

Borealis Polymers Oy:n pakkauslinjaston nykytilanteen kartoitus ja kehitysmahdollisuudet

Viktor Kovanen

Insinööri (AMK) - tutkinnon opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Vaasa 2025

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Viktor Kovanen
Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu
Ohjaajat: Tobias Ekfors, Yrkeshögskolan Novia
Eemil Sorola, Borealis Polymers Oy

Nimike: Borealis Polymers Oy:n pakkauslinjaston nykytilanteen kartoitus ja kehitysmahdollisuudet

Päivämäärä: 27.5.2025

Sivumäärä: 29

Liitteet: 1

Tiivistelmä

Opinnäytetyö tehtiin Borealis Polymers Oy:n materiaalinkäsittelyn osastolle. Työn tavoitteena oli kartoittaa pakkauslinjaston nykytilanne, sekä antaa yritykselle ehdotuksia kehitysmahdollisuuksista. Teoriaosuus käsittelee pakkauslinjaston toimintaperiaatteita sekä laitteistoa.

Pakkauslinjaston nykytilannetta kartoitettiin keskustelemalla henkilöstön sekä laitetoimittajien kanssa. Lisäksi jaettiin kyselylomake osaston operaattoreille, näin hyödynnettiin niin kvalitatiivisen, että kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä etsittiin vikailmoituksia, käyttökatkoja sekä linjaston käyttötunnit.

Kehitysmahdollisuuksia tutkittiin ongelmakohtien poistamiseksi sekä käyttökokemuksen parantamiseksi. Lisäksi tutkittiin layout-muutoksia linjaston toimintavarmuuden parantamiseksi. Lopuksi laadittiin kolme ei investointeja edellyttävää, heti toteutettavissa olevaa toimenpidettä pakkauslinjaston nykytilanteen parantamiseksi.

Työn tuloksena saatiin hyvä kuva pakkauslinjaston nykytilanteesta sekä useita kehitysmahdollisuuksia. Opinnäytetyössä ei keskitytty uusien laitteiden hankintaan, resursointiin tai varastointiin. Kehitysehdotuksien toteutus jää yrityksen päätettäväksi.

Kieli: suomi

Avainsanat: pakkauslinjasto, kehitys, kartoitus

EXAMENSARBETE

Författare: Viktor Kovanen
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktning: Maskinkonstruktion
Handledare: Tobias Ekfors, Yrkeshögskolan Novia
Eemil Sorola, Borealis Polymers Oy

Titel: Kartläggning av nuläget och utvecklingsmöjligheter för Borealis Polymers Oy:s förpackningslinje

Datum: 27.5.2025

Sidantal: 29

Bilagor: 1

Abstrakt

Examensarbetet utfördes för Borealis Polymers Oy:s materialhanteringsavdelning. Målet med arbetet var att kartlägga nuläget för förpackningslinjen samt ge avdelningen förslag på utvecklingsmöjligheter. Den teoretiska bakgrunden behandlar förpackningslinjens funktionsprinciper och maskineri.

Förpackningslinjens nuläge kartlades genom diskussioner med avdelningens personal samt maskinerileverantörer. Ytterligare delades en enkät ut till avdelningens operatörer, vilket möjliggjorde användning av både kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder. SAP-affärssystemet användes till sökandet av felmeddelanden, driftstopp samt driftstimmar för linjen.

Utvecklingsmöjligheter undersöktes för att eliminera problemområden samt förbättra användarupplevelsen. Därtill undersöktes layout-förändringar för att förbättra driftssäkerheten för linjen. Slutligen sammanställdes tre åtgärder som kan genomföras omedelbart och utan investeringar för att förbättra förpackningslinjens nuläge.

Som resultat av arbetet fås en bra uppfattning om förpackningslinjens nuläge samt ett flertal utvecklingsmöjligheter. Examensarbetet fokuserade inte på anskaffning av nytt maskineri, resursfördelning eller lagring. Genomförandet av utvecklingsförslagen lämnas till företaget att besluta om.

Språk: finska

Nyckelord: förpackningslinje, utveckling, kartläggning

BACHELOR'S THESIS

Author: Viktor Kovanen
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialization: Mechanical construction
Supervisors: Tobias Ekfors, Novia University of Applied Sciences
Eemil Sorola, Borealis Polymers Oy

Title: Current State Assessment and Development Opportunities for Borealis Polymers Oy's Packaging Line

Date: 27.5.2025

Number of pages: 29

Appendices: 1

Abstract

The bachelor's thesis was conducted for the materials handling department of Borealis Polymers Oy. The aim of the thesis was to assess the current state of the packaging line, and to provide the company with suggestions for development opportunities. The theoretical framework explores the operational principles of the packaging line, as well as the machinery.

The current state assessment was carried out through discussions with the department's personnel and equipment manufacturers. Additionally, a survey was distributed to the department's operators, thereby utilizing both qualitative and quantitative research methods. Fault notifications, downtimes and operating time were searched from the SAP enterprise resource planning system.

Development opportunities were explored to eliminate problem areas and improve user experience. Furthermore, layout changes were considered to improve the reliability of the line. As a final point, three immediately implementable measures requiring no investment were drafted.

As a result, an accurate representation of the current state of the packaging line was produced, as well as several development opportunities. The work did not focus on the procurement of new equipment, funding, staffing or the storage of polyolefins. The implementation of the development proposals remains for the company to decide.

Language: Finnish

Key words: packaging line, development, assessment

Sisältö

1	Johdanto.....	1
1.1	Tausta.....	1
1.2	Tehtävä ja rajaus.....	1
1.3	Borealis Polymers Oy.....	2
1.4	Yrityksen materiaalinkäsittely.....	2
2	Pakkauslinjaston laitteisto ja toiminta.....	3
2.1	Automaatio.....	3
2.1.1	Järjestelmätyypit.....	4
2.1.2	Rakenne.....	5
2.2	Turvallisuus teollisuusympäristössä.....	6
2.3	Koneturvallisuudessa käytettävät laitteet.....	7
2.4	Tuotteen pakkaus.....	8
2.5	Pakkauslinjaston laitteet.....	9
2.6	Tuotannon tehokkuus (OEE).....	10
2.6.1	Kuusi hukkatekijää.....	11
2.6.2	Tiedon hyödyntäminen.....	11
3	Menetelmä.....	12
4	Pakkaamo.....	13
4.1	Säkipakkaus.....	14
4.2	Oktabiinipakkaus.....	15
4.3	TV2 oktabiinipakkauslinjasto.....	15
5	Pakkauslinjaston nykytilanne.....	17
5.1	Pakkauslinjaston kunto.....	17
5.1.1	Käyttökatkot.....	18
5.1.2	Vikailmoitukset.....	18
5.2	Jäljellä oleva käyttöikä.....	19
5.3	Ergonomia.....	22
5.4	Kapasiteetti.....	22
6	Pakkauslinjaston kehitysmahdollisuudet.....	23
6.1	Layout.....	23
6.2	Laitteistopäivitykset.....	24
7	Heti toteutettavissa olevat toimenpiteet.....	25
8	Pohdinta.....	26
9	Lähdeluettelo.....	28

Käsitteet ja lyhenteet

Bulk	Irtotavara, esimerkiksi säiliökuljetukseen
TV	Tuotevarasto, pakkaamo
Oktabiini	Pahvilaatikko, 1100 kg tuotetta
Palletti	55 kpl 25 kg säkkiä pinottuna kuormalavalle
Blenderi	Sekoitussiilo
PO-tuote	Polyolefiini, muovituote
MHOM	Material Handling Operability Monitoring, toiminnanohjausjärjestelmä

1 Johdanto

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Borealis Polymers Oy:n kanssa Kilpilahden toimipaikalla. Työ käsittelee yhden pakkauslinjaston nykytilannetta sekä kehittymismahdollisuuksia. Tässä luvussa käydään läpi työn tausta, tehtävä, rajaus sekä lyhyt esittely yrityksestä ja osastosta.

1.1 Tausta

Jatkuvasti nousevat tuotantomäärät sekä vanhanaikainen pakkauslinjasto on koettu ongelmalliseksi yhdistelmäksi Borealis Polymers Oy:n materiaalinkäsittelyn osastolla. Jatkuvat häiriöt sekä laiterikot hidastavat pakkausnopeutta ja linjaston käyttöaste heikkenee. Näin ollen osasto katsoi aiheelliseksi hakea ulkopuolista näkemystä pakkauslinjaston nykytilanteesta sekä kehittymismahdollisuuksista.

Suoritin työharjoittelujakson kesällä 2024 jolloin ilmoitin kiinnostuksesta suorittaa opinnäytetyö yritykselle. Aihetta hahmoteltiin harjoittelujakson loppupuolella ja aihe linjattiin syksyllä. Aiheen valinnassa on otettu huomioon sekä yrityksen tarpeet, että omien opintojen kiinnostuksen kohteet.

1.2 Tehtävä ja rajaus

Opinnäytetyön tehtävänä oli kartoittaa pakkauslinjaston nykytilanne sekä antaa yritykselle ehdotuksia, miten linjastoa voidaan kehittää. Kartoituksen tavoitteena oli saada selkeä kuva laitteiden tämänhetkisestä kunnosta. Laitetoimittajia, operaattoreita sekä muuta henkilöstöä hyödynnettiin tukena työssä. Opinnäytetyön kehittymismahdollisuuksiin sisältyvät pakkauslinjaston layout, kapasiteetin nosto sekä täyttöpaikan automatisointi.

Kartoitukseen kuuluu laitteiden:

- Valmistusvuodet
- Kunto
- Varaosasaatavuudet
- Kapasiteetti ja pullonkaulat

- Jäljellä oleva käyttöikä

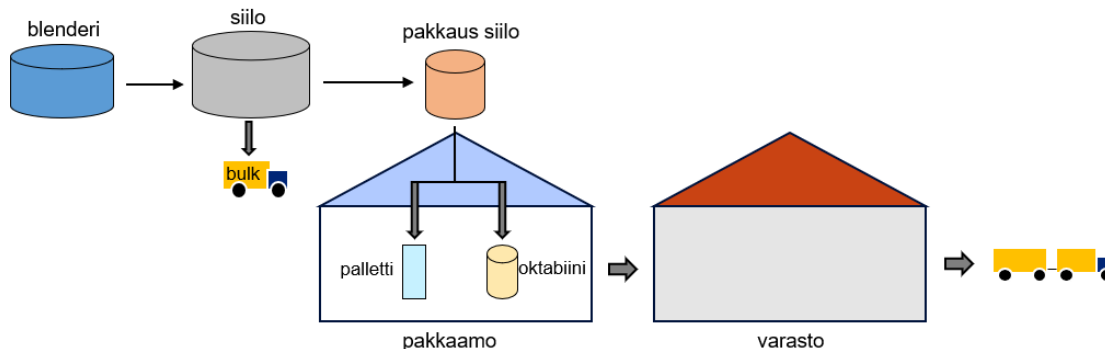
Opinnäytetyö rajattiin pelkästään pakkaamon oktabiinilinjastoon. Samassa pakkaamossa sijaitsee myös säilytyslinjasto, mutta tämä rajattiin työstä pois johtuen oktabiinilinjaston aihelaajuudesta. Opinnäytetyöstä rajattiin myös pois uusien laitteiden hankintaan, varastointiin ja resurssointiin liittyvät kartoitukset sekä kehitysmahdollisuudet. Uusia laitteita on käytetty ainoastaan kehitysmahdollisuuksien vertailemiseen.

