ST-Koneistus Oy)

The purpose of the study was to attempt to identify areas for improvement in the test drive process conducted in the assembly production through practical study, observation and evaluation.

Data was collected by studying the process and gathering information through observation and employee experience. Material from the company's database was also used. Based on the material gathered, development proposals were made to optimize and further refine the process.

The thesis was motivated by the rapid ramp-up of production, which resulted in a process that still needed to be developed and improved. As a result of the research, development proposals have been compiled which provide a good basis for the implementation and improvement of the process.

Keywords development, efficiency, lead time, productivity

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Toimeksiantajan yritysesittely.....	6
1.2 Työn tavoitteet.....	7
1.3 Tekoälyn käyttö tässä opinnäytetyössä.....	8
2 TUOTANTOPROSESSI.....	9
3 HYDRAULIIKKA	11
3.1 HydrauliiKANESTE	12
3.2 Paine	13
3.3 Tilavuusvirta	14
4 OHJAUSVENTTIILIT	15
4.1 Paineenrajoitusventtiili	15
4.2 Proportionaaliventtiili.....	16
4.3 Suuntaventtiili.....	16
5 ANTURIT.....	18
5.1 Paineanturi	18
5.2 Tilavuusvirtalähetin.....	18
6 AUTOMAATIO	20
7 OHJELMOITAVA LOGIIKKAOHJAIN (PLC)	21
8 TEOLLISUUSROBOTTI	23
9 NYKYTILAN KARTOITUS JA ANALYSOINTI.....	25
10 KEHITYSEHDOTUKSET	31
10.1 Automatisointi	31
10.2 Logiikka ja ohjaus	33
10.3 Työpisteen sijoittelu	34
10.4 Prosessin vaiheistus.....	35
10.5 Ajallinen jakauma	35
11 JATKOKEHITYSIDEOITA.....	37
12 YHTEENVETO.....	38
LÄHTEET.....	39

LIITTE: HYDAULIKAAVIOIDEN SYMBOLIT	43
--	----

KUVAT

Kuva 1. ST-Koneistus tehdasrakennus (ST-Koneistus, 2014).	7
Kuva 2. Hydraulikkajärjestelmä peruskomponenteilla (Gupta ja muut, 2023, s. 37.)	12
Kuva 3. Paineenrajoitusventtiili (ST-Koneistus, 2025).....	25
Kuva 4. Koeajokoneikko (ST-Koneistus, 2025).	26
Kuva 5. Prosessikaavio.....	27
Kuva 6. Prosessin vaiheiden ajallinen jakauma.....	29
Kuva 7. Hydraulikaavio koneikosta ja koeajoasetelmasta nykytilassa.	30
Kuva 8. Hydraulikaavio muutoksesta.	32
Kuva 9. Luonnos ohjauspaneelistä.	33
Kuva 10. Luonnos koeajokoneikon ja koeajotyötason sijoittelusta. ..	34
Kuva 11. Prosessikaavio muutoksen jälkeen.	35
Kuva 12. Prosessin vaiheiden ajallinen jakauma muutoksen jälkeen.	36

LYHENTEET

PLC engl. Programmable logic controller, Ohjelmoitava logiikka

1 JOHDANTO

Prosessien, toimintatapojen ja resurssien jatkuva kehitys on osa nykyaikaista kilpailukykyä sekä menestystä. Huolellisesti optimoidut prosessit vähentävät turhia työvaiheita, parantavat tuotteen laatua ja vähentävät resurssien turhaa käyttöä. Kun prosessi on selkeä ja toimiva, lisää se työmotivaatiota ja tyytyväisyyttä työntekoon. Hyvin määritelty prosessi vähentää myös riskejä virheisiin ja tapaturmiin. Tehokkaammat prosessit edesauttavat organisaatiota reagoimaan nopeasti muuttuvissa kilpailevissa markkinatilanteissa. Lisäksi nopea ja selkeä reagoiminen parantaa asiakaskokemusta.

Opinnäytetyön aihe käsittelee paineenrajoitusventtiilin koeajoprosessin kehittämistä ja tehostamista. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa kohdeyritykselle kehitysehdotuksia prosessin tehostamiseksi sekä etsiä sellaisia ratkaisuja, jotka edesauttavat tulevaisuudessa teollisuusrobotin lisäämisen prosessiin ihmisen tilalle. Tutkimuksessa keskityttiin myös työn mielekkyyden lisäämiseen ja fyysisen työn vähentämiseen. Tämän prosessin kehittäminen oli tärkeää koeajettavan paineenrajoitusventtiilin suuren tuotantovolyymien vuoksi.

Tutkimuksessa hankitaan tietoa havainnoimalla, analysoimalla ja mittaamalla sekä tutkimalla prosessia eli käyttämällä kokemusperäistä empiiristä menetelmää (Jyväskylän yliopisto, n.d.).

Työntekijähaastatteluilla etsittiin myös mahdollisia kehityskohtia; haastattelut toivat työhön käytännönläheistä tietoa prosessista. Erilaiset mitaukset mahdollistivat laajemman ymmärryksen ja vertailupohjan.

1.1 Toimeksiantajan yritysesittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi ST-Koneistus Oy. Yritys on perustettu vuonna 1950, ja se sijaitsee Ylöjärvellä Soppeenmäen teollisuusalueella. Yritys työllistää n. 60 henkilöä. Yrityksen liikevaihto oli

vuonna 2023 n. 10 miljoonaa euroa, liiketoiminnan voitto oli n. 1 miljoona.

ST-Koneistus Oy on erikoistunut vaativien hydraulikkalohkojen ja komponenttien erikoissarjoihin. Yritys on toimittanut laajasti tuotteita kone- ja laiterakennusteollisuudelle, Suomeen sekä kymmeniin muihin maihin.

Yritys tarjoaa asiakkailleen räätälöivää suunnittelupalvelua toiveiden mukaan, sekä laadukasta hydraulikkaventtiilistöjen ja -komponenttien kokoonpano- ja testauspalvelua (ST-Koneistus, 2014). Kuvassa 1 kuvattuna ST-Koneistuksen tehdasrakennus.



Kuva 1. ST-Koneistus tehdasrakennus (ST-Koneistus, 2014).

1.2 Työn tavoitteet

Työn päätavoitteena oli analysoitujen tulosten perusteella kehittää ja optimoida prosessin tehokkuutta siten, että työn tuottavuus ja sujuvuus paranevat merkittävästi. Samalla pyrittiin parantamaan työntekijän ergonomiaa, vähentämään fyysistä kuormitusta sekä lisäämään työn mielekkyyttä ja motivaatiota.

Lisäksi tavoitteena oli pyrkiä pienentämään virheiden mahdollisuuksia venttiilin säätöarvojen tarkistamisessa koeajon aikana. Tämä oli keskeisessä roolissa, koska tarkat säätöarvot ovat erittäin olennainen osa tuotteen turvallista ja luotettavaa toimintaa.

Tavoitteena oli hyödyntää automatisointia prosessissa, jonka avulla pyrittiin parantamaan tuotteen laatua ja yhdenmukaisuutta. Automatisoimalla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä ja nopeuttaa prosessia. Näiden tavoitteiden kautta pyrittiin luomaan tuotantoprosessi, joka tukee yrityksen tavoitteita sekä työntekijöiden hyvinvointia.

1.3 Tekoälyn käyttö tässä opinnäytetyössä

Sisällön alkuperäisyys on varmistettu, ja tekijänoikeuksia on noudatettu asianmukaisesti. Jos tekoälysovellus on tuottanut tekstiin uusia ideoita, niiden paikkansapitävyys on tarkistettu alkuperäislähteistä, ja niihin on viitattu asianmukaisesti. Kaikki ilmoitetut lähteet perustuvat käyttäjän omaan käyttöön ja lähdetutkimukseen, eivätkä ole tekoälyn generoimia. Tämä on todennettavissa muistiinpanoista ja käytetystä viitteidenhallintajärjestelmästä.

Tässä työssä on käytetty apuna englanninkielisen tiivistelmän kääntämiseen DeepL Translatoria ja viitteidenluomisessa apuna on käytetty Zoteroa. Työssä on myös käytetty ChatGPT tekoälysovellusta avustamaan tekstin muokkausta, jotta se olisi selkeää ja ymmärrettävää.

2 TUOTANTOPROSESSI

Prosessi on mikä tahansa sarjassa tehtävä järjestelmällinen toiminta, joka tehdään tietyssä järjestyksessä. Se alkaa asiakkaan tarpeesta ja lopuksi tyydyttää asiakkaan tarpeen. Tuotantoprosessi sen sijaan tarkoittaa tuotannossa tapahtuvaa muutosta jossakin järjestyksessä, jossa komponentit tai raaka-aineet käsitellään ja muokataan valmiiksi tuotteeksi. Tuotantoprosessin kehittämisen tavoitteena on tehokasta, laadukasta ja taloudellista tuotantoa. (Öhman ja muut, 2024; Logistiikanmaailma, 2025.)

Teollisen tuotannon on tärkeää pyrkiä kehittämään ja parantamaan tuotantoaan jatkuvasti ja olla tietoinen viimeisimmistä kehitysmahdollisuuksista, jotta tuotteet ja palvelut pysyvät kilpailukykyisinä markkinoilla. Tuotannon tehokkuutta voidaan tehostaa uusilla teknologioilla tai tehostamalla olemassa olevia laitteita ja toimintatapoja. Parantamalla jo olemassa olevia toimintatapoja systemaattisen analysoinnin avulla, saadaan monesti jo huomattavia tuloksia aikaan, eikä se vaadi suuria investointeja. (Adithan, 2007.)

Menetelmää nimeltä työntutkimus käytetään työn analysointiin ja kehittämiseen, jotta tuotanto prosessissa tehtävä työ saadaan tuottavammaksi. Työntutkimukseen sisältyvät menetelmätutkimus, jossa kehitetään työn sujuvuutta ja ergonomiaa, aikatutkimus työvaiheiden mittaamiseksi ja tehokkuuden parantamiseksi, työkuormantutkimus fyysisten ja henkisten vaatimusten selvittämiseksi sekä liiketutkimus turhien liikkeiden poistamiseksi. (Adithan, 2007.)

Työntutkimuksessa käytetään työkaluna virtausprosessikaaviota, jonka avulla arvioidaan tuotantoprosessin aikana tapahtuvia toimintoja sekä niiden ajankäyttöä. Tällä tavoin saadaan apua arviointiin ja kehittämiseen. (Adithan, 2007.)

