



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KOKOONPANO OHJEISTUK- SEN KEHITYS

TEKIJÄ: Petri Happonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Petri Happonen			
Työn nimi Kokoonpano-ohjeistuksen kehitys			
Päiväys	27.4.2017	Sivumäärä/Liitteet	29
Ohjaaja(t) Yliopettaja Esa Hietikko/ Projekti-insinööri Arto Urpilainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Cross Wrap Oy Ltd/ Pääsuunnittelija Aki Paananen			
Tiivistelmä <p>Työn tarkoituksena oli kehittää kokoonpano-ohjeistusta Cross Wrap Oy:n tarpeeseen. Työhön sisältyivät kokoonpanopiirustusten kehitys sekä hydrauliiikka- ja pneumatiikka-asennusohjeistuksen kehitys. Tavoitteena oli kehittää kokoonpano-ohjeistusta, että alihankkijalla kokoonpano sujuisi ongelmitta ja vähentäisi kokoonpanoon kuluvaa aikaa.</p> <p>Työssä perehdyttiin ensin yrityksen senhetkisiin kokoonpano-ohjeisiin. Kokoonpano-ohjeistusta ryhdyttiin kehittämään olemassa olevien kokoonpanopiirustusten perusteella. Kokoonpanopiirustuksista tehtiin räjäytyskuvantoja, jotka liitettiin olemassa oleviin kokoonpanopiirustuksiin. Kokoonpanopiirustuksissa keskityttiin helppolukuisuuteen ja selkeyteen.</p> <p>Hydrauliikan ohjeistusta ryhdyttiin kehittämään listaamalla linjastoihin tarvittavien letkujen pituudet ja tyypit Excel-taulukoihin. Hydrauliiikalle ja pneumatiikalle tehtiin karkeat reititysohjeistukset letkujen reittien havainnollistamiseksi.</p> <p>Kokoonpanopiirustuksista ja reittiohjeistuksista saatiin positiivista palautetta alihankkijalta. Kokoonpanopiirustukset ovat tehneet kokoonpanotyöstä sujuvampaa ja kokoonpano-ohjeistusten jatkuva kysely on vähentynyt. Hydrauliiikkaletkujen listaukset ovat tehneet hydrauliiikkojen asennuksesta sujuvampaa.</p>			
Avainsanat kokoonpano-ohje, kokoonpanopiirustus, kehitystyö, hydrauliiikka			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Petri Happonen			
Title of Thesis Development of Assembly Instructions			
Date	April 27, 2017	Pages/Appendices	29
Supervisor(s) Mr Esa Hietikko, Principal lecturer / Mr Arto Urpilainen, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Cross Wrap Oy Ltd/ Mr Aki Paananen, Head Engineer			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to develop assembly instructions for Cross Wrap Oy Ltd. The project included development of assembly drawings and development of hydraulic and pneumatic assembly instructions. The objective was to develop the assembly instructions so that assembly at subcontractors assembly facilities would be fluent and therefore reduce time required for assembly.</p> <p>First, the present state of assembly instructions was studied. Development of assembly instructions was started basing on the existing assembly drawings. Exploded views were made from the existing assemblies and they were added to the assembly drawings. The main objective of developing the assembly instructions was to clarify the instructions and make them easy to read.</p> <p>The development of hydraulic assembly instructions was started by listing the required hydraulic hose lengths and types to Excel-tables. Raw hose routing instructions were made for hydraulics and pneumatics to illustrate the routes of these hoses.</p> <p>In conclusion, it can be said that the developed assembly instructions and routing instructions have received positive feedback. The assembly instructions have made the assembly process more fluent and constant inquiries for assembly instructions have reduced. The lists of hydraulic hoses have made the assembly of hydraulics easier.</p>			
<p>Keywords assembly, assembly instructions, development, hydraulics</p>			

ESIPUHE

Tahdon kiittää Cross Wrap Oy:n pääsuunnittelija Aki Paanasta ohjauksesta ja opinnäytetyön aiheesta. Kiitän hyvästä ohjauksesta yliopettaja Esa Hietikkoa. Kiitos myös läheisilleni, jotka ovat jaksaneet tukea minua opintojeni ajan.

Kuopiossa, 9.5.2017

Petri Happonen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	CROSS WRAP OY.....	8
3	TEKNINEN KOKOONPANOPIIRUSTUS.....	9
3.1	Kokoonpanopiirustus.....	9
3.1.1	Pääkokoonpanopiirustus	10
3.1.2	Osakokoonpanopiirustus.....	10
3.2	Kokoonpanopiirustuksen vaatimukset.....	11
4	HYDRAULIIKKA JA PNEUMATIikka KOKOONPANOSSA	12
4.1	Hydrauliikka.....	12
4.2	Pneumatiikka	12
5	KOKOONPANO KÄYTÄNNÖSSÄ	13
5.1	Manuaalinen kokoonpano	13
5.2	Manuaalisen kokoonpanon tulevaisuus	14
5.2.1	Animaatiot.....	14
5.2.2	Virtuaaliodellisuus	14
6	KOKOONPANOPIIRUSTUSTEN KEHITYS	16
6.1	Kokoonpanopiirustusten lähtökohta.....	16
6.2	Kehitetyt kokoonpanopiirustukset.....	17
6.2.1	Räjätyskuvanto	17
6.2.2	Kokoonpanopiirustus	18
7	HYDRAULIIKAN JA PNEUMATIIKAN KOKOONPANO-OHJEISTUS.....	21
7.1	Kehitystyön lähtökohta	21
7.2	Hydrauliikkojen yhtenäistäminen.....	22
7.3	Hydrauliikan ja pneumatiikan reititysohjeistus.....	23
7.3.1	Hydrauliikkojen reititysohje.....	23
7.3.2	Pneumatiikan reititysohje.....	25
8	YHTEENVETO.....	27
8.1	Kokoonpano-ohjeistus	27
8.2	Hydrauliikka- ja pneumatiikkaohjeistus	28
	LÄHTEET	29

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

BOM

Bill Of Materials: Listaus, jossa esitetään kokoonpanossa käytettävät komponentit ja kiinnitystarvikkeet. Listauksesta nähdään komponenttien positiot, komponenttien lukumäärä sekä tarvittaessa osanumeroinnit. Esimerkkinä kuva 5.

Vakiokone

Vakiokoneella tarkoitetaan konetta, jossa käytetään linjaston osina komponentteja, jotka eivät vaadi lisää erityistä suunnittelua.

Positio

Positio ilmaisee kyseisen komponentin sijainnin osaluettelossa.

Kuorimalli

Kuorimalli on tässä tapauksessa linjastosta tehty malli, jossa on esillä vain merkittävät pintarakenteet. Linjasto on kuorimallissa eräänlainen yhtenäinen kappale, josta ei pysty erittelemään komponentteja. Tämä malli on huomattavasti kevyempi käsitellä 3D-suunnitteluohjelmistossa, kun tehdään esimerkiksi hydrauliiikan reittiohjeistuksia.

Presentation-toiminto

Presentation- toiminto on Autodesk Inventor -ohjelmistossa käytetty toiminto, jolla luodaan räjäytyskuvantoja ja mahdollisesti animaatioita.

Osanumero

Osanumero on kappaleelle annettu yksilöllinen tunnistenumero.

1 JOHDANTO

Kokoonpano on perinteisesti käsityötä ja siksi sen osuus tuotteen kustannuksista on suuri. Tuotteen kokoonpanoaikaa pyritään vähentämään ja leikkaamaan siten kokoonpanokustannusten osuutta tuotteen kokonaishinnasta. Kokoonpanoa nopeuttamaan tehdään kokoonpanopiirustuksia sekä kokoonpano-ohjeistuksia. Helposti luettava kokoonpano-ohjeistus auttaa kokoonpanijaa tuotteen kokoonpanemisessa ja tekee kokoamistyöstä sujuvampaa.

Opinnäytetyön aiheena on kokoonpano-ohjeistuksen kehitys. Kehitystyö tehdään Cross Wrap Oy:n tarpeeseen. Kokoonpanopiirustuksia ja kokoonpano-ohjeistusta kehitetään alkuperäisten piirustusten pohjalta varmistamaan kokoonpanon sujuvuus. Yrityksessä käytössä olevat kokoonpanopiirustukset ja kokoonpano-ohjeet ovat pitkään kokoonpanotyötä tehneelle luettavissa, mutta tuoreelle työnteikijälle kokoonpano-ohjeet ovat epäselvät ja vaikealukuiset. Alihankkijalta, jossa kokoonpanijat vaihtuvat, kysytään jatkuvasti kokoamisohjeita. Kokoamisohjeiden kysely hidastaa tuotteen valmistumista. Kokoonpano-ohjeistukseen kuuluvat kokoonpanopiirustukset, hydrauliiikka- ja pneumatiikkaletkujen reititysohjeet sekä hydrauliiikkakomponenttien määrittäminen vakiokonekohtaisiksi.

Cross Wrap Oy :ssä käytetään mekaaniseen suunnitteluun ja teknisten piirustusten tekemiseen Autodesk Inventor 3D -mekaniikkasuunnitteluohjelmistoa. Kyseisellä ohjelmistolla tehdään kokoonpanopiirustusten kehitys sekä kokoonpano-ohjeistuspiirustukset hydrauliiikka- ja pneumatiikkaletkujen reititykselle. Microsoft Excel –taulukko-ohjelmalla taulukoidaan hydrauliiikkakomponentteja.

