

Anssi Heikkinen

POKATUN PUOLIPERÄVAUNUN KEHITTÄMINEN

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kevät 2008



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekijä(t) Anssi Heikkinen	
Työn nimi Pokatun puoliperävaunun kehittäminen	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tietokoneavusteinen suunnittelu ja kunnossapito	Ohjaaja(t) Niilo Härkönen, Lehtori Toimeksiantaja Kari Kuvaja
Aika Kevät 2008	Sivumäärä ja liitteet 52 + 10
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää puoliperävaunun käytettävyyttä. Työ tehtiin kontiomäkeläisen kuljetusyrityksen toimeksiannosta. Puoliperävaunusta tuli kehittää monikäyttöisempi niin, että lastaus helpottuu ja kuljettava tavara on paremmin suojassa. Puoliperävaunuun tarvittiin hydraulikalla toimivat polvelliset ajosillat, levitettävä pohja sekä laitoihin suojaavat verhot. Levitettävällä osalla ei ole tarkoitus kantaa kuormaa, vaan puoliperävaunu kuormataan edelleen niin, että kuorma lepää alkuperäisen rungon päällä.</p> <p>Muutokset suunniteltiin paikallisen katsastusviranomaisen sekä puoliperävaunun valmistajan ohjeiden mukaisesti. Suunnittelun lähtökohtana oli myös, että kaikki muutoksissa käytettävät rakenteet yritys voisi valmistaa omassa konepajassaan. Suunnittelussa tärkeiksi tekijöiksi valmistettavuuden lisäksi tulivat puhdistettavuus ja huollettavuus.</p> <p>Mekaniikkasuunnittelu tehtiin Autodesk Inventor -ohjelmaa käyttäen. Ennen varsinaisten muutosten suunnittelun aloittamista tuli olemassa olevan puoliperävaunun rakenteet mitata, tallentaa ja luoda niiden perusteella kolmiulotteinen malli. Mallin perusteella nähtiin rakenteiden rajoitteet muutosten toteuttamisen kannalta ja aloitettiin muutosten suunnittelu yhdessä toimeksiantajan kanssa. Autodesk Inventorin avulla pystyttiin tarkastelemaan muutosten toimivuutta.</p> <p>Tarvittavien muutosten jälkeen rakenteissa käytettävistä osista ja kokoonpanoista tehtiin asianmukaiset piirustukset, joiden avulla yrityksen on mahdollista valmistaa käyttöönsä suunnitelman mukainen puoliperävaunu.</p>	
Kieli	suomi
Asiasanat	Mekaniikkasuunnittelu, 3D – mallinnus, tuotekehitys
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Anssi Heikkinen	
Title Developing a Low Bed Semi Trailer	
Optional Professional Studies Computer aided design and maintenance	Instructor(s) Niilo Härkönen, Lecturer
	Commissioned by Kari Kuvaja
Date Spring 2008	Total Number of Pages and Appendices 52 + 10
<p>The objective of this study was to develop an existing low bed semi trailer to be more usable. The thesis project was commissioned by transport entrepreneur from Kontiomäki. A low bed semi trailer needed developing to be more usable in many ways, so that it would be easier to load and the goods transported would be covered better. The semi trailer needed to be equipped with ramps with knees working by hydraulics, an expandable base and covering curtains on the edges. The expandable part is not meant to carry load, but the semi trailer should still be loaded so that the load lies on the original chassis.</p> <p>The changes were designed according to the instructions of the local inspection authority and the manufacturer of the original semi trailer. The starting point in the design work was that every structure used in the changes can be manufactured by entrepreneur in his own forge shop. The main factors in designing the changes in the semi trailer were that they should be easy to implement and that the trailer should be easy to clean and maintain.</p> <p>The mechanical design was made by using the Autodesk Inventor program. Before starting the essential changes the existing semi trailer structures needed to be measured, recorded and according to them a three dimensional model needed to be created. Based on the model the structural restrictions for changes were seen and the design of changes was started with the client. Using the Autodesk Inventor the changes could be simulated so that it was ensured that they were functional.</p> <p>After the necessary changes a relevant drawing of every part and assembly used for changes was made. According to these drawings entrepreneur is able to manufacture a low bed semi trailer tailored for his use.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Mechanical design, 3D – modelling, product development
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä insinööriyö tehtiin Kari Kuvajan toimeksiannosta. Olimme Kuvajan kanssa tehneet useamman vuoden ajan yhteistyötä maanalaisten kaivoskoneiden huollossa. Kuvaja ilmoitti tarpeestaan puoliperävaunun kehittämiseksi ja pääsin osallistumaan tähän haastavaan projektiin.

Haluan kiittää Kari Kuvajaa tämän insinööriyön aiheen tarjoamisesta sekä kaikesta avusta suunnitteluprosessin aikana. Haluan kiittää myös ohjanneita opettajia, lähimmäisiäni sekä ystäviäni saamastani tuesta insinööriyön aikana.

Kajaanissa 10.4.2008

Anssi Heikkinen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PERÄVAUNUT JA KULJETUKSET	3
2.1 Perävaunu	3
2.2 Erikoiskuljetukset	4
3 TEKNINEN PIIRUSTUS JA MALLINTAMINEN	6
3.1 Tekninen piirustus	6
3.2 Osien piirustukset ja kokoonpanopiirustukset	7
3.3 Autodesk Inventor.....	7
4 TYÖN PÄÄASIALLISET VALMISTUSMENETELMÄT.....	9
4.1 Hitsaus.....	9
4.1.1 Hitsausliitokset ja niiden liitosmuodot	9
4.1.2 Hitsin ja railon nimitykset.....	10
4.1.3 Hitsauksen käyttöaloja	12
4.1.4 Voimaliitokset	12
4.1.5 Kiinnityslitokset	13
4.1.6 Varusteluhitsit.....	15
4.1.7 Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset	15
4.1.8 Muotoilu hitsausmahdollisuuksien kannalta	16
4.2 Levytyöt.....	18
4.2.1 Piirrotus ja merkkkaus.....	18
4.2.2 Leikkaus.....	21
4.2.3 Taivuttaminen	25
4.2.4 Särmäys.....	27
5 RASKAAN KALUSTON HUOLTO	32
5.1 Kunnossapito-ohjelmat.....	33
5.2 Rasvavoitelu.....	33
5.3 Jarrujärjestelmä.....	34
5.4 Hydraulijärjestelmä	34

6 KUORMANKÄSITTELY	35
6.1 Lain vaatimukset	37
6.2 Kuorman sitominen ja ajoneuvon kuljetus	38
7 KEHITYSTYÖN LÄHTÖKOHDAT	41
8 SUUNNITTELUPROSESSI	45
9 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	51
10 YHTEENVETO	52
LÄHTEET	53

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tieliikenteen tavarankuljetus ja maansiirtotyöt Kari Kuvaja on perustettu helmikuussa 1996. Yrityksen yhtiömuoto on yksityinen elinkeinonharjoittaja. Liikennelupa Kari Kuvajalla on ollut vuodesta 1992. Liiketoimintaan kuuluu tällä hetkellä kuljetus-, maansiirto- ja konepajatoimintaa. Nykyään Kuvaja panostaa suurimmaksi osaksi konepajatoimintaan.

Tutustuin työn toimeksiantajaan Kari Kuvajaan työskennellessäni hänen yrityksensä tiloissa Kontiomäessä Tolarock Oy:n kaivostyökoneiden huollossa kahtena kesänä sekä iltaisin opintojeni ohella. Ajatus puoliperävaunun kehittämiseksi oli kypsynyt Kari Kuvajan päässä jo jonkin aikaa, ja tarpeen todella ymmärtää, kun pimeässä talvi-illassa ajaa juuri perävaunun levyistä panostusalueita liukkaalle lavalle. Kuva liitteessä 1. Kun ajoneuvo on saatu kyytiin, se tulisi vielä sitoa ja laidat tulisi saada kiinni. Vaikka laidat eivät olekaan kuin noin polven korkuiset, suojaavat ne kuljetettavaa ajoneuvoa jonkin verran pölyävältä lumelta. Kuitenkin matkalla Kontiomäestä esimerkiksi Sodankylään Pahtavaaran kaivokselle kertyy pakaslunta kuljetettavaan ajoneuvon suhteellisen paljon. Puhdistustyöltä välttyttäisiin mikäli puoliperävaunussa olisi kunnolliset korkeat laidat. Alun perin ajoramppeina toimi kuudesta suorakaideputkipalkista valmistetut ajosillat, jotka on aseteltava aina yksitellen paikoilleen purettaessa ja lastatessa. Kuljetuksen ajan ne ovat lavalla useimmiten koneiden alla. Kun puoliperävaunun kehitystyötä alettiin harkita, nousivat myös muutokset ajoramppien osalta tarpeellisiksi. Ajoramppien tulisi olla kiinteästi asennetut perävaunun takalaitaan, ja niiden tulisi olla hydraulikäyttöiset.

Suunnittelun alkuvaiheissa oltiin yhteydessä paikalliseen katsastuskonttoriin toteutettavista muutoksista ja tiedusteltiin mahdollisia rajoituksia, jotka tulisi huomioida kehitystyön aikana. Kari Kuvaja oli aikaisemmin kalustonsa muutoksia hyväksyttäessään tiedustellut katsastusinsinööriltä mahdollisuuksista puoliperävaunun muutoksiin, ja tältä pohjalta insinööritöitä alun alkaen lähdettiin ideoimaan. Katsastusinsinööri ilmoitti sähköpostiviestissään, että yleisperiaate rakennemuutoksille on ajoneuvon valmistajan ohjeiden noudattaminen. Insinööritöiden alussa jo tiedettiin, että alkuperäisen puoliperävaunun valmistanut yritys JOKA oli lopettanut toimintansa. Saatiin selville, että JOKAn jäämistöä hallinnoi nykyään JYKI, jonka kantaa muutoksiin tiedusteltiin ja jonka ohjeita noudatettiin.

Lisäksi oli huomioitava, että jos perävaunun leveys menee yli 2600 mm:n tulee muutokselle hakea lupa Ajoneuvohallintokeskukselta. Oli kuitenkin päätetty, että puoliperävaunun leveys saisi olla laidat sisäänvedettyinä maksimissaan 2550 mm, joten sillä voitaisiin liikennöidä Venäjällä sekä EU:n alueella. Koko suunnittelun ajan tulisi huomioida erityisesti raskaan kaluston rakenteissa tärkeät seikat: puhdistettavuus, huollettavuus sekä valmistettavuus Kuvajalla käytössä olevilla koneilla. Kalustoa ja konepajan koneita esitelty liitteessä 2.

2 PERÄVAUNUT JA KULJETUKSET

2.1 Perävaunu

Perävaunun määritelmä Ajoneuvohallintokeskuksen mukaan:

O1–O4-luokan ajoneuvo (auton perävaunu) on henkilöiden tai tavarankuljetukseen taikka matkailutarkoituksiin valmistettu hinattava ajoneuvo.

Auton perävaunut jaetaan kokonaismassan perusteella seuraaviin luokkiin:

- 1) O1-luokan ajoneuvon (kevyt perävaunu) kokonaismassa on enintään 0,75 tonnia;
- 2) O2-luokan ajoneuvon kokonaismassa on suurempi kuin 0,75 tonnia mutta enintään 3,5 tonnia;
- 3) O3-luokan ajoneuvon kokonaismassa on suurempi kuin 3,5 tonnia mutta enintään 10 tonnia;
- 4) O4-luokan ajoneuvon kokonaismassa on suurempi kuin 10 tonnia.

R-luokan ajoneuvo on tavarankuljetukseen tarkoitettu traktorin perävaunu.

Perävaunut jaetaan rakenteen mukaan seuraaviin alaluokkiin:

- 1) puoliperävaunu on perävaunu, joka on tarkoitettu kytkettäväksi puoliperävaunun vetoautoon tai apuvaunuun; puoliperävaunu aiheuttaa olennaisen kohtisuoran kuormituksen vetoautoon tai apuvaunuun;
- 2) varsinainen perävaunu (vetoaisaperävaunu) on perävaunu, jossa on vähintään kaksi akselia ja jonka etuakselistoa ohjaava vetolaite on nivelöity pystysuunnassa liikkuvaksi perävaunuun nähden eikä välitä merkittäviä pystysuuntaisia voimia vetävään ajoneuvoon;
- 3) keskiakseliperävaunu on nivelöimättömällä vetoaisalla varustettu perävaunu, jonka akselisto on sijoitettu perävaunun painopisteeseen tai sen lähelle siten, että vain vähäinen osa perävaunun kokonaismassasta kohdistuu kytkentäkohtaan; tähän ryhmään luetaan myös puoliperävaunun kytkemiseen N2- ja N3-luokan ajoneuvoon tarkoitettu apuvaunu (dolly). [1.]

2.2 Erikoiskuljetukset

Kuljetusalan terminologiassa erikoiskuljetuksiin kuuluvat sellaisten koneiden ja jakamattomien esineiden tiekuljetuksia, joissa kuljetuksen korkeus, leveys, pituus tai paino ylittää ajoneuvoasetuksissa tieliikenteen suurimmat sallitut mitat ja painot (taulukot 1 ja 2). [2.]

Taulukko 1. Ajoneuvojen suurimmat sallitut mitat, joiden ylittyessä kuljetus joudutaan suorittamaan erikoiskuljetuksena. [3.]

Suurimmat sallitut mitat			
	Kuorma-auto	Puoliperävaunuyhdistelmä	Vars. perävaunuyhdistelmä
Korkeus	4,0 m	4,0 m	4,0 m
Leveys	2,6 m	2,6 m	2,6 m
Pituus	12,0 m	16,5 m	22,0 m

Taulukko 2. Ajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien suurimmat sallitut painot, joiden ylittyessä kuljetus joudutaan suorittamaan erikoiskuljetuksena. [3.]

Kokonaispaino (t)						
Ajoneuvotyyppi	2-aks.	3-aks.	4-aks.	5-aks.	6-aks.	7-aks.
Kuorma-autot	17/18	25/26	32	38	-	-
Puolipv.yhd.	-	-	37/38	46	48	48
Vars.pv. yhd.	-	-	37/38	44	48	56/60

Taulukoissa ilmoitetut suurimmat sallitut mitat tarkoittavat mittoja joka suhteessa kuorma mukaan lukien, eikä kuorma saa ulottua sivusuunnassa ajoneuvon kuormatilan ulkopuolelle. Kuorma saa sallitun pituuden rajoissa ulottua ajoneuvon ulkopuolelle takana 2 metriä ja edessä 1 metrin. [3.]

Erikoiskuljetuksia varten joudutaan hakemaan lupa tielaitokselta tai poliisilta kuljetuksesta riippuen. Tielaitos myöntää erikoisluvut kaikkia erikoiskuljetuksia varten kahden tai useamman piirin alueelle tapahtuvia kuljetuksia varten. Tiepiiri voi myöntää luvan oman piirinsä alueella ja poliisi piirinsä alueella tapahtuvalle tilapäiselle kuljetukselle asianomaisen tienpitäjän suostumuksella. [3.]

Pitkien esineiden kuljetuksissa käytetään puoliperävaunuyhdistelmiä, ja vakiintuneen käytännön mukaan erikoislupia myönnetään vain puoliperävaunuyhdistelmille. Yleisin pitkien rakenteiden kuljetukseen käytettävä perävaunutyyppi on niin sanottu jatkettava perävaunu, jonka pituutta voidaan säätää teleskooppimaisen rakenteen ansiosta. Ylileveissä kuljetuksissa voidaan kuljetettavan tavaran painosta ja painojakaumasta riippuen käyttää joko tavallisia perävaunuja tai niin sanottuja lavettiperävaunuja. Kuljetettaessa ylikorkeita rakenteita voidaan käyttää niin sanottuja syväkuormausperävaunuja. Raskaat rakenteet kuljetetaan useimmiten lavettiperävaunuilla. [3.]

Erikoiskuljetuksiin käytettävälle ajoneuvolle on asetettu teknisiä lisävaatimuksia, joilla varmistetaan ylisuurilla mitoilla ja painoilla suoritettujen kuljetusten onnistuminen. Lisävaatimuksia on olemassa moottoritehon, vetokyvyn ja kääntyvyyden suhteen. Raskaissa erikoiskuljetuksissa käytettävien vetoautojen moottoritehon tulee olla vähintään 264 kW lisättynä 0,8 kW jokaista tonnia kohti, jolla ajoneuvoyhdistelmän kokonaispaino ylittää 60 tonnia. [3.]

3 TEKNINEN PIIRUSTUS JA MALLINTAMINEN

3.1 Tekninen piirustus

Teknistä piirustusta käytetään ajatusten ilmaisemiseen silloin, kun se olisi puhuen tai kirjoittaen vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tällä ilmaisutavalla voidaan esittää monimutkaisia järjestelmiä, mutkikkaiden kappaleiden geometrisiä muotoja, erilaisia toleransseja pinnankarheuksia ja niin edelleen. Kappaleen ei välttämättä tarvitse olla monimutkainenkaan, kun sen ilmaiseminen teknisellä piirustuksella tulee yksikäsitteisemmäksi ja täsmällisemmäksi kuin esimerkiksi suullisesti kertomalla. Lisäksi saadaan ilmaista esimerkiksi pinnankarheus yhdellä ainoalla symbolilla ilman että tarvitsee kirjoittaa mitään. [4, s.1-1.]

Kehityksen myötä teknisiin piirustuksiin liitetään monenlaisia valmistuksessa tarvittavia tietoja. Kansainvälisen kehityksen myötä teknisiä piirustuksia tulisi pystyä lukemaan samalla tavalla yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi missä päin maailmaa tahansa, eikä riitä, että piirustus tulee ymmärretyksi yhdellä tavalla yhdessä maassa. Tekniikan alojen kesken on olemassa joitakin eroja yksityiskohtien ilmaisemisen suhteen. Koneenpiirustukset, rakennuspiirustukset ja sähköpiirustukset voivat olla joiltain osin keskenään erilaisia, koska jotkin seikat voivat olla toisella alalla hyvin merkittäviä ja toisella taas täysin merkityksettömiä. [4, s.1-1.]

