



Harjakoneen rungon suunnittelu

Timo Malinen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TIMO MALINEN:
Harjakoneen rungon suunnittelu

Opinnäytetyö 21 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Joulukuu 2014

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Oriveden moottorikerho ry. Työn aiheena oli jääradan puhdistamiseen soveltuvan, auton tai mönkijän perässä vedettävän harjakoneen rungon suunnittelu. Jääratakilpailuissa on turvallisuuden vuoksi tärkeää pystyä puhdistamaan rata mahdollisimman hyvin. Tähän tarkoitukseen ei markkinoilta suoraan löydy soveltuvaa laitetta. Ja pienelle kerholle on taloudellisesti kannattavampaa tehdä laite itse sekä käyttää mahdollisimman paljon lahjoituksena saatuja komponentteja.

Tavoitteena oli ideoida harjakone joka olisi toimintavarma, edullinen sekä vikaantuessaan ympäristöä vähän kuormittava. Lisäksi harjakoneen runko tuli suunnitella Solidworks-ohjelmalla ja tehdä sille FEM-tarkastelu Ansys-ohjelmistolla riittävän lujuuden varmistamiseksi. Harjakone on tarkoitus valmistaa loppuvuoden 2014 aikana.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi suunnitelma polttomoottorikäyttöiselle harjakoneelle Suomen moottoriliiton jääratasäännösten mukaisten ratojen kunnossapitoon. Lujuuslaskenta suoritettiin tilanteessa, jossa harjakone on asennettu rungon päälle runkoa taivutuksen. Lujuuslaskennan mukaan harjakoneen oma massa ei ole kriittinen kuormitus valituilla rungon standardiosilla ja paksuuksilla. Näin ollen, ensimmäinen prototyyppi voidaan valmistaa esivalituin standardipalkein.

Jatkokehitettävää harjakoneeseen jäi harjan nosto- ja laskumekanismiin ja tapoihin sekä moottorin automaattisammutukseen jäädytysveden lämpötilan noustessa liian korkeaksi.

ABSTRACT

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Machine and Production Engineering
Production Development

TIMO MALINEN:
Sweeping Machine

Bachelor's thesis 21 pages, appendices 1 pages
December 2014

The thesis was commissioned by the Orivesi's motorcycle club. Project was the sweeping machine to ice road racing track cleaning during competition or practice. It should be suitable to be pulled with car or ATV. In competition, it's very important, for safety, to keep track as clean as possible. In the market, there aren't any cheap and suitable solutions available. For small club, it's economically better to do self-made sweeping machine.

The goal was to compose the brush machine that would be reliable, affordable, and of failure, low environmental impact. In addition, the task was to design the frame for sweeping machine with Solidworks and perform FEM-analysis with ANSYS to ensure high enough strength for frame under loading. Sweeper is designed to prepare until the end of 2014.

The thesis resulted to a plan for internal combustion driven sweeping machine for ice road racing tracks. According to the FEM-results, the frame with dimensions of the first round can easily carry loads caused from own weight of the sweeping machine. Therefore, the first prototype can be manufactured with the dimensions given in this work.

Additional research and design work is needed in moving mechanisms of the sweeping machine. Also automatic stop of the engine of the sweeping machine in the case of overheating needs more attention in the first prototype.

Key words: sweeping, ice road, motorcycle club

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ORIVEDEN MOOTTORIKERHO.....	7
3	TUOTEKEHITYS.....	8
3.1	Tuotekehitysprojektin vaiheet.....	8
3.1.1	Esitutkimusvaihe.....	8
3.1.2	Luonnostelu.....	8
3.1.3	Kehittely.....	9
3.1.4	Viimeistely.....	9
3.2	Lujuuslaskenta.....	9
4	HARJAKONEEN SUUNNITTELU.....	10
4.1	Toimeksianto.....	10
4.1.1	Ideointi.....	10
4.1.2	Rungonsuunnittelu.....	11
4.1.3	Akselitelin suunnittelu.....	12
4.1.4	Harjan kiinnitysvarret.....	14
4.2	Valitun rakenteen kokoonpano.....	15
5	FEM-TARKASTELU.....	16
6	FEM-TULOKSET.....	18
7	POHDINTA.....	20
	LÄHTEET.....	21
	LIITTEET.....	22

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käyn läpi miksi ja mihin tarkoitukseen harjakonetta lähdettiin suunnittelemaan. Sen lisäksi kerron mitä suunnitteluvaiheessa oli otettava huomioon sekä miten tehtyihin eri valintoihin päädyttiin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella jääradan putsaamiseen soveltuva auton tai mönkijän perässä vedettävä harjakone. Tavoitteena oli suunnitella kone, joka olisi helpokäyttöinen, toimintavarma, edullinen ja vikaantuessaan mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittava. Harjakonetta käytetään jääradan putsaamiseen etupäässä kilpailun aikana. Tällöin jäähilettä kertyy radalle huomattavia määriä ja sen poistaminen tehokkaasti pelkällä auraskalustolla on lähes mahdotonta.

Markkinoilla on monia erilaisia harjakoneita, mutta juuri tähän käyttötarkoitukseen ei kaupallista harjakonetta löydy. Markkinoilla olevat harjakoneet ovat pääsääntöisesti tarkoitettu hiekan poistoon kaduilta ja näin ollen vaativat eteensä traktorin (kuva 1.) ja tästä syntyy turhaa painoa.



