

Opinnäytetyö (AMK )

Konetekniikka

2022

Juuso Karjalainen

# VIRHEELLISTEN TUOTTEIDEN PURKUUN JA OSIEN EROTTELUUN TARKOITETTU KONE

– Tuotekehitysprojekti

Opinnäytetyö (AMK ) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2022 | 61 sivua

Juuso Karjalainen

## Virheellisten tuotteiden purkuun ja osien erotteluun tarkoitettu kone

- Tuotekehitysprojekti

Opinnäytetyö on osa Turvanasta Oy:n tuotannonkehitysprosessia, jossa tähdätään omavaraiseen materiaalinkierrätykseen sekä materiaalin uusiokäyttöön. Turvanasta on alusta alkaen panostanut nastojen tuotekehitykseen yhteistyössä asiakkaidensa kanssa. Jatkuvasti kehittyvät tuotteet vaativat yhä tarkempaa laadunvalvontaa, joten tuotannosta seulottujen viallisten nastojen määrä on kasvanut huomattavasti.

Työn tavoitteena oli suunnitella kone, jonka avulla vialliset nastat saadaan purettua ja niiden komponentit eroteltua toisistaan.

Raportissa käydään läpi perinteisen tuotekehitysprojektin vaiheita ja toimintoja. Esiselvitysvaiheessa toteutetaan erilaisia testausmenetelmiä, joilla tutkitaan ideointivaiheessa syntyneiden konseptien soveltuvuutta koneen reunaehtojen mukaiseen toimintamalliin. Arviointitaulukon perusteella parhaat pisteet saanut laitekonsepti oli se, jota lähdettiin suunnittelemaan ja toteuttamaan.

Prototyypistä luotiin 3D-malli, valmistuspiirustukset, osaluettelo ja räjäytyskuva Siemens NX -ohjelmistolla. Osat valmistettiin ja kokoonpano suoritettiin piirustusten mukaisesti. Lopputuloksena oli kone, jolla erilaisia nastoja kyettiin purkamaan.

Asiasanat:

Tuotekehitys, omavaraisuus, 3D-mallinnus, prototyyppi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 61 pages

Juuso Karjalainen

## Machine for unloading and separating parts of faulty products

- Product development project

The thesis is a part of Turvanasta Oy's production development process, and the goal was to enhance the company's self-sufficient recycling and reuse of materials. The company has always been investing on stud development along with the customers. Constantly developing products means also more accurate quality checking, because the number of defective studs has increased considerably..

The goal for this thesis was to design a machine, which dismantles the faulty studs and separates components apart.

This thesis discusses the traditional stages and actions of product development. In the preliminary study, various testing methods were carried out to examine the suitability of concepts generated during the brainstorming phase to an operating model consistent with the machine's edge conditions. The best rated model was the one that was started designing and developing. The 3D-model, manufacturing drawings, parts list and exploded view from the prototype were created with the software Siemens NX. The parts were manufactured and the assembly was constructed according to the preparation drawings. The result was a machine that dismantles defective studs.

Keywords:

Product development, self-sufficiency, 3D-modelling, prototype

# Sisältö

<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
1.1 Tuotannonkehitysprosessin tarkoitus ja tavoitteet	8
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet	9
1.3 Lähtötilanne ja aloituspalaveri	10
1.4 Aiheeseen tutustuminen	10
1.5 Haasteet	11
<b>2 Turvanasta Oy</b>	<b>13</b>
2.1 Historiaa	13
2.2 Turvanastan toimipisteet	14
2.3 Turun yksikkö	14
2.4 Työkaluvalmistus ja tuotekehitys	15
2.5 Tuotanto	15
2.6 Kovametalli	16
<b>3 Nastat</b>	<b>17</b>
3.1 Kovametallitappi	17
3.2 Nastan runko ja sen valmistus	18
3.3 Nastan kovametallitappi ja sen valmistus	18
3.4 Jauhemetallurgia	19
3.5 Nastojen laadunvalvonta	20
<b>4 Tuotekehitysprojektin esisuunnittelu</b>	<b>22</b>
4.1 Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty	22
4.2 DFM (Desing for Manufacturing)	23
4.3 DFA (Desing for Assembly)	24
4.4 Työn aikataulutus	24
4.5 Vuokaavion mukaista luonnostelua	26
4.6 Välipalaveri	27
4.7 Ideointi- ja esiselvitysvaihe	29
4.8 Nastojen purkamiseen tarvittavan voiman määrittely ja tekniikat	30

<b>4.9 Kohtisuora puristus</b>	<b>30</b>
<b>4.10 Pudotustestit</b>	<b>32</b>
<b>4.11 Purkukoneen alustava spesifikaatio</b>	<b>35</b>
<b>5 Purkukoneen osien valmistusta</b>	<b>37</b>
<b>5.1 Laserleikkaus</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Särmäys</b>	<b>39</b>
<b>5.3 Sorvaus</b>	<b>40</b>
<b>6 Koneen layout ja komponentit</b>	<b>41</b>
<b>6.1 Tärymalja</b>	<b>42</b>
<b>6.2 Lineaaritäry</b>	<b>43</b>
<b>6.3 Raskas työpöytä</b>	<b>44</b>
<b>6.4 Moottorit ja taajuusmuuttaja</b>	<b>45</b>
<b>7 Purkukoneen mallinnus ja piirustusten mukainen valmistus</b>	<b>46</b>
<b>7.1 Kokoonpano- ja valmistuspiirustukset</b>	<b>47</b>
<b>7.2 Akselit</b>	<b>48</b>
<b>7.3 Laakerit</b>	<b>49</b>
<b>7.4 Rungon kokoonpano ja tuleva voimansiirto akseleille</b>	<b>50</b>
<b>7.5 Tulokset</b>	<b>52</b>
<b>8 Pohdintaa ja laskelmia</b>	<b>54</b>
<b>8.1 Arvio koneen kustannuksista</b>	<b>54</b>
<b>8.2 Purkukoneen osien valmistus</b>	<b>54</b>
<b>8.3 Purkukoneen voimansiirron komponentit ja muut osat</b>	<b>54</b>
<b>8.4 Koneen muut laitteet ja kokonaishinta-arvio</b>	<b>55</b>
<b>9 Yhteenveto ja loppusanat</b>	<b>56</b>
<b>9.1 Yhteenveto</b>	<b>56</b>
<b>9.2 Loppusanat</b>	<b>57</b>
<b>Lähteet</b>	<b>58</b>

## Liitteet

Liite 1. Fracktoryn tarjous

## Kuvat

Kuva 1. Turvanastan käyttämä malli tuotekehitysprojektille (Turvanasta 2022).	12
Kuva 2. Erilaisia nastamalleja (Moottori 2017).	17
Kuva 3. Eri kovametalliseoksia (Kovametalli-in 2020).	19
Kuva 4. Kovametallipulverin hinta (Chinatungsten 2022).	20
Kuva 5. Konenäköjärjestelmän HMI-paneeli (Turvanasta 2022).	21
Kuva 6. Valmistuskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä (Savolainen 2011).	22
Kuva 7. Mahdollisuus vaikuttaa projektin kokonaiskustannuksiin projektin eri vaiheissa (Savolainen 2011).	23
Kuva 8. Vuokaavio koneen toimintaperiaatteesta.	27
Kuva 9. Taiteilijan näkemys erilaisista purkumenetelmistä.	28
Kuva 10. Kuvaus kohtisuoran puristuksen testilaitteistosta.	30
Kuva 11. Paineilmasyliinterin ja peineilmaverkon väliin asennettu paineensäädin.	31
Kuva 12. Pudotustestiin tarvittava kalusto.	33
Kuva 13. Pudotustestissä olleita teräsnastoja.	33
Kuva 14. Pudotustestissä olleita alumiininastoja.	34
Kuva 15. Pudotustestissä olleita RST-nastoja.	34
Kuva 16. Valitun purkukoneen luonnostelua.	35
Kuva 17. Ensimmäinen versio purkukoneesta 3D-mallinnettuna.	36
Kuva 18. Bodor i7 -tasolaser (Koneteknologiakeskus 2022).	38
Kuva 19. Laserleikkausesta tulleet osat.	39
Kuva 20. Amadan -särmäyspuristin ja Motoman NX100 UP50 -teollisuusrobotti.	39
Kuva 21. KTK:n OPTItturn TX 4414 -automaattisyötöllä varustettu sorvi.	40
Kuva 22. Akselin sorvaus menossa.	40

Kuva 23. Kone ylhäältä kuvattuna.	41
Kuva 24. Koneen komponentit seuraa lukuunottamatta.	41
Kuva 25. Koneeseen tuleva tärymalja.	42
Kuva 26. Afag -lineaaritäry (Vibratec 2022b).	43
Kuva 27. Raskas työpöytä ja koneen osia vailla valmistusta.	44
Kuva 28. Kolmivaihemoottorit, taajuusmuuttaja ja alennusvaihe.	45
Kuva 29. Purkukone mallinnettuna.	46
Kuva 30. Purkukoneen kokoonpanokuva ja osaluettelo.	47
Kuva 31. Purkukoneen räjäytyskuva.	47
Kuva 32. Molemmat akselit koneistettuna.	48
Kuva 33. Laakeripesä UCF208 (SKF 2022).	49
Kuva 34. Runko kokoonpantuna valmistuspiirustusten mukaan.	50
Kuva 35. Alustava kokoonpano purkukoneesta.	51
Kuva 36. Purkukone kokoonpantuna ja momentissaan.	52
Kuva 37. Osa nastoista, joita prototyypillä purettiin esitestauksen yhteydessä.	53
Kuva 38. Fractoryn automaattinen tarjouslaskenta laserleikattavista osista (Fractory 2022).	60
Kuva 39. Fractoryn automaattinen tarjouslaskenta laserleikattavista osista (Fractory 2022).	60
Kuva 40. Fractoryn automaattisen tarjouslaskennan tarjous akselien koneistuksista (Fractory 2022).	61

## **Taulukot**

Taulukko 1. Projektin alustava aikataulukko.	25
Taulukko 2. Koneen vaatimustaulukko.	26
Taulukko 3. Eri purkukonemalleista luotu arviointitaulukko.	29
Taulukko 4. Kohtisuoran puristuksen testien tuloksia.	32

# 1 Johdanto

Tämä konetekniikan opinnäytetyö on tehty maailman johtavalle, talvirenkaiden nastoja valmistavalle yritykselle. Suomalainen pitkän historian omaava perheyritys, on nimeltään Turvanasta Oy. Työ on osa yrityksen tuotannonkehitysprosessia, jossa vihreät arvot ja omavarainen kierrätys tulevat parantamaan yrityksen jo valmiiksi arvostettua ja rehtiä mainetta.

Aktiivisesti toimivan tuotekehityksen ja suurten tuotannon investointien ansiosta yrityksen tuotantokapasiteetilla on mahdollista valmistaa jopa 1,5 miljardia nastaa vuodessa.

Jatkuvasti kehittyvät tuotteet vaativat erityisen tarkkaa laadunvalvontaa, jotta asiakastyytyväisyys ja uusien nastamallien tuomat hyödyt saadaan taattua. Laatuvaatimuksia täyttämättömät tuotteet, eli vialliset nastat, saadaan seulottua lajittelussa, joka on tuotantovaihe nastojen tapituksen ja pakkauksen välissä.

Viallisten nastojen osuus kokonaistuotannosta on sen verran suuri, että niitä on ehtinyt kertyä varastoon melkoiset määrät. Viallisten nastojen sisältämät materiaalit kannattaa pyrkiä saamaan takaisin kiertoon puhtaana raaka-aineena.

Oli siis aika lähteä toteuttamaan tuotekehityspäällikön innovaatiota, joka onnistuessaan tuo yritykselle suuren taloudellisen sekä strategisen hyödyn. Tuotannonkehitysprosessi on askel kohti omavaraista materiaalin kierrätystä ja raaka-aineiden uusiokäyttöä. Samalla saadaan pienennettyä materiaalihukkaa, varastointi- ja ostokustannuksia sekä ympäristövaikutuksia.

Edellytyksenä prosessin mahdollistamiseksi tulisi valmistaa kone, jolla tuotannosta seulotut virheelliset nastat puretaan ja komponentit erotellaan materiaaliakohtaisesti.

## 1.1 Tuotannonkehitysprosessin tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön toimeksiantaja Turvanasta Oy, pyrkii tuotannonkehitys investoinnillaan ensisijaisesti ympäristöystävällisempään ja samalla

omavaraisempaan toimintaan yrityksen imagoa sekä jatkuvasti tiukentuvia ympäristövaatimuksia silmällä pitäen. (Hyökki 2022.)

Tuotannonkehitysprosessin tarkoituksena on purkaa ja erotella tuotannosta syntyvän hukkamateriaalin raaka-aineet, jotta omavarainen kierrätys ja uusiokäyttö sekä muut prosessin tuomat hyödyt saataisiin toteutettua.

Kovametallitapeista saadaan valmistettua sinkitysprosessilla uusiokovametallipulveria, josta saadaan sintrattua uusia kovametallitappeja. Kilosta kovametallia saadaan sinkitysprosessilla noin 900 grammaa uusiokovametallipulveria. (Tikomet 2020.)

Volframi on arvokas metalli, jonka suurin käyttökohde on kovametallit. Maailmalla sitä tuotetaan vuodessa noin 60 000–80 000 tonnia, josta Kiinan osuus on peräti 85 %. Volframimalmivaroja esiintyy vain harvoissa maissa, ja volframin tuotanto on monivaiheinen prosessi. Tästä syystä sitä myös kierrätetään paljon. Jopa 35–40 % volframista on kierrätettyä. (Kriittisetmateriaalit 2022.)

Omavaraisella materiaalin kierrätyksellä ja raaka-aineiden uusiokäytöllä on positiivinen vaikutus yrityksen imagoon, materiaalihukkaan, tuotteiden toimitusvarmuuteen, varastointiin sekä raaka-aineiden ostokustannuksiin.

## **1.2 Opinnäytetyön tavoitteet**

Projektin sisältö paljastui odotettua laajemmaksi kokonaisuudeksi, sillä jo alkumetreillä tulivat vastaan ehkä haastavimmat kysymykset: Millä menetelmällä nastojen komponentit puretaan toisistaan suurella nopeudella? Soveltuuko purkumenetelmä kaikkiin nastamalleihin?

Huomioiden suunniteltavan konen osa-alueet sekä perinteisen tuotekehitysprosessin vaiheet. Tuotekehitysprojektin kaikkia osa-alueita ei kyetty sisällyttämään opinnäytetyöhön.

Tavoitteeksi asetettiin toimivan prototyypin suunnittelu, valmistus ja dokumentointi. Koneen tulisi kyetä purkamaan yleisimpiä nastoja vaatimuslistan mukaisella nopeudella sekä erottelemaan niiden osat materiaaliakohtaisesti.

Raportissa esitellään työssä käytettyjä perinteisen tuotekehitysprojektin vaiheita ideoinnista prototyypin valmistukseen niin, että keskiössä on projektin käytännön vaiheet.

Työstä laadittiin selkeä ja käytännönläheinen tuotekehitysprojektin raportti, jonka omiin arvioihin perustuvia kustannuslaskelmia ja muita pohdintoja selostetaan raportin lopussa.

### **1.3 Lähtötilanne ja aloituspalaveri**

Alustava tietoperusta syntyi käytyämme lounaalla Turvanastan tutkimus- ja kehityspäällikön kanssa. Lounaan yhteydessä ”Head of R&D”, esitteli nerokkaan tuotekehitysprojektin tavoitteet ja lähtökohdat sekä selvensi ymmärrystäni nastan rakenteesta. Päälliköllä oli mielessään ajatus siitä, kuinka tavoitteeseen olisi mahdollista päästä, mutta hän lupasi selostaa innovaatiotaan tarkemmin, kunhan yritystä poikkeuksellisen paljon häirinnyt koronapandemia rauhoittuu ja yrityksen tiloihin sallitaan pääsy ulkopuolisille.

Aloituspalaverissa toimeksiantaja esitteli kehitystarpeen, nastojen rakenteen ja erään menetelmän, jonka perusteella esitutkimus olisi hyvä aloittaa. Tämän lisäksi käytiin läpi Turvanastan tuotekehityksen perinteinen malli projektin kulusta.

Salassa pidettäviin tietoihin liittyvä sopimus, työsopimus ja opinnäytetyösopimus käytiin läpi ohjaavan opettajan sekä toimeksiantajan ohjaajan kanssa. Tämän yhteydessä opinnäytetyölle annettiin alustava nimi.