2 CROSS WRAP OY

Cross Wrap Oy Ltd on maailman johtava automaattisten käärintä- ja paalinavauslaitteiden valmistaja jäteteollisuudelle. Cross Wrap on erikoistunut valmistamaan myös levynpakkauslinjoja MDF:lle, viilulle, vanerille, sementtikuitulevylle ja muille levyille. (Cross Wrap Oy, 2015)

Jatkuvan tuotekehitystyön lisäksi Cross Wrap Oy työskentelee muiden toimialojen kanssa tarjotakseen innovatiivisia ja ympäristöturvallisia pakkausratkaisuja asiakkaiden varastointi- ja kuljetustarpeisiin. Cross Wrap Oy aloitti yli 20 vuotta sitten ja on toimittanut yli 350 konetta asiakkaille 44 :ssä eri maassa. (Cross Wrap Oy, 2015)

CROSS  **WRAP**[®]

WRAPPING THE WORLD

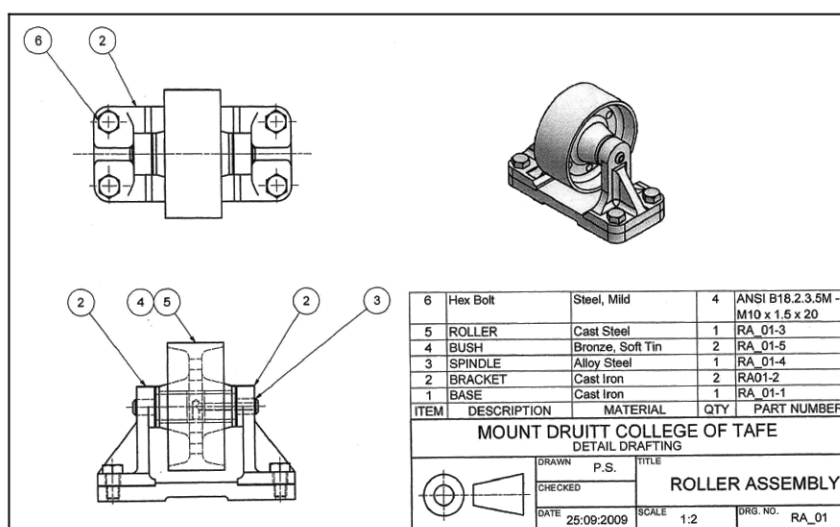


Kuva 1 Cross Wrap logo (Cross Wrap Oy, 2015)

3 TEKNINEN KOKOONPANOPIIRUSTUS

3.1 Kokoonpanopiirustus

Tuotteet valmistetaan tavallisesti siten, että tehtaan kukin osasto valmistaa oman osastonsa toimialan tuotteet, joista tehdään kokoonpano-osasto kokoaa tuotteen valmiiksi. Esimerkiksi levy- ja hitsausosasto tuottaa levyalan osat ja koneistusosasto koneistettavat osat. Tuotteeseen liittyvät kiinnitystarvikkeet sekä erityisosat hankitaan alihankkijalta. Jotta tuote voidaan koota kokoonpano-osastolla, pitää olla piirustus, jossa ovat tuotteen kaikki osat. Tällaista piirustusta nimitetään kokoonpanopiirustukseksi. (Pere, 2016)

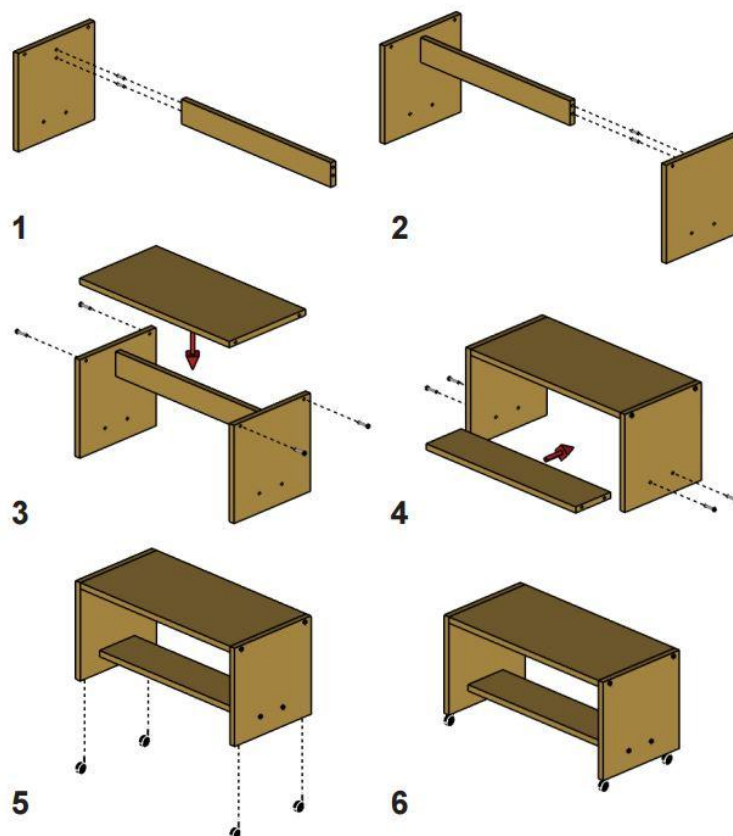


Kuva 2 Esimerkki kokoonpanopiirustuksesta (Diagram, 2017)

Kokoonpanopiirustuksella tarkoitetaan piirustusta, joka esittää tuotteen tai kokoonpanoryhmän valmiiksi koottuna. Tuotteen rakenteen ja sen sisältämien erilaisten osien lukumäärän vuoksi voidaan kokoonpanopiirustuksista erottaa eriasteisia kokoonpanopiirustuksia. Puhutaan toisinaan myös eritasoisista kokoonpanopiirustuksista. Aste-erojen ilmentämiseksi käytetään usein nimityksiä pääkokoonpanopiirustus, kokoonpanopiirustus ja osakokoonpanopiirustus. Käytössä on myös muunlaisia nimityksiä, esimerkiksi tuotteen, rakenneryhmän, jaoksen ja ryhmän kokoonpanopiirustukset. (Pere, 2016)

3.1.1 Pääkoonpanopiirustus

Pääkoonpanopiirustus tehdään tuotteesta, johon kuuluu sekä osakoonpanoja että erillisiä osia. Usein pääkoonpanopiirustuksessa ei esitetä tuotetta tarkasti sen geometrista muotoa noudattaen vaan pääpiirteissään sen muotojen mukaisesti. Pääkoonpanopiirustus sisältää tuotteen kaikki osat ja mahdollisesti kokoonpanoryhmät. (Pere, 2016)



Kuva 3 Esimerkki kuva yksinkertaisesta kokoonpanosta (Maneesh;Doantam;& Heiser, 2003)

3.1.2 Osakoonpanopiirustus

Osakoonpanopiirustus määrittelee tietyn kokoonpanoryhmän osat ja siihen mahdollisesti kuuluvat aiemman asteen kokoonpanoryhmät. Osakoonpanopiirustus tehdään tuotteista, jotka sisältävät niin paljon tai geometrisesti niin monimuotoisia osia, että on välttämätöntä tehdä sekä pääkoonpanopiirustus että riittävä määrä osakoonpanopiirustuksia. Laajoissa kokoonpanoissa voidaan joutua laatimaan eritasoisia tai eriasteisia osakoonpanopiirustuksia. (Pere, 2016)

Esimerkiksi auton kokoonpanopiirustus voi olla:

- auto: pääkoonpano
- auton runko akselistoineen: osakoonpanopiirustus (aste 1)
- taka-akseli: osakoonpanopiirustus (aste 2)
- pyörä: osakoonpanopiirustus (aste 3).

(Pere, 2016)

3.2 Kokoonpanopiirustuksen vaatimukset

Kokoonpanopiirustuksessa tulee ottaa huomioon, kuinka kokoonpanoja havainnoidaan. Kokoonpano-ohjeet ovat huomattavasti helpommin sisäistettävissä, kun ensin esitetään kuva valmiista kokoonpanosta. Kokoonpanopiirustuksessa tulee esittää valmiskokoonpano sekä vaiheet, kuinka tähän valmiiseen kokoonpanoon on päästy. Piirustuksensuunnittelu vaiheessa huomioidaan kuinka vaiheet jäsenyvät ja missä järjestyksessä komponentit tulee esittää. Kokoonpanolle tulee tehdä selkeä rakenne.

Informaatio tulee esittää niin, että kokoonpanomenetelmä tulee selväksi ja sitä on helppo ymmärtää, esittämällä kokoonpano vaiheittain, sen sijaan että esitettäisiin kaikki vaiheet samalla kertaa. Kokoonpanijalle tulee esittää kokoonpanotilanteessa tarvittava informaatio, kuten usein tarvittavat osat. Kokoonpanijan ei tule käyttää aikaansa informaation etsimiseen siksi kokoonpanoon tarvittava informaatio tulee esittää komponentin fyysisessä läheisyydessä.

(Söderber;Johansson;& Mattsson, 2014)

Rakenteen tulee pohjautua suunniteltuun kokoonpanomenetelmään. Ohjeita tulee tukea lisäämällä erillisiä kuvantoja tuotteesta. Käytettävissä olevan tilan mukaan, ohjeistukseen voidaan lisätä useampia kuvantoja samalle tai toiselle sivulle. Erillisiä kuvantoja voidaan lisätä erittäin monimutkaisista komponenteista. Kuvien asetelman tulisi olla yhtenäinen koko ohjeistuksen läpi. Ohjeistusten askelten tulisi sisältää otsikoinnit, jotka ovat informatiiviset.

(Söderber;Johansson;& Mattsson, 2014)

4 HYDRAULIIKKA JA PNEUMATIikka KOKOONPANOSSA

Hydraulisissa ja pneumaattisissa järjestelmissä energiaa siirretään ja ohjataan paineenalaisen väliaineen (neste tai kaasun) välityksellä. Kun väliaineena on neste, kyseessä on hydraulinen ja kun väliaineena on kaasun, esimerkiksi ilmanpaine, kyseessä on pneumaattinen järjestelmä. Tavanomaisia sovellutuksia ovat esimerkiksi nostimet sekä ajoneuvojen jarru- ja automaattiosysteemeissä olevat säätöjärjestelmät. (Pere, 2016)

Hydrauliset ja pneumaattiset järjestelmät käsittävät pumppuja, erilaisia venttiileitä, putkistoja sekä suodattimia. Näiden rakenneosien muodostamien järjestelmien piirustuksissa osat esitetään kaaviomaisesti, ei osien rakenteen mukaista esitystapaa käyttäen. Järjestelmää kuvaavasta piirustuksesta käytetään myös nimitystä toimintakaavio. (Pere, 2016)

4.1 Hydrauliiikka

Hydrauliiikkaa käytetään energianlähteenä koneissa ja laitteissa. Hydraulista energiaa tuottaa hydrauliikkakoneisto, joka koostuu hydrauliikkapumpusta tai useammasta pumpusta sekä venttiililohkosta, joka ohjaa hydrauliiikkaa. Hydrauliiikkaa voidaan käyttää tuottamaan liikettä, joko nostinten sylintereissä nostovoimaa tai tuottamaan pyörivää liikettä hydrauliikkamoottoreissa. Hydraulinen energia tulee siirtää kuitenkin putki- ja letkuverkostoa pitkin voimaa tarvitseville komponenteille.

