



Joel Harilainen

Voitelujärjestelmien kokoonpano- prosessin kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

24.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Joel Harilainen
Otsikko: Voitelujärjestelmien kokoonpanoprosessin kehitys
Sivumäärä: 39 sivua
Aika: 24.5.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka
Ammatillinen pääaine: Koneautomaatio
Ohjaajat: Lehtori, Pekka Hirvonen
Asennus- ja huoltopäällikkö, Niko Vierimaa

Opinnäytetyön tilaajana toimi YTM-Industrial. Työ tehtiin keskusvoitelukomponentteja valmistavalle Vantaan toimipisteelle. Opinnäytetyön aiheena on kokoonpanoprosessin kehitys.

Opinnäytetyössä selvitettiin YTM-Industrialin keskusvoitelujärjestelmien kokoonpanoprosessin ongelmakohtia ja kehitettiin niitä. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa tehdyn työn tuottavuutta ja tehokkuutta. Selvitys- ja kehitystyön tuloksena saatiin tietoa nykyisestä kokoonpanoprosessista sekä kehitysehdotuksia tulevaisuutta varten.

Selvitys toteutettiin mittaamalla yleisimpien työvaiheiden läpimenoaikoja, joiden pohjalta saatiin selville prosessia hidastavat työvaiheet. Selvityksen pohjalta luotiin kehitysideoita, joista valittiin kolme jatkoselvitykseen. Valittuja kehitysideoita verrattiin toisiinsa ajan ja rahan perusteella. Lopuksi ideoista tehtiin investointilaskelmat, joihin pohjautuen tehtiin muutosehdotuksia.

Avainsanat: Kehittäminen, Tuotanto, Kokoonpano

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Joel Harilainen
Title: Development of the Central Lubrication System Assembly
Number of Pages: 39 pages
Date: 24 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Machine Automation
Supervisors: Pekka Hirvonen, Senior lecturer
Niko Vierimaa, Installation and maintenance manager

This thesis was commissioned by YTM-Industrial. The work was executed at the Vantaa office that manufactures central lubrication components. The topic of this thesis is the development of the assembly process.

The examination was carried out by measuring the throughput times of the most common work steps, which revealed the work steps that slow down the process. Based on the examination, development ideas were created, from which three were selected for further clarification. The selected development ideas were compared in terms of time and costs. Finally, investment calculations were made for the ideas, based on which change proposals were made.

The thesis examined the problem areas of YTM-Industrial's central lubrication systems assembly process and discovered improvements for them. The goal of this thesis was to improve the productivity and efficiency of the work done. As a result of the examination and development work, information about the current assembly process and recommendations for future improvements were obtained.

Keywords: Development, production, assembly

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet ja rajaukset	1
1.2	YTM-Industrial Oy	2
2	Prosessin kehitys ja investointi	3
2.1	Progressiivinen voitelujärjestelmä	3
2.2	Nykytila-analyysi	3
2.3	Läpimenoaika	5
2.3.1	Työntutkimus	5
2.3.2	Läpäisyajan lyhentäminen	6
2.4	Työaika	7
2.5	Investointi	8
2.5.1	Investoinnin riskit ja epävarmuudet	8
2.5.2	Investointilaskelma	9
3	Nykytilanne	11
3.1	Nykyinen prosessi	11
3.1.1	Esivalmistelu	12
3.1.2	Kokoonpano	15
3.1.3	Testaus ja pakkaus	16
4	Selvitys ja kehitys	17
4.1	Nykyisen prosessin kellotus	17
4.2	Kellotuksen tulokset	19
4.3	Kehitys	22
4.4	Laskelmat	24
4.5	Investointilaskelmat	29
5	Tulokset	33
5.1	Käytäntöön vietävät asiat	34
5.2	Muuta kehitettävää prosessissa	36
6	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

Lyhenteet

KET Keskeneneräinen työ

WIP Work in progress

1 Johdanto

Prosessin kehitys on merkittävä edistysaskel yrityksen kasvun kannalta. Prosessilla tarkoitetaan useasta eri vaiheesta koostuvaa toimintaketjua, jonka seurauksena syntyy valmis tuote tai palvelu. Kehittämällä näitä toimintaketjuja yritys pysyy kilpailukykyisenä, modernina ja kustannustehokkaana. Prosessin kehittämiseen on olemassa useita tapoja. Olennaista näissä kaikissa on silloisen lähtötason selvittäminen, tavoitteiden asettaminen ja suunnitelma siitä, miten tavoitteeseen aiotaan päästä.

Tämän insinööriyön aiheena on voitelujärjestelmien kokoonpanoprosessin kehittäminen ja sen kannattavuuden parantaminen. Työtä tehdään prosessin kehittämisen kannalta, eli tutkitaan nykytilanne, selvitetään mahdolliset tuotannon kehityskohteet ja etsitään niille ratkaisuja.

1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Insinööriyön tavoitteena oli teknisiä laitteita ja komponentteja valmistavan YTM-Industrialin tuotantoprosessin kehitys. Työ tehdään keskusvoitelukomponentteja valmistavalle Vantaan toimipisteelle. Nykyään paljon hidasta, yksinkertaista ja manuaalista työtä sisältävää kokoonpanoprosessia halutaan kehittää tuottavammaksi ja tehokkaammaksi.

Työssä selvitettiin kokoonpanoprosessin ongelmakohtia ja kehitettiin niihin uusia ratkaisuja. Kokoonpanoprosessista käsitellään voitelujärjestelmien jakajien kokoonpano- ja selvitystyötä. Tavoitteena oli kehittää tuotteille lyhyempi läpimenoaika, suurempi tuottavuus nykyisillä resursseilla sekä vähentää manuaalista työtä.

Työn tuloksena muodostuu selkeä kuva nykyisestä kokoonpanoprosessista, selviää prosessin mahdolliset pullonkaulat sekä syntyy kehitysideoita prosessin

parantamiseksi. Kehitysideoille tehdään investointilaskelmat, joiden perusteella tehdään ehdotukset prosessin muuttamisesta.

1.2 YTM-Industrial Oy

YTM-Industrial Oy on perustettu vuonna 1977. Yhtiön tarina alkaa Seosmetalli Oy:stä. Seosmetalli oli oman aikansa teknisen maahantuontikaupan ”korkeakoulu”, joka koulutti nuoria henkilöitä alalle. Seosmetallin johdon riitaantuessa vuonna 1976, päätti neljä sen aikaista työntekijää perustaa seuraavana vuonna oman yrityksen eli YTM:n. Toiminta alkoi nimellä YTM-Yhtyneet Teräsmestarit OY, mutta vaihtui vuonna 1987 nykyiseen muotoonsa YTM-Industrial Oy, kun se liittyi osaksi kansainvälistä Indutrade-ryhmää. Indutrade on ruotsalainen yritys, joka hankkii ja kehittää korkean teknologian yrityksiä. Indutrade:n kuuluu 200 tytäryhtiötä 28 eri maassa. YTM-Industrial työllistää noin 100 henkilöä ja sen liikevaihto on noin 40 miljoonaa. (YTM-industrial Historiikki 2017: 6–9.)

YTM-Industrial on erikoistunut erilaisten teknisten laitteiden, komponenttien ja järjestelmien myyntiin, suunnitteluun sekä jälkipalveluihin. Sen palveluihin kuuluu monipuolisesti koko laitteen hankinta aina laitteen suunnitellusta ja asennuksesta sen huoltoihin. Asiakkaina sillä on erilaisia teollisuuden yrityksiä ympäri Suomea. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Vantaalla, jossa myös opinnäytetyön aiheena oleva tuotekokoonpano tapahtuu.

Opinnäytetyö tehdään Vantaan keskusvoitelujärjestelmien kokoonpano-osastolle. Vantaan kokoonpano-osastolla työskentelee 6 ihmistä. Osastolla kootaan, testataan ja pakataan keskusvoitelujärjestelmiä käsityönä. Kokoamisprosessissa on havaittu pullonkaulakohtia, eli työvaiheita, jotka hidastavat koko prosessin toimimista täydellä kapasiteetilla. Tällä opinnäytetyöllä lähdetään selvittämään ja kehittämään näitä työvaiheita.

2 Prosessin kehitys ja investointi

Menestyvän yrityksen kilpailukyky perustuu hyvään suorituskykyyn, joka koostuu oikeanlaisista resursseista ja prosesseista. Prosessi on erilaisia toimenpiteitä peräkkäin, joilla pyritään haluttuun lopputulokseen. Prosessin kehittäminen alkaa sen nykytilan tutkimisesta ja kuvaamisesta. (Nieminen 2016: luku 4.2.)

2.1 Progressiivinen voitelujärjestelmä

Progressiivisia voitelujärjestelmiä käytetään pienissä ja keskikokoisissa koneissa, jotka vaativat jatkuvaa voitelua. Tällaisia ovat esimerkiksi kaivinkoneet, nosturit tai maatalouskoneet. Progressiiviset jakajat ovat mäntäjakajia, jotka erottavat päälinjaa pitkin eri ulostuloihin syötettävän voiteluaineen. Annosteluelementtien mäntiä liikutetaan määrättyssä järjestyksessä. Kyseinen liike saa männät syrjäyttämään voiteluainetta, joka pumpataan poisto aukon kautta voitelukohtaan. Progressiivisessa järjestelmässä voitelu on jatkuvaa niin kauan kuin pumppu on toiminnassa. Kun pumppu pysähtyy, myös progressiivisen annostelulaitteen männät pysähtyvät sen hetkisiin asentoihinsa. Kun pumppu jälleen alkaa syöttää voiteluainetta, männät jatkavat siitä mihin ne jäivät. Pumpun yhden ulostulon progressiivinen piiri pysähtyy, kun yksikin voitelupiste on tukossa. Tukos toimii ohjauskeinona ja pakottaa huoltamaan järjestelmän. (Progressive lubrication systems 2024; Progressive lubrication system 2024.)

2.2 Nykytila-analyysi

Nykytila-analyysin avulla saadaan selville mahdolliset kehittämiskohteet ja näistä luodaan kehittämissuunnitelmat (Nieminen 2016: luku 4.2). Kehittämiskohteiden löytämistä varten on tuotanto hyvä jakaa välitavoitteisiin. Tuotannolle merkittäviä välitavoitteita ja samalla kehittämisen kohteita ovat:

Läpimenoaika kertoo ajan, joka tuotteella menee läpäistä prosessi tai sen vaihe. Mitä lyhyempi tuotteen läpimenoaika on, sitä parempi on tuotteiden

toimitusaika, toimituksien joustavuus sekä organisaation keveys. Lyhyt läpimenoaika kertoo, että järjestelmä toimii hyvin.

Kerralla valmiiksi -tekniikan idea on, että kukin osa valmistuu yhdessä työvaiheessa ja työ tehdään kirjaimellisesti kerralla valmiiksi, jolloin virheettömästi tehtyyn työhön ei tarvitse palata. Näin ollen työvaiheketjut lyhenevät, jonka seurauksena myös läpäisyajat lyhenevät. Tekniikan avulla organisaatio kevenee ja sen ohjattavuus paranee.