Koneenpiirustuksessa oikeiden piirtotekniikoiden, sääntöjen ja välineiden hallitseminen ei pelkästään riitä. Hyviä koneenpiirustuksia laadittaessa tulee olla perillä kappaleen valmistamiseen käytettävistä menetelmistä, käytettävistä työstökoneista ja niiden vaikutuksesta piirustuksien hallintaan. [4, s.1-1.]

Piirtämissääntöjen pitkälle viedyn kansainvälisen standardoinnin ansioista eri maiden alan ammattilaiset pystyvät yleensä lukemaan missä tahansa maassa tehtyjä piirustuksia ilman suurempia vaikeuksia, vaikka eri maiden kesken voikin olla pieniä piirustussääntöjen eroavaisuuksia. [4, s.1-2.]

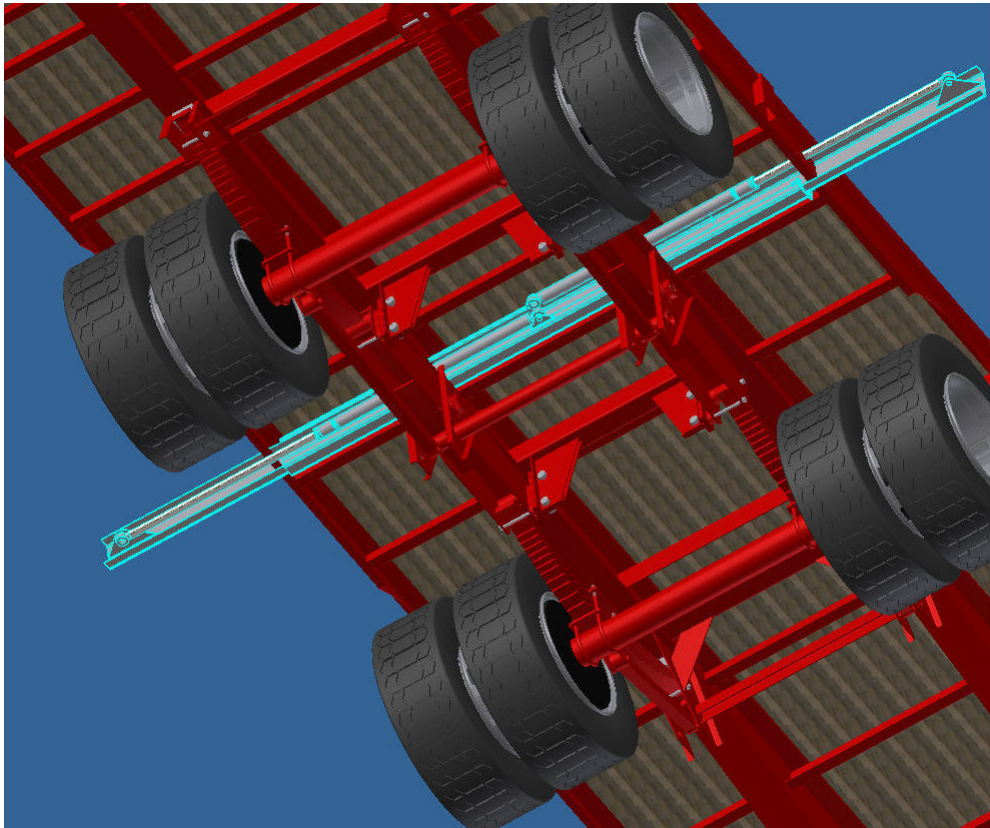
Koneenpiirustuksen ”pelisääntöjä” on noudatettava tarkasti. Pieneltä näyttävä virhe tai piirustuksen väärintulkinta voivat käytännössä johtaa virheelliseen valmistukseen, väärään rakenneaineen hankintaan tai hylkäämiseen esimerkiksi kokoonpanovaiheessa. On siis erittäin tärkeää, että piirustukset ovat yksikäsitteiset ja selkeät. [4, s.1-2.]

3.2 Osien piirustukset ja kokoonpanopiirustukset

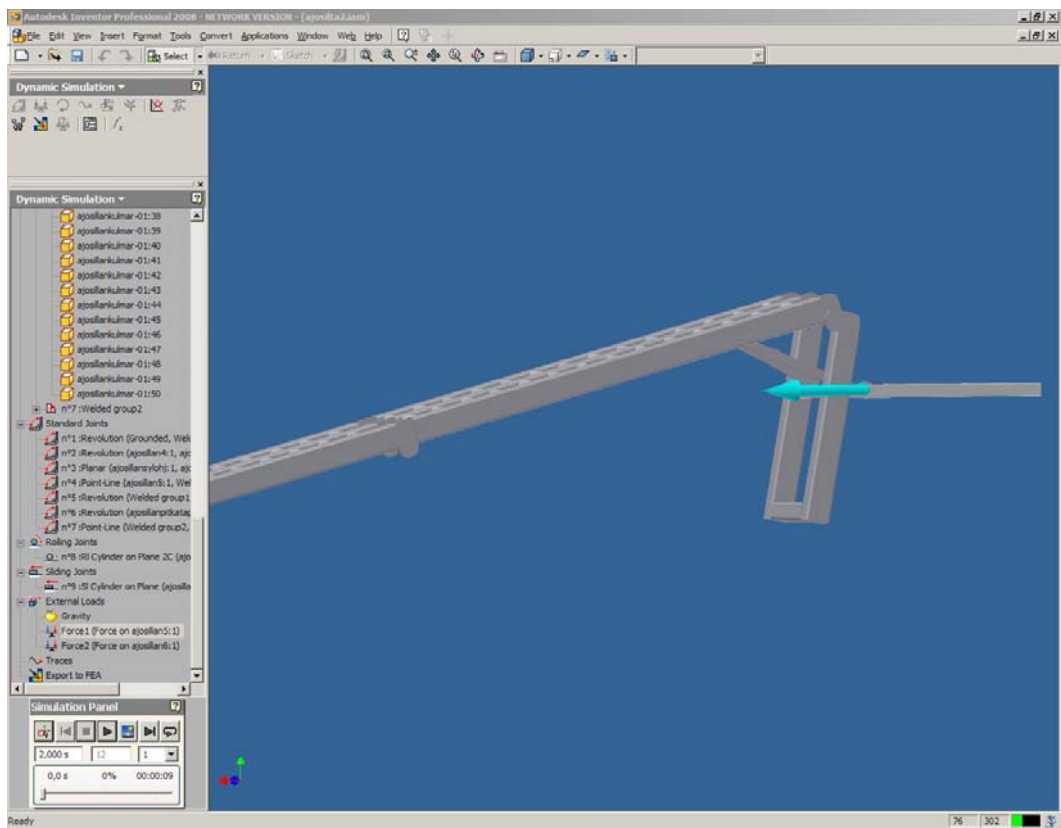
Osien piirustusten tulee sisältää osasta riittävä määrä projektioita ja mitoitus valmistusta varten niin yksityiskohtaisesti, että valmistukseen koulutetut ammattihenkilöt voivat ilman lisäselvityksiä valmistaa esineen juuri sellaiseksi kuin suunnittelija on sen tarkoittanut. Kokoonpanopiirustuksia käytetään kokonaisten valmisteiden, laitteiden tai kokoonpanoryhmien esittämiseen. Jos valmisteessa on niin paljon osia, että niiden esittäminen yhdessä piirustuksessa ei ole järkevää, laaditaan useita kokoonpanopiirustuksia alikokoonpanoista ja liitetään ne lopullisen pääkokoonpanopiirustuksen yhteyteen. Kokoonpanopiirustuksia laadittaessa on myös huomioitava, kuinka kokoonpano on valmistettavissa, mitä missäkin vaiheessa tarvitaan sekä mahdolliset kokoonpanolle tai sen osille tehtävät pintakäsittelyt. [4, s.1-3.]

3.3 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor -ohjelmaa käyttäen voidaan nopeuttaa ja yksinkertaistaa konseptista tuotantoon etenevää prosessia. Ohjelmalla voidaan luoda, simuloida, testata ja jakaa kehittyneitä digitaalisia 3D-prototyyppejä. Turhien fyysisten prototyyppien valmistus voidaan minimoida, jos tuotteen virheet voidaan huomata jo simulointivaiheessa. Simuloinnin hyödyt näkyvät usein kustannustehokkuutena ja tuote saadaan markkinoille nopeammin. Autodesk Inventor mahdollistaa osan laitteen toiminnallisesta testauksesta ja muutosten vaikutuksen toimintaan jo suunnittelun simulointivaiheessa. Rakenteeseen voidaan lisätä reaali maailman parametreja, kuten massoja, nopeuksia ja voimia. Ominaisuuksia esitetty kuvissa 1 ja 2. Autodesk Inventor sopii hyvin AutoCAD-ohjelman käyttäjille jotka haluavat 3D –suunnittelun tehokkuuden, mutta säilyttää edelleen 2D-suunnitteluun käytetyt investoinnit ja AutoCAD-osaamisensa. Autodesk Inventorissa voidaan tehokkaasti käyttää hyödyksi jo luotuja 2D –malleja. [5.]



Kuva 1. Rakenteiden sijoittelun hahmottelua.



Kuva 2. Ajosillan nostosylinterin simulointia painovoima rakenteissa huomioiden.

4 TYÖN PÄÄASIAALLISET VALMISTUSMENETELMÄT

4.1 Hitsaus

Metallien liittämiseen käytetään nykyään yleisimmin hitsausta. Hitsausta käytetään muun muassa erilaisten kantavien teräsrakenteiden valmistuksessa. Lähes kaikki, jotka työskentelevät Suomen metalliteollisuudessa, joutuvat tavalla tai toisella tekemisiin hitsattujen rakenteiden kanssa. [6, s.9.]

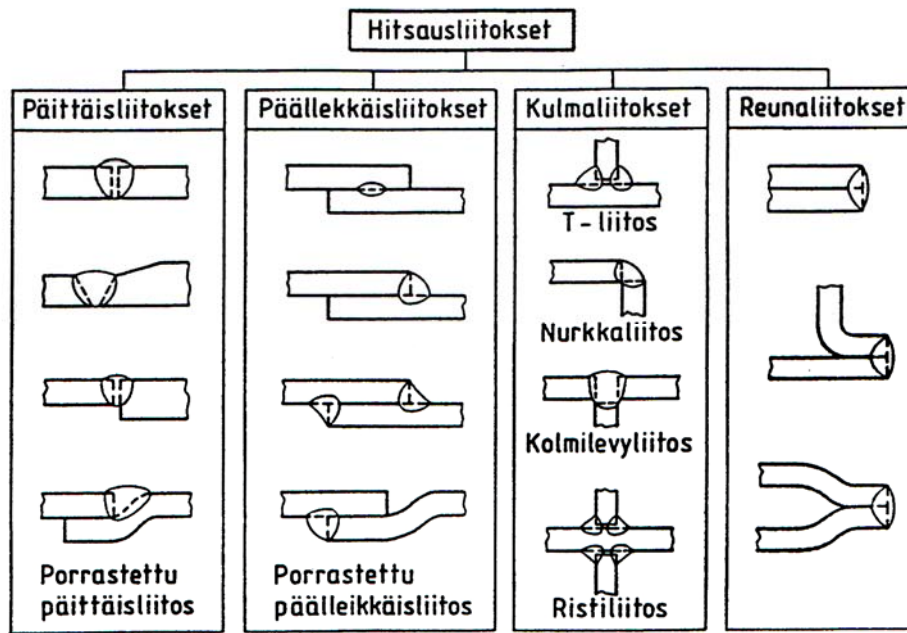
Hitsaus on hitsattaville aineille varsin raju tapahtuma. Siihen liittyvät nopeat lämpötilanmuutokset vaikuttavat materiaalin ominaisuuksiin ja jännitystiloihin. Hitsauksen seurauksena syntyy myös ei-toivottuja muodonmuutoksia. Hitsausliitosten kohdalla kappaleessa esiintyy epäjatkuvuuskohtia, joista aiheutuu jännityskeskittymiä ja -huippuja. Näiden seikkojen vuoksi hitsatun rakenteen suunnitteluun ja lujuuslaskentaan liittyy paljon erilaisia näkökohtia, joita ei tarvitse huomioida hitsaamattomien koneenosien, kuten sorvattavien akseleiden suunnittelussa. [6, s.9.]

4.1.1 Hitsausliitokset ja niiden liitosmuodot

Niemi ja Kemppe määrittelevät hitsausliitokset, esitetty kuvassa 3, seuraavasti:

Metallien hitsaus tarkoittaa työkappaleiden liittämistä siten, että syntyy atomien välinen (metallinen) sidos. Standardi SFS 3052 määrittelee hitsausliitoksen seuraavasti:

Hitsausliitos syntyy, kun kaksi tai useampia työkappaleita liitetään hitsaamalla yhteen.



Kuva 3. Hitsausliitosten tavallisimmat liitosmuodot SFS 3052 – standardin mukaan. [6, s.11]

Standardi SFS 3052 käyttää nimenomaan nimitystä hitsausliitos eikä ”hitsiliitos”. Jälkimmäisen termin käyttöä on vältettävä. Myöskään käsitettä ”hitsisauma” ei ole virallisesti olemassa. [6, s.11.]

4.1.2 Hitsin ja railon nimitykset

Niemi ja Kemppe määrittelevät hitsit ja railot seuraavasti:

Hitsi on eri asia kuin hitsausliitos, joten on vältettävä sekoittamista hitsien nimityksiä ja liitosmuotojen nimityksiä keskenään. Hitsi määritellään standardissa SFS 3052 seuraavasti:

Hitsi on hitsauksen tulos ja käsittää kaiken hitsauksen aikana sulassa tilassa olleen aineen.

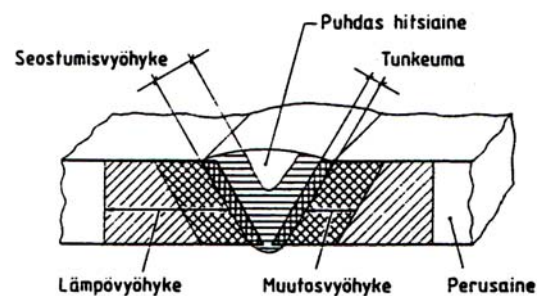
Ennen kuin hitsaaminen voidaan aloittaa, on valmistettava railo, joka standardissa määritellään seuraavasti:

Railo on ennen hitsauksen suorittamista tietyssä keskinäisessä asemassa olevien, hitsausta varten valmistettujen pintojen välitila. [6, s.12.]

Railot ja hitsausliitoksen vyöhykkeet on esitetty kuvissa 4 ja 5.

Perusmerkki	Liitos		Railon nimi	Hitsin nimi
△			Pienarailo	Pienahitsi
			I-railo	I-hitsi
∨ ∨	Kokoviistetty railo 	Osaviistetty railo 	V-railo	V-hitsi
∨ ∨			Puoli-V-railo	Puoli-V-hitsi
X X			X-railo	X-hitsi
K K			K-railo	K-hitsi
∩			U-railo	U-hitsi
∩			J-railo	J-hitsi
∩ ∩			Kaksois-U-railo	
∩ ∩			Kaksois-J-railo	
⌈			Tulpparailo	Tulppahitsi
○				Pistehitsi
⊕				Saumakehitsi

Kuva 4. Tavallisimmat railot ja hitsit SFS 3052:n mukaan. [6, s.12.]



Kuva 5. Hitsausliitoksen vyöhykkeet SFS 3052:n mukaan. [6, s.15.]

4.1.3 Hitsauksen käyttöaloja

Hitsausta sovelletaan muun muassa seuraaviin tarkoituksiin:

- 1) Kehärakenteiden, ristikoiden, nosturirakenteiden, säiliöiden, paineastioiden, koneenrunkojen ym. kantavien teräs- ja metallirakenteiden kokoaminen levy-, palkki- ja tankomateriaalista kaarihitsausta soveltaen.
- 2) Ohutlevytuotteiden, kuten kodinkoneiden, keskuslämmitysradiaattorien, henkilöauton korien jne. kokoaminen tavallisesti vastushitsausta soveltaen.
- 3) Puolivalmisteiden, kuten pituus- ja kierresaumahitsattujen putkien tuotanto.
- 4) Aihoiden valmistaminen koneistettavia koneenosia, esim. laipallisia akselita varten.
- 5) Valmiiksi koneistettujen koneenosien, kuten hammaspyörien ja akselien yhteenliittäminen mieluiten sädehitsausmenetelmiä soveltaen. [6, s.16.]

4.1.4 Voimaliitokset

Voimaliitoksille on tyypillistä liitettävien osien sarjaankytkentä. Eli voimaliitos välittää rasituksia, voimasuureita, kuten normaalivoima, leikkausvoima ja momentti, osasta toiseen.

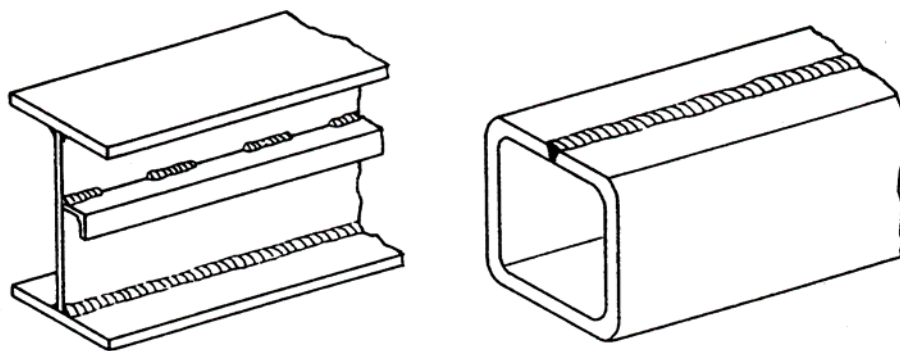
Voimaliitoksia suunniteltaessa valitaan usein tasaluja mitoitus. Niinpä pitkän hitsatun I-palkin laippa- ja uumalevyjen poikittaiset jatkosliitokset suunnitellaan aina läpihitsatuiksi eli yhtä kestäviksi kuin liitettävä osa. Tätä toimintatapaa käytetään riippumatta palkin rasituksista liitoksen kohdalla. Nostokorvakkeiden hitsien mitoituksessa käytetään samoja laskentavoimia, joille käytettävät nostoraksit on mitoitettu. [6, s.16.]