Kokoonpanotyössä hydrauliiikka käsittää hydrauliiikkaletkujen ja -putkien reitittämisen koneen tai konelinjaston komponentteihin. Hydrauliiikkaletkut reititetään normaalisti koneen komponentteja kohti hydrauliikkakoneistolta, joka tuottaa hydraulisen voiman. Hydrauliikkakoneisto on sijoitettuna yleensä keskeiselle paikalle konetta tai konelinjastoa, josta letkut voidaan reitittää kohti voimaa tarvitsevia komponentteja. Hydrauliiikkaletkuja pyritään reitittämään suorinta reittiä ja siten, etteivät letkut joudu taittumaan tiukkoihin kulmiin tai ahtaisiin tiloihin, joissa ne saattavat kulua hankauksen seurauksena.

4.2 Pneumatiikka

Pneumatiikkaa käytetään energian lähteenä kuten hydrauliiikkaa, mutta pneumatiikassa energian lähteenä toimii paineistettu kaasun. Pneumaattista energiaa käytetään kohteissa, joissa on tarvetta suoraviivaiselle liikkeelle. Pneumatiikan yleiset käyttökohteet ovat komponentit, joissa on tarve edellä mainitulle suoraviivaiselle liikkeelle ja voiman tarve ei ole niin suuri kuin esimerkiksi hydrauliiikan komponenteilla. Pneumatiikkaa käytetään energian lähteenä kohtalaisten pienten komponenttien energian tarpeeseen kuten esimerkiksi liikuttamaan painimia, joilla pitää saada painettua esimerkiksi kasaa päällekkäisiä vanereita, niin etteivät vanerit pääse liikkumaan toisiinsa nähden.

5 KOKOONPANO KÄYTÄNNÖSSÄ

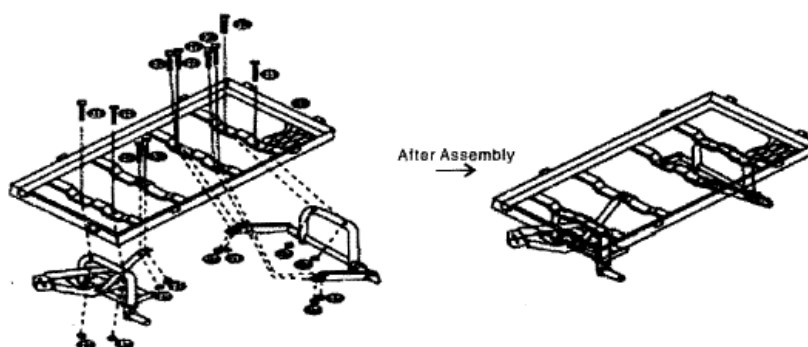
5.1 Manuaalinen kokoonpano

Käytännössä kokoonpaneminen on koneen osien tai esimerkiksi huonekalujen kokoamista. Huonekalujen kokoamisesta jokaisella on kokemusta. Huonekalujen kokoamisesta ensimmäisenä mielletään vaikea lukuiset ja epäselvät kokoamisohjeet, joissa on huonosti merkityt osat, jotka tulisi liittää toisiinsa. Kokoamisohjeissa on yleensä liian vähän osakokoonpanopiirustuksia. Huonekalun kaikki kokoamisvaiheet yritetään kasata samaan pääkokoonpanopiirustukseen, josta ei saa selvää mikä osa tulee liittää mihinkä osaan ja millaisella kiinnitystarvikkeella.

STEP 3

Assemble the Cart bed (1) to the front support and rear support using PART NO:

(17) Nut w / Lock Insert 8mm (21) Carriage Support Bolts 8 x 20mm



Kuva 4 Esimerkki epäselvästä kokoonpano-ohjeesta (CyberText, 2013)

Kokoonpanopiirustusten epäselvyys ja vaikealukuisuus ovat ongelma myös suuremmassa teollisuudessa. Teollisuus, jossa kasataan koneita komponenteista ja suuresta määrästä osia, vaatii kokoonpanopiirustuksia. Kokoonpanopiirustukset auttavat kokoonpanijaa kasaamaan koneita. Hyvä kokoonpanopiirustus selventää komponenttien kasaus järjestystä ja vähentää näin väärin kokoonpanemisen mahdollisuutta. Koneita ja laitteita pyritään suunnittelemaan niin, ettei niitä pystyisi kokoonpanemaan väärässä järjestyksessä, mutta aina ei ole mahdollista suunnitella koneita niin, ettei niitä pystyisi väärin kokoamaan. Väärästä komponentista ja väärässä järjestyksessä aloitettu koneen kokoonpaneminen voi johtaa siihen, ettei koneen tulevia komponentteja pysty asentamaan aikaisemmin väärässä järjestyksessä asennettujen komponenttien takia. Hyvä kokoonpanopiirustus esittää selvästi missä järjestyksessä komponentit asennetaan, jotta laite tai kone saadaan kokoonpantua ilman ylimääräistä purkutyötä ja uudelleen kokoamista. Selkeä kokoonpanopiirustus edistää kokoonpanemisprosessia osien numeroinnin, osaluettelon sekä yksiselitteisen osien asennusjärjestyksen myötä.

5.2 Manuaalisen kokoonpanon tulevaisuus

5.2.1 Animaatiot

Autodesk Inventor 3D -mekaniikkasuunnitteluohjelmistolla ja muillakin mekaniikkasuunnitteluohjelmistoilla on mahdollista luoda animaatioita kokoonpanoista samaan tapaan kuin kokoonpanopiirustuksia. Animaatio mahdollistaa kokoonpanopiirustuksessa esitettyjen komponenttien räjäytyskuvannon kokoonpanon komponentti kerrallaan. Räjätyskuvannossa komponentit ovat hajautettuna erilleen, jotta voidaan nähdä komponenttien järjestys. Räjätyskuvannosta luodussa animaatioissa nähdään kokoonpanon komponenttien ja kiinnitystarvikkeiden kokoonpanojärjestys sekä suunta, josta komponentit kokoonpannaan.

Animaatiot toimivat tukemassa kokoonpanopiirustusta. Kokoonpanopiirustuksessa esitetään kokoonpantavan kappaleen osat ja komponentit numeroituna sekä niiden liikesuunnat on merkitty katkoviivoilla. Vaikka kokoonpanopiirustuksen räjäytyskuvanto on hyvin tehty, voi kokoonpanon asennussuuntien käsittäminen silti olla haastavaa. Animaation avulla kokoonpantavaa kappaletta voidaan tarkastella eri kuvakulmista, kun asennetaan paikalleen komponenttia, joka sijaitsee esimerkiksi räjäytyskuvannon katselusuunnan mukaisesti kappaleen toisella puolella. Periaatteessa animaatioissa pystytään kääntämään katselusuuntaa kokoonpantavan komponentin asennussuunnalle sopivaan kulmaan.

Animaatioiden käyttäminen apuna kokoonpanoiloissa edellyttää tietokonetta tai muuta multimedia laitetta kokoonpanopisteeseen. Esimerkiksi tablet-tietokone kokoonpanopisteessä avustaisi manuaalisessa kokoonpanossa huomattavasti, kun käsillä olisi kokoonpanopiirustus ja mahdollisesti animaatio kokoonpanosta. Kokoonpanopiirustuksen luominen on nopeaa ja yksinkertaista, verrattuna hyvin kuvaavaan ja selkeään animaatioon. Animaatioiden luomiseen kuluu paljon aikaa ja siksi animaatioiden hyödyllisyyttä tulee pohtia.

5.2.2 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus on vielä tuore media, joten sen määritelmä ei ole vielä vakiintunut. Virtuaalitodellisuuden tutkijoilla ja käyttäjillä on tietenkin omat mielipiteensä asiasta. Webster's New Universal Unabridged Dictionary (1989) määrittelee käsitteen virtuaalinen: "virtuaalinen on olemus tai efekti, mutta ei fakta." Todellisuuden määritelmä on vaikeampi ja sen määritteleminen voi johtaa monimutkaisiin filosofisiin keskusteluihin. Yksinkertaistetaan asioita käyttötarkoitukseen ja sanotaan että todellisuus on paikka, joka on olemassa ja jonka voi kokea. (William R. Sherman, 2003)

Virtuaalitodellisuuden kokeminen vaatii ympärilleen erinäisiä lisälaitteita, kuten virtuaalitodellisuuslasit ja tehokkaan keskusyksikön tuottamaan virtuaalitodellisuutta. Virtuaalitodellisuutta luodaan siis päähän asetettavilla lasien tyyppisillä laitteilla. Virtuaalitodellisuuslasit ovat kuin silmälasit, jotka toimivat näyttölaitteena. Niiden avulla käyttäjä voi nähdä tietokoneella luotuja kuvia, joiden kanssa käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa. Lasit sisältävät yhden tai kaksi näyttölaitetta, jotka ovat kasvo-

jen edessä ja luovat graafista kuvaa, johon kuuluu usein ääntä ja videokuvaa. Käyttäjä näkee molemmilla silmillä yhden erillisen kuvan, joista aivot muodostavat kolmeulotteisen kuvan. Tämä luo illuusion syvyydestä, joka on tunnusomainen piirre virtuaalisille ympäristöille. On olemassa virtuaalitodellisuuslaseja, jotka mahdollistavat kolmiulotteisen kuvan projisoinnin oikean maailman esineeseen. Tätä kutsutaan lisätyksi todellisuudeksi.

