

# Aalto-yliopisto Insinööritieteiden korkeakoulu

## KJR-C2005 Tuotesuunnittelu

Ryhmä: 2.

Päivämäärä: 16.10.2022

Harjoitus: Viikkoraportti 6

Otsikko: Loppuraportti ja Gaala

Tekijät:

	Nimi	Opiskelijanr.	PJ vko
1	Joonatan Rimpiläinen	790572	1
2	Niko Kuusisto	1017131	2
3	Petteri Haverinen	910064	3
4	Aaro Uitto	910417	4

## Tiivistelmä

Tässä ryhmän 2 tuotesuunnittelukurssin (KJR-C2005) loppuraportissa on kerätty aiempien viikkoraporttien (1–5) keskeiset asiat. Raportissa esitellään ryhmätyönä toteutetun tuotesuunnitteluprosessin eri vaiheet ja niiden lopputulemat, sekä sen kautta valittu ratkaisuvaihtoehto. Valinnan jälkeen ratkaisuvaihtoehtoa kehitettiin ja siitä laadittiin havainnemalli gaalatilaisuutta varten.

Tuotesuunnittelukurssi toteutettiin yhteistyössä Konecranesin kanssa, joka määritteli tuotesuunnitteluprosessin aiheen. Tehtävänantona oli toteuttaa kuorman nosto- /siirtotapahtuma tehdashallissa. Raportissa esiteltyjen järjestelmällisien suunnittelu- ja ideointimenetelmien jälkeen tuotesuunnitteluprosessin tulokseksi muodostui saksimekanismeja hyödyntävä nosturi, joka ei tarvitse tehdashallilta tukevaa seinärakennetta, eikä kiinteää asennusta.

## Johdanto

Teollisissa nostureissa hyvin tyypillinen ratkaisu on jyrkävää pääkannatin, joka kulkee pitkittäissuunnassa hallin seinien yläosassa olevilla kiskoilla. Pääkannattimen päällä puolestaan ovat toiset kiskot, joiden päällä vaijerinostinkoneisto pääsee kulkemaan. Tämän ns. siltanosturin ehdoton vahvuus on kustannustehokkuuden ja toimintavarmuuden yhdistelmä. Perinteisellä siltanosturilla on myös merkittäviä rajoituksia. Esimerkiksi enimmäisnostokuorma ei riipu pelkästään itse nosturin lujuudesta, vaan myös tehdashallin seinämien kantokyvystä. Siltanosturit voivat myös tilanteesta riippuen hankalia asentaa ja huoltaa, etenkin jos tehdashallin alkuperäisen rakennuksen yhteydessä siltanosturin asennusmahdollisuutta ei ole huomioitu.

Ryhmänä koimme, että siltanosturille ominaiset käyttötilanteet voivatkin olla hyvin suppeita. Kehittyvän teollisuuden maissa olevissa tuotantohalleissa ei ole välttämättä tarpeeksi vahvoja tukirakenteita perinteisen siltanosturin mahdollistamiseksi, mikä hankaloittaa tai jopa estää raskaan laitteiston sijoittamista tai siirtämistä hallin sisällä. Toinen esimerkki voisi olla vaikka erilaiset messuhallit, kuten telttahallit, joissa raskaan kaluston liikkuminen on haastavaa.

Ratkaisumme avulla pyrimme tutkimaan modulaarisempia ja käytännöllisempiä nosturimalleja juuri näihin joustavuutta vaativiin tilanteisiin.

## Menetelmät

**Taustatutkimus** – Taustatutkimus on jokaisen tuotesuunnitteluhankkeen kannalta yksi tärkeimmistä vaiheista. Tarvittava ratkaisu voi jo olla olemassa, siihen voi kohdistua tiukkoja laki/standardi-rajoituksia tai tuotteelle ei ole vielä olemassa markkinaa, jolloin tuotteen suunnittelua ei kannatta toteuttaa. Olemassa olevista ratkaisuista voi myös saada inspiraatiota niitä yhdistelemällä tai muokkaamalla.