Yksi tunnetuimpia prosessin optimoinnin malleja on Lean, joka perustuu hukkan poistamiseen tuotannossa ja virtauksen maksimointiin. Lean menetelmän avulla saadaan lyhennettyä tai nopeutettua tuotannon läpimenoaikaa, ja saavuttaa siten taloudellista hyötyä. (Sixsigma, n.d.)

Digitaalinen kaksonen on nykyaikainen menetelmä, jolla voidaan virtuaalisesti mallintaa ja analysoida tuotantoprosessin eri vaiheita ennen niiden toteutusta. Tämä mahdollistaa erilaisten skenaarioiden kokeilemisen ilman, että varsinaista tuotantoa tarvitsee keskeyttää, ja auttaa löytämään optimaalisia ratkaisuja esimerkiksi työvaiheiden järjestykseen tai resurssien käyttöön. Digitaalisten kaksosten avulla organisaatiot voivat ennakoida mahdollisia pullonkauloja ja reagoida nopeammin muutoksiin. Lisäksi ne tukevat jatkuvaa parantamista reaaliaikaisen datan avulla, mikä auttaa ylläpitämään korkeaa laatutasoa ja tehokkuutta. (Soori ja muut, 2022.)

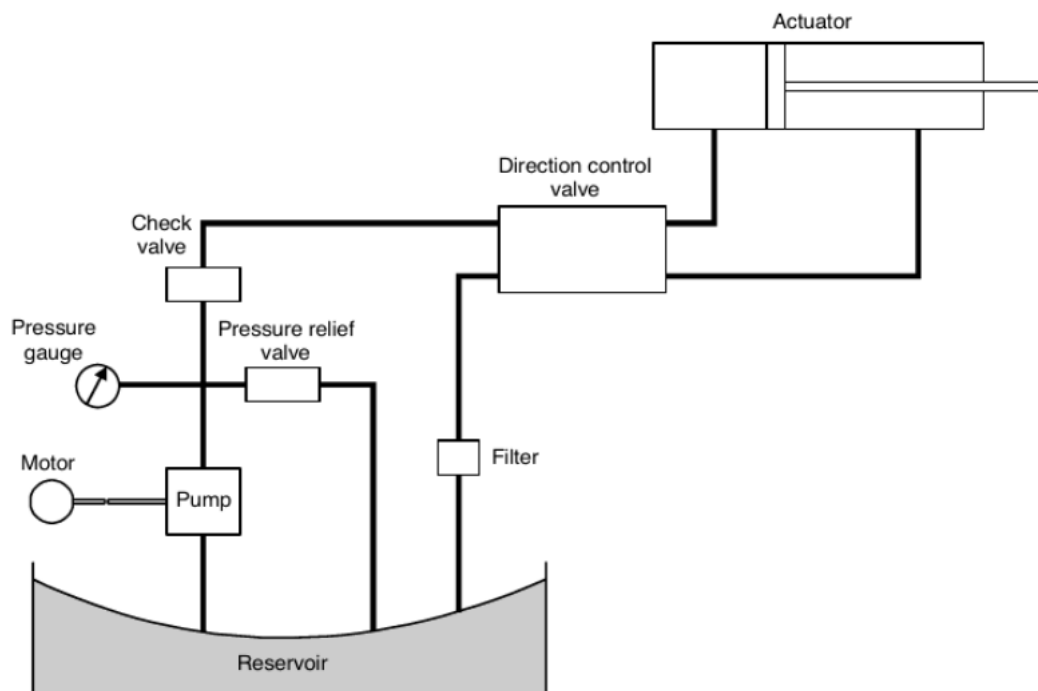
3 HYDRAULIIKKA

Hydrauliset laitteet luokitellaan kahteen eri osa-alueeseen, jotka ovat hydrodynaaminen ja hydrostaattinen. Yksinkertaisesti hydrodynamiikka on liikkuvan nesteen muuttamista mekaaniseksi energiaksi ja hydrostaattikka on paikallaan olevan paineistetun nesteen muuttamista mekaaniseksi energiaksi. Teollisissa hydraulikkajärjestelmä sovelluksissa hyödynnetään hydrostaattista energiaa, tätä osa-aluetta säätelee Pascalin hydrostaattinen laki jonka mukaan "säiliöön suljettuun nesteeseen (kuten kaasuun) ulkoapäin kohdistunut paine jakautuu yhtä voimakkaana koko nesteeseen.". (Doddannavar ja muut, 2005; Sten, 2024.)

Suljetuissa hydraulikkajärjestelmissä paineistetulla nesteellä ohjataan ja siirretään energiaa. Tätä kutsutaan nestetehoksi. Teollisuushydrauliikassa nesteenä käytetään öljyä tai nestettä, joka ei puristu kasaan. Puristamattoman nesteen tasaista hallittua voimaa voidaan käyttää erilaisen mekaanisten liikkeiden tuottamiseen hydraulikkassa. (Gupta ja muut, 2023.)

Nestetehon tuottama voima muuttuu liikkeeksi, kun esimerkiksi sylinterin männän tuottaman voiman ero on kokonaiskuorman ja kitkavoimien summaa suurempi. Nestevoimaa voidaan hyödyntää monissa eri sovelluksissa, esimerkiksi ajoneuvojen jarruissa, ohjauksessa, vaihteistoissa sekä laajasti erilaisissa työstökone, maanrakennus, elintarvike ja louhos koneissa. Nestetehto on helposti yhdistettävissä muihin teknologioihin erilaisia antureita, muuntimia ja mikroprosessoreita hyödyntämällä. (Gupta ja muut, 2023.)

Hydraulikkajärjestelmän peruskomponentteihin kuuluvat pumppu, jonka tehtävä on syöttää nestettä järjestelmään ja tuottaa liikettä toimilaitteisiin, ohjauslaitteet, joilla kontrolloidaan toimilaitteiden toimintaa, sekä toimilaitteet joita voi olla esimerkiksi sylinterit ja moottorit (Gupta ja muut, 2023). Kuvassa 2 on esitetty suljettu hydraulikkajärjestelmä peruskomponenteilla.



Kuva 2. Hydraulikkajärjestelmä peruskomponenteilla (Gupta ja muut, 2023, s. 37.)

3.1 Hydraulikkaneeste

Hydraulikkajärjestelmässä on tärkeää, minkä tyyppistä nestettä käytetään. Nesteen ominaisuuksilla vaikutetaan järjestelmän käyttöikään ja suorituskäyttöön, nesteen on oltava laadukasta ja puhdasta, jotta järjestelmä toimii vaatimallaan tehokkuudella. (Doddannavar ja muut, 2005.)

Nesteellä täytyy olla hyvät voitelu- ja kulutusominaisuudet, korroosiokesto ja soveltuva viskositeetti, näillä vaatimuksilla varmistetaan järjestelmässä syntyvän kitkan voitelu ja kitkalämmön väheneminen. (Gupta ja muut, 2023.)

Hydraulikkajärjestelmässä saattaa tapahtua suuria ongelmia ilman ja veden aiheuttamista tilanteista, tämän vuoksi nesteellä pitää olla hyvät

ominaisuudet käsitellä ilmaa sekä vettä. Hydrauliikkanesteet sisältävät perusöljyn sekä jonkin lisäaineen. Perusöljynä käytetään mineraaliöljyä, kasviöljyä tai synteettistä öljyä. Perusöljyyn lisätään lisäainetta, jonka ominaisuuksia voi olla esimerkiksi viskositeetti, korroosion estäminen, kulumisen vähentäminen, ilman ja veden erottelukyvyn parantaminen. Lisäaineilla saavutetaan haluttu ominaisuus tietylle käyttöalueelle. (FUCHS, n.d.)

3.2 Paine

Hydrauliikassa paine on mitattavista suureista yleisin. Paineen mittauksien avulla valvotaan laitteiden kuntoa, etsitään vikoja, testataan ja määritetään vaadittavat arvot. (FLUID Finland, 2004.)

Paine on voiman jakautumista pinta-alalle. Paine kasvaa, mitä enemmän voimaa keskittyy pinta-alalle, ja paine pienenee, mitä vähemmän voimaa keskittyy pinta-alalle. Toisin sanoen, voima ja pieni ala on suurempi paine, joten jos sama voima ja suurempi ala niin pienempi paine. (Langinkosken koulu, n.d.)

Hydrauliikkajärjestelmässä painetta syntyy, kun pumppu tuottaa laitteistoon tilavuusvirtausta, jota jollain tavalla vastustetaan. Esimerkiksi jos hydrauliikkasynterinin männänvarrelle kohdistuu kuormaa, niin se vastustaa pumpun tuottamaa tilavuusvirtaa, joka muodostaa järjestelmään paineen, joka on verrannollinen synteriniin kohdistuvaan kuormaan. (FLUID Finland, 2004.)

Maahan kohdistuvaa painetta sanotaan ilmakehän paineeksi, paineen mittausslaitteet mittaavat useasti ilmakehän paineen ja nesteiden välistä eroa, jota kutsutaan manometriseksi paineeksi (Doddannavar ja muut, 2005).

3.3 Tilavuusvirta

Hydrauliikassa nesteen liikettä kutsutaan tilavuusvirtaukseksi, se määrittää millä nopeudella energia siirtyy komponentteihin, esimerkiksi hydrauliikkasynteriin ja moottoreihin. Tilavuusvirran mittaamisessa käytetään yksikköä l/min, eli kuinka monta litraa virtaa minuutissa. (FLUID Finland, 2004.)

Hydrauliikkapumppu määrittää virtausnopeuden järjestelmässä, toimilaitteiden kuten sylinterien liikkeen nopeus vaihtelee pumpun tuottaman tilavuusvirran mukaan (Doddannavar ja muut, 2005). Tilavuusvirran mittaaminen on tärkeä komponenttien arvojen määrittämisessä, vuotojen ja virheellisten asetusten paljastamisessa sekä komponenttien valmistuksessa. Hydrauliikkajärjestelmissä on harvoin kiinteää virtausmittaria, painemittareita on yleensä useita. (FLUID Finland, 2004.)

4 OHJAUSVENTTIILIT

Hydrauliikkajärjestelmässä tarvitaan erilaisia ohjausventtiileitä paineen ja virtauksen ohjaamiseen. Venttiileillä voidaan esimerkiksi hidastaa virtausta, muuttaa paineen määrää tai vaihtaa nesteen suuntaa järjestelmässä.

Venttiilit voidaan luokitella toimintatavan ja sovelluksen mukaan, toimintatapaluokkia ovat manuaali-, sähkö-, sähkömagneetti- ja nesteohjatut venttiilit. Sovellusluokitteluja ovat puolestaan suunta-, virtauksen säätö-, paineensäätö- ja erikoisventtiilit. Venttiilejä on istukka ja luisti mallisia. (Gupta ja muut, 2023.)