KUVA 1. Traktorikäyttöinenharjakone (Kuva:www.hartome.fi)

Monella suomalaisella moottorikerholla on omavalmisteinen harjakone, mutta nämä on tehty juuri tietynlaiselle vetokalustolle, eivätkä näin ollen välttämättä sovellu suoraan muiden moottorikerhojen käyttöön. Oriveden moottorikerho on aiempina vuosina saanut kilpailujen ajaksi vuokrata Oriveden kaupungilta traktorin, jossa on katujen putsaamiseen tarkoitettu harja. Tästä on aiheutunut pienelle kerholla turha kuluerä. Myös traktorin paino asettaa vaatimuksia jään paksuudelle. Suunnittelemani harjakoneella Oriveden moottorikerhon jäärata voidaan pitää puhtaana myös ennen ja jälkeen jääratakilpailun

2 ORIVEDEN MOOTTORIKERHO

Orivedellä on pitkät ja menestykselliset perinteet moottoripyöräurheilussa. Oriveden moottorikerho on toiminut yli 50 vuotta moottoriurheilun kilpailu- ja harrastustoiminnassa. Kerho on järjestänyt moottoripyörien jäärata-ajoja jo 1950-luvulta lähtien. Vuosien ajan kilpailut ovat olleet kansainväliset ja SM-osakilpailu. Kerho on järjestänyt myös näytösluontoisesti vanhojen moottoripyörien TT-ajoja. Kerhossa on noin 150 jäsentä. Vuosittain järjestettävät jäärata-ajot keräävät vielä kokoon lukuisan joukon kerhoon kuumattomia talkoolaisia. Opinnäytetyön valvojana Oriveden moottorikerhosta toimii Henri Kolu. (Orivedenmoottorikerho 2014)

3 TUOTEKEHITYS

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaan, jonka tavoitteena on kehittää kokonaan uusi tuote tai parantaa vanhaa jo olemassa olevaa tuotetta. Tuotekehityksen onnistumisen edellytyksenä on tiivis yhteistyö tuotannon ja markkinoinnin kanssa. Kehitettäessä tuotetta on otettava huomioon tuotannon rajoituksen ja resurssit. (Laaksonen 2014, Pahl & Beltz 1992)

3.1 Tuotekehitysprojektin vaiheet

.

3.1.1 Esitutkimusvaihe

Lähtökohtana tuotekehitysprojektille on asiakastarpeen määrittäminen tutkimalla markkinoita. Projektin alustava ideointi käynnistetään asiakastarvepohjaisesti. Alustava ideointi pitää sisällään tutkimuskehityksen, markkinoinnin ja tuotekehityksen. Projektin edetessä ideointi vähitellen tarkentuu, ja esitutkimusvaiheen lopulla tehdään rakennesuunnitelmia, riskianalyysiä, tuotantosuunnitelmia ja kannattavuuslaskelmia, joiden perusteella päätetään projektin mahdollisesta käynnistämisestä. (Laaksonen 2014, Pahl & Beltz 1992)

3.1.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaihe aloitetaan mikäli esitutkimusvaihe on päättynyt myönteiseen kehityspäätökseen. Luonnosteluvaihe perustuu esitutkimusvaiheessa tehtyyn tuotesuunnitelmaan. Luonnosteluvaiheessa laaditaan kehitettävällä tuotteelle uudet vaatimukset ja tavoitteen. Tuote jaetaan osatoimintoihin, joille etsitään ratkaisumalleja ja kartoitetaan niihin liittyvät ongelmat. Osatoimintojen ratkaisuja vertaillaan ja parhaat ratkaisut testataan, jonka jälkeen ratkaisumallit kootaan kokonaistoiminnoksi. Kokonaistoiminnot arvioidaan asiakkaan vaatimus- ja toivelistan perusteella. Ratkaisuluonnos kehitetään yhden tai useamman ratkaisumallin pohjalta. (Laaksonen 2014)

3.1.3 Kehittely

Kehittelyvaihe alkaa kokoonpanoluonnoksen laatimisella. Kokoonpanoluonnos tehdään luonnosteluvaiheessa saadun ratkaisuluonnoksen pohjalta todellisessa mittakaavassa. Monesti tässä vaiheessa törmätään uusiin ongelmiin, jotka voivat johtua teknisistä tai materiaalisista ominaisuuksista tai tuotteen hinnan kohoamisesta liian korkeaksi. Mikäli näihin ongelmiin ei löydy toimivaa ratkaisua, kehitysvaihe aloitetaan alusta jonkin toisen ratkaisuluonnoksen pohjalta. Mikäli ratkaisu löytyy, tehdään kokoonpanoluonnoksesta tarvittavat dokumentit. (Laaksonen 2014)

3.1.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa tehdään tuotteen käyttämiseen, valmistamiseen ja markkinointiin tarvittavat dokumentit. Näitä dokumentteja ovat työpiirustukset, osaluettelot, käyttöohjeet ja markkinointisuunnitelmat. Viimeistelyvaiheessa tehdään myös lopulliset päätökset raaka-aineesta, toleransseista, pintakäsittelystä jne. Protomallit ja nollasarjat valmistetaan näiden päätösten jälkeen. Nollasarjan tuotteilla on tarkoitus tutkia ja testata sarjavalmistettavan tuotteen valmistusmenetelmiä. Markkinointi aloitetaan viimeisten testauksien jälkeen ja samalla alkaa myös tuotanto. (Laaksonen 2014)

3.2 Lujuuslaskenta

Lujuuslaskentatehtävässä on tavoitteena ratkaista annetuista kuormituksista aiheutuvat rakenteen siirtymätilakenttä, muodonmuutostilakenttä ja jännitystilakenttä, kun rakenteen tuenta tunnetaan. Elementtimentelmässä geometrisesti mutkikas kappale jaetaan äärellisiin osiin, jotka ovat geometrialtaan tarpeeksi yksinkertaisia. Näitä jako-osia sanotaan elementeiksi. Elementtimentelmässä ratkaistaan ensimmäiseksi solmusuureet. Tämän jälkeen lasketaan elementtien alueilla tuntemattomat suureet niiden tunnetuista solmuarvoista lähtien. (Lähteemäki 2012 – 2013)

4 HARJAKONEEN SUUNNITTELU

4.1 Toimeksianto

Opinnäytetyössä suunniteltu harjakone tullaan rakentamaan Oriveden moottorikerholle, jolta tuli projektille vaatimuslista sekä budjetti, jonka rajoissa tuli mahdollisuuksien mukaan pysyä.