### **1.4 Aiheeseen tutustuminen**

Koneautomaatioon erikoistuneena käsite tuotannonkehitys kuulosti hyvinkin tutulta, mutta kun tutustuttiin aiheeseen liittyvään materiaaliin, vastaan tuli paljon käsitteitä, joita oli syytä alkaa pohtimaan hieman syvällisemmin.

Aloituspalaverin jälkeinen tutustuminen työkaluvalmistamon ja tuotekehityslaboratorion tiloihin antoi näkemyksen, millaisilla työstömenetelmillä nastojen valmistukseen käytettäviä työkaluja valmistetaan sekä millaisia laitteita nastojen tuotannossa yleisesti käytetään. Tuotekehityslaboratoriossa olevalla laitteistolla testattiin muutama eri nastaan, kuinka kovametallitapin sai purettua erilleen runko-osasta.

Tutustumiskäynnin aikana saatiin hahmoteltua koneen raja-arvot, joiden perusteella luotiin vaatimusluettelo. Samalla sovittiin, että nastojen kuljetukseen ja orientointiin käytetään tärymaljaa, josta nastat ohjataan kiskoa pitkin kohti purkukonetta. Kiskoon tulisi asentaa lineaaritäry, joka tehostaa nastojen etenemistä kiskossa. Koneelle päätettiin tilata raskas työpöytä kooltaan 1500 x 750 mm. Alustavaa keskustelua käytiin myös koneeseen suunniteltavasta seulasta, jolla kovametallitappi ja runko saadaan eroteltua toisistaan.

## **1.5 Haasteet**

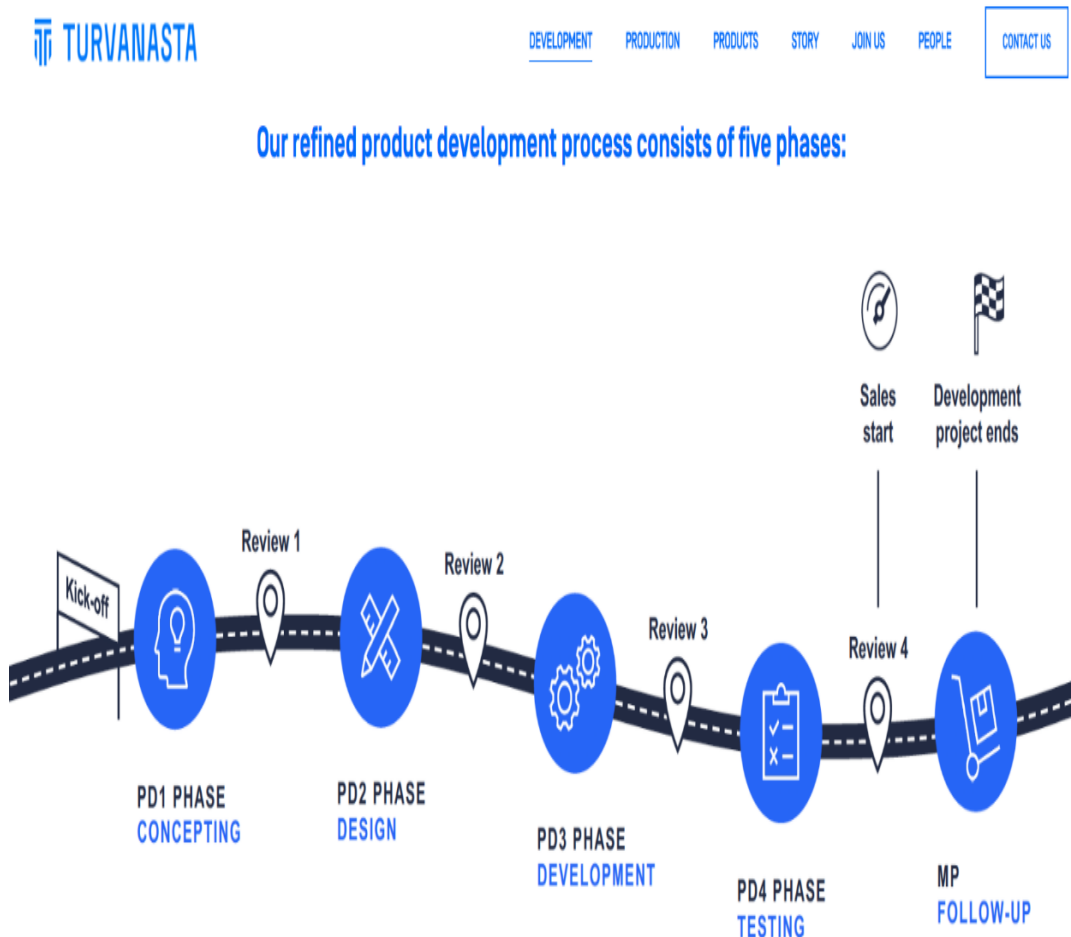
Viallisten nastojen syöttäminen koneeseen ja niiden kuljetus laitteelta toiselle ei vaikuttanut kovinkaan haasteelliselta jo olemassa olevien kuljettimien sekä tärylaitteiden ansiosta.

Projektiin haastavin osuus oli se, miten eri tyyppiset nastat puretaan sekä osat erotellaan toisistaan suurella nopeudella. ”Jos jossain tuotekehitysprojektissa on runsaasti kohtia tai jokin laaja alue, johon ei ole valmista ratkaisua, lähentelee tällainen projekti tutkimustoimintaa.” (Välimaa ym. 1994, 17).

Muita haasteita ja uusia asioita olivat tuotannonkehitysprosessin vaiheet ja niihin liittyvät menetelmät jotka tuli käytännössä opiskella itsenäisesti. Koneenosien suunnittelu vaati myös paljon kirjallisuuden lukemista sekä vinkkejä kokeneimmilta suunnittelijoilta.

Yksi erityisen tärkeä asia, joka tuotti paljon haasteita ja yllätyksiä, oli projektinhallinta ja sen aikataulut. Alustava aikataulu muuttui jo kolmen viikon jälkeen aloituksesta, sillä tuotekehitysprojekti muuttui enemmänkin

tutkimustoiminnaksi, kun purkukonetta ja siihen soveltuvaan menetelmää alettiin suunnittelemaan. ”Tehokas tuotekehitysprosessi edellyttää hyvää projektin hallintaa ja jatkuvaa oppimisprosessia!” (Välimaa ym. 1994, 8).



Kuva 1. Turvanastan käyttämä malli tuotekehitysprojektille (Turvanasta 2022).

## 2 Turvanasta Oy

Turvanasta on Turkulainen neljännen polven perheyrittys, jonka liikevaihto vuonna 2021 oli peräti 35,8 miljoonaa euroa, josta liikevoiton osuus 17,4 %. Yritys kasvaa jatkuvasti ja työllistää nykyisin jo lähes sata työntekijää.

### 2.1 Historiaa

Edesmennyt Piikkiöläinen yrittäjä Martti Salakari, oli mies, jonka ansiosta turkulainen perheyrittys Turvanasta Oy, on tänäpäivänä maailman suurin talvirenkaiden nastojen valmistaja.

Martti Salakari (1918-1976) oli kaukaa viisas mies, sillä hän osasi ennustaa liikenteen määrän suurta kasvua tulevana vuosikymmeninä. 1960-luvulla hän perusti yrityksen, joka valmisti talvirenkaiden nastoja mutta ennen kaikkea kehitti niiden ominaisuuksia. Syntyi idea ”holkkinaastasta”, joka vähensi huomattavasti teiden kulumista.

Martin poika, Heikki Salakari jatkoi isänsä uraa, jolloin yritys sai nimen H.J. Salakari Oy. Heikki mullisti yrityksen tuotekehityksen haastavissa olosuhteissa suoritettujen ajokokeiden avulla. Ajokokeista saatujen tulosten perusteella yritys sai selkeämmän käsityksen nastojen pito-ominaisuuksista.

1980-luvulla yhä lisääntyneen liikenteen vaikutukset teiden kuntoon alkoivat näkyä. Heikki Salakari yhdessä vaimonsa Marja Salakarin kanssa saivat liikekumppanikseen Neste Oyj:n, jonka kanssa yritys Turvanasta Oy perustettiin vuonna 1988. Tuolloin yrityksen erityistehtäväksi muodostui teiden kulumista vähentävien nastojen kehitys. (Turvanasta 2022.)

Neste erosi Turvanastasta vuosituhannen vaihteessa, mutta jätti jälkeensä paljon hyvää. Yhteistyö suuryrityksen kanssa oli nostanut Turvanastan maailmanluokan tasolle tuotekehityksen innovaatioiden sekä kansainvälistymisen myötä.

Nykyisin Turvanasta toimii jo neljännessä sukupolvessa. Yrityksen pääomistajana ja toimitusjohtajana toimii Heikin poika, Mikko Salakari. Mikko otti yrityksen vetovastuun jo vuonna 2019, mutta on ollut mukana yrityksen toiminnassa yli kaksikymmentä vuotta vastaten sen operatiivisesta toiminnasta. Mikon pojat työskentelevät Turvanastalla opintojensa ohella ja Mikon sisar toimii yrityksessä hallinnollisissa tehtävissä. (Aamuset kaupunkimedia 2021.)

## **2.2 Turvanastan toimipisteet**

Tällä hetkellä Turvanastalla työskentelee lähes sata työntekijää kolmessa eri toimipisteessä, jotka sijaitsevat Turussa, Paraisilla ja Kesälahdella.

Turun yksikössä sijaitsevat yrityksen pääkonttori, työkaluvalmistus, kovametallin tuotanto, tuotekehitys sekä nastojen tuotantotilat.

Paraisten yksikössä sijaitsee kylmämuovaamo, jossa nastojen rungot valmistetaan kylmämuovaamalla kelalta syötettävästä langasta. Paraisten laitekanta on tekniikaltaan huippumoderni, joten siellä saadaan valmistettua haastavimmatkin tuotteet. (Turvanasta 2021.)

Kesälahdella toimii sorvaamo, jossa tiettyjen nastamallien rungot valmistetaan sorvaamalla.

## **2.3 Turun yksikkö**

Työilmapiiri Turun yksikössä on hyvä. Työntekijät tulevat hyvin toimeen keskenään muodostaen monikulttuurisen joukon osaajia, jossa kaikki puhaltavat yhteen hiileen, yhteisiä pelisääntöjä noudattaen.

Turun yksikön toimitilat koostuvat kolmesta rakennuksesta. Yrityksen hallinnollisia tehtäviä operoivat ylemmät toimihenkilöt työskentelevät päärakennuksen ylemmässä kerroksessa, jossa sijaitsee Turvanasta Oy:n pääkonttori.

## 2.4 Työkaluvalmistus ja tuotekehitys

Työkalunvalmistuksen ja tuotekehityksen tilat sekä tuotekehityksen laboratorio sijaitsevat pääkonttorin alakerrassa. Kyseisissä tiloissa työskentelee erittäin ammattitaitoisia koneistajia, laitesuunnittelijoita sekä muita tekniikan huippuosajia. Tuotekehityksen tiloissa on jatkuvasti menossa toinen toistaan mielenkiintoisempia projekteja, mukaan lukien tämä kyseinen opinnäytetyö.

Työkaluvalmistuksen tiloissa on laadukkaita lastuavaan työstöön soveltuvia CNC-koneita, joilla kyetään koneistamaan haastavimmatkin kappaleet. Erittäin kovat ja suurta tarkkuutta vaativat kappaleet saadaan koneistettua lankasahalla tai kipinätyöstömenetelmillä.

## 2.5 Tuotanto

Nastojen tuotantotilat sijaitsevat kiven heiton päässä päärakennuksesta. Tuotanto pyörii arkisin kolmessa sekä viikonloppuisin kahdessa vuorossa. Turvanasta työllistää paljon opiskelijoita, joilla ei ole välttämättä mahdollisuutta työskennellä arkisin, joten viikonloppuvuorot sopivat heille parhaiten.

Tuotannon tiloissa on kymmeniä erilaisia koneita, joista suuri osa on palvellut luotettavasti jo vuosikymmeniä. Koneet ovat perustoiminnoiltaan yksinkertaisia ja varmatoimisia, kunhan niiden huollot ja säädöt hoidetaan asiaankuuluvalla tavalla.

Tuotantoon investoidaan jatkuvasti. Koneita suunnitellaan ja valmistetaan tuotekehityksen piirissä, mutta osa koneista on ulkopuolisilta laitevalmistajilta hankittuja laitekokonaisuuksia.

Tuotanto- ja työsuojelupäällikkö huolehtii, että tuotanto pysyy aikataulussa niin saapuvan kuin lähtevänkin tavaran osalta. Hän vastaa myös työturvallisuuteen liittyvistä asioista yhdessä työsuojeluvaltuutetun kanssa. Työntekijöille pidetään viikottainen tiedotustilaisuus, jossa käydään läpi ajankohtaisia asioita sekä

työturvallisuuteen liittyviä seikkoja. Samassa yhteydessä työntekijöille annetaan mahdollisuus ottaa puheeksi mieltä askarruttavat asiat.

## **2.6 Kovametalli**

Kovametallin tuotantotilat sijaitsevat päärakennuksen rinnalle rakennetussa hallissa. Tuotantotila on täysin eristetty, jossa ilmanvaihto on poikkeuksellisen tehokas sekä vahvasti suodatettu.

Kovametallituotteiden valmistus sintraamalla on monivaiheinen prosessi, joka vaatii yritykseltä ison panostuksen työturvallisuuteen, koneisiin, laitteisiin ja työntekijöihin.

Kovametallin tuotantotiloihin ei ole menemistä ilman kunnollisia suojarusteita, sillä volframikarbidin sidosaineena toimiva koboltti on ihmiselle myrkyllinen metalli. Työntekijät joutuvat vuosittaisissa terveystarkastuksissa mittaamaan itsestään pitoisuuksia, jotta voidaan olla varmoja, ettei ainetta ole päässyt työntekijöiden elimistöön. (Tenko 2022).

### 3 Nastat

Talvirenkaan nasta koostuu kahdesta komponentista: runko-osasta ja kovametalli tapista. Runko-osassa on pohjalaippa, jonka tarkoituksena on pitää nasta kiinni renkaassa, sekä ylälaippa johon tuotannossa tapitetaan kovametallitappi. Kovametallitappi ulkonee nastan runko-osasta normaalisti noin 0,5–1,2 millimetriä.

Kovametallitappi on nastan tärkein osa, sillä se pureutuu tien pintaan, lisäten renkaan ja tien välistä pitoa jäisissä ja talvisissa olosuhteissa. (Scanson 2021.)

Turvanasta valmistaa noin sataa erilaisilla muodoilla ja dimensioilla varustettua nastamallia, joiden kohderyhminä toimivat henkilö- ja pakettiautot (90 %) sekä maastoautot, kuorma-autot, työkoneet, kuormaajat ja polkupyörät (10 %). Jopa talvikenkiin valmistetaan nastoja, mutta osuus kokonaistuotannosta on häviävän pieni. (Hyökki 2022.)



Kuva 2. Erilaisia nastamalleja (Moottori 2017).

#### 3.1 Kovametallitappi

Lähes kaikkien nastojen kovametallitapit ovat volframikarbidia (WC), joiden sidosaineena toimii koboltti (Co). Volframikarbidi toimii kyseisen kovametallin faasina, tuoden materiaalille kovuuden ja kulutuksenkeston. Koboltti toimii kovametallin sidosaineena lisäten sen sitkeyttä. Karbidien raekoko ja

sidosaineen määrä ovat vaikuttavia tekijöitä kovametallien ominaisuuksiin. (Laine 2022a.)

### 3.2 Nastan runko ja sen valmistus

Yleisimpinä runkomateriaaleina nastoissa käytetään joko alumiinia, terästä tai ruostumatonta terästä. Eri runkomateriaalien osuus kokonaistuotannosta suurin piirtein: alumiini 75 %, teräs 20 % ja ruostoton teräs 5 %.

Nastojen rungot valmistetaan Paraisten yksikössä, jossa alumiini-, RST- ja teräsrungot kylmämuovataan kelalta syötettävästä langasta. Kylmämuovauksen jälkeen alumiinirungot toimitetaan Turun yksikköön kiillotettaviksi, kun taas teräsrungot toimitetaan pintakäsittelyyn, jossa ne pinnoitetaan sähkösinkitysmenetelmällä. Sähkösinkityksellä eli galvanoinnilla runkoihin saadaan kaunis ja korroosiota kestävä pinta.