(Virtual Reality Society, 2017)



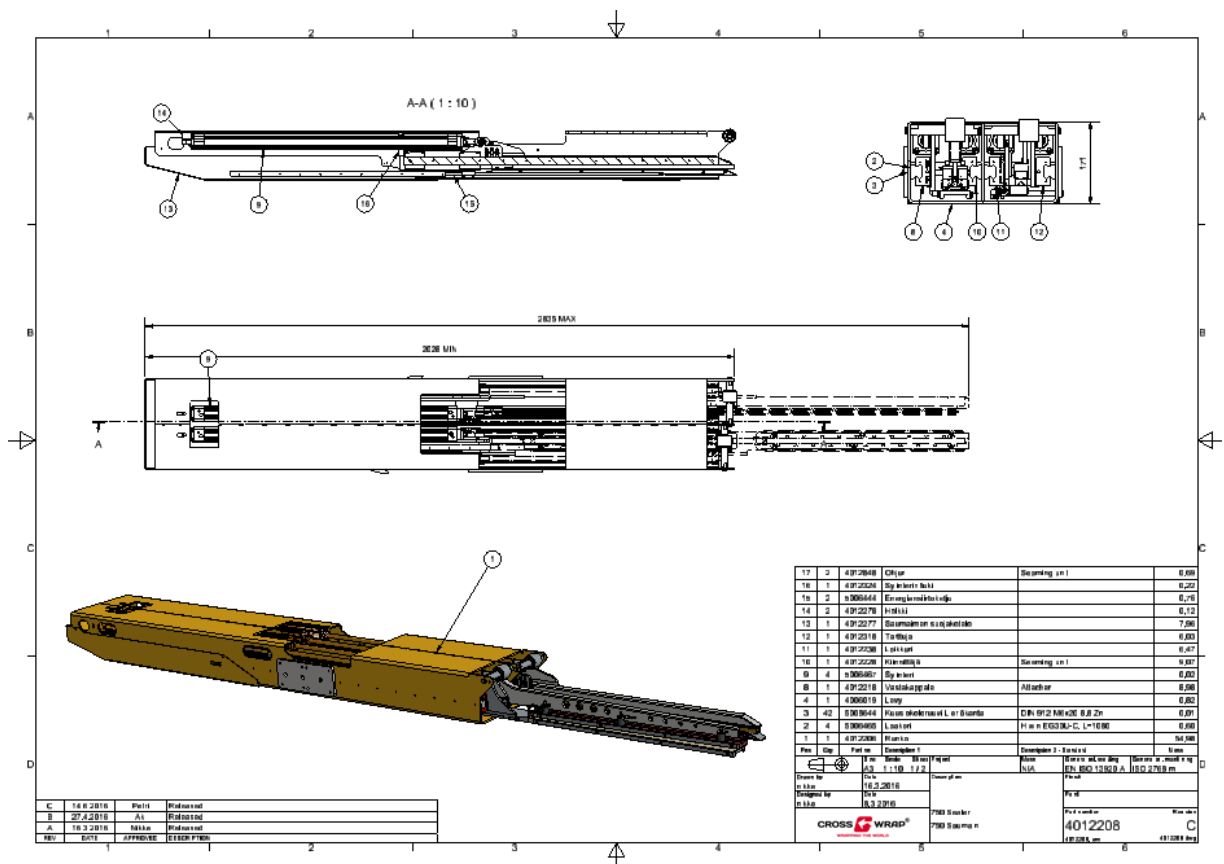
Kuva 5 Virtuaalitodellisuuslasit (Oculus, 2017)

Käyttämällä kokoonpanossa virtuaalitodellisuuslaseja tulevaisuuden kokoonpanija pystyisi näkemään korostettuna esimerkiksi koneeseen tarvittavat komponentit sekä näiden koontijärjestyksen. Lasien avulla kokoonpanija näkisi kunkin komponentin paikan sekä näiden asennusasennon sekä esimerkiksi tarvittavat kiristysmomentit kiinnitystarvikkeille. Tämäntyyppinen virtuaalinen todellisuus olisi erittäin kehittyntä tekniikkaa, joka voi hyvinkin olla tulevaisuuden kokoonpanopiirustusten korvaaja tai erittäin hyödyllinen kokoonpanon apuväline.

6 KOKOONPANOPIIRUSTUSTEN KEHITYS

6.1 Kokoonpanopiirustusten lähtökohta

Kokoonpanopiirustusten kehittäminen alkaa tutustumisella olemassa oleviin kokoonpanopiirustuksiin. Olemassa olevissa kokoonpanopiirustuksissa käytetyt kuvannot antavat lähinnä suuntaa koneen komponenttien kokoonpanoasunnoista ja sijainneista. Näistä kuvannoista kokenut kokoonpanija pystyy kokoamaan ja varmistamaan komponenttien asennusjärjestyksen, mutta uudelle kokoonpanon työntekijälle kyseisistä kokoonpanopiirustuksista koneenosan kokoaminen on haastavaa. Kuvassa 6 esitetään edellä mainitun mallinen kokoonpanopiirustus.



Kuva 6 Kokoonpanopiirustuksen lähtökohta (Happonen, 2017)

Kokoonpanopiirustuksiin tarpeelliset tiedot kuten osaluettelo, osien numerointi sekä otsikkotaulun tiedot on sijoitettu oikeaoppisesti, kuten tekniseen kokoonpanopiirustukseen kuuluukin. Kuvantoihin on parhaan mukaan lisätty leikkauskuvantoja ja yksityiskohtakuvantoja, joihin on merkitty osien numeroinnit osanumerointipalloilla. Näistä kuvannoista on kuitenkin hankala saada selville komponenttien kokoonpanojärjestystä ja tarvittavia kiinnitystarvikkeita. Kuva 6 esittää lähtökohdan mukainen kokoonpanopiirustus saumaimesta, jossa on monimutkainen rakenne suojuakouren sisällä.

6.2 Kehitetyt kokoonpanopiirustukset

Kokoonpanopiirustuksia kehitetään olemassa olevista kokoonpanoista tekemällä räjäytyskuvantoja ja liittämällä räjäytyskuvannot osaksi olemassa olevia kokoonpanopiirustuksia.

6.2.1 Räjäytyskuvanto

Autodesk Inventor 3D -mekaniikkasuunnitteluohjelmistossa räjäytyskuvantoja luodaan käyttämällä Presentation-toimintoa, jossa räjäytyskuvanto tehdään kokoonpanosta. Kuvassa 7 esitetään Presentation-toiminnossa räjäytetty tukilaakerikokoonpano. Presentation-toiminnossa luodaan pohja räjäytyskuvannolle, jota voidaan käyttää kokoonpanopiirustuksessa.



Kuva 7 Räjäytyskuvanto (Happonen, 2017)

Kuvassa 7 näkyvät yksittäiset kiinnitystarvikkeet sekä niiden asennussuunta. Sininen viiva komponenttien keskusakselilla kuvaa laakereiden, lukitusrenkaiden, runkotangon ja kiinnitystarvikkeiden asennusakselia. Tässä presentaatiossa kaikki komponentit asennetaan saman akselin suuntaisesti, mutta useimmissa tapauksissa komponentteja on kuvannossa niin paljon, että useampia asennusakseleiden suuntia joudutaan käyttämään.

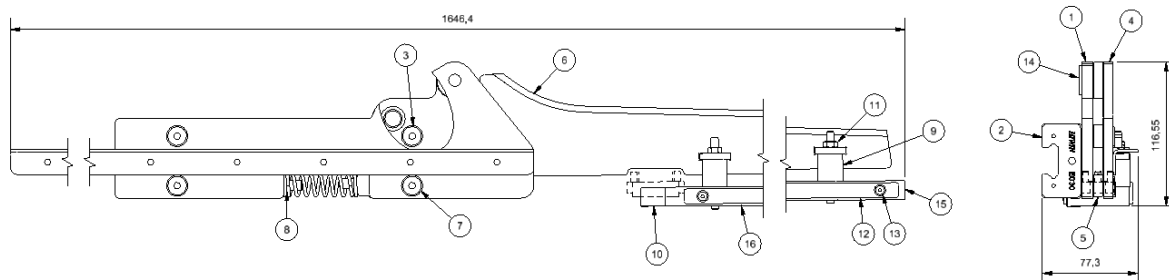
6.2.2 Kokoonpanopiirustus

Kokoonpanopiirustuksessa esitetään koneenosan kokoonpano-ohje. Kokoonpanopiirustuksessa tulee olla esitettynä kokoonpanossa käytettävät osat ja osat merkitään kokoonpanopiirustuksessa osaluetteloon. Osaluettelossa ilmoitetaan kokoonpanossa tarvittavien osien lukumäärä, osien positio kokoonpanossa, osalle annettu nimi ja lyhyt kuvaus osasta. Kuvassa 8 on saumaimen kiinnittäjäosan osaluettelo, jossa on merkitty edellä mainitut tarpeelliset tiedot.