1.3 Borealis Polymers Oy

Borealis Polymers Oy on Porvoon Kilpilahdessa toimiva polyolefiinien sekä peruskemikaalien valmistaja, joka on osa kansainvälistä Borealis-konsernia. Konserni työllistää noin 6000 henkilöä 120 eri maassa, Suomessa yhtiö työllistää noin 900 henkilöä. Porvoossa on yhteensä 7 tuotantolaitosta, joiden vuosituotantokapasiteetti on yli 600 000 tonnia. Porvoossa valmistettuja PO-tuotteita käytetään pääasiassa pakkauksiin, putkisovelluksiin, kaapeleihin ja teräsputkenpäällystykseen. (Borealis Porvoo, n.d.).

1.4 Yrityksen materiaalinkäsittely

Yrityksen materiaalinkäsittelyn toimintoihin sisältyvät neljän tuotantolaitoksen valmiiden PO-tuotteiden oikea-aikainen varastointi, pakkaus sekä lähetys. Tuotantolaitosten valmiit PO-tuotteet siirtyvät blendereistä materiaalinkäsittelyn silloihin. Silloista tuote voidaan siirtää eteenpäin pakkaamoihin tai se voidaan lastata suoraan bulk-kuormina. Tarvittaessa voidaan myös pakata konteista kippausaseman tai puhalluksen avulla. Pakkauslinjastoja on yhteensä 5, ne jakautuvat kahteen pakkaamoon, TV3 ja TV2. Pakatut tuotteet siirretään varastoihin ja varastoista asiakkaille. Alla on yksinkertaistettu kuva muovin kulusta.



Kuva 1. Muovin kulku tuotantolaitoksilta asiakkaille.

2 Pakkauslinjaston laitteisto ja toiminta

Teoriaosuudessa käsitellään pakkauslinjaston laitteita sekä niiden toimintaperiaatteita. Lisäksi käydään läpi turvallisuutta ja lyhyesti, miten turvallisuus on kehittynyt vuosien aikana. Lopuksi kerrotaan lyhyesti tuotantokoneiden tehokkuudesta ja siitä, miten sitä voidaan hyödyntää toiminnan tehostamiseen.

2.1 Automaatio

Automaatio on olennainen osa nykypäivän sivilisaatiota, elämä muuttuu ihmisille jatkuvasti helpommaksi tavalla tai toisella. Yksi näistä tavoista on automaatio. Sana automaatio tulee kreikan kielestä sanoista "Auto" (itse) ja "Matos" (liikkuva). Automaatiojärjestelmä nimensä mukaisesti on "itseliikkuva", toisin sanoen järjestelmä toimii pitkälti ilman ihmisen väliintuloa. Tämän takia järjestelmän haluttu suorituskyky on huomattavasti helpompi saavuttaa. Teollisuusautomaatiota sovelletaan laajalti monilla eri toimialoilla, kemianteollisuudesta ajoneuvoihin. (Sen & Dey, 2020, s 1).

Automaation käytössä on lukuisia etuja, sekä hyvin vähäinen määrä haittapuolia. Automaatiojärjestelmän asianmukainen toiminta edellyttää useita eri komponentteja. Näihin kuuluvat esimerkiksi anturit, toimintalaitteet, ohjainlaitteet sekä valvontalaitteet. Kyseisten osien avulla varmistetaan toimintavarmuus sekä korkealaatuinen lopputulos. Automaatiota voidaan hyödyntää kaikessa tuotannossa, kuten materiaalinkäsittelyssä, kokoonpanossa, tarkastuksessa sekä käsittelytoiminnoissa.

Automaation etuihin lukeutuvat muun muassa:

- Tehokkuuden parantuminen
- Kustannussäästöt
- Ihmisen väsymyksen minimointi
- Turvallisuuden parantuminen
- Johdonmukaisuus ja toistettavuus

Automatisaation yleistyminen aiheutti pelkoa, että työpaikat vähentyisivät. Näin ei kuitenkaan käynyt, automaation yleistymisen ansiosta moni eteni toimihenkilörooleihin.

Yleisesti ottaen työolosuhteet paranevat samalla, sillä automaatiojärjestelmät vaativat usein säännöllistä lämpötilaa, ilmankosteutta sekä mahdollisimman vähän pölyä. (Westcott, Gupta & Arora, 2016, s 2–6.). Vuonna 2024 julkaistussa raportissa todettiin, että Tanskassa teollisuusrobotit alensivat työtapaturmien määrää 6,7 % vuosina 2000–2017 (Humlum, Munch & Plato, 2024).

2.1.1 Järjestelmätyypit

Automaatiojärjestelmät voidaan luokitella kolmeen pääkategoriaan: ohjelmoitava automaatio, joustava automaatio sekä kiinteä automaatio. Riippuen tuotannon vaatimuksista valitaan tapauskohtaisesti sopivin vaihtoehto. (Sen & Dey, 2020, s 7).

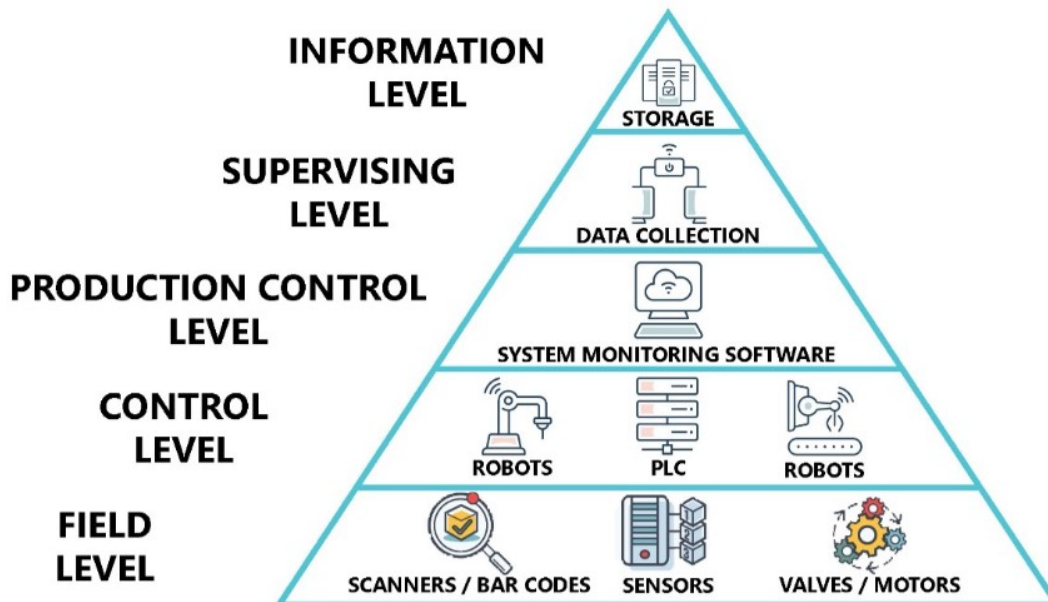
Ohjelmoitava automaatio soveltuu hyvin erätuotantoihin, joissa valmistusprosessit määräytyvät valmistettavan tuotteen mukaan. Ohjelmoitavaa automaatiota käytetään pääsääntöisesti pienempiin eriin, koska jatkuvan uudelleenohjelmoinnin takia tuotantonopeus saattaa olla alhainen. (Dillon, 2024; Sen & Dey, 2020, s 7–8).

Kiinteätä automaatiota käytetään linjastoissa, joissa prosessit ovat ennalta määriteltäviä sekä valmistettavat tuotteet pysyvät samoina. Järjestelmä soveltuu hyvin suuriin tuotantoeriin pidemmälle aikavälille, jolloin lopputuloksena on hyvä tuotantonopeus sekä alhaiset yksikkökustannukset. (Dillon, 2024; Sen & Dey, 2020, s 7–8).

Joustava automaatio on variaatio ohjelmoitavasta automaatiosta. Järjestelmä pystyy mukautumaan erilaisiin valmistusprosesseihin ilman vaativaa uudelleenohjelmointia. Ohjelman vaihto voi tapahtua esimerkiksi nappia painamalla, jolloin seisokkiaika pysyy alhaisena. (Dillon, 2024; Sen & Dey, 2020, s 7–8).

2.1.2 Rakenne

DNormaalisti automaatiojärjestelmässä on 5 tasoa, ”hierarkia”. Alla olevasta kuvasta (Kuva 2.) käy ilmi tasot sekä mitä ne saattavat sisältää. Informaatio kulkee alimmalta tasolta ylös asti.



Kuva 2. Automaatiojärjestelmän hierarkia (Dillon, 2024)

Pyramidin pohjalla sijaitsee kentälaitetaso, johon on sijoitettu toimilaitteet sekä sensorit. Toimilaitteisiin kuuluu sylinterit, venttiilit, moottorit sekä muut toimintoja tekevät laitteet. Sensoreilta saadaan ohjaustasolle tietoa prosessimuuttujista. Muuttujat voivat olla esimerkiksi lämpö, paino, läheisyys, asento tai paine.

Ohjaustasolla tapahtuu kaikki I/O-toiminta, eli input/output. (Dillon, 2024; Sen & Dey, 2020, s. 6). Sisään tulevien tietojen perusteella PLC, Programmable Logic Controller, luo toimilaitteille annettavat komennot, jotta järjestelmä toimii halutulla tavalla.

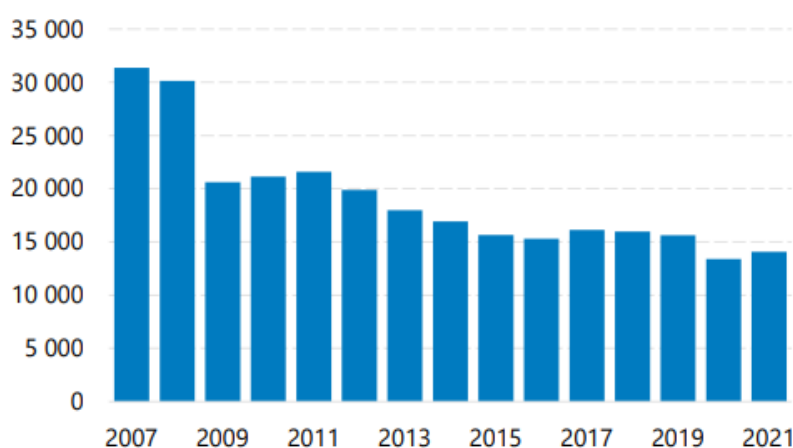
Seuraava taso on tuotannon ohjaus/valvonta, suomen kielessä käytetään myös termiä käyttöliittymä. Valvomotietokoneiden avulla operaattorit näkevät kaikki tarvittavat tiedot sekä pystyvät tekemään muutoksia tarvittaessa. Kyseiseen tasoon kuuluvat myös ohjauspäätteet, näytöt sekä mahdolliset hälytyskirjoittimet. (Sen & Dey, 2020, s. 6; Opetushallitus, n.d.).

Opinnäytetyössä ei käsitellä kahta ylintä tasoa. Yritys kirjaa manuaalisesti MHOM:iin, Material Handling Operability Monitoring, pakkaustiedot sekä mahdolliset häiriöt linjastosta. Kirjauksien avulla saadaan laskettua linjaston OEE.