Osa alumiinirungoista valmistetaan alihankkijalta tilatuista aihioista. Aihiossa on valmiina nastan ”kruunu” eli ylälaiippa. Turun tuotantotiloissa aihioihin tyssätään alalaiippa jonka jälkeen valmiit rungot kiillotetaan. (Hyökki 2022.)

### 3.3 Nastan kovametallitappi ja sen valmistus

Erimallisia kovametallitappeja joita Turvanasta käyttää nastoissaan on kymmeniä. Kovametallitappit valmistetaan uusiovolframikarbidipulverin ja neitseellisen volframikarbidipulverin seoksesta. Neitseellisen pulverin osuus on enintään 20 %.

Kovametallin valmistuksessa on yhdeksän vaihetta:

- 1) Sekoitus: Raekooltaan eriävät hiili (C) ja volframi(W) sekoitetaan housumyllyllä.
- 2) Volframikarbidin valmistus: Sekoitettu jauhe karburoidaan 1800 asteisessa uunissa, jolloin karbidit muodostuvat.

- 3) Jauhatus: Volframikarbidin (WC) ja koboltin (CO) pulverit sekoitetaan kuulamylyssä.
- 4) Kuivatus: Jauhatuksessa käytetty alkoholi haihdutetaan pois.
- 5) Rakeistus: Jauhe granuloidaan eli rakeistetaan.
- 6) Seulonta: Saadaan tasakokoisemmat granuliitit.
- 7) Puristus: Jauhe puristetaan 150 N/mm<sup>2</sup> puristusaineella
- 8) Sintraus: Puriste lämmitetään 1600-asteisessa uunissa joko tyhjiöön tai suojaasuun pakattuna. Sintraus kestää 10–16 tuntia, jonka aikana puriste kutistuu 18 %.
- 9) Jälkikäsitteily: Monta eri tapaa. (Kovametalli-in 2020.)

Karbidipitoisuus (p-%)	Sidosaine	Kovuus (HV)	Theys(kg/m <sup>3</sup> )	Kimmomoduuli (GPa)
92 WC	Co	1350	14500	650
85 WC	Co	1200	13900	560
40 TiC	FeCr <sub>9</sub> Si <sub>1,5</sub>	1150	6100	300
60 TiC	FeCr <sub>7</sub> Si <sub>1,5</sub>	1360	5800	380
80 TiC	Ni <sub>13</sub> Mo <sub>7</sub>	1378	5500	400
60 TiC	Ni <sub>26</sub> Mo <sub>14</sub>	1190	5770	380
85 Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Ni	1400	6970	340
70 Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Ni	980	7190	320

Kuva 3. Eri kovametalliseoksia (Kovametalli-in 2020).

### 3.4 Jauhemetallurgia

Kovametallit kuuluvat metallimatriisikomposiitteihin jotka valmistetaan jauhemetallurgisilla valmistusmenetelmillä.

Jauhemetallurgisten menetelmien kolme päävaihetta:

- 1) Raaka-aine jauhetaan haluttuun raekokoon
- 2) Jauhe muotoillaan puristamalla
- 3) Puriste kiinteytetään sintraamalla

Jauhemetallurgiset valmistusmenetelmät tuovat monia etuja ja mahdollisuuksia, joita ei muilla menetelmillä saada toteutettua. Huonona puolena voidaan pitää sitä, ettei kovin suuria kappaleita kyetä valmistamaan. (Valmistajat 2022.)

### Menetelmän hyötyjä

- pystytään vaikuttamaan kappaleen huokoisuuteen
- saadaan valmistettua monipuolisia seoksia
- saadaan valmistettua erittäin kovia materiaaleja
- yhdellä menetelmällä saadaan lopullinen muoto
- materiaalihukka ja valmistuskustannukset ovat pienet.

### Tungsten Carbide Powder Price on FEB.28, 2022

Published on Monday, 28 February 2022 11:34 Hits: 106

Tungsten carbide powder price with purity over 99.70% from Chinatungsten Online is 45.00USD/KG, by Chinatungsten FOB Xiamen, FEB.28, 2022.



Kuva 4. Kovametallipulverin hinta (Chinatungsten 2022).

### 3.5 Nastojen laadunvalvonta

Lajitteluvaiheessa laadunvalvontaa suoritetaan erilaisilla tekniikoilla. Yksinkertaiset nastamallit saadaan lajiteltua luotettavasti manuaalikoneilla, kun taas monimuotoiset ja haastavat nastat lajitellaan konenäköjärjestelmillä, joissa jokainen nasta kuvataan monesta eri kuvakulmasta.



Kuva 5. Koneenköjärjestelmän HMI-paneeli (Turvanasta 2022).

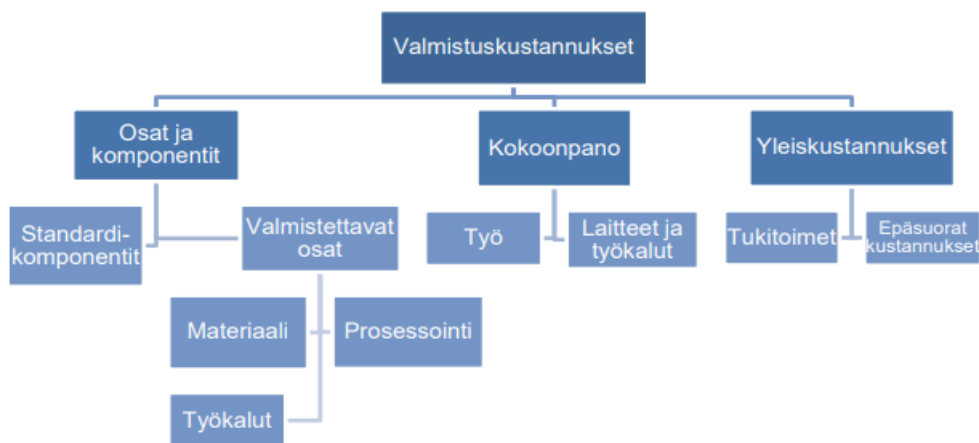
Koneellisen lajittelun lisäksi lajittelussa työskentelevät työntekijät tekevät säännöllisiä mittauksia ja silmämääräistä tarkastelua tuotteille sekä valvovat lajittelukoneiden toimintaa.

Tällä hetkellä vialliset nastat kerätään metallisiin astioihin, jotka varastoidaan yrityksen tiloihin. Hylkyastioihin liitetään saatekortti, johon kirjataan tarvittavat tiedot sekä perusteet erän hylkäykselle. Yleisimpiä syitä nastojen hylkäyksille ovat kovametallitapin virheellinen orientaatio, nastan pituus sekä kovametallitapin ulkonema nastan rungosta.

## 4 Tuotekehitysprojektin esisuunnittelu

”Esisuunnittelun pohjalta saadaan hyvä arvio kokonaiskustannuksista ja sitä kautta projektin toteutuskelpoisuudesta.” (Outoplan 2021.)

Nykyisin lähtökohtana kaikelle suunnittelulle on mahdollisimman pienet valmistuskustannukset. Standardiosien osalta kustannuksiin ei tietenkään voida vaikuttaa, mutta arvioimalla valmistettavien osien erilaisia valmistusmenetelmiä sekä kokoonpantavuutta, voidaan standardiosien tarpeellisuudesta ehkä hieman tinkiä.



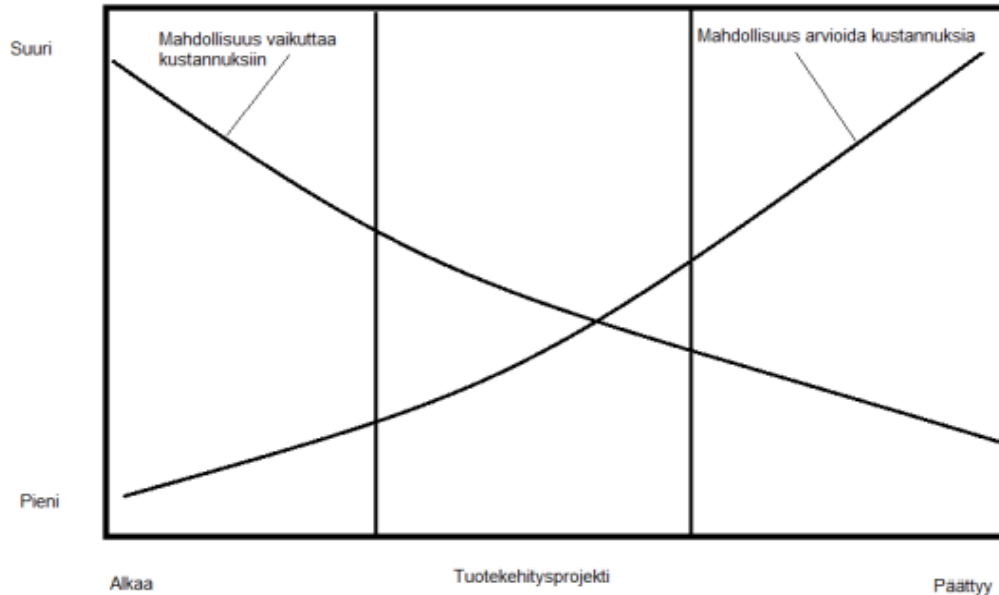
Kuva 6. Valmistuskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä (Savolainen 2011).

### 4.1 Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty

Lopulliset valmistuskustannukset ovat monen tekijän summa, jotka tuotekehitysprojektissa tulee ottaa huomioon jo suunnittelun alkumetreillä, sillä tuotteen koko elinkaaren kustannuksista noin 70-80 prosenttia muodostuu suunnitteluvaiheessa.

Valmistuskustannukset määräytyvät siis suunnittelijan tekemien ratkaisujen perusteella. Projektin alkuvaiheessa tuotekehitysprojektin kokonaiskustannuksia on vaikea arvioida. Niihin kylläkin voidaan vaikuttaa ratkaisevasti,

suunnittelemalla projektin vaiheet huolellisesti alusta alkaen. Mitä pidemmälle projekti etenee, sitä vähemmän kustannuksiin voidaan enää vaikuttaa.



Kuva 7. Mahdollisuus vaikuttaa projektin kokonaiskustannuksiin projektin eri vaiheissa (Savolainen 2011).

Kokenut suunnittelija osaa yleensä luotettavasti arvioida soveltuvia valmistusmenetelmiä ja niiden tuomia kustannuksia, mutta mitä monipuolisempi projekti on kyseessä niin sitä haastavammaksi tulee kaikkien osa-alueiden huomioon ottaminen. Tähän on olemassa erilaisia opastavia periaatteita, joista kustannusten kannalta tärkeimmät DFM ja DFA, ovat osittain riippuvaisia toisistaan. (Savolainen 2011, 13-16.)

## 4.2 DFM (Desing for Manufacturing)

Jo luonnosteluvaiheessa tulee huomioida valmistusmyötäisen suunnittelun lähtökohdat. DFM on viisivaiheinen menetelmä, jonka ensimmäinen vaihe käsittelee valmistuskustannusten arviointia. Ensimmäinen vaihe tietenkin edellyttää, että tunnetaan suunniteltavan tuotteen vaatimukset, toiminnot ja ominaisuudet. Valmistusmyötäinen suunnittelu edellyttää suunnittelijalta

kokemusta erilaisista valmistusmenetelmistä, jotta kyetään arvioimaan niiden soveltuvuuksia eri osien valmistuksiin.

DFM:n vaiheet 1-5:

- 1) Arvioidaan valmistuskustannuksia
- 2) Vähennetään osiin kohdistuvia kuluja
- 3) Vähennetään kokoonpanon kuluja
- 4) Vähennetään tukitoimintojen kuluja
- 5) Harkitaan menetelmän mukaisten päätösten muita vaikutuksia

### **4.3 DFA (Desing for Assembly)**

DFA on toinen tärkeä työkalu, jossa kokoonpantavuus huomioidaan tuotesuunnittelun yhteydessä. DFA tähtää siihen että tuote suunnitellaan mahdollisimman vähillä osilla, käyttäen mahdollisimman vähän erilaisia liitostekniikoita ja ruuveja. (Tuotekehitys 2018.)

Toisin sanoen, osia pyritään mahdollisuuksien mukaan integroimaan keskenään, kunhan se saadaan toteutettua ilman ylimääräisiä haasteita tai muutoksia koneen välttämättömissä toiminnoissa. Tässä tulee osata ottaa huomioon koneen huollettavuus, turvallisuus, korjaukset sekä muut koneen elinkaaren aikana tehtävät toimet. Ideana on, että loputuloksena olisi mahdollisimman vähillä osilla, helposti ja nopeasti kokoonpantava tuote.

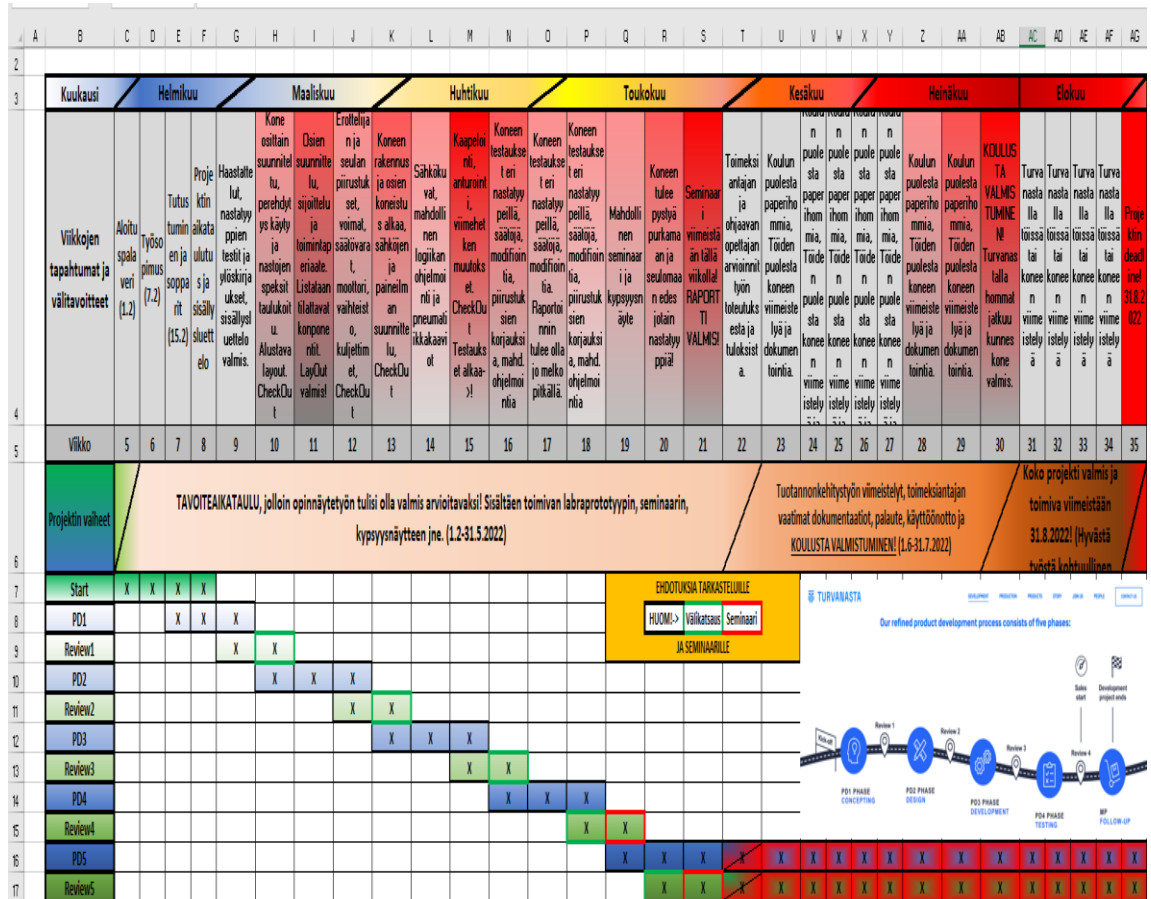
### **4.4 Työn aikataulukutus**

Työn aikataulukutus ja sisällysluettelon luonti olivat ainoita asioita joita kehoitettiin tekemään jotta pysyttäisiin aikataulussa, eikä raportointi jäisi täysin sivualalle. Aikataulu on tehty Turvanastan omaan malliin perustuen. (Kuva1) Aikataulu on hyvinkin tiukka, sillä vaiheita on paljon enemmän mitä aikataulusta tulee ilmi.

Erilaisten testimenetelmien suunnitteluihin, toteutuksiin ja järjestelyihin sekä fysikaalisiin teorioihin perustuviin laskelmiin kului arvioitua enemmän aikaa.

