

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

MODULAARISEN KIINNITINJÄRJESTELMÄN HANKINTASUUNNITELMA

Hydroline Oy

TEKIJÄ

Mikko Kontkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn tekijä Mikko Kontkanen		
Työn nimi Modulaarisen kiinnitinjärjestelmän hankintasuunnitelma		
Päiväys	3.5.2025	32/2
Yhteistyötaho Hydroline Oy		
<p>Opinnäytetyössä laadittiin hankintasuunnitelma modulaariselle kiinnitinjärjestelmälle. Työn toimeksiantajana toimi hydraulikkasyntereitä valmistava Hydroline Oy. Taustalla oli tarve tehostaa vaakakaraisilla työstökeskuksilla tapahtuvaa osavalmistusta, lyhentää asetusajoja ja nostaa koneiden käyttöastetta. Nykyinen kiinnitinratkaisu koettiin vanhanaikaiseksi ja joustamattomaksi, eikä se vastannut tuotannon nykyisiä eikä tulevia tarpeita. Tavoitteena oli suunnitella joustava ja helposti muokattava kiinnitinjärjestelmä, joka soveltuisi kaikille valmistettaville kappaleille ja mahdollistaisi pidemmät jaksoajat.</p> <p>Työ toteutettiin kartoittamalla nykytilanne haastattelujen, palaverien ja havainnoinnin avulla. Menetelminä käytettiin myös markkinavertailua, 3D-mallinnusta sekä teknisten vaatimusten analysointia. Vertailussa huomiointiin kiinnittimien tekniset ominaisuudet, kustannukset ja yhteensopivuus käytössä olevien työstökeskusten kanssa. Suunnittelun pohjalta valittiin OK-VISE:n kiinnitinkiskot ja Zero Clampin valmistama kiinnitintorni, johon on integroitu pneumaattiset nollapistekiinnittimet. Lisäksi laadittiin riskianalyysi ja takaisinmaksulaskelma, joiden avulla arvioitiin investoinnin kannattavuutta ja kartoitettiin mahdolliset riskit.</p> <p>Tuloksena saatiin hankintasuunnitelma helposti muokattavalle ja joustavalle kiinnitinjärjestelmälle, jonka avulla koneiden käyttöasteen arvioitiin nousevan 25–30 prosentista 50 prosenttiin. Ratkaisun odotetaan parantavan tuotannon sujuvuutta, tuottavuutta, ergonomiaa ja työn mielekkyyttä. Jatkokehityksenä ehdotettiin dokumentoinnin ja ohjeistuksen parantamista sekä järjestelmän käyttöönottoa myös muilla työpisteillä.</p>		
Avainsanat Modulaarisuus, tuottavuus, kiinnitystekniikka, nollapistekiinnitin, kiinnitintorni, lastuava työstö		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	6
3	KONEISTUKSEN- JA KIINNITTIMIEN TEORIAA JA TAUSTAA.....	7
3.1	CNC-koneistus	7
3.2	Vaakakaraiset työstökeskukset.....	8
3.3	Jyrsintä	8
3.4	Poraus	9
3.5	3–2–1 Kiinnitysmenetelmä	9
3.6	Työstettävän kappaleen kiinnittäminen jysinnässä	10
3.7	Jysinnän kiinnityksessä vaikuttavat voimat.....	11
3.8	Nollapistekiinnittimet.....	12
3.9	Modulaariset kiinnittimet.....	14
3.10	Tuottavuus.....	15
3.11	Solulayout tuotanto.....	15
4	MODULAARISEN KIINNITINJÄRJESTELMÄN HANKINNAN LÄHTÖKOHDAT	17
4.1	Valmistettavat kappaleet yleisesti	17
4.2	Lähtötilanne	17
4.3	Kehitystarpeet ja tavoitteet	18
4.4	Kiinnitinjärjestelmän vaatimukset	19
5	MODULAARISEN KIINNITINJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	20
5.1	Suunnittelu	20
5.2	Toteutus.....	20
5.3	Lopputulos.....	23
5.4	Riskianalyysi.....	24
6	HANKINNAN TAKAISINMAKSUSUUNNITELMA	26
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	28
8	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET	31
	LIITE 1: TAKAISINMAKSULASKELMA (SALATTU).....	33
	LIITE 2: RISKIEN ARVIOINTILOMAKE (SALATTU)	34

KUVALUETTELO

Kuva 1. Mazak FH-6800 Vaakakarainen työstökeskus (Kontkanen 2025, CC BY)	8
Kuva 2. Kappaleen eri vapausasteet (Enerpac n.d.)	10
Kuva 3. Jyrsin terään ja työstettävään kappaleeseen kohdistuvat lastuamisvoimat (Kontkanen mukaillen Heinonen & Kalliolahti, 2020)	12
Kuva 4. Poikkileikkaus nollapistekiinnitin sylinteristä ja kappaleeseen tai kappaleen kiinnittimeen kiinnitettävästä vetotapista (AMF 2025)	13
Kuva 5. Modulaarisia kiinnitinelementtejä (Carrlane n.d.)	14
Kuva 6. Tuottavuuden kaava (Osaavayrittaja.fi n.d.)	15
Kuva 7. Esimerkki solulayoutista (Kontkanen mukaillen Teollisuustalous 2009)	16
Kuva 8. Eräs kiinnitysmenetelmä (Kontkanen 2025, CC BY)	18
Kuva 9. OK-VISE Multi-Rail RM (OK-VISE n.d.)	21
Kuva 10. Kiinnitintorni (Kontkanen 2025, CC BY)	22
Kuva 11. Pohjalevy ja OK-VISEn kiinnittimet (Kontkanen 2025, CC BY)	23
Kuva 12. Kokoonpantu kiinnitinjärjestelmä (Kontkanen 2025, CC BY)	24
Kuva 13. Takaisinmaksuajan menetelmän kaava (Kontkanen mukaillen teollisuustalous, 2009)	26

1 JOHDANTO

Tuotannon kehittäminen on tärkeä osa nykyaikaista teollisuutta. Yritykset pyrkivät jatkuvasti parantamaan tuottavuutta, laatua ja joustavuutta, jotta ne pysyisivät kilpailukykyisinä muuttuvassa markkinaympäristössä. Koneistuksessa yksi keskeinen tekijä, joka vaikuttaa työn laatuun ja tuotannon sujuvuuteen, on työstettävien kappaleiden kiinnitys. Ilman valmistettaville kappaleille sopivaa, nopeaa ja tukevaa kiinnitystä ei voida saavuttaa luotettavaa ja tehokasta tuotantoprosessia.

Perinteiset kiinnittimet ovat usein suunniteltu tiettyä työkappaletta tai työvaihetta varten. Tämä johtaa siihen, että kiinnittimiä joudutaan vaihtamaan tai muokkaamaan aina uuden tuotteen tullessa valmistettavaksi. Tämä vie aikaa ja hidastaa tuotantoa ja lisää asetuksiin kuluvaan aikaan. Varsinkin tilanteissa, joissa tuotantomäärät vaihtelevat ja valmistetaan monipuolisesti erilaisia tuotteita aiheuttaa tällainen jäykkä kiinnitusratkaisu ylimääräistä työtä ja kustannuksia.

Modulaariset kiinnittimet tarjoavat ratkaisun näihin ongelmiin. Ne koostuvat standardoiduista osista, joita voidaan yhdistellä eri tavoin eri kappaleita varten. Tällöin samaa kiinnitysjärjestelmää voidaan käyttää useissa eri tuotteissa tai työvaiheissa, mikä vähentää tarvetta valmistaa tai hankkia erillisiä kiinnitysratkaisuja. Modulaarisuus tuo mukanaan myös muita hyötyjä, kuten nopeamman asetuksen teon, helpomman huollon ja paremman muunneltavuuden tulevaisuuden tarpeita ajatellen.

Yksi erityisen käyttökelpoinen vaihtoehto on modulaariset kiskokiinnittimet, joissa kiinnitysosat asennetaan valmiiksi koneistettuun kiskoon. Tämä mahdollistaa kiinnittinelementtien nopean siirtelyn, paikoituksen ja lukituksen eri kappaleita varten ilman monimutkaista säätöä. Kiskokiinnittimet parantavat työn toistettavuutta ja lyhentävät asetusajoja merkittävästi, joka näkyy suoraan tuotannon tehokkuudessa. Ne soveltuvat käytettäväksi erityisesti silloin, kun kappaleiden mitat ja muodot vaihtelevat usein, mutta työkierto halutaan pitää mahdollisimman nopeana ja sujuvana.

Työn tarkoituksena on muodostaa toimeksiantajalle hankintasuunnitelma modulaarisesta kiinnitinjärjestelmästä varten. Kiinnitinjärjestelmä tulee käyttöön toimeksiantajan vaakakaraisille työstökeskuksille osavalmistukseen. Hankintasuunnitelmaa varten hahmotellaan yksinkertainen, mutta toimiva kiinnitusratkaisu, joka tukisi toimeksiantajan tuotannon tarpeita. Tarkoituksena on myös valmistaa kiinnitinjärjestelmää varten takaisinmaksusuunnitelma sekä järjestelmälle tehdään riskien arviointi.

Työn tavoitteena on myös vähentää koneiden seisahdusaikaa. Hankinnan tavoitteena on sujuvoittaa toimeksiantajan tuotantoa, nopeuttaa asetusajoja ja tehostaa tuotantoa jaksoajoja kasvattamalla. Tavoitteena on myös helpottaa työntekijöiden jokapäiväistä työskentelyä vaakakaraisilla työstökeskuksilla. Opinnäytetyö keskittyy koneistuskiinnittimien hankinnan suunnitteluun, eikä varsinaista kiinnittimien valmistusta tai asetusten suunnittelua sisällytetty työhön.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii siilinjärveläinen hydraulikkasynterejä valmistava konepaja Hydroline Oy. Hydroline Oy on perustettu vuonna 1962. Yrityksen perusti Helge Laakkonen. Yritystoiminta siirtyi 80-luvun aikana nykyiselle tontilleen Vuorelaan, Siilinjärvelle ja näihin aikoihin se siirtyi valmistamaan hydraulikkasynterejä. 2000-luvun alussa Hydrolinestä tuli Suomen suurin hydraulisynterejä valmistava yritys. 2010-luvulla yritys perusti toimipisteen Puolan Stargardiin. Nykyisin yrityksen toimitusjohtajana toimii Jan Mattlin. Yhteensä kahdella tehtaalla työskentelee noin 260 henkilöä, josta Suomen osuus on noin 200 henkilöä. Hydrolineen pääasiakkaina toimii monia kansainvälisiä yrityksiä muun muassa kaivos-, rakennus-, metsäkone- ja maatalousaloilta. (Hydroline n.d.)

Hydroline tunnetaan korkealaatuisista ja räätälöidyistä hydraulisyntereistään. Yhtiö panostaa vahvasti innovaatioihin ja teknologiseen kehitykseen, esimerkiksi IoT-ratkaisuihin, jotka mahdollistavat hydraulisynterien etävalvonnan ja ennakoivan kunnossapidon. (Hydroline n.d.)