16	1	5005122	Saumauslanka	Kanthal 2,5 ohm/m 3x0,5mm L=2200	0,00
15	1	5006842	Teflon teippi		0,13
14	1	5008525	Aluslaatta	DIN 125-M12-Zn	0,01
13	8	5008661	Kuusiokoloruuvi Uppokanta	DIN 7991-M4x10-8.8 Zn	0,00
12	2	4012221	Levy		0,19
11	6	5008710	Kuusiomutteri	DIN 934-M6-8 Zn	0,00
10	1	4005992	Levy	Bakelite plate	0,47
9	6	5006834	D20L22-UK18M6/UK18M6	D20L22-UK18M6/UK18M6	0,06
8	1	5006485	Jousi	Meconet-D13020 2,50/18,50/88,0	0,02
7	3	5008680	Kuusiokoloruuvi Uppokanta	DIN 7991-M8x35-8.8 Zn	0,02
6	1	4005995	Varsi	Attacher arm	3,13
5	3	4005990	Holkki		0,01
4	1	4012230	Kiinnittäjä		1,94
3	1	5008677	Kuusiokoloruuvi Uppokanta	DIN 7991-M8x20-8.8 Zn	0,01
2	2	5006832	Kuulajohde		0,45
1	1	4012227	Kiinnittäjän runko		1,60
Pos	Qty	Part no	Description 1	Description 2 - Standard	Mass

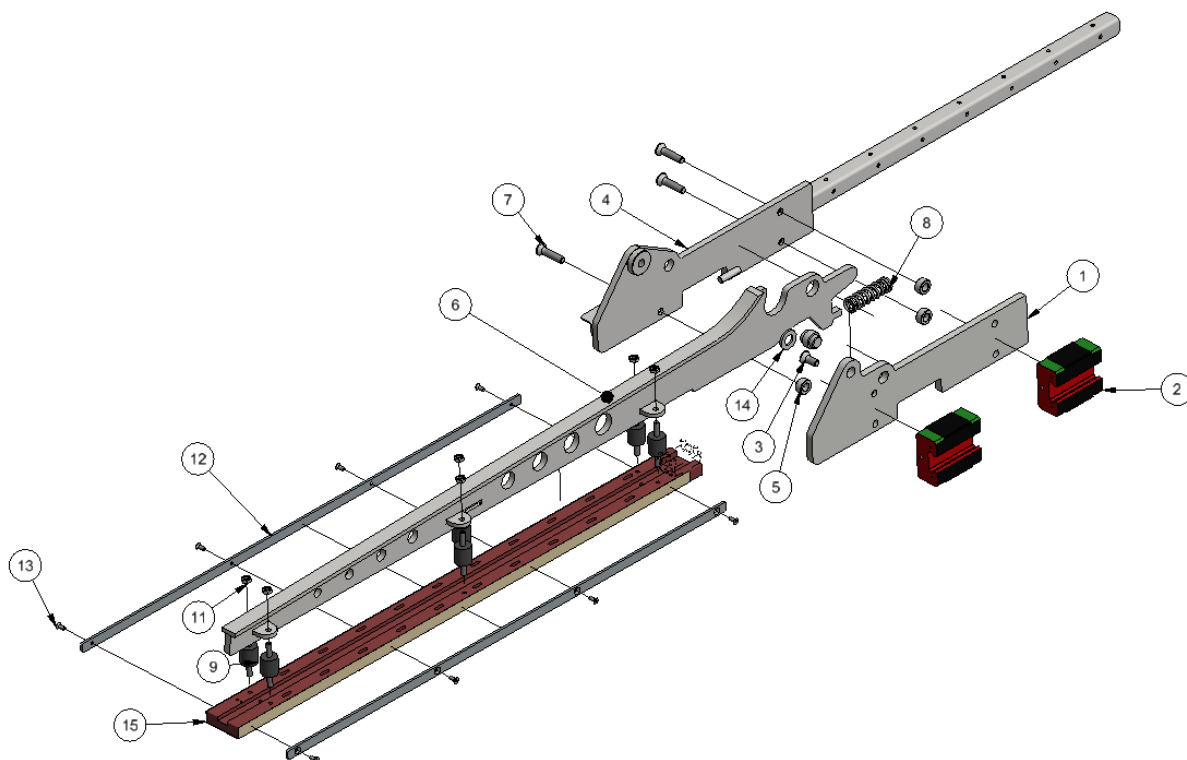
Kuva 8 Osaluettelo (Happonen, 2017)

Kokoonpanopiirustuksessa esitetään kokoonpantavan kappaleen yleismitat, kuten leveys, pituus ja korkeus. Nämä mitat esitetään kuvannoissa, joissa mitat ovat selvästi esillä ja joista mitat on nopea tarkistaa. Kokoonpanopiirustukseen merkitään mitat geometrisen mitan mukaan, jotta saadaan yleiskäsitys kokoonpantavan kappaleen mitoista. Kuvassa 9 on esitetty kiinnittäjän mitat.



Kuva 9 Kiinnittäjän geometriset mitat (Happonen, 2017)

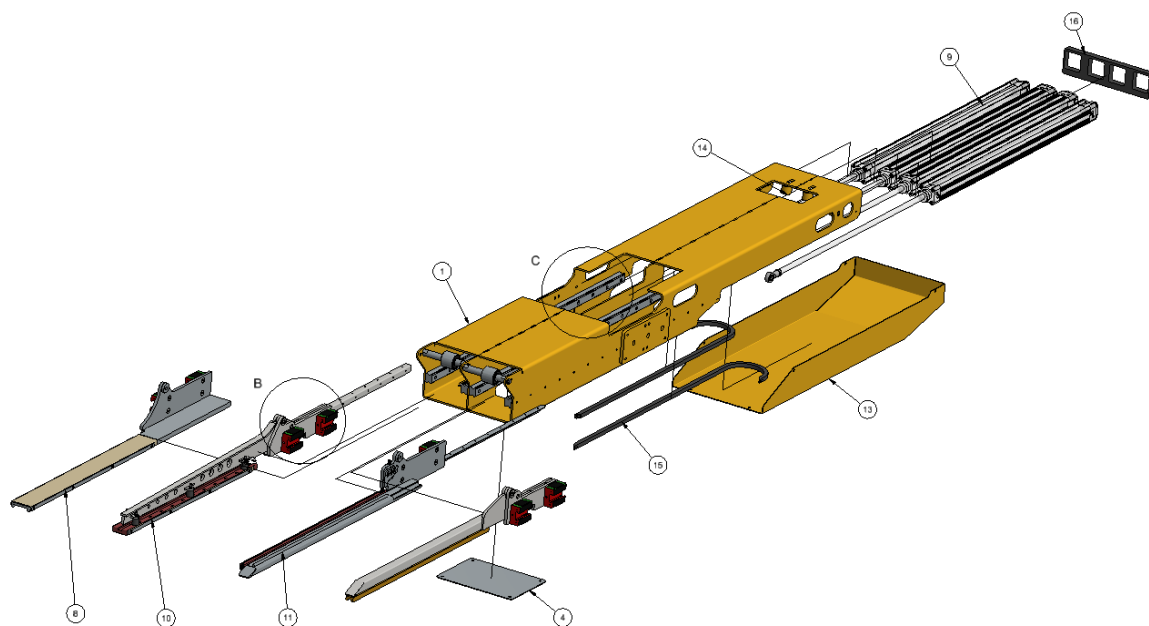
Kuvassa 9 esitetyt numeroidut ympyrät ovat positionumeroita, jotka ovat linkitettyinä osan positio numeroihin osaluettelossa. Osanumerot esittävät kuvannossa osanumeron, jonka nimi ja kuvaus ovat ilmaistu osaluettelossa kuten kuvassa 8. Kuvassa 9 esitetyistä kuvannoista on hankalaa selvittää, kuinka kyseinen osa kokoonpannaan. Kokoonpanemista helpotetaan liittämällä kokoonpanopiirustukseen kuvan 10 esimerkillä tehtyjä räjäytyskuvantoja.



Kuva 10 Kiinnittäjäosan räjäytyskuvanto (Happonen, 2017)

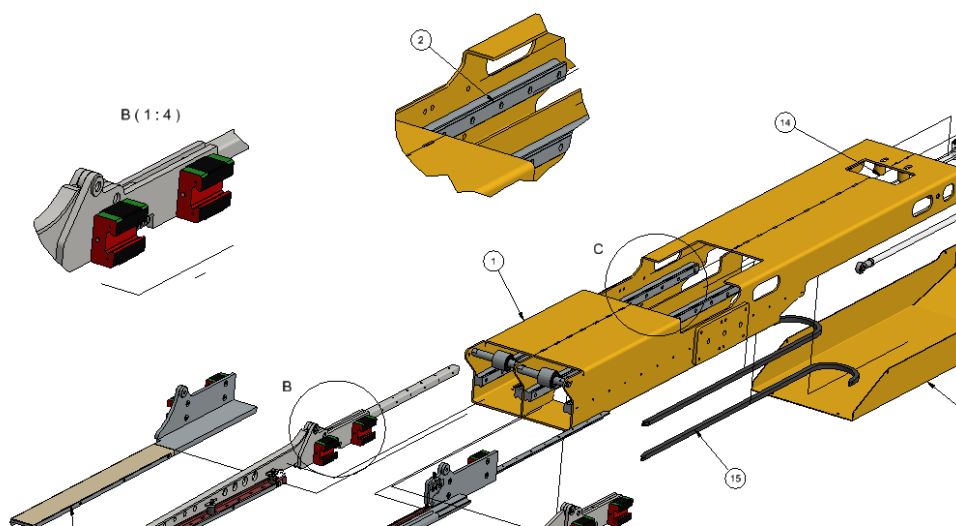
Kuvassa 10 on saumaimen kiinnittäjäosan räjäytyskuvanto. Tästä kuvannosta nähdään tarvittavien osien asennussuunta sekä osien asennussijainnit. Osille merkitään osanumerot ja asennusakselit. Tämän kiinnittäjän osaluettelo esitetään kuvassa 8. Kuvannosta saadaan selville kokoonpanojärjestys asennusakseleiden avustamana. Tämän kappaleen keskuspisteenä toimii numerolla kuusi merkitty runkolevy, jonka ympärille osat on hajautettuna.

Kokoonpanoista tehdään osakokoonpanopiirustukset jokaisesta kokoonpanoa vaativasta osasta. Kuvissa 7 ja 10 esitetyt kappaleet ovat saumaimen alikokoonpanoja eli osakokoonpanoja. Pääkokoonpanoon nämä osat tuodaan kokonaisina. Pääkokoonpanossa esitetään kuinka nämä kuvissa 7 ja 10 sekä muut vaadittavat komponentit asennetaan pääkokoonpanoon.