Ajatus tiukasta aikataulusta suurella motivaatiolla ja reippaalla asenteella ei tuntunut ollenkaan pahalta. Kun tuli vastaan asioita, jotka veivät aikaa viikkoja enemmän kuin oli suunniteltu, alkoi tuntua siltä, ettei tavoitteeseen tulla pääsemään.

Taulukko 1. Projektin alustava aikataulutus.



Aikataulua piti muuttaa alkuperäisestä, sillä pääpaino työskentelystä tuli kohdistaa purkavan laitteen suunnitteluun, josta jo yksinään saisi opinnäytetyön laajuuteen soveltuvan projektin.

#### 4.5 Vuokaavion mukaista luonnostelua

Kustannustehokkaan, yksinkertaisen ja varmatoimisen koneen luonnostelussa hahmoteltiin erilaisia layout-suunnitelmia. Kaikki eri versiot olivat pääpiirteittäin lähes samalla periaatteella toimivia, sillä koneen vaatimusluettelossa oli määritelty komponentit, jotka ovat välttämättömiä nastojen kuljetuksen kannalta.

Tärymalja, lineaaritäry sekä kisko, jota pitkin nastat kuljetetaan purkukoneelle, ovat komponentteja, jotka oli helppo sijoittaa laitekoonpanon layoutiin.

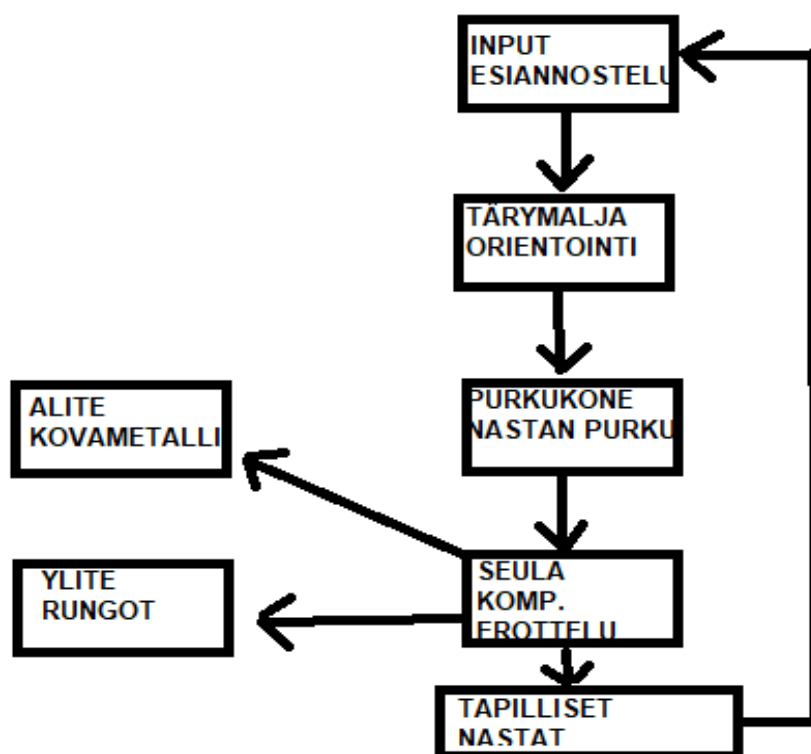
Taulukko 2. Koneen vaatimustaulukko.

KONEEN VAATIMUSLISTA	
Vaatimukset	Määrittelyt
<b>Kiinteät vaatimukset</b>	
Syöttöjännite	3 x 400V
Sulakkeet	3 x 16A
Purkunopeus	300 nastaa/ min
Hätäseis-piiri	Kahdennettu
Koneen fyysiset mitat	1500 x 750 x 2000
Työtason kantokyky	1000 kg
Melutaso	< 82 dB
Kone valmis, toimiva ja dokument. Viim. 31.8.22	x
Prototyypin toiminta testattu viim. 6.6.22	x
<b>Toivottavat vaatimukset</b>	
Helposti kokoonpantava ja yksinkertainen	x
Tulee olla säädettävissä muille nastoille	x
Koneturvallisuuden mukaiset turvalaitteet	x
Automatisoitu ja varmatoiminen	x
Koneturvallisuuden standardit huomioiden	x
Tärymalja	x
Lineaaritäry	x

Koneen layout suunniteltiin jo luonnosteluvaiheessa lähes valmiiksi, mutta purkavan koneen osalta jouduttiin tekemään valtavasti työtä. Nastojen purkuun tarkoitettua konetta ei löydetty yhdenkään laitevalmistajan sivuilta.

Jo mahdollisesti olemassa olevia ratkaisuja nastojen purkuun etsittiin jopa itänaapurin YouTube-videoista, mutta sellaisia ei löytynyt.

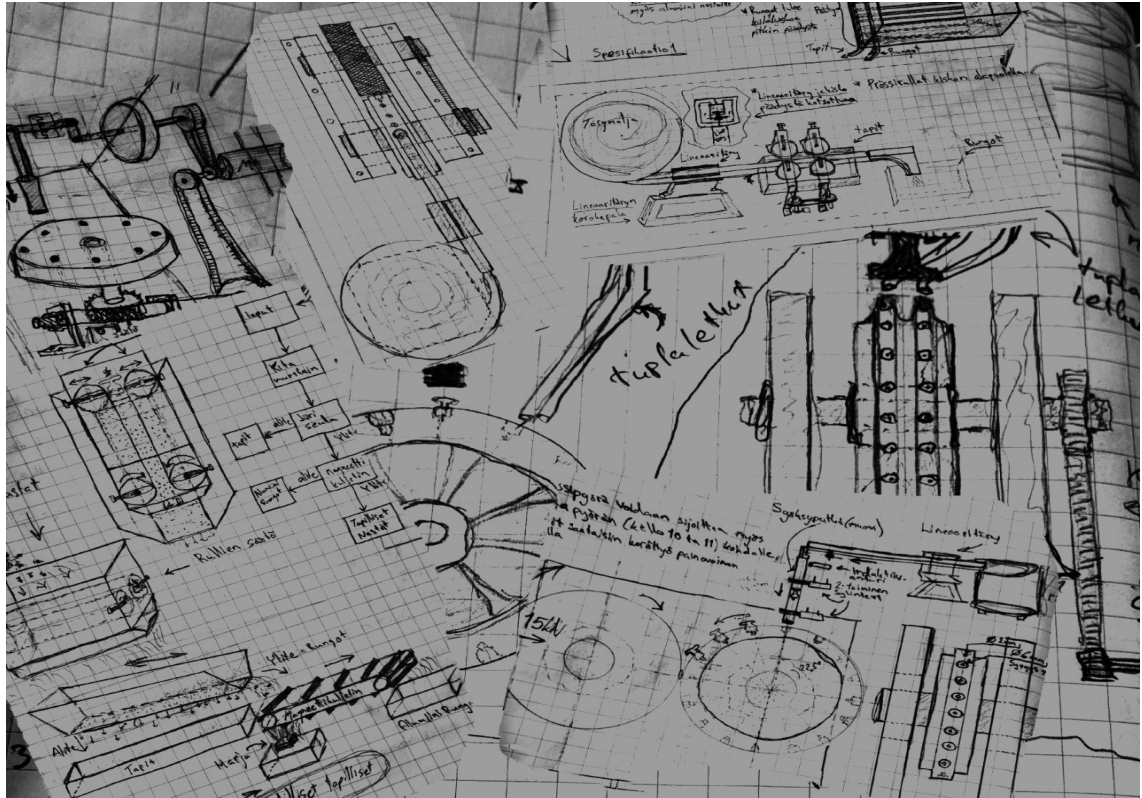
#### VUOKAAVIOMALLI KONEEN TOIMINTAPERIAATTEESTA



Kuva 8. Vuokaavio koneen toimintaperiaatteesta.

#### 4.6 Välipalaveri

Välipalaverissa Turvanastan tuotekehitysporukan kesken saatiin uusia ideoita aikaan. Syntyneistä mielikuvista hahmoteltiin erilaisia luonnoksia, jotka toisessa välipalaverissa pisteytettiin arviointitaulukon perusteella. Arviointitaulukkoon sijoitettiin arviointikriteereitä, joista jokaiselle määriteltiin painoarvo, painoarvokertoimen perusteella.



Kuva 9. Taiteilijan näkemys erilaisista purkumenetelmistä.

Palaverin aikana korostui, kuinka tärkeää tuotekehitysprojektissa on kokoontua osajien kesken. Moneen kysymykseen löytyi hyviä vastauksia, uusia ideoita syntyi ja projektivaiheet saatiin rajattua selkeämmin eri osakokonaisuuksiin.

Palaverin jälkeen syntyi uusia ideakonsepteja, mutta purkumenetelmä oli vieläkin vailla ratkaisua. Sovittiin, että esiselvitysvaiheen pääpaino tulisi keskittää purkukoneen toimintaperiaatteen ja erilaisten testausmallien suunnitteluun.

Taulukko 3. Eri purkukonemalleista luotu arviointitaulukko.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2		Arviointitaulukko nastoja purkaville laitteille. (Versiot 1 - 7)																
3				Versio 1		Versio 2		Versio 3		Versio 4		Versio 5		Versio 6		Versio 7		
4		Arvostelukriteerit	Painokerroin	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	P	PP	
5		Helppo valmistaa		0,1	5	0,5	3	0,3	4	0,4	3	0,3	1	0,1	1	0,1	0,1	
6		Kustannukset		0,05	5	0,25	3	0,15	3	0,15	3	0,15	2	0,1	2	0,1	0,05	
7		Toimintavarmuus		0,1	4	0,4	3	0,3	3	0,3	3	0,3	2	0,2	2	0,2	0,1	
8		Rakenteen kestävyys		0,1	4	0,4	4	0,4	4	0,4	3	0,3	3	0,3	3	0,3	0,1	
9		Turvallisuus		0,05	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	0,05	
10		Soveltuvuus eri tuotteille		0,1	4	0,4	5	0,5	4	0,4	3	0,3	2	0,2	2	0,2	0,1	
11		Käytön helppous		0,05	3	0,15	2	0,1	4	0,2	3	0,15	2	0,1	2	0,1	0,05	
12		Laitteen huolto		0,05	5	0,25	3	0,15	3	0,15	3	0,15	3	0,15	3	0,15	0,05	
13		Säädettävyyys		0,1	4	0,4	2	0,2	4	0,4	3	0,3	2	0,2	2	0,2	0,1	
14		Purkunopeus		0,1	4	0,4	4	0,4	5	0,5	4	0,4	2	0,2	2	0,2	0,1	
15		Melu		0,1	5	0,5	3	0,3	4	0,4	2	0,2	4	0,4	4	0,4	0,1	
16		Energian kulutus		0,1	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	0,1	
17		<b>Yhteispisteet</b>		<b>1</b>		<b>4,2</b>		<b>3,35</b>		<b>3,85</b>		<b>3,1</b>		<b>2,5</b>		<b>2,5</b>		<b>1</b>
18		<b>P = Annetut pisteet, PP = Pisteiden painoarvo</b>																
19		Jokaiselle versiolle annetaan pisteet(1-5) taulukon mukaisten kriteerien perusteella. Annetun arvosanan ja määrättyyn painokertoimen tulot lasketaan yhteen, jotta saadaan kokonaisuutta kuvaava pisteytys.																
20		Versio 1	Tuplarullat (puristus nastan kruunuun)															
21		Versio 2	Tuplasylinterit (isku nastan kruunuun)															
22		Versio 3	Kitamurskain															
23		Versio 4	Epäkesko Iskuri															
24		Versio 5	Prässipyörä & Nastapyörä															
25		Versio 6	Nastapyörä & Iskusylinteri															
26		Versio 7	Kitka ruuvi puristin															
27																		
28																		

#### 4.7 Ideointi- ja esiselvitysvaihe

Esiselvitystyön ja ideointivaiheen osalta arvioitu työaika kasvoi paljon odotettua suuremmaksi, sillä Turvanasta valmistaa lähes sataa erilaista nastatyyppiä, joita koneen tulisi kyetä purkamaan ja erottelemaan suurella nopeudella.

Luonnoksiin ja lähtötietoihin perustuen tuli suunnitella ja toteuttaa erilaisia testausmenetelmiä, joilla nastaoja saataisiin purettua. Testien perusteella saatiin selvitettyä kolme mahdollista purkumenetelmää. Näin virheelliset ajatukset purkutekniikoista saatiin rajattua pois mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Purkukone piti suunnitella kokonaan itse, joten sen toimintaperiaate juontaa juurensa eri testausmenetelmistä joita esiselvitysvaiheessa nastoille tehtiin. Testausmenetelmien tueksi haettiin tietoa eri metallien lujuusopillisista ja

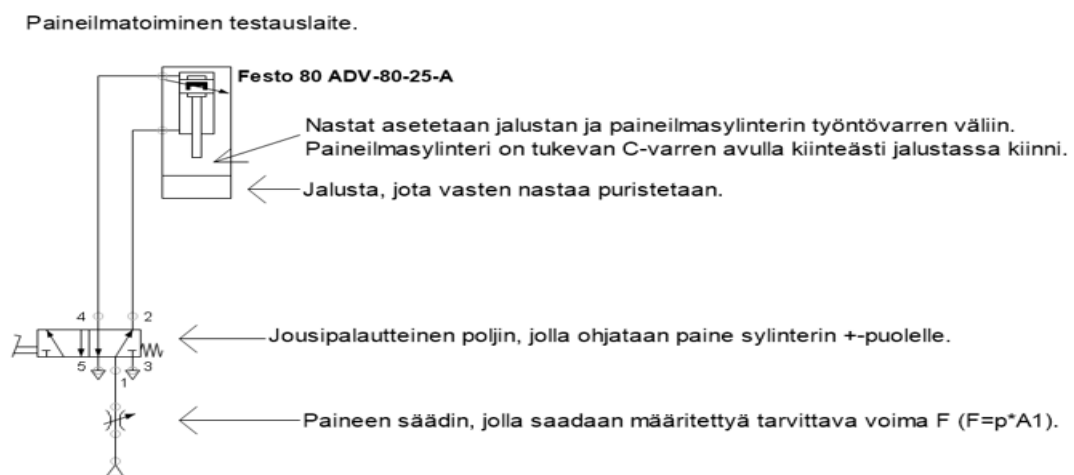
fysikaalisista ominaisuuksista, tuotekehityksen, koneensuunnittelun ja koneenosien suunnittelun periaatteista, sekä kone- ja pienjännitedirektiiveihin liittyvistä standardeista.

Laitekonsepti jota ruvetaan suunnittelemaan ja toteuttamaan, on yleensä eri spesifikaatioiden ja luonnosten pohjalta syntynyt yhdistelmä, joka perustuu määriteltyihin raja-arvoihin (vaatimusluettelo), ottaen huomioon kokoonpano- sekä valmistusystävällisen suunnittelun periaatteita.

#### 4.8 Nastojen purkamiseen tarvittavan voiman määrittely ja tekniikat

Esiselvitysvaiheen tärkeimpiä vaiheita oli oppia tuntemaan eri nastatyyppien purkamisiin vaadittava voima ja tekniikka. Nastan purkamiseen kehitettiin kaksi erilaista toisistaan täysin eroavaa testimenetelmää, joilla saatiin lupaavia tuloksia. Staattiseen kohtisuoraan puristukseen perustuvat testaukset ja pudotuksesta seuranneen iskuenergiaan perustuvat testaukset.