4.1.5 Kiinnitysliitokset

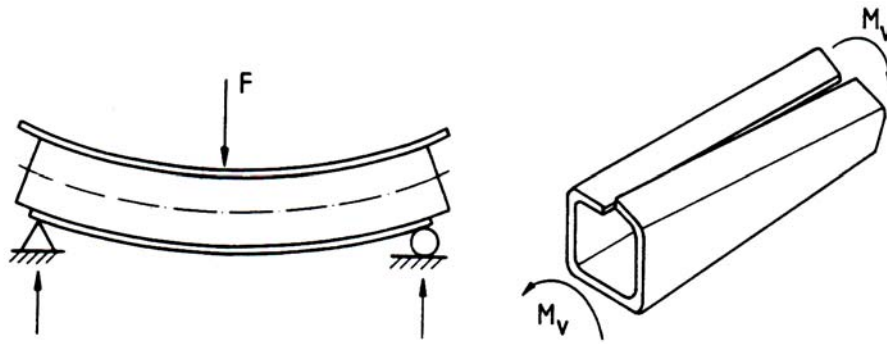
Kuvassa 6 esitetyt kiinnityshitsit on tarkoitettu liittämään rinnakkaisia levyraioja ja tankoja yhteen halutun muotoiseksi poikkileikkausprofiiliksi. Kiinnitysliitoksen tuloksena voi olla I-palkki, kotelopalkki, L-tanko, jäykistetty levykenttä ja niin edelleen. [6, s.16.]

Kiinnityshitsit ovat yleensä itse rakenneosan kanssa yhtä pitkiä. Esimerkiksi tyyppillisen kattopalkin pituuden ollessa 25 metriä siinä on neljä kiinnityshitsiä yhteispituudeltaan 100 metriä. Tällaisia hitsejä ei yleensä tarvitse mitoittaa tasalujiksi liitettävien osien kanssa. Kiinnityshitsijä rasittavat voimat ovat helposti laskettavissa ja tyyppillisesti voimien vaikutukset hitseihin sen verran pieniä, että voidaan käyttää suhteellisen pienen a-mitan omaavia pienahitsejä. [6, s.17.]

Offshore-rakenteisiin käytettävien palkkien tilaajat kuitenkin vaativat täysin läpihitsattuja K-hitsejä, joiden tulee olla virheetömiä. Näissä tapauksissa vaaditaan poikkeuksellisen hyvää laatua, koska ei haluta vaarantaa erittäin kallian laitoksen käytettävyyttä käyttöluvan epäämisen tai väsymisvaurion aiheuttamalla viivästyksillä. [6, s.17.]

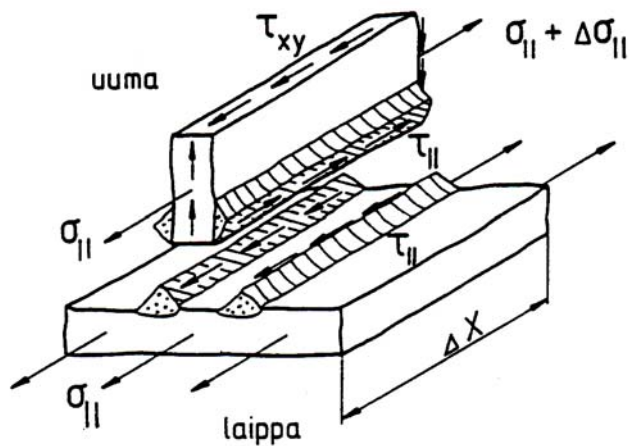


Kuva 6. Kiinnitysliitoksia [6, s.18.]



Kuva 7. Kiinnityshitsien puuttumisesta johtuvia liukumisia. [6, s.18.]

Kiinnityshitsien puuttuessa levyosat liukuisivat rakennetta kuormitettaessa kuvan 7 osoittamalla tavalla. Osien väliseen hitsiin syntyy siitä syystä pituussuuntaisia leikkausjännityksiä $\tau_{||}$ jotka estävät liukumisen. Jännitykset on esitetty kuvassa 8. Nämä leikkausjännitykset ovat siis kiinnityshitsin primäärisiä jännityksiä, jotka ovat yleensä helposti laskettavissa. Hitsiin syntyy myös rakenneosassa vaikuttavia pitkittäisjännityksiä $\sigma_{||}$, mutta ne ovat hitsin toiminnan kannalta sekundaarisia jännityksiä. [6, s.18.]



Kuva 8. Kiinnityshitsiin syntyviä jännityksiä. [6, s.18.]

4.1.6 Varusteluhitsit

Kantaviin rakenteisiin joudutaan usein varustelua varten hitsaamaan kiinnikkeitä muun muassa kaiteita, tikkaita, kaapeleita ja putkistoja varten. Vaativia rakenteita suunniteltaessa tulisi rakennesuunnittelijan suunnitella myös nämä varusteluhitsit, sillä niiden vaikutukset väsymislujuuteen ovat yhtä merkittäviä kuin muidenkin hitsien. Vaikutukset tulee huomioida, myös haurasmurtumavaaran alaisia rakenteita. Erityisesti lujien terästen yhteydessä pienet varusteluhitsit voivat olla vaarallisia, koska pienestä lämmöntonnoista voi aiheutua halkeamia. Mikäli varusteluhitseistä ei voida tehdä yksityiskohtaisia suunnitelmia, tulee ainakin työselitykseen merkitä niille asetettavat vaatimukset. [6, s.20.]

4.1.7 Hitsausjännitykset ja muodonmuutokset

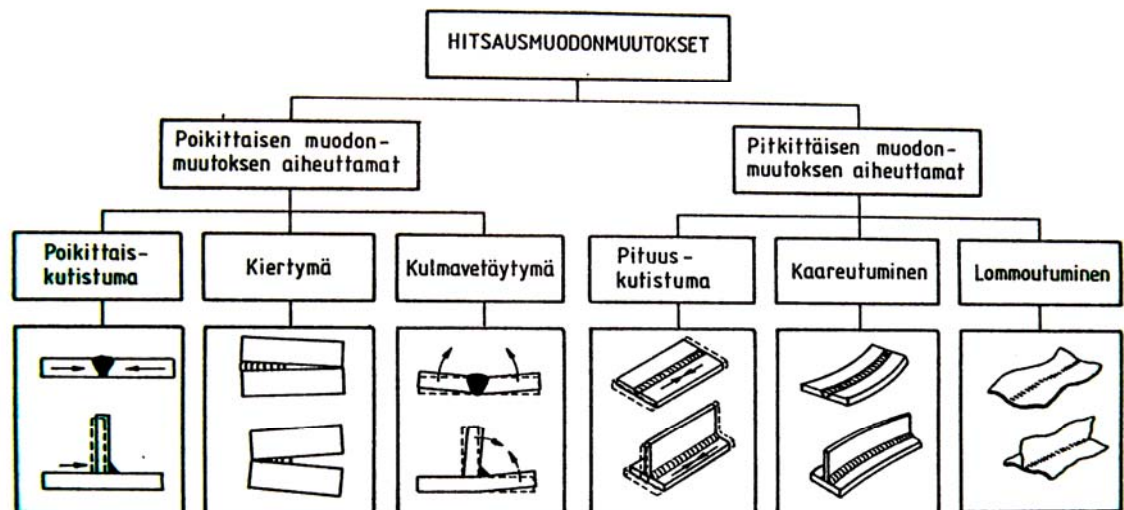
Jännitysten ja muodonmuutosten synty

Seuraavassa tarkastellaan jännitysten ja muodonmuutosten syntyä lähinnä hitsauksen kannalta.

Hitsattavan aineen tietty piste joutuu hitsauksen edetessä kokemaan tietyn lämpösyklin ja siitä johtuvan muodonmuutossyklin. Hitsin sulavyöhykkeen materiaalissa tapahtuvat kaikki seuraavat vaiheet:

- nopea kuumentuminen ja siihen liittyen lämpölaajeneminen lujuuden heikkeneminen
- kiderakenteen muuttuminen austeniitiksi
- lujuuden häviäminen
- sulaminen
- jähmettyminen
- lujuuden hidas palautuminen
- austeniitin hajaantuminen ja siihen liittyvä tilavuuden kasvu sekä
- jäähtyminen ja siihen liittyen kutistuminen ja lujuuden kasvu [6, s.167.]

Aineen kuumetessa epätasaisesti syntyy jännityksiä; kuumat kohdat pyrkivät laajenemaan ja kylmät kohdat pyrkivät estämään sitä. Tässä vaiheessa kuumiin kohtiin syntyy puristusta ja kylmiin kohtiin vetoa. Kuumen alueen ollessa yleensä suhteellisen pieni ja sen myötölujuuden ollessa pienentynyt se tyssääntyy helposti. Sen sijaan laajat kylmemmät alueet säilyttävät kimmoisuutensa. Hitsausmuodonmuutokset on esitetty kuvassa 9. [6, s.167.]



Kuva 9. Hitsausmuodonmuutosten lajit. [6, s.183.]

4.1.8 Muotoilu hitsausmahdollisuuksien kannalta

Hyvälaatuisten ja taloudellisten liitosten valmistaminen edellyttää muotoilua, joka mahdollistaa esteettömän hitsaamisen.

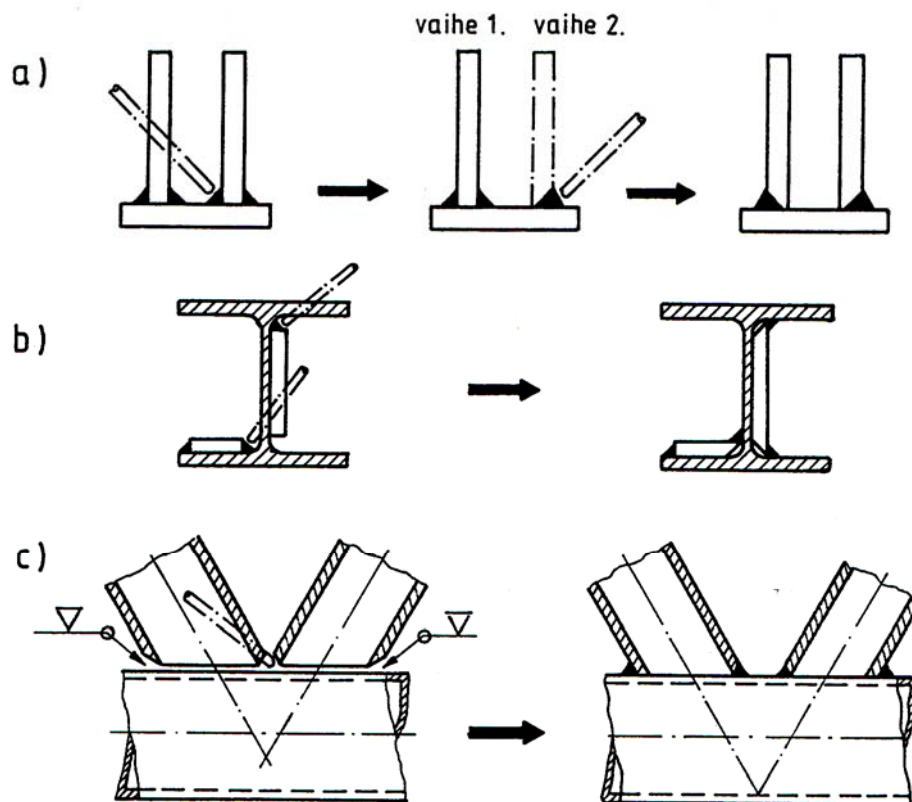
Kokoonpano- ja hitsausjärjestys

Pääsääntöisesti tulisi pyrkiä rakenteeseen, jonka kaikki osat voidaan ensin koota ja silloitus-hitsata paikalleen, ja tämän jälkeen rakenne hitsataan kerralla valmiiksi. Lisäosien sovittaminen paikalleen hitsauksen aiheuttamien muodonmuutosten jälkeen on aina työläämpää, kuin että osat olisi silloitettu paikalleen alussa jo alussa. [6, s. 283.]

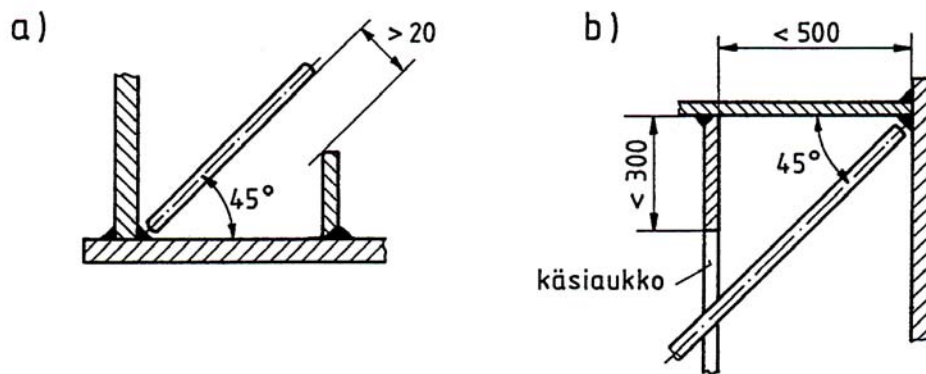
Poikkeuksia pääsäännöstä tarvitaan esimerkiksi silloin, kun on pystyttävä hitsaamaan pitkiä saumoja vapaasti kokonaisuudessaan ilman, että poikittaiset jäykisterivat ovat edessä. Poikkeustapauksiin kuuluvat myös vaikeissa asennoissa ja ahtaissa lokeroissa suoritettavat hitsaustyöt. Mikäli kokonaista rakennetta ei voida enää käännellä niin, että hitsit päästäisiin toteuttamaan jalko- tai alapiena-asennoissa, kannattaa harkita mahdollisesti lohkorakentamista. Lohkot hitsataan ensin koneellisesti valmiiksi, jonka jälkeen rakenne kootaan lohkoista mahdollisimman vähin asentohitsauksin. [6, s.284.]

Luoksepäästävyys

Onnistuneen hitsauksen edellytyksenä on, että hitsauspuikkoa tai -pistoolia varten on riittävästi tilaa, jotta sitä voidaan liikutella vapaasti oikeissa asennoissa. Kuvissa 10 ja 11 on muutamia esimerkkejä vaikeista muotoiluista ja niiden parannusehdotuksista sekä joitain ohjemittoja. [6, s.284.]



Kuva 10. Esimerkkejä huonosti sijoitelluista hitseistä ja parannusehdotukset. [6, s.284.]



Kuva 11. Luoksepäästävyys suosituksia puikkohitsausta varten; a) hitsaus rivin tms. osan taakse, b) hitsaus käsiäukon kautta. [6, s.284.]

4.2 Levytyöt

4.2.1 Piirrotus ja merkkkaus

Piirrustuksessa valmistettava kappale on yleensä esitetty pienemmässä mittakaavassa varsinaiseen nähden, joten ensimmäisiä työvaiheita levytyöissä ovat piirrotus ja merkkkaus. Näillä kappale saa todelliset mittansa ja vaiheet ovat tärkeitä työn onnistumisen kannalta. Piirrottaminen on huolellisuutta ja tarkkuutta vaativa työvaihe, koska tehdyt virheet huomataan yleensä vasta kokoamisvaiheessa, jolloin on ehditty tehdä jo monta kallista työvaihetta. [7, s.26.]

Piirrotuspaikat

Piirrotuspaikka tulisi sijoittaa mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman lähelle levyjen alkukäsittelyä. Näin vältetään turhilta nostoilta ja siirroilta, joissa levyt voivat myös vaurioitua ja työ tulee myös tätä kautta joustavammaksi. [7, s.26.]

Työn tarkkuuden vuoksi tulee häiriötekijät minimoida, kuten esimerkiksi suojata työpaikka turhulta melulta. Hyvä valaistus on myös tärkeää, etteivät silmät rasitu ja tarkkuus ei kärsi. Oikea työskentelykorkeus on ergonomian kannalta tärkeää ja on käytettävä mahdollisuuksien mukaan joko piirrotuspöytää tai irrallisia pukkeja. Merkkkaus kuuluu myös kokoonpanopaikkojen työtehtäviin. Tällöin työskennellään yleensä lattiatasossa liitulankea käyttäen. Muototörrästen merkkaukseen käytetään erillisiä telineitä. [7, s.26.]

Taloudellisuus

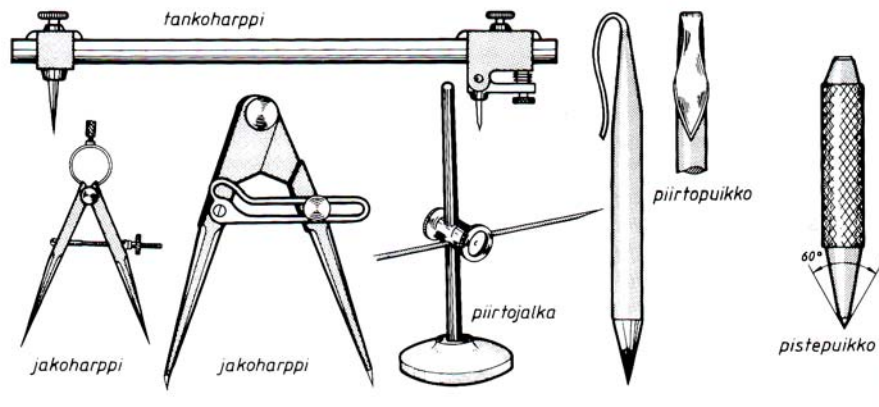
Kappaleiden taloudellisella sijoittelulla päästään pienempiin raaka-aineiden menekkeihin sekä vähennetään työvaiheita. Tämän vuoksi sijoittelun suunnitteluun kannattaa panostaa. Varsinkin erikoismetallien sekä paksujen terästen käsittelyssä kustannussäästö voi olla todella huomattava, mikäli merkkkaus on suoritettu oikein. Sijoittelussa tulee huomioida:

- levyn reunojen käyttö mahdollisuuksien mukaan
- yhteisten leikkausviivojen käyttö kappaleiden kesken (polttoleikkausvara lisättävä, mikäli kappale polttoleikataan)
- käytettävissä olevien menetelmien mahdollisuudet (leikkaus on polttoleikkausta taloudellisempi, koska varoja ei tarvita)
- jätepalojen käsittelyyn käytettävät resurssit (siirrot ja säilytys aiheuttavat kustannuksia) [7, s.27-28.]