4.1 Paineenrajoitusventtiili

Paineenrajoitusventtiili on tärkeä osa hydrauliikka järjestelmää, se määrittää järjestelmän maksipaineen. Maksimipaine määritellään tarvittavan maksimipaineen mukaan. Venttiili avautuu saavuttaessaan asetetun paineen ja vapauttaa virtauksen matalamman paineen osaan. (Lakeuden Hydro, n.d.)

Venttiilin tehtävänä on suojata järjestelmää ylipaineen aiheuttamilta vahingoilta. Paineenrajoitus venttiileitä käytetään laajasti myös muissa sovelluksissa suojaamaan laitteistoja, esimerkiksi polttoainejärjestelmissä, ydinreaktoreissa, höyryjärjestelmissä ja lämminvesijärjestelmissä. (The Lee Company, n.d.)

Paineenrajoitusventtiili avautuu, kun paine synnyttää tarpeeksi voimaa työntääkseen venttiilin istukan jousen kasaan. Toisissa venttiileissä on kiinteä avautumispaine, joka on määritelty sopivan jousen jännityksen mukaan. Sitten on säädettäviä venttiilimalleja, joiden avautumispainetta voidaan säätää matalammaksi tai korkeammaksi kiertämällä manuaalisesti ohjausruvia. Kyseisellä ruuvilla lisätään tai vähennetään

jousen jännitystasoa, joka säätää avautumispainetta. (RS Components, 2023.)

4.2 Proportionaaliventtiili

Proportionaaliventtiiliventtiili, jonka karaa voidaan ohjata sähköisen signaalin avulla portaattomasti mihin tahansa kohtaan. Sähköinen tulosignaali voi olla analoginen tai digitaalinen, sillä voidaan määrittää esimerkiksi, paljonko painetta jollekin toimilaitteelle menee. (FluidPower.Pro, n.d.)

Proportionaaliventtiileitä hyödynnetään hydraulikkajärjestelmissä toimilaitteiden paineen tai virtauksen säätöön. Paine tai virtaus, joka tulee venttiilistä ulos, on suorassa suhteessa sisään tulevaan paine- tai virtaus-arvoon. Esimerkiksi jos tuleva virtaus nousee kolminkertaiseksi, ulostulevakin arvo kolminkertaistuu. (Valmet, 2021.)

4.3 Suuntaventtiili

Suuntaventtiileitä käytetään hydraulikkajärjestelmässä ohjaamaan toimilaitteiden liikesuuntaa tai pysäyttämään sitä. Suuntaventtiileitä voidaan ohjata käsivivulla mekaanisesti, hydraulisella ohjauspaineella tai magneettikelojen voimalla. Magneetti käyttöisten liukukara venttiileiden lisäksi, yleisiä tyyppejä ovat Poppet-tiivistetyt venttiilit, joissa tiivistys on toteutettu kartiomaisella tai vastaavan sulkupinnan avulla, sekä pillottipainehjatut venttiilit, jotka on suunniteltu suurille virtausnopeuksille. (Argo-Hytos, n.d.; Finotek Machinery, 2016.)

Hydraulikkajärjestelmään valitaan suuntaventtiili käsittelemään järjestelmän painetta, suuntaventtiilillä voidaan sulkea ja avata virtauksen kulku täysin, tai säätelällä sitä portaattomasti proportionaalisen

magneettikelan voimalla. Näin saadaan ohjattua esimerkiksi hydraulisylinterin liikettä sovelluksen tarpeen mukaan. (Gupta ja muut, 2023.)

Bonnette (2020) käyttää tekstissään esimerkkinä tavallista vesihanaa, joka on hyvä esimerkki yksinkertaisesta 2-tieventtiilistä, venttiilillä avataan ja suljetaan virtauksen kulkua manuaalisesti.

5 ANTURIT

Anturi on laite, joka havaitsee mitattavan kohteen tilan tai signaalin, anturi voi havaita kemiallisia yhdisteitä. Anturista saadaan signaalia, jolla mitataan esimerkiksi, painetta, virtausta, lämpötilaa, voimaa, sijaintia. Näiden signaalien avulla saadaan yhdistettyä fyysiset sovellukset elektronisiin sovelluksiin, tällä tavoin saadaan syntymään manuaalisesta automatisoitu laitteisto. (Gupta ja muut, 2023.)

Anturit luokitellaan kahteen luokkaan, analogiset ja digitaaliset anturit. Analogisilla antureilla mitataan fyysisiä ominaisuuksia, esimerkiksi painetta ja lämpötilaa, kun taas digitaalinen anturi mittaa fyysisen suureen ja muuttaa sen digitaaliseksi signaaliksi. (CFSensor, 2023.)

5.1 Paineanturi

Paineanturi muuttaa järjestelmän paineen analogiseksi tai digitaliseksi signaaliksi. Paineantureita on montaa erilaista tyyppiä, yleisimpiä ovat kalvoanturit, venymämittarianturit ja puolijohdeanturit. Kalvoanturi mittaa paineen, järjestelmän paineen aiheuttaman kalvon muodon muutoksesta. Myös venymämittarianturissa paine muuttaa kalvon fyysistä muotoa, mutta arvo saadaan kalvoon kiinnitetyn venymäanturin muutoksesta. Venymämittarianturissa on korkeampi tarkkuus kuin kalvoanturissa. Mikäli tarvitaan erittäin korkeaa tarkkuuta, valitaan puolijohdeanturi. Puolijohdeanturissa ei ole fyysistä kalvoa, vaan se muuttaa mekaanisen voiman sähköiseksi signaaliksi, sähköisen varauksen tai resistanssin muutoksesta. (Gupta ja muut, 2023; Smoot, 2023.)

5.2 Tilavuusvirtalähetin

Virtauksen mittaaminen on tärkeää erilaisissa teollisissa sovelluksissa. Joissakin tapauksissa virtausmittauksen tekemättä jättäminen tai epä-

tarkkuus saattavat saada aikaan jopa tuhoisia seurauksia. Tyypillisimmät virtausmittarimallit ovat turbiini- tai siipipyörämittarit, magneettiset virtausmittarit sekä ultraäänivirtausmittarit. Turbiinimittarissa on roottori, joka pyörii virtauksen mukana. Siitä saadaan mitattua virtausnopeus, turbiinimittarit ovat tarkkoja ja yleisiä hydraulisissa sovelluksissa. Magneettisessa virtausmittarissa ei ole liikkuvia osia, vaan arvot mitataan sähkökentän muutoksesta johtavissa nesteissä, nämä kestävät kulutusta koska ne eivät sisällä liikkuvia osia. Ultraäänivirtausmittareissa hyödynnetään ääniaaltoja virtaaman määrittämiseen. Ne sopivat käytettäviksi sovelluksissa, joissa on puhdasta ja ilmakuplatonta nestettä. (Dwyer Instruments, n.d.; Hydac, n.d.)

6 AUTOMAATIO

Automaatio on prosessi, jossa on vähän tai ei ole lainkaan ihmistyövoimaa. Se tuotetaan laitteilla, jotka suorittavat tai ohjaavat valmistusprojehtin. Automaatio saavuttaa täyden merkityksensä, kun käytetään erilaisia laitteita, antureita, toimilaitteita ja tekniikoita, jotka pystyvät tarkkailemaan ja ohjaamaan valmistusprosessin etenemistä sekä toimintaa. (Dodd, 2023; Gupta ja muut, 2023.)

Automaatio ja mekanisointi sekoitetaan keskenään silloin tällöin. Mielestäni Gupta ja muut (2023, s. 4) kiteyttävät tämän esimerkissään hyvin: "Mekanisointi syrjäyttää fyysisen työn, kun taas automaatio syrjäyttää henkisen työn."

Voidaan sanoa, että automatisointi on seuraava askel mekanisoinnille eli koneellistamiselle, jolloin tuodaan koneita tai laitteita työntekijän rinnalle auttamaan heitä työssään. Yksi selkeimmin teollisuudessa tällä hetkellä näkyvimpiä automatisointeja on teollisuusrobotit, joilla on korvattu tai avustettu ihmistyövoimaa. (Dodd, 2023; Gupta ja muut, 2023.)

7 OHJELMOITAVA LOGIIKKAOHJAIN (PLC)

Ohjelmoitava logiikkaohjain (PLC) on mikroprosessoripohjainen ohjausjärjestelmä, joka käyttää ohjelmoitavaa muistia suorittaakseen toimintoja kuten logiikkaa, sekvenssejä, ajoituksia, laskentaa ja aritmeettisia toimintoja koneiden ja prosessien hallitsemiseksi. Se on suunniteltu erityisesti insinööreille, joilla ei välttämättä ole syvällistä tietämystä tietokoneiden ohjelmointikielistä. Ohjelmoitava logiikkaohjain mahdollistaa ohjelmien määrittämisen yksinkertaisella ja intuitiivisella kielellä ilman erityistä ohjelmointikokemusta.

Logiikkaohjaimen käyttöönottoaminen ei vaadi edistyneitä ohjelmointitaitoja, sillä sen ohjelmointi keskittyy erityisesti kytkentä- ja loogisten toimintojen toteuttamiseen. Esimerkiksi voidaan määrittää toimintoja, kuten jos A tai B aktivoituu, kytke C päälle tai jos A ja B aktivoituvat samanaikaisesti, kytke D päälle. Tällä tavoin ohjelma syötetään logiikkaohjaimen muistiin, ja ohjain valvoo sitten syötteitä ja lähtöjä ohjelman määräämällä tavalla.

Logiikkaohjaimen liitetään erilaisia antureita ja kytkimiä, sekä ohjattavan järjestelmän lähtölaitteita, kuten moottoreita ja venttiilejä. Tämä mahdollistaa monimutkaisten ohjausjärjestelmien toteuttamisen yksinkertaisella ja tehokkaalla tavalla ilman, että ohjelmoijalla tarvitsee olla syvällistä tietoa tietokoneohjelmoinnista.

Yksi logiikkaohjaimen suurista eduista on joustavuus, samaa perusohjainta voidaan käyttää monenlaisten ohjausjärjestelmien kanssa pelkäämättä syöttämällä uudet käskyt ilman, että johdotuksia tarvitsee muuttaa. Tämä tekee ohjelmoitavasta logiikkaohjaimesta kustannustehokkaan ja joustavan ratkaisun, jota voidaan soveltaa laajasti erilaisten järjestelmien tarpeisiin riippumatta niiden luonteesta tai monimutkaisuudesta. Vaikka logiikkaohjaimet muistuttavat tietokoneita, eroavat ne tie-

tokoneista siten, että tietokoneet on optimoitu laskenta- ja näyttötehtäviin, kun taas logiikkaohjaimet on suunniteltu erityisesti ohjaus- ja teollisuusympäristöjen tarpeisiin. (Bolton, 2006; Gupta ja muut, 2023.)