Yrityksen konekantaan kuuluu perinteisiä niin CNC-ohjattuja sorveja, työstökeskuksia kuin moderneja CNC-ohjattuja monitoimisorveja, kitkahitsauskoneita ja erilaisia robotteja. Yritykseltä löytyy myös useita erilaisia kokoonpanolinjoja, joissa valmistetaan hydraulisynterejä komponenteista, joita yritys valmistaa. Yritys panostaa merkittävästi toiminnan modernisointiin ja automatisointiin. (Hydroline n.d.)

3 KONEISTUKSEN- JA KIINNITTIMIEN TEORIAA JA TAUSTAA

Koneistaminen, eli lastuava työstö, on menetelmä, jossa raaka-aineesta muokataan halutunlainen kappale poistamalla materiaalia lastuina. Prosessissa hyödynnetään erilaisia työstötekniikoita, kuten sorvausta, jyr-sintää, porausta, sahausta, höyläystä ja hiontaa. Lopputuloksena syntyy mittatarkkoja ja laadukkaita osia, jotka vastaavat asetettuja toleranssivaatimuksia ja pinnanlaatuvaatimuksia. (Camcut n.db.)

Työkappaleen kiinnittimen päätarkoitus on asettaa kappale paikoilleen siten, että se ei pääse liikkumaan työstön aikana. Kiinnittimiä valittaessa olisi otettava huomioon helppokäyttöisyys, ergonomia ja muunneltavuus. Nämä asiat, kun otetaan huomioon, saavutetaan lisää tuottavia työtunteja. Kiinnittimien suunnitteluun ja valintaan kannattaa käyttää aikaa, koska kun kiinnittimet ovat oikeanlaiset tulee kappaleen kiinnittämisestä merkittävästi helpompaa ja yksinkertaisempaa. (Maaranen, Immonen & Könönen 2004, 190–191.)

3.1 CNC-koneistus

CNC-koneistus (*computer numerical control*), eli tietokoneohjattu numeerinen ohjaus lastuavassa työstössä, on nykyaikaisessa teollisuudessa laajasti käytetty menetelmä, joka mahdollistaa monimutkaisten osien ja komponenttien tarkan ja tehokkaan valmistuksen. Prosessissa käytetään tietokoneohjelmien ohjaamia koneita, jotka suorittavat erilaisia työstötoimenpiteitä, kuten sorvausta, jyr-sintää ja porausta äärimmäisen tarkasti ja toistettavasti. (Camcut n.db.)

NC-koneistuksen (*numerical control*) historia ulottuu 1940- ja 1950-luvuille, jolloin kehitettiin ensimmäiset numeerisesti ohjatut työstökoneet. Aluksi nämä koneet olivat suurikokoisia ja kalliita ja niiden ohjelmointi vaati paljon työtä. Teknologian kehittyessä vuosikymmenten aikana CNC-koneet ovat muuttuneet merkittävästi ja ne ovatkin nykyään nopeampia, tarkempia ja huomattavasti käyttäjäystävällisempiä. Tämä on tehnyt niistä monipuolisia työkaluja, joita hyödynnetään laajasti eri teollisuudenaloilla. (Camcut n.db.)

Yksi CNC-koneistuksen merkittävimmistä eduista on sen kyky tuottaa tarkkoja ja toistettavia osia. Kun työstöohjelma on kerran luotu ja testattu, kone pystyy valmistamaan suuren määrän samanlaisia komponentteja erittäin pienillä mittapoikkeamilla. (Camcut n.db.)

Nykyisin on yleistä, että CNC-koneistuksessa apuna käytetään erilaisia robotteja. Robotit toimivat ihmisen tilalla vaihtamassa kappaleita ja tällä saavutetaan se, että tuotanto on mahdollisimman tehokasta, koska työstökone on pysähdyksissä mahdollisimman lyhyitä aikoja. Robotin käytöllä voidaan mahdollistaa myös miehittämätöntä ajoa, joka lisää myös tuotantoa. Robotit eivät kuitenkaan poista tarvetta työntekijälle, jolle riittää tekemistä muun muassa koneen säädön ja teräpalojen kääntämisen tai vaihtamisen vuoksi. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 11.)

Koneistuksessa käytettävät terät voivat olla tarkasti muotoiltuja tai epäsäännöllisiä, kuten hiomalait ja -paperit. Hiomarakeilla varustetut työkalut poistavat materiaalia hienovaraisesti, mikä mahdollistaa erittäin tarkan pinnan viimeistelyn. Lastuavan työstön onnistumiseksi, sekä työkappaleen että terän on liikuttava toistensa suhteen tietyllä tavalla. (Camcut n.db.)

3.2 Vaakakaraiset työstökeskukset

Vaakakaraisissa työstökoneissa työkalu on nimensä mukaan käännetty vaakasuoraan työstökoneen pöytään nähden. Työstökoneen rakenne on yleensä valmistettu siten, että koneessa on kaksi tai useampi paletti, joihin työstettävät kappaleet kiinnitetään. Kone voi toimia jopa viidellä eri akselilla, joka tarjoaa mahdollisuuden todella monipuoliselle sekä haastavien kappaleiden valmistukselle. Kappaletta voidaan työstää jopa viideltä erikantilta yhdellä asetuksella. (Ardelengineering n.d.) Kuvassa 1. on esitettyä yksi toimeksiantajan vaakakarainen työstökeskus.



Kuva 1. Mazak FH-6800 Vaakakarainen työstökeskus (Kontkanen 2025, CC BY)

Vaakakaraisten työstökeskuksen etuja verrattuna perinteiseen pystykaraiseen työstökoneeseen on se, että sillä voidaan valmistaa monimutkaisempia kappaleita vähemmällä asetus määrällä, joka taas aiheuttaa sen, että kappaleen valmistusajat lyhenevät. Vaakakaraiset työstökeskukset soveltuvat erityisesti sellaiseen työhön, jossa valmistetaan paljon uria, taskuja, lovia tai materiaalin poistomäärät ja kappaleet ovat suuria. Vaakakaraisen työstökeskuksen etuihin kuuluu myös erinomainen lastunpoisto, jonka myötä kappaleen tasopintoihin saadaan valmistettua parempi pinnanlaatu, sekä terien kesto on merkittävästi parempi. (Ardelengineering n.d.)

3.3 Jyrsintä

Jyrsintä on lastuava työstömenetelmä, jossa pyörivällä, yleensä monihampaisella työkalulla poistetaan materiaalia työkappaleesta. Tällä menetelmällä voidaan valmistaa esimerkiksi tasaisia tai kaarevia pintoja, uria ja hammaspyörienmuotoja. Työstettävä kappale kiinnitetään jyrsinkoneeseen, kuten koneen pöytään, joka liikkuu erikseen määritetyn syöttöliikkeen mukaisesti. Varsinaisen lastuamisen suorittaa pyörivä jyrsintätyökalu. (Maaranen, Immonen & Könönen 2004, 173.)

Jyrsinnässä on tärkeää hallita prosessin aikana syntyvät haasteet, kuten työkalun kuluminen, lämmön muodostuminen ja lastujen poistaminen. Nämä tekijät vaikuttavat suoraan työstön tarkkuuteen, työkalujen kestävyys- ja tuotannon tehokkuuteen. Käyttämällä oikeanlaisia työkaluja, sopivia jäähdytys- ja voiteluaineita sekä optimoimalla työstöprosessia voidaan parantaa merkittävästi sekä laatua että tuottavuutta. (Camcut n.da.)

Jyrsinnän monipuolisuus tekee siitä korvaamattoman menetelmän konepajateollisuudessa. Sen avulla voidaan valmistaa monimutkaisia osia tarkasti ja kustannustehokkaasti, mikä on välttämätöntä modernissa teollisuudessa. Menetelmä soveltuu niin yksittäisten kappaleiden valmistukseen kuin myös laajamittaiseen sarjatuotantoon, tarjoten joustavan ratkaisun erilaisiin valmistustarpeisiin. (Camcut n.da.)

3.4 Poraus

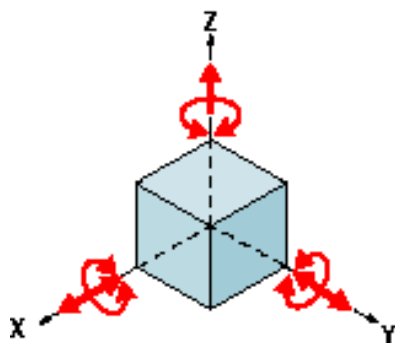
Poraamisessa yleisesti käytettävä työkaluna on kierukkapora, joka pyörii ja sitä syötetään erikseen määritetyllä syötöllä työkappaleeseen. Tämä työkalu työstää pyöreän, lieriömäisen reiän työstettävään materiaaliin. Kierukkaporan toiminta perustuu kahteen liikkeeseen: pyörimisliikkeeseen ja suoraviivaiseen syöttöliikkeeseen, joiden yhdistelmä mahdollistaa reiän syntymisen. (Maaranen, ym. 2004, 43.)

Neliskanttiset tai muuten säännölliset työkappaleet kiinnitetään porauksen aikana yleensä koneruuvipuristimeen. Puristin kiinnitetään koneen pöydän T-uriiin. Työkappaleen tulisi olisi suorassa ja sen täytyy olla tukevasti puristimen rungossa joko suoraan tai suuntaisalojen avulla. Kappaleen tulee olla riittävän syvällä puristimen leukojen välissä, ettei se ei pääse irtoamaan. (Maaranen, ym. 2004, 53.)

Porauksessa on tärkeää varmistaa, että lastuamisnesteellä on riittävä voitelukyky ja että se sopii työstettävään materiaaliin. Läpikäähdytystä kannattaa hyödyntää aina, kun se on mahdollista ja erityisesti syväporauksessa suositellaan korkeapaineista lastuamisnestejärjestelmää. Pienten läpikäähdytettyjen porien kanssa on myös huomioitava nesteen puhtaus, sillä pienet epäpuhtaudet voivat tukkia jäähdytyskanavat ja heikentää poraustehoa. (Camcut n.dc.)

3.5 3–2–1 Kiinnitysmenetelmä

3–2–1-menetelmä on yleisesti käytetty kiinnitysperiaate, joka mahdollistaa kappaleen tarkan ja vakaan paikoituksen työstön aikana. Tämä menetelmä perustuu siihen, että kappaleen liikkuminen esitetään kuuden vapausasteen suhteen, joita ovat kolme lineaarista X-, Y- ja Z-akselit ja näiden kolmen akselin ympäri kiertymis- suunnat. (Camcut n.dd.) Kuvassa 2. on esitettyinä kappaleen vapausasteet.



Kuva 2. Kappaleen eri vapausasteet (Enerpac n.d.)