Työvälineet

Työvälineet on valittava piirrotettavan materiaalin mukaan. Tavallisten teräslevyjen ja muoto-terästen piirrottamiseen käytetään piirtimiä, jotka tekevät kappaleen pintaan näkyvän naarmun. Näitä ovat kuvassa 12 esitetyt kovametallikärkiset piirtimet, kuten:

- piirtopuikot
- suuntaispiirtimet
- erilaiset harpit
- piirtojalat
- pistepuikot [7, s.28.]



Kuva 12. Piirrottamisessa käytettäviä työvälineitä. [7, s.28.]

Pehmeitä metalleja ja ruostumattomia sekä haponkestäviä teräksiä piirrotettaessa käytetään yleensä erilaisia kyniä ja liituja, koska pintaa ei saa rikkoa. Piirrottamisessa käytetään apuna erilaisia viivaimia, kulmaimia, mallineita sekä mittarimoja. [7, s.28.]

4.2.2 Leikkaus

Menetelmien valinta

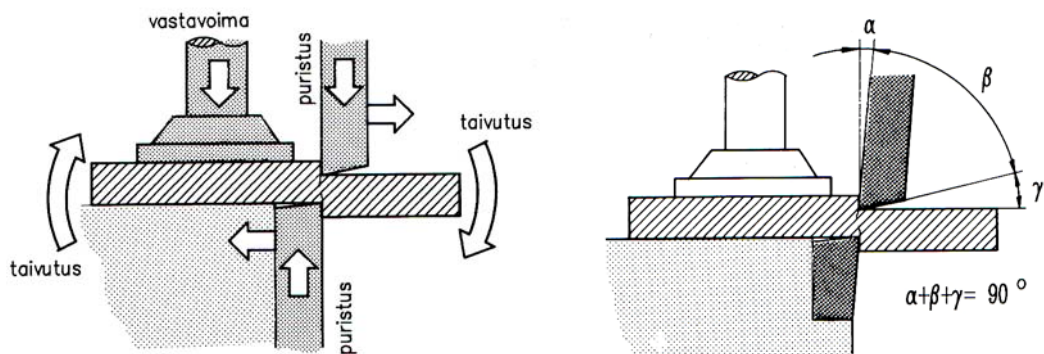
Tehokkaan työskentelyn kannalta on tärkeää valita asianmukaiset leikkausvälineet kyseistä kappaletta varten eri leikkausvälineiden erojen ja etujen vertailun perusteella. Leikkausvälinettä tulee pystyä käyttämään turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti. [7, s.34.]

Leikkauksen periaate

Leikkauksessa osat yleensä irrotetaan toisistaan ilman lastuavaa työstöä. Aineen leikkautuminen tapahtuu kahden toistensa ohi liikkuvan särmän avulla. [7, s.35.]

Teräkulmat

Terien tunkeutuessa aineeseen sekä ylä- että alapuolelta aiheutuu puristusta ja taivutusta. Kun aine leikkautuu, terät pyrkivät irtautumaan toisistaan. Leikkurien terät on teroitettu tiettyihin kulmiin, jotta leikkautuminen olisi tehokasta. Kulmat on esitetty kuvassa 13. Teroituskulman (β) (luetaan: beeta) suuruus vaikuttaa suoraan terän kestävyteen, joten kulma pyritään pitämään melko suurena. [7, s.35.]



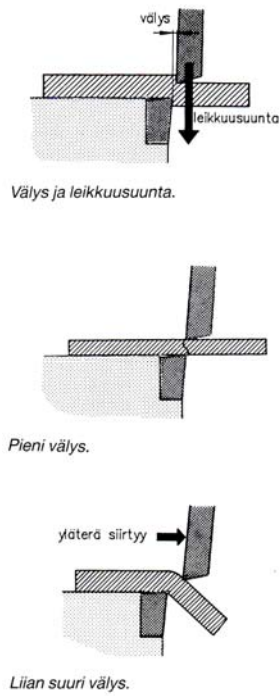
Kuva 13. Leikkaustapahtumassa vaikuttavat voimat sekä teräkulmien nimitykset ja suuruudet [7, s.35.]

Leikkauksessa tarvittavaan voimaan on merkittävä vaikutus terien kitakulmalla. Mitä suurempi kitakulma, sitä pienempi voima. Kulman suuruuden rajoitteena on leikkuun työntövoima, joka pyrkii työntämään levyä kidasta pois päin. Leikkaukseen tarvittavan voiman suuruutta voidaan pienentää myös välityksiä apuna käyttäen. [7, s.35.]

Vällys

Leikattavan materiaalin paksuus, laatu ja materiaali vaikuttavat leikkaavien terien etäisyyteen toisistaan. Etäisyydestä käytetään nimitystä vällys, joka on tavallisesti säädettävissä. Välyksen lisäksi olennainen vaikutus leikkaustulokseen on myös leikkaussuunnalla, joka on suurissa koneissa mahdollista säätää koneellisesti. [7, s.36.]

Liian pienestä välyksestä aiheutuu leikkuupinnan epätasaisuutta ja se vaikeuttaa leikkautumista, kuten kuva 14 osoittaa. Liian suuresta välyksestä puolestaan aiheutuu levyn alapinnalle suuria purseita. Ohuita levyjä suurella välyksellä leikattaessa levy saattaa taipua terien väliin ja aiheuttaa usein leikkurin rikkoutumisen. Oikeaa välystä käytettäessä onnistunut lopputulos on turvattu. [7, s.36.]

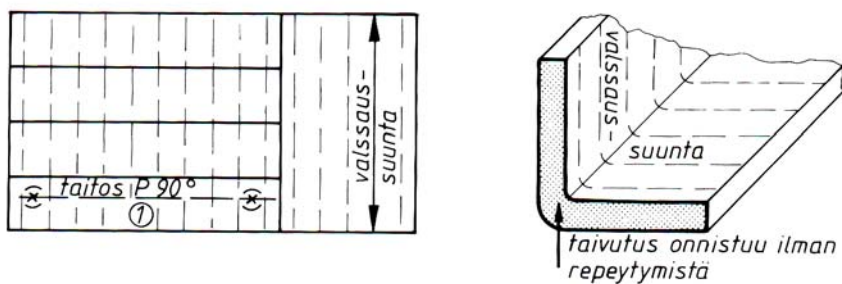


Kuva 14. Välyksen väärän mitoittamisen seuraukset. [7, s.36.]

Valssaussuunta

Leikkaus on yleensä kappaleen valmistuksessa ensimmäisiä työvaiheita. Tästä johtuen tulee tarkastaa seuraavat työvaiheet, jotta tiedetään mitä vaatimuksia ne mahdollisesti aiheuttavat leikkaukselle. [7, s.36.]

Mikäli piirustukseen on merkitty valssaussuunta, on se huomioitava levyä leikattaessa. Valssaussuunta on yleensä mahdollista havaita paljain silmin, mutta suurennuslasin avulla levyn pinnan urat näkyvät selvästi. [7, s.36.]



Kuva 15. Valssaussuunnan merkitys [7, s.36.]

Taivutetut kappaleet tulee sijoittaa levyille kuvan 15 osoittamalla tavalla niin, että taivutus-suunta on kohtisuorassa valssaussuuntaan nähden. Näin toimitaan, koska valssaussuunta vaikuttaa levyn taivutusominaisuuksiin samoin kuin valmiin kappaleen lujuusominaisuuksiin. [7, s.36.]

Suuntaisleikkurit

Teollisuudessa menetelmältä vaaditaan hyvän tuoton aikaansaamiseksi seuraavia asioita:

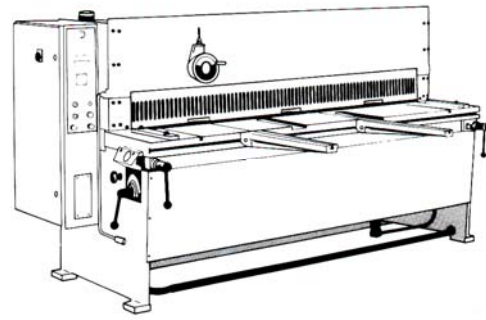
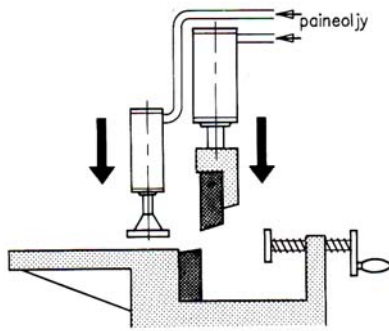
- tehokkuutta
- helppokäyttöisyyttä
- nopeutta
- taloudellisuutta
- hyvää leikkausjälkeä [7, s.51.]

Suuntaisleikkureita voidaan käyttää laajasti eri tarkoituksiin, ohutlevyteollisuudesta aina ras-kaaseen metalliteollisuuteen saakka. Leikattavat ainevahvuudet vaihtelevat teollisuudenalan mukaan. [7, s.51.]

Leikkaustapahtuma on periaatteessa sama, olipa levy sitten ohut tai paksu. Leikkureissa teri-en välystä ja kallistusta pystytään säätämään, joten niillä voidaan leikata erilaisia levyvahvuuk-sia. Poikkeuksia ovat vain tietyille käyttöalueelle räätälöidyt leikkurit, muun muassa erittäin ohuille levyille tarkoitetut leikkurit. [7, s.51.]

Hydraulinen levyleikkuri

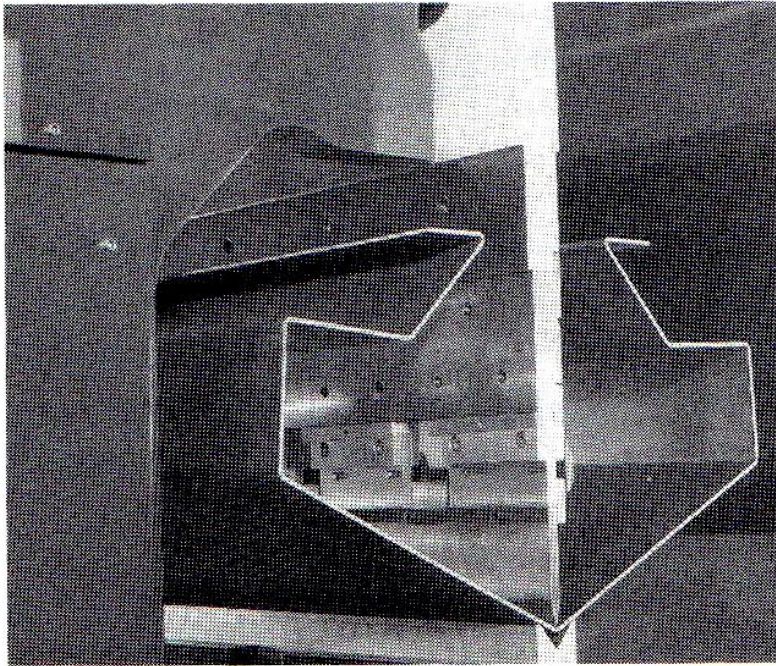
Hydrauliikan käyttö terän leikkuuliikkeessä, levynpitimissä sekä koneen säädöissä parantaa koneen tehoa sekä monipuolistaa ja nopeuttaa leikkurin käyttöä, jos verrataan mekaanisiin levyleikkureihin. Hydraulinen levyleikkuri on esitetty kuvassa 16. [7, s.52.]



Kuva 16. Hydraulinen leikkuuliike ja levynpidin sekä kokonaiskuva hydraulisesta levyleikkurista. [7, s.52.]

4.2.3 Taivuttaminen

Teollisuudessa eräänä keinona kilpailukyvyn säilyttämiseen ja parantamiseen on panostaminen kappaleiden eli tuotteiden muotoiluun, koska sillä on ratkaiseva osuus valmistuskustannusten pienentäjänä. Taivutuksen etuja on esitetty kuvassa 17. [7, s.59.]



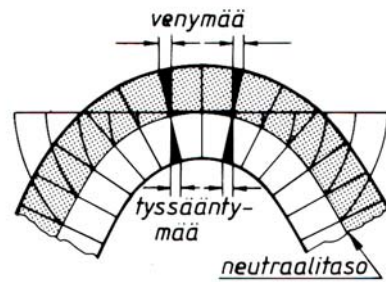
Kuva 17. Taivuttamalla saadaan lisättyä kappaleen jäykkyyttä, jolloin ainepaksuutta voidaan pienentää ja kappale kevenee. [7, s.59.]

Muodonmuutokset taivutuksessa

Pysyvän muodonmuutoksen aikaansaamiseksi on ulkoisen voiman oltava niin suuri, että raaka-aineen myötöraja ylittyy. Tämän seurauksena kappale ei enää palaa alkuperäiseen muotoonsa. [7, s.61.]

Taivutettaessa kappaletta syntyy taivutuskohtaan erilaisia jännityksiä. Taivutuskohdan ulko-reunalla vetovoimat vaikuttavat aineeseen venyttävästi ja sisäreunalla voimat tyssäävät ainetta. Poikkipinnan puolella välissä aine pysyy ennallaan. Muuttumatonta aluetta kutsutaan

neutraalitasoksi, joka on esitetty kuvassa 18. [7,s.61.]



Kuva 18. Taivuttamisen vaikutukset. [7, s.61.]

Pienin taivutussäde

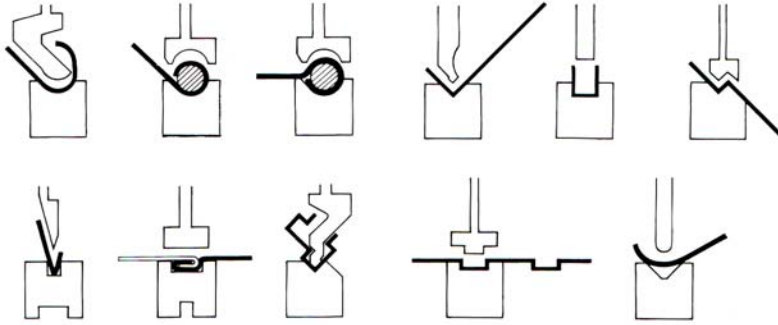
Materiaalin valmistaja ilmoittaa aineen taivutettavuudelle pienimmän taivutussäteen. Valmistaja takaa, että materiaali on mahdollista taivuttaa kyseistä sädettä käyttäen ilman repeytymisen vaaraa. Taivutussäteeeseen vaikuttaa oleellisesti materiaalin paksuus (s). Taivutussäde on usein taivutusmenetelmää valittaessa määräävä tekijänä. Taivutettaessa tulee huomioida myös neutraalitason paikan siirtyminen, kappaleen pituus oikaistuna, taivutuskulman suuruus sekä taivutuskohdan oikea piirrottaminen. [7, s.61.]

4.2.4 Särmäys

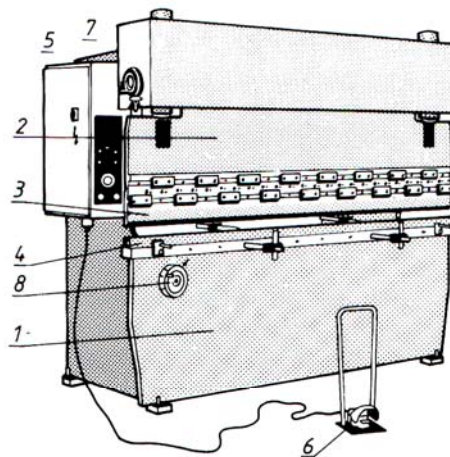
Levyn vahvuuden kasvaessa taivutusvoimaa tarvitaan huomattavasti enemmän, varsinkin jos taivutetaan useita metrejä leveitä rakenteita. Käsitaivutin konevälytyksineen ei enää riitä, vaan on käytettävä täysin erilaista ratkaisua. [7, s.70.]

Särmäyspuristimet ovat metalliteollisuudessa yleistyneet suuren taivutustehonsa, helppokäyttöisyytensä ja ennen kaikkea nopeutensa ansiosta. Valmistettavien tuotteiden laatu määrää valittavan särmäyspuristimen tehon. Särmäyspuristimet on valmistettu niin, että erilaisten työkalujen kiinnitys ja irrotus voidaan tehdä nopeasti. Näiden ansiosta koneita voidaan käyt-

tää monipuolisesti ja taivutusmahdollisuudet ovat laajat. Särmäyspuristimella on mahdollista taivuttaa esimerkiksi seuraavanlaisia muotoja. Särmäyspuristimen käyttöaloja sekä rakennetta on esitetty kuvissa 19 ja 20. [7, s.70.]



Kuva 19. Särmäyspuristimen käyttöalueita. [7, s.71.]