Asiakkaan vaatimukset suunniteltavalle harjakoneelle olivat:

- harjanleveys 3 m
- harjaa voitava nostaa ja laskea
- pystyttävä vetämään olemassa olevalla auraskalustolla, Isuzu pick-up ja mönkijä
- kustannukset enintään 3000 €
- teliakseli
- toimintavarma kylmissä olosuhteissa

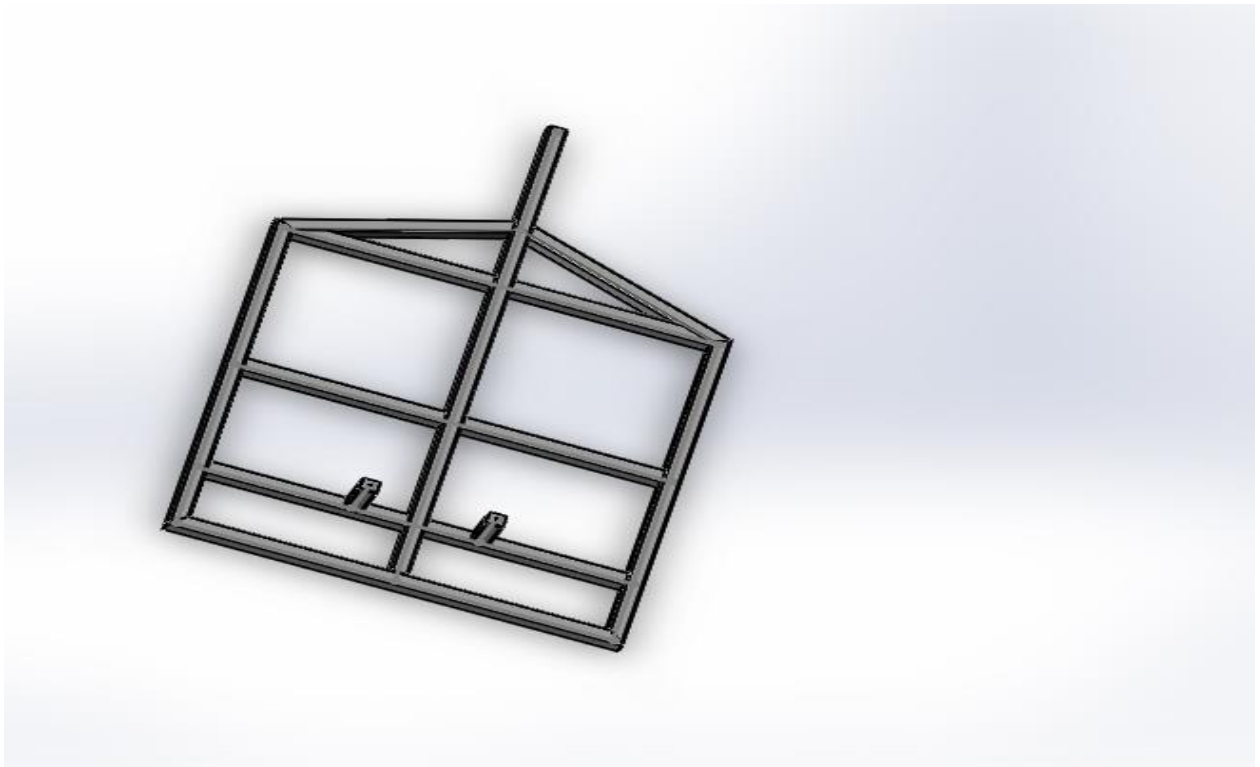
4.1.1 Ideointi

Ideointi aloitettiin annettujen vaatimusten perusteella, jolloin lähdettiin ideoimaan erilaisia ratkaisuja harjakoneen perustaksi. Rungonmalli vakiintui nopeasti normaaliksi peräkärryn rungoksi ja akseli toivomusten mukaan telimalliseksi sekä pyörät ja navat mönkijän peräkärryyn tarkoitetuiksi.

Harjan käyttövoiman valinta aiheutti enemmän päänvaivaa, sillä harjaa on mahdollista pyörittää useammalla eri voimanlähteellä: polttomoottori, hydraulinen ja sähkökäyttö. Näillä kaikilla oli omat hyvät ja huonot puolensa. Löydettyjen ratkaisujen sekä annettujen vaatimusten perusteella luotiin painoarvotaulukko (liite 1) jossa valitut ominaisuudet pisteytettiin asteikolla 0 - 5 ja annettiin tietty painoarvo. Määräavimpänä ominaisuutena toimi hinta kertoimella 0,4 ja toisena toimintavarmuus ääriolosuhteissa kertoimella 0,15. Kertoimien kokonais summa on 1. Taulukon perusteella toimintavarmin ja kustannuksiltaan edullisin oli polttomoottorikäyttöinen harjakone. Voimayksikön teholle ei ollut erillistä vaatimusta.

4.1.2 Rungonsuunnittelu

Runko suunniteltiin Solidworks (www.solidworks.com) mallinnusohjelmalla. Rungon (kuvio 1) perustaksi valittiin perinteinen peräkärryn runko. Materiaaliksi valittiin S355 teräs ja palkin kooksi valittiin aluksi standardin SFS EN 10219 mukainen 100x80x4 RHS-putki, jota muut harjakoneen valmistaneet moottorikerhot suosittelivat.