3–2–1 menetelmän ensimmäisessä vaiheessa päätetään kolme pistettä, jotka muodostavat ensimmäisen tason, jota vasten kappale asetetaan. Jos kiinnityspisteitä olisi esimerkiksi kaksi tai neljä, kappale ei asettuisi hyvin paikoilleen aihion muotovirheiden takia. Kolmen pisteen määrittämä taso estää kappaleen liikkeen kolmessa eri vapausasteessa. Ensimmäisen vaiheen jälkeen kappale voi vielä liikkua X- ja Y- akselien suuntaisesti sekä pyöriä Z-akselin ympäri, mutta Z-akselin suuntainen liike on estetty, koska kappale on joko puristettu tasoa vasten tai se on kiinnitetty esimerkiksi ruuvipuristimeen. Toisessa vaiheessa kappaleen pyöriminen Z-akselin ympäri estetään lisäämällä kaksi tukipistettä sen yhdelle sivulle. Nämä tukipisteet rajoittavat myös liikettä joko X- tai Y-akselin suunnassa, riippuen siitä, mille sivulle ne on asetettu. Tämä varmistaa, että kappale pysyy halutussa asennossa. Kolmannessa vaiheessa lisätään yksi tukipiste kappaleen kolmannelle sivulle, mikä estää viimeisen jäljellä olevan liikkeen X- tai Y-akselin suunnassa. Tämä tukipisteen ansiosta kappaleen viimeinenkin vapausakseli on lukittu ja näin ollen kappale ei pääse liikkumaan työstön aikana. (Enerpac n.d.)

3–2–1-menetelmä takaa hyvän toistettavuuden, sillä jokaisen valmistetun kappaleen täytyy täyttää kappaleelle määritetyt mitta sekä geometriset toleranssit. Se miten tähän päästäisiin, olisi hyvä, jos tukipisteisiin osuvat pinnat olisivat ennalta koneistettuja, mutta aina se ei ole mahdollista, vaan ajoittain kappale täytyy kohdistaa esimerkiksi valupintaa vasten. Ideaalitalanne olisi, jos kappale olisi mahdollista kiinnittää kahdesta tai kolmesta tarkasti valmistetusta reiästä, joiden avulla pystyisi lukitsemaan 5 vapausastetta. Yksi hyvä vaihtoehto olisi hyödyntää kahta pintaa, jotka ovat keskenään kohtisuoria. Tästä pinnasta kappale on helppo kiinnittää esimerkiksi ruuvipuristimeen. (Enerpac n.d.)

3.6 Työstettävän kappaleen kiinnittäminen jyrksinnässä

Jyrksinnässä yksi yleisimmistä kiinnittimistä on koneruuvipuristin. Toimintaperiaatteena siinä on se, että toinen leuka on kiinteästi kiinni kiinnittimen rakenteessa ja toinen leuka on säädettävissä sekä liikuteltavissa. (Venkataraman 2015, 57.) Puristin ei ole kiinteästi kiinni työkoneen pöydässä vaan se kiinnitetään siihen erikseen. Puristimen kiinnitys tapahtuu siihen tarkoitetuilla kiinnittimillä, joita ovat esimerkiksi sivukiinnittimet. Puristimen runkoon on saatettu myös valmistaa tietyllä jaolla pultin reiät, joista puristin on helppo kiinnittää pöydän T-uraan. Puristimen kiinnityskohta kannattaa valita siten, että koneen liikerajat riittävät kappaleen valmistamiseen. Puristinta asetettaessa on huomioitava myös sen sijainti pöydällä. Jos puristin sijoitetaan hieman työstöpöydän ulkopuolelle, on varmistettava, ettei se osu koneen rungon ulkoneviin osiin pöytää liikutettaessa ääri rajoille. Tästä voidaankin

päätellä, että puristimen koko kannattaa valikoida työstöpöydän ja koneen koon perusteella. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 123.)

Kiinnitintä käytetään erityisesti silloin, kun kappaleet ovat säännöllisen muotoisia ja pienikokoisia. Puristin kiinnitetään jrsinkoneen pöytään kiinnitysruuveilla. Puristimen pohjassa olevat ohjauskiilat auttavat suuntaamaan sen tarkasti pöydän T-urien suuntaan. Koneruuvipuristinta käytettäessä käytetään yleensä kappaleen alle aseteltavia aluspaloja, jotka tukevat yleistä 3–2–1 kiinnitysmenetelmää. On myös todella yleistä, että koneruuvipuristimeen jrsitään tietyille kappaleelle räätälöidyt ”pehmeät” kiinnitinleuat. (Maaranen, Immonen & Könönen 2004, 191–192). Termi ”pehmeät” leuat tarkoittavat sitä, että leukoihin jrsitään koneistettavan kappaleen muoto. Muodon jrsittävä syvyys valitaan siten, että kappale kestää työstönajan kiinni ja että koneistuksessa käytettävät terät eivät osu pehmeisiin leukoihin. Tavoitteena on, että muoto jrsitään mahdollisimman suurelle alueelle, jolla voidaan varmistaa hyvä, tarkka ja vankka kiinnitys. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 123.)

Myös yleinen kiinnitystapa on kiinnittää kappale suoraan jrsinkoneen pöytään (Maaranen, ym. 2004, 190). Pöytään kiinnittäminen tarkoittaa sitä, että kappale puristetaan U-raudalla tai rako-raudalla kiinni työstökoneen pöytään. Kiinnityksessä hyödynnetään työstökoneessa olevia T-uria, joihin voidaan laittaa T-uramutterit. Kiinnitystä varten tarvitaan myös usein eräänlaisia tukialustoja tai aluspaloja, esimerkiksi kiilateräksestä sahattuja pätkiä. Pöytään kiinnittäessä voidaan käyttää myös sivu-, otsa- tai matalakiinnittimiä. Näitä menetelmiä käytetään erityisesti silloin, kun kappaleen yläpinta täytyy pystyä koneistamaan kokonaisuudessaan. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 73.)

Kappaleen kiinnittämistä kulmahyllyyn käytetään silloin, kun työstettävään kappaleeseen halutaan suorita tai toisiaan vastaan kohtisuoria tai muussa kulmassa olevia pintoja. Kulmatasot voivat olla joko kiinteitä 90° tai säädettäviä 0–90° välillä. (Maaranen, ym. 2004, 192.)

Joitain kappaleita voidaan haluta kiinnittää V-kappaleeseen. Tällaisia kappaleita ovat yleensä akselit ja muut lieriömäiset kappaleet. V-kappale on hyvä vaihtoehto perinteisen ruuvipuristimen tilalle, kun kyseessä on lieriömäiset kappaleet. (Maaranen, ym. 2004, 192.)

Kun suunnitellaan kappaleen kiinnittimiä jrsimistä varten, on hyvä ottaa huomioon tekijöitä, kuten kappaleen ja kiinnittimien jäykkyys. Jos kiinnitin tai kiinnitys on heikko, kappale altistuu värinöille ja muodonmuutoksille. Värinä aiheuttaa myös ongelmia pinnanlaadun sekä terien keston suhteen. Värisevä kappale tai kiinnitys voi aiheuttaa terärikon tai pahimmassa tapauksessa kappaleen irtoamisen. (Venkataraman 2015, 57.)

3.7 Jrsinnän kiinnityksessä vaikuttavat voimat

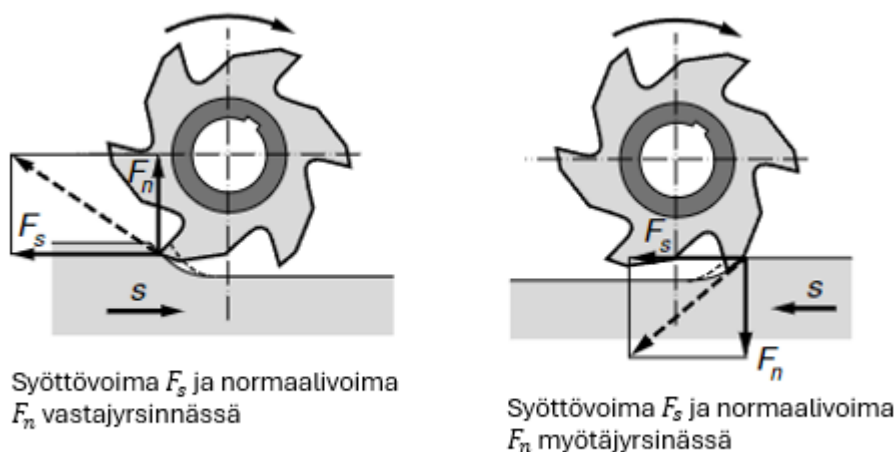
Jrsinnässä terän aiheuttamat voimat vaikuttavat kappaleen kiinnitykseen. Nämä voimat voivat joko painaa kappaletta pöytää vasten tai nostaa sitä ylöspäin riippuen käytetystä terästä. Tämä siksi, koska jrsinnän lastun vahvuus ja työstösuunta vaihtuu taukoamatta. Kiinnityksen tehtävänä on kumota lastuamisvoimat ja pitää kappale jrsinnän aikana tukevasti paikoillaan. kuvassa 3 on esitetty

mihin työstöliikkeen suuntainen voima F_s ja sitä kohti suoraan vaikuttava normaali voima f_n kohdistuu. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 75.)

Kappaletta kiinni pitävä kitkavoima F_μ lasketaan kaavalla (Hautala & Peltonen, 2016, 33)

$$F_\mu = \mu N$$

Kaavassa μ on materiaalista riippuvainen kitkakerroin ja N on pintaa vasten kohtisuorassa vaikuttava normaalivoima.



Kuva 3. Jyrsin terään ja työstettävään kappaleeseen kohdistuvat lastuamisvoimat (Kontkanen mukaan Heinonen & Kalliolahti, 2020)

3.8 Nollapistekiinnittimet

Nollapistekiinnittimiä valmistaa useampi eri yritys ja niiden tarjoamat tuotteet eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan. Sopivan kiinnittimen valinta kannattaa aloittaa määrittämällä käyttötarpeet ja vaaditut ominaisuudet. Nollapistekiinnitinjärjestelmät ovat suunniteltu tehostamaan tuotantoprosesseja tarjoamalla erittäin tarkkaa ja helposti muokattavaa kiinnitystekniikkaa. Järjestelmä koostuu korkealaatuisista kiinnityssylintereistä ja vetotapeista, jotka takaavat erinomaisen toistotarkkuuden ja soveltuvat monenlaisiin käyttökohteisiin. Nollapistekiinnittimiä on olemassa pneumaattisia, hydraulisia sekä mekaanisia. Kuvassa 4. poikkileikkaus nollapistekiinnitimestä. (Reunanen 2011, 31.)



Kuva 4. Poikkileikkaus nollapistekiinnitin sylinteristä ja kappaleeseen tai kappaleen kiinnittimeen kiinnitettävästä vetotapista (AMF 2025)

Nollapistekiinnitinjärjestelmät mahdollistavat työkalujen ja kiinnikkeiden nopean vaihdon, mikä vähentää asetusaikoja ja lisää koneiden käyttöaikaa. Asetusaika tarkoittaa sitä aikaa, joka tarvitaan koneen valmisteluun ennen uuden työn aloittamista. Asetusaika pitää sisällään työkalujen vaihdon, työkalun kiinnittämisen ja nollapisteenmäärityksen. Järjestelmän yksi tärkeimmistä eduista on korkea toistotarkkuus, joka on $< 0,005$ mm, joka tarkoittaa sitä, kuinka tarkasti kiinnitin, kappale tai adapterilevy kiinnittyy irrotuksen ja kiinnityksen välillä. Tämä toistotarkkuus mahdollistaa nopean ja helpon työkalujen ja kiinnikkeiden vaihtamisen. Nopean ja helpon työkalujen kiinnityksen avulla saadaan vähennettyä asetusaikoja jopa yli 90 %. Nollapistekiinnitinjärjestelmä toimii myös pohjana yhtenäiselle kiinnitinjärjestelmälle useammalle eri koneelle. Kiinnitinjärjestelmän avulla saadaan yhtäaikaaisesti varmistettua työkalun kiinnitys ja paikoitus. (AMF 2025.)