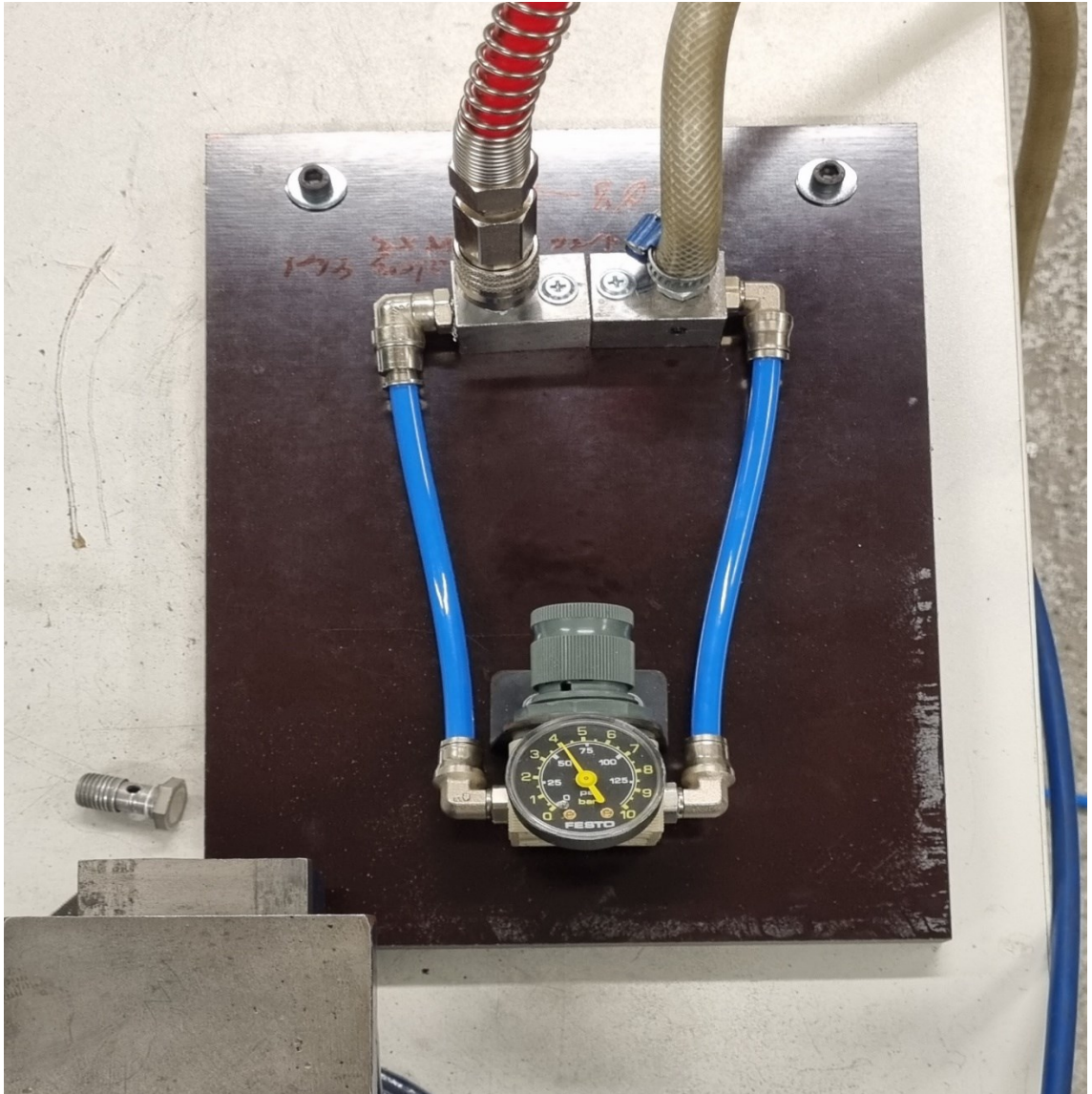
#### 4.9 Kohtisuora puristus



Kuva 10. Kuvaus kohtisuoran puristuksen testilaitteistosta.

Kohtisuora puristus nastan ylälaippaan oli monille nastoille hyvin toimiva purkumenetelmä. Painetta saatiin säädettyä nollan ja kahdeksan baarin välillä.

Paineensäätimen ansiosta saatiin säädettyä sylinterille kulkeutuva paine. Kun tiedettiin sylinterin halkaisija niin saatiin laskettua puristusvoima  $F$ . ( $F = p \times A_1$ ).



Kuva 11. Paineilmasyliinterin ja peineilmaverkon väliin asennettu paineensäädin.



pudotuksen alkuhetkellä. Liike-energian suuruudeksi laskettiin 34 joulea. Törmäyksestä aiheutunut impulssi oli riittävän suuri kaikille nastoille, siksi testin tuloksia ei erikseen raportoitu.



Kuva 12. Pudotustestiin tarvittava kalusto.



Kuva 13. Pudotustestissä olleita teräsnastoja.



Kuva 14. Pudotustestissä olleita alumiininastoja.



Kuva 15. Pudotustestissä olleita RST-nastoja.

Pudotustesti antoi lupaavampia tuloksia kuin kohtisuora puristustesti. Molemmissa menetelmissä tuli vastaan se ongelma, että miten kumpaankaan menetelmään perustuen olisi helposti rakennettavissa kone, joka purkaa viisi nastaa sekunnissa.

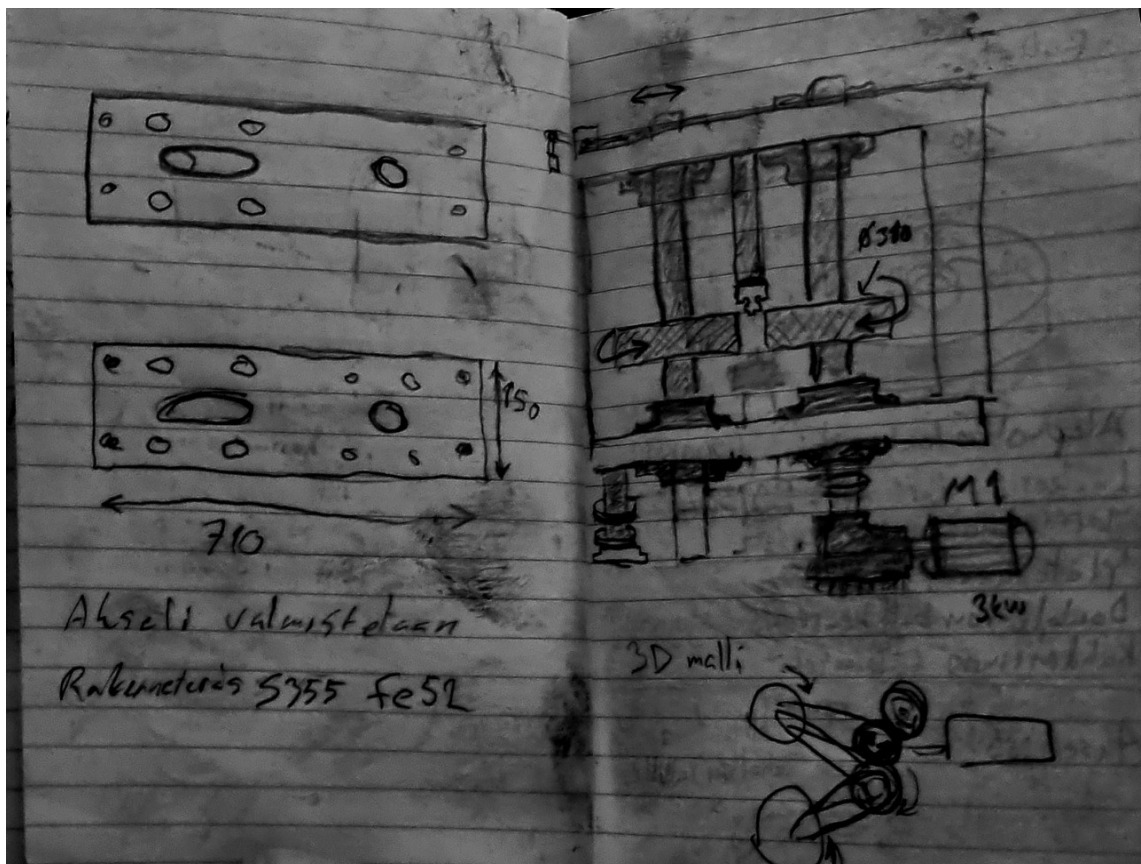
Päätettiin hieman yhdistellä ajatuksia, ja tultiin tulokseen, että vankkojen akselien varassa pyörivät metalliekot voisivat toimia parhaiten nopeatempoisessa purussa.

#### 4.11 Purkukoneen alustava spesifikaatio

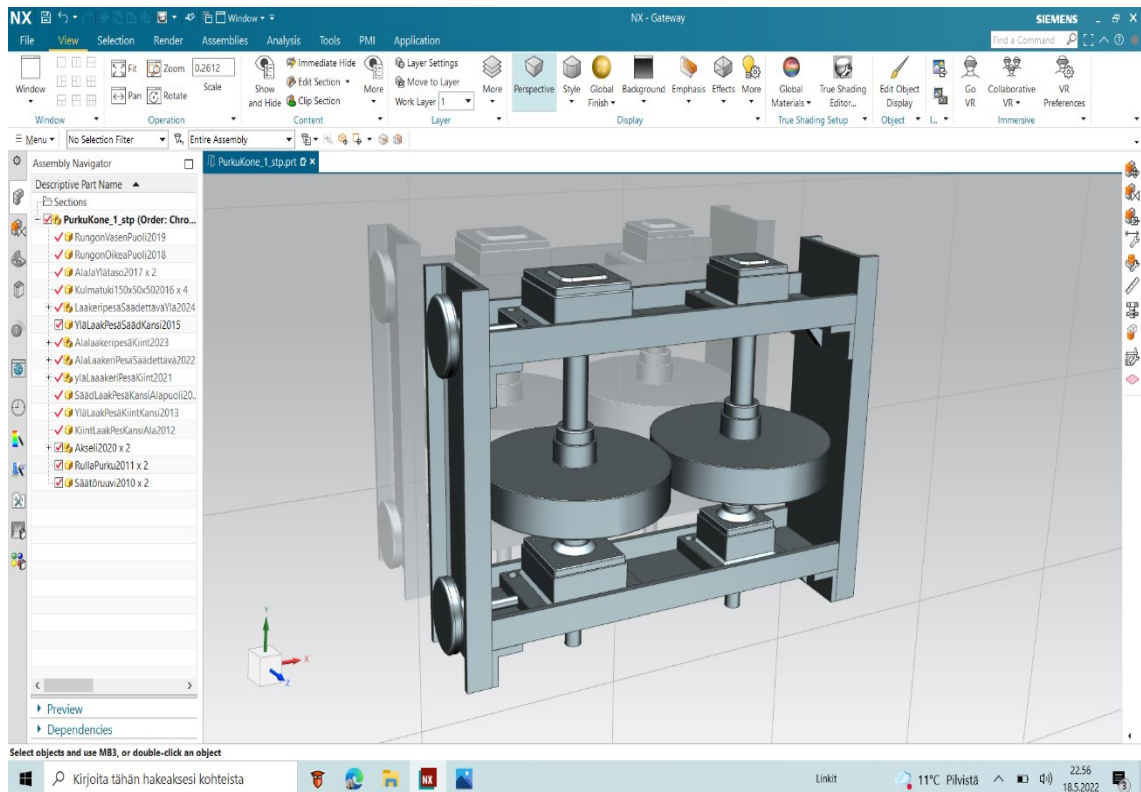
Purkukiekoilla varustettu kone oli se, jota lähdettiin varovasti luonnosteimaan ja suunnittelemaan. Varmuutta purkumenetelmän toimivuudesta ei ollut, mutta melko luottavaisin mielin sitä ruvettiin suunnittelemaan ja mallintamaan eteenpäin. Taustalla oli Sami Hyökin voimakas intuitio menetelmän toimivuudesta.

Suunnittelussa päätettiin, ettei lujuusopillisia laskelmia tarvitse tehdä, vaan valitut akselikoot ja laakerit ovat kokemuserusteisesti valittuja. Rungosta suunniteltiin niin jämäkkä, että sen heikoimmatkin kohdat ovat varmuuskertoimella kymmenen.

Päämääränä oli saada selville toimiiko menetelmä nastan purkamiseen.



Kuva 16. Valitun purkukoneen luonnostelua.



Kuva 17. Ensimmäinen versio purkukoneesta 3D-mallinnettuna.

Kyseistä versiota tuli muokata melkoisen paljon, sillä ainoat standardiosat koneessa olivat itse mallinnettujen laakeripesien sisällä sijaitsevat kartiorullalaakerit.

Tuotekehityspuolen toimihenkilöt osasivat vihdoinkin neuvoa, että standardin mukaisia laakerinpesiä ja muita koneiden osia löytyy internetistä valmiiksi mallinnettuna.

Traceparts.com -sivusto tarjoaa todella paljon erilaisia koneiden osia ja niiden valmiita 3D-malleja. Sivusto on tarkoitettu suunnitteleville insinööreille ja harrastajille.

Turhaa työtä tuli tehtyä melkoiset määrät, mutta etuna oli, että Siemens NX:n käyttö tuli tutuksi.

## 5 Purkukoneen osien valmistusta

Alustavan suunnitelman mukaan purkukoneen osat piti tilata alihankkijoilta tarjousten perusteella, mutta kun aikataulusta oltiin jo pahasti jäljessä, tuli keksiä keino, jolla osat saisi valmistettua mahdollisimman nopeasti.

Tähän löytyi ehkä paras mahdollinen ratkaisu, kun saatiin yhteys Turun ammattikorkeakoulun Lehtoriin, Petri Rautioon. Rautio aavisti heti, että osat tulisi saada nopealla aikataululla, ja otti asian puheeksi koneteknologiakeskuksen henkilöstön kanssa. Jo seuraavana päivänä hän kehotti ottamaan yhteyttä KTK:n käyttöpäällikkö Timo Kankalaan.

Hitsaukset ja koneistukset päästiin suorittamaan omin pikku kätös in Viuhkon Jukan lyhyen mutta kattavan perehdytyksen jälkeen. Hitsaus ei lähtenyt sujumaan aivan yhtä mallikkaasti kuin sorvaus. Arvoitukseksi jäi se, kumpaa kului enemmän, hitsauslankaa vaiko hiomalaikkaa...

Ilman Petri Raution, Timo Kankalan ja hitsausoperaattori Jukka Viuhkon apua, purkukoneen osia ei oltaisi saatu ajoissa valmiiksi.

### 5.1 Laserleikkaus

Suurin osa purkukoneen levyosista leikattiin KTK:n uudehkolla laserilla Raution ja Kankalan avustuksella. Leikatut muodot olivat millilleen oikeissa paikoissa ja oikean kokoisia. Lisähaasteena leikkauksille oli valmiiksi oikeisiin mittoihin sahatut levyaihiot ja U-profiilit, joihin laser tuli erikseen kohdistaa.



Kuva 18. Bodor i7 -tasolaser (Koneteknologiakeskus 2022).

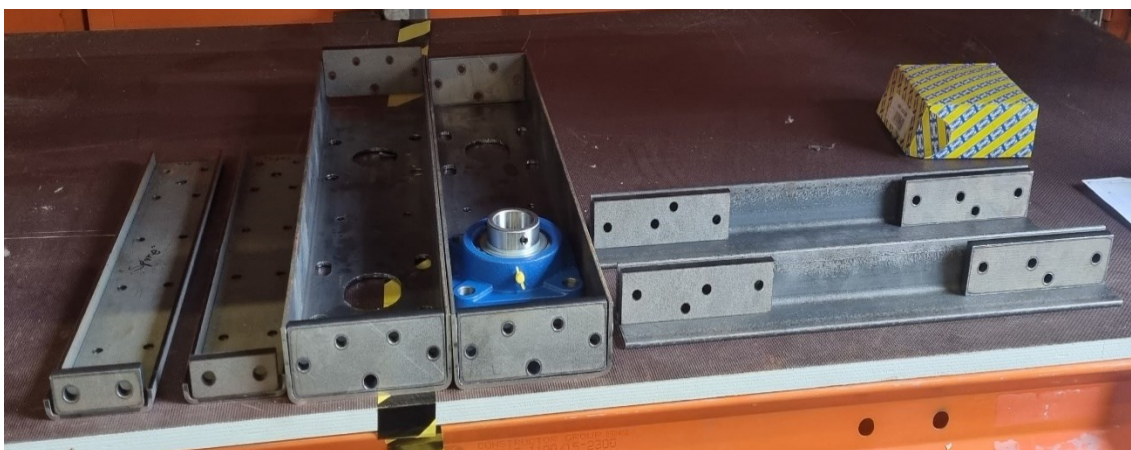
Laserleikkaus perustuu lasersäteen polttopisteen kuumuuteen, joka kohdistetaan linssin läpi leikattavaan kohtaan. Leikkauksen yhteydessä käytetään prosessikaasuja, joita ovat happi tai typpi, riippuen halutusta leikkuujäljestä, leikkuunopeudesta ja leikattavasta materiaalista.

Kun prosessikaasuna käytetään happea, niin leikkauskohtaa kuumennetaan enemmän ja leikkaus on nopeampaa, mutta leikkuujälki ei ole niin siisti kuin tyypellä leikatessa. Happileikkauksella saadaan leikattua jopa 25 mm paksua terästä.

Typpileikkauksessa ideana on, että sula metalli puhalletaan suurella paineella pois, jotta leikkausjälki olisi parempi, eikä pintaan muodostu oksidikerrosta. Esimerkiksi ruostumattomat teräkset, muovit ja puu leikataan tyypellä. (Alutig 2021.)