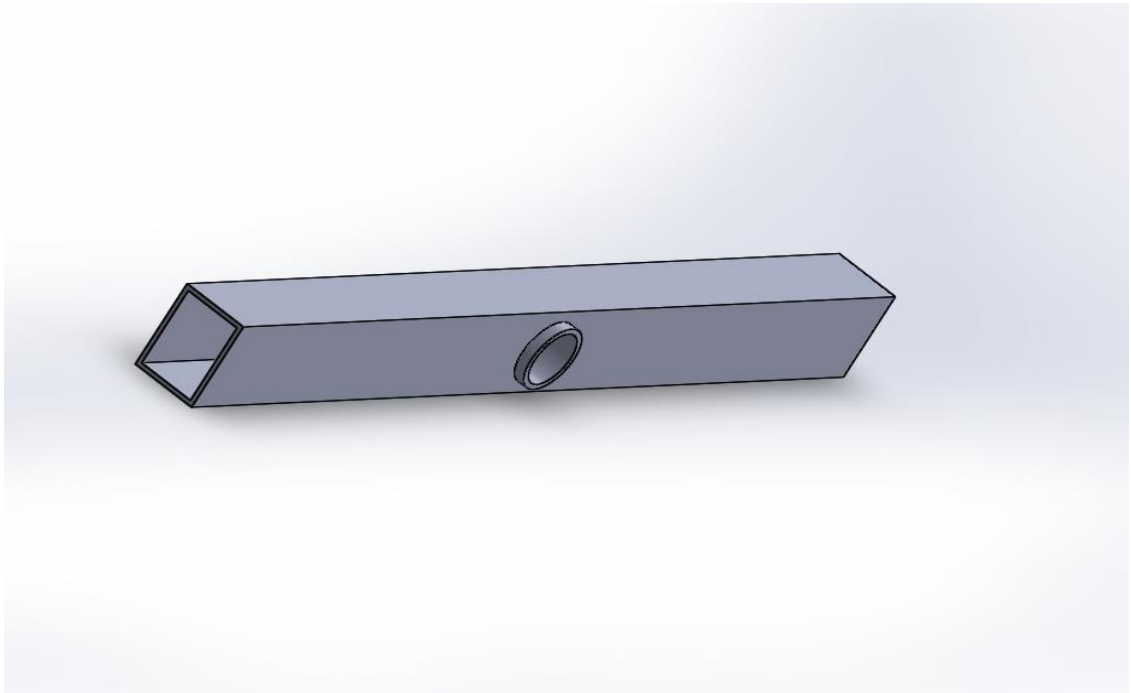


KUVIO 1. Runko harjakoneelle

Putket liitetään hitsaamalla toisiinsa tasalujin pienahitsein.

4.1.3 Akselitelin suunnittelu

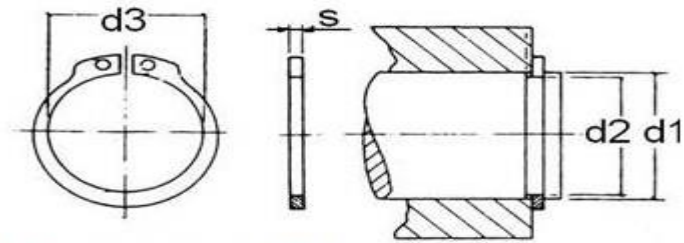
Asiakkaan toivomuksesta harjakoneeseen tulee teliakseli (kuvio 2). Tämä on kaikessa yksinkertaisuudessaan standardin SFS EN 10219 mukainen 50x50x4 RHS-palkki, jossa on hitsattu läpivientiholkki ja hitsatut navat. Telipalkin molempiin päihin tulee pohjaanlyöntikumit estämään telin ja rungon välisen kontaktin.



KUVIO 2. Telipalkki harjakoneeseen

Telipalkin kiinnittämiseksi runkoon tarvittiin korvakkeet (kuvio 4) jotka valmistetaan 10 mm lattaraudasta ja hitsataan kiinni runkoon. Itse telipalkki kiinnitetään runkoon akselitapilla (kuvio 5), joka lukitaan seger- eli lukkorengaalla. Koska harjakone on suurimman osan vuodesta käyttämättä pitää liikkuvien osien ruostumattomuuteen kiinnittää huomiota. Tästä syystä telin runkoon kiinnittävään akselitappiin tulee kiinni rasvanippa, josta saadaan rasvattua telinpalkin ja akselitapin välinen liitos.

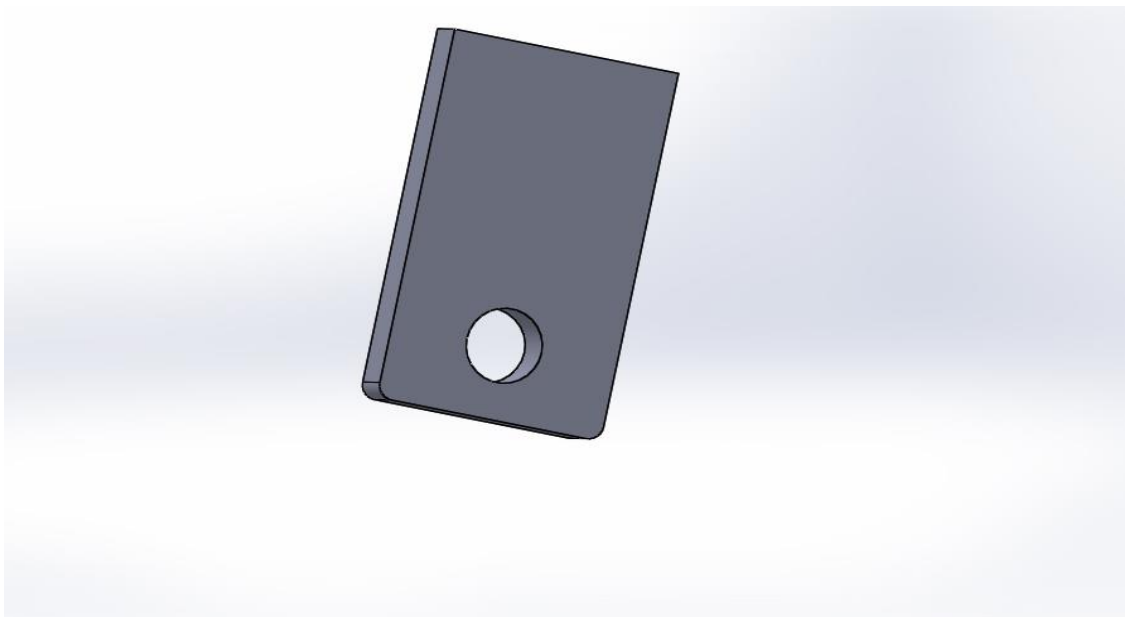
Seger-rengas valittiin akselin halkaisijan mukaan valmistajan (www.tamgears.com) taulukosta (kuvio 3).