2.2 Turvallisuus teollisuusympäristössä

Yrityksien ensisijainen prioriteetti on työntekijöiden turvallisuuden varmistaminen sekä tuotannon jatkuvuus. Koneet ovat keskeisessä roolissa yrityksen toiminnassa, mutta koneisiin liittyy riskejä niiden kanssa tai välittömässä läheisyydessä työskenteleville. Jotta saavutetaan turvallinen työympäristö, tarvitaan erilaisia turvallisuuteen liittyviä laitteita sekä järjestelmiä. (Kerr, 2023.). Työhön liittyvät riskit eivät rajaudu pelkästään koneisiin, eikä riskejä pystytä eliminoimaan kokonaan. Riskitasoa voidaan ainoastaan alentaa eri keinoin, esimerkiksi turvallisuusjärjestelmillä sekä turvallisilla työmenetelmillä. Turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa on tärkeää määrittää siedettävä riskitaso sekä käytettävät standardit ja direktiivit. (Peltonen, 2022).

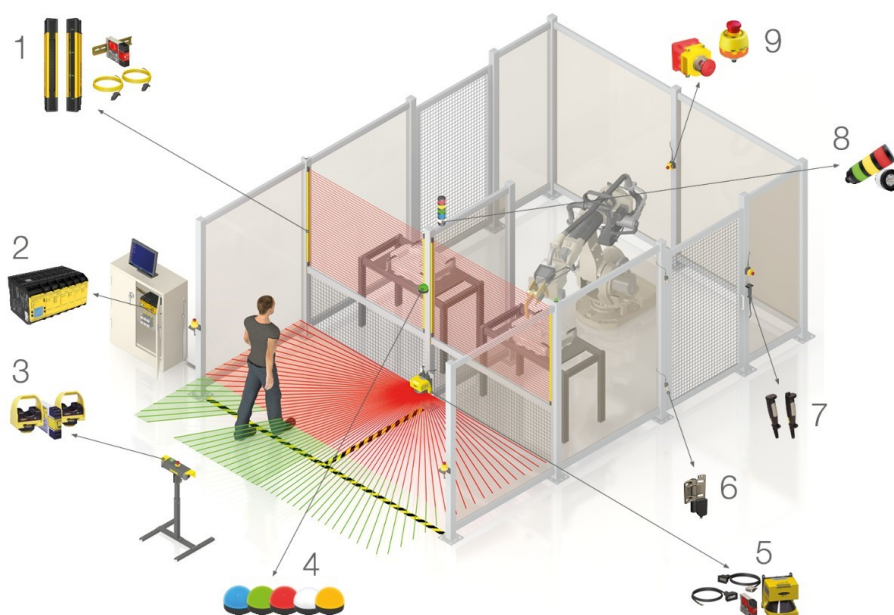
Teollisuudessa työturvallisuutta on parannettu merkittävästi viime vuosikymmenien aikana, ja se näkyy myös tilastoissa. Tapaturmavakuutuksen 2022 julkaistetussa analyysissä nähdään, että vuosina 2007–2021 työpaikkatapaturmat ovat vähentyneet alle puoleen. Tämä osoittaa, että työturvallisuus ei ole erikseen huomioitava asia, tai erillinen toimenpide, vaan osa tehtaiden käytäntöjä. Turvallisuutta seurataan jatkuvasti esimerkiksi henkilöstön havaintojen avulla. (Sysi-Aho & Tynkkynen, 2022). Kuvassa 3 näkyy tapaturmavakuutuskeskuksen tekemä tilasto tapaturmien lukumäärästä.



Kuva 3. Palkansaajien työpaikkatapaturmien lukumäärä teollisuudessa (Tapaturmavakuutuskeskus, 2022)

2.3 Koneturvallisuudessa käytettävät laitteet

Turvallisuusjärjestelmien tarkoitus on toimia suojakilpenä työntekijöiden ja vaarallisten koneiden välillä. Tapauskohtaisesti valitaan oikea turvallisuuslaitteisto, jotta saadaan mahdollisimman tehokkaasti ehkäistyä onnettomuuksia ja vammoja. Samalla on tärkeää säilyttää koneiden toiminnallisuus, turvallisuuslaitteiden ei ole tarkoitus vaikeuttaa tai hidastaa työntekoa. Turvallisuuslaitteita on monenlaisia; mekaanisia, sähkömekaanisia sekä täysin sähköisiä. (Kerr, 2023). Alla olevasta kuvasta selviää, miten erilaisia turvallisuuslaitteita voidaan hyödyntää teollisuusympäristössä.



Kuva 4. Turvallisuuslaitteita käytössä (Banner Engineering, n.d.).

Mekaanisiin laitteisiin lukeutuvat esimerkiksi aidat, huomioteipit ja pehmusteet. Kuten kuvasta 4 voidaan nähdä aidat toimivat fyysisenä esteenä, estäen vaaralliselle alueelle menoa. Muokaus kohteen mukaan sekä asennus onnistuvat melko vaivattomasti. Ovet varustetaan sähkömekaanisilla rajakytkimillä (6), jonka ansiosta koneiden toiminta pysähtyy oven auetessa. Sähkömekaanisiin laitteisiin luokitellaan myös hätäseis-painikkeet (9) ja vedettävät hätäseis-vaijerit. (Kerr, 2023).

Kuvassa 4. näkyviä sähköisiä laitteita ovat esimerkiksi: 1 valoverhot, 5 skannerit ja 4&8 merkkivalot. Merkkivalojen avulla voidaan nopeasti ja näkyvästi välittää tietoa koneen tai laitteen tilasta. Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan käyttää punaista ja vihreää valoa. Punainen ilmaisee aktiivisen vaaratilanteen ja vihreä osoittaa normaalin toiminnan. (Kerr,

2023). Lisäksi kuvassa 4 on kuolleen miehen kytkimiä numeroituna 3 ja 7, näiden toimintaperiaate perustuu siihen, että koneen operointiin tarvitaan molemmat kädet.

Vastaavalla tavalla myös turvallisuustoiminnot ovat automatisoituja, toimintoja ohjaa turvallisuus-PLC, kuvassa 4 numerolla 2. Sähköisistä laitteista tulevien tietojen perusteella PLC luo komennot laitteen pysäytystä tai käynnistystä varten. Myös merkkivalot toimivat PLC:n ulostulojen kautta. (Kerr, 2023). Kuvassa 5 on esimerkki turvallisuusautomaatiojärjestelmän toiminnasta, tulolähteenä toimii rajakytkin.



Kuva 5. Turvallisuusautomaation toimintamalli (AFRY, 2022).

2.4 Tuotteen pakkaus

Pakkauksessa on paljon muuttuvia tekijöitä, riippuen esimerkiksi tuotteen luonteesta ja asiakastarpeista. Pakkausmateriaali, muoto ja tilavuus pitää valita pakattavan tuotteen mukaan, elintarvikkeita ei voida pakata samalla menetelmällä kuin metallituotteita. Lisäksi pakkauslinjasto asettaa omat vaatimuksensa pakkauksille, niiden on liikuttava linjastolla siten, ettei tuote tai pakkaukset vahingoitu. Pakkauksessa huomioon otettavia laatutekijöitä ovat selkeät pakkausmerkinnät sekä aikataulujen noudattaminen. Pakkausmerkinnät ja etiketit ovat keskeisessä roolissa tuotteiden yksilöimisessä ja seurannassa, merkinnät voivat olla esimerkiksi tuotantoeräkoodeja tai GTIN-numeroita. Etikettityyppejä on monenlaisia, esimerkiksi paperi-, kuumaliima- ja tarraetikettejä käytetään. Kuljetuksen helpottamiseksi yksittäin pakatut tuotteet pakataan ryhmäpakkauksiin, ja ryhmäpakkaukset kootaan lavakuormiksi. (Logistiikan Maailma, 2024).

Alla on kuva pakkauksen vaiheista. Riippuen pakattavasta tuotteesta, tehtaasta sekä linjastosta vaiheissa voi esiintyä eroavaisuuksia.



Kuva 6. Pakkaamisen vaiheet (Logistiikan Maailma, 2024).

2.5 Pakkauslinjaston laitteet

Pakkauslinjastossa on käytössä lukuisia laitteita, riippuen pakatun tuotteen ja yrityksen vaatimuksista laitteistossa voi esiintyä eroavaisuuksia. Pakkaamossa esiintyviä laitteita ovat esimerkiksi: pakkauskoneet, pakkauspöydät, hihna- ja rullakuljettimet, liukuradat, kiristekalvo- ja kutistekalvolaitteet, vaa’at, lavaajat ja merkintälaitteet. Linjaston laitteet kannattaa sijoittaa virran suuntaiseksi, näin vältetään turhaa ”edestakaisin” ajoa. Toimivan pakkauslinjaston saavuttamiseksi tarvitaan myös yhteistyökumppaneita. Tärkeitä yhteistyökumppaneita ovat laitetoimittajat, asiakkaat sekä materiaalitoimittajat. (Logistiikan Maailma, 2024).

Pakkauskoneet ovat keskeisessä roolissa pakkauslinjastossa. Niiden avulla voidaan pakata tuotteita turvallisesti ja tehokkaasti. Riippuen pakkauskoneesta, toimintoihin voi kuulua pakkausten valmistus, täyttö, sulku, merkintä tai lavaus. Nykypäivänä suurin osa pakkauskoneista ovat automatisoituja, mutta myös manuaalikäyttöisiä sekä puoliautomoitettuja koneita on olemassa. Pakkauskoneet voidaan tarpeen mukaan räätälöidä yritykselle sopivaksi. (Packaging machinery, n.d.)

Kuljetin on tehokas ja nopea tapa kuljettaa materiaaleja ja kuormia paikasta toiseen. Kuljetinjärjestelmiä hyödynnetään sekä teollisuudessa, että jokapäiväisessä elämässä, esimerkiksi lentokentillä kuten myös laskettelukeskuksissa käytetään kuljettimia. Kuljetinjärjestelmät ovat automatisoituja, joten niissä on hyvä toimintavarmuus sekä vähän turvallisuusriskejä. Kuljetinjärjestelmiä on monenlaisia, mutta yleisimmin käytössä ovat hihna-, rulla-, pyörä- sekä ketjukuljettimet. Kaikissa kuljettimissa on 3 yhteistä osaa, kuljetuselementti, voimalähde sekä väkipyörä. Sähkömoottoria käytetään useimmiten voimalähteenä, riippuen kuljettimesta moottori pyörittää joko ketjua tai hihnaa. (Ocado, 2019).

On mahdollista hyödyntää useita kuljetintyyppiä samassa linjastossa, esimerkiksi risteyksissä ja poistotoiminnoissa käytetään usein yhdistelmää rulla- ja ketjukuljettimista. Risteysaseman rullakuljetinta nostetaan ja lasketaan tarpeen mukaan, jotta saadaan kuorma siirrettyä kuljetintyyppistä toiseen. (Alfotec, n.d.). Kuvassa 7 on siirtoyksikkö, jossa kahta kuljetintyyppiä hyödynnetään.



Kuva 7. Siirtoyksikkö kahdella kuljettimella (Alfotec, n.d).

2.6 Tuotannon tehokkuus (OEE)

OEE on tunnusluku, joka mittaa tuotannon tehokkuutta. Sen avulla voidaan seurata tuotantokoneiden, laitosten tai linjastojen tehokkuutta. Lyhenne OEE tulee englanninkielisistä sanoista, *Overall Equipment Effectiveness*, suomen kielessä käytetään lyhennettä KNL, joka muodostuu sanoista *käytettävyys, nopeus ja laatu*. Kyseisistä termeistä muodostuu myös OEE:n laskukaava:

$$\text{Tuotannon tehokkuus (OEE)} = \text{Käytettävyys} \times \text{Nopeus} \times \text{Laatu} \quad (1)$$

Mikäli kaikki tuotantokoneet käyvät ilman keskeytyksiä, täydellä nopeudella sekä ilman laatuhäviöitä OEE-luku on 100 %. Kuitenkin käytännössä tämä toteutuu melko harvoin, yleisesti ottaen yli 85 % OEE-lukua pidetään jo todella hyvänä. (Pinja Blogi, 2022; Törnroos, A. n.d.).