Laserleikkausta varten mallinnettu kappale tulee muuttaa dxf-muotoon. Siemens Part File-tiedostot saadaan dxf-muotoon Siemens NX-ohjelmistolla: File > Export > dxf, jonka jälkeen tallennetaan haluttuun kansioon. Dxf-tiedostot saa kätevästi muokattua AutoCad-ohjelmistolla. Kuvista tulee poistaa kaikki ylimääräiset piirustus- ja muotoviivat niin, että ainoastaan leikattavat muodot jäävät jäljelle. Myös mittakaava tulee vaihtaa yhden suhde yhteen, scale-toiminnolla. (Fractory 2022.)

Laserleikkaukset tehtiin kompaktilla Bodor i7 ipg photonics -kuitulaserilla. Bodor i7 -tasolaserin työalue on 3048 x 1524 mm, leikkausnopeus 100 m/min ja teho 3 kW. Bodor Pro 2.0 on PC-pohjainen CNC-ohjausjärjestelmä, joka ymmärtää dxf-muotoiset kuvat ja kykenee nestaamaan ne itsenäisesti aihiolle. (FMS-Service 2022.)



Kuva 19. Laserleikkausesta tulleet osat.

## 5.2 Särmäys

Purkukoneen 4 mm paksut sivutuet särmättiin Motomanin särmäyssoolussa sijaitsevalla Amada HFE 80-25 -särmäyspuristimella. Särmäyspuristimen puristusvoima on 800 kN ja särmäysleveys 2570 mm. Maksimi taivutusnopeus on 15 mm/s. (Ama-Prom 2021.)



Kuva 20. Amadan -särmäyspuristin ja Motoman NX100 UP50 -teollisuusrobotti.

### 5.3 Sorvaus

Akselit ja purkurullat päästiin koneistamaan KTK:lla. Koneistus vei odottamattoman paljon aikaa, mutta lopputulos oli hyvä. Aikaisempaa kokemusta sorvauksesta ei ollut, mutta Viuhkon pikaopastuksen ansiosta työssä edistytettiin.



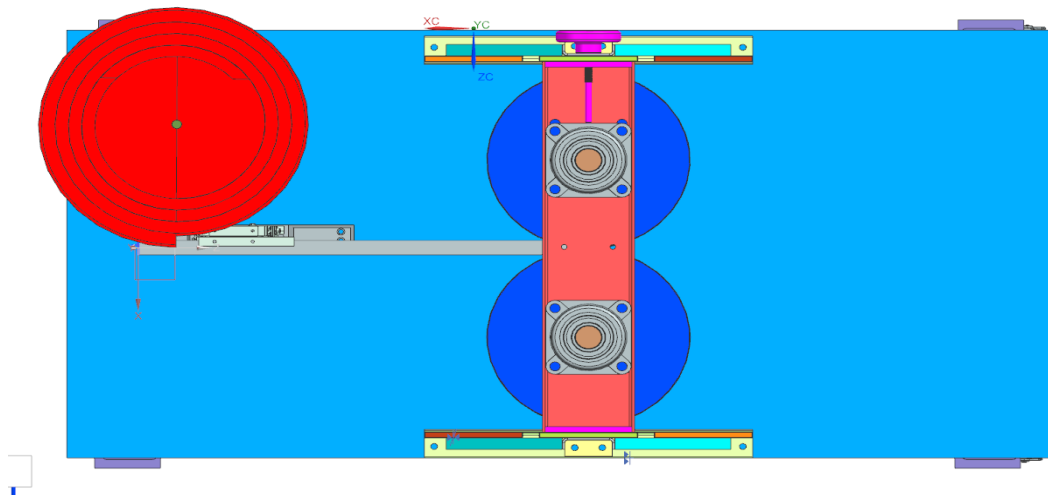
Kuva 21. KTK:n OPTIturn TX 4414 -automaattisyydöllä varustettu sorvi.



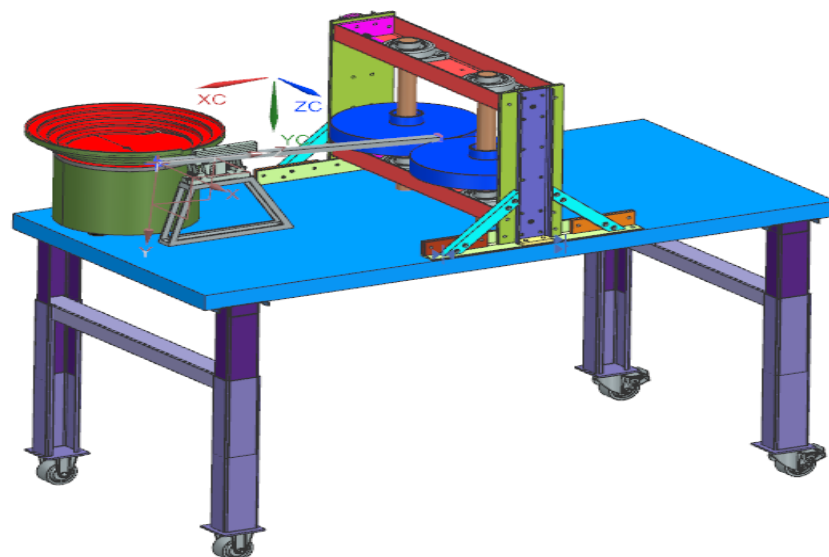
Kuva 22. Akselin sorvaus menossa.

## 6 Koneen layout ja komponentit

Koneen 3D -mallinnettu layout, jossa tärymalja, lineaaritäry, nastakisko sekä purkukone. Nastojen komponentit erotteleva seula on vielä työn alla. Seula tullaan sijoittamaan työpäydän oikeaan reunaan niin, että purkukoneen läpi ajettut nastat seulotaan välittömästi purun jälkeen.



Kuva 23. Kone ylhäältä kuvattuna.



Kuva 24. Koneen komponentit seulaa lukuunottamatta.

## 6.1 Tärömalja

Tärömaljat soveltuvat pienosien kuljetuksiin ja orientointiin. Tärömaljoja on paljon käytössä teollisuuden eri sektoreilla. Tärömaljan ideana on kuljettaa ja orientoida materiaalivirtoja hallitusti. Nastojen lajittelussa, tärömaljaan esisyötetään nastoja esimerkiksi lineaaritärötoimisella annostelijalla. Tärömalja ja annostelija osaavat keskustella keskenään anturoinnin ansiosta. Esimerkkinä tästä on tärömaljan pohjalle sijoitettu induktiivinen anturi, joka aistii kun maljasta alkaa loppua nastat. Kun anturi indikoi nastojen loppuneen, ohjausjärjestelmä antaa annostelijalle käskyn syöttää lisää nastoja maljaan.

Tärömaljassa materiaalivirta kulkee spiraalimaista liuskaa ylöspäin kohti maljan syöttöaukkoa, ennen syöttöaukkoa maljan reunoilla on erilaisia ohjureita ja paineilmalla toimivia puhaltimia joiden tehtävä on varmistaa kappaleiden oikea orientointi kun kappale liikkuu tärömaljasta eteenpäin, esimerkiksi nastakiskolle. Tärömaljojen tehoa saadaan säädettyä mukana tulevan säätimen avulla.

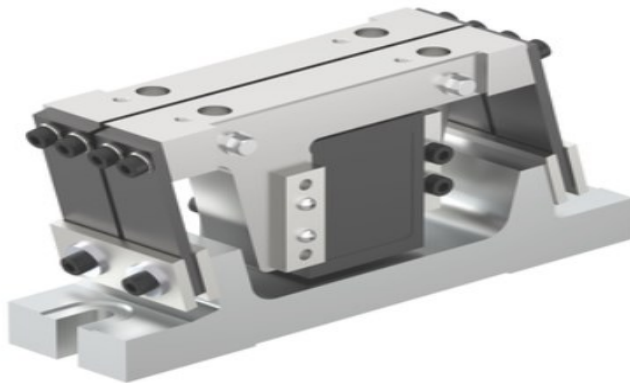
(Vibratec 2022b.)



Kuva 25. Koneeseen tuleva tärömalja.

## 6.2 Lineaaritäry

Lineaaritäry on tärymaljan tavoin laite jolla pienkappaleiden materiaalivirtaa saadaan hallitusti ohjattua tuotantoprosessissa. Lineaaritärylle on paljon käyttökohteita, sillä se toimii pääsääntöisesti moottorina tärytekniikkaan perustuvilla kuljetinjärjestimillä.



### Linear feeder KLF5 - KLF25

Kuva 26. Afag -lineaaritäry (Vibratec 2022b).

Tässä työssä on tarkoitus käyttää kahta eri lineaaritäryä. Toinen lineaaritäry oli suunniteltu asennettavaksi nastakiskoon edesauttamaan nastojen kuljetusta maljasta purkukoneelle. Toinen, mahdollisesti hieman tehokkaampi lineaaritäry on tarkoitettu koneeseen tulevalle seulalle, jonka tarkoituksena on erotella tapit ja rungot toisistaan.

Lineaaritäryt ovat säätimellä varustettuja, joten niiden teho on portaattomasti säädettävissä. Säätimissä on muitakin toimintoja, joilla kuljetusprosessia saadaan helposti automatisoitua. (Vibratec 2022c.)

### 6.3 Raskas työpöytä

Koneen jalustaksi päätettiin tilata tukeva Trestonin Workshop-työpöytä, joka on suunniteltu kestäämään yli 750 kg:n paino. Työpöydän korkeus on säädettävissä, ja sitä on helppo siirrellä paikasta toiseen jalkoihin asennettujen pyörien ansiosta. Työtasoksi valittiin 750 mm x 1500 mm x 50 mm pöytälevy, jonka pinta on päällystetty kolme millisellä teräksellä.

Trestonin tuotteista saadaan räätälöityä asiakkaille erilaisiin työympäristöihin tarkoitettuja työpisteitä ja kalusteita. Tuotteet ovat ergonomisia ja Lean-filosofiaan soveltuvia. Monissa tuotteissa on ESD-suojaus, jolloin niitä voidaan käyttää EPA-alueilla. ESD-tuotteita käytetään varsinkin elektroniikkateollisuudessa, kun työtasot ja niihin liittyvät varusteet halutaan suojata staattiselta sähköltä. (Treston 2020.)



Kuva 27. Raskas työpöytä ja koneen osia vailla valmistusta.

## 6.4 Moottorit ja taajuusmuuttaja

Turvanastan tuotekehitystiloista löydettiin kaksi vanhaa kolmivaihemootoria, sekä Omronin 0,75 kW:n taajuusmuuttaja, jolla akseleiden pyörimisnopeutta saadaan säädettyä portaattomasti.

Sininen moottori on Calpedan 0,75 kW:n kolmivaihemoottori, jota on aikaisemmin käytetty vesipumpun pyörittämiseen. Valkoinen moottori alennusvaihteella on WAT:n 0,68 kW:n kolmivaihemoottori.

Ideana on irroittaa alennusvaihte ja kytkeä se Calpedan moottoriin. Voimansiirto purkukoneelle toteutetaan siis taajuusmuuttaja ohjatulla kolmivaihemootorilla jossa alennusvaihte. Alennusvaihtesuhde on 1:10.



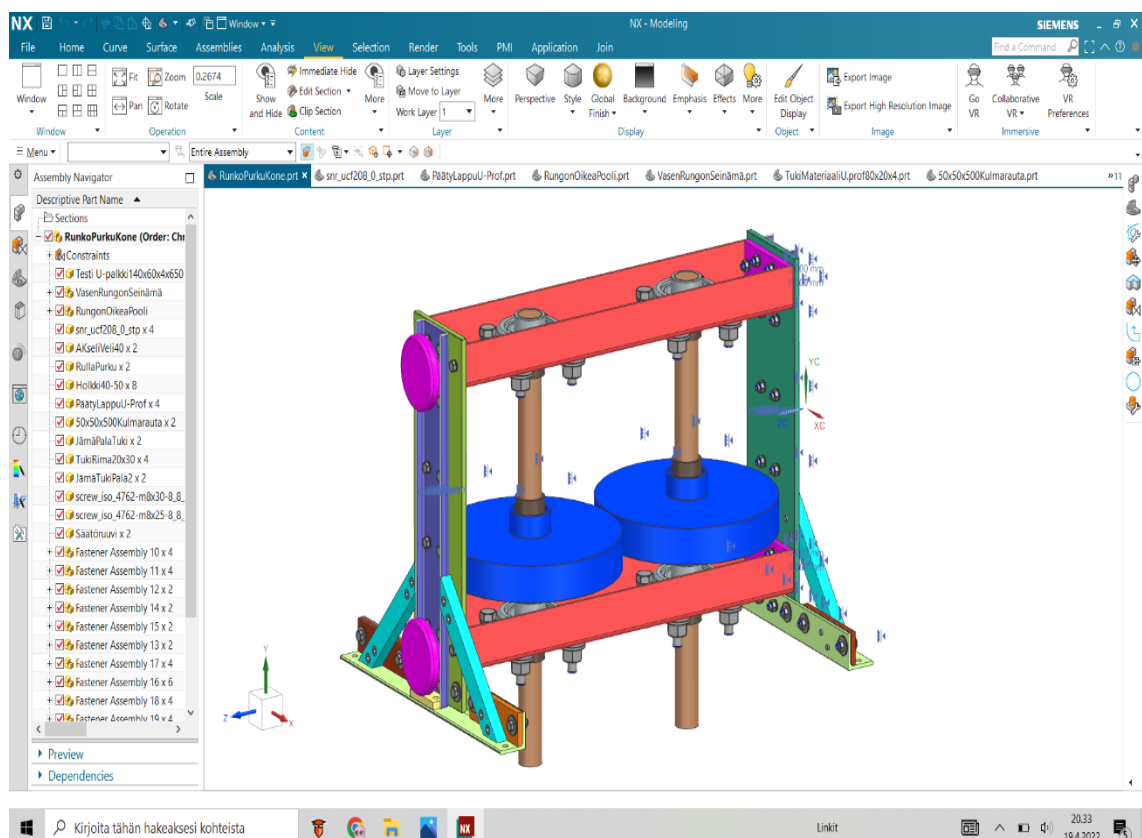
Kuva 28. Kolmivaihemootorit, taajuusmuuttaja ja alennusvaihte.

## 7 Purkukoneen mallinnus ja piirustusten mukainen valmistus

Mallinnus- ja valmistuspiirustukset purkukoneesta tehtiin Siemens NX12 -ohjelmistolla. Malleja tehtiin muutamakin eri versio, mutta kyseinen viimeinen versio on suunniteltu käyttämällä mahdollisimman paljon rakenneteräksisiä yleisiä standardi -profilleita.

Pääkokoopanon yhteydessä on kuusi osakokoopanaa, jotka tuli hitsata. Kaikki muut kiinnitykset on tehty pultti- mutteri -liitoksilla, joissa nylock-mutterit ja aluslaatat.

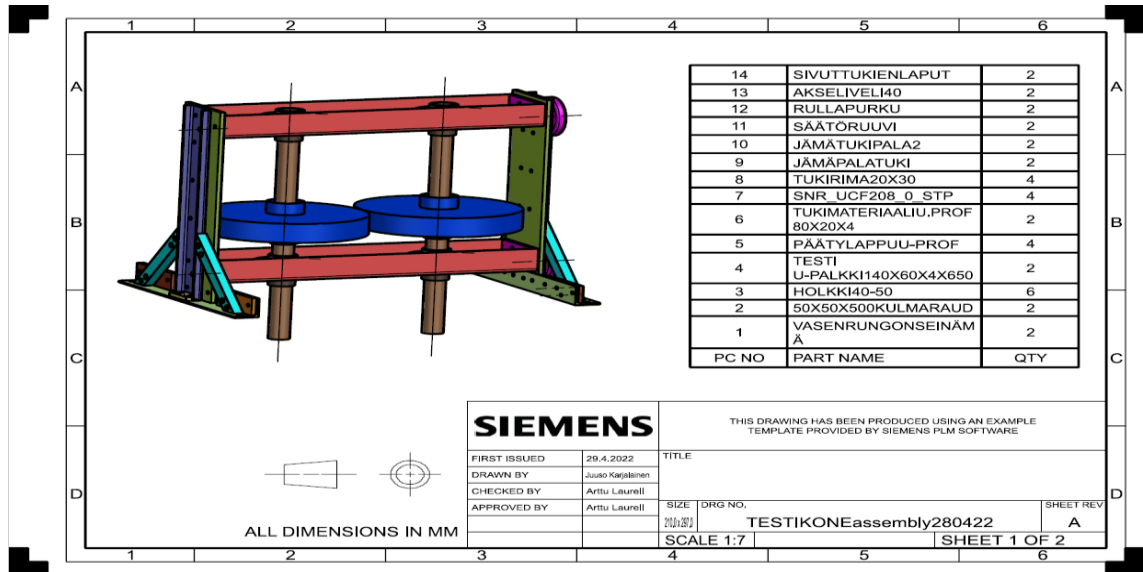
Valmistuspiirustukset saatiin luotua kätevästi samalla ohjelmistolla. Siemens NX12 on todella monipuolinen ja kätevä ohjelmisto.