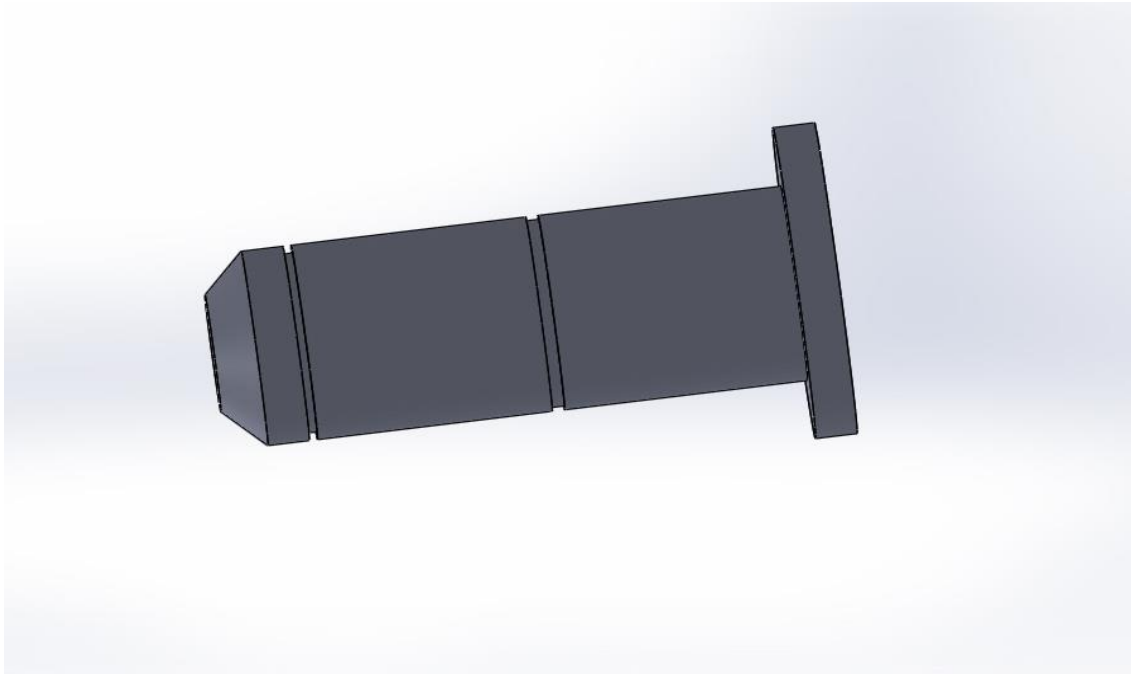
Ulkopuolinen eli akselilukkorengas
mitat / mm

d1 akseli	d2 ura	d3 rengas	S
68	65.0	63.5	2,50
70	67.0	65.5	2,50
72	69.0	67.5	2,50
75	72.0	70.5	2,50
77	74.0	72.5-	2,50
78	75.0	73.5	2,50
80	76.5	74.5	2,50
82	78.5	76.5	2,50

KUVIO3. Seger-renkaanvalinta (Tamgears 2014)



