



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kim Nikko

ALIHANKINTAKONSEPTIEN VER- TAILU

Wärtsilä Oyj Abp

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kim Nikko
Opinnäytetyön nimi	Alihankintakonseptien suunnittelu
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	29 + 1 liite
Ohjaaja	Juha Hantula

Tämä tutkimus tehdään Wärtsilän työkalusuunnitteluosastolle. Osastolla käytetään alihankintasuunnittelua työkuorman piikkien tasaamiseksi. Käytössä on 3 eri menetelmää alihankintasuunnitteluun, ja tämän tutkimuksen tarkoitus on osoittaa niistä tehokkain.

Tutkimuksessa perehdyttiin ensin teollisen koesuunnittelun teoriaan, jonka jälkeen tehtiin alustava suunnitelma alihankintakonseptien tutkintaan. Koe suoritettiin ras-kaimmaksi oletetulla alihankintamallilla ja sen tutkimuksessa kävi ilmi, että yksi alihankintamalli oli selkeästi muita parempi. Suurin etu kävi ilmi mitattaessa suunnittelun läpimenoaikaa.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
2	WÄRTSILÄ	10
	2.1 Marine solutions.....	10
	2.2 Energy solutions.....	10
	2.3 Services	10
	2.4 Wärtsilä Suomessa	11
	2.4.1 Wärtsilä Vaasassa.....	11
	2.4.2 Tool & device design	12
3	TEOLLINEN KOE.....	13
	3.1 Kokeen suunnittelu	13
	3.1.1 Ongelmakohtien määrittely	13
	3.1.2 Tavoitteen määrittely	14
	3.1.3 Mitattavien kohteiden määrittely	14
	3.1.4 Koesuoritus ja datan kerääminen	14
	3.1.5 Datan analysointi.....	15
4	TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	16
	4.1 Suunnittelutehokkuuden parantaminen.....	16
	4.2 Siemens NX	16
	4.2.1 CAD-toiminnot	16
	4.2.2 CAM-ohjelmointi.....	17
	4.2.3 Teamcenter	18
5	ALIHANKINTAKONSEPTIEN VERTAILU.....	20
	5.1 Alihankintamallit	20
	5.2 Vertailun aloitus.....	21
	5.3 Suunniteltava työkalu.....	21
	5.3.1 Concept study.....	22
	5.3.2 Detaljisuunnittelu	23

	5
5.3.3 Valmis nostoväline.....	24
5.4 Datan keruu suunnittelun aikana.....	25
5.5 Datan analysointi käytännössä.....	25
5.6 Tulokset.....	26
6 TULOSTEN TARKASTELU	27
LÄHTEET	
LIITTEET	

KUALUETTELO

Kuva 1.	Esimerkkikuva CAD-mallinnuksesta	s.17
Kuva 2.	Esimerkki CAM-simulaatiosta työratoineen	s.18
Kuva 3.	Menetelmä A teoriassa	s.20
Kuva 4.	W31-nokka-akselin nykyinen nostoväline	s.21
Kuva 5.	Nostovälineen käyttö	s.22
Kuva 6.	Moottorilohko nokat asennettuina	s.23
Kuva 7.	Uusi nostoväline	s.24
Kuva 8.	Kaappaus omien työtuntien päiväkirjasta	s.25

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Työtuntien käytön Excel-taulukko**LIITE 2.** Läpimenoajan mittauksen Excel-taulukko

LYHENTEET JA KÄSITTEET

DCV	Delivery Centre Vaasa, Vaasan moottoritehdas.
TDD	Tool & Device Design, DCV:llä toimiva työkalusuunnittelu-ryhmä.
W20	Wärtsilän valmistama moottorityyppi, jonka sylinterin halkaisija on 20 senttimetriä.
W31	Wärtsilän valmistama moottorityyppi, jonka sylinterin halkaisija on 31 senttimetriä.
W32	Wärtsilän valmistama moottorityyppi, jonka sylinterin halkaisija on 32 senttimetriä.
W34	Wärtsilän valmistama moottorityyppi, jonka sylinterin halkaisija on 34 senttimetriä.
Concept study	Konseptien ideointi ja vertailu, konseptisuunnittelua, jonka TDD-osasto tekee ja lähettää alihankkijalle projektin alussa.
Nostoapuväline	Laite tai komponentti, joka ei ole pysyvästi kiinnitetty koneeseen tai nosturiin ja joka on sijoitettu koneen tai kuorman väliin tai joka on kiinnitetty kuormaan, jotta siihen voidaan tarttua.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan tehtaassa työkalu- ja laitesuunnitteluosastolle. Osastolla suunnitellaan kaikki DCV:n erikoistyökalut ja nostoapuvälineet. Työkuorman piikkien tasaamiseksi käytetään suunnittelutoimintoja alihankintaan. Tässä työssä vertaillaan kolmea eri alihankintamallia, joita osaston alihankinnassa käytetään.

Eri alihankintamalleista ei ole tehty mitään tutkimusta, siitä mikä olisi Wärtsilän kannalta parhaiten soveltuva toimintamalli. Tässä työssä viedään läpi nokka-akselinpalojen nostovälineen suunnitteluprojekti raskaimmaksi oletetulla alihankintamallilla.

Dataa kerätään projektin varrelta ja tehdään lopuksi raportti kustannuksista ja verrataan sitä muihin alihankintamalleihin työkaluosaston suunnittelijoiden kokemuksen perusteilla.