Lyhyet asetusajat mahdollistavat pienet valmistuserät, ja näin ollen tuotannon ohjaamisen tilausten perusteella.

Sisäinen asiakkuus on välitavoite, jossa jokaista seuraavaa vaihetta tuotteen valmistuksessa tulee pitää asiakkaalle tehtävänä. Tarkoittaen työn laatua sekä sisäisiä toimitusaikoja.

Varastoton valmistus on Yhdysvalloista lähtenyt tavoitemalli. Suuri varasto on riski ja kätkee taakseen mahdollisia tuotannon ongelmia. Varastottomuuteen pyritään ajoittamalla tuotteen valmistus ajankohtaan juuri ennen tarvetta.

Kevyt organisaatio eli lean-menetelmä. Lean-menetelmän avulla pyritään tuotteen valmistuksesta poistamaan kaikki se toiminta, mikä ei kasvata tuotteen jalostusarvoa.

Automaatiolla pyritään suunnittelun ja valmistuksen automatisointiin. Tällä tavalla prosessia rationalisoidaan voimakkaasti. Se pakottaa laittamaan edellytykset kuntoon ja näin ollen se välillisesti selkeyttää prosessia.

Modulaarinen tuote kertoo, että tuotteen asiakasversio pyritään tarjoamaan niin, että muutoksista huolimatta se on valmiiksi suunniteltu ja sen valmistusvalmiudet ovat olemassa.

(Lapinleimu ym. 1997: 41–42.)

2.3 Läpimenoaika

Tässä opinnäytetyössä keskitytään erityisesti läpimenoajan eli läpäisyajan parantamiseen yrityksen antamien tietojen perusteella. Läpäisy aika, niin kuin aikaisemmin mainittiin, on erinomainen indikaattori hyvin toimivasta järjestelmästä, sillä sitä ei yksinkertaisesti saa lyhyemmäksi toimimalla huonosti.

Lyhyt läpäisy aika mahdollistaa lyhyet toimitusajat, joka taas antaa lisää pelivaraa tuotannon ajoitukseen ja näin parantaa koko tuotannon ohjattavuutta. Erityisesti asiakasohjautuvassa tuotannossa, eli tilausten perusteella tehtävässä valmistuksessa, edellytetään läpäisyajan saamista pienemmäksi kuin haluttua toimitusaikaa. Näiden ollessa samat, tuotannon kuormitus riippuisi täysin myynnistä, joka ei tietenkään antaisi toivottua tulosta. Asiakasohjautuvassa tuotannossa ei tarvita tuotevarastoja. (Lapinleimu ym. 1997: 55.)

Lyhyen läpäisyajan tuotannossa tuotteita valmistetaan peräkkäin eikä rinnakkain. Peräkkäin valmistus tarkoittaa, että työ tehdään kerralla valmiiksi. Koska töitä on vähemmän tekeillä samaan aikaan, on työn järjestely helpompaa ja keskeneräiseen tuotantoon sidottava pääoman tarve pienempi. Keskeneräisen työn, eli KET tai WIP, määrä on suoraan verrannollinen läpäisy aikaan. WIP on lyhenne sanoista work in progress. (Lapinleimu ym. 1997: 55.)

2.3.1 Työntutkimus

Työntutkimus tarkoittaa tutkimusta, jolla tutkitaan ihmisten, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminnan järjestelmällistä selvitystä tarkoituksena löytää paras menettelytapa. Lisäksi päämääränä hyvien työolosuhteiden ja työn suorittamiseksi tarvittavan ajan määrittäminen. Määritelmän mukaan voidaan työntutkimusta soveltaa laaja-alaisesti koko tuotantojärjestelmään. (Haverila ym. 2009: 490.)

Työnmittaus tarkoittaa työntekijöiden tuoteyksikköä kohden tekemän työmäärän tutkimista. Työmäärää arvioidaan kokeneen työntekijän normaalioloissa

tekemän työn pohjalta. Tätä työmäärää käytetään mm. työmenetelmien vertailuun, tuotteiden hinnoitteluun sekä valmistusmenetelmien kehittämisessä. (Haverila ym. 2009: 490.)

Työnmittauksessa voidaan käyttää mm. Kelloaikatutkimusta. Kelloaikatutkimus voidaan suorittaa normaaliaikatutkimuksella, kun työt ja niiden työvaiheet toistuvat samanlaisina. Työ jaetaan tarkoituksenmukaisesti pieniin osiin, joita voidaan sitten mitata erikseen. (Haverila ym. 2009: 492–493.)

2.3.2 Läpäisyajan lyhentäminen

Valmistuksen läpäisy aikaan kevyessä ja keskiraskaassa tuotannossa vaikuttaa vaiheketjujen pituudet sekä jossain määrin eräkoot. Vaiheketjuja lyhentämällä voidaan lyhentää osavalmistuksen läpäisy aika.

Vaiheketjuja voidaan lyhentää

- konstruktiomuutoksin
- monitoimisin konein
- yhdistelemällä eri vaiheita soluperusteisella valmistusjärjestelmällä.

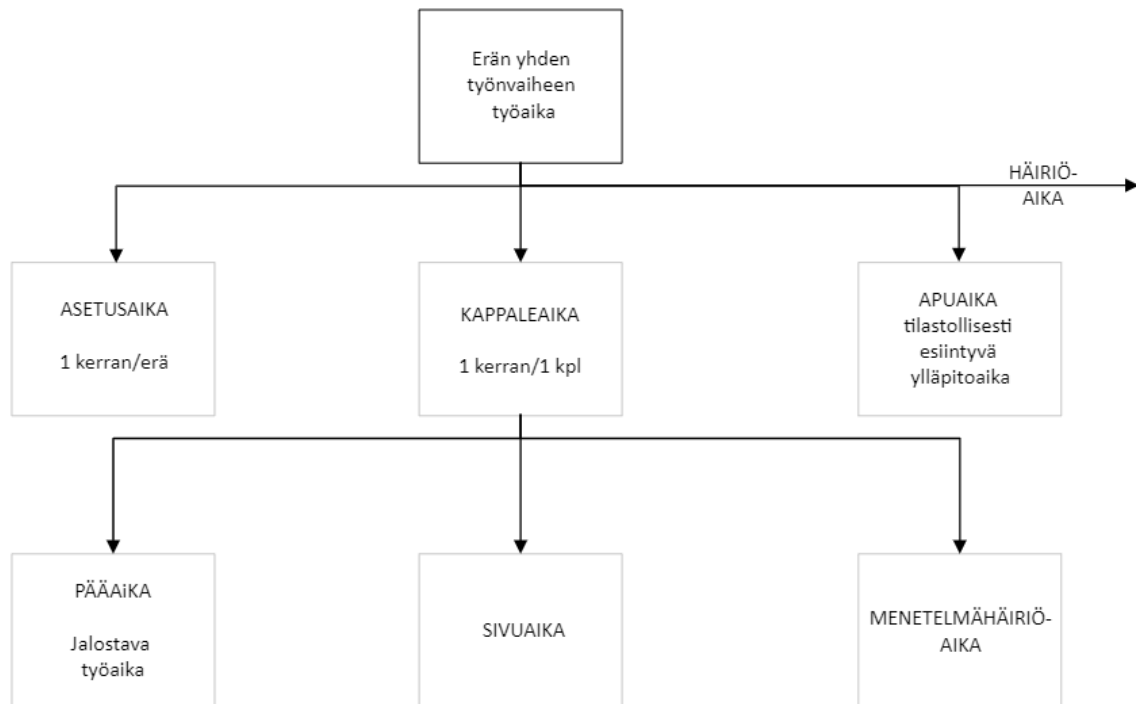
Kokoonpanon läpäisy aika voidaan pienentää

- hajauttamalla kokoonpanotyö rinnakkain tehtävissä olevien osakokoonpanojen avulla
- kehittämällä osien ohjaus sekä valmistus häiriöttömäksi.

Tuotannon kokonaisläpäisy aikaan vaikuttaa oman valmistusprosessin läpäisy lisäksi tilauskohtaisten materiaalien hankinnat. Materiaalien hankinta saattaa olla ratkaiseva tekijä läpäisyajan kokonaisuudessa. (Lapinleimu ym. 1997: 56–58.)

2.4 Työaika

Työaika koostuu asetusajasta, kappaleajasta sekä apuajasta. Näiden lisäksi on häiriöaikaa. Häiriöaikaa on kaikki tuotantoa seisottava aika, kuten sähkökatkot, konerikot tai lakot. (Lapinleimu ym. 1997: 49.) (Kuva 1).



Kuva 1. Työajan jakautuminen (Lapinleimu ym.1997: 50).

Asetusaika tarkoittaa aikaa, joka kuluu valmistettavan tuotteen vaihtoon liittyviin toimenpiteisiin. Erätuotannossa on aina eränvaihto, jossa asetus aika on kerran yhtä erää kohti (Lapinleimu & muut 1997, 49). Erätuotanto tarkoittaa, että tuotteita valmistetaan valmistuserissä. Tuotetta valmistetaan toistuvasti, mutta ei kuitenkaan koko ajan. (Tuotantotyyppit 2024.)

Kappaleaika jakautuu pääaikaan, sivu aikaan ja menetelmähäiriö aikaan. **Pääaika** tarkoittaa aikaa, jossa itse työ tapahtuu, eli lastu lentää ja kone käy. **Sivuaika** tarkoittaa kaikkea sitä aikaa, jolloin valmistellaan pääajalla tapahtuvaa työskentelyä. Näitä voivat olla esimerkiksi kappaleiden tuominen työpaikalle, työstettävien kappaleiden kiinnitys tai irrotus, sekä erilaiset mittaukset. **Menetelmähäiriöaika** tarkoittaa aikaa, joka kuuluu erilaisiin menetelmään kuuluviin

häiriöihin. Esimerkiksi raskaiden tuotteiden valmistuksessa poraaminen aiheuttaa todennäköisesti jossain kohtaa poran katkeamisen. Menetelmähäiriöaika eroaa varsinaisesta häiriöajasta sillä, että se voidaan käsitellä tuotteesta ja menetelmästä riippuvaisena suureena. Normaalin häiriöajan esiintyminen on niin satunnaista, että tilastollinen käsittely on todella epätarkkaa.

Apuaika tarkoittaa tuotantoedellytysten ylläpitoon kuluvaan aikaan. Tällaisia voi olla esimerkiksi koneiden kuluvien osien, kuten terien vaihdot tai koneiden puhdistukset ja voitelut. Apuaikaan lasketaan myös työntekijöiden muuhun kuin työntekoon käyttämä henkilökohtainen aika. Näitä ovat esimerkiksi tauot, ruokailu tai WC-käynnit. (Lapinleimu ym. 1997: 50–52.)