2.6.1 Kuusi hukcatekijää

Moni tekijä vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen, mutta hukcatekijät voidaan luokitella kuuteen kategoriaan, ”Six Big Losses”.

Hukcatekijät ovat:

1. Laiteviat
2. Asetukset ja säädöt
3. Lyhyet pysähdykset
4. Alentunut käyntinopeus
5. Käynnistysvaiheessa valmistetut huonolaatuiset tuotteet
6. Laatuvirheet

Näitä tekijöitä seuraamalla saadaan tietoa ongelmakohteista, ja pidemmällä aikavälillä voidaan kehittää vastatoimia ongelmiin. (Törnroos. B. n.d.). Luotettavin tapa kerätä tietoa on automaattisesti, esimerkiksi koneiden ohjauslogiikalta. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, joten myös manuaalisesti voidaan kirjata ylös tietoa, manuaalisessa kirjauksessa inhimillisiä virheitä sekä epätarkkuuksia voi esiintyä. (Pinja Blogi, 2022).

2.6.2 Tiedon hyödyntäminen

Vaikka OEE:llä voidaan laskea laitoksen kokonaistehokkuus, siinä ei hyödynnetä OEE:tä täyteen potentiaaliin. Mikäli lasketaan monta OEE-lukua yhteen, saadaan keskiarvo, eikä varsinaisesti sen avulla löydetä hukcatekijöitä. Tarkoituksena ei ole myöskään verrata laitoksia, vuoroja, osastoja tai linjastoja keskenään. Tietyissä tapauksissa on mahdotonta saavuttaa maailmanluokan OEE-lukua, johtuen siitä, että kohde ei ole yksinkertaisesti suunniteltu siihen. Tavoitteet pitää aina asettaa kohteen mukaan, eikä pidä keskittyä liikaa numeroon. Varsinainen hyöty tulee muutoksista, joita tehdään OEE-luvun parantamiseksi, eikä itse luvusta. (New, 2024).

Kuten Jim Leflar sanoi keskustellessa IndustryWeekin Ellis Newin kanssa:

”Pelkkä luku itsessään ei merkitse mitään. Voitte olla 17 %:ssa tai, kuten olen nähnyt, 120 %:ssa. Se riippuu siitä, mitä määritellään normaaliksi toimintanopeudeksi. Joten kyse ei ole

siitä, onko OEE:nne 85 % vai 25 %; todellinen maailmanluokan mittari on se, kuinka nopeasti kehitytte.” (New, 2024).

3 Menetelmä

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti opinnäytetyön menetelmistä sekä toteuttamisesta. Käydään läpi työn eri vaiheet ja miten niitä on toteutettu. Opinnäytetyö voidaan luokitella tutkimukselliseksi kehittämistyöksi, tarkoittaen, että työssä yhdistyy teoria sekä käytäntö (Centria. n.d.).

Opinnäytetyössä on hyödynnetty niin määrällisen kuin laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Määrällisellä tutkimuksella tarkoitetaan kvantitatiivista tutkimusta, siinä keskitytään numeeristen tietojen keräämiseen ja analysointiin. Kvalitatiivinen tutkimus tai laadullinen tutkimus keskittyy ymmärtämään yksilöiden kokemuksia ja näkökulmia, esimerkiksi haastattelujen avulla. (Abbadia, 2023).

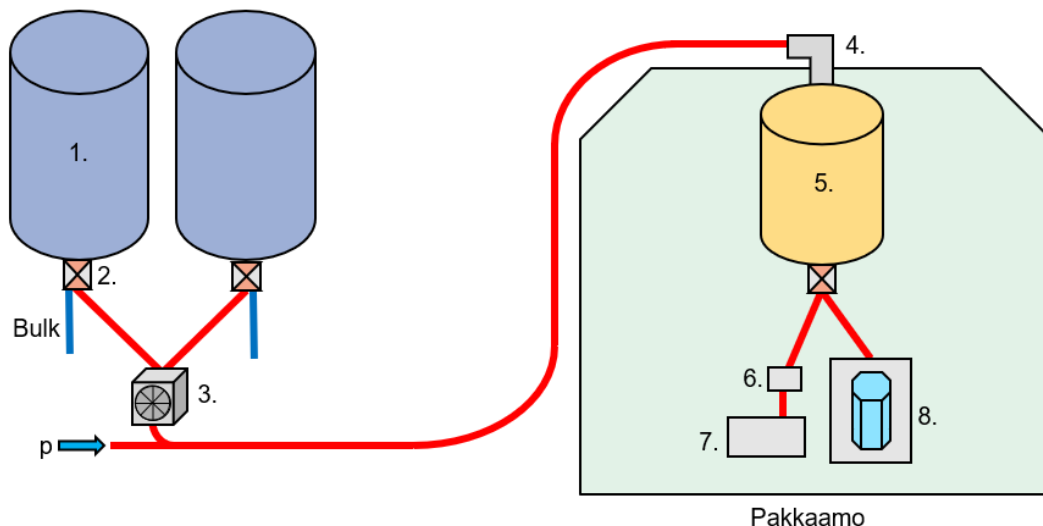
Opinnäytetyö aloitettiin palaverilla toimeksiantajan ja ohjaajan kanssa, palaverissa käytiin aihe läpi sekä rajattiin työ. Tämän jälkeen varsinainen työ aloitettiin tutustumalla pakkauslinjastoon sekä keräämällä aiheeseen sopivaa kirjallisuutta. Teoriaosuuden kirjoittamisessa on hyödynnetty sekä kirjallisia, että sähköisiä lähteitä. Opinnäytetyö on suoritettu paikan päällä yrityksen toimitiloissa.

Pakkauslinjaston nykytilanteen kartoittamisessa on hyödynnetty yrityksestä saatua työkokemusta, sekä kyselylomakkeen (Liite 1.) avulla on tiedusteltu henkilöstön mielipiteitä, lisäksi on myös käyty pienmuotoisia haastatteluita ja avoimia keskusteluita. Lisäksi laitetoimittajiin on oltu yhteydessä ja niiltä saatuja vastauksia on hyödynnetty mahdollisuuksien mukaan. SAP-toiminnanohjausjärjestelmää on hyödynnetty linjaston tuntimäärän arviointiin sekä käyttökatojen etsimiseen. Myös kehitysmahdollisuuksissa on hyödynnetty laitetoimittajilta saatuja vastauksia. Molemmissa on hyödynnetty yrityksen sisäisistä turvallisuusauditoinneista saatuja raportteja sekä EU:n direktiivejä liittyen koneturvallisuuteen.

4 Pakkaamo

Yrityksellä on kaksi pakkaamoja, TV2 ja TV3. Opinnäytetyötä koskeva oktabiinipakkauslinjasto sijaitsee TV2-pakkaamossa. Pakkaamoissa tuotantolaitosten valmiit PO-tuotteet pakataan pakkaussuunnitelman mukaisesti joko 25 kg säkkeihin tai 1100 kg oktabiineihin. Linjastot ovat pitkälti automatisoituja, mutta työvoimaa tarvitaan koneiden säätöön, korjaukseen, pakkausmateriaalien syöttämiseen sekä oktabiinien täyttöön. Pakatut PO-tuotteet kuljetetaan varastoon automatisoituja kuljetinlinjoja pitkin, joista pakkausoperaattorit siirtävät pakkaukset trukeilla varastoihin. Tämän jälkeen pakkausoperaattorit tekevät SAP-toiminnanohjausjärjestelmään tarvittavat kirjaukset pakatusta tuotteesta. Yrityksen pakkaustoiminta on toteutettu keskeytymättömällä kaksivuorjärjestelmällä tarkoittaen, että pakkausoperaattorit tekevät 12 tunnin vuoroja, 7:00–19:00 ja 19:00–7:00.

Alla on havainnollistava kuva PO-tuotteiden siirrossa käytettävistä laitteista. Kuvassa on numeroitu laitteet lukijan helpottamiseksi. Siirtolinjastot eroavat hieman toisistaan, riippuen mihin pakkaamoon sekä mistä silosta siirto tapahtuu. Esimerkkinä on käytetty opinnäytetyötä koskevan pakkauslinjaston siirtoa.



Kuva 8. PO-tuotteiden siirrossa käytettävät laitteet.

Materiaalinkäsittelyn toiminta-alue alkaa siloista (1.), joita materiaalinkäsittelyn alueella on käytössä 84 kpl. Tuotantolaitoksia on yhteensä neljä, mutta siloalueita kolme. Tämä johtuu siitä, että Boremix sekoitelaitoksen valmistamia PO-tuotteita pakataan ainoastaan konteista. Valmiit PO-tuotteet siirretään varastosiloihin tuotannon blendereistä,

varastosiilojen kapasiteetti on 220 tn–275 tn riippuen siiloalueesta. Siilojen yläosassa sijaitsee yläraja-anturit, joiden tarkoitus on pysäyttää tuotteensierro siilon täyttyessä. Pohjaan on sijoitettu pohjaventtiili sekä jakoventtiili (2.). Jakoventtiilin tehtävänä on suunnata tuote bulk-kuormiin tai siirtolinjaan, punaisella piirretty, pakkausta varten.

Tuotteen siirto tapahtuu ilmavirran avulla (p), kompressori tuottaa ilmaa siirtolinjaan, joka siirtää tuotetta eteenpäin. Jakoventtiilin ja siirtolinjan välissä on pyörivä syöttölaite (3.), jota kutsutaan lokeroksi. Lokeron tehtävänä on rajoittaa tuotteen syöttöä siirtolinjaan lisäämällä tuotetta pienissä erissä. Linjan päädyssä on ”puskuri” eli sykloni, jonka tarkoitus on siirtää muovipelletti eteenpäin pakkaussiiloon (5.) sekä päästää siirtoilma ulos.

Pakkaussiiloissa ei ole yläraja-antureita pysäyttämässä siirtoa, vaan pohjaan on sijoitettu vaaka-anturit. Myös pakkaussiiloissa on jakoventtiili, joka ohjaa tuotteen oikealle pakkauslinjastolle. Säkkipakkauslinjastossa on vaaka (6.) joka punnitsee säkkiin menevän (25 kg) määrän, linjaston lopussa on pakkauskone (säkityskone 7.). Oktabiinitäyttöpaikalle (8.) PO-tuote valuu suoraan siilosta, täyttöpaikalla sijaitsee venttiili, joka pysäyttää oktabiinin täytön vaa’an antaman tiedon perusteella.