2 WÄRTSILÄ

Wärtsilä on maailman johtavia edistyksellisten teknologioiden ja kokonaislinkaariratkaisujen toimittajia merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilä maksimoi asiakkaiden alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden. Wärtsilän liikevaihto oli vuonna 2015 noin 5 miljardia euroa. Wärtsilän henkilöstömäärä on noin 18 800, ja se on jakaantunut 200 toimipisteeseen yli 70 maassa. Wärtsilän osakkeet on listattu Nasdaq-pörssiin Helsingissä. Wärtsilän toiminnot on jaoteltu kolmeen eri organisaatioon. /1/

2.1 Marine solutions

Wärtsilä on maailma johtava merenkäyntiteknologiaratkaisujen toimittaja. Wärtsilä toimittaa moottoreita, aggregaatteja, alennusvaihteita propulsio- ja ohjausjärjestelmiä, valvontajärjestelmiä sekä tiivisteratkaisuja kaiken tyyppisiin aluksiin ja offshore-sovelluksiin. Wärtsilä on ainoa toimija alalla, joka tarjoaa kaikki merenkulun tarpeet. /1/

2.2 Energy solutions

Energy solutions toimittaa voimalaitosratkaisuja maailmanlaajuisesti hajautetun energiatuotannon markkinoille. Organisaatio toimittaa ratkaisuja perusenergiantuotantoon, teollisuuden energian tuotantoon sekä kuormitushuippujen tasaamiseen. Wärtsilän markkina-asema alalla on vahva, johtuen panostamisesta joustaviin ratkaisuihin, mataliin päästöihin ja korkeaan hyötysuhteeseen. /1/

2.3 Services

Wärtsilä Services tukee asiakasta koko toimitetun laitteiston elinkaaren ajan optimamalla laitteiston hyötysuhdetta ja suorituskykyä. Wärtsilä panostaa perinteisen huollon lisäksi asiakkaan liiketoimintaa tukeviin palveluihin, kuten merkkiriippumaton huolto suurissa satamissa, sekä ennakoiva ja moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus. /1/

2.4 Wärtsilä Suomessa

Wärtsilä työllistää Suomessa 3 412 henkilöä, joista Vaasassa 2 765. Vaasan lisäksi toimintaa on Turussa, Helsingissä ja Espoossa. Wärtsilän henkilöstö jakaantuu Suomessa eri yksiköihin seuraavasti: Marine solutions 1442 (42,3 %), Services 1063 (31,2 %), Energy Solutions 571 (16,7 %) ja tukitoimintoihin 336 (9,8 %).

Wärtsilän pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Turussa sijaitsee osa Marine Solutions-, Energy Solutions- ja Services-yksiköiden R&D-tukitoiminnoista. Turussa sijaitsee myös Wärtsilä Land & Sea Academy, joka tarjoaa käyttö-, kunnossapito-, ja hallintakoulutusta laivojen ja voimalaitosten operaattoreille sekä Wärtsilän henkilöstölle. WLSA järjestää lähes 2000 koulutuspäivää vuosittain. /1/

2.4.1 Wärtsilä Vaasassa

Vaasassa toimiva DCV on vastuussa Marine Solutionsin ja Energy Solutionsin myymien W20-, W31-, W32- ja W34-nelitahtidiesel-, kaas- ja dual fuel-moottorien toimituksista. Vaasan tuotanto on pääasiassa avainkomponenttien koneistusta ja moottorien kokoonpanoa ja testausta. Vaasassa on myös 4-tahtimoottoreiden tuotekehityksen ja tutkimuksen pääkeskus, joka toimii DCV:n tiloissa sekä Vaskiluodossa.

Vaasassa on moottorilaboratoriot DCV:llä ja Vaskiluodossa, joissa kehitetään ja testataan moottoreiden suoritusarvoja.

Runsorista löytyy muun muassa Marine Solutions-yksikön myynti- ja projektinhallinta- ja tukitoiminnot sekä Services-yksikön myynti- ja projektinhallintatoimet, tekninen tuki sekä kenttähuolto.

Runsorin Powergatesta löytyy Energy Solutions yksikön myynti-, projektinhallinta ja tukitoiminnot sekä Services-yksikön globaali 4-tahtimoottoreiden huolto, talous, lakiasiaintoimet sekä tukitoiminnot. /1/

2.4.2 Tool & device design

Opinnäytetyö tehdään DCV:llä toimivan Tool & device design-osastolle, missä suunnitellaan kaikki erikoistyökalut ja nostoapuvälineet, joita Vaasan tuotanto vaatii. TDD-tiimi suunnittelee erilaisia työvälineitä myös Wärtsilän yhteistyöyrityksille ympäri maailmaa ja esimerkiksi satamiin moottorin lastaukseen tarvittavia nostovälineitä.

Osastolla työskentelee tällä hetkellä 5 vakituista suunnittelijaa sekä 2 konsulttia suunnittelutoimistosta. Osastolla käytetään suuren työkuorman aikana alihankintasuunnittelua, jolloin osaston suunnittelijat tekevät työkalun concept studyn, joka määrittelee millainen työkalu tarvitaan. Tämän jälkeen osaston suunnittelija tekee tilauksen ostajalle, ja ottaa yhteyttä alihankkijaan, jota hän ohjaa projektin läpiviennessä.

Kun suunnittelutoimisto on saanut työkalun valmiiksi, jää työkaluosaston suunnittelijan vastuulle tarkastaa suunnitellun työkalun soveltuvuus käyttäjän tarpeisiin ja kun sopivuus on tarkastettu, hyväksyy hän piirustukset ja ajaa ne Wärtsilän järjestelmään. Kahden viikon välein järjestetään tool release meeting, jossa on läsnä suunnittelijat, työkalun käyttäjien edustaja sekä työkaluosaston vetäjä. Release meetingissä käydään suunnitellut työkalut läpi ja selvitetään kuka tilaa mitkäkin työkalut. Osastolla on käytössä kolme eri alihankintamenetelmää, joita tässä tutkimuksessa vertaillaan.

3 TEOLLINEN KOE

Tuotteiden ja prosessien kehityksen oleellisin osa on teolliset kokeet. Harvoja tuotteita ja prosesseja voidaan toteuttaa ja kehittää ilman prototyyppijä, koekoneita tai prosessin mittausta ja kehitystä. Kokeista saadaan suurin mahdollinen hyöty kun pohjatyö ja tutkimussuunnitelma tehdään tarkasti ja juuri mitattavalle prosessille räätälöidysti.