2.5 Investointi

Investointi on rahan käyttöä, jonka tarkoituksena on tulon hankkiminen tai kustannussäästöjen aikaansaaminen (Alhola & Lauslahti 2009: 162). Investoineille tyypillisiä ominaispiirteitä ovat pääomia sitova luonne, riskit, useiden vuosien aikana kertyvät tulot ja suuri merkitys liiketoiminnan tulevaisuuden kannalta (Puolamäki & Ruusunen 2009: 23).

Investointeja on kahdenlaisia: rahoitusinvestointeja sekä reaali-investointeja. Rahoitusinvestoinnit ovat yleisiä pankki- ja vakuutustoimialalla, ja niitä ovat esimerkiksi arvopaperihankinnat, kuten osakkeet. Reaali-investoinneissa rahaa sijoitetaan yrityksen omaan toimintaan, esimerkiksi kun rahaa sidotaan menoina tuotannontekijöihin, kuten koneisiin tai rakennuksiin. Reaali-investointeja voi myös olla tietyt tuotekehitysprojektit tai laajat markkinointikampanjat. (Alhola & Lauslahti 2009, 162; Puolamäki & Ruusunen 2009: 23.)

2.5.1 Investoinnin riskit ja epävarmuudet

Investointipäätöksen vaikutukset kantavat pitkälle tulevaisuuteen ja yleensä päätöstilanne on monimutkainen. Monimutkaisuus johtuu tulevaisuuden tekijöistä, jotka voivat monesti olla jopa toisiinsa nähden ristiriidassa. (Alhola &

Lauslahti 2009: 162.). On mahdotonta tietää kaikkia tapahtumia mitkä tulevaisuudessa tulevat vaikuttamaan yrityksen toimintaan. Liiketoiminnan tuottoihin kohdistuvaa epävarmuutta kutsutaan riskiksi. (Puolamäki & Ruusunen 2009: 23.)

Tulevaisuuden epävarmuuksien vuoksi investoinnin aiheuttamat kassavirrat ovat todella haasteellisia tunnistaa. Koska kassavirtojen täydellinen tunnistaminen on vaikeaa, on parempi keskittyä oleellisiin osatekijöihin, jotka vaikuttavat investointeihin. Useimmiten investointilaskelmissa todelliset vaikutukset ja epävarmuuteen liittyvät tekijät jäävät suppeiksi ja rajoittuneiksi. Investointilaskelmia tehdessä, on tärkeää määrittää tuottojen ja kustannusten ja niiden välisten suhteiden ennustamistarkkuus. Kassavirtoja on syytä analysoida erityisen huolellisesti, sillä useimmiten tehtyä investointia ei voi perua ja huono investointi voi olla yrityksen taakkana vielä monia vuosia sen valmistumisen jälkeen. (Ikäheimo ym. 2019: 174.)

2.5.2 Investointilaskelma

Investointilaskelmien perusajatuksena on vertailla investoinneista aiheutuvia tuloja ja menoja pitkällä aikavälillä. Yritysten pääomat ovat yleisesti siinä määrin pieniä, että jokaista investointikohdetta ei voida toteuttaa, joten käytännössä yrityksen sisällä on koko ajan ns. kilpailevia investointikohteita. Kohteiden järjestys on yleensä monen tekijän summa, mutta suurin yksittäinen vaikutus järjestyseen on investoinnin tuotolla. (Alhola & Lauslahti 2009: 165.)

Perusongelmat investointilaskelmissa liittyvät eri ajankohtina realisoituihin tulo- ja menovirtoihin, jolloin ne eivät ole samanarvoisia. Näiden vertailukelpoiseksi saamiseen käytetään apuna laskentakorkokantoja. Investointilaskennan perusratkaisussa eri ajankohtana realisoituneet tulo- ja menovirrat saadaan samaan ajankohtaan laskentakorkokantojen avulla, jolloin saadaan sekä koron että inflaation vaikutus huomioitua. Käytännössä laskentakorkokanta on minimituotto-vaatimus, jonka jokaisen hyväksytyin investoinnin on täytettävä. (Alhola & Lauslahti 2009: 163–164.)

Kun halutaan siirtyä ajassa taaksepäin ja laskea jossakin tulevaisuudessa olevan rahasumman arvo nykyhetkellä, kutsutaan sitä diskonttaamiseksi. Diskonttauksella voidaan myös selvittää alkuperäisen pääoman määrä ja näin ollen kyseessä on siis koronkoron vastakohta eli prolongoinnin vastakohta. Prolongoinnin avulla voidaan siis laskea paljonko sijoitettu pääoma kasvaa korkoa korolle määritetyn ajan kuluessa. (Alhola & Lauslahti 2009: 167–168.)

$$k = \frac{1}{(1+i)^n} \cdot K_n \quad (1)$$

k = summan nykyarvo

i = korkokanta

n = aika

K_n = Maksettava tai saatava pääoman määrä

Investoinnissa huomioon täytyy ottaa myös takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaika tarkoittaa aikaa, joka kuluu investoinnista siihen, että koko sen kulut on katettu, eli päästään omilleen. Yksinkertaisimmillaan takaisinmaksuaika saadaan kaavasta investoinnin hankintameno jaettuna nettotuotolla. Tässä ongelmaksi kuitenkin syntyy, että tulos ei ota huomioon korkoa. Korko on kuitenkin mahdollista sisällyttää laskuun diskonttaustekijää käyttämällä. Tässä tapauksessa vuotuinen nettotuotto diskontataan investoinnin alkuhetkeen. Tämän jälkeen diskontattua nettotuottoa verrataan investoinnin hankintamenoon samalla tavalla kuin edellä ja näin ollen voidaan tarkistaa, kuinka monta vuotta diskontatuilla tuiloilla menee hankintamenon kattamiseen. (Alhola & Lauslahti 2009: 178; Takaisinmaksuaika 2024: Verkkoaineisto Pankkiasiat.)

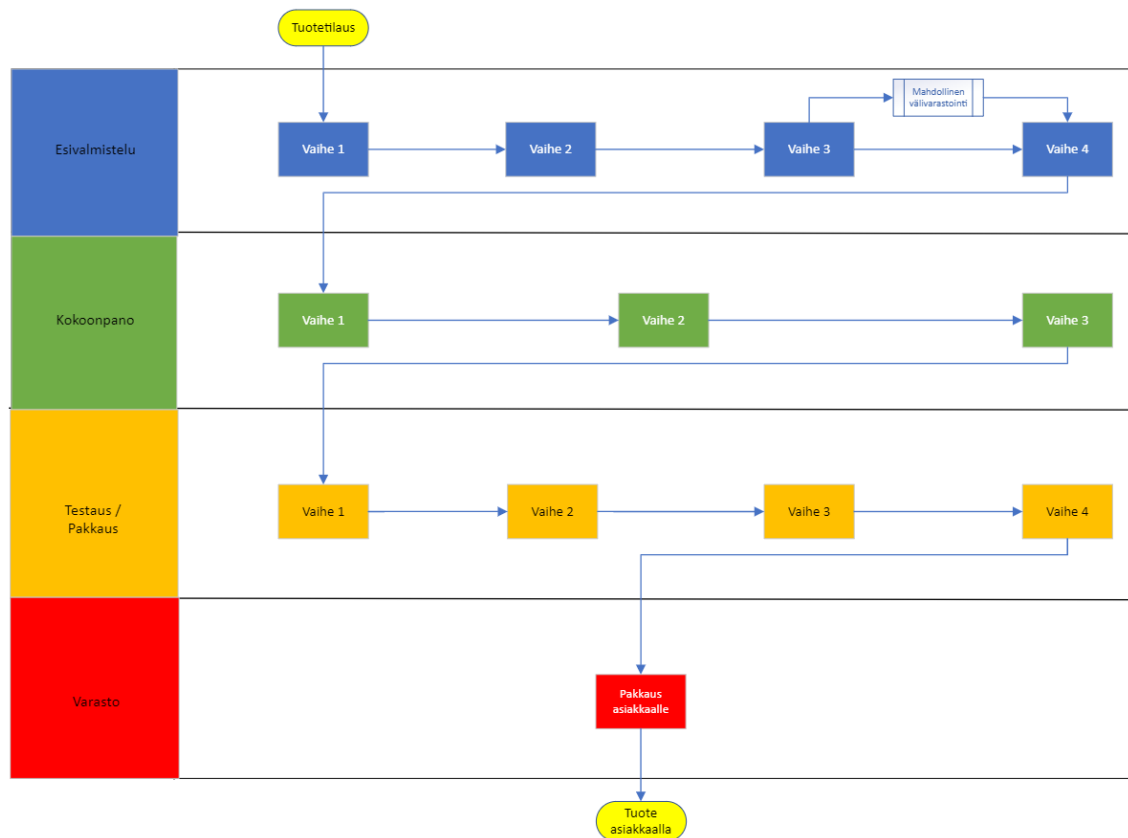
$$\frac{\text{Investoinnin hankintameno (euroa)}}{\text{Nettotuotto (euroa)/vuosi}} = \text{Takaisinmaksuaika} \quad (2)$$

Nettonykyarvomenetelmällä lasketaan investoinnin tuotot tai tappiot diskonttaamalla kaikki kassavirrat nykyhetkeen käyttäen erikseen määriteltyä laskentakorkokantaa. Kassavirtojen nykyhetkeen diskonttaamista sanotaan nykyarvomene-
telmäksi. Nykyarvo on suoraan riippuvainen laskentakorosta. Suurempi korko tarkoittaa pienempää nykyarvoa. Kun lähdetään vertaamaan toisistaan riippu-
mattomia ja toisensa poissulkevia projekteja, on parhaalla projektilla suurin net-
tonykyarvo. (Puolamäki & Ruusunen 2009: 227.)

3 Nykytilanne

3.1 Nykyinen prosessi

Nykyinen kokoonpanoprosessi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen: esivalmis-
telu, kokoonpano ja testaus / pakkaus. Esivalmistelussa tehdään kokoonpanoon
tarvittavat letkut ja kerätään siihen tarvittavat osat. Esivalmistelun jälkeen letkut
viedään kokoonpanotyöpisteelle, joka on jokaisella asentajalla oma. Kokoonpa-
nossa jakajiin kiinnitetään venttiilit, letkut sekä muut tarvittavat osat riippuen ja-
kajasta. Tämän jälkeen kokoonpantu tuote testataan. Valmiiseen hyväksi todet-
tuun tuotteeseen lisätään tuotetarrat, jonka jälkeen se pakataan. (Kuva 2).



Kuva 2. Nykyisen kokoonpanoprosessin prosessikaavio.

3.1.1 Esivalmistelu

Esivalmistelu on pisin ja eniten vaiheita sisältävä kohta kokoonpanoprosessissa. Esivalmistelu voidaan jakaa neljään vaiheeseen. Esivalmistelu alkaa vaiheella yksi, jossa asentaja tulostaa piirustuksen jakajasta kokoonpanoa varten. Tämän jälkeen vaiheessa kaksi asentaja leikkaa piirustusten mukaan oikean pituiset letkut. Letkujen leikkaamisen jälkeen vaiheessa kolme letkujen päihin prässätään letkukarat ja holkit. Vaiheen kolme jälkeen siirrytään esivalmistelun viimeiseen kohtaan vaiheeseen neljä, jossa kerätään tuotteeseen tarvittavat osat.