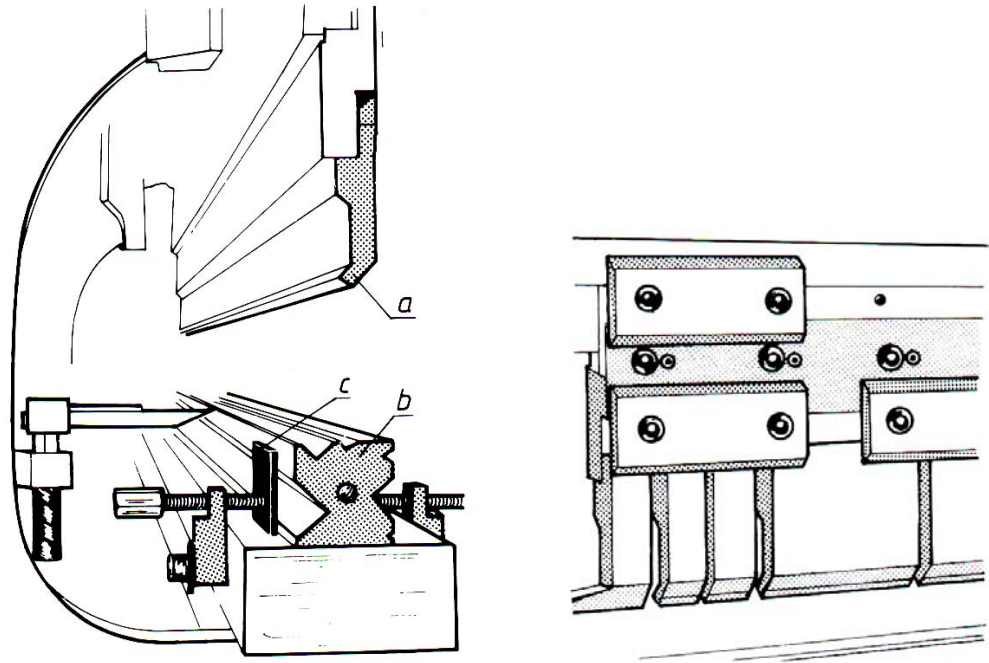
1. Puristimen runko.
2. Yläpalkki, johon on kiinnitetty painimet pulttien avulla.
3. Painin, erilaisia malleja.
4. Vastin, jossa on erikokoisia uria.
5. Ohjauskaappi, ohjauslaitteet.
6. Joustavalla kaapelilla ohjauskaappiin yhdistetty jalkapoljin.
7. Painimen syvyysasettelu.
8. Takarajoittimen säätö.

Kuva 20. Särmäyspuristimen perusrakenne. [7, s.71.]

Koneen työkalut

Särmäyspuristimen päätyökalut ovat painin ja vastin. Ne on esitetty kuvassa 21. Painin on kiinnitetty liikkuvaan yläpalkkiin yleensä upotetuilla kuusiokoloruuveilla. Useimmissa mal-

leissa on yksiosainen yleispainin, joka on koko koneen työpituuden mittainen. Painin voidaan kasata myös lyhyemmistä palasista, jolloin koneen käyttöalue laajenee huomattavasti. [7, s.72.]



Kuva 21. Vastin on useimmiten kokomittainen ja vastimen sivuilla on erikokoisia uria. Painin voi olla moniosainen. [7, s. 72.]

Särmättävän levyn vahvuuden ja taivutettavan muodon perusteella valitaan sopiva vasteen ura konekohtaisesta valintataulukosta. Taulukko on yleensä sijoitettu koneeseen näkyvälle paikalle. [7, s.72.]

Taulukko 3. Esimerkki konekohtaisesta valintataulukosta. [7, s.72.]

Levyn paksuus	6	8	10	12	16	20	24	32	40	50	60	80	100	125	160	200	250	300	Uraveveys
4,5	6	7	2,5	11,5	14	17	22,5	28	35	42	56	70	88	112	140	175	210		Kapein särmättävä reuna
1	1,3	1,6	2	2,5	3,5	4	5,5	6,5	8,5	10	13	16	20	26	33	42	50		Sisäsäde
0,5	3																		
0,75	7	5																	
0,9	10	7	6																
1	12	9	7	6															
1,25		14	11	9	7														
1,5		20	16	14	10	8													
2				24	18	14	12												
2,5					28	22	19	14											
3						32	26	20	16										
4								35	28	23									
5									44	35	30								
6										50	42	32							
8											75	56	45						
10												88	70	56					
13													118	95	74				
16														143	112	90			
20															175	140	112		
25																220	175	150	

Vastimen asettelu

Särmäyksen onnistumisen takia on tärkeää, että painin ja vastin ovat tarkasti linjassa keskenään. Niiden keskittämiseen käytetään keskitysruuveja ja tukilevyjä. Helpointa keskittäminen on, kun painin on laskettu mahdollisimman lähelle vastetta. Keskitysruuveilla vastin siirretään oikeaan kohtaan ja kiristetään sitten paikoilleen. [7, s.72.]

Särmäyspuristimiin voi tilata työvälinsarjoja, joilla voidaan suorittaa kappaleen kaikki valmistusvaiheet peräkkäin työkaluja vaihtamatta. Tällöinkin vaste on kohdistettava tarkasti molemmista päistä. Työkalusarjojen lisäksi voidaan koneeseen asettaa etukannattimet, joiden päällä taivutettava levy lepää särmäyksen ajan. Nämä kannattimet rakennetaan särmäysalueen mukaisesti. [7, s.73.]

Käyttö ja huolto

Särmäyskoneessa on erilaisia työskentelyä helpottavia apuvälineitä, kuten syvyysrajoitin, etuja takavasteet sekä ylärajoitin. [7, s.74.]

Särmäyskoneen käytössä tulee huolehtia koneen puhtaudesta ja erityisesti vastimen uran tulee olla puhdas, että laatu ei kärsi. Esikäsittelemättömistä kuumavalssatuista levyistä irtoaa särmätessä valssihilsettä, joka on helppo poistaa urasta pehmeällä harjalla. Särmäyskonetta ei voi käyttää pyörö- eikä kapeiden lattaterästen taivuttamiseen, koska painimen terä on hyvin ohut eikä se kestä pistemäistä kuormitusta rikkoutumatta. [7, s.75.]

Iskusyvyyttä voidaan eri koneissa säätää eri tavoilla (alarajoin). Ennen särmäystä tulee aina tarkistaa, että rajoittimet ovat paikoillaan molemmissa päissä ja säädetty oikein, jolloin särmäyskulma tulee molemmista päistä samansuuruiseksi. Alussa rajoittimet tulee säätää niin, että kappale ei taivu halutun särmäyskulman yli vaan jää mieluummin alle, sillä levyä on helppo taivuttaa lisää, mutta ylitaivutusten korjaus on vaikeaa ja kallista. [7, s.76.]

Kuormitettaessa hydraulista puristinta pitkäaikaisesti suurimmilla tehoilla sen teho saattaa heikentyä. Tehon heikentyminen voi johtua öljyn vanhentumisesta, ja sen vuoksi öljy vaahdotuu. Öljyn määrä on tarkistettava säännöllisesti, ja tarpeen mukaan sitä on lisättävä. Valmistajan toimittaman huolto-ohjelman noudattaminen on tärkeää, sillä säännöllinen huolto ja hoito lisäävät koneen käyttövarmuutta ja -ikää. [7, s.76.]

Käytettäessä särmäyskonetta on aina huomioitava työkappaleen liikkuminen ja ennakoitava kappaleen liikkeitä. Särmäystöissä yleisimmin vammoja aiheuttavat litistymät ja kappaleiden äkilliset liikkeet. [7, s.76.]

5 RASKAAN KALUSTON HUOLTO

Raskaan kaluston ajoneuvot ovat erittäin kalliita. Siitä syystä on tärkeää, että kalusto pysyy tehokkaasti toiminnassa. Käytettävyyden edellytyksenä on ehdottoman huolellinen ja suunnitelmallinen huolto. Huoltojen suorittamiseen vaaditaan koulutettua ja asioista perillä olevaa ammattitaitoista henkilökuntaa. Huoltotöissä tehdyt virheet saattavat aiheuttaa suuria taloudellisia vahinkoja ja jopa liikennesiskejä. [8.]

Huoltotyön yleiset vaatimukset Jorma Nykäsen mukaan

Huoltotöitä suorittaessasi sinun tulee ottaa huomioon mm. seuraavat vaatimukset:

- **Oikeita huoltomenetelmiä on ehdottomasti noudatettava.**
- **Eri öljyalaatuja ei saa sekoittaa keskenään.**
- **Noudata rasvavoitelussa kohtuullisuutta ja puhtautta.**
- **Vaihda tukkeutuneet ja uusi pudonneet rasvanipat.**
- **Tutki häiriötekijöiden aiheuttajat niiden ilmaannuttua.**
- **Ilmoita ajoneuvon omistajalle myös muut havaitsemasi viat.**
- **Suorita kaikki huoltoon kuuluvat toimenpiteet viimeistelyä myöten.**
- **Jouduttuasi uuden ja oudon kone-elimen kanssa tekemisiin kysy ja tutki, mutta älä jätä huoltamatta. [8.]**

Huoltotyön yleisimmät virheet Jorma Nykäsen mukaan

Huoltojen yhteydessä tehdyt vahingot ja virheet saattavat koitua kohtalokkaiksi seuraamuksiltaan. Tavallisimpia huolimattomuudesta tai taitamattomuudesta johtuvia virheitä ovat:

- rasvaiset jarruhihnat
- pudonnut varmistamaton öljynpoistotulppa
- vuotamaan jäänyt suodatin
- tarkistuskohteen toistuva laiminlyönti
- kytkimen painelaakerin voitelun unohtaminen
- rasva ei mennyt voideltavaan kohteeseen. [8.]

5.1 Kunnossapito-ohjelmat

Ajoneuvojen kunnossapito-ohjelmat ovat syntyneet ajoneuvokohtaisesti pitkäaikaisen kokemuksen ja tutkimustyön pohjalta. Niissä huomioidaan erilaiset käyttöolosuhteet ja tekniikan kehitys sekä voiteluaineiden että rakenteiden osalta. Näin niillä mahdollistetaan ajoneuvon kunnossapito taloudellisesti ja järkevästi. Ajoneuvon käyttäjä (kuljettaja) ja huoltaja ovat kunnossapito-ohjelman toiminnan kannalta tärkeimmät lenkit. Näiden yhteistoiminnalla saadaan ajoneuvosta mahdollisimman suuri taloudellinen hyöty, tarkastettaessa ja huollettaessa ajoneuvo säännöllisesti sekä korjattaessa pieneltäkin näyttävistä viat heti niiden ilmaannuttua. [8.]

Kunnossapito-ohjelma eli huoltojärjestelmä voidaan jakaa seuraaviin osakokonaisuuksiin:

- Päivittäinen kunnonseuranta
 - Kuljettaja suorittaa esimerkiksi aamuisin tai ajovuoron vaihtuessa pikaisen silmämääräisen tarkastuksen.
- Kilometrihuollot
 - Huoltaja, asentaja tai kuljettaja suorittaa toimenpiteen tietyin kilometrimäärän välein esimerkiksi, 10 000 km.
- Kausihuollot
 - Asentaja suorittaa esimerkiksi talvihuollon syksyisin, venttiilikoneiston huollon vuosittain sekä napa- ja jarruhuollon joka toinen vuosi.
- Kuntotesti
 - Asentaja tai työnjohtaja suorittaa ajoneuvon kunnan tarkastuksen noin kaksi kertaa vuodessa. [8.]

5.2 Rasvavoitelu

Raskaan kaluston ajoneuvoissa on lukuisia rasvavoitelukohteita. Rasva pienentää kitkaa ja kulumista sekä suojelee pintoja syöpymiseltä ja ruostumiselta. Rasva voi myös toimia tiivisteenä vedeltä ja pölyltä estäen niiden pääsyn voideltavaan kohteeseen. Voideltavat kohteet ovat usein rakenteiden ja sijaintipaikkojen takia huollon kannalta epäedullisesti sijoitettuja, joten on ensiarvoisen tärkeää, että ajoneuvojen rasvavoitelu suoritetaan juuri annettujen ohjeiden mukaisesti. Esimerkki voitelukohteiden tarkistuslistasta liitteessä 3. [8.]

5.3 Jarrujärjestelmä

Jarrujärjestelmän huolto on eräs liikenneturvallisuuden tärkeä osatekijä. Tärkeyttä voidaan havainnollistaa esimerkiksi, jossa 48 tonnia painavan ajoneuvoyhdistelmän pysäyttämiseen 70 kilometrin tuntinopeudesta tarvitaan 3000 hevosvoiman suuruusluokkaa oleva jarrutusteho. Jarrujärjestelmän huoltoon kuuluvat:

- kompressorin ilmanpuhdistimen puhdistus / vaihto
- kompressorin pesu
- pakkassuojapumpun nestemäärän tarkastus
- paineilmajärjestelmän ilmansuodattimen tarkastus, puhdistus / vaihto
- painesäiliöiden tyhjentäminen vedestä ja jäätyneen estoaineesta
- jarrupoljinventtiilin voitelu
- pyörien jarrulaitteiden huolto

Paineilmajärjestelmän tiiviyyttä on tarkkailtava säännöllisesti! [8.]

5.4 Hydraulijärjestelmä

Hydraulijärjestelmää huollettaessa on ensiarvoisen tärkeää huolehtia puhtaudesta. Työpaikan, vaatteiden ja työkalujen täytyy olla puhtaita hiekasta, metallilastuista ja muista epäpuhtauksista, jotka öljyjärjestelmään päästessään voivat aiheuttaa vaurioita. Pienistäkin epäpuhtauksista voi päästä hiukkasia järjestelmään nopeuttamaan kulumista. Putkien päät ja aukot tulee tukkia huoltotyön ajaksi. [9.]

Järjestelmään päässeet epäpuhtaudet pysähtyvät suodattimiin, joita asennusosineen vaihdettaessa tulee varmistaa etukäteen, että uudet osat ovat rakenteeltaan sopivia. Hydraulioöljyä lisättäessä tai kokonaan vaihdettaessa tulee huomioida, että öljy sopii yhteen sekä järjestelmässä jo olevan öljyn että kyseisen järjestelmän kanssa. Putkistoja ja letkuja vaihdettaessa on tarkastettava, että ne kestävät järjestelmässä vallitsevat paineet. [9.]

Hydraulijärjestelmän silmämääräinen tarkastaminen pesujen ja puhdistusten yhteydessä kuuluu osaksi huoltoa. Hankautuneet, syöpyneet, vaurioituneet ja vuotavat osat tulee ajoissa korvata kunnossa olevilla osilla. [9.]

6 KUORMANKÄSITTELY

Kuljettaessa tavaroita valmistajalta asiakkaalle joudutaan tavaroita käsittelemään useaan kertaan. Kuormauskertojen suuresta määrästä sekä mahdollisista erikoiskäsittelyistä johtuen tulee kuljettajan kuormankäsittelytaitojen olla hallinnassa. Suurin osa kuljetusvahingoista tapahtuu juuri kuormankäsittelyvaiheessa, joten kuljettajan hyviä kuormankäsittelytaitoja todella arvostetaan. [9, s.45.]

Kuormaaminen tulee suunnitella huolellisesti, jolloin vältetään useilta ikäviltä yllätyksiltä. Suunnitteluvaiheessa tulee olla tarkat tiedot kuormattavasta tavarasta. Näiden tietojen perusteella valitaan ajoneuvo, joka parhaiten soveltuu kyseisen tavarankuljetukseen ja jossa on kaikki tavarankäsittelyyn tarvittavat apulaitteet. Jos toimitettavia tavaroita on useita ja ne tulee toimittaa useisiin, eri paikkoihin tulee kuorma suunnitella niin, että sekä lastaus että purkaminen onnistuu järkevästi. On myös huomioitava vajaan kuorman vaikutukset auton ajo-ominaisuuksiin sekä akseli- ja telipainoihin. [9, s.50.]

Kuorma sijoitetaan kuormatilaan mahdollisimman tiiviiksi kokonaisuudeksi ja tuetaan seiniin ja etupäätyyn. Tavarat kuormataan luonnollisesti niin, että raskaammat alle ja kevyet päälle.

Kuorman varmistaminen

Varmistamalla kuorma hyvin sitomalla estetään sen liikkuminen kuormakoriin nähden. Mikäli kuorma pääsee liikkumaan, ajoneuvon painopiste muuttuu ja ajo-ominaisuudet huonontuvat, mikä aiheuttaa liikenneturvallisuuden vaarantumisen. Onnettomuustilanteessa vahingot ovat usein pienempiä, jos kuorma on hyvin varmistettu. [9, s.57.]

Kuorman varmistaminen on tärkeää, sillä kuormaan vaikuttavat fysiikan ilmiöt, kuten liike-energia ja kappaleeseen vaikuttavat voimat, keskipakovoima ja kitkavoima. Tavarat pyrkivät liikkumaan kuljettajan kannalta haitallisella tavalla liike-energian sekä keskipakovoiman vaikutuksesta. Kitkavoima puolestaan pyrkii pitämään tavaroita paikoillaan. Liike-energian suuruus riippuu kappaleen massasta ja nopeudesta. [9, s.57.]

Liike-energian kaava

$$E = 1/2 \times m \times v^2$$

E = liike-energia (Nm)

m = massa (kg)

v = nopeus(m/s)

Tavallisissa ajotilanteissa kappaleeseen vaikuttavat kiihtyvyyden aiheuttamat voimat. Kuorma-autolla kiihdytettäessä voima ei tavallisesti ole kovin merkittävä, mutta jarrutettaessa negatiivinen kiihtyvyys voi aiheuttaa vakaviakin ongelmia, mikäli vaikutuksia ei ole huomioitu. Voiman suuruus riippuu kappaleen massasta ja kiihtyvyydestä. [9, s.57.]

$$F = m \times a$$

F = kappaleeseen vaikuttava voima (N)

m = massa (kg)

a = kiihtyvyys (m/s²)

Keskipakovoiman vaikutukset näkyvät etenkin kaarreajossa ja väistötilanteissa, kun kappale pyrkii jatkamaan liikettään tangentin suuntaan. Voiman suuruuteen vaikuttavat kappaleen massa, ajonopeus ja kaarresäde. [9, s.58.]

Keskipakovoiman kaava

$$F_k = \frac{m \times v^2}{r}$$

F_k = keskipakovoima (N)

m = massa (kg)

v = nopeus (m/s)

r = kaarresäde (m)

Kitkavoima pyrkii pitämään kappaleen paikallaan, ja voiman suuruuteen vaikuttavat kitkakerroin ja kappaleen massa.

Kitkavoiman kaava tasaisella pinnalla

$$F_\mu = \mu \times m \times g$$

F_μ = kitkavoima (N)

μ = kitkakerroin

m = massa (kg)

g = putoamiskiihtyvyys (m/s²)

6.1 Lain vaatimukset

Lain mukaan ajoneuvoon ei saa sijoittaa tavaraa, eläimiä tai henkilöitä siten, että se estää kuljettajaa näkemästä tai haittaa ajoneuvon käsittelyä, eikä siten, että ajoneuvoon määrätty suuntavallo, valaisin, heijastin tai kilpi peittyy. [9, s.60.]