Teollisen kokeen suorittaminen tehokkaasti vaatii hyvän kokeen suunnittelun, suorituksen ja analysoinnin lisäksi läheistä ryhmätyötä eri osastojen välillä, hyvää organisointikykyä sekä ammattitaitoa. /2/

3.1 Kokeen suunnittelu

Tämä koe tehdään siten, että viedään läpi yksi työkaluprojekti kaikkein raskaimmaksi oletetulla alihankintamallilla, ja kun projekti on viety läpi, lasketaan projektin kokonaiskustannukset ja kiinnitetään myös huomiota miten pitkään projekti kesti. Tämän jälkeen sitä verrataan muihin alihankintamalleihin tutkimalla mitä vaiheita olisi jäänyt pois projektista, jos oltaisiin käytetty vaihtoehtoista alihankintamallia. /2/

3.1.1 Ongelmakohtien määrittely

Ongelmakohtien määrittelyssä on neljä keskeistä asiaa, jotka otetaan huomioon. Ensimmäiseksi luetteloidaan syy miksi toimenpidettä tutkitaan ja mitä kokeella haetaan, sekä selvitetään päämäärä johon pyritään ja hyväksytetään se kaikilla asianomaisilla.

Tämän jälkeen pohditaan menetelmiä, joiden avulla tutkimus saataisiin vietyä läpi. Tämän jälkeen menetelmistä valitaan kyseiseen tutkimukseen parhaiten sopiva tutkimusmenetelmä. Lopuksi kerätään tietoa nykyisestä prosessista kokeen mittareiksi ja arvioidaan kustannukset tutkimuksesta. Alihankintamallien tutkimisessa selvitetään ongelmaehtina esimerkiksi malleissa A ja B tapahtuvia mallien siirtoja toisiin järjestelmiin ja TDD-henkilöstön kommunikointia alihankkijaan prosessia raskauttavina tekijöinä. /2/

3.1.2 Tavoitteen määrittely

Tavoitteen määrittelyssä tavoite tiivistetään lopulliseen selvään muotoonsa, jotta myös ne henkilöt, jotka eivät ole läheisesti kokeessa mukana, ymmärtävät raportin sisällön ja tarkoituksen. Lopputulos esitetään konkreettisesti, mieluiten numeroina, jolloin uuden prosessin käyttöönoton jälkeen voidaan esittää konkreettisesti parempi tehokkuus. /2/

3.1.3 Mitattavien kohteiden määrittely

Tässä työssä, jossa tutkimuksessa tutkitaan vain yhtä projektia, täytyy häiriötekijöiden määrittelyssä ottaa huomioon itse havaittujen häiriötekijöiden lisäksi myös ongelmat mitä, alihankintamalleissa on aikaisemmin tullut vastaan, mutta eivät tulleet ilmi tässä tutkimuksessa. Tämä onnistuu esimerkiksi haastattelemalla osaston työntekijöitä projektin läpiviennin jälkeen heidän omista kokemuksistaan projektien läpivienneistä, ja niissä vastaan tulleissa ongelmissa.

Tutkimuksessa mitataan pääasiassa kustannuksia, mutta huomioon otetaan myös työkaluun käytetty aika. Läpimenoaika on tärkeä, sillä joissakin projekteissa yksi puuttuva työkalu tai nostoväline saattaa seisottaa projektia, mikä myöhästyessään maksaa paljon. /2/

3.1.4 Koesuoritus ja datan kerääminen

Kokeen suorituksessa tässä tutkimuksessa tärkein asia on pitää huolellista päiväkirjaa työkaluprojektin ohjaamiseen käytetyistä työtunneista, ja lopuksi laskea huolellisesti kokonaiskustannukset, jotta lopputuloksesta saadaan mahdollisimman todennukainen. Kustannukset saadaan lisäämällä suunnittelutoimiston laskuun myös ne tunnit, jotka on käytetty projektin ohjaamiseen TDD-osastolla.

Koesuorituksessa on tärkeää, että se tehdään täysin samalla mallilla kuin normaali projektin läpivienti. Työkaluprojekti viedään läpi niin, ettei suunnittelutoimistolle asti tule tieto siitä, että kyseessä on tämänkaltainen tutkimus. /2/

3.1.5 Datan analysointi

Kun mitattavat kohteet on tarkoin määritelty, on datan analysointi helpompaa. Tässä vaiheessa selvitetään kustannukset ja ongelmakohdat eri menetelmille. Kun työkaluprojekti on saatu vietyä läpi ja kirjattu kaikki tarvittava ylös, on jäljellä vielä lopputuloksen laskenta. Lopputuloksen ollessa selvillä, esitetään edullisin alihankintamalli ja syyt siihen miksi kyseinen alihankintamalli on muita parempi. /2/

4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytetään tietokoneohjelmaa suunnittelun työkaluna. Tietokoneavusteiseen suunnitteluun kuuluu muun muassa 3D-mallinnus, piirustusten teko, lujuuslaskenta ja siihen liittyy usein myös tietokoneavusteinen valmistus. /3/

4.1 Suunnittelutehokkuuden parantaminen

CADin avulla suunnittelija voi tutkia esimerkiksi lopputuotteen rakennetta alikokoonpanoineen ja sen mukaan sovittaa siihen omaa kappalettaan 3D-mallien mukaan. Tämä visualisointi auttaa kappaleen konstruktion suunnittelua, esimerkiksi kokoonpantavuuden ja huollettavuuden kannalta. 3D-mallien pohjalta on myös helpompaa ja vähemmän virhealtista tehdä valmistuspiirustukset kappaleista verrattaen ”vanhanaikaisiin” valmistuskuvien tekoon ilman 3D-malleja. /3/