Tuotesuunnittelutyön tehtävänannon jälkeen teimme laajan taustatutkimuksen, jolla kartoitimme jo olemassa olevia nosturiratkaisuja, niin kirjallisesti kun paikan päällä tutustumalla. Havaitimme, että tehdashallissa käytettävät nosturit ovat olleet jo lähes 100 vuotta hyvin samanlaisia. Niitä sitovat

tiukat ja yksityiskohtaiset standardit, jotka melko suoraan määrittävät, minkälainen nosturin tulee olla.

**Vaatimuslista** – Vaatimuslista on jokainen hankkeen yksi tärkeimmistä dokumenteista, sillä siihen määritetään ratkaisulta edellytettävät speksit, kuten sen geometria, energianmuoto tai kustannukset, jonka pohjalta varsinainen suunnittelutyö alkaa.

Vaatimuslistaa varten haastattelimme Konecranesin edustajaa Ari Bertulaa luentojen yhteydessä. Vaatimuslistamme piti sisällään 16 erilaista päätunnusta, kuten kinematiikka, voimat, turvallisuus, joihin määriteltiin tarkasti hankkeen toteutuksen kannalta oleelliset asiat.

**Abstrahointi** – Abstrahointi on menetelmä, jolla saadaan vaatimuslistan oleelliset asiat esille analysoimalla erilaisten toimintojen riippuvuuksia. Abstrahointi pitää sisällään 5 askelta, jotka ohjaavat kriittisesti karsimaan ja muokkaamaan vaatimuslistaa kohti todellista tarvetta.

Abstrahoimme vaatimuslistamme ensin karsimalla kaikki toiveet sekä sellaiset vaatimukset, jotka eivät välittömästi koskeneet toimintaa tai oleellisia ehtoja. Tämän jälkeen jäljelle jääneet määrälliset toteamukset muutettiin laadullisiksi sekä ne supistettiin oleelliseen pitäytyviksi lausumiksi. Jäljelle jääneet vaatimukset lavennettiin yleisemmälle tasolle, joista lopulla muodostettiin ongelma ratkaisuun nähden neutraalisti. Abstrahointiprosessimme lopputulos oli ”Kuorman nostaminen ja siirtäminen tehdashallissa”.

**Kokonaistoimintojen jako osiin** – Abstrahoinnin tuloksena saadaan ratkaisuun nähden neutraali kokonaistoiminto. Kokonaistoiminto jaetaan pienempiin osatoimintoihin, joka mahdollistaa niiden yksittäisen tarkastelemisen. Osatoimintoihin jako voidaan suorittaa tarkastelemalla kokonaistoiminnon aiheuttamaa muutosta vertaamalla aineen, energian ja signaalin muutosta ennen kokonaistoimintoa ja sen jälkeen.

Pilkoimme kokonaistoiminnon aluksi karkeasti osatoimintoihin ”kuorman nostaminen”, ”kuorman siirtäminen” ja ”kuorman laskeminen”. Jotka tämän jälkeen uudelleen ositimme pienemmiksi kokonaisuusiksi sisältäen esimerkiksi ”kiinnityksen nostettavaan massa”, ”voimien välitys hallin rakenteisiin” ja ”nostoliikkeen pysäytys ja lukitus”.

**”635” – menetelmä** - ”635” on ideointimenetelmä, jossa 6 ihmistä ottaa oman tyhjän paperin ja kirjaa sille 3 ideaa ratkaisuksi. Paperi kierrätetään jokaisen ryhmäläisen kautta, niin että jokaisella on 5 minuuttia aikaa jatkojalostaa ja täydentää kyseisen paperin kolmea ratkaisua. Tällä menetelmä saadaan nopeasti erilaista 18 ratkaisuvaihtoehtoa rakennettua.

Käytimme soveltavasti ”635” -menetelmää, sillä ryhmässämme oli vain 4 jäsentä. Saimme menetelmää käyttäen yhteensä 12 ratkaisuvaihtoehtoa, joista muutama olivat hyvin samankaltaisia keskenään. Ratkaisuvaihtoehdoiksi muodostui esimerkiksi ”vaijerinosturi”, jossa 4 erillistä köysinosturia asennetaan tehdashallin kulmiin ja vaijereiden päät niputettaisiin yhteen jonkin pannan avulla.