Ajoneuvo täytyy kuormata siten, ettei kuorma voi vaarantaa henkilöitä, vahingoittaa omaisuutta, laahata maata, pudota tielle, pölytä häiritsevästi tai aiheuttaa muuta siihen verrattavaa haittaa taikka synnyttää tarpeetonta melua. Tarvittaessa kuorma on sidottava tai peitettävä. (Ajoneuvoasetus 58 §.) [9, s60.]

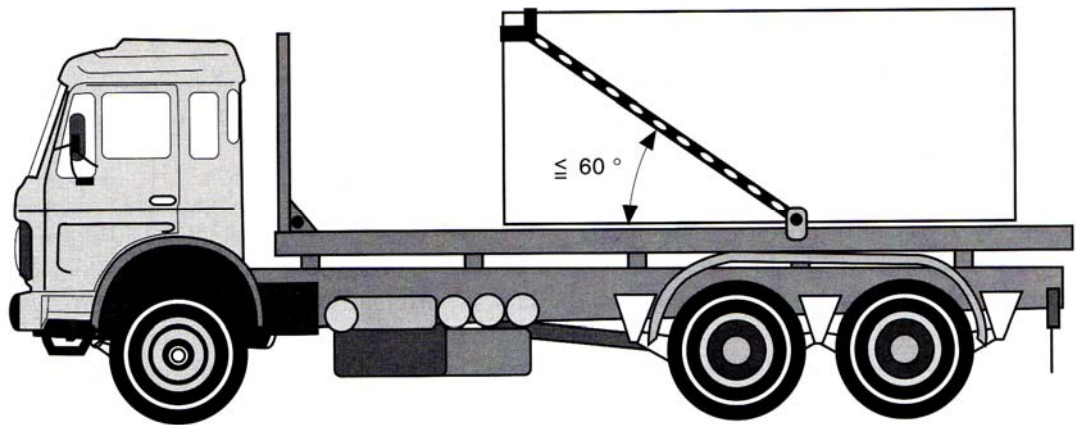
Kuorma ei saa siirtyä kuormakorissa siten, että se voi haitata ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä eikä oleellisesti liikkua kuormakoriin nähden, milloin kuormaan vaikuttaa eteenpäin voima, joka vastaa vähintään kiihtyvyyttä 10 m/s^2 tai kun kuormaan vaikuttaa sivulle tai taaksepäin voima, joka vastaa vähintään kiihtyvyyttä 5 m/s^2 . Kuorma tulee varmistaa tukemalla, sitomalla, lukitsemalla tai peittämällä. Kuorman varmistuksen lujuutta arvioitaessa saa kitkan tarjoaman pidätyskyvyn huomioida. [9, s.60.]

Mikäli vaarana on kuorman pölyäminen tai variseminen tielle ajoviiman vaikutuksesta, on kuorma suojattava kuormapeitteellä. Kuormapeitettä tai verkkoa käytettäessä on se kiinnitettävä siten, ettei ilmavirta irrota sitä ajon aikana. (LiikMp ajoneuvojen kuormakoreista ym. 13 §.) [9, s.60.]

6.2 Kuorman sitominen ja ajoneuvon kuljetus

Kuorman eteenpäin liikkumista estävien sidontojen nimellislujuuksien summan tulee olla vähintään yhtä suuri kuin kuorman paino. Sivuille ja taaksepäin sidontojen nimellislujuuksien tulee olla vähintään puolet kuorman painosta. [9, s.64.]

Suurin sitomisvoima eteenpäin saavutetaan sitomisvälineen ollessa vaakasuorassa. Mitä suuremman kulman sitomisväline vaakatason kanssa muodostaa, sitä pienempi on sitomisvoima vaakatasossa eteenpäin. Ilman pakottavaa syytä sitomisväline ei saa olla vaakatasoon nähden yli 60 asteen kulmassa. Kulma ja sen vaikutuksia on esitetty kuvassa 22 ja taulukossa 4. [9, s.64.]



Kuva 22. Sitomisvälineen kulma [9, s.65.]

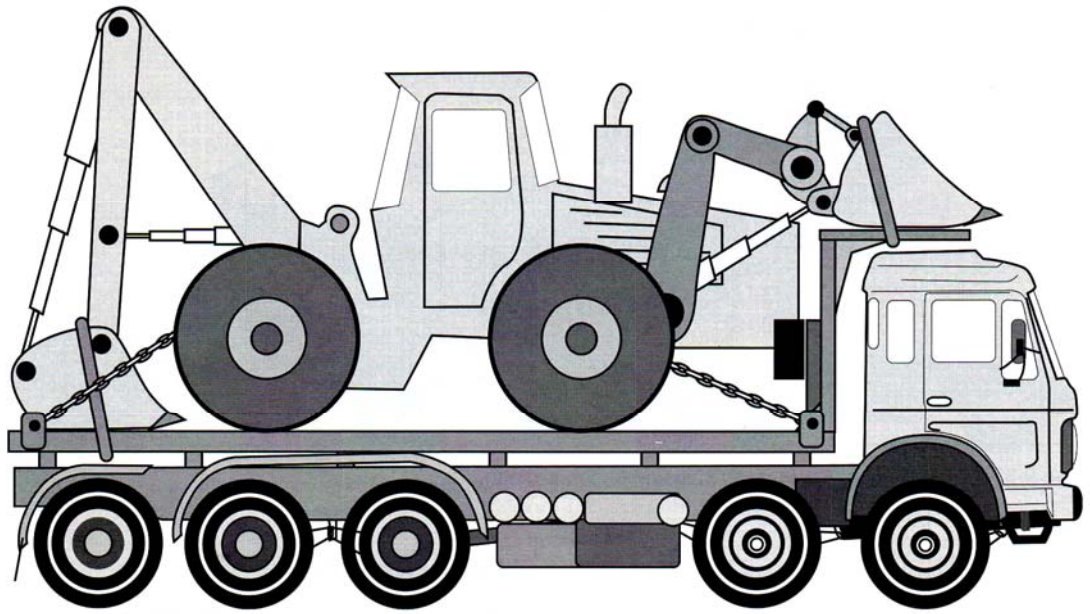
Taulukko 4. Sitomisvälineen kulman suuruuden vaikutukset sidontavoimaan. [9, s.65.]

Sitomisvälineen kulma asteina	Sidontavoima prosentteina nimellislujuudesta
Alle 60	100
60...70	70
70...80	35
yli 80	25

Sitomisvälineen paikka ajoneuvossa tulee valita huolellisesti, ja on huomioitava, että sitomisvälineen kiristyslaite ei saa lisätä ajoneuvon leveyttä, ja kiinnityspisteiden tulee kestää kuorman niihin kohdistama rasitus. Yleensä sitoessa käytetään lavanpohjakoukkuja, joiden nimellisuuden täytyy olla vähintään 20 kN kantavuuden ollessa yli 6000 kg. Koukkujen on kestävä murtumatta kaksinkertainen rasitus. Samaan lavanpohjakoukkuun ei ole viisasta laittaa kahta sitomisvälinettä, eikä se ole sallittuakaan, mikäli sidottava kappale on vähänkin painavampi. Kuormaa varmistaessa voidaan huomioida kuomaan vaikuttava kitkavoima, mutta sitä ei pidä yliarvioida, vaan paremminkin pitää ylimääräisenä reservinä. Sivusuuntainen liike estetään parhaiten kiertämällä sidontavyö kappaleen ympäri, niin sanotusti hirttämällä. Tä-mäntyyppistä sidontatapaa voidaan käyttää monenlaisen tavaran kuten, esimerkiksi kivipaasi-en, elementtien tai levy- ja lautanippujen kuljettamiseen. [9, s.65.]

Ajoneuvoja kuljettaessa täytyy seisontajarrun sekä pienimmän vaihteen olla kytkettyinä. Ajoneuvoa sitoessa voi sidontakohtien löytäminen olla joskus vaikeaa. Paras kohta on jousit-tamaton osa ajoneuvosta. Pyörien eteen ja taakse on hyvä asettaa kiilat, ja ajoneuvo kannat-taa sitoa pyörästä, akselista, jousen kiinnikkeestä tai vanteesta. Jotta vältetään turhilta han-kaumilta, tulee ajoneuvon ympärille jättää hieman heilumistilaa, sillä ajoneuvon kori on jousi-tettua massaa. [9, s.69.]

Raskaat työkoneet varmistetaan periaatteessa aivan samalla tavalla kuin mitkä tahansa muut ajoneuvot. Kuljetettava työkone voidaan huoletta ajaa vasten etuseinää tai hanhenkaulaa ja sidontaan käytetään yleensä vahvoja ketjuja. Työkoneen työlaitteet, kuten kauhat, puomit ja vastaavat tulee tukea ja sitoa mekaanisesti, niitä ei saa jättää hydrauliiikan varaan. Työkoneen kuljetus on esitetty kuvassa 23. [9, s.70.]



Kuva 23. Työkoneen kuljetus. [9.]



Kuva 25. Rakenteiden mittausta.



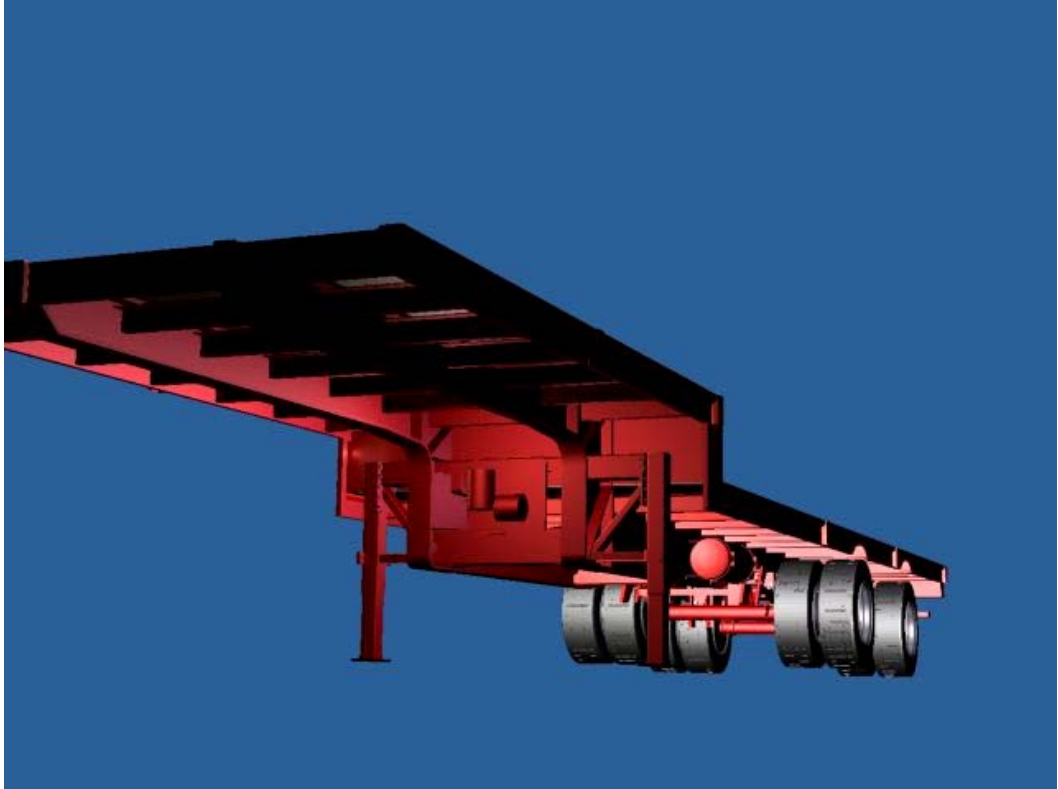
Kuva 26. Kehitystyön kohteena oleva puoliperävaunu.

Kehitystyössä oli huomioitava rakenteiden puhdistettavuus, valmistettavuus ja huollettavuus.

Puhdistettavuus on tärkeää, koska kuljetuskalustossa väärin suunnitellut rakenteet aiheuttavat rakenteiden nopeutunutta kulumista ja laitteesta voi tulla täysin käyttökelvoton. Rakenteisiin kertyvä lumi, jää, hiekka, pöly ja maantiesuola tuovat liukuvien rakenteiden suunnitteluun oman haasteensa.

Valmistettavuuden kannalta tuli suunnitella rakenteista sellaisia, että muutoksissa käytettävät rakenteet ovat valmistettavissa Kari Kuvajalla käytössä olevilla koneilla. (liite 2.) Tämä asetti tiettyjä rajoituksia esimerkiksi kokoonpanoissa käytettävien rakenteiden leveyteen, koska hydraulisen levyleikkurin leveys oli määräävä.

Huollettavuus liittyy näihin edellä esitettyihin, eli mitä parempi puhdistettavuus, sitä vähemmän tarvitaan huoltoa, ja valmistettaessa tulee huomioida myös rakenteiden huollettavuus. Hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää levitysrakenteessa käytettäviä POM-muovista valmistettavia liukupaloja. Mitä paremmin liukujen kosketuspinnat voidaan pitää puhtaana, sitä vähemmän ne kulumat ja paloja vaihdettaessa rakennetta ei voida hitsata lähellä liukupalaa, sillä hitsauksessa syntyvä lämpö pilaa uuden liukupalan.



Kuva 27. Kolmiulotteinen malli puoliperävaunusta ennen muutoksia.

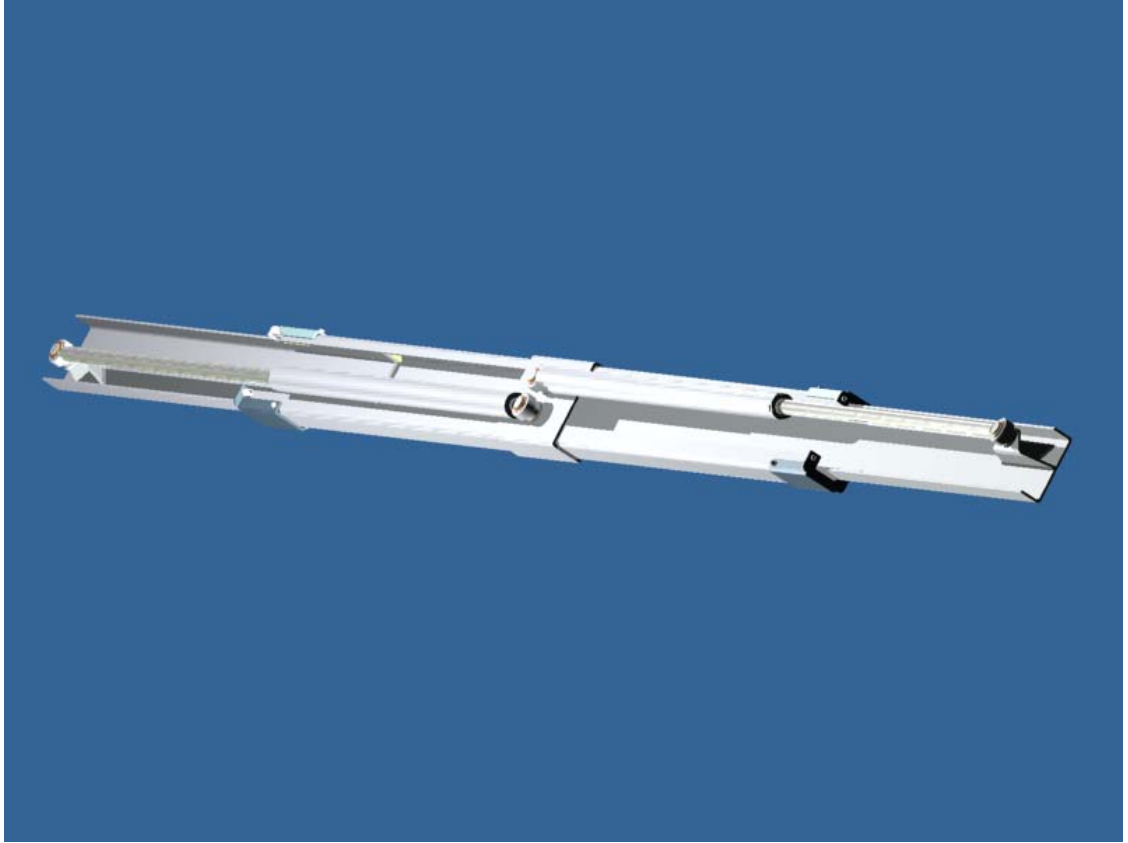


Kuva 28. Kolmiulotteinen malli puoliperävaunusta takaa.

8 SUUNNITTELUPROSESSI

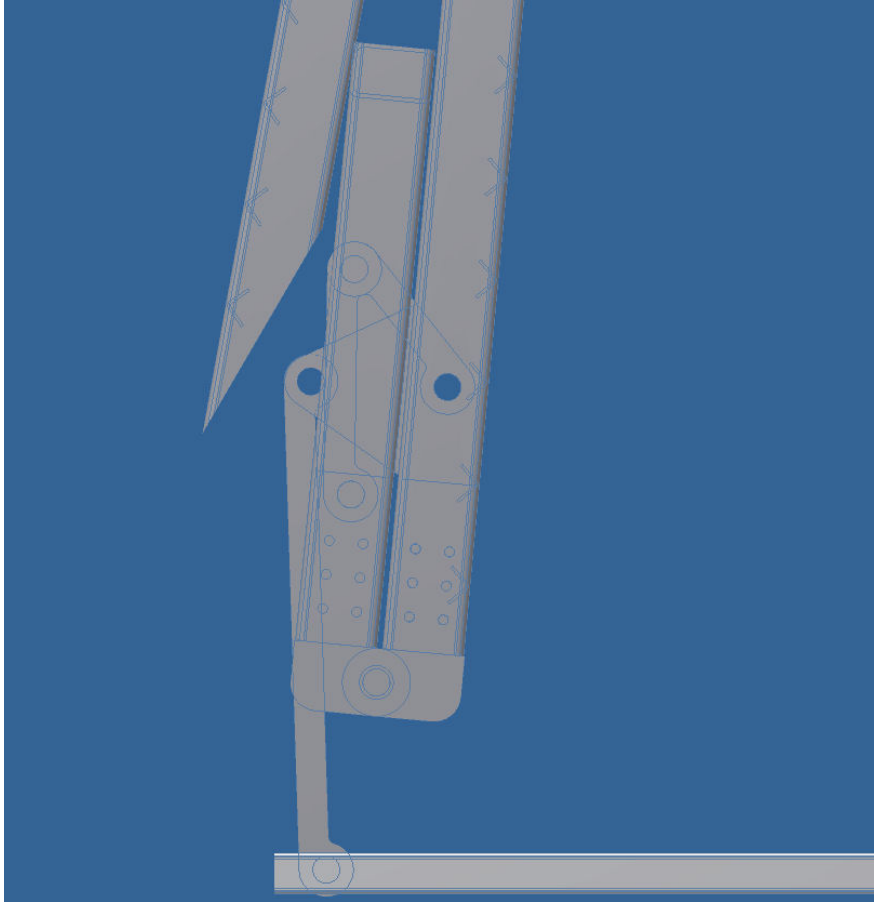
Kun malli oli muutosten kannalta käyttökelpoinen, aloitettiin varsinaisen kehitystyön suunnittelu. Ensimmäisenä malliin alettiin suunnitella levitysrakenteiden toteutusta. Levityspaketin sijoittelussa oli ensiarvoisen tärkeää, että alkuperäiset puoliperävaunun Z-malliset poikittaispalkit vastasivat mallissa todellisuutta. Sijoittelun alkuvaiheessa huomattiin oletuksen perusteella tehty virhearviointi poikittaispalkkien mallinnuksessa. Tässä vaiheessa tarkastettiin malli perusteellisesti vaunusta otettujen yli 150 valokuvan perusteella. Tarkastettiin mahdolliset virheet, kirjattiin ne ja käytiin vielä Kontiomäessä tarkastamassa rakenteet.