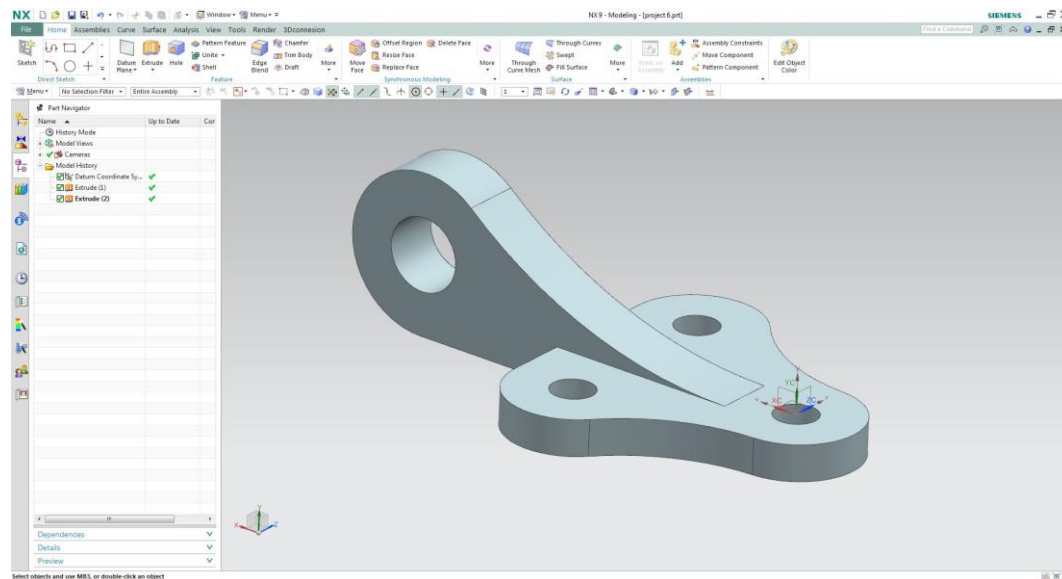
4.2 Siemens NX

TDD-osastolla on tällä hetkellä käytössä Siemens NX9-suunnitteluohjelma. NX on monipuolinen ohjelma, jolla onnistuu lähes kaikki tuotteen suunnitteluprosessin vaatimat toimenpiteet. Tämä sisältää CAD-toiminnot sekä 3D- että 2D-suunnitteluun, CAM-ohjelmointi sekä FEM-laskenta. /4/

4.2.1 CAD-toiminnot

Tietokoneavusteinen suunnittelu jakaantuu useimmiten 3D- ja 2D-suunnitteluun. Pääosin suunnittelu tapahtuu nykyisin mallintamalla ensin tuotteen komponentit, (Kuva 2.), ja sen jälkeen ”rakentamalla” niistä kokoonpano 3D-CAD-ympäristöön. Tämä vaihe karsii pois paljon rakenteellisia suunnitteluvirheitä, joita sattuu enemmän puhtaassa 2D-ympäristössä. Piirustusten linkityksellä malliin saadaan myös piirustus päivittymään automaattisesti, aina kun malli muuttuu. Tämä on yksi olennainen osa teamcenter PLM-järjestelmää, joka on varsinkin laajan tuotekannan omaavissa yrityksissä välttämättömyys.

Kun tuote on todettu toimivaksi 3D-maailmassa, valmistetaan siitä 2D-piirustukset tuotteiden valmistusta varten. NX piirtää automaattisesti kuvannot halutusta kulmasta 3D-mallin pohjalta. Tämän jälkeen kuviin lisätään tarvittavat mitat, toleranssit ja muut merkinnät NX:n työkaluilla. /4/



Kuva 1. Esimerkkikuva CAD-mallinuksesta.

4.2.2 CAM-ohjelmointi

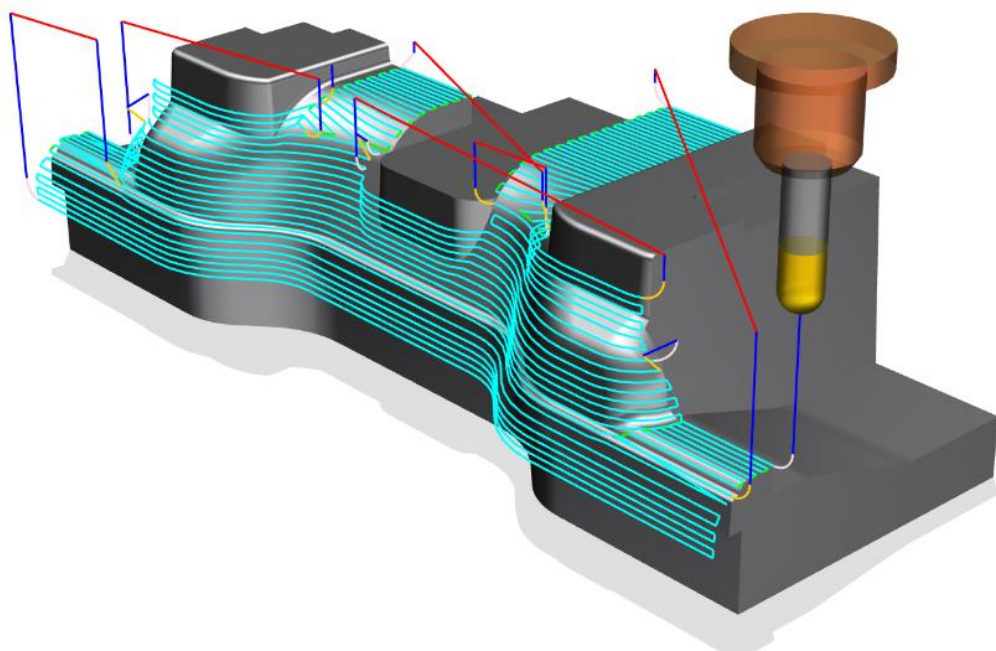
CAM-ohjelmoinnissa luodaan työstöratoja käyttäen hyväksi 3D-mallia valmiista komponentista. Varsinkin monimutkaisissa kappaleissa CAM-ohjelmointi voi lyhentää ohjelmointiaikaa moninkertaisesti verrattuna perinteiseen NC-ohjelmointiin.

Työ voi esimerkiksi alkaa liittämällä valmiin komponentin malli, sekä aihion malli CAM-tiedostoon. Tämän jälkeen määritellään Machining Environment, eli työstökone, jolla koneistus on tarkoitus suorittaa. Tämän jälkeen määritellään koneistukselle koordinaatisto, jonka jälkeen tehdään Operation-osuus, jossa määritellään

missä järjestyksessä ja miten kappaleen piirteet koneistetaan. Tässä vaiheessa CAM-Min edut tulevat esiin, sillä ohjelma tekee työkierron NC-käskyt 3D-mallin pohjalta ohjelmoijan parametrien mukaan.