4.1 Säkkipakkaus

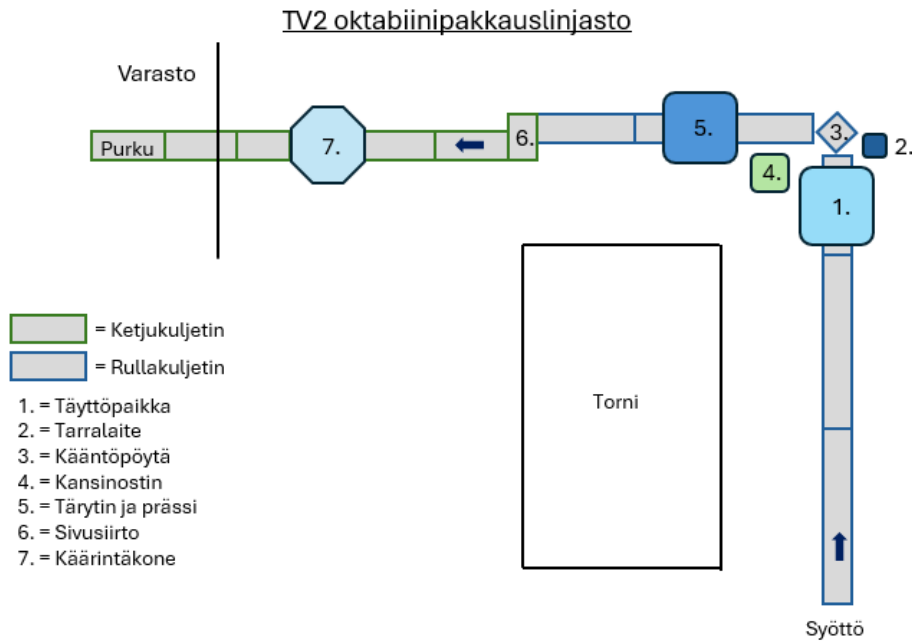
Yrityksellä on yhteensä kolme säkityslinjastoa, kaksi TV3-pakkaamossa ja yksi TV2-pakkaamossa. Linjastojen alussa on säkityskone, joka on kaikissa linjastoissa samanlainen. Säkityskone pakkaa PO-tuotetta 25 kg säkkeihin yläpuolella olevan vaa’an avulla. Pakattu säkki merkitään mustesuihkeella, jonka jälkeen säkki kulkeutuu hihna- ja rullakuljettimien avulla kohti prässiä. Ennen prässiä säkkiin tehdään pieniä reikiä laitteen avulla, jotta prässi voi puristaa säkkiä tiiviimmäksi. Prässäyksen tarkoitus on parantaa lavaamista. Ennen lavaajaa säkkeihin tulee myös ohut liimakerros, parantaen pallein tiiveyttä. Lavaaja pinoaa 55 säkkiä kuormalavalle muodostaen 1375 kg pallein. Valmiit palleit päällystetään kiristetai kutistekalvolla, riippuen käärintäänkö palleit käärintälaitteella vai huputetaanko se huputuskoneella. Riippuen pakatusta tuotteesta sekä asiakkaan vaatimuksista palleitiin voidaan myös lisätä tarra automaattisella tarralaitteella.

4.2 Oktabiinipakkaus

Oktabiinipakkauslinjastoja on molemmissa pakkaamoissa yksi. Tyhjät oktabiinit muodostetaan robotin avulla valmiista pahvivaipoista, niitäkin on yksi per linjasto. Robotti asettaa valmiin muodostetun tyhjän oktabiinin kuormalavan päälle. Tämän jälkeen oktabiini siirtyy sisäpussiasemalle ketjukuljettimien avulla, jossa pussitus kone asettaa sisäpussin oktabiinin sisälle. Sisäpussiaseman jälkeen oktabiini siirtyy täyttöpaikalle, täyttöpaikalla operaattori asettaa sisäpussin täyttöputken ympärille, josta PO-tuote valuu sisäpussin sisälle. Täyttö aloitetaan napista painamalla. Täyttöpaikan alla sijaitsee vaaka-anturit, jotka ohjaavat täytön pysäytystä, tämä tapahtuu automaattisesti, kun saavutetaan oktabiinin oikea paino (1100 kg). Täytön jälkeen operaattori sulkee sisäpussin sekä taittaa ja asettaa kannen oktabiinin päälle. Valmis oktabiini tärytetään laitteen avulla, jotta pakattu tuote asettuu tiiviimmin ja lopuksi oktabiini puristetaan horisontaalisessa suunnassa prässin avulla tiiviimmäksi. Prässäys parantaa paketin kestoa sekä mahdollistaa päällekkäin varastoinnin. Oktabiinit kääritään myös kiristekalvolla käärintäkoneen avulla.

4.3 TV2 oktabiinipakkauslinjasto

Opinnäytetyö ei käsittele koko linjastoa, koska linjaston alussa on viime vuoden lopussa (2024) valmistunut tyhjien oktabiinien kasauslinjasto, joka syöttää tyhjät oktabiinit täyttölinjastolle. Syöttölinjastoon kuuluu oktabiineja kasaava robotti, sisäpussiasema, joka asettaa sisäpussin automaattisesti valmiin ja tyhjän oktabiinin sisälle sekä kuljettimet, jotka liittyvät tätä työtä käsittelevään täyttölinjaston kuljettimiin. Kuvassa 9 näkyy opinnäytetyötä koskevan pakkauslinjaston layout.



Kuva 9. Oktabiinipakkauslinjaston layout.

Linjastossa sijaitsee kahta eri kuljetintyyppiä, alkuosassa on rullakuljettimia ja loppupäässä on ketjukuljettimia. Oktabiinin täyttö tapahtuu täyttöpaikalla (1.) operaattorin toimesta. Täyttöpaikalla on ohjauspaneeli vaa'alle sekä venttiileille. Täyttöpaikalla sijaitsee myös kuljettimen alla vaaka-anturit. Niin sanottu risteyskohta (3.) toimii kääntöpöydän avulla. Kääntöpöydässä on rullakuljetin, joka on kääntyvän alustan päällä, alusta kääntyy 90°, jotta oktabiini voi jatkaa eri suuntaan. Kuljettimissa huomioitavaa on myös sivusiirto (6.). Sivusiirtoa toteuttavaa kuljetinta tarvitaan, koska tärytin- ja puristinyksikkö on eri linjassa kuin käärintäkone. Kansinostinta (4.) tarvitaan oktabiinikansien nostamiseen riittävän korkealle, että operaattori saa taiteltua sekä nostettua kannen oktabiinin päälle. Valmis ja pakattu oktabiini kulkeutuu varaston puolelle, josta se varastoidaan. Linjaston layout-suunnittelua hankaloittaa pakkaamon päällä sijaitseva torni, jonka portaat sijaitsevat aivan linjaston läheisyydessä. Tornin pohjalla sijaitsee myös sprinklerihuone sekä sähkökaappeja.

5 Pakkauslinjaston nykytilanne

Pakkauslinjaston nykytilanteen kartoitusta varten piti ensin luoda vahva perusta. Laitteet kartoitettiin tyyppikilpien sekä projektiasiakirjojen avulla. Linjastoa on päivitetty vuosien varrella, joten käytössä on monen eri toimittajan laitteita. Vanhimmat laitetoimittajat ovat jo lopettaneet toiminnan, ja tilalle on tullut toisia yrityksiä. Työssä ei tuoda esille laitetoimittajia.

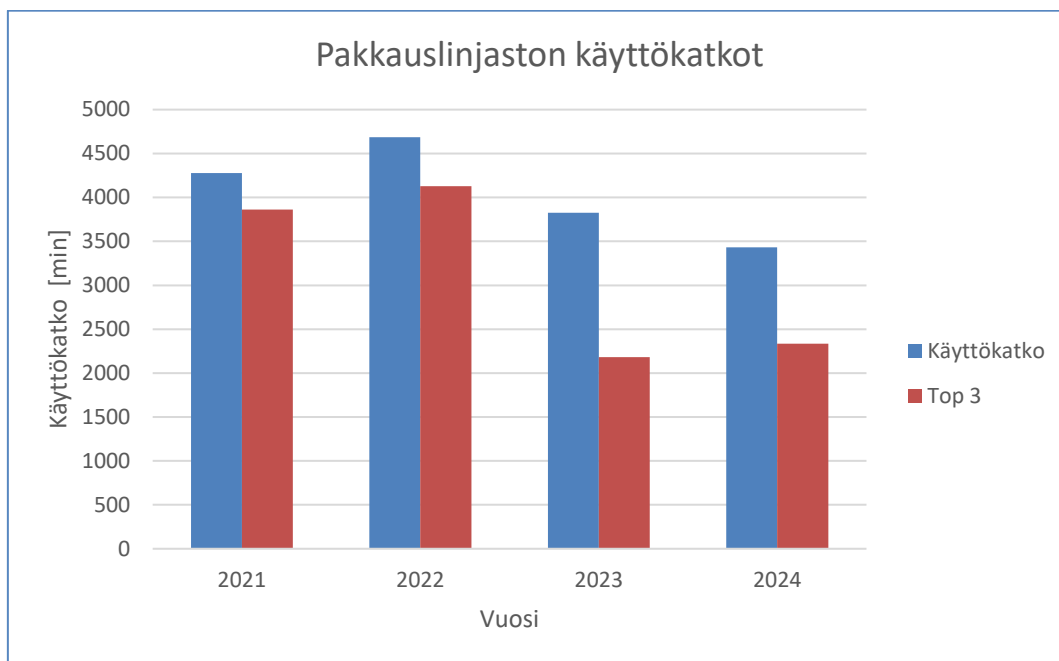
5.1 Pakkauslinjaston kunto

Pakkauslinjaston nykytilanteen kunnan kartoitusta varten jaettiin myös materiaalinkäsittelyn operaattoreille kyselylomake (Liite 1.). Kyselyn avulla saatiin linjaston käyttäjiltä tietoa linjaston nykykunnosta sekä ongelmakohdista. Kyselyyn vastanneista, 76 % olivat sitä mieltä, että linjaston laitteet eivät toimi hyvin. Kyselyn perusteluista selviää, että ongelmakohtia on monia. Perusteluissa ei esiinny isompia poikkeuksia keskenään. Suurimmat ongelmakohteet ovat tarralaitte, käärintäkone sekä kuljettimet. Tämä näkyy myös MHOM:iin kirjatuista käyttökatkoista. Jokaisen kirjauksen kohdalla on myös lyhyt kommentti mistä käyttökatko johtui. Kirjauksista sekä kyselylomakkeen vastauksista selviää, että ongelmia esiintyy eniten sähköpuolella. Kuljettimet esimerkiksi pysähtelevät satunnaisesti tai menevät hälytystilaan ilman syytä. Saman tiedon vahvistaa myös yrityksen mekaanisen kunnossapidon operaattorit.

Linjaston sähköpuoli alkaa selkeästi olemaan päivityksen tarpeessa. Osa sähköpuolen ongelmista johtuvat myös mekaanisista ongelmista, jos esimerkiksi moottorinsuoja aktivoituu, syynä voi olla mekaaninen hankauma tai löysä ketju. Mekaanisen puolen ainoaksi ongelmakohdaksi on koettu olevan kääntöpöytä. Kääntöpöytä on vuosien aikana väljentynyt, sekä tästä johtuen raja-antureiden toiminta on epävarmaa. Muut ongelmakohdat laitteissa ovat normaalia kulumaa, jotka voidaan eliminoida kulutusosia vaihtamalla. TV3-pakkaamossa oktabiini tärytetään jo täytön aikana, jolloin tuote asettuu tiiviimmin parantaen oktabiinin kestoa kuljetuksessa sekä varastoinnissa. Tähän on myös mahdollisuus TV2-pakkaamossa, mutta toiminto ei ole käytössä, johtuen antureiden sijainnista runkorakenteessa. Sijainti antureille on haasteellinen, koska tärytys rikkoo anturit.