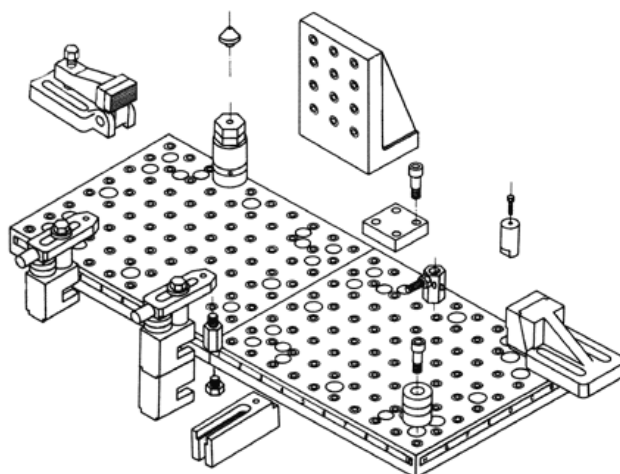
Nollapistetekniikan käyttöönotto koneistuksessa ei itsessään muuta koneistusmenetelmiä eikä yleensä vaikuta työkalun kiinnitystapoihin. Jos kiinnitintappeja ei kiinnitetä suoraan työkaluun, tarvitaan edelleen tukeva ja toimiva kiinnitin, jolla kappale kiinnitetään, esimerkiksi adapterilevyyn. Suurin hyöty ja merkittävin muutos kiinnityksen kannalta saavutetaan, kun nollapistekiinnittimen kiinnitystapit voidaan asentaa suoraan työstettävään kappaleeseen. Tällöin erillistä palettia tai muita kiinnitinjärjestelmiä ei tarvita työkalun ja koneen välillä. Kun kiinnitintapit on kiinnitetty suoraan kappaleeseen, sitä voidaan koneistaa viideltä eri kantilta ilman esteitä. (Reunanen 2011, 34–35.)

Kiinnitintappien avulla varmistetaan tarkka ja hyvin tuettu kiinnitys. Ne voidaan asentaa joko suoraan kappaleeseen tai erilliseen kiinnitinlevyyn. Yleisesti käytössä on kolme erilaista kiinnitintappityyppiä, joita ovat keskittävät, suuntaavat ja ainoastaan kiinnitykseen tarkoitetut tapit. Parhaan tarkkuuden saavuttamiseksi olisi hyvä käyttää keskittävien ja suuntaavien tappien yhdistelmää. Myös tappien sijoittelulla paletilla on tärkeä rooli. Keskittävä tappi määrittää nollapisteen, kun taas suuntaava tappi ohjaa kiinnitystä joko x- tai y-akselilla. (Reunanen 2011, 34–35.)

Nollapistekiinnityksen suurimpia etuja ovat sen nopeus, helppokäyttöisyys ja kyky säilyttää tarkka nollapiste. Tämä lyhentää asetusaikoja, nopeuttaa työkalujen vaihtoa ja mahdollistaa automaattisen kappaleenvaihdon. (Reunanen 2011, 34–35.)

3.9 Modulaariset kiinnittimet

Modulaariset kiinnittimet ovat joustava ja kustannustehokas ratkaisu monimutkaisten työkappaleiden kiinnittämiseen erityisesti koneistuksessa ja muissa valmistusprosesseissa. Se perustuu standardoituin ja uudelleenkäytettäviin komponentteihin, kuten pohjalevyihin, kiinnitintorneihin, tukielementteihin ja kohdistusnastoihin, joita voidaan yhdistellä eri tavoin tarpeen mukaan. Tämän ansiosta modulaarinen kiinnitysjärjestelmä tarjoaa huomattavaa etua perinteisiin, räätälöityihin kiinnitysratkaisuihin verrattuna. (Carrlane n.d.) Kuvassa 5. on esitettyä modulaarisia kiinnitinelementtejä.



Kuva 5. Modulaarisia kiinnitinelementtejä (Carrlane n.d.)

Yksi modulaaristen kiinnittimien tärkeimmistä eduista on sen kyky vähentää suunnittelu- ja valmistusaikaa. Koska kiinnityskomponentit ovat valmiiksi standardoituja, erillisiä, yksittäisiin työkappaleisiin räätälöityjä kiinnittämiä ei tarvitse suunnitella ja valmistaa. Tämä ei ainoastaan lyhennä tuotantoon valmistautumisen aikaa, vaan myös alentaa kokonaiskustannuksia. Lisäksi järjestelmä mahdollistaa helpon ja nopean asetuksen teon, sillä osat voidaan asentaa ja säätää ilman erikoistyökaluja tai monimutkaisia asennusvaiheita. (Carrlane n.d.)

Toinen merkittävä etu on järjestelmän muokattavuus ja uudelleenkäytettävyys. Modulaariset komponentit voidaan purkaa ja koota uudelleen eri tavoin, jolloin samaa järjestelmää voidaan hyödyntää monenlaisten työkappaleiden kiinnittämisessä. Tämä tekee siitä erityisen hyödyllisen tilanteissa, joissa tuotanto vaatii usein vaihtuvia tai pieniä sarjoja valmistettavia kappaleita. Kiinnitysjärjestelmän mukauttaminen uusiin työtehtäviin onnistuu yksinkertaisesti vaihtamalla tai lisäämällä tarvittavia komponentteja, mikä parantaa tuotannon joustavuutta ja tehokkuutta. (Carrlane n.d.)

Modulaariset kiinnitysjärjestelmät voivat myös parantaa tuotantoprosessien tarkkuutta ja toistettavuutta. Koska komponentit on valmistettu tarkasti määriteltujen standardien mukaisesti, ne takaavat toistettavan ja luotettavan kiinnityksen. Tuotannon kannalta modulaariset kiinnitinjärjestelmät auttavat vähentämään seisokkiaikoja, koska niitä voidaan mukauttaa nopeasti uusiin työvaiheisiin ilman

suuria muutostöitä. Tämä tekee koneistettavien kappaleiden vaihdosta sujuvampaa ja ne nopeuttavat asetusten tekoa, säätämistä ja näin vähennetään tuotannon keskeytyksiä. Lopputuloksena työ etenee tehokkaammin ja hukka-aikaa syntyy vähemmän. (Carrlane n.d.)

Kaiken kaikkiaan modulaarinen kiinnitys auttaa yrityksiä sujuvoittamaan valmistusta, pienentämään kustannuksia ja lisäämään tuotannon joustavuutta. Se on erityisen hyödyllinen silloin, kun valmistusvaatimukset muuttuvat usein ja kiinnitysjärjestelmien pitää mukautua nopeasti uusiin tarpeisiin. (Carrlane n.d.)

3.10 Tuottavuus

Tuottavuus tarkoittaa sitä, että resursseja, kuten työvoimaa, materiaaleja, energiaa ja pääomaa, hyödynnetään tehokkaammin, jolloin saadaan aikaan enemmän tai laadukkaampia tuloksia. Yrityksissä tuottavuuden kehittäminen on jatkuva prosessi. Tuotanto yrityksessä tämä tarkoittaa tavaroiden ja palveluiden valmistusta. Tätä varten yritys hankkii erilaisia tuotantopanoksia, kuten työvoimaa, raaka-aineita, energiaa sekä koneita ja laitteita. Näitä resursseja hyödyntämällä yritys tuottaa valmiita tuotteita. Tuottavuus kuvaa sitä, kuinka tehokkaasti yritys pystyy hyödyntämään hankkimansa panokset. Mitä enemmän ja laadukkaampia tuotteita saadaan aikaan suhteessa käytettyihin resursseihin, sitä parempi on yrityksen tuottavuus. Yksinkertaisesti sanottuna tuottavuus tarkoittaa sitä, että vähemmällä resursseilla saadaan enemmän aikaiseksi. (Osaavayrittaja.fi n.d.)

Käytännössä tuottavuus voidaan ilmaista panosten ja tuotosten määrällisenä suhteena. Jos samalla panostuksella saavutetaan suurempi tuotantomäärä tai jos nykyinen tuotantomäärä voidaan saavuttaa pienemmällä panostuksella, tuottavuus paranee. Esimerkiksi konepajayrityksessä tuottavuus paranee, jos samoilla työtunneilla, energiankulutuksella sekä olemassa olevilla koneilla ja tiloilla saadaan tuotettua enemmän valmiita tuotteita. Samoin tuottavuus kasvaa, jos tuotantomäärä pysyy ennallaan, mutta tuotteet pystytään valmistamaan aiempaa pienemmällä resurssien käytöllä. Tuottavuus voidaan siis ilmoittaa kuvassa 6. näkyvällä kaavalla. (Osaavayrittaja.fi n.d.)

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotokset}}{\text{Panokset}}$$

Kuva 6. Tuottavuuden kaava (Osaavayrittaja.fi n.d.)

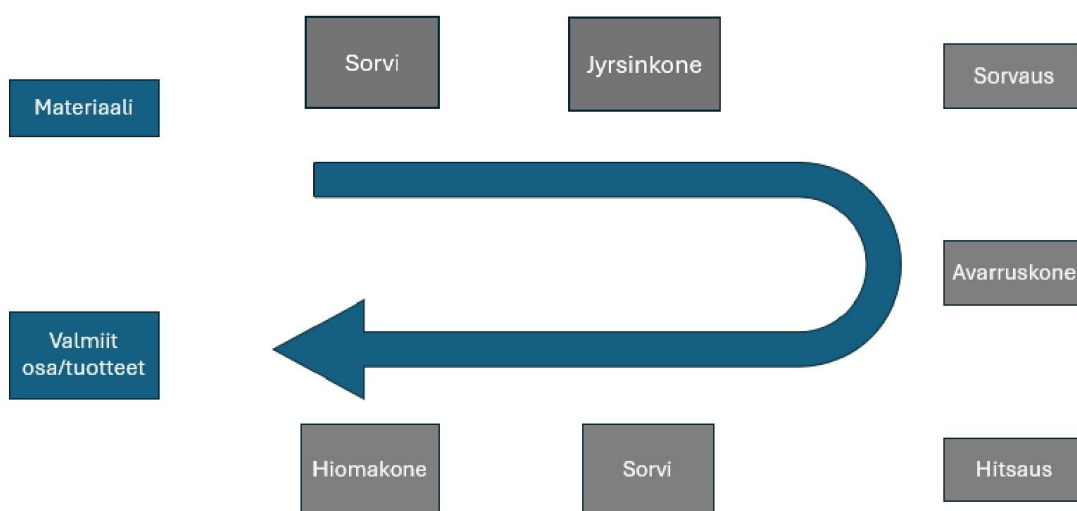
3.11 Solulayout tuotanto

Solulayout koostuu itsenäisestä ryhmästä, joka sisältää erilaisia koneita ja työpisteitä. Tämä ryhmä on suunniteltu tiettyjen osien valmistukseen tai tietyille työvaiheille. Kuvassa 7. on havainnollistettu millä tuotantosolu voi näyttää. Verrattuna perinteiseen funktionaaliseen layoutiin, solutuotannon läpäisy aika on huomattavasti lyhyempi. Materiaalivirta on selkeä ja sujuva ilman tarpeettomia väliva-

rastoja. Solu pystyy joustavasti valmistamaan juuri niitä tuotteita, joihin se on suunniteltu, ja siirtymisen tuotteesta toiseen tapahtuu nopeasti lyhyiden asetusajkojen ansiosta. (Haverila, Uusi-rauva, Kouri & Miettinen 2009, 477–478.)