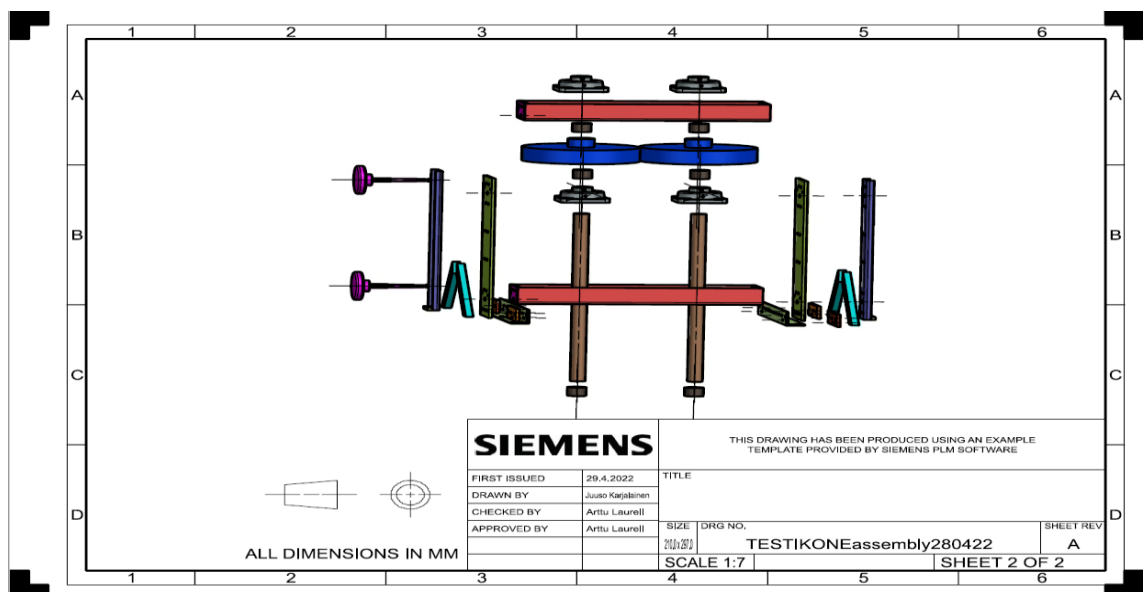
Kuva 29. Purkukone mallinnettuna.

## 7.1 Kokoonpano- ja valmistuspiirustukset

Valmistuspiirustukset saadaan tehtyä NX:llä. Kun osat on mallinnettu, tulee niistä tehdä myös valmistuspiirustukset. Kyseinen onnistuu Siemens NX:n drawings -sovelluksella, jossa jokaiselle osalle ja osakokoonpanolle annetaan standardien mukaiset, valmistuksessa tarvittavat tiedot.



Kuva 30. Purkukoneen kokoonpanokuva ja osaluettelo.



Kuva 31. Purkukoneen räjäytyskuva.

## 7.2 Akselit

Akselit koneistettiin kylmävedetystä S355-teräksestä, ( $R_e 550 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_m 550 - 750 \text{ N/mm}^2$ ).

Akseleille oleellista on pinnanlaatu, lämmönjohtavuus sekä kovuus.

Pyöriville liikkeille soveltuvat vedetyt akselit joiden kovuus on 50HRC.

Ohjeelliset pinnankarheusarvot:

Ra: 0,2–1,6  $\mu\text{m}$

Rz: 1,25-8  $\mu\text{m}$

Laakeripesiin upotettavat akselipinnat koneistettiin toleranssiluokan h6.

Toleranssiluokka h6 soveltuu akseleille joiden halkaisija on 30–50 mm. (SKS 2022.)



Kuva 32. Molemmat akselit koneistettuna.

Kun kaksi akselia ja purkurullaa oli koneistettu tajusimme, että aikaa sorvin edessä oli vietetty noin 16 tuntia. Samalla oivallettiin jotain konetekniikan insinöörille hyvinkin olennaista... Koneistettavat osat voivat olla hyvinkin kalliita.

Hinta koneistukselle syntyy koneistettavasta materiaalista ja koneistettavien muotojen määrästä. Kovat materiaalit vaativat kovemmat työkalut ja niiden koneistus on hitaampaa.

### 7.3 Laakerit

Koneeseen valittiin UCF208 -laakeripesät. Laakeripesät on tarkoitettu halkaisijaltaan 40 mm akseleille h6 -toleranssilla.

Maksimi nopeudet: 3750 rpm

Laakeripesät ISO 3228 -standardin mukaisesti mitoitettu.

Dynaaminen kuormitus (C0): 32,5 kN

Staattinen kuormitus (C): 20 kN

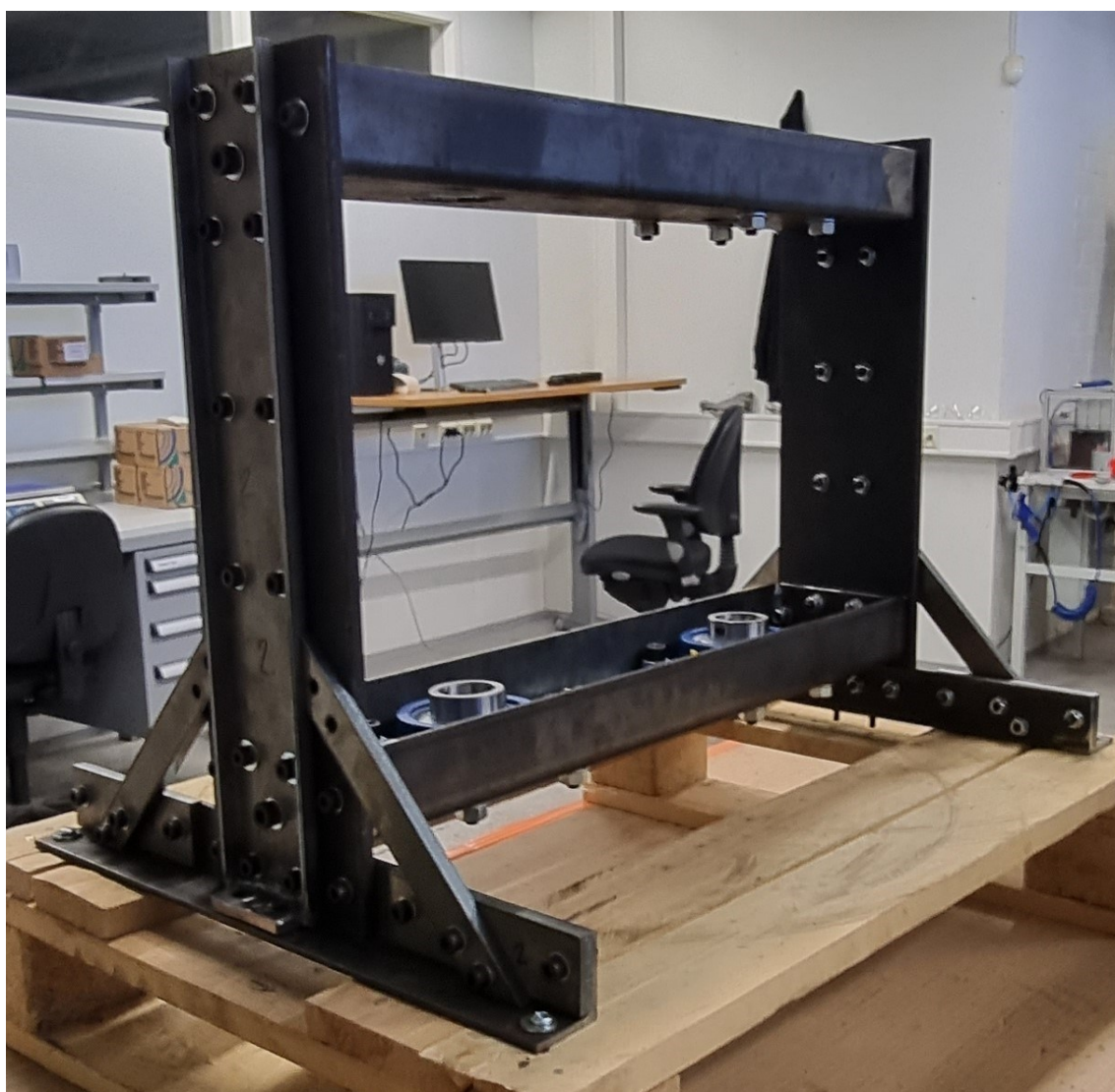
Akselin kiinnitykseen on kaksi M8-kuusioruuvia, 120 -asteen kulmassa toisistaan. (SKF 2022.)



Kuva 33. Laakeripesä UCF208 (SKF 2022).

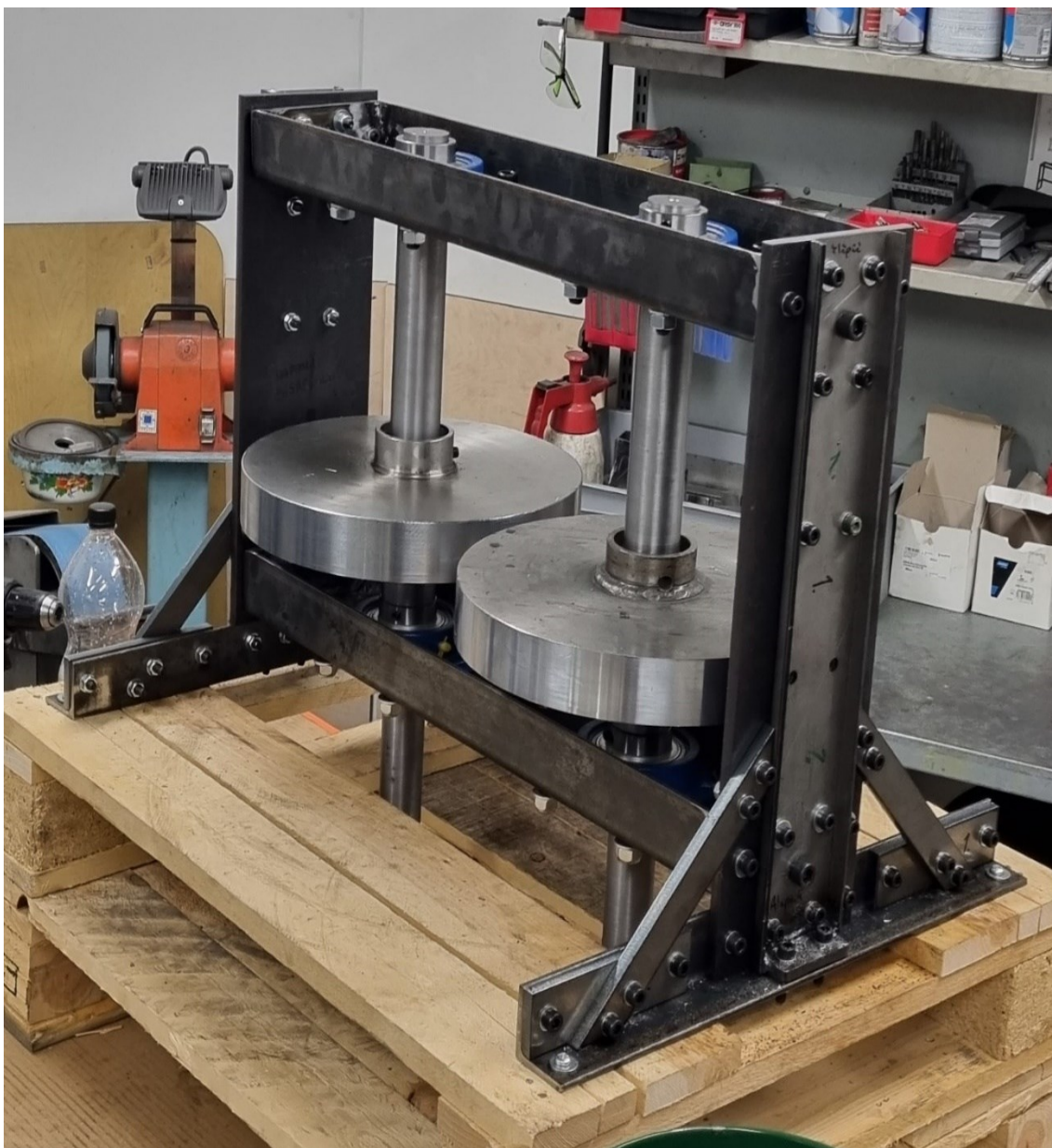
#### 7.4 Rungon kokoonpano ja tuleva voimansiirto akseleille

Voimansiirto toteutetaan kiilahihnoilla. Moottorin akseliin tulee kiilahihnapyörän lisäksi hammaspyörä. Moottoriakselin viereiseen akseliin ns. ”neljänteen akseliin”, tulee myös hammaspyörä ja kiilahihnapyörä. Neljäs akseli joka mahdollistaa suunnanvaihdon, tulee laippalaakerilla pöydän runkoon suunniteltuun kehikkoon kiinni. Hammaspyörällä saadaan toteutettua suunnanvaihto, jotta purkurullat pyörisivät molemmat ikään kuin imien nastoja puoleensa.



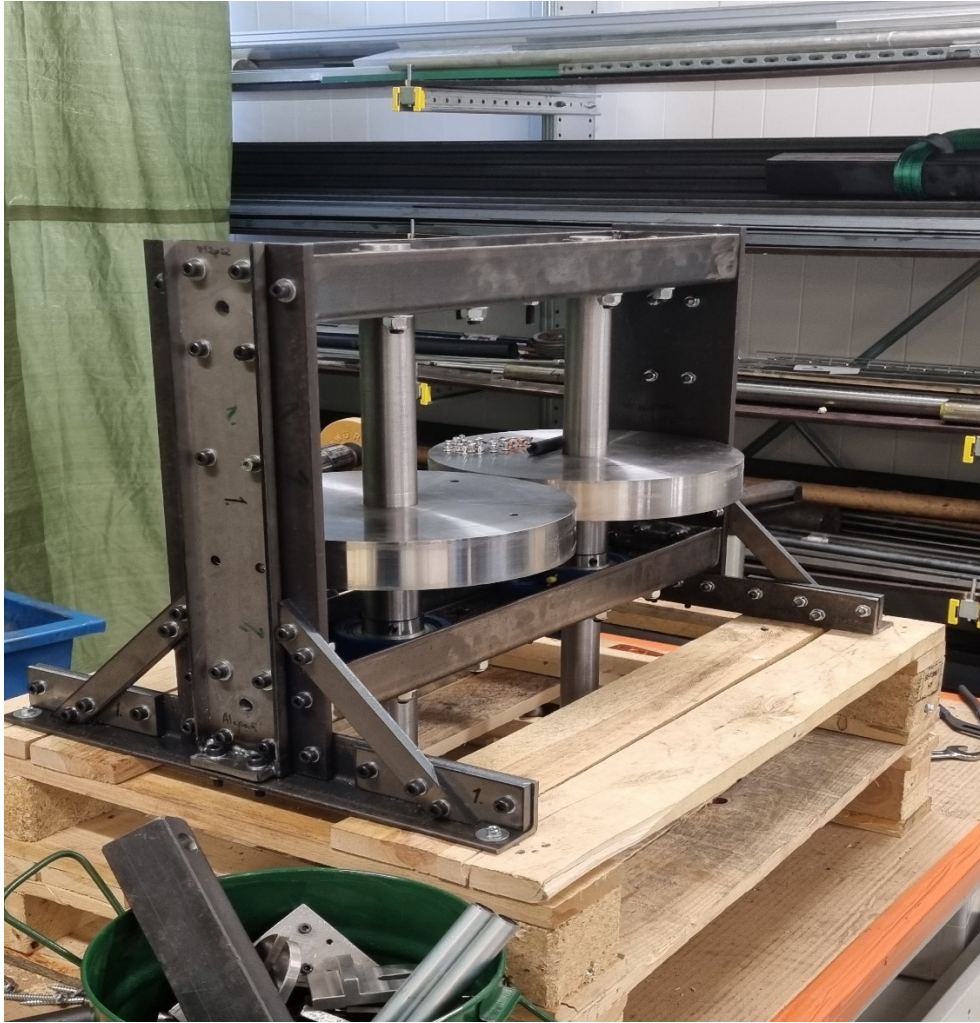
Kuva 34. Runko kokoonpantuna valmistuspiirustusten mukaan.