8 TEOLLISUUSROBOTTI

Teollisuusrobotit ovat kehittyneitä automaatiolaitteita, joita ohjataan tietokoneilla. Ne suorittavat monia tehtäviä teollisissa järjestelmissä ja osallistuvat täysautomaatioon. Japanilaiset ovat määritelleet teollisuusrobotit neljälle tasolle, jotka ovat manuaaliset manipulaattorit, toistavat robotit, NC-robotit ja älykkäät robotit, jotka tunnistavat ympäristönsä. (Gupta ja muut, 2023.)

Robotit ja nosturit ovat suunnittelultaan ja toiminnaltaan samankaltaisia. Molemmissa on liitoksia, ja liikkeitä ohjataan toimilaitteilla. Ero on siinä, että nosturissa ihminen ohjaa toimilaitteita, kun taas robotin liikkeitä ohjataan ohjelmoitavalla ohjelmalla. Tämä mahdollistaa robotin monipuolisemman toiminnan, sillä ohjelmointi voidaan muuttaa tehtävän mukaan ilman, että fyysisiä muutoksia laitteessa tarvitaan. (Gupta ja muut, 2023.)

Nykyään robotteja käytetään laajalti teollisuudessa, erityisesti autoteollisuudessa, jossa niitä käytetään korvaamaan erilaisia ihmisen tekemiä toistuvia työtehtäviä, kuten hitsauksessa, komponenttien siirroissa ja aihoiden syötössä koneistukseen. Roboteilla saadaan korvattua tuotannossa rutiinitehtäviä, jotka vaativat tarkkuutta ja tasaista hyvää laatua. (Kokko, 2023.)

Robottiikka kattaa laajan alueen, ja robotteja integroidaan osaksi suurempia kokonaisuuksia, jotka suorittavat monimutkaisia tehtäviä prosessissa. Teollisuusrobotit eivät ole yleiskäyttöisiä; niiden käyttö vaatii tarkkaa suunnittelua ja ohjelmointia, jotta haluttu tehtävä voidaan toteuttaa suunnitellulla tavalla. (Kokko, 2023.)

Yhteistoiminta robotit eli kollaboratiiviset robotit, joita kutsutaan coboteiksi tai koboteiksi, on tehty toimimaan tuotannon tehtävissä yhteistyössä ihmisen kanssa. Yhteistoimintarobotit pysähtyvät tai väistävät ihmistä toiminta-alueellaan, minkä vuoksi ne ovat turvallisempia kuin

teollisuusrobotit. Kobotit ovat puolestaan suhteellisen helppoja ohjelmoitavia, ja sovellettavissa erilaisiin tuotannon tehtäviin. (Kokko, 2023.)

9 NYKYTILAN KARTOITUS JA ANALYSOINTI

Nykytilanteen kartoitus aloitettiin tutustumalla koeajettavaan tuotteeseen, joka oli paineenrajoitusventtiili. Paineenrajoitusventtiilit kokoonpannaan tietyllä esiasetetulla avautumispaineella, malleja on viidellä eri painearvolla. Tuotteeseen tutustuminen avasi koeajon merkityksellisyttä; prosessi on erittäin tärkeä laadun varmistamiseksi. Kuvassa 3 on esitetty koeajettava paineenrajoitusventtiili.

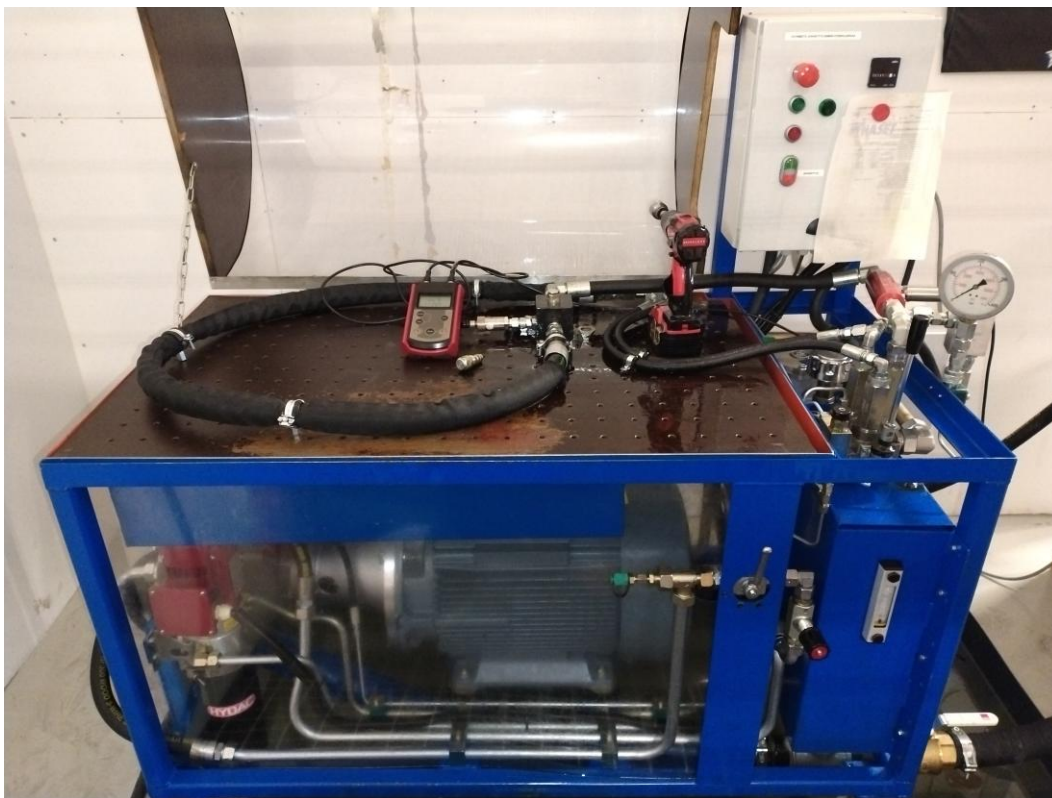


Kuva 3. Paineenrajoitusventtiili (ST-Koneistus, 2025).

Tuotteeseen perehtymisen jälkeen tutustuttiin yrityksen tietokannasta sekä tuotannonohjausjärjestelmästä löytyviin materiaaleihin. Tietokannasta saatiin tietoa projektin suunnittelu vaiheen aikamittauksia, joita on käytetty tuotteen kokonaiskustannuksien määrittämiseen. Tuotannonohjausjärjestelmässä tutkittiin työvaiheen aloitus ja lopetus kirjauksista tallentunutta ajallista materiaalia. Tiedot olivat kuitenkin hieman epäluotettavia johtuen tuotannonohjauksen vaihdoksesta sekä prosessiin lennosta tehdyistä muutoksista. Materiaaleista sai kuitenkin paljon suuntaa antavaa tilastoa työtä varten.

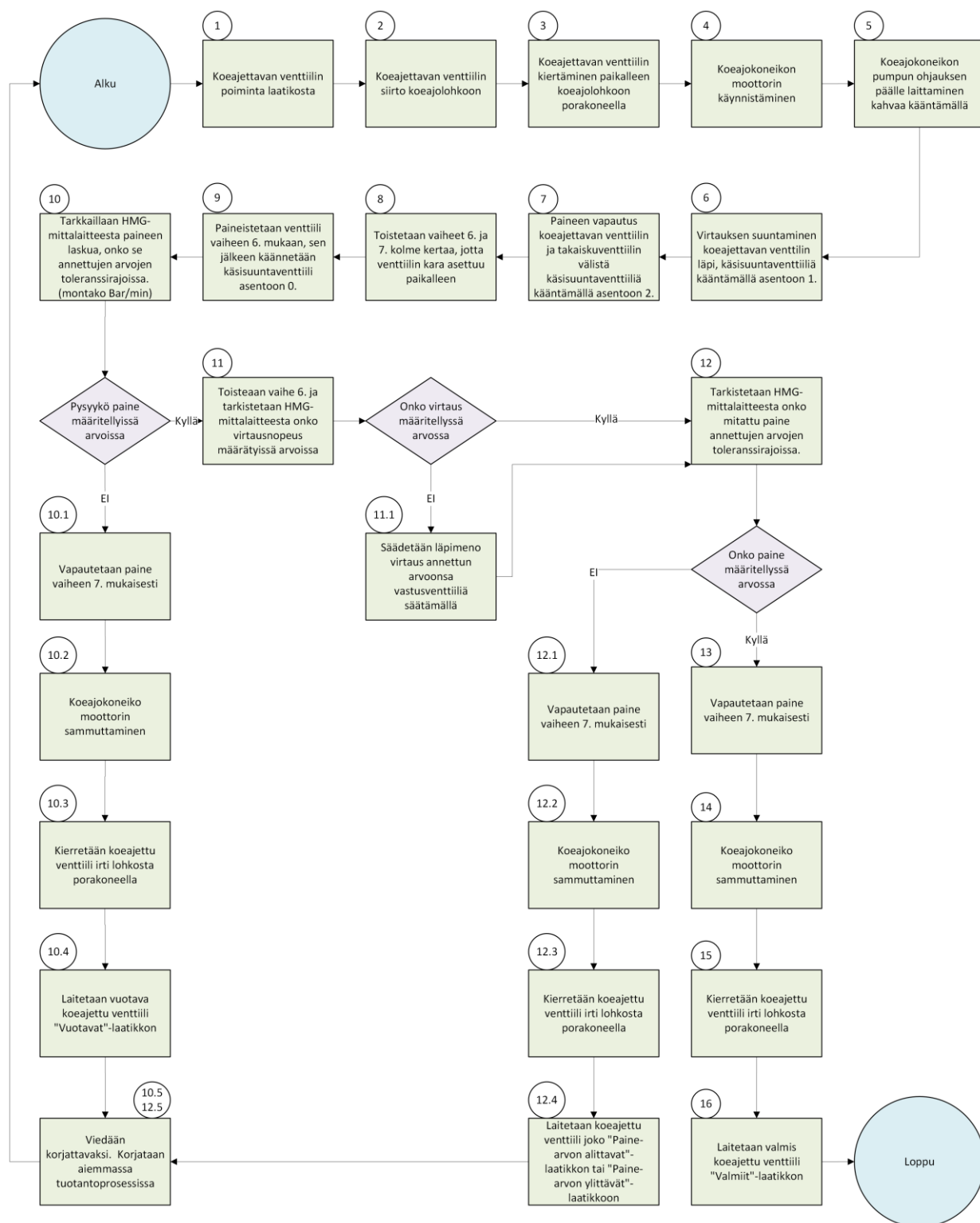
Materiaalien kartoituksen jälkeen siirryttiin tutustumaan itse koeajoprosessiin. Se toteutettiin yhdessä tuotannon työntekijöiden kanssa, vaihe vaiheelta. Jokaisesta vaiheesta kerättiin havainnot, aikamittaukset ja

fyysiset liikkeet. Työntekijähaastatteluilla koottiin toiminnallista tietoa koeajoprosessin vaiheista. Tästä saatiin paljon kokemuseräistä tietoa kerättyä. Kuvassa 4 on koeajokoneikko.