Solutuotanto soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa tuotantovolyymi ja sarjakoot vaihtelevat suuresti. Tuotteita voidaan valmistaa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Tuotannonohjaus on solussa yksinkertaista, sillä se toimii yhtenä selkeänä kuormituspisteenä. Se, että eri työvaiheet suoritetaan samassa tilassa, helpottaa laadunvalvontaa. Mahdolliset virheet havaitaan nopeasti ja voidaan korjata välittömästi. Solun sisällä koneiden ja laitteiden kuormitusasteet voivat vaihdella, ja keskiarvoisesti ne ovat alhaisempia kuin tuotantolinjoissa. (Haverila, ym. 2009, 477–478.)

Solutuotannon etuja perustellaan myös työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden parantumisella. Solussa työskentelevä tiimi vastaa itsenäisesti omien tehtäviensä suunnittelusta ja toteutuksesta. Työntekijöillä on mahdollisuus vaikuttaa työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen, mikä lisää työtyytyväisyyttä ja parantaa tehokkuutta. (Haverila, ym. 2009, 477–478.)



Kuva 7. Esimerkki solulayoutista (Kontkanen mukailen Teollisuustalous 2009)

4 MODULAARISEN KIINNITINJÄRJESTELMÄN HANKINNAN LÄHTÖKOHDAT

4.1 Valmistettavat kappaleet yleisesti

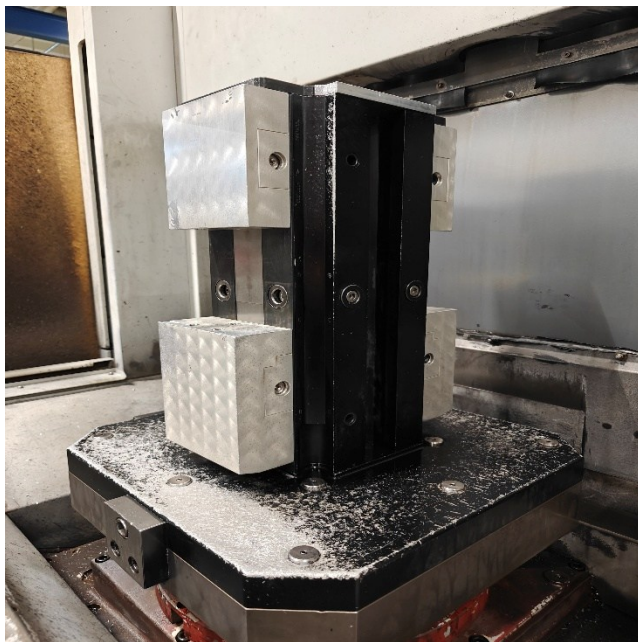
Toimeksiantajan päätoimialana on hydraulikkasyylinterien suunnittelu, valmistus ja testaus, joten valmistettavat kappaleet ovat hydraulikkasyylinterien osia. Hydraulikkasyylinterin valmistettavat osat ovat usein lieriömäisiä. Näitä ovat esimerkiksi sylinteriputki, joka toimii sylinterin runkona. Sylinteriputken sisällä liikkuu männänvarsi, jonka toisessa päässä on mäntä, joka välittää voiman hydraulikan avulla ja toisessa päässä kiinnityskorvake, josta sylinteri kiinnittyy koneeseen tai laitteeseen. Sylinteriputken molempiin päihin tulee kannet, jotka sulkevat sylinteriputken ja ohjaavat öljynvirtausta. Osat ovat monesti sylinterimäisiä tai kantikkaita.

Valmistettavat kappaleet vaativat lähes poikkeuksetta porausta sekä jyrsintää ja monesti myös sorvausta. Valmistettavissa kappaleissa tarkimmat toleranssialueet ovat $< 0,02$ mm. Kappaleissa on usein myös geometristä tolerointia, kuten tasomaisuuksia, kohtisuoruuksia, yhdensuuntaisuuksia ja ympyrämäisyyksiä. Monesti valmistettavissa kappaleissa on myös toleransseiltaan tarkkoja laakeripesiä, joissa täytyy lisäksi olla hyvä pinnanlaatu. Nämä toleranssien aiheuttamat haasteet on otettava huomioon, kun suunnitellaan uutta kiinnitinjärjestelmää.

4.2 Lähtötilanne

Opinnäytetyöprosessi käynnistyi joulukuussa 2024 yhteydenotolla toimeksiantajaan. Toimeksiantajan kanssa kartoitettiin heidän tarvettaan opinnäytetyölle, jolloin ilmeni, että heillä olisi tarve opinnäytetyölle keväällä 2025. Yhteistyöpalaveri järjestettiin vielä joulukuussa. Tuolla tapaamisella tarkasteltiin kaikkia toimeksiantajan ehdottamia aiheita, joista mieleinen aihe valikoitui. Aihe valikoitui sen kiinnostavuuden perusteella. Toimeksiantajan kanssa sovittiin, että opinnäytetyö valmistuu toukuun 2025 loppuun mennessä.

Alkuvuodesta 2025 järjestettiin palaveri, jossa kartoitettiin toimeksiantajan tämänhetkisten kiinnittimien tilannetta menetelmäkehittäjän ja solussa työskentelevien koneistajien kanssa; muun muassa millaisia kappaleiden kiinnitysmenetelmiä heillä on tällä hetkellä käytössään. Ilmeni, että nykyisellään eri asetukset ovat dokumentoitu hyvin, mutta kiinnitinratkaisut eivät ole kovinkaan tehokkaat. Tämänhetkisellä kiinnitinratkaisulla on mahdollista kiinnittää vain 2–4 kappaletta kerrallaan riippuen siitä mitä tuotetta valmistetaan. Kuvassa 8. on esitettyinä eräs tämän hetken kappaleiden valmistukseen liittyvä kiinnitys.



Kuva 8. Eräs kiinnitysmenetelmä (Kontkanen 2025, CC BY)

Alkuvuoden palaverissa arvioitiin toimeksiantajan menetelmäkehittäjän kanssa nykyisen järjestelmän hyviä ja huonoja puolia. Lähtötilannekartoituksessa päätettiin myös mille kaikille työstökoneille järjestelmän tulee soveltua, ja mitkä ovat työstökoneiden liikkeet X-, Y- ja Z-suunnassa, sekä mikä on maksimikuorma minkä työstökoneen pöydälle saa laittaa. Kiinnitinjärjestelmä tulee käyttöön toimeksiantajan osavalmistukseen vaakakaraisten työstökeskusten soluun.

Nykyisellään toimeksiantajalla on käytössä kiinnitintorneja, joihin voi kiinnittää ruuvipuristimia kahdelle sivulle. Ruuvipuristimiin on valmistettu kappaleille räätälöityjä muotoleukoja, joita vaihdellaan tuotteen mukaan. Käytössä on myös eräänlainen kiinnitinristikko, jonka avulla saadaan koneisiin kiinnitettyä kaksi aihiota kerrallaan.

4.3 Kehitystarpeet ja tavoitteet

Lähtötilannekartoituksen aikana selvisi selvät kehitystarpeet. Toimeksiantaja halusi, että uudella kiinnitinkäytöllä koneeseen saadaan kiinnitettyä kappaleita kerralla isompia määriä. Vaihtuvien tuotteiden takia kappaleen valmistukseen vaadittavat asetukset täytyy olla myös helpommin ja nopeammin vaihdettavissa kuin tällä hetkellä. Tällä hetkellä solun jaksoaika ei tue sitä ajatusta, että yksi työntekijä pystyisi jouhevasti käyttämään kahta tai kolmea konetta kerrallaan. Jaksoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu yhden kappaleen työvaiheen valmistumiseen alusta loppuun.

Toimeksiantajan toive oli, että soluun hankitaan eräänlainen kiinnitintorni, jossa on nollapistekiinnittimet. Nollapistekiinnittimien avulla asetusten vaihtaminen, dokumentointi ja kappaleiden valmistaminen on nopeampaa ja tehokkaampaa. Nollapistekiinnittimet tuovat myös toistettavuutta niiden erinomaisen keskittämistarkkuuden myötä. Kiinnitintorniin saadaan kiinnitettyä kappaleita neljälle eri sivulle nykyisen kahden sivun sijaan. Kiinnitintorniin tulee myös hankkia uusi kiinnitinkäyttö, joka on modulaarinen, kustannustehokas, helposti huollettavissa sekä tukeva.

Hankinnan tavoitteena oli lisätä solun tuottavuutta, poistaa hukkaa ja tehdä työstä selkeämpää ja ergonomisempaa. Hankinnan tavoitteena oli myös edesauttaa poistamaan koneiden seisakkiaikaa ja

sen avulla nostamaan työstökoneiden käyttöastetta. Kiinnitinjärjestelmän tavoitteena oli myös selkeyttää ja nopeuttaa asetusten tekoa.

4.4 Kiinnitinjärjestelmän vaatimukset

Järjestelmän vaatimukseksi asetettiin toimeksiantajan toimesta, että kiinnitinjärjestelmän tulee olla mahdollisimman modulaarinen ja helposti muokattavissa. Järjestelmällä pitää pystyä valmistamaan niin nykyisiä kuin mahdollisesti tulevaisuudessa suunniteltavia tuotteita. Kiinnitinjärjestelmän täytyy pystyä täydentämään toimeksiantajan tuotantoa ja järjestelmä tulee valita siten, että toimeksiantajan on mahdollista kasvattaa omaa tuotantoa sylinterien menekin kasvaessa.

Järjestelmän tulee olla modulaarinen kiinnitinkiskojärjestelmä, jota voidaan muokata nopeasti ja helposti eri tarpeiden mukaan. Kiskon täytyy pystyä kiinnittämään kappale tarkasti ja todella hyvällä toistotarkkuudella. Kiskojärjestelmän tulee olla mahdollisimman esteetön, että kappaleita voidaan työstää useasta erisuunnasta. Kiinnitys täytyy kuitenkin olla turvallinen ja luja, että kappaleet eivät irtoa työstönaikana kiinnityksestä. Tukevan kiinnityksen varmistaminen takaa sen, että kappaleisiin suunnitellut toleranssit ovat helpommin toteutettavissa.

5 MODULAARISEN KIINNITINJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

5.1 Suunnittelu

Kiinnitinjärjestelmän suunnittelu voitiin aloittaa, kun oli saatu määritettyä kaikki vaatimukset sekä toiveet toimeksiantajalta. Suunnittelu aloitettiin alkukartoituksella siitä, minkälaisia kiinnitinjärjestelmiä oli olemassa ja mitkä niistä olisi toimeksiantajan tapauksessa tuotannollisesti järkevää hankkia. Alkuvaiheessa kartoitettiin myös, minkälaisia nollapistekiinnitinjärjestelmiä sekä kiinnitintorneja on olemassa.