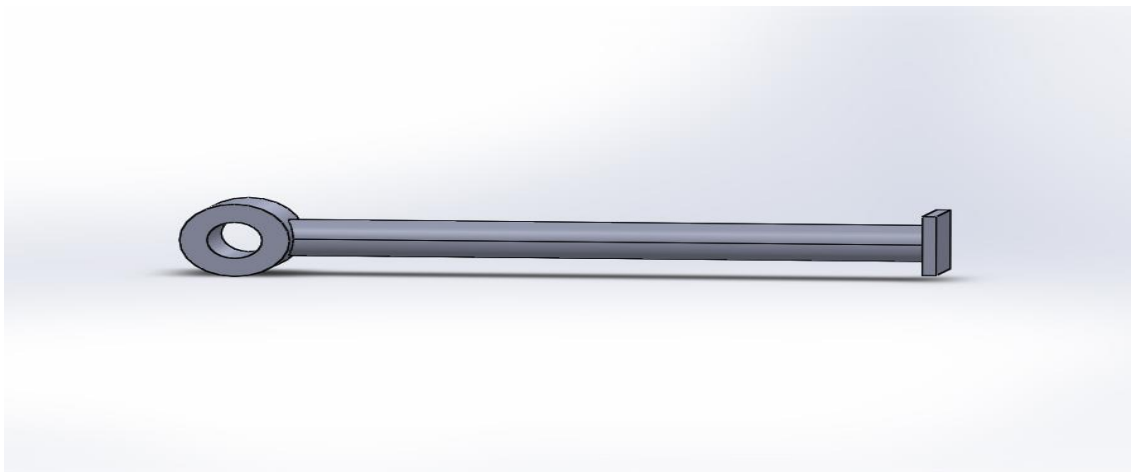
KUVIO 4. Korvake paksuus 8 mm



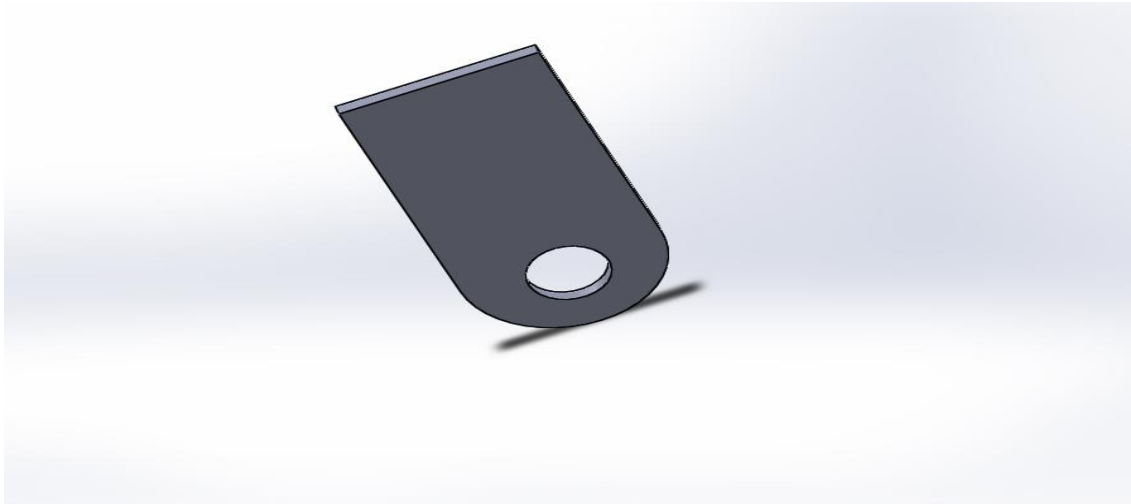
KUVIO 5. Akselitappi halkaisija 50 mm

4.1.4 Harjan kiinnitysvarret

Harjan kiinnitys runkoon tapahtuu vääntövarsilla (kuvio 6), jotka mahdollistavat harjan noston ja laskun tarvittaessa. Nosto ja lasku tapahtuvat käsikäyttöisellä vinsillä. Vääntövarret kiinnitettiin runkoon korvakkeilla (kuvio 7) ja samanlaisilla akselintapeilla kuin teli.



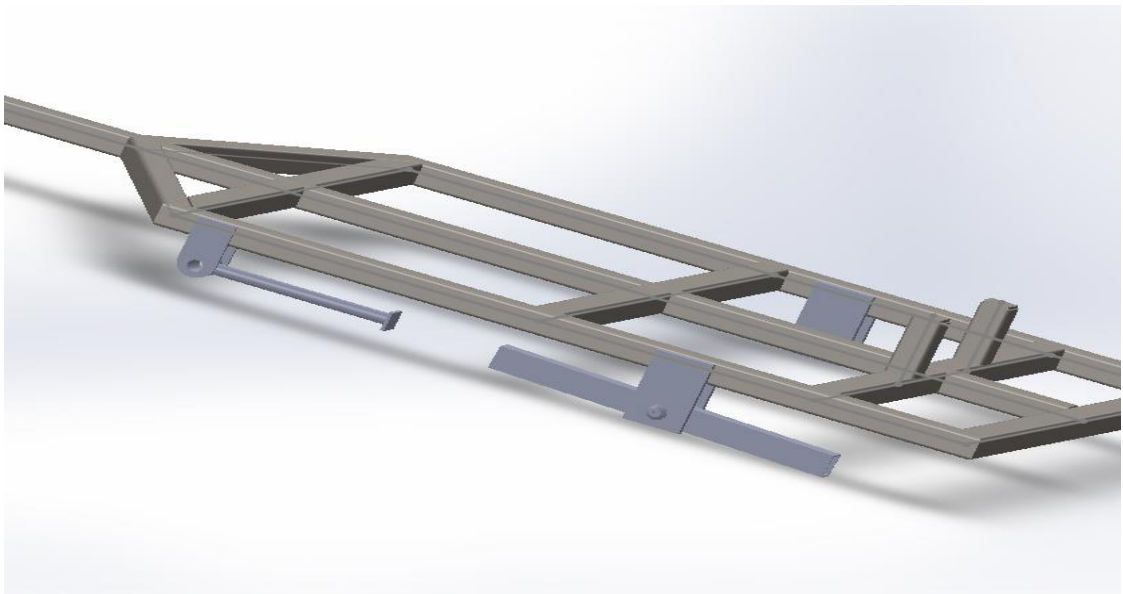
KUVIO 6. Vääntövarsi



KUVIO 7. Korvake paksuus 5mm.

4.2 Valitun rakenteen kokoonpano

Valittu rakenne (kuvio 8) pitää sisällä rungon ja siihen liittyvät komponentit, vääntövarsi, telipalkki, korvakkeet.