**Aivoriihi** - Aivoriihi on ideointimenetelmä, jossa määrä korvaa laadun. Taustalla onkin nimenomaan ajatus, että määrä tuo laatua. Tässä menetelmässä voi heittää huolettomasti hyvinkin epätavallisia ideoita, joista voi ajatusten vaihdossa jalostua toimivia ratkaisuja.

Kun olimme suorittaneet ”635”-ideointimenetelmän ja käyneet yhdessä syntyneet ratkaisuvaihtoehdot lävitse, aloimme luonnostaan itse toteuttamaan aivoriihiä ratkaisujen synnyttäneen keskustelun ansiosta. Aivoriihen tuottamia hahmotelmia piirrettiin yhdessä tyhjän

luentosalin liitutaululle, joista otettiin valokuvat talteen. Käydystä aivoriihistä syntyi ensimmäinen kipinä lopulliseen toteutukseemme.

**Morfologinen laatikko** – Morfologiseen laatikkoon listataan jaettujen osatoimintojen mahdolliset ratkaisuvaihtoehdot ja niitä yhdistelemällä eri tavoin saadaan liuta kokonaisratkaisuvaihtoehtoja. Osittaisratkaisuvaihtoehtojen yhdistely voi olla joko satunnaista, tai se voi perustua esimerkiksi siihen, kuinka hyvin eri vaihtoehdot täydentävät toisiaan ja siten sopivat yhteen.

#### **Ratkaisuvaihtoehtojen arvosteleminen painotetuilla kriteereillä**

Osittaisratkaisusta kootut kokonaisratkaisuvaihtoehdot arvostellaan esimerkiksi asteikolla 0-10 eri päätunnusten mukaisesti. Tyypillisiä päätunnuksia voivat olla esimerkiksi turvallisuus, ergonomia, valmistus, asennus, kuljetus, käyttö, kunnossapito, kierrätys sekä kustannukset. Jokaiselle päätunnukselle määritetään jokin painotus kokonaisarvioinnissa, jotta tärkeiksi koetut ominaisuudet omaaville ratkaisuille tulee enemmän näkyvyyttä

## Tulokset

Ratkaisun toiminnallinen pienoismalli saatiin toteutettua ja demonstroitua tuotesuunnittelukurssin gaalassa 11.10.2022.



KUVA 1 VALMIS PROTOTYYPPI NOSTOASENNOSSA

Laitteen prototyypille annettiin nimitys SEPPÖ. Nimen etymologia tulee Seppo Ilmarisesta sekä ryhmän jäsenen isoisän nimestä.

Laite suunniteltiin Fusion-360 CAD-ohjelmalla ja valmistettiin Aalto Design Factory:n tiloissa. Yhteensä koneistettuja, vesileikattuja, sorvattuja sekä 3D-tulostettuja osia oli 61. Saksipareja päädyttiin tekemään 2 kappaletta. Lisäämällä tai vähentämällä saksipareja, saadaan nostokorkeutta säädettyä standardiosilla. Nostomekanismi on valmis moduuli, joka kulkee pääkannattimella (kuva 1. Musta laatikko pääkannattimen keskellä), joten sitä ei mallinnettu eikä sähköistetty.

Prototyyppi rakentuu kahdesta saksimoduulista, eli pääkannatinta kannattelevista pyörillä kulkevista rakenteista. Molemmat rakenteet sisältävät sähkömoottorin ajamiseen sekä käyttölaitteen saksimekanismin nostamiselle/laskemiselle. Toinen moduuleista on Master-laite, eli sen kautta kulkevat komennot ohjaavat toista moduulia, joka on Slave-laite. Saksimoduulit keskustelevat keskenään UART-väylän kautta. Lisäksi molemmissa moduuleissa on langallinen manuaaliohjaus, eli

neljä kytkintä, jotka mahdollistavat moduulin liikkeen eteen-taakse sekä saksimekanismin nostamisen ja laskemisen. Ohjausmekanismia eturenkaille ei prototyyppiin toteutettu.