5.1.1 Käyttökatkot

MHOM-järjestelmään kirjataan linjaston käyttökatkot. Katkoihin sisältyvät esimerkiksi pakkauslaitteiston puhdistukset, vuoronvaihdot sekä pakkausohjelman puuttuminen kyseisellä linjastolla. Suodattamalla saadaan valittua käyttökatkot johtuen vikatilanteista sekä niihin liittyvistä korjaustöistä. Alla olevassa taulukossa 1, näkyy linjaston käyttökatkot vuosittain vikatilanteiden takia, sekä kolmen eniten katkoja aiheuttavien suuruus, näitä laitteita ovat käärintäkone, kuljettimet sekä tarralaite.



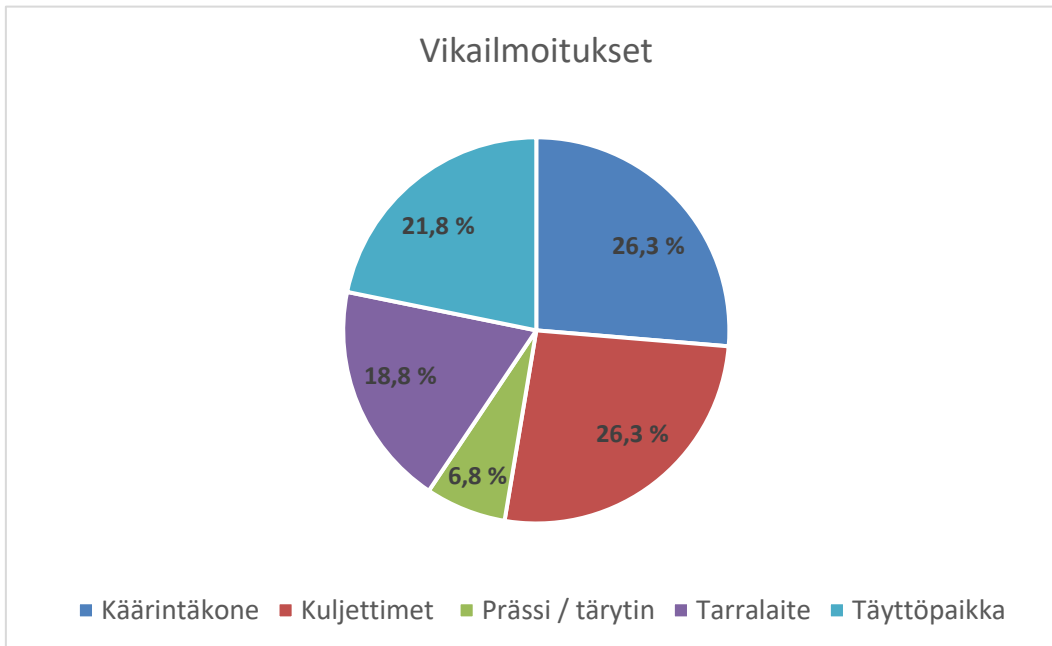
Taulukko 1. Pakkauslinjaston käyttökatkot MHOM kirjauksien perusteella.

Vuonna 2023 tarralaite korjattiin laitetoimittajan toimesta. Korjaustyöt aiheuttivat viikon pituisen käyttökatkon laitteelle, jota ei ole huomioitu taulukossa. Vuorojen välillä on myös eroja, kuinka käyttökatkot kirjataan MHOM-järjestelmään, joten lukema on todellisuudessa korkeampi.

5.1.2 Vikailmoitukset

Yritys kirjaa SAP-toiminnanohjausjärjestelmään laitteisiin liittyvät viat sekä häiriöt. Kirjauksia on löydettävissä vuodesta 1999 eteenpäin. Ilmoituksessa ilmoitetaan vikaantunut laite, kuvaus ongelmasta sekä toivottu korjausaikataulu. Kriittisimmät ongelmat ilmoitetaan ”nollana” tarkoittaen, että laite on korjattava mahdollisimman pian. Oikein tehty vikailmoitus sisältää myös laitteen SAP-tunnuksen, joka helpottaa

laitenkohtaisten vikailmoitusten etsintää. Alla oleva ympyräkaavio on tehty 133 vikailmoituksen perusteella.



Taulukko 2. Vikailmoitukset laitekohtaisesti.

Vikailmoitukset vahvistavat saman kuin MHOM-kirjaukset sekä kyselylomakkeen vastaukset, poikkeuksena täyttöpaikan korkea lukema. Täyttöpaikan vikailmoitusten määrään vaikuttaa jatkuvasti rikkoutuneet vaaka-anturit. Rikkoontumiset ovat vähentyneet huomattavasti täryttimen käytön lopettamisen myötä. Lisäksi iso osa kuljetinvikailmoituksista ovat tehty ennen 2007, jolloin iso osa linjaston kuljettimista uusittiin. Vikailmoitusten etsimisessä hankaloitti puutteelliset laitetunnukset ilmoituksista. Ilmoituksia on yhteensä yli 13 000, joten kaikkien läpikäynti olisi ollut liian haasteellista työn suoritusaikatauluun nähden. SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä pystyy suodattamaan ilmoituksia hakusanan mukaan, joka helpotti etsimistä.

5.2 Jäljellä oleva käyttöikä

Linjasto on alun perin rakennettu 1996, mutta osa kuljettimista sekä käärintäkoneen runko ovat sitä vanhempia. Rullakuljettimet, jotka kulkevat täyttöpaikalta prässin läpi, on rakennettu 1988, samalta toimittajalta on myös tullut kansien nostopöytä sekä risteyksen kääntöpöytä. Käärintäkoneen runko on myös vuodelta 1988. Loput kuljettimet on valmistettu toisen laitetoimittajan toimesta 2007, samana vuonna käärintäkoneelle on tehty isompi uudistus laitetoimittajan toimesta. Johtuen vanhasta paikallaan olevasta

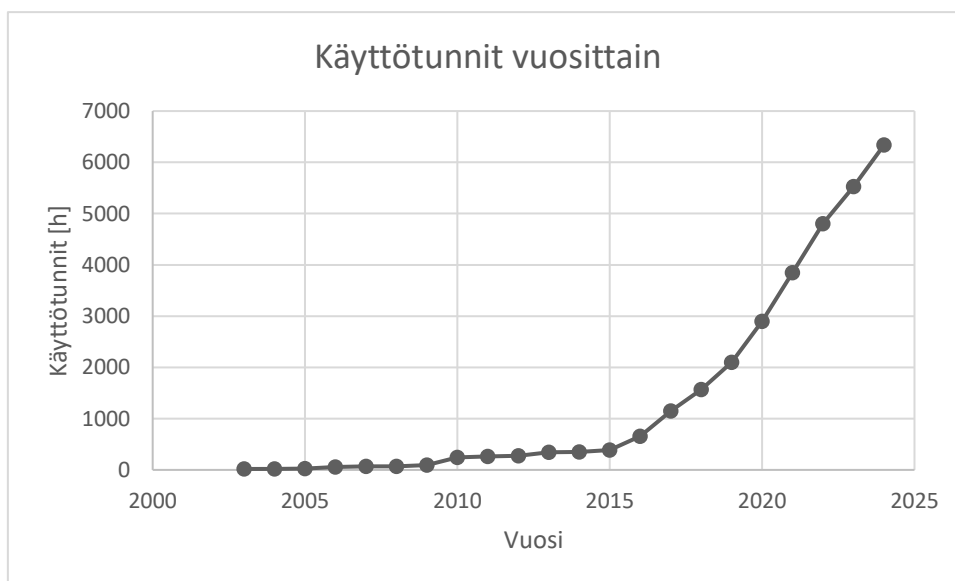
linjastosta piti rakentaa sivusiirto, yhdistämään puristinyksikkö sekä käärintäkone. Puristinyksikkö sekä täyttöpaikka ovat rakennettu 1996, paikallisen laitetoimittajan toimesta.

Jäljellä olevan käyttöiän arviointia varten täytyi selvittää linjaston käyttötunnit. SAP-toiminnanohjausjärjestelmään on kirjattu pakkausmäärät vuodesta 2003 eteenpäin. Lisäksi MHOM:iin on kirjattu linjaston pakkausnopeus. Pakkausnopeutta on tiedusteltu myös osaston henkilöstöltä, jotka olivat samaa mieltä. Näiden perusteella voidaan arvioida linjaston käyttötunnit. Vuosien 2003–1988 käyttötunnit arvioitiin käyttämällä 2004–2009 vuosien keskiarvoa. Alla näkyy kaava minkä, mukaan käyttötunnit on laskettu.

$$\frac{\text{Pakattu määrä (kg)}}{\text{Pakkausnopeus } \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)} = \text{Käyttötunnit (h)} \quad (2.)$$

Käyttötunnit ovat arvioltaan noin 6600 h.

Käyttötuntien arvioinnissa hankaloitti poistetut/arkistoidut SAP-kirjaukset. Ennen 2015 tehtyjä kirjauksia toteutuneista pakatuista määristä ei ollut saatavilla, joten vanhemmissa pakatuissa määrissä on käytetty tilausmääriä arviona pakatusta määrästä. Sekä ennen 2003 ei löytynyt mitään kirjauksia, joten arvioinnissa on käytetty keskiarvoa 2003–2009 vuosien pakatuista määristä. Käyttötunneissa huomioitavaa on, että viime vuosina käyttötunnit ovat kasvaneet huomattavasti. Kuten alla olevasta taulukosta 3 voidaan havaita, vuosina 2020–2024 käyttötunteja on kertynyt noin 140 % enemmän kuin 2015–2019.



Taulukko 3. Pakkauslinjaston käyttötunnit vuosittain.

Linjaston laitteiden laitetoimittajiin on oltu yhteydessä laitteiden varaosasaatavuuden sekä käyttöikään liittyen. Saatujen tietojen perusteella on luotu alla oleva taulukko 4. Arvioinnissa on myös käytetty jo aiemmin tehtyjä selvityksiä laitteiden varaosasaatavuuksista.

Laite	Varaosasaatavuus	Toimitusaika	Käyttöikä
Kuljettimet vanhat	Hyvä	2–6 vk	100 000 h
Kuljettimet	Hyvä	2 vk–3 kk	x
Täyttöpaikka	x	x	20 000 h
Vaaka	Heikko	x	x
Tärytin- ja puristinyksikkö	Tarpeelliset	x	x
Käärintäkone	Tarpeelliset*	x	x
Tarralaite	Hyvä	x	x

Taulukko 4. Laitteiden varaosasaatavuudet ja käyttöikä.

Laitetoimittajien oli hankala arvioida jäljellä olevaa käyttöikää pelkästään iän ja käyttötuntien perusteella. Tarkempi arvio vaatisi laitetoimittajien käynnin paikan päällä. Kaikki laitetoimittajat olivat samaa mieltä siitä, että laitteissa on vielä reilusti käyttöikää jäljellä, mikäli laitteita huolletaan säännöllisesti. Vaa’an varaosasaatavuus on heikko logiikkaan ja sähköihin liittyvien osien kannalta. Vastaava tilanne on käärintäkoneella, mekaanisten osien saatavuus on hyvä, mutta ohjauspuolen varaosasaatavuus on heikko. Tämän takia käärintäkoneen varaosasaatavuuden kohdalla on * merkki. Molemmissa laitteissa on sama tilanne, että suoraan korvaavia osia ei ole saatavilla. Uudet osat vaatisivat isompia muutoksia. Tärytin- ja puristinyksikön laitetoimittaja on vaihtanut toimialaa ja tästä johtuen toiselta toimittajalta on saatavilla kriittisimmät osat laitteen toimintaa varten. Kuljettimiin sekä tarralaitteeseen on saatavilla hyvin osia laitetoimittajien kautta. Itse täyttöpaikka on räätälöity linjastolla ja se on toiminnaltaan hyvin yksinkertainen. Täyttöpaikan varaosat ovat pitkälti yleismallisia, joten niiden saatavuus on hyvä. Kuljettimien ja prässin sähköpuolen varaosasaatavuuksista ei saatu tietoa laitetoimittajilta. Komponentteja on vaihdettu vuosien saatossa päivittämättä piirustuksia, joten kuvien paikkaansa pitävyys olisi hyvä varmistaa.