Tutkimusten jälkeen lähdettiin vertailemaan kahta eri kiinnitinvaihtoehtoa, joista molemmat olivat kiinnitinkiskojärjestelmiä. Niiden etuina ovat modulaarisuus, toistotarkkuus, kiinnitysvoima ja se, että niihin saadaan kiinnitettyä helposti isoja sekä pieniä kappaleita. Kiinnitinkiskojen etuna oli myös se, että niiden avulla kiinnitettävien kappaleiden määrä saataisiin moninkertaistettua verrattuna nykyiseen järjestelmään. Tämän avulla saataisiin nostettua miehittämätöntä työstöaikaa. Työn aikana vertailtiin myös eri valmistajien omavalmisteosia ja niiden muokattavuutta suhteessa toimeksiantajan tarpeisiin. Tässä työssä tarkasteltiin vain karkeasti, miten kiinnittimien avulla voitaisiin kiinnittää valtaosa valmistettavista kappaleista, mutta mitään kappaletta varten ei lähdetty rakentamaan sille tarkoitettua kiinnitystä.

Vertailun yhteydessä aloitettiin tutkimaan eri valmistajien nollapistekiinnittimiä ja koitettiin etsiä sellaista kiinnitintornivalmistajaa, joka tarjoaisi sellaisen kiinnitintornin, jossa nollapistekiinnittimet olisivat jo valmiiksi integroituna. Tämä vaihe osoittautui haasteeksi kiinnitintornien koon sekä painon takia. Kiinnitintorni, nollapistekiinnittimet sekä kiinnitinkiskot aihioineen eivät saaneet painaa yli 500 kg. Haasteita toi myös löytää sellainen torni, jonka korkeus ei ylittäisi 710 mm, joka oli yhden solussa toimivan koneen työstöpöydälle laitettavan kappaleen maksimikorkeus.

5.2 Toteutus

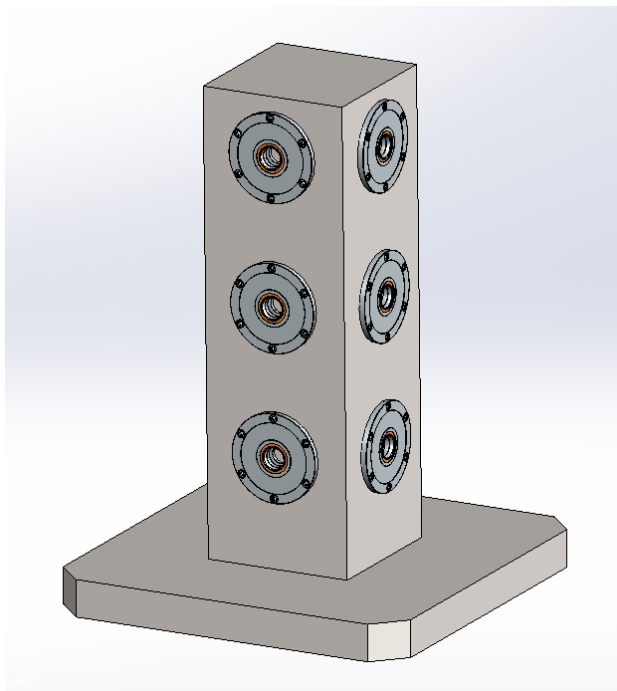
Toteutusvaiheessa ensimmäinen tehtävä oli tehdä tarjouskyselyt kappaleenkiinnittimien, tornien, nollapistekiinnittimien ja tarvikkeiden hinnasta. Tarjousten saamisen jälkeen oli selvää, kummalla kiinnitinkiskojärjestelmällä lähdetään etenemään. Kiinnitinjärjestelmää lähdettiin viemään eteenpäin OK-VISEN multi-rail RM kiinnitinkiskojärjestelmän pohjalta. Järjestelmä valittiin sen paremman modulaarisuuden, hinnan ja hyvien kokemusten perusteella. Kiinnitinkisko ja siihen liittyvät tarvikkeet on myös kehitetty Suomessa, joka takaa sen, että tuki kiinnittimiin liittyvien kysymyksien ja ongelmien kanssa on helposti saatavilla. Kuvassa 9. on esitetty kyseinen kiinnitinkisko, joka on osa toimeksiantajan kiinnitinjärjestelmän hankintasuunnitelmaa.



Kuva 9. OK-VICE Multi-Rail RM (OK-VICE n.d.)

Kahta eri mekanismilla toimivaa kiinnitintornia vertailtiin. Toinen torneista toimii mekaanisesti ja toinen pneumaattikalla. Toimeksiantaja toivoi, että nollapistekiinnittimet on helppo aukaista ja laittaa kiinni. Tämä määräsi sen, että tornissa täytyi olla pneumaattiset nollapistekiinnittimet. Näin ollen kiinnitintorniksi valikoitui Zero clampin torni, joka voidaan valmistaa asiakkaan haluamilla mitoilla. Torneihin on kiinteästi asennettuna pneumaattiset nollapistekiinnitin moduulit.

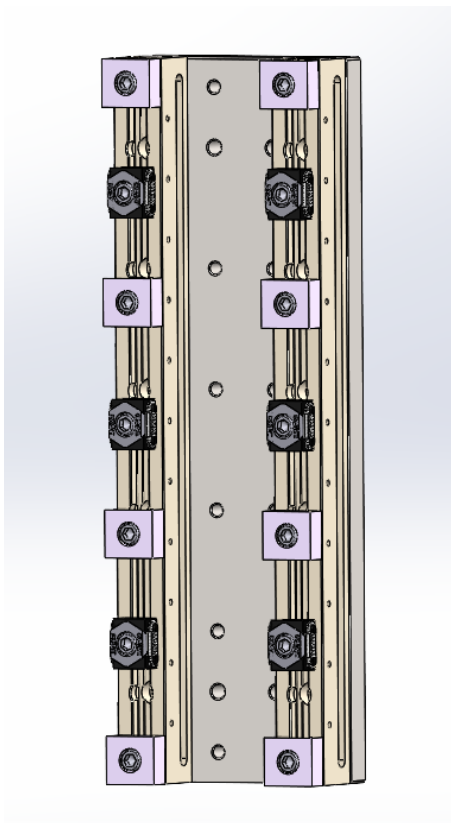
Pneumaattisten nollapistemoduulien etuna on niiden nopea aukaiseminen, niiden erittäin tarkka paikointskyky ja niiden helppokäyttöisyys. Nollapistekiinnittimen aukaisuun tarvitaan vain 6 bar paineilmaa, joka löytyy jokaiselta solun työpisteeltä. Nollapistekiinnittimet tukevat myös 3–2–1-kiinnitysmenetelmää, joka takaa myös hyvän, tarkan ja tukevan kappaleen kiinnityksen. Zero Clampin valmistama torni on myös erittäin kevyt verrattuna muiden valmistajien vastaaviin torneihin (kuva 10.). Torni on valmistettu erittäin korkealujuuksista alumiinista, jonka takia torni painaa vain 110 kg. Tornin keveyden ansiosta kiinnittimien ja kappaleiden kiinnitykseen jää vielä 390 kg käyttökapasiteettia, että pöydän maksimikuorma ei ylitä.



Kuva 10. Kiinnitintorni (Kontkanen 2025, CC BY)

Kappaleiden koon vaihtelun takia kyseisiä kiskoja piti saada kiinnitettyä kaksikappaletta per tornin sivu, joten kiskojen alle täytyi suunnitella pohjalevy, johon kiskot kiinnitettäisiin (kuva 11.). Levyjen pohjaan kiinnitettäisiin nollapistekiinnittimien vetotapit, joiden avulla levyt saadaan kiinnitettyä nollapistekiinnittimiin. Levyjen avulla voitaisiin myös kappaleen kiinnittäminen tehdä koneen ulkopuolella siten, että koneen pysähtyessä vaihdetaan vain levyt kiinnittämiseen ja aihioineen kiinnitintorniin. Jotta levyjen kohdistaminen olisi tarkkaa ja toistettavaa, täytyi vetotapit ja kiinnitinmoduulit valita siten, että keskimmäinen tappi ja moduuli on keskittävä ja ylhäällä ja alhaalla olevat tapit ja moduulit ovat vain suuntaavia.

Pohjalevyyn mallinnettiin kiinnitinkiskoissa oleva kiinnitys reikäjako ja kiinnitinkiskoissa olevat tarkat kohdistusreiät. Näiden avulla kiskon kiinnittäminen ja kohdistaminen ei vaadi koneistajalta kiinnittimien kohdistamista suoraan vaan voidaan luottaa, että kiinnitin on suorassa, kun käytetään kohdistusreiä. Pohjalevyn valmistamista tai valmistuspiirustuksia ei sisällytetty opinnäytetyöhön, mutta levystä tehtiin 3D-malli havainnollistamaan sitä, minkälainen kiinnitinjärjestelmä todellisuudessa olisi.



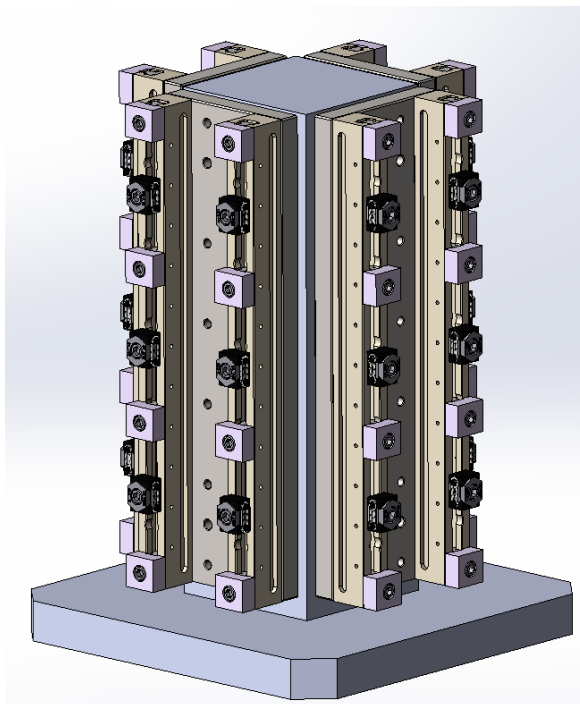
Kuva 11. Pohjalevy ja OK-VISEn kiinnittimet (Kontkanen 2025, CC BY)

5.3 Lopputulos

Lopputuloksena saatiin rakennettua kiinnitinjärjestelmä, jolla olisi mahdollista nostaa toimeksiantajan osavalmistuksen tuottavuutta (kuva 12.). Kiinnitinjärjestelmä toisi toimeksiantajalle sen haluamaa miehittämätöntä tuotantoa ja pidempiä jaksoaikoja, joiden avulla solussa työskentely tehostuisi. Investointi mahdollistaisi koneiden vuositason keskiarvoollisen käyttöasteen nousun 25–30 prosentista aina 50 prosenttiin saakka.