Kun työstöradat ovat selvillä (**Kuva 3.**), voidaan suorittaa simulaatio koneistukselle. Kun se on todettu toimivaksi, voidaan kappaleen työkierto ajaa, kun ohjelma on saatu työstökoneelle asti, sekä koordinaatiston nollapiste määritettyä koneelle.

/5/



Kuva 2. Esimerkki CAM-simulaatiosta työratoineen

4.2.3 Teamcenter

Teamcenter on Siemensin kehittämä PLM-järjestelmä, jota NX on osa. Teamcenteriin kerätään kaikki tuotetieto mitä löytyy eri komponenteista. Näihin kuuluu esimerkiksi 3D-mallit, piirustukset ja huoltotiedot. PLM-järjestelmä mahdollistaa myös tuotteen suunnittelun eri ryhmissä samanaikaisesti, mikä lyhentää lopputuotteen suunnittelu-aikaa. Järjestelmässä määritellään myös millä ryhmällä on oikeus muuttaa mitään komponenttia.

PLM-järjestelmä osaavan henkilöstön käytössä vähentää konflikteja eri suunnittele-
luosastojen välillä, s sekä nopeuttaa suunnittelun läpimenoaikaa, sillä tarvittava
tieto on helpommin saatavilla. Teamcenter voi myös toimia multicaad-ympäristössä,
jossa yhteen tuotetiedonhallintajärjestelmässä on monta eri CAD-ohjelmaa ja eri
tiedostotyyppisiä. /6/

5 ALIHANKINTAKONSEPTTIEN VERTAILU

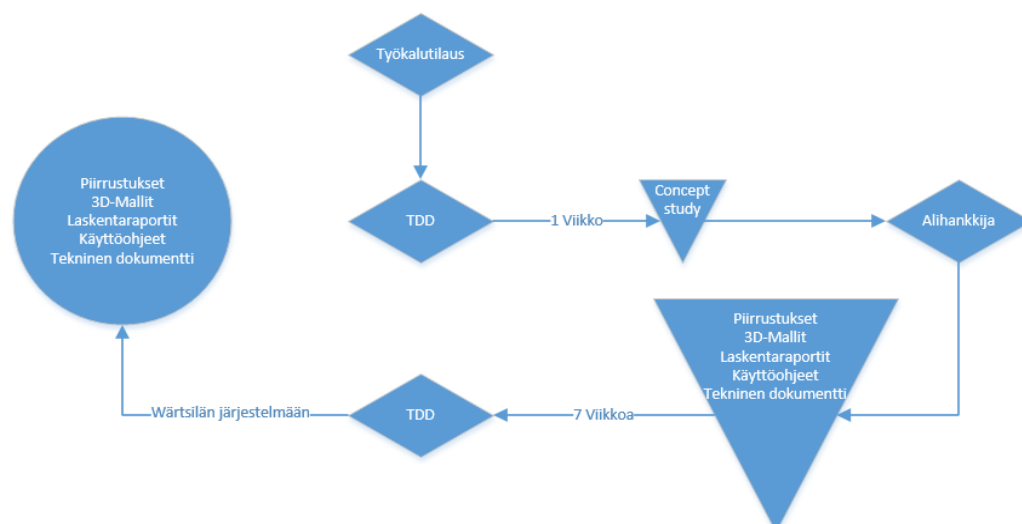
5.1 Alihankintamallit

Alihankinnassa käytetään kolmea eri toimintamallia, joita tässä työssä vertaillaan. Menetelmässä A alihankkijat tekevät suunnittelutyön omassa järjestelmässään, jolloin Wärtsilän puolelta tarvitaan concept study, sekä mallien siirto alihankkijan järjestelmään. Tämän lisäksi suunnittelija ohjaa työkaluprojektia suunnittelun aikana aina kun on tarvetta.

Menetelmässä B alihankkijalla on pääsy Wärtsilän järjestelmään, mutta kommunikointia tarvitaan Wärtsilään, mikä sitoo työkaluosaston suunnittelijoiden aikaa.

Menetelmässä C on ostettu alihankkijalta lähiresurssi. Tämä tarkoittaa, että alihankkijan työntekijä istuu DCV:n tiloissa ja hänellä on pääsy Wärtsilän järjestelmiin. Tällöin hän voi itsenäisesti toimia suunnittelutehtävissä, sillä hänellä on pääsy myös tehtaalle, missä hän voi keskustella työkalun käyttäjien kanssa ja ei näin sido yhtään muita suunnittelijoita töihin, kuten muissa menetelmissä.

Lujuuslaskentaa vaativissa työkaluissa malli täytyy muuntaa laskentaan sopivaan muotoon ja lähettää laskijoille.



Kuva 3. Menetelmä A teoriassa

5.2 Vertailun aloitus

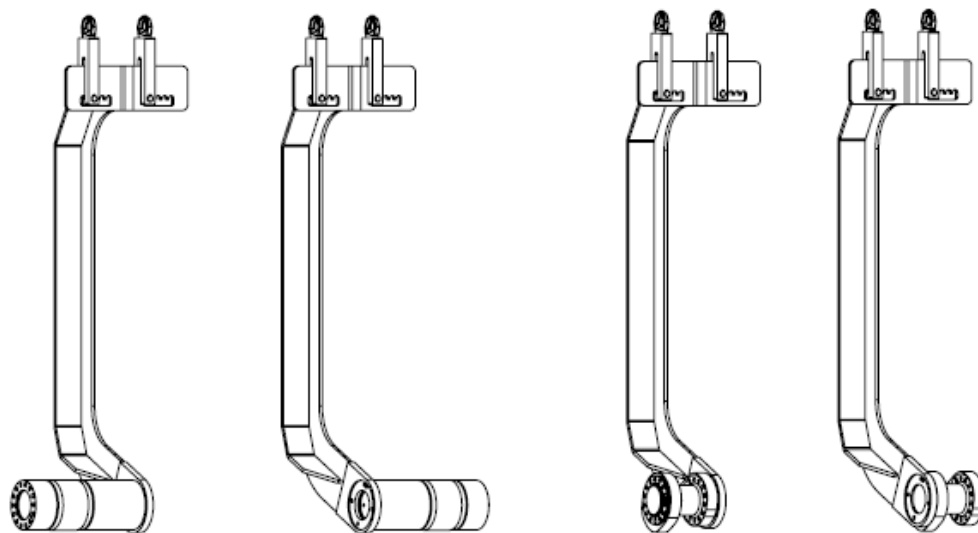
Vertailu alkoi projektisuunnitelmalla ja mitattavien kohteiden määrittelyllä. TDD-osaston ideariihen jälkeen päätettiin, että koe suoritetaan viemällä läpi nostovälineen suunnitteluprojekti kirjaten kaikki siihen käytetyt tunnit ylös, ja sitten arvioidaan kokemusten perusteella miten tunteja olisi kertynyt muilla menetelmillä, sekä tutkitaan ajankäyttöä projektiin.