Piirustusten perusteella tapahtuva letkujen leikkaus tehdään tällä hetkellä käsin. Tulostettuaan piirustuksen ja tuoteluettelon, aloittaa asentaja letkujen leikkauksen. Leikkaus on tällä hetkellä manuaalista ja tarkkuutta vaativaa työtä. Tuotannossa on tällä hetkellä kaksi leikkauspaikkaa.

Leikattuaan letkut siirtää asentaja valmiit, oikeaan mittaan leikatut letkut mittajärjestyksessä niille tarkoitettuun karryyn seuraava vaihetta varten. Seuraavaksi leikatut letkut kuljetetaan karryssä prässin viereen. Niin kuin leikkauspaikkojakin, prässejä (Kuva 3) on kaksi kappaletta tuotantotilassa.



Kuva 3. Prässäyskone.

Jokainen letkunpää on prässättävä yksitellen. Letkuun prässättäviä osia on kolme (Kuva 4): suora letkukara, 90 asteen letkukara sekä holkki.



Kuva 4. Vasemmalla suora letkukara, keskellä holkki ja oikealla 90 asteen kulmassa oleva letkukara.

Prässäysprosessit ovat yksinkertaisia. Suoranpään prässäysprosessissa aluksi letkun päähän asetetaan suora letkukara. Tämän jälkeen karan yli laitetaan holkki. Yhdistelmä asetetaan koneeseen. Kone käynnistyy ja yhdistelmä asettuu puristuskoneeseen eli prässäiin, jossa pää puristuu kiinni letkuun (Kuva 5). 90 asteen karalla tehdyissä yhdistelmissä järjestys on päinvastainen, eli ensin laitetaan holkki ja sitten 90 asteen letkukara. Muuten prosessi on sama kuin suorassa karassa. Karojen ja holkkien asentamisen jälkeen asentaja vie letkut työpisteelle, jossa ne kiinnitetään jakajaan.



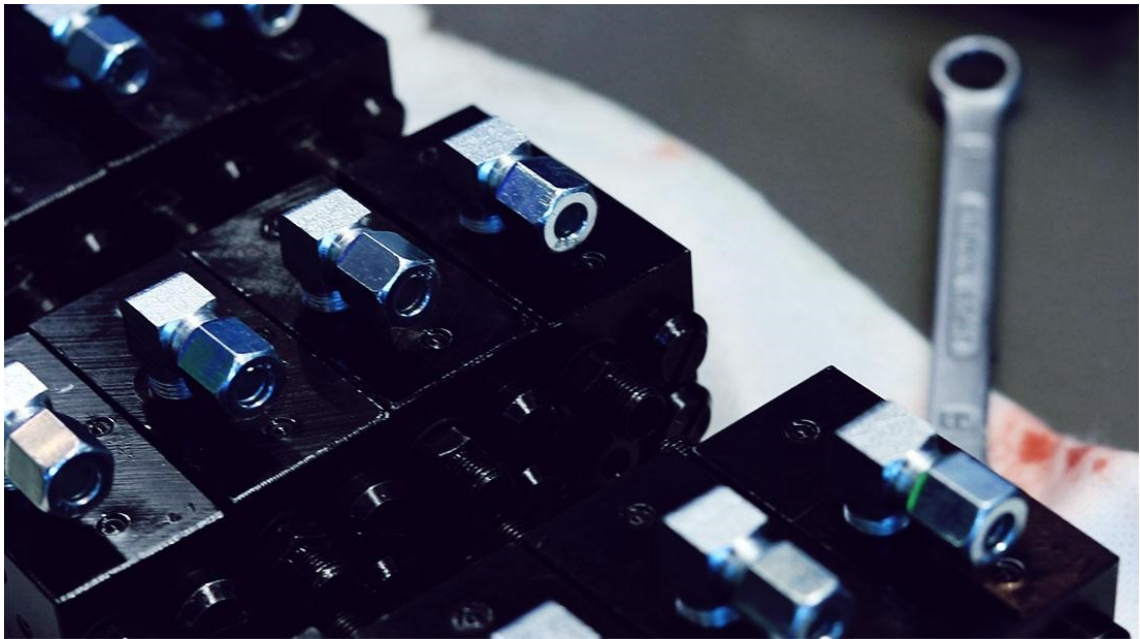
Kuva 5. Prässätty letku.

Mainittujen päiden lisäksi tuotannossa käytetään käsin tehtäviä päitä. Näitä varten on omat työkalunsa, joilla jokainen letku työstetään yksittäin ensin pyörittäen kiinni holkki ja tämän jälkeen kara. Käsin tehtäviä letkukara ja -holkki-yhdistelmiä on neljänlaisia: suoraa, 45 asteen kulmassa olevaa, 90 asteen kulmassa olevaa sekä isompia 90 asteen kulmassa olevia. Näistä yleisin ja ainoa työn kannalta merkityksellinen on 45 asteen kulmassa oleva yhdistelmä, sillä kaikki muut variaatiot ovat harvinaisia ja niiden osuus valmistettavista karoista on arviolta alle muutaman prosentin.

3.1.2 Kokoonpano

Kokoonpanon yleiset vaiheet voidaan jakaa kahteen. Kokoonpanon vaiheessa yksi ennen kiinnittämistä, asentaja kerää piirustusten mukaan oikeat jakajat sekä muut kokoonpanossa tarvittavat osat. Kerättyään tarvittavat osat asentaja voi aloittaa vaiheen kaksi eli varsinaisen kokoonpanon. Kokoonpano aloitetaan valmistelemalla jakaja sekä osat niiden vaatimilla tavoilla. Tapoja on erilaisia riippuen jakajien malleista. Tämän jälkeen jakaja kiinnitetään ruuvipenkkiin. Ruuvipenkissä jakajaan kiinnitetään siihen tarvittavat osat kuten liittimet,

venttiilit sekä letkut (Kuva 6). Myös jakajan kokoonpanoprosessi vaihtelee riippuen jakajan mallista. Kokoonpanon jälkeen voidaan aloittaa jakajan testaus.



Kuva 6. Kokoonpanossa olevia jakajia (YTM 2024).

3.1.3 Testaus ja pakkaus

Testaus- ja pakkaustyö voidaan esivalmistelun tapaan jakaa neljään vaiheeseen. Vaiheessa yksi testaus alkaa jakajan kiinnityksellä ruuvipenkkiin. Tämän jälkeen jakajan alle laitetaan rasva-astia, johon testaamisessa valuva rasva kerääntyy. Testaamiseen käytetään tynnyripumppu-järjestelmää, joka pumppaa rasvaa jakajan läpi. Mikäli rasva valuu letkuista ilman vuotoja, voidaan siirtyä vaiheeseen kaksi. Vaiheessa kaksi tulostetaan valmista tuotetta varten merkkিতarrat. Tulostuksen jälkeen ne voidaan kiinnittää valmiiseen testattuun tuotteeseen. Kun merkkিতarrat ovat liimattu jakajaan, siirrytään vaiheeseen kolme, jossa tuotteen tuloliittimet ja letkut tulpataan. Tuloliittimien ja letkujen tulppaus on tärkeää niihin muuten kertyvän lian takia. Vaiheessa neljä tapahtuu tuotteen pakkaus. Pakkaus toteutetaan pyörittämällä letkut jakajan ympärille ja kiristämällä ne nippusiteillä niin kuin kuvassa 7. Pakkauksen jälkeen jakajat siirretään varastoon ja sieltä eteenpäin asiakkaille.



Kuva 7. Esimerkki valmiista tuotteesta.

4 Selvitys ja kehitys

Prosessin kehitys aloitettiin nykyisen prosessin pullonkaulojen etsimisellä. Pullonkauloja etsittiin eri työvaiheiden kellottamisella. Kellotusten avulla saatiin työvaiheille keskimääräiset ajat, joiden perusteella saatiin laskettua hitaimmat työvaiheet. Hitaimpien työvaiheiden perusteella löydettiin prosessin pullonkaulat, joita lähdettiin kehittämään.

4.1 Nykyisen prosessin kellotus

Kellotuksiin päätettiin valita kahdeksan eniten valmistettua tuotetta. Tuotteet muodostivat hyvän kokonaisuuden koko tuotannosta. Valituissa tuotteissa oli kaikki yleisimmät mitat, letkukarat sekä kokoonpanoversiot.

Tuotteiden läpimenoajat jaettiin ensin kolmeen eri vaiheeseen, joita ovat esivalmistelu, kokoonpano sekä pakkaus. Lisäksi eri vaiheiden sisälle luotiin vielä omat sarakkeet eri töille, esimerkiksi esivalmistelu jaettiin neljään eri työvaiheeseen (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tyhjä esivalmistelun taulukko.

Esivalmistelu Läpäisy aika (min)						
Nimike	Kappale-määrä	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kokonaisläpäisy-aika =
YTM-1						
YTM-2						
YTM-3						
YTM-4						
YTM-5						
YTM-6						
YTM-7						
YTM-8						

Kaikkien kahdeksan eri tuotteen kellotuksessa olisi kulunut kuitenkin aivan liian pitkään, sillä eri tilauksissa tuotteen valmistus voi kestää jopa viikon, riippuen tuotteen määrästä. Lisäksi tutkimukseen valittuja tuotteita ei ole koko ajan tuotannossa, vaan niiden tekeminen riippuu tilauksista, joten tutkimusvaihe olisi veyntynyt todella pitkäksi. Ratkaisuna tähän päätettiin, että selvitykseen kellotetaan kolmen asentajan prosessin työvaiheet (Taulukko 2) tuotannossa olevilla tuotteilla.

Taulukko 2. Taulukko, johon kirjattiin esivalmisteluprosessin vaiheen kaksi aikoa.

Vaihe 2	
Pituus (mm)	Aika (s)
0–500	
500–1000	
1000–1500	
1500–2000	
2000–3000	

Kellotusten pohjalta lasketaan keskimääräisiä aikoja eri työvaiheille (Taulukko 3), joiden perusteella voidaan laskea kahdeksalle valitulle tuotteelle läpimenoajat. Läpimenoaikojen perusteella todetaan mahdolliset pullonkaulat.

Taulukko 3. Taulukko, johon laskettiin keskiarvoja kellotusten perusteella.

Vaihe 2 keskiarvo		
Pituus (mm)	Aika (s)	Aika per kappale (s)
0–500		
500–1000		
1000–1500		
1500–2000		
2000–3000		

4.2 Kellotuksen tulokset

Kellotusten ja näiden pohjalta tehtyjen laskelmien perusteella saatiin eniten valmistetuille tuotteille läpimenoajat, joista pystyttiin havaitsemaan prosessin pullonkaulakohdat. Eri vaiheista eniten aikaa keskimääräisesti vei esivalmistelu (Taulukko 4).