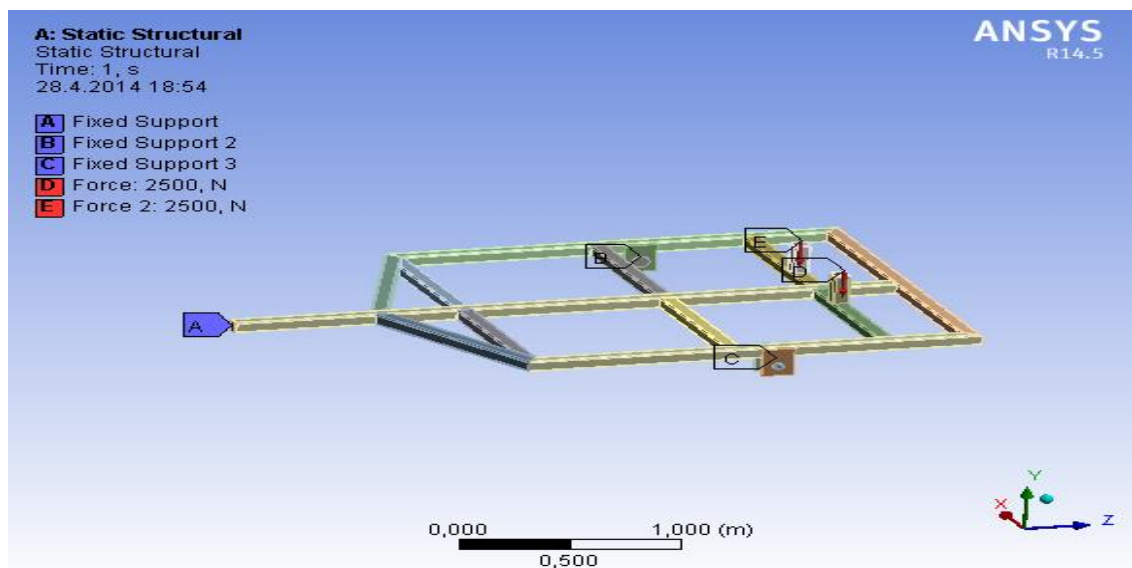


KUVIO 8. Harjakoneen rungon kokoonpano

5 FEM-TARKASTELU

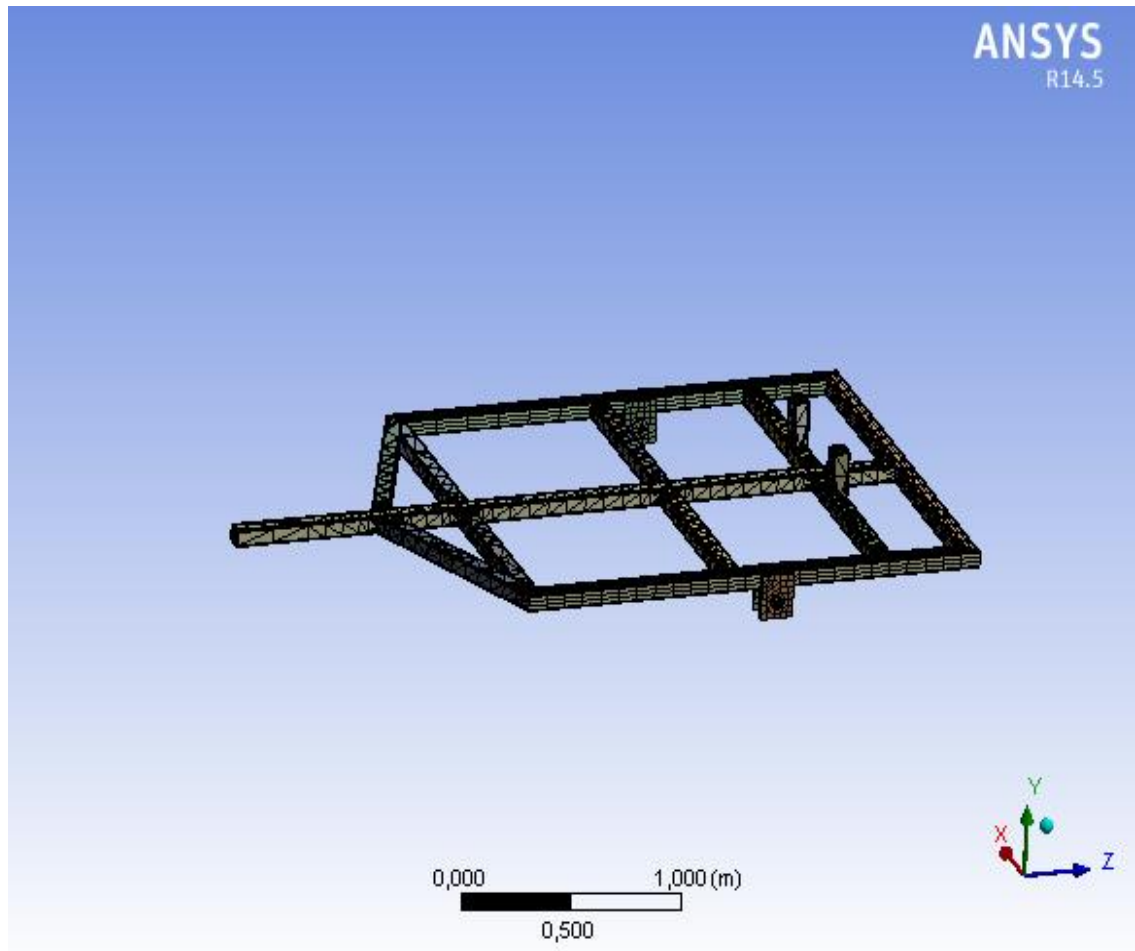
FEM-tarkastelu suoritettiin ANSYS 14 (Ansys 2014) ohjelmistolla koska Solidworksista pystyy siirtämään geometrian suoraan ANSYS:iin Solidworksin *.SLDPRT formaatissa. Rungosta haluttiin tietää, missä kohdin taipuma ja VVEH vertailu jännitys on suurimmillaan.

Laskenta suoritettiin ANSYS:in perusasetuksilla, tuennat (kuvio 9) asetettiin telin akselitappeihin A ja B sekä vetoaisan C päähän. Kuormitus jaettiin kahteen (kuvio 9) pisteeseen karkean paino arvion mukaan. Laskennassa kuormituksena käytettiin MKII VW Golf GTI:n moottorinpainoa noin 100 kg, johon lisättiin varmuutta 2. Haastavan kuormituksen jaosta teki se, että käytettävä polttomoottori ei ole vielä tiedossa. Joten kyseessä todellakin on vain arvio kuormituksesta.



KUVIO 9. Tuenta ja kuormitus

Laskennassa käytetyssä verkossa (kuvio 10) on 22754 elementtiä ja 50430 solmua. Elementtien kokona käytettiin ANSYS:ksen vakio kokoa.