5.3 Suunniteltava työkalu

Läpivietävä projekti oli W31-moottorin nokka-akselipalojen nostoväline, jolla nostetaan nokkakäytävään nokka-akselin laakeri- ja nokkapalat. Vanha työkalu oli todella painava ja kömpelö käyttää. Lisäksi sen käyttö vaati pientä ”kikkailua” nostoliinon kanssa, mikä on aina työturvallisuusriski. Tavoitteena oli saada uudesta työkalusta huomattavasti vanhaa helppokäyttöisempi sekä kevyempi, (**Kuvat 4-5**).



Kuva 4. W31-nokka-akselin nykyinen nostoväline



Kuva 5. Nostovälineen käyttö

5.3.1 Concept study

Projektin alussa, concept study-selvityksessä oli ehdotuksena, että akselin osiin tartuttaisiin, alkuperäisen päädyn sijaan kappaleen varteen. Tämä kuitenkin todettiin mahdottomaksi, ja erinäisten ratkaisujen jälkeen päädyttiin tarttumaan kappaleeseen päädyistä, kuten ennenkin. Erona nostopäässä olisi se, että se on nostettavaa kappaletta pienempi halkaisijaltaan, jolloin laakeripalan saisi lavalta kyytiin suoraan ja lisäksi se on pyörivä, jolloin laakeripalan asennolla ei olisi väliä.

Runko keveni myös huomattavasti, kun se suunniteltiin valmistettavaksi RHS-putkesta vanhan levyrunkodesignin sijaan.

5.3.2 Detaljisuunnittelu

Työkalun suunnittelu saatiin käyntiin marraskuun loppupuolella. Aluksi ladattiin tarvittavat tiedostot, kuten nokka-akselin osien ja lohkon mallit ja piirustukset alihankkijan palvelimelle.

Tämän jälkeen järjestettiin tapaaminen tehtaalla, jossa käytiin katsomassa nykyistä työkalua, sekä nokka-akselin kasaussolua paikan päällä. Samassa yhteydessä pidettiin aloituspalaveri, jossa käytiin läpi työkalun ongelmakohdat ja määriteltiin konsepti, jonka mukaan työkalua lähdetään alustavasti suunnittelemaan.

Projektin aikana kävi ilmi, että alkuperäinen suunnitelma, jossa nostovälineellä pystyisi käsittelemään nokka-akselin osia myös lohkon ollessa oikeinpäin, ei ollut toimiva, sillä nostovälineestä tulisi todella iso ja vaikea käsitellä. Valmistusexperttien ja nokka-akselisolun asentajien kanssa tultiin siihen tulokseen, että tehdään nostoväline vain nokan asennukseen lohkon ollessa väärinpäin, mikä on normaali asennustilanne, (**Kuva 6**). Tuolla muutoksella nostovälineen runko saatiin yli metrin lyhyemmäksi, ja siten paljon kevyemmäksi ja helpommaksi käsitellä.

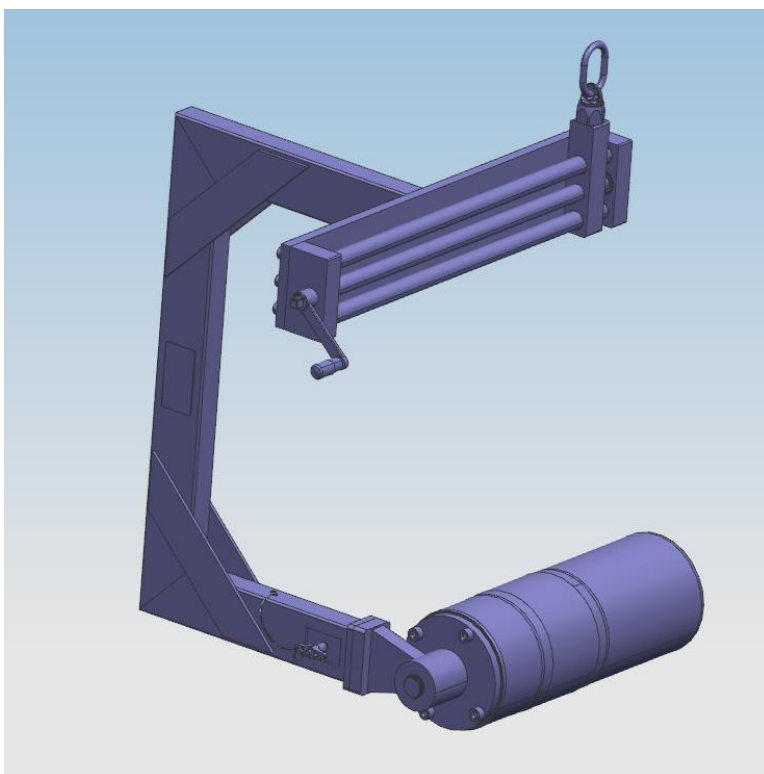


Kuva 6. Moottorilohko nokat asennettuina

5.3.3 Valmis nostoväline

Valmiit nostovälineen piirustukset saatiin helmi-maaliskuun vaihteessa alihankkijalta korjattuina. Jäljellä oli enää viimeiset laskelmat uudesta rungosta ja hitseistä. Nostovälineestä tuli alkuperäiseen verrattuna hieman yli 20 kiloa kevyempi, sekä paljon näppärämmän kokoinen, vaikka siihen lisättiin vielä portaaton painopisteen säätö.