Käyttöasteen nousun voi perustella sillä, että asetusajat lyhenevät, työkalujen vaihtojen määrät vähenevät, kappaleen vaihtoon ja asetteluun kuluva aika vähenee sekä tärkeimpänä miehittämättömien ajominuuttien määrä kasvaa merkittävästi, joka jouhevoittaa työskentelyä. Kaikkien näiden joukokäyntiä aiheuttavien asioiden minimoiminen tehostaa tuotantoa ja lisää tuottavuutta.

On myös todettava, että työn ergonomia ja mielekkäys tulevat parantumaan investoinnin myötä. Voidaan myös todeta, että kappaleiden kiinnittämiseen vaadittava voima saadaan aikaiseksi huomattavasti pienemmällä voimalla kuin tällä hetkellä. Kappaleen kiinnittämiseen vaadittavaa voimaa on myös helpompi hallita, koska kappaleet tulee aina kiinnittää momenttiavainta käyttäen. Momenttiavaimen käyttö takaa taatun kiinnitysvoiman, jonka myötä työntekijä voi luottaa, että kappale tulee kestämään kiinni koneistuksen ajan.



Kuva 12. Kokoonpantu kiinnitinjärjestelmä (Kontkanen 2025, CC BY)

Käyttöasteen noususta ei vielä ole mitään dataa, jolloin ei ole varmuutta siitä, että käyttöasteen nousu on mahdollista. Käyttöasteen nousuun vaikuttavia tekijöitä ovat solussa tapahtuva muu työskentely sekä se, että ajoittuuko toisen koneen kappaleiden vaihto sille ajalle, kun kiinnitinjärjestelmällä valmistuksessa olevat kappaleet ovat ajossa. Kappaleiden vaihto ei saisi sattua myöskään siten, että työntekijä on tauolla sillä hetkellä. Tätä voidaan säätää hieman sillä, kuinka paljon kappaleita laitetaan kerralla kiinni, mutta ideaalitalanne olisi, että kiinnittimiin ladattaisiin maksimimäärä kappaleita valmistukseen.

5.4 Riskianalyysi

Riskien arviointi on keskeinen työkalu toiminnan sujuvuuden varmistamisessa, sillä sen avulla tunnistetaan tekijät, jotka voivat hidastaa etenemistä tai aiheuttaa haittaa. Arviointiprosessissa tarkastellaan riskien todennäköisyyttä ja niiden mahdollisia vaikutuksia sekä mietitään ennaltaehkäiseviä ja korjaavia toimenpiteitä erityisesti niille riskeille, joiden toteutuminen on todennäköistä ja vaikutukset merkittäviä. (Innokylä n.d.)

Riskianalyysi on erityisen hyödyllinen toimintojen aloitusvaiheessa, kuten tilikauden alkaessa tai hankkeen alussa, mutta sen säännöllinen päivittäminen on aivan yhtä tärkeää. Sitä voidaan hyödyntää sekä yksittäisten prosessien että koko toiminnan kattavassa riskien hallinnassa. (Innokylä n.d.)

Arvioinnin onnistuminen edellyttää, että kaikki asianosaiset osallistuvat keskusteluun ja tarkastelevat riskejä eri näkökulmista. Paras lopputulos saavutetaan, kun mukana on myös henkilö, jolla on valtuudet tehdä päätöksiä ja kohdentaa tarvittavia resursseja toimenpiteiden toteuttamiseen. (Innokylä n.d.)

Uusi kiinnitinjärjestelmä tuo työntekoon uusia riskejä, jonka takia hankintasuunnitelmaa varten tehtiin riskianalyysi (Liite 2.). Riskianalyysi käsittelee sitä, minkälaisia riskejä tulee uuden järjestelmän takia,

mikä on todennäköisyys sille, että kyseinen riski tapahtuu ja kuinka suuri vaikutus sillä on toimintaan.

Kappaleen kiinnittämisessä tulee olla tarkkana. Väärin kiinnitetty kappale tai huonokuntoinen työkalu voi irrottaa kappaleen kiinnittimestä. Kappaletta kiinnittäessä voi myös unohtua kiristää kiinnitin loppuun oikeaan momenttiin, jonka takia kappale jää löysästi kiinni ja terän koskiessa kappaleeseen irttoa se kiinnittimestä. Solussa olevissa koneissa ei ole terän kulumista valvovaa automaatiota, vaan koneistajan tulee tarkkailla tilannetta.

Kun uusia kiinnittimiä ruvetaan käyttämään, tulisi jokainen asetus dokumentoida siten, että kaikista vaiheista löytyy kirjallinen ohje ja kuva siitä, mihin kohtaan kiinnitinelementit asetetaan. Näillä ohjeilla voidaan minimoida asetuksesta johtuvat valmistusvirheet sekä mahdolliset työkalun törmäykset kiinnitinelementteihin tai aihioihin. Nämä työkalun törmäykset voivat aiheuttaa pitkiäkin koneen pysähdyksiä ja merkittäviä huoltokustannuksia.

Jos jotain kappaleita varten täytyy valmistaa tuotteelle erikseen suunniteltuja kiinnitinelementtejä, tulisi ne merkata esimerkiksi stanssaamalla tai kaivertamalla niihin tietyt ennalta määritetyt numerot tai kirjaimet. Dokumentaatiota varten olisi hyvä rakentaa esimerkiksi Excel-tiedosto, johon koneistajat voivat käydä merkkäämassa mihin tarkoitukseen kiinnitin on. Kaikkien erikseen valmistettujen kiinnitinelementtien kohdalla tulisi myös kuvata, kuinka ne asemoidaan kiinnittimiin.

6 HANKINNAN TAKAISINMAKSUSUUNNITELMA

Kiinnitinjärjestelmälle valmistettiin takaisinmaksuajanlaskelma Excel-taulukkona (liite 1.). Taulukkoon on kirjattuna lähtöarvoina nykyisen kiinnitinjärjestelmän miehittämätön ajoaika, kuinka monta kappaletta saadaan kiinnitettyä kerralla, kuinka monta kappaletta saadaan valmistettua per päivä, työkalujen vaihtojen määrä, kappaleen vaihtoon ja asetteluun kuluva aika-arvio sekä karkea arvio siitä, kuinka pitkä yksi jaksoaika on.

Laskentatyökalussa käytettiin yleistä takaisinmaksuajan menetelmää. Takaisinmaksuaikamenetelmässä pyritään selvittämään, kuinka nopeasti investointi maksaa itsensä takaisin, eli kuinka kauan kestää, että investoinnista saadut nettotuotot kattavat alkuperäiset kustannukset (kuva 13). Menetelmän vahvuus on sen selkeys ja helppokäyttöisyys, minkä vuoksi se on laajasti käytössä. Se soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa pitkän aikavälin tuottojen ennustaminen on epävarmaa tai vaikeaa. (Haverila, ym. 2009, 205–206.)

$$\frac{\text{perushankintameno}}{\text{nettotuotto vuodessa}} = \text{hankinnan takaisinmaksuaika vuosina}$$

Kuva 13. Takaisinmaksuajan menetelmän kaava (Kontkanen mukaillen teollisuustalous, 2009)

Tämän menetelmän mukaan investoinnit, jotka palauttavat sijoitetun pääoman nopeasti, ovat houkuttelevampia. Tällöin investoinnin vaikutus organisaation kassavirtaan ja maksuvalmiuteen korostuu, mikä on erityisen tärkeää, jos käytettävissä olevat varat ovat rajalliset. Menetelmä ei kuitenkaan anna kattavaa kuvaa investoinnin kokonaiskannattavuudesta, sillä se sivuuttaa takaisinmaksuajan jälkeiset tuotot ja muut pitkän aikavälin vaikutukset. Siitä huolimatta sitä voidaan käyttää tukena päätöksenteossa yhdessä muiden analyysityökalujen kanssa. (Haverila, ym. 2009, 205–206.)

Kun lähtöarvot oli kirjattu, oli mahdollista valmistaa arvio siitä, minkälaiset vastaavat suureet saadaan uudelle järjestelmälle ja näin ollen voitiin laskea mikä on uusi todellinen jaksoaika ja miehittämätön ajoaika. Koneita käytetään kolmessa vuorossa ja koneiden käyttöaste on keskiarvillisesti vuositasona ollut noin 25–30 %. Ongelmana on ollut ajojen liian lyhyt jaksoaika, jonka vuoksi solussa työskentely ei ole ollut jouhevaa. Jaksoaikaa lähdettiin kasvattamaan kiinnitinjärjestelmän hankintasuunnitelmalla ja uudelle järjestelmälle asetettiin tavoitteeksi koneiden käyttöasteen nosto 50 prosenttiin, joka onkin takaisinmaksusuunnitelman takaisinmaksuun käytettävä suure.

Laskentatyökalun avulla toimeksiantaja voi tarkastella minkälaisella aikavälillä investointi maksaisi itsensä takaisin lisääntyneenä tuotantona. Laskentatyökalua hyödyntämällä toimeksiantaja voi myös tulevaisuudessa seurata minkälaisella aikataululla investointi maksaisi itsensä takaisin toteutuneen käyttöasteen nousun myötä.

Takaisinmaksusuunnitelmaa varten kilpailutettiin kaksi eri kiinnitinkiskovalmistajaa sekä kaksi kiinnitintornivalmistajaa. Tarjouksien avulla saatiin laskelmaan kirjattua hankintakustannukset, jonka investoinnin täytyy maksaa takaisin tietyn ajan kuluessa. Laskelmaan ei ole kirjattu arviota mahdollisista käytön mukana tulevista huoltokustannuksista. Hankinnan takaisinmaksusuunnitelman laskelmat ovat salassa pidettäviä tietoja, joten niitä ei ole julkaistu opinnäytetyössä.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön taustalla oli toimeksiantajan tarve uudelle kiinnitinjärjestelmälle, joka tukisi paremmin heidän nykyistä tuotantoaan. Entinen järjestelmä ei sovellu enää nykyiseen tilanteeseen sen kömpelyyden ja tuottamattomuuden takia. Entinen järjestelmä ei ole myöskään optimaalinen solutyöskentelelyyn, sillä kappaleita saadaan kiinnitettyä kerralla vain muutamia ja kappaleiden valmistusajat ovat suhteellisen lyhyitä, joten koneen jaksoaika on todella lyhyt. Tästä syystä solussa työskentelevät koneistajat eivät saa pidettyä kahta tai jopa kolmea konetta tuotannossa, joka näkyy alhaisena koneitten käyttöasteena.

Tämän työn tavoitteena oli tutkia laaja-alaisesti mahdollisia kiinnitinratkaisuita, joita on olemassa ja lähteä tutkimaan sitä, mikä olisi kaikkein paras ratkaisu toimeksiantajalle, jolloin päädyttiin vertailemaan kiinnitinkisko- ja matalakiinnitinjärjestelmiä. Molemmissa järjestelmissä tunnistettiin tiettyjä hyviä ominaisuuksia, jotka haluttiin yhdistää. OK-VISEN-kiinnitinkisko tarjosi tähän ratkaisun. Kiinnitinkiskoon on saatavilla monipuolisesti valmiskiinnittimiä, sekä sellaisia kiinnittimiä, joita voidaan muokata tuotannon tarpeiden mukaan.