5.3 Ergonomia

Operaattoreille jaettavassa kyselyssä tiedusteltiin myös täyttöpaikan ergonomiasta. Vastanneista 61 % olivat sitä mieltä, että täyttöpaikan ergonomia ei ole hyvä. Kyselyyn vastanneet käyttivät perusteluina huonoon ergonomiaan täyttöpaikan askelmaa, jonka päälle operaattorin tulee astua oktabiiniä täyttäessä. Tämän lisäksi täyttöpaikan työkorkeus ei ole säädettävissä, joten työergonomia on myös riippuvainen henkilön pituudesta. Kuitenkin 78 % vastanneista näkevät tilan olevan riittävän hyvä työskentelyyn. Toiseksi ongelmalliseksi kohteeksi kyselyyn vastanneet kokivat tarralaitteen sijainnin. Kuten kuvasta 9. näkee, tarralaitte on sijoitettu eri puolelle kuljettimia kuin täyttöpaikka. Mikäli tarralaitteelle täytyy tehdä toimenpiteitä, joutuu operaattori kiertämään koko linjaston. Kuvassa näkyvässä ”syöttö” kohdalla on ylikulku. Laitteiden huollettavuudessa täytyy ottaa huomioon myös ergonomia. Laitteiden huoltoystävällisyys on yleisesti ottaen hyvä, poikkeuksena täyttöpaikan vaaka-anturit. Antureiden sijainti on kuljettimien alapuolella, huoltotöitä varten on nostettava koko täyttölaitteiston runko ylös.

5.4 Kapasiteetti

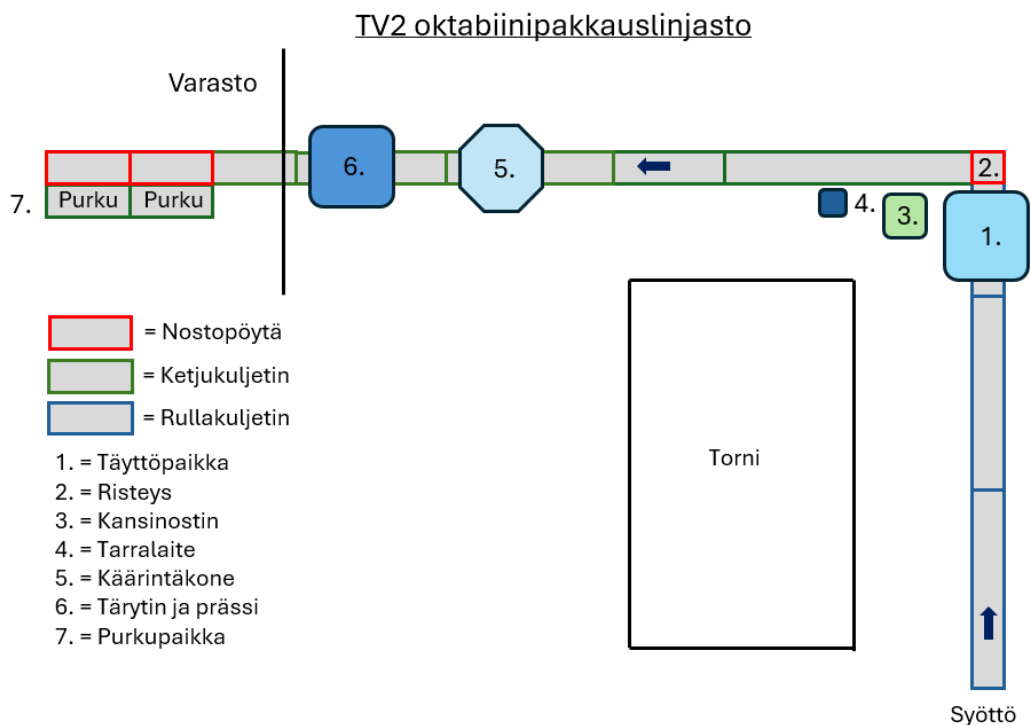
Pakkauslinjastossa ei ole paljoa kapasiteettia rajoittavia tekijöitä. Oktabiinin täyttö tapahtuu osittain manuaalisesti, joten pakkausnopeuteen vaikuttaa myös operaattori. Mikäli laitteisto toimii ongelmitta, pakkausnopeus on nopeampi kuin siirtolinjan nopeus. Pakkaus aloitetaan yleensä vasta pakkaussiilon täytyessä. Pakkaussiilon tyhjentyessä siirto käynnistyy, mutta alhaisen siirtonopeuden ansiosta pakkaussiiloa ei saada täyteen pakkauksen aikana. Pakkausnopeuteen vaikuttaa myös pakattava PO-tuote. Toiset tuotteet siirtyvät tai valuvat nopeammin kuin toiset, tämä riippuu tuotteesta sekä sen karkeudesta. Liukkaammilla laaduilla käärintäkone saattaa hidastaa pakkausnopeutta.

6 Pakkauslinjaston kehitysmahdollisuudet

Työssä on aikaisemmin tuotu esille, että linjasto on päivityksen tarpeessa. Tämän lisäksi laitteisiin liittyvä teknologia on kehittynyt linjaston käyttöönottovuodesta, joten uuden teknologian käyttökohteita olisi paljon. Kehitysmahdollisuuksia selvittäessä on oltu yhteydessä yrityksen Ruotsin Stenungsundin toimipaikkaan. Stenungsundista on saatu tärkeää tietoa uuden, modernimman teknologian omaavasta oktabiinin pakkauslinjastosta. Lisäksi tässä kappaleessa käsitellään nopeasti toteutettavia toimenpiteitä, joilla voidaan parantaa linjaston käytettävyyttä sekä luotettavuutta.

6.1 Layout

Pakkauslinjaston layout-suunnittelua hankaloittaa huomattavasti pakkaussiilojen sijainti sekä pakkaamossa sijaitsevat tornin portaat. Siitä huolimatta laitteiston asettelua voidaan parantaa. Alla (Kuva 10.) on ehdotus linjaston mahdollisesta uudesta layoutista.



Kuva 10. Pakkauslinjaston uusi layout

Pakkauslinjastoon on tehty useampia pienempiä muutoksia, jotka parantaisivat käytettävyyttä huomattavasti. Kuljettimet ovat asetettu samaan linjaan, tämä hävittää sivusiirron tarpeen. Käärintäkone sekä tärytin- ja prässiyksikkö vaihtaisivat sijaintia. Näin oktabiinistä tulisi tukevampi ja sen kesto olisi parempi prässäyksessä, varastoinnissa sekä

kuljetuksessa. Risteyskohdan (2.) kääntöpöytä on korvattu nostopöydällä, kuvassa 7 näkyy toimintaperiaate. Tarralaitte (4.) on sijoitettu lähemmäksi täyttöpaikkaa, tämä helpottaa ja nopeuttaa toimintaa, mikäli tarralaitteella tarvitsee käydä. Purkupaikan toiminta on myös suunniteltu uusiksi. Nykyiseen purkupaikkaan mahtuu vain kaksi oktabiinia samaan aikaan ja tämä johtaa siihen, että pakkauslinjaston käydessä oktabiineja tulee ajaa jatkuvasti pois. Uudessa layoutissa purkupaikan kuljettimia on pidennetty varaston puolelle kahden oktabiinin verran, sekä lisätty toinen rivi. Kuljettimia ei voida jatkaa varaston puolelle pidemmälle, johtuen viereisen lastauslaiturin sijainnista. Pidennetyillä kuljettimilla sekä nostopöydän avulla saadaan varaston kuljettimille mahtumaan jopa 8 oktabiinia samanaikaisesti, tämä helpottaa trukilla operointia.

6.2 Laitteistopäivitykset

Kuten nykytilanteen kartoituksessa on havaittu, kaikki laitteet eivät ole päivityksen tarpeessa. Kuljettimia ei tarvitse päivittää, sillä niissä on vielä käyttöikä runsaasti jäljellä. Hyvän varaosasaatavuuden ansiosta isompi huolto on mahdollista toteuttaa. Isommalla huollolla toimintahäiriöitä saataisiin vähennettyä sekä toimintavarmuutta nostettua.

Kartoituksessa selvisi, että suurimmat ongelmakohteet ovat käärintäkone ja tarralaitte, nämä olisivat uusinnan tarpeessa. Mikäli käärintäkoneen runko on kunnossa, se voitaisiin mahdollisesti hyödyntää uusinnassa. Laitetoimittajaan on oltu yhteydessä tuloksetta. Sähköpuoleen liittyvien osien huonon saatavuuden takia käärintäkone tarvitsisi uuden ohjausjärjestelmän. Yrityksellä on kaksi muuta saman laitetoimittajan käärintäkonetta, jotka omaavat korkeamman kapasiteetin. Tarralaitteen uusinta olisi myös suositeltavaa. Materiaalinkäsittelyssä sijaitsee kolme tarralaitetta samalta toimittajalta ja näissä on havaittu samat ongelmat. Ongelmia syntyy eniten laitteen käynnistyksessä. Käynnistäessä tarralaitte on usein vikatilassa ilman selkeätä syytä ja laitteen toimintakuntoon saamiseen menee huomattava määrä aikaa.

Vaaka on myös päivityksen tarpeessa johtuen heikosta varaosasaatavuudesta. Heikko varaosasaatavuus on iso riski linjastolle, jos vaaka ei toimi, niin pakkaustoiminta pysähtyy. Täyttöpaikan automatisointi olisi hyvä vaihtoehto. Sillä saataisiin työolosuhteita parannettua sekä pakkauslinjaston tehokkuutta nostettua. Automaattinen täyttö vaatisi merkittäviä muutoksia täyttöpaikalle sekä sen yläpuolelle sijaitsevaan yläkertaan.

Laitetoimittajana voisi toimia sama kuin Stenungsundissa. Täyttöpaikan automatisointi vaatisi myös toisen robotin, taittamaan sekä asettamaan kannet oktabiinien päälle. Mikäli automaattista täyttöä ei tulisi, täyttöpaikan ergonomian parannus olisi tarpeen. Säädetävällä työtasolla saataisiin hävitettyä ylimääräinen askelma, joka poistaisi jatkuvan ylös ja alas astumisen. Lisäksi jokainen operaattori saisi itselleen sopivan työskentelykorkeuden. Toteutustapana voisi toimia saksinostin.