Kuva 4. Koeajokoneikko (ST-Koneistus, 2025).

Kartoituksen tiedoilla saatiin tarpeeksi materiaalia prosessista ja sen sisällöstä, tämän myötä oli mahdollista aloittaa prosessikaavion luominen. Prosessikaaviota tehdessä kiinnitettiin huomiota mahdollisiin epäkohtiin, pullonkauloihin ja tehokkuuden optimointia vaativiin kohtiin. Huolellisesti kerätyillä esitiedoilla saatiin luotua yksityiskohtainen prosessikaavio, ilman merkittäviä ongelmia. Kuvassa 5 on esitetty koeajoprosessikaavio.



Kuva 5. Prosessikaavio.

Nykytilan kartoituksessa huomattiin prosessin suurena pullonkaulana vaiheiden 10 ja 12 mahdolliset korjaukseen palautettavat venttiilit,

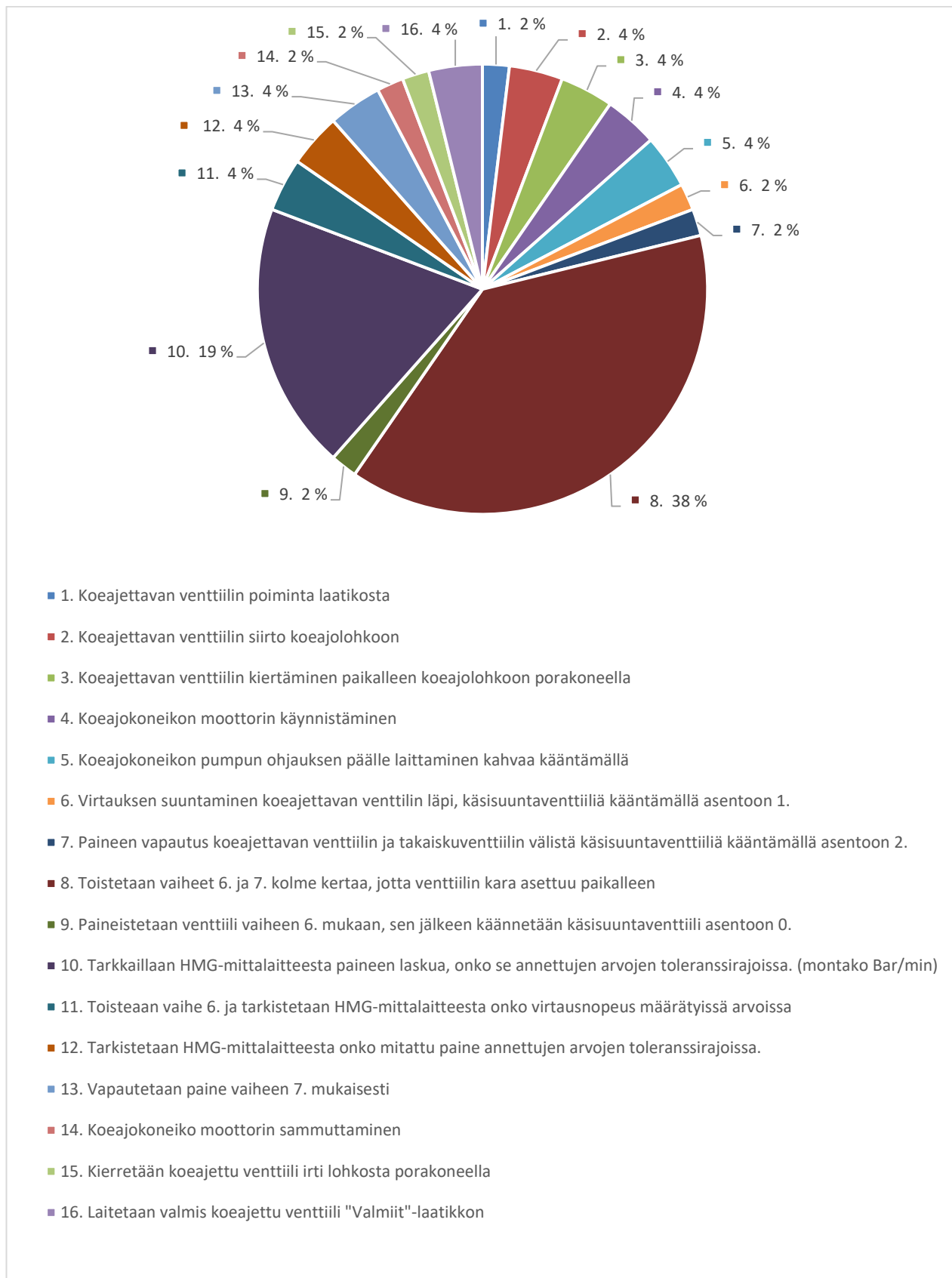
mutta tässä työssä keskityttiin annettujen laatukriteerien täyttävien venttiilien läpimenoprosessin kehittämiseen, koska korjattavien venttiilien ongelmakohtien vähentäminen vaatii edellisen tuotantoprosessin vaiheen kehittämistä. Koeajoprosessin vaiheet on merkittyinä numeroin kuvassa 5.

Koeajoprosessi sisältää nykytilassaan ainoastaan manuaalisesti tehtäviä vaiheita ja paljon fyysisiä siirtoja. Näistä syntyy epämukavia työasentoja ja kiertoliikkeitä, jotka rasittavat työntekijää henkisesti sekä fyysisesti.

Venttiilien laadulliset mittaukset, joita koeajon aikana suoritetaan vaiheissa 10,11 ja 12, tapahtuvat työntekijän havainnoilla ja ovat heidän arvioiden varassa. Näissä vaiheissa on suuri riski laadullisiin heittelyihin, koska venttiileitä tehdään suurissa tuotantosarjoissa. Sen myötä arvojen heittelyihin vaikuttaa ajallinen henkinen kuormitus ja toistettavuuden aiheuttama keskittymisen heikkeneminen.

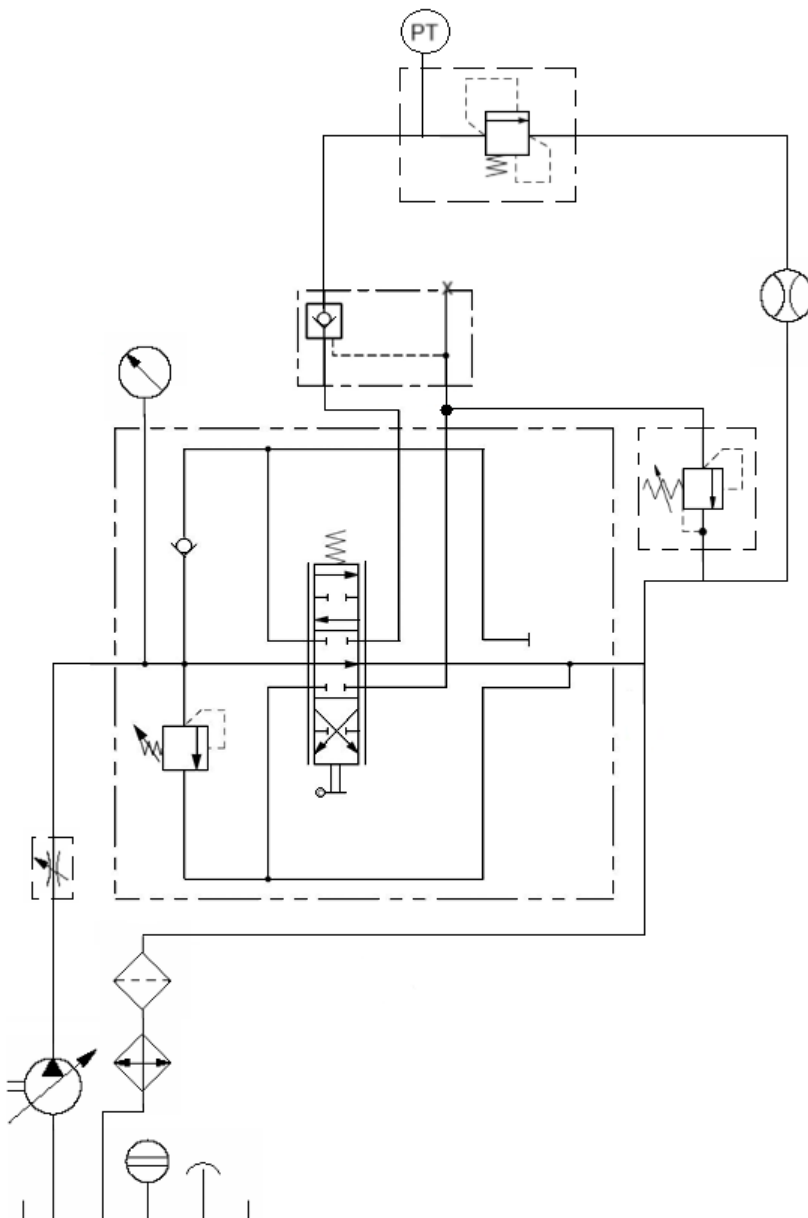
Edellä mainitut ongelmat vaikuttavat suoraan prosessin tehokkuuteen ja laatuun, minkä vuoksi ne tarvitsevat parannustoimenpiteitä, kuten automatisointia. Ajallisesti prosessi on hyvin lyhyt, mutta työntekijän huolimattomuuksista tai keskittymisen herpaantumisesta johtuvat ylimääräiset syklit voivat vaikuttaa oleellisesti koko sarjan läpimeno aikaan. Kuvassa 6 on kuvattu vaiheiden ajallinen jakauma.

Kartoituksessa otettiin huomioon myös työskentelyn aikainen melutaso, joka kohosi noin 80desibeliin. Kun melu nousee lähelle valtioneuvoston (2006) meluasetuksen 85/2006 ylempää toiminta-arvoa, joka on 85desibeliä, on prosessin kehittämisessä syytä ottaa tämä huomioon melun vähentämiseksi.