Taulukko 4. Taulukko valittujen tuotteiden esivalmisteluajoista.

Nimike	Vaihe1	Vaihe2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kokonaisläpäisy aika (s) =
YTM-1					613
YTM-2					685
YTM-3					554
YTM-4					456
YTM-5					739
YTM-6					397
YTM-7					627
YTM-8					670
Keskimääräinen aika (s)					593

Yksittäisistä töistä ajallisesti hitain oli kokoonpanon vaihe kaksi eli itse tuotteen kokoonpano (Taulukko 5). Kokoonpano on manuaalista ja tarkkaa työtä, jonka nopeuttaminen on hankalaa.

Taulukko 5. Taulukko valittujen tuotteiden kokoonpanoajoista.

Nimike	Vaihe 1	Vaihe 2	Kokonaisläpäisy aika (s) =
YTM-1			429
YTM-2			568
YTM-3			360
YTM-4			290
YTM-5			429
YTM-6			290
YTM-7			499
YTM-8			499
Keskimääräinen aika (s)			421

Testaus- ja pakkausvaihe oli toiseksi hitain työvaihe (Taulukko 6). Siinä eniten aikaa vei keskimääräisesti vaihe yksi.

Taulukko 6. Taulukko valittujen tuotteiden testaus- ja pakkausajoista.

Nimike	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kokonaisläpäisy-aika (s) =
YTM-1					435
YTM-2					462
YTM-3					421
YTM-4					468
YTM-5					496
YTM-6					468
YTM-7					509
YTM-8					509
Keskimääräinen aika					471

Jokaiselle työvaiheelle laskettiin aika sen perusteella, että tuotetta tehdään vain yksi kappale. Prosesissa on vaiheita, joiden aika ei juurikaan muutu riippumatta tuotteen määrästä, esimerkiksi esivalmistelun vaihe yksi, joka tehdään vain kerran työtä kohden. Vastaavasti on myös työvaiheita, joille tuotteen määrällä on todella iso vaikutus, kuten esivalmistelun vaihe kaksi, joissa tuotteen kappalemäärän kaksinkertaistaminen kaksinkertaistaa myös sen läpimenoajan. Koska esivalmistelu on pisin vaihe, ja myös sisältää eniten yksinkertaista manuaalista työtä, päätettiin tätä vaihetta lähteä kehittämään.

Vaihe 1. Tämä vaihe on melko lyhyt ja aina sama riippumatta työn suuruudesta. Lisäksi tähän vaiheeseen on tulossa kehitystä yrityksen erp-järjestelmän päivityksen myötä.

Vaihe 2 on melko aikaa vievä ja hyvin yksinkertainen, joten tämän vaiheen kehityksessä nähtiin potentiaalia. Tämän vaiheen työpisteellä oli myös havaittavissa aivan konkreettisestikin pullonkaulaefektiä. Molempien työpisteiden ollessa käytössä isompaa tilausta varten, saattoi paikalle olla jonoa.

Vaihe 3. Vaihe on koko esivalmistelun pisin, joten myös tähän vaiheeseen etsittiin kehitysideoita. Kellotuksia tehdessä huomattiin myös tämän vaiheen

työpisteillä sama pullonkaulaefekti kuin vaiheen kaksi työpisteillä. Työ saattoi pahimmillaan seisoa, koska työpisteet olivat varattuja.

Vaihe 4. Tämä työvaihe on melko lyhyt sekä suoraviivainen, joten tähän tehty kehitys olisi lähes olematonta. Niin kuin vaiheeseen yksi, ei vaiheeseen neljä juuri vaikuta tuotteen määrä.

Kellotusten jälkeen tehtiin arvio vuosittaisesta tuotemäärästä historiatietojen ja ennusteiden perusteella. Huomattavaa kellotuksessa oli, että kun laskettiin koko vuodessa menevä tuotemäärä ja kerrottiin se kokonaisläpäisyajalla, saatiin huomattavasti pienempi tuntimäärä kuin pitäisi. Mitattu luku oli vain noin 30 % kokonaistyöajasta. Ero johtui ajoista, jota ei kellotettu, kuten apuaika, asetus aika tai häiriöaika, joista kerääntyy lopulta iso määrä tunteja vuodessa. Lisäksi yritys valmistaa muita tästä työstä pois rajattuja tuotteita, kuten pumppuja, joista tulee paljon lisää työaika. Niinpä työssä esitetty kellotus kertoo vain yleisen ajan, joka tarvitaan vähintään yhden nimikkeen valmistamiseen. Näiden yleisten vaiheiden lisäksi on siis työvaiheita, jotka ovat spesifejä tiettyihin jakajiin, pumppuihin ja muihin tuotteisiin. Tällä ei kuitenkaan ollut suurta merkitystä selvityksen kannalta, joka tutki kokonaisprosessin pullonkauloja.

4.3 Kehitys

Mahdollisia kehitysideoita lähdettiin miettimään kahteen vaiheeseen, joita olivat esivalmistelun vaihe kaksi ja kolme. Kehitysideoita keksittiin useita, joista osa kaatui jo suunnitteluvaiheessa. Loppujen lopuksi löydettiin kolme mahdollista kehitysideaa.

Ensimmäisiä kehitysideoita lähdettiin miettimään erikseen vaiheeseen kolme prässäykseen. Ideana oli esimerkiksi vaihetta helpottava syöttökone, joka nopeuttaisi sitä ja vähentäisi käsin tehtävää työtä. Ideat vaiheen parantelusta kuitenkin kaatuivat siihen, että tällaisia koneita tai lisävarusteita ei ole saatavilla kaupallisilta markkinoilta.

Seuraavana kehitysideana lähdettiin suunnittelemaan letkujen ostoa valmiina. Letkut tulisivat ulkopuoliselta toimittajalta täysin käyttövalmiina oikeassa mitassa ja prässättyinä. Tämä poistaisi lähes kokonaan eniten aikaa vievän vaiheen, eli esivalmistelun. Tämän vaiheen poistuessa voitaisiin koko työvoima keskittää tuotteiden kokoonpanoon, testaukseen ja pakkaukseen. Hiukan myöhemmin saatiin kuitenkin tietää, että tätä oli jo kokeiltu eikä tulokset olleet kannattavia. Syitä olivat olleet muun muassa ison varaston tarve, tuotteiden laatu sekä hinta. Tämän tiedon pohjalta myös tämä idea kaatui jo suunnitteluvaiheessa.

Näin ollen ideoissa palattiin takaisin oman prosessin kehittämiseen. Johtuen kolmannen työvaiheen ajoittaisista jonoista, lähdettiin kehittämään ideaa, jossa yksi asentajista tekisi pelkkää esivalmistelua, tarkemmin sanottuna vaiheita yksi, kaksi ja kolme. Tällöin vaihe neljä siirtyisi kokoonpanotyön alle. Muutoksen takia todennäköisesti välttyttäisiin kolmannen- ja toisen vaiheen jonoilta, ja pulonkaula pienenesi. Ideassa vaiheen kaksi sekä vaiheen kolme yhdet työpisteet olisivat koko ajan käytettävissä, kun taas vaiheiden toiset työpisteet olisivat varattuna kokoaikaiseen esivalmisteluun. Ongelma vaiheen hitaudesta ei kuitenkaan täysin katoaisi tällä ratkaisulla, mutta mahdollisesti parantaisi tilannetta.

Myös pelkän vaiheen kaksi nopeuttamiseksi mietittiin erilaisia keinoja. Parhaaksi niistä valikoitui automaattinen leikkauskone. Koneeseen tarvitsee vain syöttää mitat sekä lisätä letkua, muuten se toimii automaattisesti. Kone leikkaa huomattavasti nopeammin letkuja kuin ihminen, jolloin leikkausaika vähenee ja letkuja päästään prässäämään nopeammin. Lisäksi kone poistaa mahdollisuuden inhimillisiin virheisiin leikkausta tehdessä, jolloin myös leikkausvaiheen apuaika pienenee. Mahdollisena ongelmana ideassa olisi sen hinta.

Näiden lisäksi mietittiin kahden mahdollisesti toimivan idean yhdistämistä. Esivalmisteluun siirrettäisiin yksi työntekijä valmistelemaan muille kokoonpanijoille letkuja. Tätä esivalmistelutyötä helpotettaisiin leikkauskoneella, joka todennäköisesti mahdollistaisi koko tuotannon letkujen valmistamisen yhdellä työntekijällä.

Kaikki kolmesta mahdolliseksi todetuista ideoista helpottaisi esivalmistelussa tapahtuvaa pullonkaulaa. Minkään ratkaisun hinta ei nouse kovin korkeaksi. Päätettäväksi jäi vain, mikä olisi paras vaihtoehto.

4.4 Laskelmat

Jotta eri menetelmiä voidaan vertailla, täytyy nykyiselle prosessille ja kaikille kehitysideoille saada hinta. Hinnan laskeminen aloitettiin nykyisestä prosessista.

Nykyisen prosessin hinnan laskeminen oli helppoa tehdyn selvityksen pohjalta. Käytännössä selvityksestä saatuja aikoja täytyi vain muuttaa sekunneista tunneiksi, jonka jälkeen ajat pystyttiin kertomaan työn hinnalla. Näin saatiin joka työvaiheelle hinta per tehty tuote. Työn hintana laskennassa käytetään keksittyä lukua 100 rahayksikköä. (Taulukko 7).

Taulukko 7. Nykyisellä tavalla tehtyjen tuotteiden hinta eri esivalmisteluiden vaiheissa.

Nimike	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kokonaisläpäisy hinta =
YTM-1	0,89	1,85	7,90	1,07	11,70
YTM-2	0,89	3,10	8,63	1,07	13,69
YTM-3	0,89	2,17	5,92	1,07	10,05
YTM-4	0,89	1,44	3,95	1,07	7,34
YTM-5	0,89	1,86	10,25	2,19	15,19
YTM-6	0,89	1,22	2,52	1,07	5,69
YTM-7	0,89	2,60	6,39	2,19	12,07
YTM-8	0,89	3,81	6,39	2,19	13,27
Keskimääräinen hinta / Nimike	0,89	2,25	6,49	1,49	11,13

Selvyyden vuoksi tehtiin vielä toinen taulukko (Taulukko 8), josta nähdään vain vaiheen kaksi hinta. Taulukon avulla voitiin selvemmin vertailla leikkauskonetta nykyiseen tapaan.

Taulukko 8. Nykyisellä valmistustavalla valmistettujen tuotteiden hinta esivalmistelun vaiheessa 2.