Kuva 11 Saumaimen kokoonpano (Happonen, 2017)

Kuvassa 11 esitetään saumaimen pääkokoonpano, jossa alikokoonpanot yhdistetään ja saadaan pääkokoonpano. Pääkokoonpanossa liitetään yhteen runko-osaan osakokoonpanoja. Osakokoonpanoja liitettäessä pääkokoonpanon kuvantoon voidaan lisätä yksityiskohtakuvantoja, joista selviää esimerkiksi, mille kiskolle laakeri asennetaan, kuten kuvassa 12 esitetään.



Kuva 12 Yksityiskohtakuvanto (Happonen, 2017)

Tarvittaessa räjäytyskuvannosta voidaan ottaa yksityiskohtakuvantoja enemmänkin. Kokoonpanopiirustusten tulee olla selkeitä, joten piirustuksia laatiessa tulee ottaa huomioon piirustuksen luettavuus.

7 HYDRAULIIKAN JA PNEUMATIIKAN KOKOONPANO-OHJEISTUS

7.1 Kehitystyön lähtökohta

Hydrauliikka letkut ovat jäykkiä ja taipuvat huonosti, siksi ohje reititykselle ja letkujen läpiviennin kohdille on tarpeellinen. Hydrauliikkaletkujen pituudet ovat tärkeää mitoittaa oikein, koska hydrauliikka letkuja on erittäin vaikea lyhentää tarpeen mukaan. Hydrauliikkaletkut mitoitettiin aikaisemmin jokaiseen koneeseen erikseen.

Pneumatiikkaletkut reititetään samoin kuin hydrauliikkaletkutkin. Pneumatiikkaletkut ovat taipuisampia kuin hydrauliikkaletkut ja ne ovat helpommin käsiteltävissä. Pneumatiikka letkuja pystyy tarvittaessa lyhentämään toisin kuin hydrauliikkaletkuja. Pneumaattinen voima saadaan tehtaassa käytettävästä pneumaattisestarunkolinjasta, josta otetaan käyttövoima koneeseen paineensäädinten kautta. Paineensäädin järjestelmältä pneumatiikkaletkut reititetään, pneumaattista käyttövoimaa tarvitseville komponenteille.

Kokoonpanohallissa suoritetaan koeajo koneelle ja varmistetaan, että kone toimii luvatusi. Kone puretaan lastauskuntoon, ja letkutukset puretaan kerälle hydrauliikkakoneiston lähettyville. Koeajo vaiheessa hydrauliikka- ja pneumatiikka letkujen reitityksen dokumentoinnista on apua koneen kokoonpanossa asiakkaan tiloissa. Letkujen läpivientien ja reititysten valokuvaus nopeuttaa kokoonpanoa asiakkaiden tiloissa ja välttää viivästyksiltä. Reittiohjeistus letkutuksille nopeuttaa niiden reititystä, koska välttää ylimääräiseltä letkujen reittien pohtimiselta niin kokoonpanohallissa kuin asiakkaantiloissa. Kokoonpanovaiheessa kokoonpanohallissa oikeaoppisesti reititetyt hydrauliikka- ja pneumatiikkaletkut varmistavat, että letkut ovat oikean mittaiset ja sopivat omille paikoilleen konetta uudelleen kokoonpantaessa asiakkaantiloissa.

Kehitettyyn hydrauliikkaohjeistukseen kuuluvat hydrauliikkaletkujen reititysohjeet sekä hydrauliikkaletkujen määrittäminen peruskonekohtaiseksi. Hydrauliikka reititysohjeet luodaan käyttämällä Autodesk Inventor 3D -mekaniikkasuunnitteluohjelmistoa. Hydrauliikkaletkujen taulukointiin käytetään Microsoft Excel -taulukko-ohjelmistoa. Hydrauliikkakaaviot on luotu käyttämällä Autodesk AutoCAD -ohjelmistoa.

7.2 Hydraulikkojen yhtenäistäminen

Aikaisemmin jokaiseen koneeseen hydraulikkaletkut mitoitettiin erikseen. Uuden listauksen myötä tietyn tyyppiin koneisiin hydraulikkaletkut ovat valmiiksi mitoitettuna. Hydraulikkoja yhtenäistään luomalla taulukot, jotka ovat yhteneväiset vakiokoneiden hydraulikkakomponenttien kanssa. Listat ja taulukot luodaan listaamalla tarvittavien hydraulikkaletkujen pituudet sekä tarvittavien letkujen tyypit. Letkujen tyyppin määrittävät, niiden liittimet eli onko letkuissa suorat- vai kulmaliittimet, sekä letkun koko eli halkaisija. Letkujen halkaisija ilmoitetaan tuumissa. Taulukkoon merkitään letkun tyyppi käyttämällä merkintää esimerkiksi K-3/8-S-1400, joka tarkoittaa 3/8 tuuman letkua, jossa on kulmaliitin sekä suora liitin ja letkun pituus on 1400 millimetriä.

Letkut listataan komponenttitaulukkoon, jossa ilmoitetaan konetyyppi, johon letkut tulevat sekä hydraulikkakoneiston sijainti koneeseen nähden. Komponentti listaan on merkittynä komponenttien positiot, joissa komponentti esiintyy hydraulikkakaaviossa sekä tarvittava lukumäärä komponenttia. Komponenteille annetaan yksinkertainen nimitys ja kuvaus esimerkiksi hydraulikka moottori ja sen mallimerkintä. Hydraulikka letkuista käytetään yleisnimitystä letkukokoonpano. Samaan taulukkoon on merkittynä kaikille taulukossa esiintyville komponenteille annettu osanumero. Osanumeroa käytetään osien tunnistamiseen ja osanumerolla hankintaosasto tilaa tarvittavat komponentit.

CROSS WRAP®
WRAPPING THE WORLD

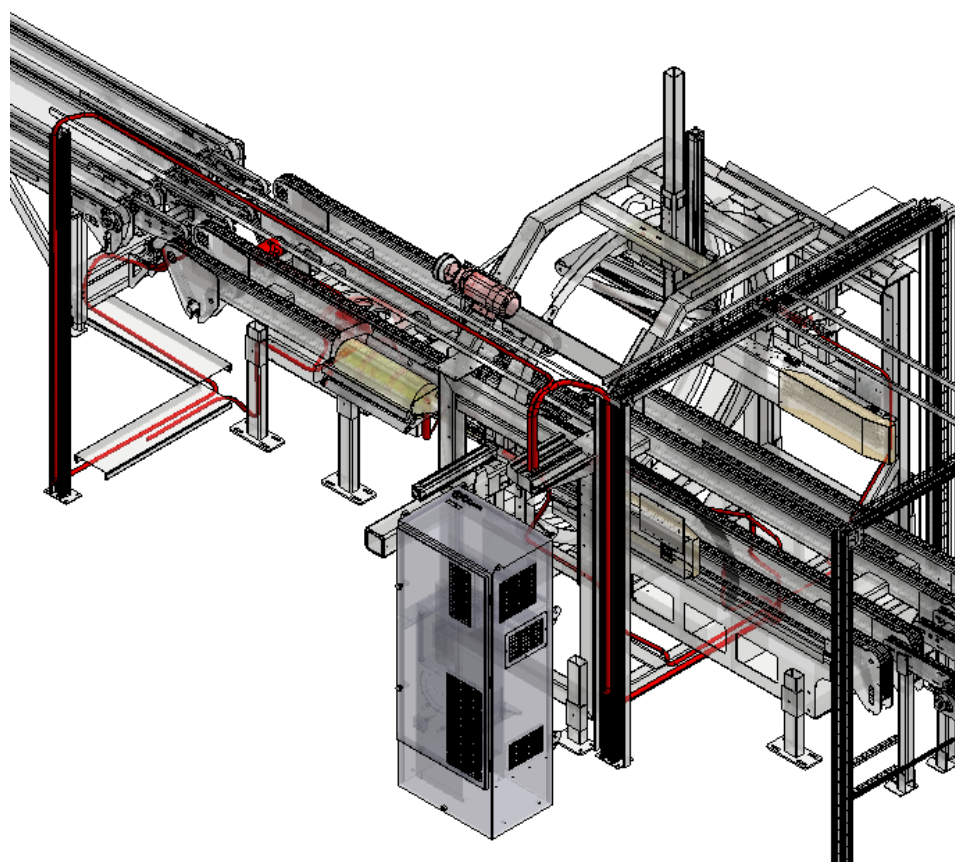
PART LIST				
PROJECT				K=angle
DRAWING				S=straight
DATE				
TYPE	CWD-2200-LW-750-1-5			
SET NRO.	1			
HYDR.SIDE	Right			
FILLED	PH			
POS	QTY	PART NO	DESCRIPTION1	DESCRIPTION2
1	1	5005585	Hydraulic motor	MSU100
2	1	5005585	Hydraulic motor	MSU100
3	1	5007981	Hydraulic motor	OMR200F
4	1	5004525	Hydraulic cylinder	25/14-200
5	1	5004525	Hydraulic cylinder	25/14-200
6	1	5005585	Hydraulic motor	MSU100
7	1	5005585	Hydraulic motor	MSU100
8	1	5004994	Direction valve 3/2	
9	1	5005462	valve block	11017636
10	1	5008198	hydraulic unit 15Kw	
11	185	5004301	hydraulic oil 46	Teboil Larita
12	1	5005293	Rotary joint	1 1/4-1/2"
13	1	4000180	coupling	1/4"
14	1	4000180	coupling	1/4"
15	1	4000180	coupling	1/4"
16	1	5003050	hose assy	K-3/8-S-1500
17	1	5003049	hose assy	K-3/8-S-1400
18	1	5002497	hose assy	S-1/4-S-900
19	1	5003015	hose assy	K-1/4-S-3500
20	1	5003003	hose assy	K-1/4-S-1000
21	1	5002511	hose assy	S-1/4-S-3500

Kuva 13 Hydraulikkaosalista (Happonen, 2017)