Kuten pitkistä akseleista voi päätellä, voimansiirto tulee pöydän alle. Alustava kokoonpano, jonka jälkeen purkurullat päätettiin kääntää ympäri. Näin saatiin akseleihin kohdistuvaa vaihtuva-amplitudista säteittäis-kuormitusta tasattua ylä- ja alalaakereiden välillä. Purkukiekot saatiin siis aavistuksen keskeemmälle akseleita.



Kuva 35. Alustava kokoonpano purkukoneesta.

Lopullinen kokoonpano purkukoneesta. Laserleikatut ja koneistetut osat saatiin hyvin kokoonpantua. Purkukone on säädettävissä erilaisille nastamalleille.



Kuva 36. Purkukone kokoonpantuna ja momentissaan.

## 7.5 Tulokset

Kokoonpanon valmistuttua purkukonetta päätettiin heti testata. Purkukiekoille annettiin vauhtia Makitan akkuporakoneella.

Prototyypin esitestauksen yhteydessä purkurullien läpi ajettiin noin kolmekymmentä nastaa, jotka olivat kaikki erilaisia. Purkuperiaate toimi lähestulkoon kaikkiin nastoihin, joten opinnäytetyön tärkein tavoite oli saavutettu. (Kuva 31).



Kuva 37. Osa nastoista, joita prototyypillä purettiin esitestauksen yhteydessä.

## 8 Pohdintaa ja laskelmia

### 8.1 Arvio koneen kustannuksista

Suunnittelun osalta omakustannushinta voidaan laskea karkeasti kertomalla suunnittelijan keskituntiansio yleiskustannuskertoimella joka suunnittelualalla on 1,7.

Oletetaan suunnittelijan keskituntiansioksi 20 euroa ja että aikaa purkukoneen suunnitteluun on kulunut 200 tuntia. Suunnittelun omakustannushinta = 20 € x 1,7 x 200 h = **6800 euroa**. (Visma 2022.)

### 8.2 Purkukoneen osien valmistus

Osien laserleikkauksista ja akseleiden koneistuksista tehtiin Fracktoryn automaattisen tarjouslaskennan kautta tarjouspyyntö josta selvisi, että itse osat valmistamalla saatiin säästöjä noin 550 euroa. (Liite1)

Automaattinen tarjouslaskenta ei osannut määritellä massiivisten purkukiekkojen koneistuskustannuksia. Purkukiekkojen koneistukset kustantaisivat arviolta noin 200 euroa kappaleelta. Kustannusarvio purkukoneen osien valmistuksien osalta on noin **1000 euroa**.

### 8.3 Purkukoneen voimansiirron komponentit ja muut osat

Komponenttien hinnat ovat peräisin toimittajien nettisivuilta, joten hinta-arvio tulee uusien osien perusteella.

- UCF208 SNR -laakeripesät: 106,40 €/kpl, yht. 428 €
- Kiilahihnapyörät 40 mm akselille: 40 €/kpl, yht. 160 €
- Taperlock: 50 €/kpl, yht. 200 €
- Kiilahihnat: 15 €/kpl, yht. 30 €
- Hammaspyörät: 20 €/kpl, yht. 40 €
- Laippalaakeriyksikkö ja akseli suunnanvaihtoon: 200 €

- Mutterit nylock M8: 25 € /100kpl
- Kuusioruuvit M8: 13 € /100kpl
- Omronin tamu 0,75 kW: 650 €
- Sähkömoottori 400 V 0,75 kW: 200 €
- **Komponentit yhteensä noin: 2000€**

**Purkukoneen kokonais hinta: 6400 €**

#### **8.4 Koneen muut laitteet ja kokonaishinta-arvio**

Kustannukset muiden komponenttien osalta, kun komponentit ostetaan uusina eikä käytetä yrityksen omistuksessa olevia komponentteja.

- Kaksoissäädin: 1000 €
- Tärymalja: 4000 €
- Lineaaritäry: 1000 €
- Lineaaritäry ja säädin seulalle: 1000 €
- Raskas työpöytä: 1300 €
- **Yhteensä: 5000-7000 €**

Hinnat perustuvat puhelinhaastattelussa annettuun suulliseen arvioon.  
(JTL/KONE 2022.)

**Hinta-arvio koneen valmistukselle: 13400 €**

HUOM! (Hinta ei sisällä sähkötöitä, seulan suunnittelua, seulan valmistusta, logiikan ohjelmointia, sähkökeskuksen suunnittelua, sähkökeskuksen valmistusta eikä suojalaitteita.)

Varovainen arvio kokonaiskustannuksista kun kone kokonaan valmis ja dokumentoitu:

➤ **30 000 €**

## 9 Yhteenveto ja loppusanat

Välimaan ym. (1994, 17) kirjoittavat teoksessaan: ”Tuotekehityksen tulee pohjautua olemassa olevaan osaamiseen. Jos se nojautuu ”kyllä siihen ratkaisu löytyy”-mentaliteettiin, saadaan aikaan projekti jolle ei näy loppua.”

Kyseinen väittämä saatiin todistettua tämän tuotekehitysprojektin osalta vääräksi. Todennäköisesti väittämä useimmiten pitää paikkansa, sillä ei ratkaisua välttämättä aina löydy, ainakaan nopealla aikataululla.

### 9.1 Yhteenveto

Tavoitteena oli suunnitella, valmistaa sekä dokumentoida toimeksiantajalle prototyyppi koneesta, joka kykenee purkamaan yleisimpiä nastamalleja ja erottelemaan niiden komponentit toisistaan.

Purkavan koneen toimintaperiaatteen suunnitteluun ja testauksiin kului aikaa niin paljon, että tuotekehitysprojekti alkoi muuttaa muotoaan tutkimustoiminnaksi.

Työn suurimpaan haasteeseen vastattiin kuitenkin kiitettävästi, sillä purkukone mallinnettiin, dokumentoitiin ja siitä valmistettiin prototyyppi, jonka toimintaperiaate saatiin testattua toimivaksi.

Tuotekehitysprojektin kokonaisuudessa on vielä vaiheita joita ei kyetty sisällyttämään opinnäytetyöhön. Nastojen komponentit erotteleva seula sekä purkukoneen voimansiirto, ovat seuraavat askeleet tässä tuotekehitysprojektissa.

## 9.2 Loppusanat

Opinnäytetyö oli erittäin opettavainen ja hyvää kertausta monista konetekniikan ydiosaamiseen kuuluvista opintojaksoista.

Tuotekehitysprojekti oli arvioitua haasteellisempi ja sisälsi paljon enemmän vaiheita kuin alussa osattiin edes kuvitella. Matkan varrella koettiin melko suuriakin epätoivon hetkiä, jolloin tuli osata nöyrtyä ja pyytää apua.

Avun pyytäminen ja ongelmien ratkominen yhteistyössä ammattilaisten kanssa, nousee yhdeksi tärkeimmistä kulmakivistä, johon menestyvä tuotekehitysprojekti perustuu.

Tuotekehitys on konetekniikan monipuolisin sektori, jossa yhdistyvät kaikki tuotteen koko elinkaaren aikana huomioitavat asiat.

Vaatii pitkää kokemusta ja monipuolista ammattitaitoa, jotta kykenee itsenäisesti edes jollain tasolla viemään tuotekehitysprojektia eteenpäin. Tästä syystä tuotekehitysprojektissa tulee olla mukana ammattilaisia tekniikan ja hallinnon eri osa-alueilta.

### **Haluan esittää kiitokset yhteistyöstä tässä tuotekehitysprojektissa:**

- ✓ Sami Hyökki,
- ✓ Jan Jansson,
- ✓ Timo Kankala,
- ✓ Jukka Viuhko,
- ✓ Petri Rautio,
- ✓ Joonas Löytynoja,
- ✓ Reko Laine,
- ✓ Arttu Laurell,
- ✓ Milovan Turajlic

## Lähteet

Aamuset kaupunkimedia 2021. Vuoden yrittäjäperhe 2021 tunnustuspalkinto turvanastalle. Viitattu 27.5.2022. Saatavissa: [www.aamuset.fi/artikkeli/5454386](http://www.aamuset.fi/artikkeli/5454386)

Alutig 2021. Palvelut. Metallin laserleikkaus. Viitattu: 2.6.2022. Saatavissa: [www.alutig.fi/palvelut/metallin-laserleikkaus/](http://www.alutig.fi/palvelut/metallin-laserleikkaus/)

Ama-Prom 2021. Koneet. Särmäyspuristimet. Viitattu: 6.6.2022. Saatavissa: [HFE 3i | Ama-Prom](http://HFE3i.com/Ama-Prom)

Chinatungsten 2022. Chinatungsten. News. Tungsten price. Viitattu: 6.6.2022. Saatavissa: [www.news.chinatungsten.com/en/tungsten-price/tungsten-carbide-powder-price.html](http://www.news.chinatungsten.com/en/tungsten-price/tungsten-carbide-powder-price.html)

FMS-service 2021. Metallintyöstökoneet. Laserleikkaus. Tasolaserit. Bodor i-sarja. Viitattu: 2.6.2022. Saatavissa: [www.fms-service.fi/fi/p/34372/metallintyostokoneet/laserleikkaus/tasolaserit/bodor-i-sarja-kuitulaser](http://www.fms-service.fi/fi/p/34372/metallintyostokoneet/laserleikkaus/tasolaserit/bodor-i-sarja-kuitulaser)

Fractory 2022. Ohjauspaneeli. Hanki ensimmäinen tarjous. Viitattu 2.6.2022. Saatavissa: [www.app.fractory.com/quotes/new](http://www.app.fractory.com/quotes/new)

Hyökki, S. 2022. Haastattelu. Turvanastan tutkimus ja kehityspäällikköä haastatteli 27.2.2022 Juuso Karjalainen.

JTL/KONE 2022. Tuotteet. Viitattu: 3.6.2022. Saatavissa: [www.tarymaljat.fi/tuotteet/](http://www.tarymaljat.fi/tuotteet/)

Kriittisetmateriaalit 2020. Volframi. Yleistä volframista. Viitattu: 5.6.2022. Saatavissa: [www.kriittisetmateriaalit.fi/volframi/](http://www.kriittisetmateriaalit.fi/volframi/)

Kovametalli-in 2020. Kovametallin valmistus. Viitattu 6.6.2022. Saatavissa: [www.kovametalli-in.com/kovametallin-valmistus.html](http://www.kovametalli-in.com/kovametallin-valmistus.html)

Laine, R. 2022. Kovametallipuristeen kutistuman tutkiminen: Turvanasta Oy. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikka. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu: 5.6.2022. Saatavissa: [www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/703662/Opinn%c3%a4ytety%c3%b6\\_R\\_eko%20Laine.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/703662/Opinn%c3%a4ytety%c3%b6_R_eko%20Laine.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Moottori 2017. Suomi 100. Jutut. Nokian Hakkapeliitan historia: nastarengas päätuotteena. Viitattu: 6.6.2022. Saatavissa: [Nokian Hakkapeliitan historia: nastarengas päätuotteena \(moottori.fi\)](https://moottori.fi/nokian-hakkapeliitan-historia-nastarengas-paatuotteena)

Outoplan 2021. Palvelut: Esisuunnittelu. Viitattu: 4.6.2022. Saatavissa: [www.outoplan.fi/kaikki-palvelut/esisuunnittelu/](https://www.outoplan.fi/kaikki-palvelut/esisuunnittelu/)

Romuta 2022. Metallihinnasto. Viitattu: 27.5.2022. Saatavissa: [www.romuta.fi/metallihinnasto/](https://www.romuta.fi/metallihinnasto/)

SKF 2022. Laakeripesät. Viitattu: 6.6.2022. Saatavissa: [UCF 208 - Square flanged ball bearing units | SKF](https://www.skf.com/uk/products/rolling-bearings/UCF-208-Square-flanged-ball-bearing-units)

Tikomet 2020. Kovametallin kierrätys. Miksi kannattaa kierrättää? Viitattu: 31.5.2022. Saatavissa: [www.tikomet.fi/fi/kovametallin-kierratys/](https://www.tikomet.fi/fi/kovametallin-kierratys/)

Treston 2022. Tietoa meistä. Viitattu: 22.5.2022. Saatavissa: [www.treston.fi](https://www.treston.fi)

Tuotekehitys.com 2018. Tuotekehitys. Uutisia tuotekehityksen maailmasta. DFA, DFM ja mitä kaikkea näitä nyt sitten on? Viitattu: 3.6.2022. Saatavissa: [www.tuotekehitys.com/dfm-dfa-ja-mita-naita-kaikkia-nyt-sitten-on/](https://www.tuotekehitys.com/dfm-dfa-ja-mita-naita-nyk-sitten-on/)

Valmistajat 2022. Tietopankki: menetelmät. Lisäävät menetelmät. Jauhemetallurgia. Viitattu: 5.6.2022. Saatavissa: [www.valmistajat.fi/menetelmat/lisaavat-menetelmat/jauhemetallurgia](https://www.valmistajat.fi/menetelmat/lisaavat-menetelmat/jauhemetallurgia)




Vibratec 2021. Tuotteet. Pienosien järjestely. Viitattu: 6.6.2022. Saatavissa: [www.vibratec.fi/concrete/index.php/tuotteet2/automaatio-pienosien-jarjestely-1](https://www.vibratec.fi/concrete/index.php/tuotteet2/automaatio-pienosien-jarjestely-1)

Visma 2022. Omakustannushinnan laskeminen ja hyödyntäminen. Viitattu: 4.6.2022. Saatavissa: [www.psa.visma.fi/blog/omakustannushinnan-laskeminen-ja-hyodyntaminen/](https://www.psa.visma.fi/blog/omakustannushinnan-laskeminen-ja-hyodyntaminen/)




Välimaa, V.; Kankkunen, M. Lagerroos, O. & Lehtinen, M. 1994. Tuotekehitys: Asiakastarpeesta tuotteeksi. 17. Painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

## Fractoryn tarjous

### Items

#	Name	Material / Thickness / Size	Quantity	Price	Sum
1	 JämäPalaTuet (4kpl)(10mm).dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 10mm 150mm x 45mm	4	5.57 €	22.28 €
2	 50x50x500Kulmarau taA-sivu.dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 5mm 500mm x 50mm	4	7.11 €	28.44 €
3	 TukiMateriaaliLaserille.dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 4mm 1000mm x 209.43mm	2	25.98 €	51.96 €

Kuva 38. Fractoryn automaattinen tarjouslaskenta laserleikattavista osista (Fractory 2022).



4	 Prototyypin U-palkit DXF140x650.dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 4mm 650mm x 140mm	2	13.53 €	27.06 €
5	 PäätyLappuU-Prof.dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 10mm 132mm x 56mm	4	5.80 €	23.20 €
6	 ProtonRungonSeinämät 500x150x10.dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 10mm 150mm x 500mm	2	27.29 €	54.58 €

Fractory Solutions OÜ  
Tartumaa, Tartu linn, Tartu linn, Kompanii tn 2 //  
Raekoja plats 16, 51004  
Reg No.: 14300852  
VAT No.: EE102007587

www.fractory.com  
info@fractory.com  
Phone: +372 6070200



2/2 #161125

7	 SivutukienLaput(2kpl)(10mm).dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 10mm 72mm x 30mm	2	3.57 €	7.14 €
8	 TukiRimat(4kpl)(10mm).dxf ✓ Laser cutting	Carbon steel: common grade 10mm 250mm x 30mm	4	6.29 €	25.16 €

**Total** 239.82 €  
**VAT** 47.96 €  
**With VAT** 287.78 €

Kuva 39. Fractoryn automaattinen tarjouslaskenta laserleikattavista osista (Fractory 2022).

## Items

#	Name	Material / Thickness / Size	Quantity	Price	Sum
1	 AKseliVeli40.stp DIN-ISO2768- medium 3.2µm Ra ✓ CNC-machining ✓ Deburring	S355 48mm x 700mm x 48mm	2	120.95 €	241.90 €
				<b>Total</b>	<b>241.90 €</b>
				<b>VAT</b>	<b>48.38 €</b>
				<b>With VAT</b>	<b>290.28 €</b>

Kuva 40. Fractoryn automaattisen tarjouslaskennan tarjous akselien koneistuksista (Fractory 2022).

Osan vaihto (seuraava sivu)