Nimike	Vaihe 2 hinta
YTM-1	1,85
YTM-2	3,10
YTM-3	2,17
YTM-4	1,44
YTM-5	1,86
YTM-6	1,22
YTM-7	2,60
YTM-8	3,81
Keskimääräinen hinta / Nimike	2,25

Leikkauskoneen laskelmat tehtiin koneesta saatujen tietojen perusteella. Laskuihin tarvittavia tietoja oli koneen syöttönopeus sekä katkaisuaika. Näiden perusteella tehtiin samanlainen taulukko kuin nykyiseen työprosessiin (Taulukko 9).

Taulukko 9. Leikkauskoneella tehtyjen valittujen tuotteiden leikkausajat.

Nimike	Aika (s)
YTM-1	15,07
YTM-2	28,29
YTM-3	24,00
YTM-4	17,93
YTM-5	17,71
YTM-6	10,86
YTM-7	29,36
YTM-8	50,36
Keskimääräinen aika (s)	24,20

Taulukosta saatiin jokaisen mitan leikkaamiselle aika. Näiden aikojen perusteella laskettiin jälleen leikkausaika jokaiselle tuotteelle siihen tarvittavien letkujen perusteella. Tästä saadut ajat muunnettiin tunneiksi, josta pystyttiin työn tunnihinnan perusteella laskemaan jokaiselle tuotteelle leikkaushinta (Taulukko 10).

Tulosten perusteella leikkauskone nopeutti huomattavasti prosessia vuositasolla ja laski koko esivalmisteluprosessin hintaa.

Taulukko 10. Leikkauskoneella tehtyjen letkujen työhinta.

Nimike	Hinta
YTM-1	0,42
YTM-2	0,79
YTM-3	0,67
YTM-4	0,50
YTM-5	0,49
YTM-6	0,30
YTM-7	0,82
YTM-8	1,40
Keskimääräinen hinta	0,67

Leikkauskonelaskelmien jälkeen laskettiin, miten prosessin aikoihin vaikuttaisi muutos, jossa yksi työntekijä tekisi jatkuvasti esivalmistelua. Ongelmana tämän laskemisessa oli vajavainen tieto koko tuotannon ajoista, kuten apuajoista, joiden perusteella olisi voitu laskea, kuinka paljon esivalmistelussa tulee turhaa odotusta vuodessa. Koska tämän ajan kellottamisessa tarpeeksi tarkaksi luvuksi olisi mennyt liian kauan, päätettiin jo aikaisemmin kellotettuja aikoja suhteuttaa koko vuoden työaikoihin. Mitatuista ajoista suhteutettiin esivalmistelun vaiheet yksi, kaksi ja kolme. Uudessa työmallissa vaihe neljä siirtyisi kokoonpanovaiheeseen. Suhteuttaminen tehtiin kertomalla koko vuoden työaika mitatulla työajalla, jonka jälkeen tulos jaettiin vielä mitatulla esivalmisteluajalla lukuun ottamatta vaihetta neljä. Tästä saatiin tuntimäärä esivalmisteluun vuodessa, jonka perusteella voitiin lähteä laskemaan säästyvää odotusaikaa vuodessa (Taulukko 11).

Taulukko 11. Tietoja, joiden pohjalta lähdettiin laskemaan prosessin kehityksen vaikutuksia.

Tietoja prosessista	Määrä	Yksikkö
Jakajia vuodessa =		kpl
Työpäiviä vuodessa=	220	d
Keskimääräinen aika yhden nimikkeen vaihe 2		h
Työpäivän pituus	7,5	h
Yhden henkilön työaika =	1650	h
Työhinta		yksikköä/h
Koko vuoden työaika		h
Mitattu työaika		h
Mitattu esivalmistelu (ei vaihetta 4.)		h
Esivalmistelu (vaihe 2) tunteina		h
Esivalmistelu (vaihe 3) tunteina		h
Leikkauskone ja vaihe 1 arvioitu työmäärä vuodessa tunteina		h
Suhteutettu vaihe 1,2 ja 3 koko vuoden työaikaan		h
Suhteutettu vaihe 1 ja 2 vuodessa tunteina		h
Suhteutettu vaihe 3 vuodessa tunteina		h
Suhteutettu leikkauskone ja vaihe 1 arvioitu työmäärä vuodessa tunteina		h

Suhteuttamisen jälkeen arvioitiin millainen vaikutus olisi yhden työntekijän siirtymisellä esivalmisteluun. Arvio oli, että yksi työntekijä saisi tehtyä kaikki tuotannossa tarvittavat letkut, ja näin ollen prässäyskoneelle ei olisi koskaan jonoa. Arvio jonotuksesta johtuvalle odotuksen vähentymiselle oli 3 %, ja tämän oletettiin menevän suoraan työaikaan. Tämän perusteella voitiin laskea säästetty työaika vuodessa, joka laskettiin miinustamalla suhteutettu esivalmistelu-aika kokonaistyöajasta ja kertomalla tämä tulos 3 %.

Taulukko 12. Säästetyn työajan laskelmaan tarvittavat tiedot yhdellä vakituisella esivalmistelijalla.

Tarkastelu 1

Yksi vakituinen esivalmistelussa	Määrä	Yksikkö
Suhteutettu nykyisen esivalmistelu prosessin hinta		€
Suhteutettu vaihe 1 ja 2 vuodessa tunteina		h
Suhteutettu vaihe 3 vuodessa tunteina		h
Suhteutettu esivalmistelun vaiheet 1,2 ja 3 koko vuoden työaikaan		h
Arvioitu odotuksen väheneminen	3 %	
Säästetty tuntimäärä vuodessa		h
Uusi hinta vuodessa		€
Säästö euroina vuodessa		€
Säästö prosentteina	7 %	

Säästöä nykyiseen prosessiin verrattuna saatiin noin 7 % (Taulukko 12). Eli säästöä saataisiin paljon pienellä muutoksella.

Viimeisenä tarkasteltiin, millainen vaikutus kustannuksiin olisi leikkauskoneella ja yhdellä esivalmistelijalla yhdessä. Laskukaavat olivat samat, mutta nykyinen leikkausaika vaihdettiin koneen laskuista saatuihin leikkausaikoihin (Taulukko 13).

Taulukko 13. Säästetyn työajan laskelmaan tarvittavat tiedot yhdellä vakituisella esivalmistelijalla ja leikkauskoneella.

Tarkastelu 2

Yksi vakituinen esivalmistelussa ja leikkauskone	Määrä	Yksikkö
Suhteutettu nykyisen esivalmistelu prosessin hinta		€
Suhteutettu vaihe 1 ja 2 vuodessa tunteina		h
Suhteutettu vaihe 3 vuodessa tunteina		h
Suhteutettu esivalmistelun vaiheet 1,2 ja 3 koko vuoden työaikaan		h
Arvioitu odotuksen väheneminen	3 %	
Säästetty tuntimäärä vuodessa		h
Uusi hinta vuodessa		€
Säästö euroina vuodessa		€
Säästö prosentteina	28 %	

Tarkastelusta kaksi saatiin parempi säästö kuin tarkastelusta yksi, kun säästö vuodessa nousi 28 prosenttiin. Näin ollen investoinnilla saatiin vielä suurempi säästö.

Ongelmana arviolaskelmissa on kuitenkin se, että ne ovat vain arvioita. Todellisuudessa ei voida olla varmoja, kuinka paljon kyseiset menetelmät säästäisivät aikaa vuodessa. Ainoa tapa saada selville niiden todellinen vaikutus, olisi kokeilla niitä. Kyseinen 3 % on kuitenkin melko maltillinen arvio, joten sen saavuttaminen ei pitäisi olla mahdotonta.

4.5 Investointilaskelmat

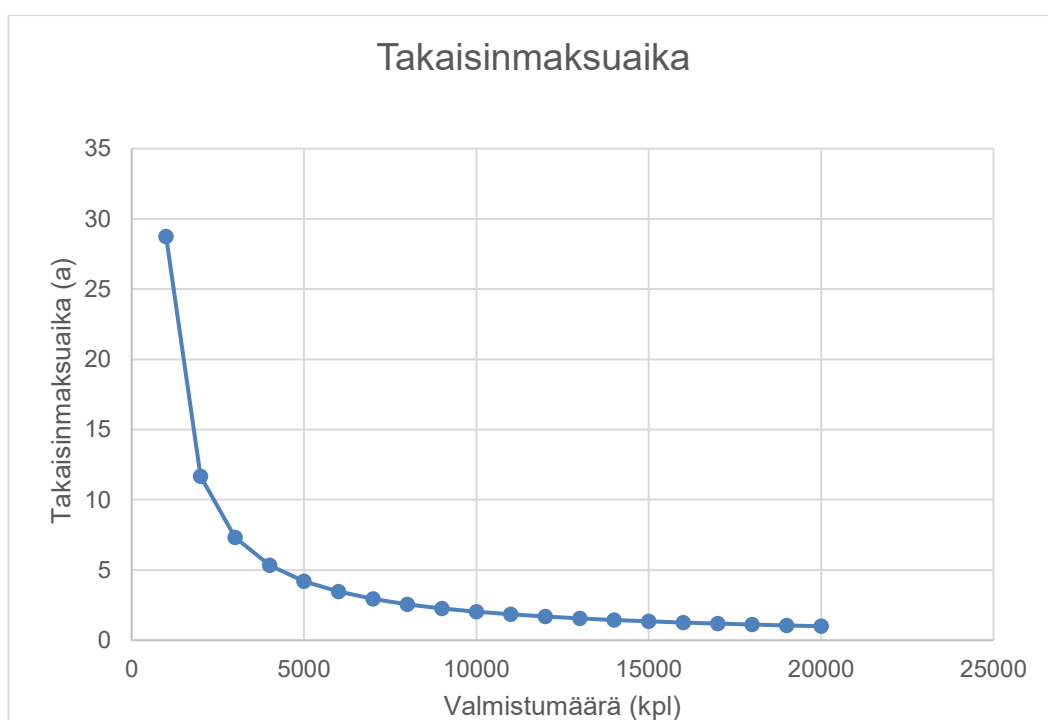
Aiemmin käsitellyistä taulukoista saatujen lukujen perusteella pystyttiin siirtämään investoinnin kannattavuuslaskelmiin. Leikkauskoneen investointilaskelmiin tarvittiin taulukossa 14 määritellyjä tietoja.

Taulukko 14. Takaisinmaksuajan määrittämiseen tarvittavat tiedot.

Hankintameno $I_0 =$		Euroa
Nykyisen menetelmän hinta vuodessa=		Euroa
Uuden menetelmän hinta vuodessa=		Euroa
Tuotto vuodessa=		Euroa
Huolto kustannukset=		Euroa
Nettotuotto vuodessa $v =$		Euroa
Jäännösarvo $j =$		Euroa
Korkokanta $i =$	12	
Pitoaika vuosina $n =$	5	vuotta

Aluksi investoinnin kannattavuus laskettiin yksinkertaisimmalla tavalla eli takaisinmaksuajan menetelmällä. Alla olevasta takaisinmaksuajan laskentakaavaan perustuvasta taulukosta huomataan, että aluksi kappalemäärällä on todella suuri vaikutus takaisinmaksu-aikaan. Noin 5000 kappaleen jälkeen kappalemäärän vaikutus pienenee ja investointi muuttuu kannattavaksi, koska takaisinmaksu-aika jää alle koneen viisivuotisen pitoajan (Taulukko 15).