7.3 Hydraulikan ja pneumatiikan reititysohjeistus

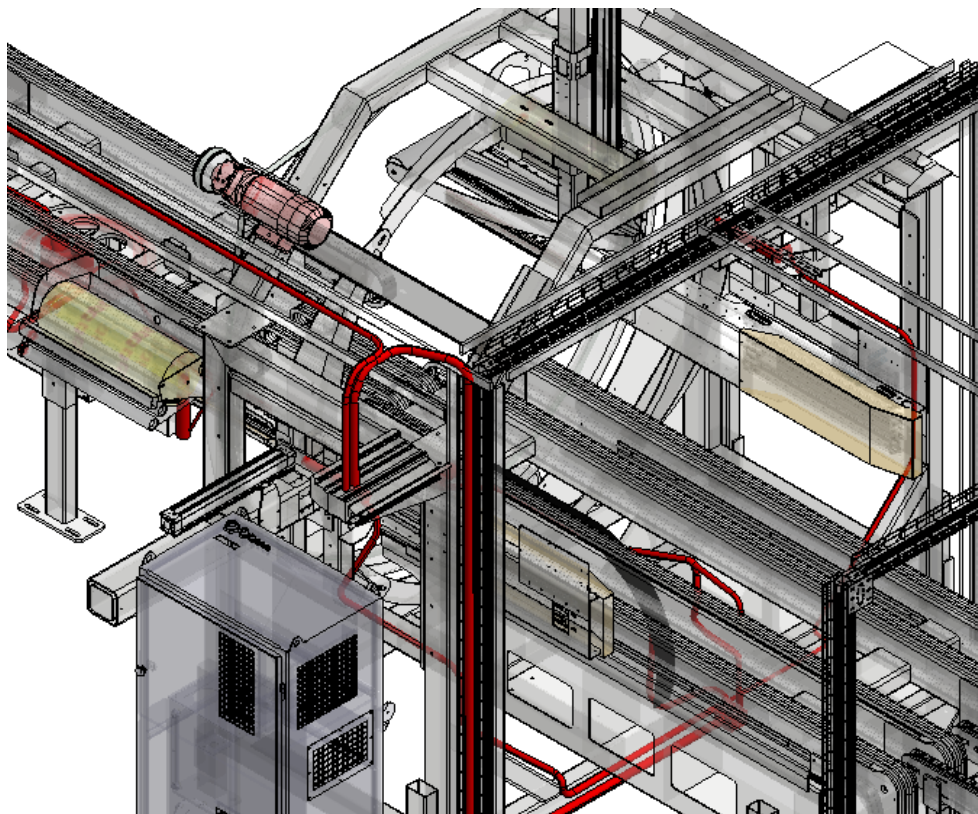
7.3.1 Hydraulikkojen reititysohje

Reititysohje tehdään luomalla koneesta eli linjastosta yksinkertainen kuorimalli, jota on kevyempi käsitellä Inventor- ohjelmistossa. Kuorimalliin pyritään sijoittamaan tarvittavat hydraulikkakomponentit oikeisiin sijainteihin, jotta reititysohjeesta tulee oikean mallin mukainen. Malliin sijoitetuista komponenteista aloitetaan piirtämään 3D-luonnostelutyökalulla hydraulikkaletkujen reittiohjetta. 3D-työkalulla piirretään reitti, josta hydraulikkaletku kulkee vaivattomasti. Kuvantoihin hydraulikkaletkut kuvataan punaisella värillä.



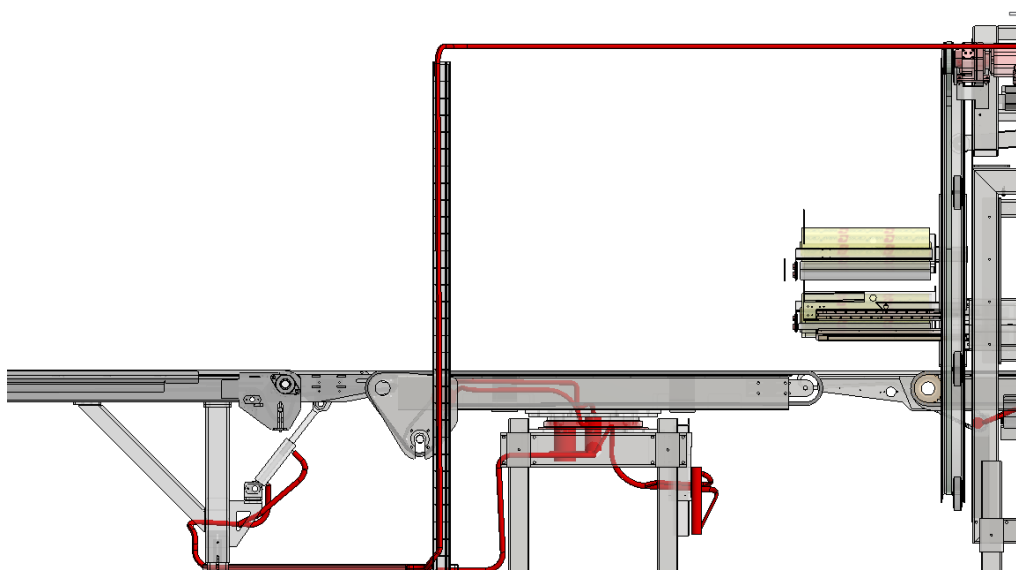
Kuva 14 Yleiskuva hydraulikkaletkuista (Happonen, 2017)

Reititys aloitetaan kuorimalliin sijoitetulta hydraulikkaventtiililohkolta, josta letkut lähtevät komponentteja kohti. Linjastossa lohkolta on monta hydraulikkaletkun lähtöä, näistä kaikista lähdöistä ei ole tarkoitus piirtää reititys ohjetta vaan ohje eri suuntiin lähtevistä letkuista riittää. Kuten kuvista 14 ja 15 ilmenee.



Kuva 15 Hydraulikka lähdöt (Happonen, 2017)

3D-ympäristössä piirretään kuorimalliin reitti hydraulikkaletkulle. Reitti pyritään piirtämään hydraulikkaletkulle suotuisinta reittiä pitkin komponentille. Kuvassa 16 on esimerkkireititys hydraulikkaletkulle, joka on reititetty kuljettimen moottorille ja nostosylinterille. Hydraulikkaletkun reitti kiertele koneenrakenteiden myötäisesti ja kulkee tukitelineitä myöten koneen päällä koneen kulkusuunnan mukaisesti kauempana sijaitseville komponenteille, jossa letkun reitti laskeutuu maahan ja kulkeutuu komponenttia kohti suojakannen alla.

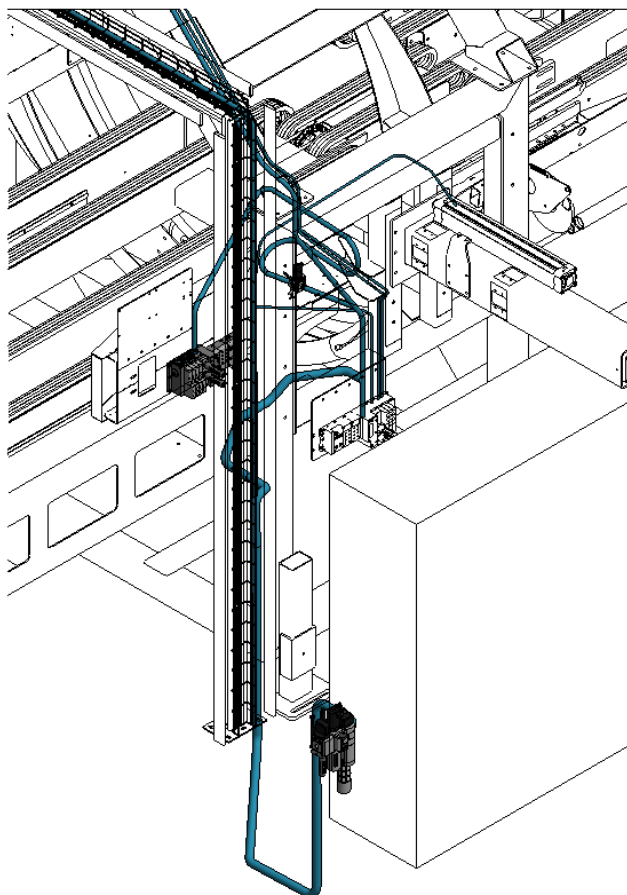


Kuva 16 Kuljettimen hydraulikka (Happonen, 2017)

Koneiden monimukaisten rakenteiden takia hydraulikkaletkujen reitin esittäminen on hankalaa varsinkin tulostettuna paperille. Reitin esiin tuominen vaatii useita kuvantoja eri kuvakulmista, jotta asentaja ymmärtää, mistä letkun on tarkoitus kulkea ja esimerkiksi kummalta puolelta koneen runkorakennetta sen tulisi kiertää, sisä- vai ulkopuolelta. Yleiskuvannosta saadaan selville hydraulikkaletkun reitti ja näin asentaja pystyy hahmottamaan, missä hydraulikkaletkujen reitti sijaitsee. Linjaston kuorimalli tulee saada näyttämään mahdollisimman pelkistetyltä, jotta hydraulikkaletkut erottuvat koneen rakenteiden joukosta. Suoraan 3D-suunnitteluohjelmalta katsottuna hydraulikkaletkujen reititys on selkeästi nähtävissä.