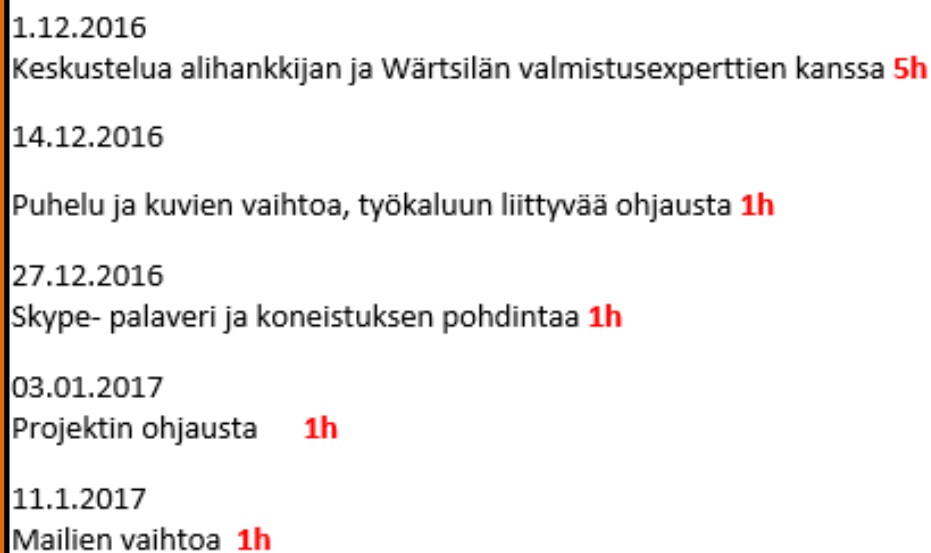
Nämä edut saatiin suunnittelemalla runko alkuperäistä pienemmäksi, jonka mahdollisti se, että työkalu suunniteltiin käytettäväksi vain lohkon ollessa väärinpäin ja valmistamalla se levystä leikkaamisen sijaan RHS-putkipalkista. Projektin aikana kävi myös ilmi, että vanha nostoväline on laskettu lujuudeltaan melko reilusti yli, mikä selittää sen suuren koon ja sen tuoman kömpelyyden työkalun käytössä, **(Kuva 7)**.



Kuva 7. Uusi nostoväline

5.4 Datan keruu suunnittelun aikana

Datan keruu tässä tutkimuksessa tarkoittaa käytännössä projektin läpivientiin käytettyjen työtuntien dokumentointia huolellisesti, jolloin kokonaiskustannukset saadaan laskettua tarkasti. Käytetyt työtunnit projektin aikana saatiin pitämällä päiväkirjaa omista tunneista, merkiten mitä milloinkin on tehty ja miten kauan, (**Kuva 8**). Alihankkijalta kustannukset saadaan suoraan laskusta, jossa on myös työtunnit eriteltynä mekaniikkasuunnittelusta laskentaan.



1.12.2016
Keskustelua alihankkijan ja Wärtsilän valmistusexperttien kanssa **5h**

14.12.2016
Puhelu ja kuvien vaihtoa, työkaluun liittyvää ohjausta **1h**

27.12.2016
Skype- palaveri ja koneistuksen pohdintaa **1h**

03.01.2017
Projektin ohjausta **1h**

11.1.2017
Mailien vaihtoa **1h**

Kuva 8. Kaappaus omien työtuntien päiväkirjasta

5.5 Datan analysointi käytännössä

Projektin loppuvaiheessa tein Excel-taulukon, jossa on omat sarakkeet jokaiselle alihankintamallille. Exceliin syötettiin alihankkijan laskun perusteella heidän käyttämät suunnittelutunnit, sekä kaikki Wärtsilän osastolla käytetyt tunnit kaikkeen työkaluprojektiin liittyvään toimintaan. Noista tiedoista taulukko laski kokonaiskustannukset alihankintamallille A, ottaen huomioon laskennan ja mekaniikkasuunnittelun eri tuntihinnan sekä Wärtsilän henkilöstön tuntihinnan.

Kun vuorossa oli arviointi alihankintamallien B ja C kustannuksista, saatiin kustannuksista mielestäni hyvä arvio, erottelemalla omista tunteista pois ne, mitä ei olisi tarvittu kyseisessä alihankintamallissa, ja lisäämällä siihen mitatun projektin suunnittelutunnit.

Toinen mitattava kohde kustannusten rinnalla oli suunnittelutöiden läpimenoaika. Tuloksia tutkiessa kävi ilmi, että tällä on paljon suurempi merkitys eri alihankintamallien vertailussa kuin työtuntien määrällä. Läpimenoajan mittauksessa voitiin käyttää laajempaa otantaa kuin työtuntien mittauksessa, sillä kaikki tarvittava tieto tämän mittaamiseen löytyi työkaluprojektien tuntikirjasta, mistä näkyi projektien tunnit joka päivältä noin 1,5 vuoden ajalta.

5.6 Tulokset

Projektin päättyessä, kun dataa analysoitiin huomattiin, että työtunneista ei tule suurta säästöä, sillä raskaimmaksi oletettua menetelmää A verrattaessa kevyimpään menetelmään C kokonaiskustannusten puolelta, eroa ei ollut kun noin 8 % menetelmän C hyväksi. Menetelmien A ja B kustannukset olivat lähes samat, sillä prosessissa ei ole muuta eroa kuin, että menetelmässä B alihankkija pääsee suoraan Wärtsilän järjestelmiin, mikä säästäisi tässä projektissa noin 3 työtuntia.

Alihankintamallien läpimenoaikaa mitattaessa kävi ilmi, että menetelmä C oli muita lähes puolet nopeampi, mikä on todella suuri ero, varsinkin isommissa projekteissa.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Suurin ero alihankintamallien välillä on läpimenoajassa. Tuohon vaikuttaa menetelmien A ja B kankeus tapauksissa, joissa esimerkiksi suunnittelijalle tulee jokin ongelma tai kysymys. Tässä tapauksessa hänen on otettava yhteys Wärtsilän suunnittelijaan ja selittää asia tälle, joka taas selvittää asian. Tämän jälkeen Wärtsilän suunnittelija selvittää asian ja joutuu joko esim. palaverissa, mailissa tai skypeissä selittämään tämän alihankkijalle.