Kuva 6. Prosessin vaiheiden ajallinen jakauma.

Koeajoasetelmasta ja -koneikosta otettiin ylös nykyhetken komponentit, joiden pohjalta saatiin luotua hydraulikaavio koneikosta. Tämä auttoi ymmärtämään selkeämmin prosessin toimintoja sekä antoi työkalun kehitysehdotuksia varten. Kuvassa 7 on kuvattu hydraulikaavio koneikosta ja koeajoasetelmasta, symbolien nimitykset on selitetty liitteessä 1.



Kuva 7. Hydraulikaavio koneikosta ja koeajoasetelmasta nykytilassa.

10 KEHITYSEHDOTUKSET

Kuten nykytilan kartoituksessa huomiottiin, prosessista löytyi kehittämisen tarvetta manuaalisien toimintojen, työn fyysisen ja henkisen rasituksen vähentämiseen sekä laadulliseen parantamiseen.

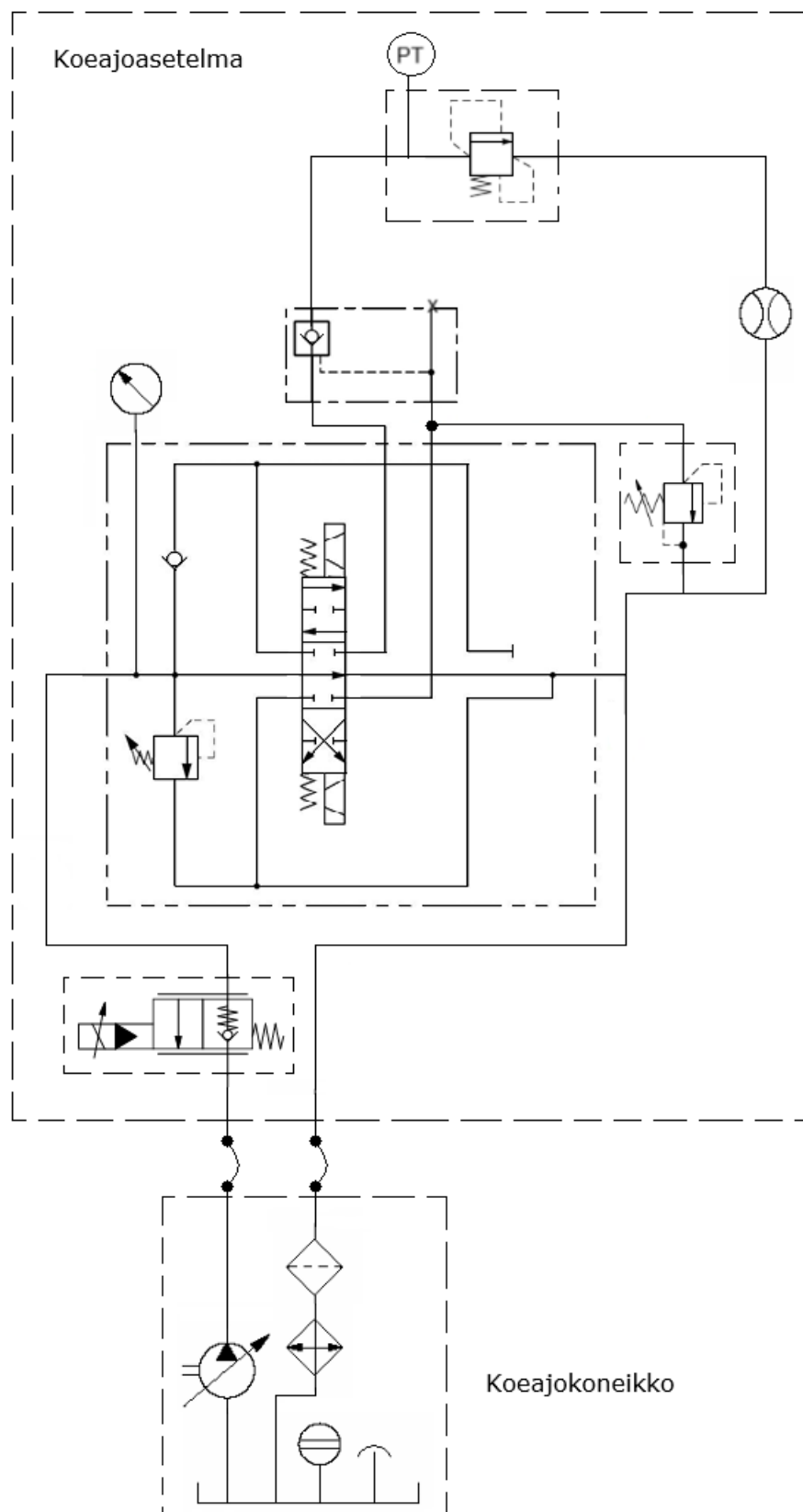
Ongelmakohdat osoittivat, että prosessin automatisoinnilla saadaan vähennettyä huomattavasti työntekijän kuormaa ja parannettua laatua. Läpimenoajan heittelyt poistuisivat lähes kokonaan, jonka myötä kokonaisaikaa saataisiin lyhennettyä ja tuotantokustannuksia pienennettyä.

10.1 Automatisointi

Prosessin automatisointi vaatii manuaalikäyttöisten komponenttien korvaamista sähköisesti ohjattavilla malleilla, jotta niitä saadaan ohjattua ohjelmoitavalla logiikka ohjaimella. Näitä ovat 6/3 käsisuuntaventtiili ja vastusventtiili. Käsisuuntaventtiili on hyvä korvata vastaavalla tuotteella mutta magneettikelaohjauksella, koska venttiilityyppi on toiminut hyvin asetelmassa. Vastusventtiili korvataan proportionaaliohjatulla vastusventtiilillä.

Vaihtoehtoinen magneettikelaohjattu venttiili käsisuuntaventtiilin tilalle voisi olla koodilla Q45/1E-F1SR-1X103/A1/D41-F3D, joka täyttää virtaus- ja painevaatimukset. Venttiili on valittu valmistajan datalehden mukaan. (Walvoil, n.d.)

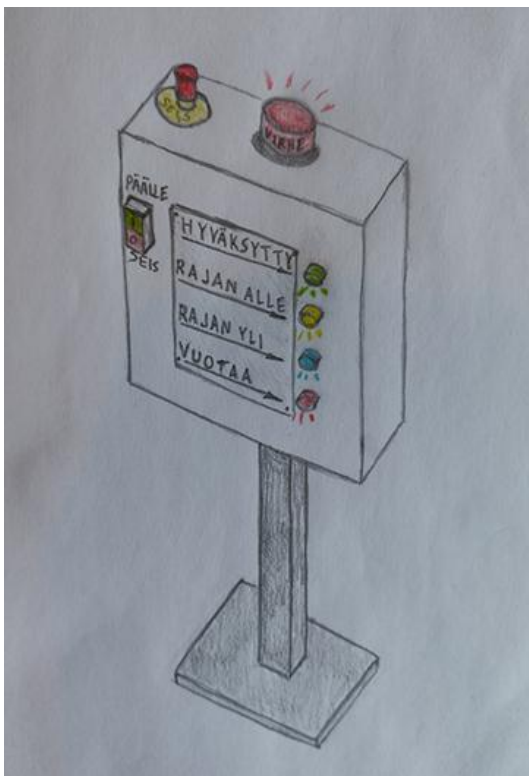
Vastusventtiilin tilalle voisi vaihtaa PWS08Z-01-C-N-20-12PG-4.1 proportionaali ohjatun venttiilin, joka on valittu valmistajan valikoimasta. (Hydac, n.d.) Kuvassa 8 on esitetty hydraulikaavio ehdotetusta koeajoasetelman venttiilien muutoksesta.



Kuva 8. Hydraulikaavio muutoksesta.

10.2 Logiikka ja ohjaus

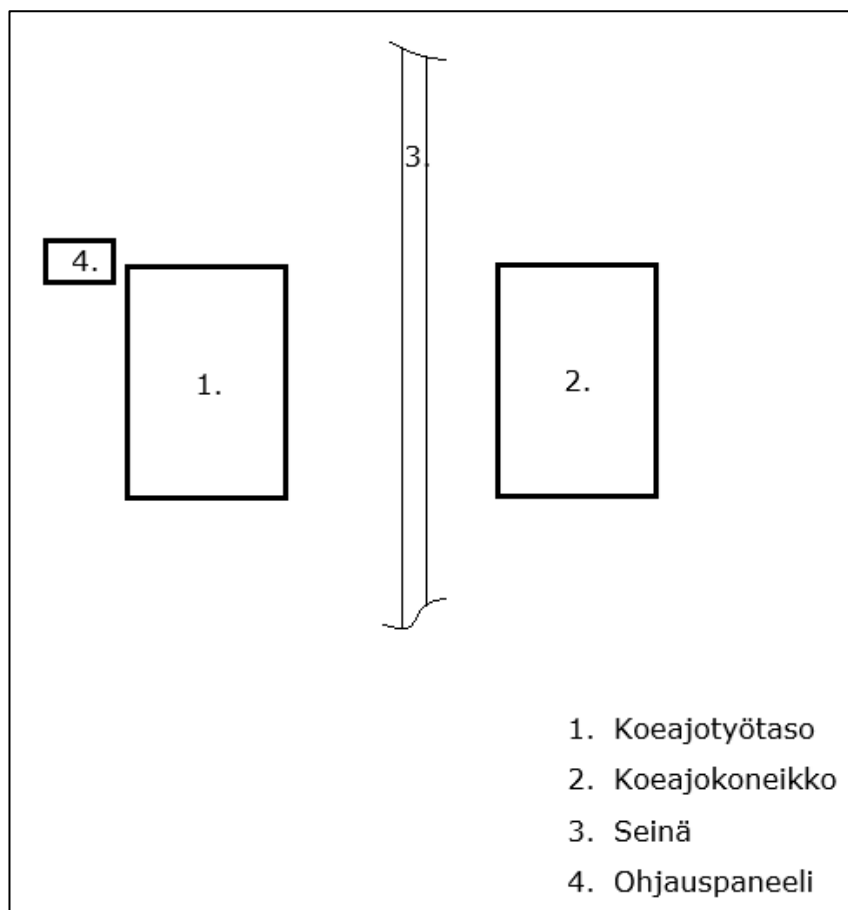
Ohjelmoitava logiikkaohjain ja sen vaatimat komponentit vaativat oman asennuskotelon, koska koneikon tämänhetkisessä kotelossa ei ole vaa-
dittavaa tilaa. Ohjelmointiin voidaan hyödyntää kuvassa 5 esitettyä pro-
sessikaaviota, jossa työkierto on valmiiksi havainnollistettuna. Koneen-
käyttäjälle olisi hyvä tehdä erillinen ohjauspaneeli, josta koeajo suori-
tettaisiin. Paneeliin voisi sijoittaa myös tarvittavat indikaattorit ilmoitta-
maan koeajettavan venttiilin tilaa. Indikaattorit ohjauspaneelissa voisi-
vat olla toteutettu erivärisin valoin, joilla ilmoitettaisiin, onko koeajet-
tava venttiili läpäissyt testin tai minkä määrittelyn vuoksi venttiili ei lä-
päissyt testiä. Venttiilit voisi lajitella joko valmiit, vuotavat, raja-arvon
ylittävät tai raja-arvon alittavat laatikkoon. Kuvassa 9 on luonnos oh-
jauspaneelista.