Taulukko 15. Takaisinmaksuajanmenetelmän mukaan laskettu taulukko leikkauskoneesta saatujen tietojen perusteella.



Kannattavuus laskettiin myös nykyarvomenetelmän perusteella. Nykyarvomenetelmällä laskettaessa edellisten tietojen lisäksi tarvitaan seuraavat lähtötiedot (Taulukko 16).

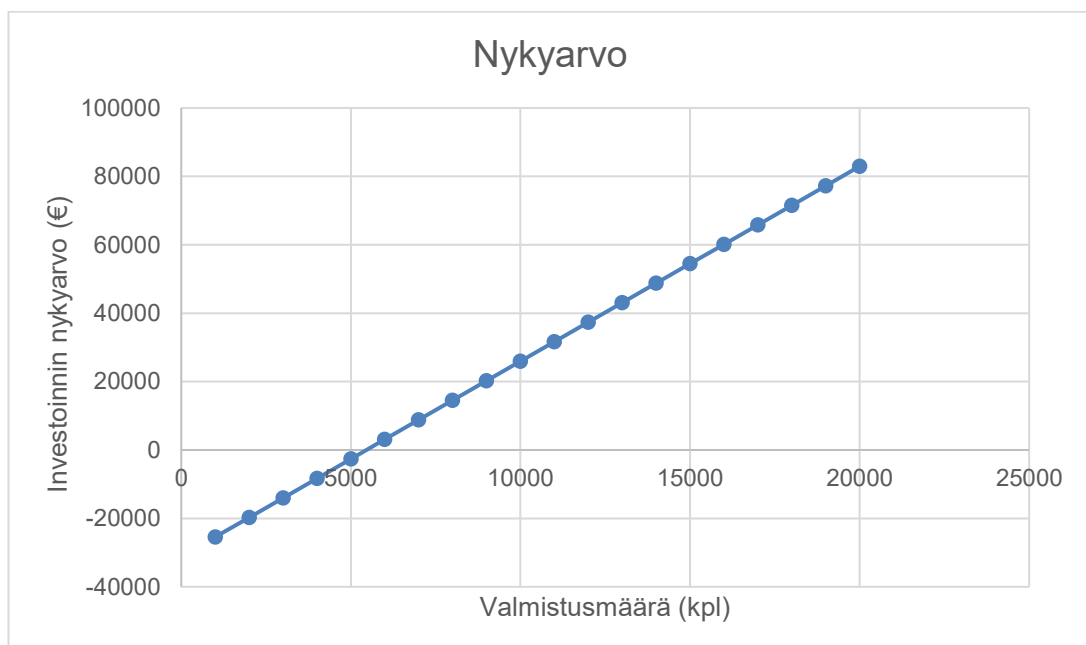
Taulukko 16. Nykyarvomenetelmään tarvittavat lähtötiedot.

$$\text{Kaava} = \text{NNA} = -I_0 + DS + D_{(t,k)} J_n =$$

Laskenta tekijät:		
Alkuinvestointi	I_0	
Taloudellinen pitoaika	n	5
Pääomakustannus	k	12%
Vuotuinen kassa virta	S_t	
Jäännösarvo	J_n	
Nykyarvotekijä	$D_{(t,k)}$	$1/(1+k)^t$
Nykyarvo	NA	$D(t,k)S_t$

Nykyarvomenetelmällä laskettaessa huomataan, että investoinnin kannattavuus kasvaa lineaarisesti verrattuna valmistettavaan kappalemäärään. Tällä laskentatavalla tarkasteltuna, investointi kääntyy kannattavaksi noin 6000 kappaleen kohdalla (Taulukko 17).

Taulukko 17. Nykyarvomenetelmän mukaan laskettu taulukko leikkauskoneesta saatujen tietojen perusteella.

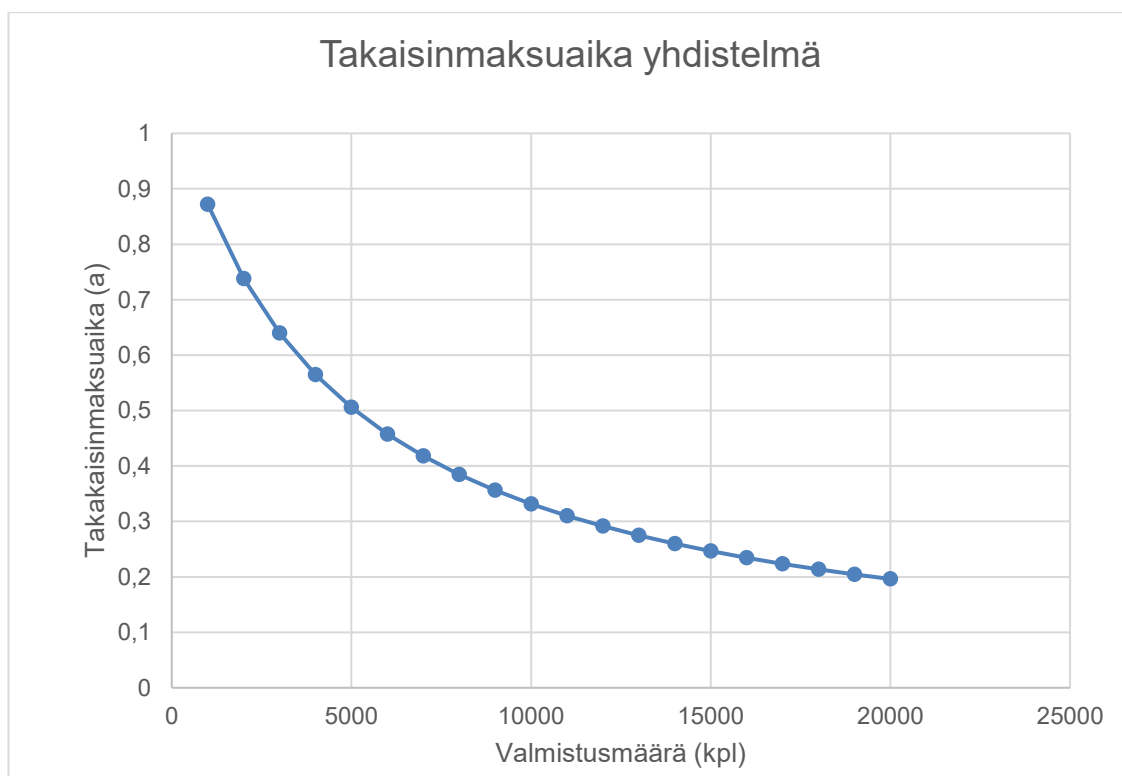


Samat kannattavuuslaskelmat tehtiin myös kahteen muuhun kehitysideaan. Laskuihin saadut tiedot olivat arvioita, joten tulokset eivät välttämättä ole yhtä tarkkoja kuin leikkauskoneen kannattavuuslaskelmissa, jotka perustuvat varmaan tietoon.

Yhdellä esivalmistelijalla saadut tulokset olivat täysin samat kuin ylhäällä olevassa taulukossa (Taulukko 12), sillä tässä ideassa ei tehty mitään investointia. Tällöin säästö on vakio joka vuosi, eli noin 200 työtuntia vuodessa.

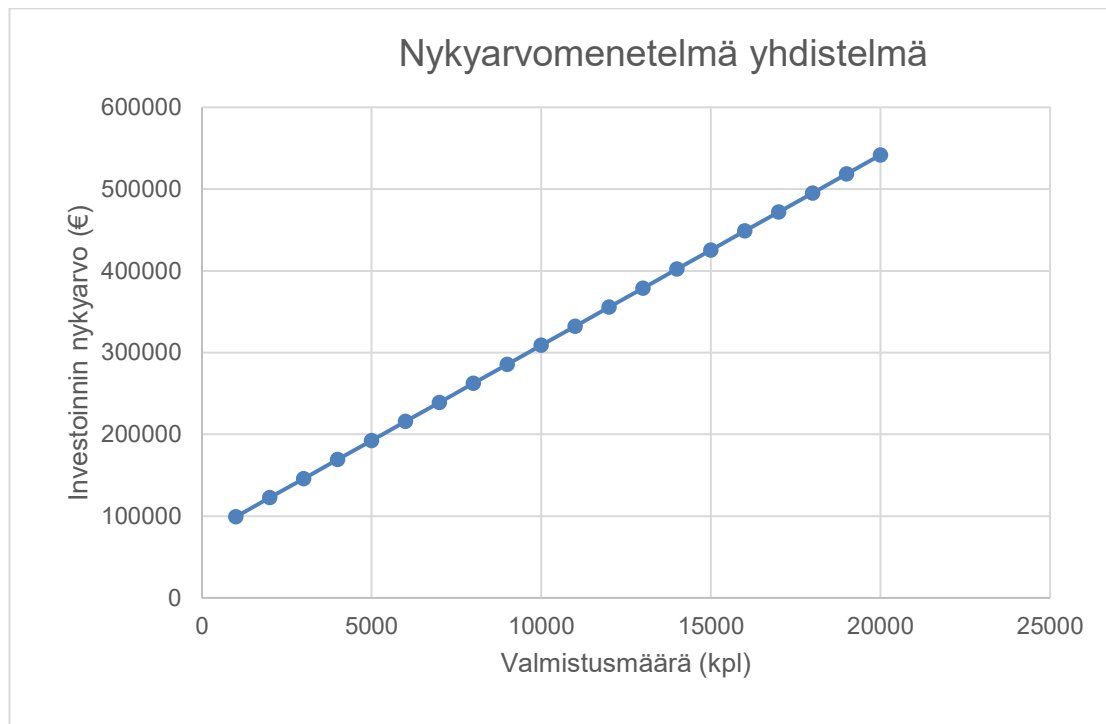
Vaihtoehto, jossa kehitysideat yhdistettiin, voitiin laskea samoilla taulukoilla kuin leikkauskone. Takaisinmaksuaika oli todella lyhyt tällä menetelmällä. Pienelläkin valmistusmäärällä investointi maksaa itsensä alle vuodessa takaisin (Taulukko 18).

Taulukko 18. Takaisinmaksuajanmenetelmän mukaan laskettu taulukko yhdistelmä ideasta saatujen lukujen perusteella.



Kehitysideoiden yhdistelmä antaa nykyarvomenetelmällä laskien todella hyvän tuoton investoinnille. Vaikka tuotteita valmistettaisiin vain 1000 kappaletta vuodessa, on kehitysidea kannattava.

Taulukko 19. Nykyarvomenetelmä mukaan laskettu taulukko yhdistelmä ideasta saatujen lukujen perusteella.