Työn toimeksiantajan Kari Kuvajan kanssa päätimme käyttää pohjan levittämiseen sisäkkäin liukuvia C- ja U- palkkeja, jotka pystyttäisiin itse valmistamaan ja jotka ovat puhdistettavuuden kannalta paras vaihtoehto. Sisällä oleva liukuva U-palkki lepää POM –muovista valmistettujen liukupalojen varassa, ja levittäminen tapahtuu kahdella hydraulisynterillä. POM-muovi valittiin liukujen materiaaliksi parhaan soveltuvuutensa ansiosta. (liite 4.) Näitä levityspaketteja asetettiin rakenteisiin ensin neljä kappaletta. Levityspaketti on esitetty kuvassa 29. Yksi niistä kuitenkin jouduttiin myöhemmässä vaiheessa korvaamaan pienemmällä suorakaideputkipalkki/ I-palkkirakenteella, koska sen sijoittamiseen tarvittava rakenteisiin puhkaistava reikä olisi heikentänyt alkuperäistä runkoa liikaa.



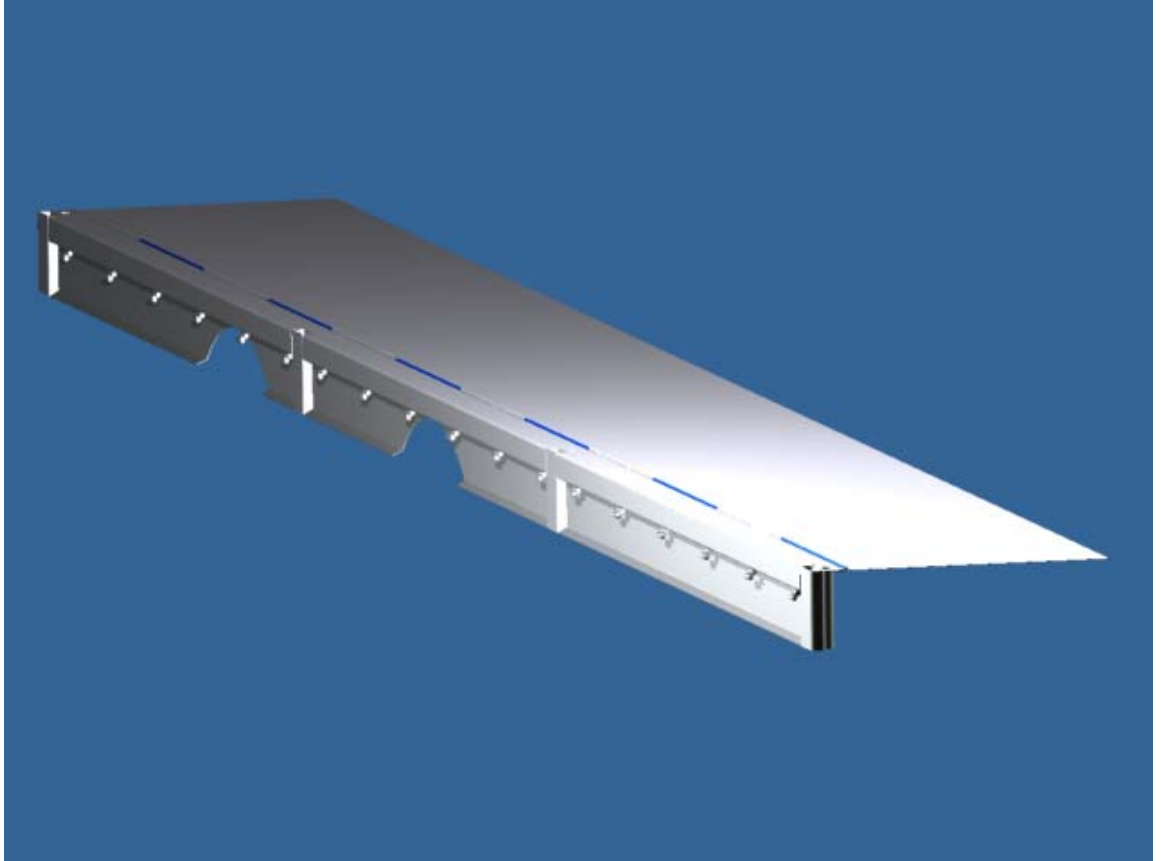
Kuva 29. Rakennetta levittävä levityspaketti.

Levityspakettien ollessa pääosin suunnitellun mukaiset alettiin hahmotella hydraulikäyttöisiä ajosiltoja, joissa toivomuksena oli, että ne olisivat mielellään pidemmät kuin alun perin käytetyt putkipalkkirakenteet. Pituuden ansiosta nousukulma pienenee ja loivempien ajosiltojen ansiosta lastaus helpottuu. Ajosiltojen pituuden noustessa lähes neljään metriin tuli polvimaisen rakenteen käyttäminen välttämättömäksi, eli ajosillat taittuvat yläasennossaan puolesta välistä yhteen. Tilaaja halusi myös, että siltojen ollessa alhaalla eli lastausasennossa siltojen saranapisteeseen saataisiin tuki maasta. Kun ajoneuvoa aletaan ajaa kyytiin, koko perävaunu ei tämän maatuen ansiosta kallistu takapäästään, vaan painon siirtyessä ajosiltojen päälle maatuki osuu ensimmäisenä maahan. Tämän maatuen lisääminen asetti oman haasteensa ajosillan suunnitteluun erityisesti kuljetusasennon kannalta, koska nostettaessa ajosiltoja kuljetusasentoon tuli maatuki saada nostettua väliin. Maatuen nostamiseen täytyi käyttää omia pieniä hydraulisylinereitä. Ajosillan rakenne on kuvassa 30.



Kuva 30. Ajosillan rakenteiden tarkastus ylösnostettuna

Levitettävässä pohjassa haluttiin käyttää reunassa alkuperäisen kaltaista profilia, joka olisi taitosten ansiosta tukeva ja helposti puhdistettavissa. Laitoihin tarvittiin alkuperäisen kaltaiset saranoidut 600 mm korkeat laidat, jotka tullaan valmistamaan alumiinista. Alumiinilaidat painavat noin 20 kg, joten ne ovat alkuperäisiä huomattavasti kevyemmät. Reunan sisään lisättiin U-palkki notkahduksen välttämiseksi, ja laitojen tolppia varten laitaa tuli laittaa suorakaideputkipalkkien pätkät, joiden selkään tulivat kylkipressun putkia pitävät tukiputket. Koska laitalevyä joudutaan liu'uttamaan kärryn pohjaa vasten saranoitiin levy ulkoreunastaan laitaa eikä käytetty jäykkää hitsattua rakennetta. Uusi laita on esitetty kuvassa 30.



Kuva 31. Uusi laita.

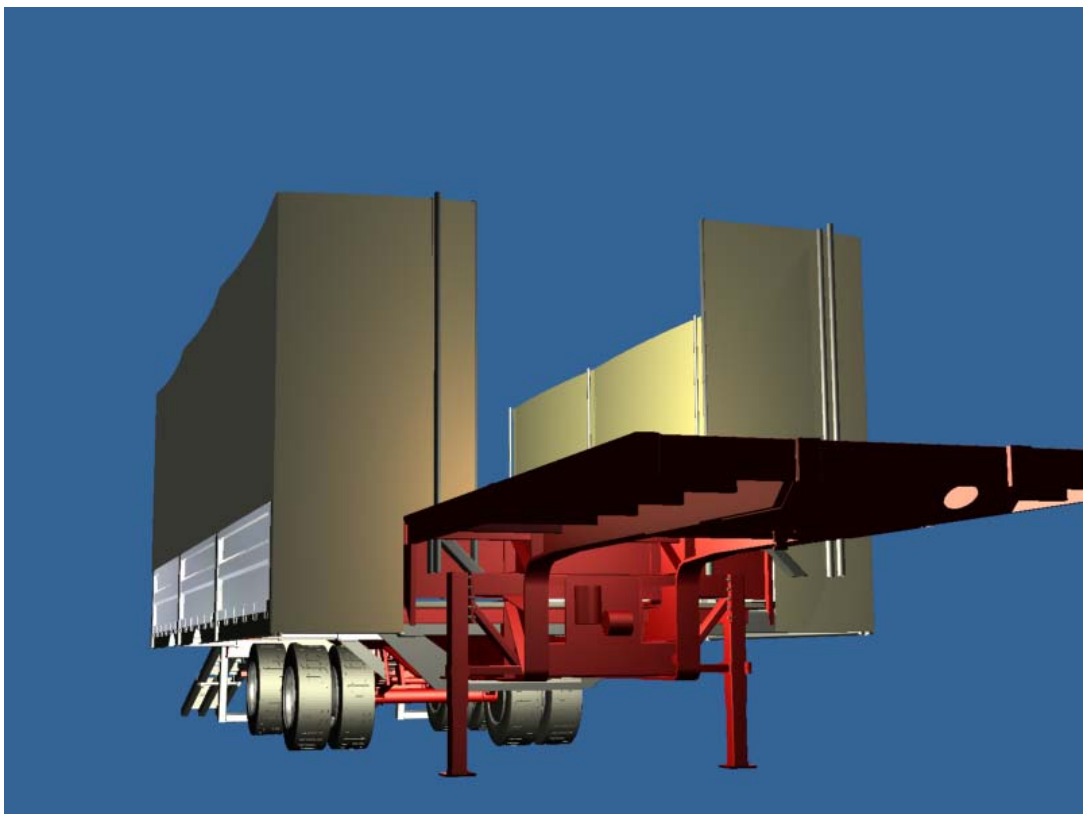
Alun perin oli tarkoituksena purkaa kärryssä ollut lautapohjarakenne vanerin alta ja korvata laudoitus vanerilevyllä, jonka päälle tullaan laittamaan teräslevy. Pohja lasketaan niin, että ylin pinta tulee alkuperäisten runkopalkkien tasalle ja palkkien sisäreunoja voidaan käyttää Copma-nosturin kiinnitykseen ja kuormansidontakorvakoihin.

Suojaverhojen parhaaksi sijoituspaikaksi katsottiin etupään pokkauksen takanurkat, jolloin verhot ovat helposti vedettävissä paikoilleen ja alhaalla olevasta kuormatilasta saadaan kaikki tila käyttöön. Alkuperäisten tukijalkojen yläpäästä löytyi hyvä tila rullaverhojen tukirakenteille sekä moottoreille, joita käytettäisiin verhojen takaisin kelauksessa.

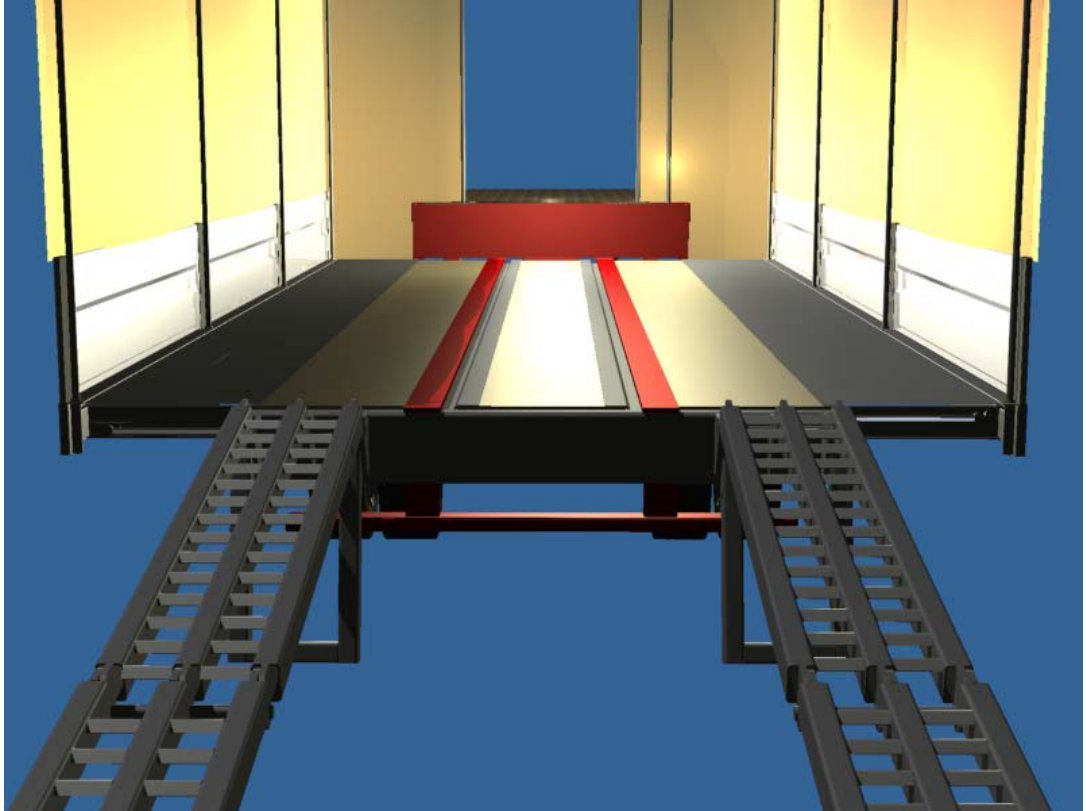
Lopuksi haluttiin laitoja tukemaan lisätä tukilevyjä, joilla oli tarkoitus tukea laitoja reunoista rungon alarakenteiden kautta toisiinsa. Alkuperäisessä puoliperävaunussa oli ajan myötä esiintynyt vääntymistä kuluneissa laidoissa ja poikkipalkkien rakenteissa. Puoliperävaunu kaikkine kehitystyön rakenteineen esitetty kuvissa on 32, 33 ja 34.



Kuva 32. Puoliperävaunu levitettyinä valmiina lastattavaksi.



Kuva 33. Alhaalla näkyvät pohjaan lisätyt tukilevyt.



Kuva 34. Näkymä lastattavasta ajoneuvosta 4 metriä leveälle lavalle.

9 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

Insinööriyössä valmistui kolmiulotteinen malli, joka koostuu kokonaisuudessaan 1190 osasta, joita mallissa on 305 erilaista. Osa osista on tietenkin tehty peilaamalla ja monissa osissa niiden samankaltaisen rakenteen takia pystyttiin käyttämään Autodesk Inventorin iPart-toimintoa, jolla piirteet säilyvät ja mittoja voidaan muuttaa. Muutokseen tarvittavista osista on tehty asianmukaiset piirustukset osista ja kokoonpanoista, ja näiden piirustusten perusteella muutokset ovat toteutettavissa työn toimeksiantajalla. Piirustuksia tuli kaiken kaikkiaan 57 (liite 5.) ja lisäksi toimeksiantajalla on käytössään 3D-malli, jota hän voi käyttää Inventor View -ohjelman avulla.

Koska levitysmuutoksen lähtökohtana oli alkuperäisen kuormaustavan noudattaminen suunniteltiin rakenteet ja niiden ainevahvuudet suurimmilta osin muihin vastaaviin rakenteisiin sekä kokemuksiin perustuen, ja tärkeimmissä lujuuslaskenta suoritettiin käsin. Laajamittaisien kuormitussimulaatioiden suorittaminen ei kyseisen mallin kohdalla onnistunut Kajaanin ammattikorkeakoululla olevilla ohjelmistoilla ja laitteilla. Kuormitussimulaatiot, joissa voidaan huomioida myös ajoviiman vaikutukset, olisi kuitenkin mahdollista ulkoistaa esimerkiksi jollekin paikalliselle insinööritoimistolle.

Katsastuksen kanssa kyseisissä muutoksissa ei pitäisi tulla ongelmia, sillä paikallisiin katsastusviranomaisiin sekä alkuperäisen puoliperävaunun valmistajaan on työn aikana oltu yhteydessä ja heiltä saatuja ohjeita on noudatettu.

Työn toimeksiantaja Kari Kuvajan pitkäaikainen kokemus raskaasta kalustosta toi suunnitteluun näkökantoja, joilla varmistettiin suunniteltujen rakenteiden puhdistettavuus, huollettavuus ja tätä kautta pitkä käyttöikä.

10 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä haluttiin kehittää olemassa olevasta pokatusta puoliperävaunusta käytettävämpi ja monipuolisempi, niin että valmistaminen onnistuu työn toimeksiantajan Kari Kuvajan käytössä olevilla koneilla. Insinööriyöhön liittyi alkuperäisen puoliperävaunun rakenteiden mittausta ja saattamista kolmiulotteiseksi malliksi, johon kehitystyön muutokset tulisi toteuttaa. Mallin huolellisella luomisella varmistettiin muutosten toteuttaminen käytännössä, niin että mallista nähtiin rakenteiden rajoitteet jo suunnittelun alkuvaiheessa.