Kuva 9. Luonnos ohjauspaneelista.

10.3 Työpisteen sijoittelu

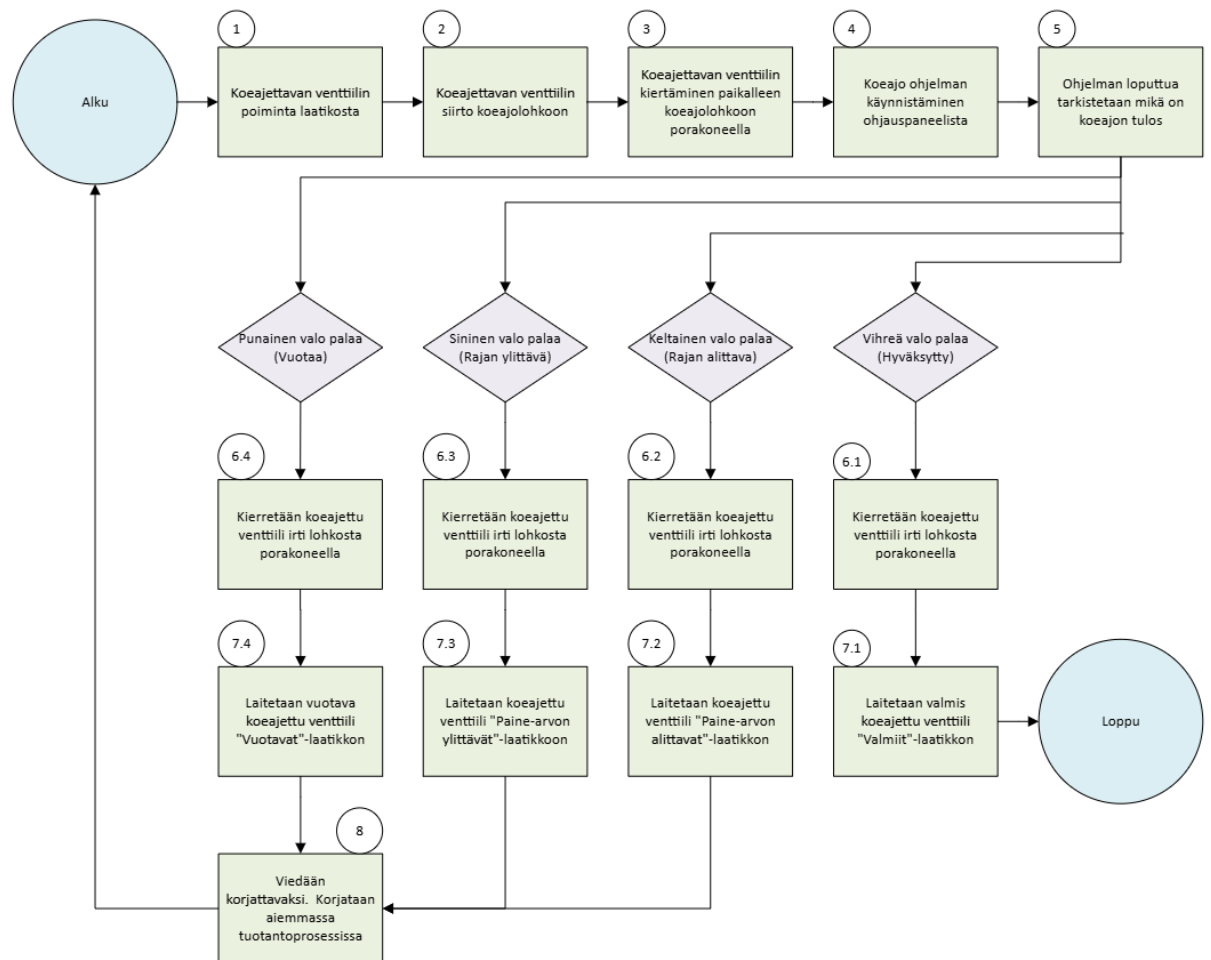
Koska koeajokoneikko ja koeajotyötaso on nykytilassa samassa kokonaisuudessa, olisi tärkeää kovan melun vuoksi siirtää ne erilleen. Koneikko voisi jäädä nykyiseen muotoonsa, mutta koeajotyötaso voisi olla erillään. Se olisi hyvä sijoittaa eri puolelle seinää kuin koneikko, jolloin saadaan työskentelyn aikaista melua vähennettyä. Koneikon ja koeajotyötason väliset putket ja kaapeloinnit vaativat läpiviennit seinään. Tähän voisi hyödyntää yrityksen työstökoneita läpivientien valmistamiseen. Luonnos koeajokoneikon ja koeajotyötason sijoittelusta on kuvassa 10.



Kuva 10. Luonnos koeajokoneikon ja koeajotyötason sijoittelusta.

10.4 Prosessin vaiheistus

Edellisessä luvussa kirjoitettujen kehitysideoiden pohjalta luotiin uusi prosessikaavio, joka havainnollistaa hyvin, kuinka paljon fyysiset vaiheet vähenivät. Prosessikaavio muutosten jälkeen on esitettyä kuvassa 11.

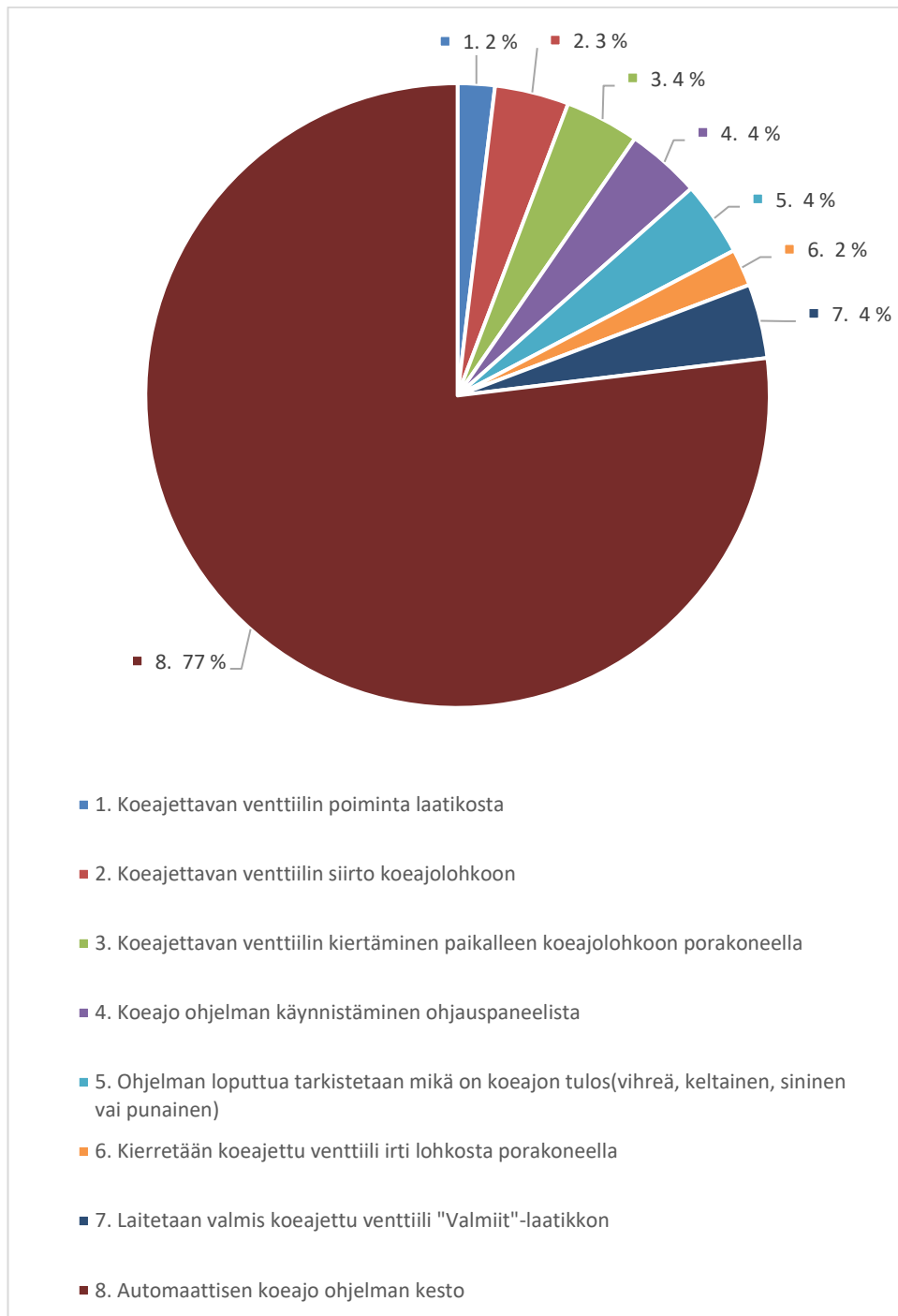


Kuva 11. Prosessikaavio muutoksen jälkeen.

10.5 Ajallinen jakauma

Automatisoinnin jälkeen prosessin suurin kesto sijoittuu koneen automaattiseen ohjelmaan, joka on peräti 77 % kokonaisajasta. Sen takia

manuaalisesti, fyysisesti ja visuaalisesti tehtävää työtä saadaan vähennettyä nykyisestä huomattavasti. Kuvassa 12 on esitetty prosessin vaiheiden ajallinen jakauma muutoksen jälkeen.



Kuva 12. Prosessin vaiheiden ajallinen jakauma muutoksen jälkeen.

11 JATKOKEHITYSIDEOITA

Koeajoprosessia on mahdollista vielä kehittää entisestään, ja loputkin prosessin vaiheet ovat automatisoitavissa. Koeajolohko, johon paineenrajoitusventtiili asennetaan, voisi olla ilman kierteitä, jotta venttiilin voisi painaa paikalleen ja lukita esimerkiksi hydraulisynterillä.