Pakkauslinjaston raja-antureiden toimintaa ei ole mahdollista seurata kuin automaatio-ohjelman kautta. Vikatilanteessa operaattori joutuu käydä paikan päällä katsomassa antureita löytääkseen vian tai pahimmassa tapauksessa kutsumaan ohjelmointihenkilön paikalle. Ohjausjärjestelmien päivityksien myötä hyvä vaihtoehto raja-antureille olisi IO-link. IO-link toimii raja-antureiden kytkentäpisteenä, antaen heti tietoa viallisesta raja-anturista. Moduuli kytketään PLC:n lisäksi myös valvontaohjelmaan tai ohjauspaneeliin, helpottaen huomattavasti vikatilanteiden selvitystä. (IO-Link, n.d.). Järjestelmää voidaan käyttää kaikissa laitteissa. Aiheesta on tehty yritykselle toinen opinnäytetyö, joten tässä työssä ei perehdytä syvemmin moduuliin.

7 Heti toteutettavissa olevat toimenpiteet

Pakkauslinjaston nykytilannetta sekä toimintavarmuutta voidaan myös parantaa pienillä toimenpiteillä. Toimenpiteiden avulla yritys saa paremman kuvan pakkauslinjaston nykytilanteesta. Lisäksi on kehitysehdotuksia, miten voidaan muuttaa jokapäiväisiä menetelmiä linjaston parantamiseksi. Alla on listattuna kolme toimenpidettä, joiden avulla voidaan saavuttaa yllä mainittuja hyötyjä.

1. Ennakkohuolto-ohjelma
2. Kartoitus sähköpuolelle
3. Vikatilanteiden selvitys, *Root Cause Analysis*

Ennakkohuolto-ohjelmalla saadaan varmistettua laitteiden toimintavarmuus sekä pitkä käyttöikä. Tarkoituksena on löytää mahdolliset vikakohteet jo ennen laitteen rikkoontumista, vähentäen odottamattomia käyttökatoja. Ennakkohuolto-ohjelma sisältää säännöllisiä tarkastuksia, huoltoja sekä tarvittaessa korjaustoimenpiteitä. Kaikille

laitteille on olemassa laitetoimittajan toimittamat huolto-ohjeet, niitä hyödyntämällä voidaan laatia koko linjastolle ennakkohuolto-ohjelma.

Pakkauslinjaston laitteiden sähköpuoleen liittyviin osiin olisi hyvä tehdä kartoitus. Vaa'alle sekä käärintäkoneelle on tehty kartoitukset, mutta kuljettimista, prässistä tai turvapiireistä ei ole varmaa tietoa. Linjaston korkean iän takia piirustukset eivät välttämättä pidä paikkaansa, komponentteja on vaihdettu sekä päivitetty vuosien saatossa. Tästä johtuen varmuus komponenteista sekä niiden varaosasaatavuudesta tarvittaisiin. Kartoituksessa voi hyödyntää yrityksen instrumentti sekä sähköpuolta.

Vikatilanteissa täytyisi aina selvittää mikä on vian aiheuttanut. Näin saadaan selvitettyä vian juurisyy sekä toimenpiteitä tekemällä ongelmakohta korjattua. Lisäksi saadaan selvityksen kautta estettyä lisävahinkojen syntymistä laitteille. Pidemmällä aikavälillä pakkauslinjaston käyttöaste paranee toistuvien laitevikojen vähentymisen myötä. Lisäksi pitäisi aina vikatilanteen sattuessa dokumentoida miten vika on saatu korjattua.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa oktabinipakkauslinjaston nykytilanne sekä tutkia kehitysmahdollisuuksia. Linjaston nykytilanteen kartoitukseen sisältyi laitteiden ikä, kunto, kapasiteetti, varaosasaatavuus sekä arvioitu jäljellä oleva käyttöikä. Kehitysmahdollisuuksiin sisältyi laitteisto, layout, täyttöpaikan automatisointi, käyttökokemus ja ergonomia sekä mahdolliset laitetoimittaja muutokset. Lisäksi yritykselle annettiin ehdotuksia heti tehtävistä toimenpiteistä pakkauslinjaston nykytilanteen parantamiseksi. Aiheen valintaan vaikutti kasvaneet pakkausmäärät linjastolla sekä uusi valmiita oktabiineja syöttävä linjasto robotteineen. Opinnäytetyöstä rajattiin pois resursointi, PO-tuotteiden varastointi, uusien laitteiden hankinta sekä muut pakkauslinjastot. Niin nykytilanteen kartoituksessa, että kehitysmahdollisuuksissa on käyty keskusteluja osaston henkilöstön kanssa, ja tätä kautta saatu arvokasta sisältöä opinnäytetyöhön. Lisäksi nykytilannetta kartoitettiin myös operaattoreille jaettavan kyselylomakkeen (Liite 1) avulla.

Alkuperäisessä suunnitelmassa opinnäytetyön sisältöön kuului myös sähköpuolen komponentit, mutta työn edetessä ne rajattiin pois. Valintaan vaikutti aikataulu sekä

yrityksen ohjeistus sähkötöihin liittyen. Opinnäytetyöhön saatiin siitä huolimatta riittävästi sisältöä. Muita rajauksia noudatettiin hyvin. Työtä rajoitti myös laitetoimittajien puutteelliset sekä puuttuvat vastaukset sähköpostitse laitettuihin kysymyksiin.

Rajoitteista huolimatta työ antaa yritykselle laajan käsityksen pakkauslinjaston nykytilanteen kunnosta. Linjastolle on ehdotettu uusi layout, tehokkuuden sekä käyttökokemuksen parantamiseksi. Myös laitepäivityksiä sekä toimittajamuutoksia suositellaan. Työn aikana huomattiin myös heti tehtävissä olevia toimenpiteitä pakkauslinjaston parantamiseksi. Toimenpiteillä yritys saisi pakkauslinjaston käyttöastetta ja toimintavarmuutta parannettua.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen sekä haastava, sillä aihe oli laaja ja huomioitavia tekijöitä oli paljon. Yrityksellä on paljon sisäisiä ohjeita sekä sääntöjä, joita piti ottaa huomioon. Aikataulu oli tiukka mutta työ eteni hyvin koko ajanjakson. Lisäksi työn aikana sai käsityksen toimistotyöstä sekä mahdollisista insinöörin tehtävistä. Lopuksi iso kiitos Borealis Polymers Oy:n materiaalinkäsittelyn osastolle opinnäytetyön mahdollistamisesta.

9 Lähdeluettelo

Abbadia, J. (2023). *Mitä eroa on: Kvalitatiivinen vs kvantitatiivinen tutkimus?* Viitattu 11.3.2025.

<https://mindthegraph.com/blog/fi/kvalitatiivinen-vs-quantitatiivinen-tutkimus/>

Alfotec. (n.d.). *Chain conveyor*. Viitattu 27.2.2025.

<https://www.alfotec.com/en/conveyor-elements/conveyor-technology-overview/chain-conveyor/>

Borealis Group. (n.d.). *Borealis Porvoo*. Viitattu 6.2.2025.

<https://www.borealisgroup.com/finland/borealis-porvoo>

Centria ammattikorkeakoulu. (n.d.). *Tutkimuksellinen kehittämistyö YAMK*. Viitattu 11.3.2025.

<https://libguides.centria.fi/c.php?g=691790&p=5201322>

Humlum, A., Munch, J. R., & Plato, P. (2024). *Automation, Injuries, and Stress*.

Copenhagen: The ROCKWOOL Foundation Research Unit

IO-Link. (n.d.). *What is IO-link?* Viitattu 24.4.2025.

https://io-link.com/en/Technology/what_is_IO-Link.php?thisID=76

Keegan, D. (2024). *What is Industrial Automation?* Viitattu 25.2.2025.

<https://joinerservices.io/what-is-industrial-automation/>

Kerr, D. (2023). *Machine & Process Safety Assessment Group Top 10 Machine Safety Devices*. Viitattu 18.3.2025.

<https://www.mpsasafety.com/blog/ten-common-machine-safety-devices?form=MG0AV3>

Logistiikan Maailma. (2024). *Pakkaaminen toimintona*. Viitattu 24.3.2025.

<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/pakkaaminen/pakkaaminen-toimintona/>

New, E. (2024). *OEE – Learn How to Use It Right*. Viitattu 5.3.2025.

<https://www.industryweek.com/operations/quality/article/21964143/oe-learn-how-to-use-it-right>

- Ocado, (2019). *What is a conveyor system? Definition and more*. Viitattu 26.2.2025.
<https://ocadointelligentautomation.com/insights/what-is-a-conveyor-system>
- Opetushallitus. (n.d.). *Automaatiojärjestelmä*. Viitattu 25.2.2025.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html
- Packaging machinery. (n.d.). Viitattu 24.3.2025.
https://en.wikipedia.org/wiki/Packaging_machinery
- Peltonen, M. (2022). *Toiminnallinen turvallisuus on muutakin kuin sertifioituja turvakomponentteja*. AFRY. [Toiminnallinen turvallisuus on muutakin kuin sertifioituja turvakomponentteja | AFRY](#)
- Pinja Blogi. (2022). *Mitä on OEE / KNL?* Viitattu 3.3.2025 <https://blog.pinja.com/fi/mita-on-oee-knl>
- Sen, S. K.; & Dey, C. (2020). *Industrial Automation Technologies*. Boca Raton: CRC Press.
- Stephens, M. P. (2019). *Manufacturing Facilities Design & Material Handling: Sixth Edition*. West Lafayette: Purdue University Press
- Sysi-Aho, J., & Tynkkynen, M. (2022). *Työtaturmien määrä ja taajuus nousivat teollisuudessa viime vuonna – pitkän aikavälin trendi silti selvästi laskeva*. Haettu: Tapaturmavakuutuskeskus.
- Törnroos, S. (n.d.) A. *Ota tuotannon pullonkaulat haltuun OEE:n avulla*. Viitattu 3.3.2025.
<https://www.novotek.com/fi/insight/ota-tuotannon-pullonkaulat-haltuun-oeen-avulla/>
- Törnroos, S. (n.d.) B. *Tuotannon Six Big – hukkatekijöiden eliminointi OEE:n avulla*. Viitattu 4.3.2025. <https://www.novotek.com/fi/insight/tuotannon-six-big-hukkatekijoiden-eliminointi-oeen-avulla/>
- Westcott, J. R., Gupta, A.K., & Arora, S.K. (2016). *Industrial Automation and Robotics*. Boston: Mercury Learning and Information.

Liite 1. Operaattoreille jaettu kyselylomake

Kysely TV2 laatikoinnin laitteista

Kyselyn tarkoitus on kartoittaa käyttäjien mielipiteitä linjaston tämänhetkisestä kunnosta. Vastauksista saadaan arvokasta sisältöä ja aineistoa opinnäytetyöhön. Työssä ei näy nimiä eikä yksityiskohtaisia vastauksia, kyselyä käytetään vain tiedon keräykseen.

Kysymykset koskevat kaikkia TV2 laatikoinnin ”vanhan osan” laitteita

1. Koetko että TV2 laatikoinnin laitteet toimivat hyvin? (onko **toistuvasti** häiriöitä/konerikkoja)

kyllä ei

Mikäli vastasit ei, kuvailisitko tarkemmin toistuvia häiriöitä/konerikkoja:

2. Mitkä koet linjaston hyviksi ja huonoiksi puoliksi?
hyvät puolet:

huonot puolet:

3. Koetko että laatikon täyttöpaikan:

a. työergonomia on hyvä kyllä ei

b. tila on riittävä työskentelyyn kyllä ei

Mikäli vastasit jompaankumpaan kysymykseen ei kuvailisitko: (esim. laatikko liian kaukana, liian matalana yms.)

4. Jos on kiinnostusta osallistua keskusteluun missä jutellaan enemmän aiheesta kirjoita nimesi (nimiä ei tuoda työssä esille). _____