Kehitystyössä olennaisena osana oli huollettavuuden ja valmistettavuuden huomioiminen. Tästä syystä haluttiin työssä esittää huoltokohteiden huomioiminen sekä raskaan kaluston käytön että suunnittelun osana. Työssä käytettyjen valmistusmenetelmien tarkastelulla haluttiin varmistaa, että valmistus suoritetaan niin, että materiaalit ja rakenteet säilyttävät ominaisuutensa muun muassa lujuuden ja kestävyuden suhteen. Esimerkiksi hydraulinen särmäyspuristin oli ollut tilaajalla käytössään vasta vähän aikaa, joten sen oikeaoppinen ja tehokas käyttö haluttiin varmistaa menetelmien läpikäynnillä.

Työn tuloksena saatiin kolmiulotteinen malli, jonka avulla voitiin simuloida rakenteiden toimivuutta ja varmistaa rakenteiden toimivuus käytännössä. Rakenteiden suunnittelussa toimeksiantajan pitkäaikaisella kokemuksella raskaan kaluston rakenteiden muutoksista oli suuri merkitys, ja tätä kautta rakenteiden kestävyyttä ja huollettavuutta heikentävät tekijät saatiin minimoitua.

Kolmiulotteisen mallin pohjalta tehtiin kaikista kehitystyöhön tarvittavista rakenteista osien piirustukset ja kokoonpanopiirustukset. Näiden piirustusten pohjalta toimeksiantajan on mahdollista toteuttaa muutokset ja valmistaa tarvittavat osat.

LÄHTEET

1.
Ajoneuvohallintokeskus. Perävaunu. [WWW-dokumentti]
<http://www.ake.fi/AKE/Katsastus_ja_ajoneuvotekniikka/Ajoneuvoluokat/Perävaunu.htm> (Luettu 4.2.2008)
2.
Tiehallinto. Erikoiskuljetustoiminnan asiakastarpeet. [WWW-dokumentti]
<http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201040-v-erikoiskuljetustoiminnan_asiakastarpeet.pdf> (Luettu 8.2.2008)
3.
Mäntynen, J – Rantala, J. Tieliikenne, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1996, ISBN: 951-722-619-5
4.
Pere, A. Koneenpiirustus 1, 1997 Kirpe Oy, ISBN: 951-97096-0-6
5.
Autodesk. Top 10 Reasons to Move from AutoCAD to Autodesk Inventor 2008. 2007.
[PDF-dokumentti]
<<http://images.autodesk.com/adsk/files/top-10-reasons-to-move-from-autocad-to-autodesk-inventor.pdf>> (Luettu 05.02.2008)
6.
Niemi, E. – Kemppi, J. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet, Painatuskeskus Oy, Helsinki 1993, ISBN: 951-37-1115-3
7.
Katainen, H. – Mäkinen, A. Muovaava ja leikkaava työstö, WSOY, Porvoo 1989, ISBN: 951-0-14464-9
8.
Nykänen, J. Auto- ja kuljetustekniikka, Raskaiden ajoneuvojen huolto, WSOY 1984 ISBN 951-0-12611-X

9.

Kiljunen, M. – Pöntinen, M. – Tuppurainen, U. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 5, Kuljetus- ja työlaitteet, Kustannusosakeyhtiö Otava, Keuruu 1994, ISBN 951-1-11223-6

10.

Blom, S. – Lahtinen, P. – Nuotio, E. – Pekkola, K. – Pyy S. – Rautiainen, H. – Sampo, A. – Seppänen, P. – Suosara, E. - Koneenelimet ja mekanismit, Edita Oyj, Helsinki 2001, ISBN 951-37-2903-6

LIITTEIDEN LUETTELO

- 1 Kehitettävä puoliperävaunu lastattuna.
- 2 Kalusto ja konepajan koneet
- 3 Ohjeita raskaankaluston huoltoon
- 4 Muovien ominaisuuksia liukulaakerikäytössä
- 5 Piirustuksia



Panostusalusta lastattuna kehitystyön kohteena olevaan puoliperävaunuun.

Kalusto

- Iveco 240 52 -98
- Teijo nakkikärry, (kärryssä kuorma toimii runkona)
 - o Pituus muunneltavissa, kuljetettavan tavaran pituus max 40 m
 - o Kärryn alavaunu kääntyy hydrauliiikan avulla ja kääntö tapahtuu radio-ohjauksella
- Joka pokattu puoliperävaunu, johon tämän työn muutokset tullaan tekemään
 - o pituus 4+8 metriä
 - o kantavuus 20 tonnia
 - o varustettu Copma nosturilla
 - kuormamomentti 36 tonnimetriä
 - ulottuvuus 16 metriä
 - radio-ohjaus
- Hanomag –kaivinkone
- Allis-Chalmers –pyöräkone



Iveco 240 52 -98 ja Teijo -nakkikärry

Konepajan koneet

- 160 tn hydraulinen särmäyspuristin
 - o särmättävän teräslevyn suurin leveys 3500 mm ja ainevahvuus 12 mm
- Hydraulinen levyleikkuri
 - o leikattavan teräslevyn suurin leveys 2500 mm ja ainevahvuus 14 mm
- Optinen polttoleikkuri
 - o piirustuksesta lukeva
 - o pöydän suurin mahdollinen pituus 5000 mm
 - o pöydän leveys 1800 mm
 - o leikattavan teräslevyn suurin mahdollinen paksuus 70 mm
- Totz –kärkisorvi
 - o kärkiväli 4 m
 - o kappaleen suurin halkaisija 600 mm, karareikä 70 mm
- Kärkisorvi
 - o kärkiväli 7 m
 - o kappaleen suurin halkaisija 1000 mm
- Vannesaha
 - o kappaleen suurin halkaisija 300 mm
- Säteisporakone
 - o x –liike 1200 mm
 - o reiän suurin halkaisija 50 mm
- Jyrsinkone
- Useita MIG/MAG hitsauskoneita sekä TIG hitsauskone
 - o 450 A pulssi MIG
 - o 350 A MIG
 - o 300 A MIG alumiinille
- Plasmaleikkurit kaasulla ja ilmalla
- Useita kompressoreita, suurimman tuotto 15 m³ / min
- Hiekkapuhalluslaitteet
- Lisäksi pajasta löytyy maalaamo, rengaskone, 5 tonnin Demag siltanosturi sekä moottorin osien pesukone Teijo

Nykypäivänä panostetaan suurimmaksi osaksi konepajatoimintaan. Viimeksi rakennettuja ovat muun muassa:

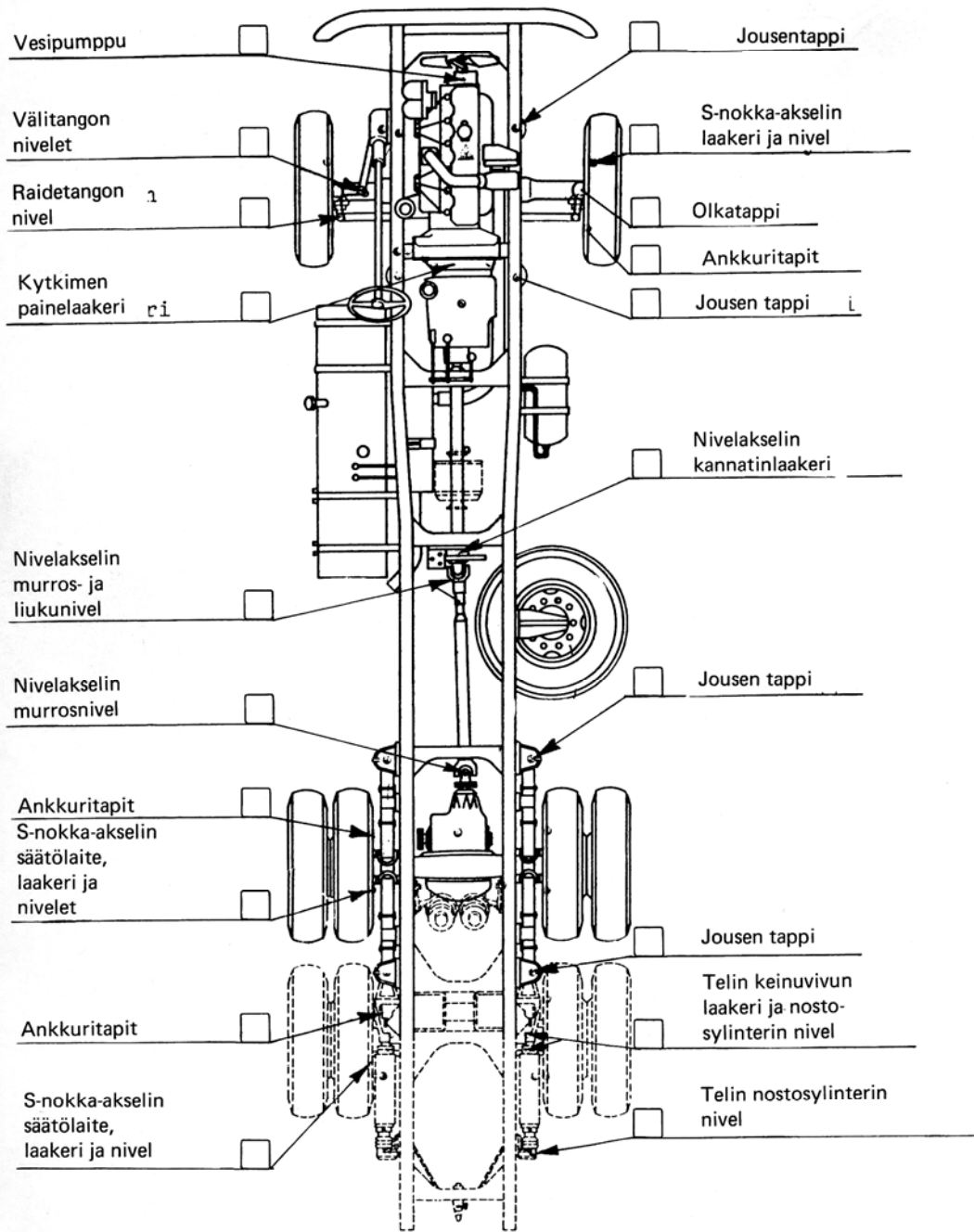
- 30 tonnin murskalaitos, kartiolla murskaava välimurska
- maanalaisten kaivoskoneiden huoltoja ja peruskorjauksia
- kuorma-autojen muutostöitä, muun muassa lyhentämällä
- kaksi 280 kVA / 400 V Agregaattia, joista toinen Scanian 9 litraisella ja toinen Cummingsin 14 litraisella dieselmoottorilla

Tarkistuslista

VOITELUKOhteet

Nimi: _____

Ryhmä: _____



R-Jyryn voitelukaavio

Korin kunnossapito

Kuorma-auton arvo riippuu varsin usein korin ulkonäöstä ja kunnosta. Säännöllinen korin huoltaminen on edullista ja yksinkertaista sen merkitykseen nähden. Kaikenlaiset natinat ja kitinät on paikallistettava ja korjattava, ennen kuin niistä aiheutuu suurempia vikoja.

Säännölliseen korin huoltoon kuuluu muun muassa:

- korin pesu
- korin vahaus
- korin eri kohteiden voitelu (esimerkiksi ovien saranat ja pysäyttimet)
- lisälaitteiden huolto
- sisustuksen puhdistus
- korin ruosteenestokäsittely

Dieselmoottorin voitelujärjestelmä

Kuljettajan ja huoltajan on kyettävä määrittämään öljynvaihdon tarve sekä suorittamaan moottoriöljyjen ja suodattimien vaihdot oikeita ja huolellisia työmenetelmiä käyttäen. Lisäksi heidän on sisäistettävä puhtauden ja huolellisuuden merkitys huoltotyön yhteydessä. Epäpuhtaudet ovat moottorin ja sen apulaitteiden pahimpia vihollisia. Epäpuhtaudet voivat kulkeutua moottoriin ilman, polttonesteen ja öljyn mukana tai huoltotöiden yhteydessä. Huoltaessa tulee siis olla erityisen tarkkana, että työn aikana moottoriin ei pääse epäpuhtauksia sekä tarkastaa suodattimien ja huohottimien kunto.

Voitelujärjestelmän tärkeimmät huoltokohteet: [mukaan]

- **Paineenrajoitusventtiili**
- **Öljynlauhdutin**
- **Öljynsuodattimet**
- **Imusiivilä**
- **Kampikammion huohotin**
- **Kampiakselin öljypesäkkeet**

Öljyn pilaantumiseen vaikuttavat tekijät:

- **Vesi**
- **Lika, hiekka ja tomu**
- **Polttoaine**
- **Noki ja karsta**
- **Muut palamisjätteet**
- **Metalliset epäpuhtaudet**

Jäähdytysjärjestelmä

Nykyaikaisten kuorma-autojen yhä suuremmat kuormitukset asettavat arkarammat vaatimukset myös ajoneuvon jäähdytysjärjestelmälle. Tämän vuoksi on myös jäähdytysjärjestelmä huollettava kunnolla määräajoin. Moottorin ylikuumentumisesta voi koitua suuriakin taloudellisia vahinkoja. Jäähdytysjärjestelmän huoltokohteisiin kuuluvat:

- Jäähdytin
 - Pestävä määräajoin päältäpäin, kiinnitykset ja kumityynyjen kunto tarkastettava
 - Mahdolliset vuodot korjautettava välittömästi
- Vesipumppu
 - Voitelu alustavoitelun yhteydessä
- Termostaatti
 - Avautumislämpötilan sekä termostaatin säiliön pitävyyden tarkastus
- Tuuletin
 - Siipien kunnan tarkastaminen
 - Tasapainottomuus / murtumat korjattava välittömästi, koska muutoin vesipumpun laakeri vaurioituu ja katkennut siipi voi särkeä jäähdyttäjän
- Kiilahihnat
 - Kunnan ja kireyden tarkastaminen
 - Mahdollisten murtumien esiintyessä kannattaa hankkia varahihnat ajoneuvoon
- Putkistot ja letkunkiristimet
 - Putkien, letkujen ja letkunkiristimien tarkastaminen, sekä lisälaitteistojen kuten
 - Öljynjäähdytin
 - Kompressori

- Lämmityslaitteistot
 - Moottorin lämmittäjä
 - Akkukotelon lämmitys
- Jäähdytysjärjestelmän tarkastuksessa tulee tarkastaa myös jäähdyttimen yhteydessä olevien kaihtimien toiminta, sekä jäähdytinnesteen koostumus. Jäähdytinnesteestä tarkastetaan jäähmepiste ja nesteessä ei saa olla ruostetta eikä se saa vaahdota. Muutoin järjestelmä on puhdistettava ja neste uusittava.

Polttoainejärjestelmä

Polttoainejärjestelmän huollossa tulee noudattaa ehdotonta puhtautta, sillä esimerkiksi ruiskutuspumppu ja -suuttimet ovat hienomekaanisia laitteita, jotka eivät siedä vähäisintäkään epäpuhtautta. Polttoainejärjestelmän huoltoon kuuluu:




- Pääsuodattimen vaihto
- Esisuodattimen ja sakkakupin puhdistus
- Polttonestesuodattimen ylivuotonventtiili purkamisen, puhdistamisen ja tarkastaminen
- Ruiskutusventtiilien ja -putkien kunnan tarkastaminen
- Polttonestesäiliön puhdistus / huuhtelu ja lauhdeveden poisto sekä putkistojen tarkastus
- Mahdollisesti erikoisasentajan työtä vaativia:
 - Siirtopumpun puhdistus ja venttiilien / kalvojen kunnan toteaminen
 - Ruiskutuspumppun huolto

Ilmanpuhdistin

Ilmanpuhdistimen kunnolla on suuri vaikutus moottorin toimintaan sekä käyttöikään. Mikäli suodatin on tukkeutunut ja likainen aiheuttaa se moottorissa tehon heikkenemistä, polttoaineen kulutuksen lisääntymistä sekä moottoriin pääsee vahingollisia epäpuhtauksia.

Imumoottori tarvitsee yhden polttonestelitran palamiseen noin 10 000 litraa ilmaa ja ahdettu dieselmoottori jopa kaksinkertaisen määrän imumoottoriin nähden. Näistä määristä voimme päätellä kuinka suuri merkitys on moottorin ilmanottojärjestelmän tehokkaalla toiminnalla sekä sen säännöllisellä huollolla.

Muovien teknisiä ominaisuuksia liukulaakerikäytössä [10, s. 193]

	PA	POM	PETP	PE	PTFE
Suurin sallittu jatkuva keskimääräinen lämpötila °C ilman kosteuden ollessa alle 80%					
	80	80	90	50	250
Sallittu laakerikuormitus (N/mm ²) ilman kosteuden ollessa noin 50% ja laakerin keskimääräisen käyttölämpötilan ollessa 23°C					
Staattinen kuorma					
 $\epsilon=2\%$	18	22	33	5	5
 $\epsilon=2\%$	60	75	80	20	20
 $\epsilon=5\%$	30	40	50	8,5	8,5
Lyhytaikainen kuorma					
$\epsilon=2\%$	40	48	60	13	13
Kitkakertoimien arvoja					
Voitelematon teräs	0,25...0,35	0,2...0,3	0,2...0,3	0,15...0,25	0,05...0,15
Rasva- tai öljyvoideltu	0,05...0,12 kaikki laadut				
pv-arvoja (N/mm ² · m/s)					
voitelematon tai jaksottaisesti voideltu					
$v = 0,1\text{m/s}$	0,14	0,14	0,16	0,08	0,05
$v = 1\text{m/s}$	0,09	0,09	0,11	0,05	0,07
jatkuvasti voideltu					
	0,5	0,45	0,5	0,14	-

ϵ = muodonmuutos



= vapaa kappale



= tuettu kappale (kylmävalumista vähennetty)

PA = polyamidi
 POM = polyasetaali
 PETP = polyeteenitereftalaatti
 PE = polyteeni
 PTFE = polytetrafluorieteeni (teflon)