Elektroniikka kiinnitettiin laitteen pohjaan. Ohjauslevy koteloitiin, mutta H-silta jätettiin avoimeksi kuumenemisen ehkäisemiseksi. Toiminnoista löytyy demovideo (liite 2).

Prototyyppi toimi odotusten mukaisesti – halutut toiminnot saatiin sisäistettyä prototyyppiin.

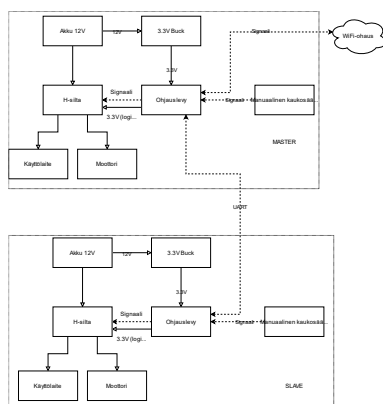
Laitteen toiminta on seuraavanlainen:

1. Saksimoduulit (kuva 1. vasen ja oikea, pääkannattimella yhdistetyt rakenteet) ajetaan käytettävään tilaan pääkannatin käännettynä toisen moduulin suuntaisesti.
2. Toinen saksimoduuli, joka ei kuljeta pääkannatinta ajetaan pääkannatinta kannattavan moduulin viereen.
3. Pääkannattimen satulan kääntölukitus poistetaan ja se käännetään toisen moduulin satulaan kiinni ja lukitaan pultilla (kuva 3 & 4, pääkannattimen alla oleva osa).
4. Toinen moduuli ajetaan etuviistoon ja peruutetaan samalle tasalle, pääkannattimen etäisyyden päähän paikallaan olevasta saksimoduulista.
5. Pyörivät satulamekanismit lukitaan paikalleen.
6. Pääkannatin nostetaan käyttökorkeuteen saksimekanismilla (kuva 4).
7. Laite käyttövalmis (kuva 1).

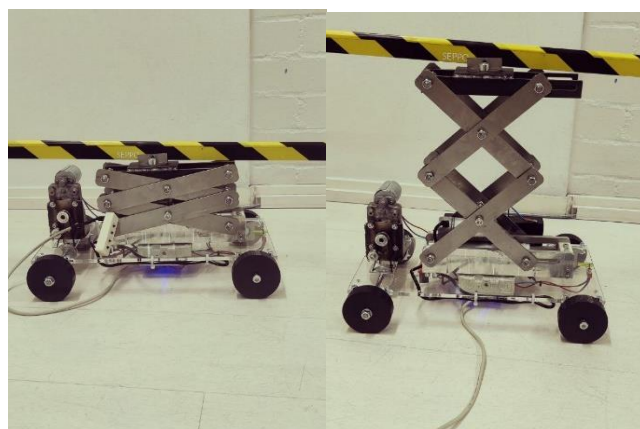
Molemmat saksimoduulit toimivat itsenäisesti manuaalisella ohjauksella, kun pääkannatinta pitkin kulkeva datalinja ei ole yhdistetty. Kun datalinja yhdistää moduulit, poistuu Slave-moduulin manuaaliohjaus käytöstä, mikä mahdollistaa synkronoidun ohjauksen Master-moduulilta. Manuaaliohjauksen lisäksi laite toimii myös WiFi:n kautta kauko-ohjauksella.

Sulautettu ohjelmisto tehtiin käyttämällä Arduino-kieltä, joka perustuu C ja C++ kieliin. Kauko-ohjauksessa käytetty sovellus tehtiin käyttämällä Processing-kieltä. Processing perustuu Java-kieleen. WiFi-ohjaus perustuu laitteen ylläpitämään TCP-serveriin, mihin ohjaussovellus liittyy clienttinä lähettäen komentoja, jotka ovat identtisiä UART-komentojen kanssa. Tämä mahdollisti saman string parserin käytön sekä UART-, että WiFi-ohjaukselle.