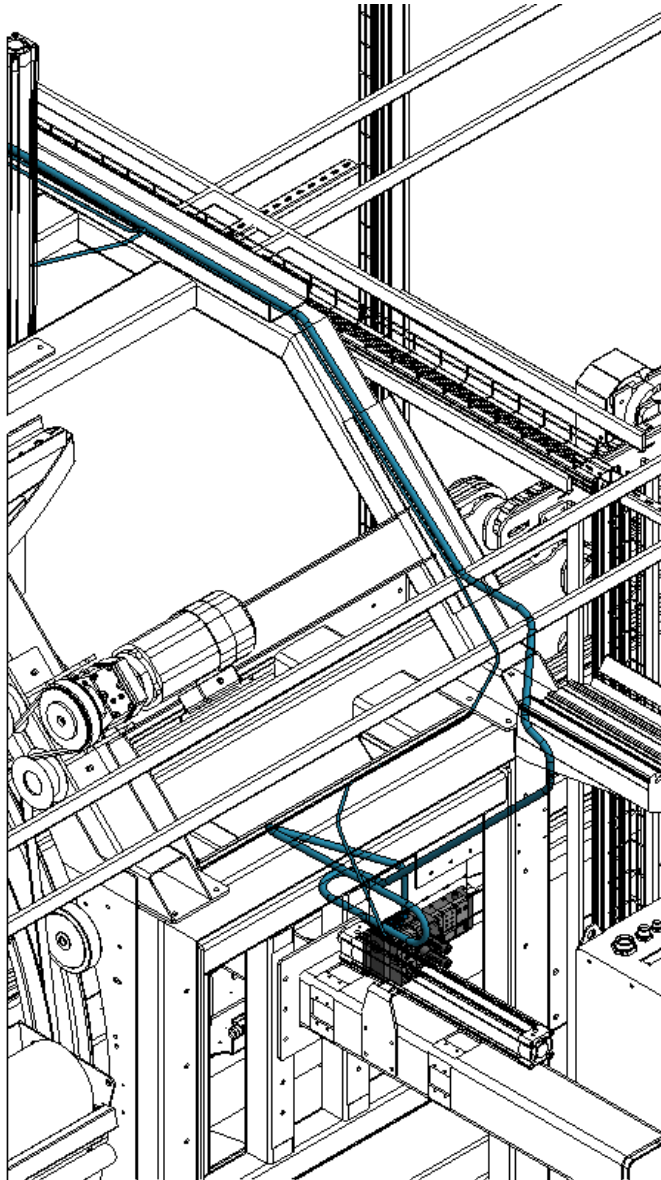
7.3.2 Pneumatiikan reititysohje

Pneumatiikan reititysohje tehdään samaan malliin kuin hydraulikan reititysohje. Kuorimalliin sijoitetaan tarvittavat pneumatiikan komponentit oikeisiin sijainteihin. Näille komponenteille piirretään 3D-luonnostyökalulla pneumatiikkaletkujen reititystä samaan tapaan kuin hydraulikan reititystä. Pneumatiikkareitityksen mallintaminen aloitetaan paineensäätimeltä, josta pneumatiikkaletkut lähtevät. Pneumatiikkaletkut kuvataan sinisellä värillä, joka erottuu koneen rakenteesta. Kuvannot ovat hieman epäselviä, mutta antavat asentajille ohjeen, mistä pneumatiikkaletkujen tulee kulkea.



Kuva 17 Paineensäädin lähtö (Happonen, 2017)

Koneessa on useita pneumatiikkaletkuja, mutta reitityksen esimerkiksi riittää yhden reittiohjeen mallintaminen. Jokaiselle pneumaattista voimaa tarvitsevalle komponentille tulee kuitenkin mallintaa oma yhden pneumatiikkaletkun reititysohje, kuten kuvasta 18 näkyy, lohkolle menee yksi letku ja toimilaitteelle toinen pneumatiikkaletku.



Kuva 18 Toimilaitteen pneumatiikkaletkut (Happonen, 2017)

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kehitettiin kokoonpano-ohjeistusta Cross Wrap Oy :n tarpeeseen. Opinnäytetyön tekeminen alkoi tutustumalla olemassa oleviin kokoonpanopiirustuksiin. Kokoonpanopiirustuksia kehitetään kokoonpanonsujuvuuden varmistamiseksi. Kokoonpano-ohjeistukseen kuuluvat kokoonpanopiirustukset, hydrauliiikka- ja pneumatiikkaletkujen reititysohjeet sekä hydrauliiikkakomponenttien määrittäminen vakiokonekohtaisiksi.

8.1 Kokoonpano-ohjeistus

Kokoonpanopiirustukset ovat merkittäviä kokoonpanon sujuvuuden kannalta. Kokoonpanopiirustusten tekeminen ja niiden kehittäminen on ehdottoman tärkeää kokoonpanolle, varsinkin jos alihankkija sijaitsee toisella paikkakunnalla ja alihankkijalla ei ole paikalla jatkuvasti henkilöitä, jotka tuntevat koneen kokoonpanemisen läpikotaisin. Näissä tapauksissa kokoonpanopiirustukset edistävät kokoonpanotyötä huomattavasti, kun vältetään epäselvyyksiltä ja kokoonpano-ohjeiden kyselemiseltä.

Kokoonpanokuvat ovat hyödyllisiä alihankkijalla, jossa työntekijät vaihtuvat kokoonpano-osastolla jatkuvasti. Samat työntekijät eivät ole kokoonpanemassa konetta, joten työntekijä, jolla ei ole tunteista kokoonpanemisesta, ei osannut ennen kokoonpanopiirustuksia kokoonpanna koneen komponentteja. Kokoonpanokuvien avulla uudelle työntekijälle voidaan antaa piirustus ja hän osaa kokoonpanna kyseisen komponentin. Ennen kokoonpanokuvista oli jatkuva kysely, kuinka konetta kokoonpannaan. Uusista kuvista näkee nopeasti myös erheen kokoonpanossa. Alihankkija on tyytyväinen uusiin kokoonpanokuviin. Kokoonpanokuvien kehitys sai aikaan muutoksen, jossa kaikista uusista kehitetyistä koneenosista tehdään kokoonpanopiirustukset. Varaosien toimitukset ovat helpottuneet uusien kuvien myötä, kun asiakkaalle voidaan lähettää räjäytyskuva, josta asiakas voi kertoa, mikä osa on rikkonainen. (Rissanen, 2017)

Kokoonpanopiirustukset ovat merkittäviä kokoonpanon apuvälineinä. Uusien medioiden kehittyessä virtuaaliodellisuus ja animaatiot tekevät tuloaan manuaaliseen kokoonpanoon. Uusien medioiden kohdalla tulee kuitenkin pohtia avustavatko uudet kokoonpano-ohjeen esitysmuodot työntekijää niin paljon, että uusiin esitysmuotoihin kannattaa käyttää resursseja ja suunnittelijoiden arvokasta työaika. Animaatioiden tekeminen kokoonpano-ohjeista ja räjäytyskuvannoista on hidasta ja vaatii suunnattomasti suunnittelijan aikaa ja resursseja muilta tehtäviltä. Animaatiosta olisi tehtävä sulava ja selkeä, jotta se olisi yhtä helposti ymmärrettävissä kuin hyvin jäsenneilty ja esitetty kokoonpanopiirustus. Sinä aikana, jona tekee yhden animaation, suunnittelija saa tehtyä useita kokoonpanopiirustuksia. Animaatiot näyttävät hyvälle, mutta niiden hyödyllisyys kokoonpanossa on toisarvoinen.

8.2 Hydraulikka- ja pneumatiikkaohjeistus

Hydrauliikkojen listaukset toimivat erittäin hyvin. Hydraulikkaletkuille otetaan mitat suoraan listoista vakiokoneille, ja se nopeuttaa kokoonpanotyötä huomattavasti. Vakiokoneiden hydrauliikkojen asennus sujuu nopeammin uusien listauksien ansiosta. Listauksia kehitetään ja lisätään jatkuvasti (Rissanen, 2017)

Hydrauliikkakomponenttien ja letkujen listaukset ovat erittäin toimivia, kun listauksista voidaan nähdä suoraan koneeseen tarvittavat letkujen pituudet ilman mittailuja. Toki mittoja on hyvä tarkistaa, ettei listauksessa ole virheellisiä mittoja.

Hydraulikka- ja pneumatiikka reittiohjeistuksesta nähdään karkea suuntima, missä letkujen reitti on. Reititysohjeiden tekemiseen kuitenkin kuluu niin paljon suunnittelijoiden aikaa, että reittiohjeistuksia ei ole järkevää tehdä kaikkiin kuviin. Ohjeistuksena toimii hyvin kuvissa 14 ja 15 esitetyt karkeat ohjeet.

LÄHTEET

- Cross Wrap Oy. (2015). *Cross Wrap oy*. Haettu 15. 3. 2017 osoitteesta <http://www.crosswrap.com/>
- CyberText. (14. 8. 2013). *CyberText Wordpress*. Haettu 6. 4. 2017 osoitteesta <https://cybertext.wordpress.com/2013/10/14/the-good-the-bad-and-the-ugly-of-assembly-instructions/>
- Diagram, E. (20. 2. 2017). *Engine Diagram*. Haettu 25. 4. 2017 osoitteesta <http://engine-diagram.com/5-assembly-drawing/>
- Happonen, P. (4. 4. 2017). *Tekninen piirustus*. Cross Wrap Oy, Siilinjärvi. Haettu 3. 4. 2017
- Maneesh, A.;Doantam, P.;& Heiser, J. (7. 2003). *Berkeley Edu*. Haettu 6. 4. 2017 osoitteesta <http://vis.berkeley.edu/papers/assySiggraph/assembly.pdf>
- Oculus. (2017). *Oculus VR*. Haettu 2. 3. 2017 osoitteesta <https://www.oculus.com/rift/>
- Pere, A. (2016). *Koneenpiirustus 1&2*. Kirpe Oy. Haettu 15. 3. 2017
- Rissanen, A. (4. 4. 2017). Kokoontanopäällikkö. (P. Happonen, Haastattelija) Siilinjärvi. Haettu 4. 4. 2017
- Söderber, C.;Johansson, A.;& Mattsson, S. (2014). *Development of simple guidelines to improve assembly instructions and*. Institutionen för produkt- och produktionsutveckling. Haettu 25. 4. 2017 osoitteesta http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/202981/local_202981.pdf
- William R. Sherman, A. B. (2003). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Desing*. San Fracisco: Morgan Kaufmaann Publishers. Haettu 6. 4 2017 osoitteesta https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=b3OJpAMQikAC&oi=fnd&pg=PP1&ots=3DNMdsyMRt&sig=YOiTHXs5RMKifcY6IIBSirH8hE0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Virtual Reality Society*. (2017). Haettu 2. 3. 2017 osoitteesta <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/glasses/>