Tämän selvittelyn aikana projekti polkee paikoillaan ja alihankkija tekee tällä välin todennäköisesti muita töitä. Jos alihankkija työskentelisi Wärtsilän tiloissa, voisi hän etsiä ongelman tullen asian tuntevan työntekijän haastateltavaksi. Tässä on myös se etuna, että suunnittelija pääsee tehtaalle katsomaan työvaihetta käytännössä.

Läpimenoaika mitattiin ottamalla Exceliin työkaluprojekteja tuntiseurannasta, ja lisäämällä niihin työtunnit mekaniikkasuunnittelusta sekä laskennasta. Näiden tunnit laskettiin yhteen, jonka jälkeen laskettiin montako työpäivää on työkaluprojektin aikana ollut, ja näiden pohjalta saatiin tieto siitä, montako tuntia työkaluprojekti on edennyt keskimäärin päivässä.

Läpimenoajan mittauksen otantaan otettiin A-menetelmällä tehdyiksi töiksi W31-nokka-akselin nostovälineen lisäksi toinen nostovälineprojekti. Näiden töiden keskimääräinen eteneminen oli noin 2,3 tuntia päivässä. Vastaavasti C-menetelmän otantaan otettiin kolme eri työtä, joista kaksi projektia sisälsi paljon laskentaa, ja yksi oli pelkkää mekaniikkasuunnittelua. Näiden keskiarvoiseksi etenemiseksi saatiin noin 4,2 tuntia päivässä, mikä tarkoittaa, että näissä töissä työt ovat edenneet lähes 100 % nopeammin C-menetelmällä kuin A-menetelmällä.

Loppupäätelmänä alihankintamalli C on selvästi paras alihankintamalli työväline-suunnitteluun.

Töitä jakaessa kannattaa pitää mielessä, että käyttää alihankintamalleja A ja B, jos työ on jokin todella yksinkertainen päivitys, joka sujuu ilman suurempaa konseptointia ja ympäristön siirtoa.

Tällöin alihankintamallin C lähiresurssit ovat paremmin käytettävissä enemmän haastavammissa projekteissa, joissa on suuri apu päästä helposti paikan päälle, ja päästä suoraan käsiksi PLM järjestelmään. Lisäksi projektin aikana tapahtui henkilöstömuutoksia suunnittelutoimistolla, mikä vaikutti selvästi työkaluprojektin etenemiseen hidastavasti. Tämäkin olisi ollut vältettävissä menetelmällä C.

LÄHTEET

- /1/ Wärsilä Suomessa Viitattu 11/2016. https://wartsila.sharepoint.com/sites/compass-Finland/Finnish/Wartsila_Suomessa/Pages/Default.aspx
- /2/ Karjalainen, E E. 1992. Teollinen koesuunnittelu
- /3/ M.M.M. Sarcar, K. Mallikarjuna Rao & K. Lalit Narayan. 2008. Computer Aided Design and Manufacturing
- /4/ Siemens PLM esite, Viitattu 3/2017. http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/for-design/index.shtml
- /5/ Lindberg, P, IKTA0602-5 3D-CAM-ohjelmointi, Kurssimateriaali, Vaasan ammattikorkeakoulu, 2014.
- /6/ Siemens PL teamcenter esite, Viitattu 3/2017. https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/design-data-management/index.shtml

LIITE 1

Työtuntien käytön Excel-taulukko

Aihankintamalli A		Aihankintamalli B		Aihankintamalli C	
TDD Henkilöstön työtunnit:	45	TDD Henkilöstön työtunnit:	41	Lähtesurssin työtunnit:	167,6
Aihankinnan suunnittelutunnit:	154,6	Aihankinnan suunnittelutunnit:	154,6		
Laskenta:	77,75	Laskenta:	77,75	Laskenta:	77,75
Kokonaiskustannus:	17 295,05 €	Kokonaiskustannusarvio:	17 466,45 €	Kokonaiskustannusarvio:	16 160,25 €
Verrattuna aihankintamalliin A:			171,40 €		-1 134,80 €
Aihankintamalli A:n luvut mhitattuja, aihankintamalli B ja C sen pohjalta laskettuja, selvitys alla.					
Tapahtuma		Menetelmä A	Menetelmä B	Menetelmä C	
Työkalun ja työvälineeseen tutustuminen	8	8	8		
Tilauksen valmistelu ja concept study	12	10			
Kommunikoitinta aloituksesta aihankinijaan ja step-mallien ajo palvelimelle	4	2			
Tehdaskäynti ja palaveriausta	2	2			
Kommunikoitinta aihankinijaan ja Wärtsilän valmistusexpertteihin ja työkaluvastaaviin	10	10			
Kommunikoitinta aihankinijaan työkalun suunnittelun aikana	9	9			
=	45	41			
					13

Läpimenoajan mittauksen Excel-taulukko

Suunniteluomistolla tehtyjen töiden läpimenoaika verrattuna lähtöresurssin tekemien töihin		Työtunnit		Keskim. eteneminen/vyörypäivä	
Nostovaline W31 nokka-akselin osille					
	22.11.2016-21.3.2017	Mekanikkasuunnittelu	154,60	2,58	
		Laskenta	77,75	h/d	
		Yht.	232,35		
					Menetaima A (toimistolla tehty) keskiarvo
					2,42 h/d
Verrailuyö 1					
	17.5.2016-1.9.2016 (heinäkuu kesäkuu)	Mekanikkasuunnittelu	76,58	2,26	
		Laskenta	52,5	h/d	
		Yht.	129,08		
Verrailuyö 2					
	10.11.2016-2.12.2016	Mekanikkasuunnittelu	95,00	5,94	
		Yht.	95,00	h/d	
Verrailuyö 3					
	18.11.2016-8.2.2017	Mekanikkasuunnittelu	120,5	3,06	
		Laskenta	87,75	h/d	
		Yht.	208,25		
					Menetaima C (lähtöresurssi) keskiarvo
					4,25 h/d
Verrailuyö 4					
	8.11.2016-10.3.2017	Mekanikkasuunnittelu	153	3,76	
		Laskenta	178,25	h/d	
		Yht.	331,25		