Kisko olisi helppo liittää osaksi toimeksiantajan tuotantoa ja niiden avulla saataisiin kappaleita kiinnitettäväksi useampia per kisko. Kiskon avulla saataisiin luotua myös tukevat kappaleen kiinnitykset ja järjestelmän tarjoaman kiinnitysvoiman avulla voitaisiin varmistua siitä, että kappaleet kestävät kiinni työstön ajan. Kiskon ja kiinnittimien rakenteen myötä kappaleita on myös helppo työstää monesta eri suunnasta, jolloin on mahdollista, että kappaleiden valmistukseen vaadittavat muodot ja reiät saadaan valmistettua vähemmällä kiinnityksillä. Tämä taas tarkoittaisi sitä, että kappaleet valmistuisivat nopeammin.

Kiskojen tutkimisen yhteydessä huomattiin, että uuden kiinnitintornin sekä nollapistekiinnittimien hankinta olisi myös ajankohtaista kiinnitinkiskojärjestelmän pohjalle. Tornia etsittiin sillä perusteella, että siinä tuli olla nollapistekiinnittimet valmiiksi upotettuna ja tornin tulisi olla kevyt mutta tukeva. Sopiva torni voitaisiin tilata mittatilauksena Zero clampilta. Mittatilauksen etuna olisi mahdollisuus saada juuri toimeksiantajan tarpeisiin räätälöity torni, joka takaisi tornin asentamisen mahdollistamisen tarpeen mukaan eri koneille.

Uuden kiinnitintornin hankinta mahdollistaisi kappaleiden kiinnittämisen neljälle eri sivulle, joka toisi mahdollisuuden moninkertaistaa kiinnitettävien kappaleiden määrän per jakso. Kiinnitintorniin suunniteltiin myös joka sivulle asennettavaksi levy, johon itse kiinnitinkiskot kiinnitettäisiin. Näin saataisiin maksimoitua pienien kappaleiden kiinnitysmäärä sekä varmistettua isompien kappaleiden tukeva kiinnitys. Useiden kappaleiden yhtäaikainen kiinnittäminen nopeuttaisi kappaleen valmistamista sekä mahdollistaisi pidemmän jaksoajan. Pidemmän jaksoajan avulla koneistajan olisi helpompi työskennellä sekä pitää huoli solun muista koneista, jotta ne pysyisivät taukoamatta ajossa.

Näillä toimenpiteillä toimeksiantajan tulisi olla mahdollista nostattaa nykyinen 25–30 prosentin käyttöaste jopa 50 prosenttiin asti. Nämä prosentit ovat arvioita, mutta käyttöasteen nousu on saavutettavissa järjestelmän tarjoaman pidemmän jaksoajan, nopeamman asetuksen vaihdon ja nopeamman kiinnittämisen perusteella. Näin suuri käyttöasteen nousu kolmivuorotyössä toisi toimeksiantajalle merkittävän paljon lisää tuotannollisia minuutteja sekä valmistuneita kappaleita. Kiinnitinjärjestelmän hankintaa varten valmistettiin myös riskianalyysi sekä takaisinmaksusuunnitelma.

8 POHDINTA

Opinnäytetyö oli ammatillisesti kehittävä prosessi, joka tarjosi mahdollisuuden syventyä käytännönläheisesti konepajateollisuuden tuotannon kehittämiseen. Työn tavoitteena oli löytää toimeksiantajan tuotantoon paremmin soveltuva kiinnitinjärjestelmä, ja sen pohjalta tehtiin laaja selvitys eri vaihtoehtoista. Opinnäytetyössä onnistuttiin erityisesti tiedonhankinnassa, vaihtoehtojen vertailussa ja konkreettisten ehdotusten laatimisessa.

Ratkaisuksi valittu OK-VISEN-kiinnitinkisko osoittautui perustelluksi valinnaksi sen joustavuuden ja monipuolisuuden ansiosta. Siinä yhdistyvät toivottu modulaarisuus sekä hyvä kiinnitysvoima. Myös uuden kiinnitintornin ja nollapistekiinnittimien suunnittelu osaksi kokonaisuutta lisäsi järjestelmän toimivuutta ja skaalautuvuutta. Nämä tekijät vaikuttavat myös merkittävästi koneiden käyttöasteisiin ja kappaleiden valmistusmääriin.

Työn aikana osoittautui tärkeäksi osata etsiä juuri toimeksiantajan tarpeisiin sopiva ratkaisu. Näin pystyttiin muodostamaan perusteltu ja modulaarinen kiinnitinjärjestelmä, joka tukee sujuvaa solu-työskentelyä ja auttaa parantamaan koneiden käyttöastetta. Arvioiden mukaan koneiden käyttöasteen nousu jopa 50 prosenttiin voisi olla mahdollista ja se toisi merkittävän lisäyksen valmistuskapasiteettiin.

Työskentelyprosessi ei kuitenkaan ollut täysin ongelmaton. Etenkin aikataulujen hallinta osoittautui paikoin haastavaksi, sillä eri ratkaisujen vertailu ja tiedonhankinta veivät enemmän aikaa kuin aluksi arvioitiin. Raportoinnissa täytyi myös ottaa huomioon salassapitoasiat, jotka vaikeuttivat valintojen perustelua ja esittelyä. Raportissa ei saanut esitellä valmistettavia kappaleita, joka aiheutti sen, että kiinnittimien valintaa oli hankalaa esitellä ja perustella. Myöskään valmistettuja laskelmia ja riskienarviointia ei ollut luvallista esittää. Järjestelmää ei päästy testaamaan opinnäytetyön aikana, joten käyttöasteen todellista nousua ei voida todentaa. Ilman järjestelmän testaamista ei voida todentaa sitä, että tuotanto tehostuu halutulla tavalla, mutta pelkän saadun tiedon perusteella voidaan olla hyvinkin luottavaisia siitä, että järjestelmä vie tuotannon tehostusta haluttuun suuntaan.

Jatkotoimenpiteenä olisi suositeltavaa toteuttaa uusi kiinnitinjärjestelmä käyttöön vaiheittain osana nykyistä solua, jotta mahdolliset ongelmat voidaan huomioida ilman, että koko tuotanto häiriintyy merkittävästi. Pienimuotoinen käyttöönotto esimerkiksi yhdellä työstökoneella tarjoaisi mahdollisuuden testata järjestelmän toimivuutta käytännössä ja kerätä arvokasta palautetta ennen koko solun laajempaa soveltamista.

Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä olisi myös hyvä dokumentoida tuotannon mittareita, kuten kappalekohtaiset valmistusajat, koneiden seisokkiajat sekä työn sujuvuus ennen ja jälkeen muutoksen. Näin voitaisiin arvioida järjestelmän vaikutuksia ja tehdä tarvittavia tarkennuksia. Näiden mitauksien perusteella pystyttäisiin myös päivittämään takaisinmaksulaskelmaa siten, että se on paikansa pitävä.

Jatkotutkimuksen kohteena voisi olla myös työntekijöiden kokemusten kerääminen uuden järjestelmän käyttöönotosta. Tämä voisi auttaa kehittämään järjestelmää entistä käyttäjäystävällisemmäksi ja samalla se voisi myös tukea työturvallisuuden ja ergonomian parantamista. Toinen mahdollinen

kehityssuunta tulevaisuudessa voisi olla tutkia, kuinka kiinnitinjärjestelmään voitaisiin liittää automaatiota tai muita tuotantoa tehostavia teknologioita, mikäli tuotantomäärät kasvavat tai laitteistoa päivitetään.

Kokonaisuutena työ saavutti sille asetetut tavoitteet ja tarjosi toimeksiantajalle konkreettisen ja kehityskelpoisen kiinnitinjärjestelmä ehdotuksen, jonka vaikutukset voivat olla tuotannon kannalta merkittäviä.

LÄHTEET

- AMF 2025. Zero-point-systems. Esite. <https://www.amf.de/en/products/clamping-technology/zero-point-systems.html>. Viitattu 6.3.2025.
- Ardelengineering n.d. Horizontal CNC milling machinery. Verkkajulkaisu. <https://www.ardelengineering.com/cnc-horizontal-milling-machines>. Viitattu 21.3.2025.
- Camcut n.da. Ohjeet. Jyrsintä. Verkkajulkaisu. <https://www.camcut.fi/tuki/ohjeet/koneistus/jyrsinta/>. Viitattu 25.2.2025.
- Camcut n.db. Ohjeet. Koneistus. Verkkajulkaisu. <https://www.camcut.fi/tuki/ohjeet/koneistus/>. Viitattu 24.2.2025.
- Camcut n.dc. Ohjeet. Reiän työstö. Verkkajulkaisu. <https://www.camcut.fi/tuki/ohjeet/koneistus/reian-tyosto/>. Viitattu 25.2.2025.
- Camcut n.dd. Tuotteet. Työkappaleen kiinnitys. Verkkajulkaisu. <https://www.camcut.fi/tuotteet/tyokappaleen-kiinnitys>. Viitattu 26.2.2025.
- Carrlane n.d. Introduction to Modular Fixturing. Verkkajulkaisu. <https://www.carrlane.com/engineering-resources/technical-information/manual-workholding/modular-fixturing/introduction>. Viitattu 5.3.2025.
- Enerpac n.d. The 3–2–1 Locating Principle. Verkkajulkaisu. <https://www.enerpac.com/en-us/training/e/the-321-locating-principle>. Viitattu 26.2.2025.
- Hautala, M. & Peltonen, H. 2016. Insinöörin (AMK) Fysiikka. Osa 1. Lahti: Lahden Teho-Opetus.
- Haverila, M., Uusi-rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeenkirjapaino Oy. 6. Painos.
- Heinonen, M. & Kalliolahti, J. 2020. Koneistustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy. 10–102.
- Hydroline n.d. About us. Verkkajulkaisu. <https://hydroline.fi/about-us/>. Viitattu 24.2.2025.
- Hydroline. Menetelmäkehittäjä. Palaverit 12.2. ja 17.3.2025.
- Innokylä.fi n.d. Riskien arviointi. Verkkajulkaisu. <https://innokyla.fi/fi/tyokalut/riskien-arviointi-0>. Viitattu 1.4.2025.
- Kontkanen, Mikko 2025. Mazak FH-6800 Vaakakarainen työstökeskus. Valokuva. 1.4.2025. Siilinjärvi.
- Maaranen, K., Immonen, P. & Könönen, P. 2004. Koneistustekniikat. E-kirja. Porvoo: Sanoma Pro Oy. 5. uudistettu painos. Viitattu 25.2.2025.
- Osaavayrittaja.fi n.d. Yritystoiminta; Tuottavuus. Verkkajulkaisu. <https://www.osaavayrittaja.fi/yritystoiminnan-kehittaminen/tuottavuus>. Viitattu 5.2.2025.
- Reunanen, T. (toim.) 2011. Nollapistekiinnitys teknologioiden soveltaminen ja robotisoitu panostus. Panoste-projektin julkaisu 1/4. Turun ammattikorkeakoulu. Raportit ja selvitykset 2011:108. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-216-192-5>. Viitattu 6.3.2025.

Venkataraman, K. 2015. Design of Jigs, Fixtures and Press Tools. E-kirja. Chichester: John Wiley&sons Ltd. Viitattu 26.2.2025.

LIITE 1: TAKAISINMAKSULASKELMA (SALATTU)

LIITE 2: RISKIEN ARVIOINTILOMAKE (SALATTU)