Näiden laskelmien perusteella kaikista kannattavin kehitysidea on leikkauskoneen ja yhden esivalmistelijan yhdistelmä. Tosin arvioihin perustuvat tuotot vaikuttavat yltiöpositiiviselta ja todellinen säästö liikkuu varmasti jossain näistä arvioista saatujen tulosten välissä. Leikkauskone vaikuttaa kuitenkin kaikki laskelmat huomioon otettuna hyvältä investoinnilta.

5 Tulokset

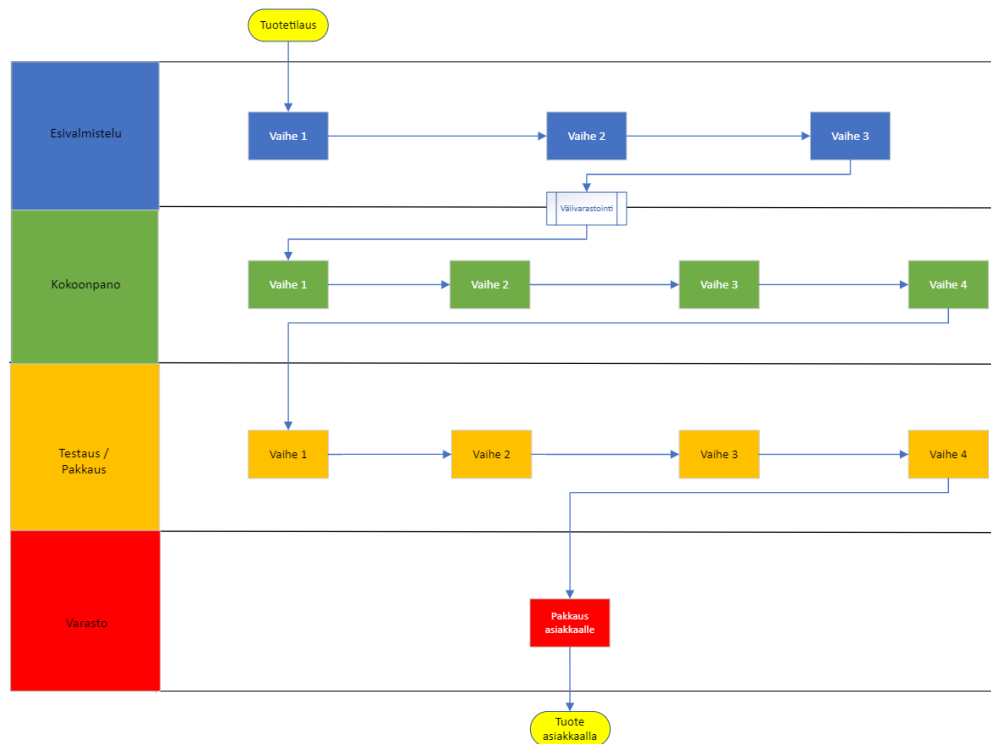
Insinööriyön tuloksena prosessista löytyi kellotusten avulla pullonkauloja, johon lähdettiin etsimään ratkaisuja. Mahdollisia ratkaisuja löydettiin kolme. Ensimmäisenä selvitettiin leikkauskoneen kannattavuus. Leikkauskone todettiin olevan kannattava ja parantavan tuotteiden läpimenoaikaa. Toisena selvitettiin,

millainen vaikutus on yhden asentajan siirtämisellä esivalmisteluun. Arvioiden perusteella todettiin, että myös tällä muutoksella saataisiin säästöä. Viimeisenä selvitettiin näiden ideoiden yhdistelmäratkaisun kannattavuus. Yhdistelmäratkaisu tuottaa arvioiden perusteella suurimmat säästöt, ja näin ollen on ratkaisuista paras.

Selvitettäväksi jäi vielä saatujen kehitysideoiden todellinen vaikutus kokoonpanoprosessiin. Tulevaisuudessa ennen mahdollista investointia leikkauskoneeseen, olisi hyvä tutkia, miten muut ehdotetut muutokset vaikuttaisivat kokoonpanoprosessiin. Tämän pohjalta saataisiin varmaa tietoa investoinnin todellisesta tuotosta ja kannattavuudesta.

5.1 Suositukset käytäntöön vietävistä asioista

Ensimmäinen kokeiltavaksi suositeltava muutos on esivalmisteluprosessin muuttaminen (Kuva 8). Tällä hetkellä jokainen asentajista vuorotellen tekee kyseisen vaiheen itse. Muutoksena prosessiin perustettaisiin välivarasto ja siirretäisiin esivalmistelun vaihe neljä kokoonpanoon. Lisäksi esivalmisteluun laitettaisiin yksi asentaja valmistamaan kaikille muille letkuja. Tätä esivalmistelijaa voitaisiin vaihdella esimerkiksi viikon välein. Muutos voidaan tehdä joko nykyisellä leikkaustavalla tai leikkauskoneen kanssa. Aiempiin arvioihin perustuen voidaan olettaa, että leikkauskoneen kanssa tehty työ on tehokkaampaa. Lisäselvityksillä voidaan todentaa, kuinka suuri ero tapojen välillä todellisuudessa on.



Kuva 8. Uudistettu prosessikaavio.

Idea kokeiltaessa on aluksi hyvä kerätä pieni alkuvarasto valmiille letkuille. Näin isomman tilauksen tullessa ei jouduta odottamaan tai siirtämään kokoonpanijaa esivalmisteluun. Alkuvarasto voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttämällä aluksi esivalmistelussa kahta työntekijää. Toistaiseksi on suositeltavaa jättää vielä yksi käsikäyttöinen leikkauspiste sekä toinen prässäyspaikka, jotta tarvittaessa on mahdollista valmistaa ylimääräisiä letkuja.

Laskelmiin perustuen leikkauskone on kannattava sijoitus. Muuttamalla esivalmistelua saattaa leikkauskoneesta olla vielä isompikin rahallinen hyöty. Lisäksi leikkauskoneella voidaan saavuttaa muitakin hyötyjä, joita ei ole tuotu ilmi rahallisissa laskelmissa. Tällainen on esimerkiksi sairauspoissaolojen väheneminen, johtuen manuaalisen työn pienentymisestä. Toinen hyöty on tuotantotilan yleisilmeen parantuminen ja modernimpi tehdas, joka voi olla asiakkaille merkittäväkin tekijä ostopäätöstä tehtäessä. Viimeisimpänä hyötynä on työmukavuuden lisääntyminen ja sen kautta työn mielekkyyden parantuminen asentajille, joka näkyy parempana tuloksena.

5.2 Muuta kehitettävää prosessissa

Prosessista löytyi pääkehityskohteiden ohella muita pienempiä prosessia nopeuttavia tekijöitä. Nämä tekijät ovat jo osittain kokeilussa, joten näiden vaikutusta oli helppo tutkia pääaiheen lisäksi.

Kellotuksissa selvisi, että kyseiset kaksi kehitysideaa parantavat huomattavasti tiettyjen vaiheiden läpimenoaikaa. Laitteiden mittaukset tehtiin samalla periaatteella kuin pääaiheenkin eli mitattiin nykyisen tavan keskiaikaa, jonka jälkeen mitattiin uusilla laitteilla tehtyä keskiaikaa. Erona oli, että nämä kehitysideat olivat jo käytössä, joten niistä saatiin kellotettua ajat. Kummankin laitteen idea perustuu asetusajojen vähenemiseen. Kummasakin ideassa asetusajoja vähennetään tavaroiden siirtelyn vähentämisellä ja useamman jakajan saman aikaisella valmistuksella.

6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä selvitettiin keskusvoitelujärjestelmien kokoonpanoprosessin ongelmakohtia ja kehitettiin niitä. Insinööriyön tavoitteena oli parantaa tehdyn työn tuottavuutta ja tehokkuutta. Selvitys- ja kehitystyön tuloksena saatiin tietoa nykyisestä kokoonpanoprosessista sekä kehitysehdotuksia tulevaisuutta varten.

Työssä tutkittiin kokoonpanoprosessin pullonkauloja. Selvitys toteutettiin mittaamalla yleisimpien työvaiheiden läpimenoaikoja, joiden pohjalta saatiin selville prosessia hidastavat työvaiheet. Selvityksen pohjalta luotiin kehitysideoita, joista valittiin kolme jatkoselvitykseen. Kolme jatkoselvitykseen valittua ideaa oli leikkauskoneen osto, yhden asentajan siirtäminen esivalmisteluun sekä edellä mainittujen ideoiden yhdistelmä. Kaikilla kolmella idealla on potentiaalia vähentää esivalmistelussa tapahtuvaa pullonkaulaa. Valittuja kehitysideoita verrattiin toisiinsa ajan ja rahan perusteella. Vertailussa ongelmana oli osittainen tiedon puute, jonka takia osa vertailusta suoritettiin arvion perusteella. Lopuksi ideoista

tehtiin investointilaskelmat, joihin pohjautuen tehtiin muutosehdotuksia. Selvityksen yhteydessä saatiin myös tietoa kokeilussa olevista uudistuksista.

Selvitettäväksi jäi vielä saatujen kehitysideoiden todellinen vaikutus kokoonpanoprosessiin. Tulevaisuudessa ennen mahdollista investointia leikkauskoneeseen olisi hyvä tutkia, miten muut ehdotetut muutokset vaikuttaisivat kokoonpanoprosessiin. Tämän pohjalta saataisiin varmaa tietoa investoinnin todellisesta tuotosta ja kannattavuudesta.

Lähteet

Alhola, Kari & Lauslahti, Sanna .2002. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta. Porvoo: WSOY.

Eskelinen, Martti; Ailamo, Niko & Haatainen, Amanda. 2017. YTM-industrial Historiikki.

Haverila, Matti; Uusi-rauva, Erkki; Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.

Ikäheimo, Seppo; Malmi, Teemu & Walden, Risto. 2019. Yrityksen laskentatoimi. Helsinki: Alma Talent Oy.

Kuva. Verkkoaineisto. YTM-Industrial. <https://www.ytm.fi/tuotteet/voitelu/lincoln-keskusvoitelujarjestelmat/keskusvoitelukomponentit/>. Luettu 10.5.2024

Lapinleimu, Ilkka; Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotanto järjestelmät. Porvoo: WSOY

Nieminen, Sanna. 2016. Hyvä hankinta – parempi bisnes. Helsinki: Talentum Pro

Progressive lubrication systems. 2024. Verkkoaineisto. Skf. <https://www.skf.com/group/products/lubrication-management/automatic-lubrication-systems/progressive>. Luettu 23.4.2024.

Progressive lubrication systems. 2024. Verkkoaineisto. Woerner. <https://www.woerner.de/progressive-lubrication-system.html>. Luettu 23.4.2024.

Puolamäki, Esa & Ruusunen, Pentti. 2009. Strategiset investoinnit. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Tuotantotyypit. 2024. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyypit/>. Luettu 25.2.2024.

Takaisinmaksuaika. 2024. Verkkoaineisto. Pankkiasiat. <https://pankkiasiat.fi/takaisinmaksuaika>. Luettu 10.3.2024.