Tämän jälkeen olisi mahdollista tehdä kaikki prosessin vaiheet teollisuusrobotin avulla. Robotti voisi noukkia venttiilin ja asettaa sen koeajolohkoon sekä ajaa koeajon läpi, minkä jälkeen robotti voisi esimerkiksi pakata tuotteet toimitusvalmiiksi.

Mikäli päädyttäisiin kehittämään koeajoprosessia robotille, olisi tätä ennen hyvä kehittää aiempaa tuotannon vaihetta, jossa kokoonpannaan paineenrajoitusventtiilit. Nykytilan kartoituksessa havaittiin kokoonpanovaiheessa ongelmakohtia, jotka vaikuttavat prosessin suorituskykyyn negatiivisesti. Sen takia kehittäminen olisi perusteltua. Kokoonpanovaiheen kehittämisen myötä teollisuusrobotin lisääminen olisi perusteltua, koska molemmat tuotannon vaiheet voisi yhdistää robotin tehtäväksi.

12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda esiin prosessin ongelmakohtia, joita parantamalla saataisiin parannettua tuotteen laatua sekä vähennettyä työntekijän kuormitusta. Työn odotuksena oli, että prosessista saataisiin mahdollisesti myös nopeampaa, mutta aikamittauksissa huomattiin vaiheiden olevan todella lyhyitä. Kuitenkin, kun arvioidaan automatisoinnin tuomaa tarkkuutta visuaalisten ja manuaalisten vaiheiden tilalle, voidaan ajatella, että tämän myötä ajallista säästöä tulee varmasti vuosi tuotantoajassa ihan mukavastikin.

Luvun 10 kehitysehdotuksista ilmenee, että prosessin automatisoinnilla saadaan huomattavia parannuksia läpimenoon melko pienillä investoinneilla, eikä muutostyö aiheuta kovin suurta viivettä tuotantoon.

Työn edetessä löydettiin myös paljon hyviä kehitysehdotuksia tavoiteltuihin tavoitteisiin, kuten työn mielekkyyteen ja työntekijän kuormituksen vähentämiseen. Näitä olivat melun vähentäminen huomattavasti, työpisteen ja koneikon sijoittelulla sekä työntekijän fyysisten liikkeiden väheneminen automatisoinnin takia.

Lisäksi työn aikana tulleiden huomioiden pohjalta löydettiin paljon arvokkaita jatkokehitysehdotuksia, joita on esitetty luvussa 11. Näiden avulla saadaan mahdollisesti jatkossa tuotettua tarvittavia kehitystoimia tuotantoon.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyössä onnistuttiin saamaan tarvittavat kehitysehdotukset toimeksiantajan tarpeisiin sekä tarvittavat tavoitteet saatiin täytettyä.

LÄHTEET

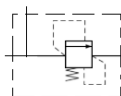
- Adithan, M. (2007). *Process Planning and Cost Estimation*. New Age International Ltd. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vamklibrary-ebooks/detail.action?docID=424107>
- Argo-Hytos. (n.d.). *Directional Control Valves*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.argo-hytos.com/products/valves/directional-control-valves.html>
- Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. Elsevier Science & Technology. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vamklibrary-ebooks/detail.action?docID=269812>
- Bonnette, R. (2020). *Hydraulic Directional Control Valves Explained*. Pneumatic and Hydraulic Company, LLC. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://pneumaticandhydraulic.com/hydraulic-directional-control-valves-explained/>
- CFSensor. (2023). *What's the Difference Between Analog Sensor and Digital Sensor?* Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://cfsensor.com/difference-between-analog-sensor-and-digital-sensor/>
- Dodd, P. (2023). *Mitä on teollisuusautomaatio?* Fiberroad Technology Co., Ltd. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://fiberroad.com/fi/resources/new-trends/what-is-industrial-automation-a-comprehensive-overview/>
- Doddannavar, R. & Barnard, A. (2005). *Practical Hydraulic Systems: Operation and Troubleshooting for Engineers and Technicians*. Elsevier Science & Technology. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vamklibrary-ebooks/detail.action?docID=234940>
- Dwyer Instruments. (n.d.). *An Introduction to Flow Meters*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.dwyeromega.com/en-us/resources/flow-meters>

- Dwyer Instruments. (n.d.). *Types of Flow Meters for Different Applications*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.dwyeromega.com/en-us/resources/flow-meter-types>
- Finotek Machinery. (2016). *Mitä ovat hydrauliset patruunaventtiilit*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://fi.finotek.com/what-are-hydraulic-cartridge-valves/>
- FLUID Finland. (2004). *Hydrauliikan mittauksia, Paineen ja tilavuusvirran mittaus*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.salhydro.fi/files/PDF/5.hydrauliikan-mittauksia.pdf>
- FluidPower.Pro. (n.d.). *What is a proportional control valve?* Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://fluidpower.pro/what-is-a-proportional-control-valve/>
- FUCHS. (n.d.). *Hydrauliikkanesteistä ja niiden eri tyypeistä*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.fuchs.com/fi/fi/tuotteet/tuoteohjelma/hydrauliikkanesteet/hydrauliikkanesteista-ja-niiden-eri-tyypeista/>
- Gupta, A.K., Arora, S.K. & Westcott, J.R. (2023). *Industrial Automation and Robotics*. Mercury Learning & Information. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vamklibrary-ebooks/detail.action?docID=30960976>
- Hydac. (n.d.). *Flow rate transmitter, EVS 3100*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta https://www.hydac.com/shop/media/catalog/crossbase/PRD_DOC_PRO/PRD_DOC_PRO_18331-00001_SEN_AIN_V3.pdf
- Hydac. (n.d.). *Proportional flow throttle valve, PWS08Z-01*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.hydac.com/shop/en-ae/3486896>
- Jyväskylän yliopisto. (n.d.). *Näin haet tietoa tutkimusmenetelmistä*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.jyu.fi/fi/opiskelijalle/kandi-ja-maisteriopiskelijan-ohjeet/tiedonhankinta-ja-aineistonhallinta/kirjastotuutori/tutkimusmenetelmat-ja-tutkimusaineistot>

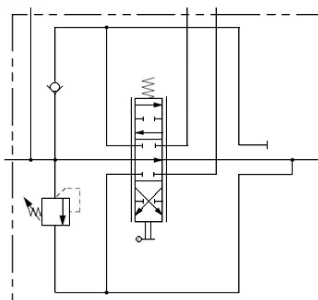
- Kokko, J. (2023). *Mitä on robotiikka?* Pohjois-Pohjanmaan hyvinvointialue. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://pohde.fi/ajankohtaista/uutiset/mita-on-robotiikka/>
- Lakeuden Hydro. (n.d.) *Paineenrajoitusventtiilit*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.lakeudenhydro.fi/fi/hydrauliikka-komponentit/hydrauliikkaventtiilit/putkistoasenteiset-venttiilit/paineenrajoitusventtiilit/c/30604/>
- Langinkosken koulu. (n.d.). *Paine*. Peda.net. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://peda.net/kotka/perusopetus/langinkosken-koulu/oppiaineet2/fysiikka/samun-ryhm%C3%A4t/9-lk/5lejmt/4-paine>
- Logistiikanmaailma. (2025). *Prosessien kehittäminen*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/>
- RS Components. (2023). *A Complete Guide to Pressure Relief Valves*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://uk.rs-online.com/web/content/discovery/ideas-and-advice/pressure-relief-valves-guide>
- Sixsigma. (n.d.). *Yleistä Leanista*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://sixsigma.fi/yleista-leanista/>
- Smoot, R. (2023). *Paineanturien esittely*. DigiKey. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.digikey.fi/fi/articles/an-introduction-to-pressure-sensors>
- Soori, M., Arezoo, B. & Dastres, R. (2022). *Digital Twin for Smart Manufacturing*. Sustainable Manufacturing and Service Economics. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta https://www.rsearchgate.net/publication/371722718_Digital_Twin_for_Smart_Manufacturing_A_Review
- ST-Koneistus. (2014). Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.st-koneistus.fi/>
- Stén, J. (2024). *Blaise Pascalin monipuolinen perintö*. Tieteessä tapahtuu. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.tieteessatapahtuu.fi/numerot/blaise-pascalin-monipuolinen-perinto>

- The Lee Company. (n.d.). *Pressure Relief Valves*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.theleeco.com/insights/what-is-a-pressure-relief-valve-and-how-does-it-work/>
- Valmet. (2021). *Common hydraulic valves—The proportional pressure valve*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.valmet.com/insights/articles/up-and-running/reliability/ProportionalValve/>
- Valtioneuvoston meluasetus. (2006). *85/2006*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2006/85>
- Walvoil. (n.d.). *Monoblock and Sectional control valves range Q series, GMV15, GSV50*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta https://www.walvoil.com/allegati/catalogo/D2WWEZ01_ENG.pdf
- Öhman, M. (2024). *Tuotantoprosessi ja tuotannon ohjaus*. Noudettu 4. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://wiki.aalto.fi/display/TUTA-wiki/Tuotantoprosessi%2Bja%2Btuotannon%2Bohjaus>

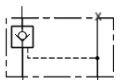
LIITTE: HYDAULIKAAVIOIDEN SYMBOLIT



Koeajolohko ja koeajettava paineenrajoitusventtiili



6/3 Käsisuuntaventtiili
sisältää paineenrajoitusventtiilin
sekä vastaventtiilin



Painehjattu vastaventtiili



Paineenrajoitusventtiili, jolla rajoitetaan
painehjatun vastaventtiilin ohjauspainetta



Painelähetin



Tilavuusvirtamittari



Vastuventtiili, virtauksen rajoittamiseen



Painemittari



Hydraulipumppu, säätövätuottoinen



Suodatin, suodattaa paluuvirtauksen



Jäähdytin, jäähdyttää paluuvirtausta

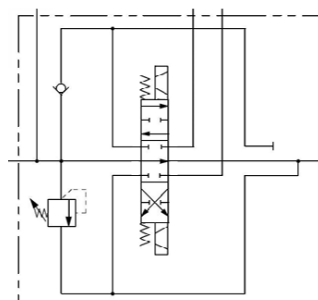


Pintamittari, pumpunpaineen visuaaliseen tarkkailuun

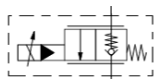


Huohotin nestesäiliölle

Hydraulinestesäiliö



6/3 Magneettiohjattu suuntaventtiili
sisältää paineenrajoitusventtiilin
sekä vastaventtiilin



Proportionaalinen vastuventtiili, virtauksen rajoittamiseen