KytKentäkaaviot, piirilevyt, koodi sekä CAD-tiedostot löytyvät julkisesta github-reposta (liite 1).



## KUVA 2 ELEKTRONIIKAN OSATOIMINNOT



**KUVA 3&4 SAKSIMODUULI ALA- (VAS.) SEKÄ YLÄ-ASENNOSSA (OIK.)**

## Pohdinta

Tuotesuunnitteluprosessin tulosten perusteella voidaan sanoa, että uudenlaisen nosturigeometrian luominen on sekä mahdollista että myöskin tarpeellista. Ratkaisumme tuottaa joustavamman ratkaisun epätavallisiin tilanteisiin, joihin perinteinen nosturi ei välttämättä soveltuisi. Lisäksi hinta voi olla perinteistä ratkaisua alempi varsinkin halleissa, joihin ei ole mahdollista asentaa siltanosturia ilman mittavaa remonttia.

Saksinosturi-siltanosturi-hybridiä voitaisiin teollisuussovellusten lisäksi hyödyntää esimerkiksi messuhalleissa, liikkuvuutta ja joustavuutta vaativissa esittelytiloissa, sekä pienillä rakennustyömailla, kuten yksittäisten omakotitalojen rakennuksessa.

Yksittäisen saksinostinelementin sivuttaissuuntaista vakautta ja jyrkyyttä olisi syytä käsitellä mahdollisen jatkokehityksen yhteydessä. Saksinostimen lukitusratkaisuja ja niiden suorituskykyä emme käsitelleet tässä prosessissa juurikaan, mikä avaa oven lisätutkimuksille. Lisäksi yksittäiselle nostinelementille voi olla saksinostimen lisäksi myös muita joko varmempia tai kustannustehokkaampia malleja.

Myös pääkannattimeen liittyviä vaihtoehtoja on syytä tutkia, eritoten pääkannattimen ja nostinelementin liitäntää koskien. Pääkannattimen modulaarisuuden ja asennuksen yksinkertaistaminen erilaisten lisäratkaisujen avulla voisi olla myös hyödyllistä

## Tuntikirjanpito

Ryhmän numero 2									
Etunimi	Sukunimi	37	38	39	40	41	42	yhteensä	
Joonatan	Rimpiläinen	7	3.5	1.5	4.5	0	0	16.5	
Niko	Kuusisto	5	8	2.5	8	3	4	30.5	
Aaro	Uitto	6	4.5	2	6.5	26	3	48	
Petteri	Haverinen	7	3	3	10	41	3	67	
-		0	0	0	0	0	0	0	
-		0	0	0	0	0	0	0	

## Vertaisarviointi

Ryhmän jäsenten mielestä suoriutuminen kurssista oli pääasiassa sujuvaa. Raporteissa onnistuimme parista puutteellisuudesta huolimatta hyvin, ja prosessia seurasimme tarkasti. Havainnemallin toteutukseen olemme hyvin tyytyväisiä, ja prosessin tuottama ratkaisu oli mielestämme looginen. Näiden seikkojen nojalla arvioimme suorituksemme tason riittävän arvosanaan 5.

Tuntikirjanpidossa näkyvät Petteri Haverisen ja Aaro Uiton korkeammat tuntimäärät ovat seurausta prototyypin rakennukseen kuluneesta suuresta ajasta. Jos tämä aika jätettäisiin huomiotta, olisivat tuntimäärät ryhmän jäsenten välillä huomattavasti lähempänä toisiaan.

## Palaute

Kurssin aikana saatu ohjeistus ja tuki oli kattavaa, ja opitun prosessin merkitys ja yksityiskohdat tulivat selkeäksi tavalla, joka on helppo muistaa. Ainoana negatiivisena asiana olisi suunnitteluprosessin aihe, joka oli hieman rajallinen/haastava, mutta tämä ei ole tietenkään kurssin järjestäjien hallinnassa.

### Viittaukset ja liitteet

- 1) Github: <https://github.com/pikkupete15/SEPPO-Crane>
- 2) Demonstraatiovideo: <https://www.youtube.com/watch?v=MJLLgqbMfsc>