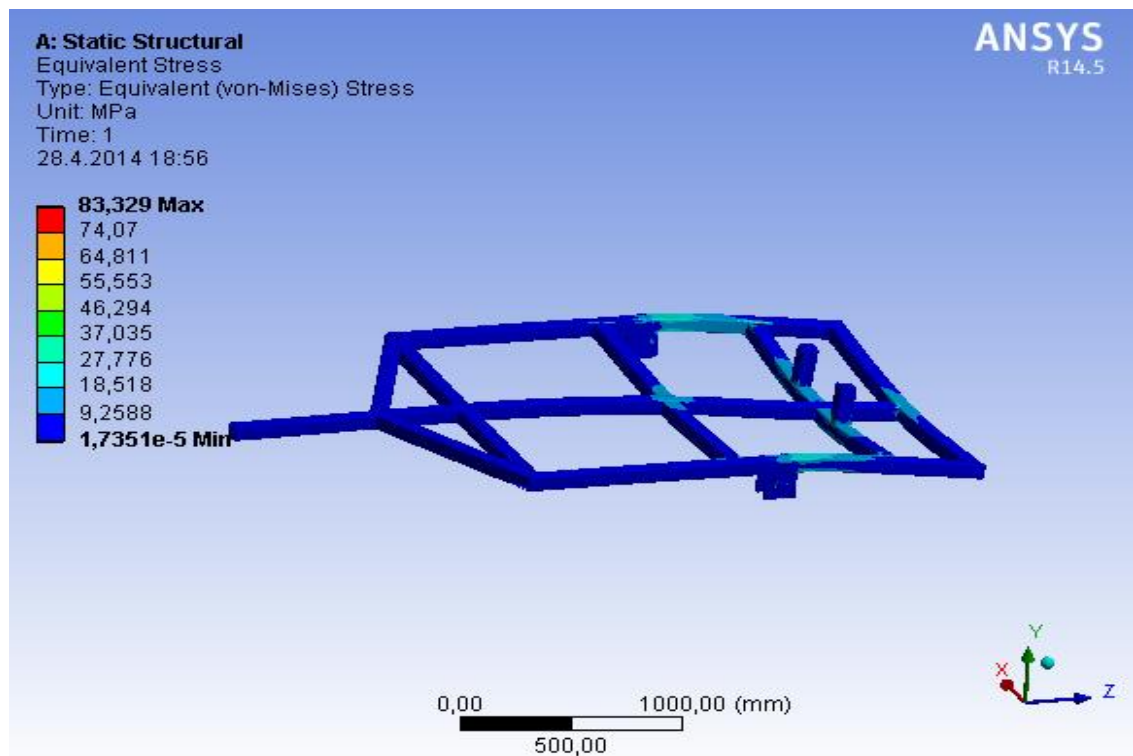


KUVIO 10. Laskentaverkko

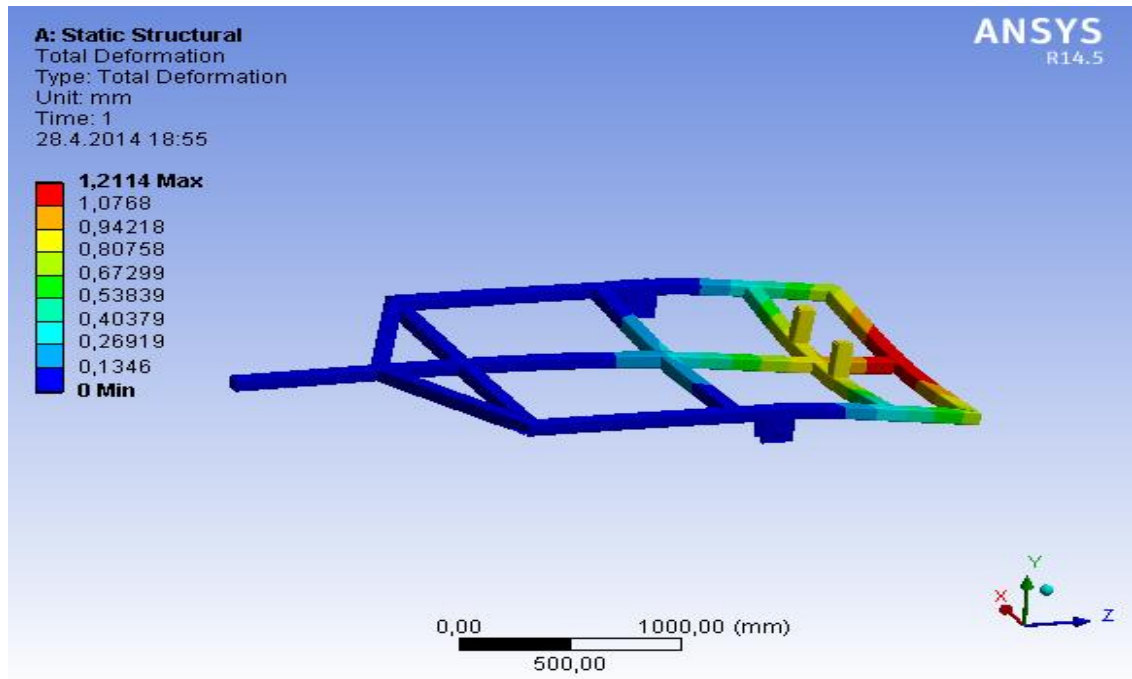
6 FEM-TULOKSET

Tuloksista saatiin selville missä kohdin runkoa on suurin VVEH-vertailujännitys (kuvio 11) sekä se missä kohdin muodonmuutokset (kuvio 12) ovat suurimmillaan. Kuten kuvista näkee molempien tutkittujen arvojen, VVEH-vertailujännitys ja muodonmuutokset, maksimit osuvat samoille kohdille runkoa, takaosaan voimayksikön kiinnikkeiden, kuormitus pisteiden A ja B oikealle puolelle. VVEH-maksimi 83,329 MPa ja muodonmuutoksen maksimi 1,21 mm. Varmuutta materiaalin myötörajaan 355 MPa jää yli 4.

Varsinkin muodonmuutokset ovat niin vähäisiä, että rakennetta voisi keventää, mutta koska kyseessä on vasta arvioidulla kuormituksella tehty laskenta ei kevennykselle ole vielä tarvetta.



KUVIO 11. VVEH-vertailujännitys



KUVIO 12. Muodonmuutokset

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena syntyi rungon kokoonpano ja ideoitu kokonainen harjakone, jota voidaan vetää sekä autolla että mönkijällä. Pyrkimällä suunnitellussa yksinkertaisiin ratkaisuihin saatiin rungosta helposti valmistettava ja ideoidusta koneesta varmatoiminen. Rungon suunnitelmia voivat hyödyntää myös muut moottorikerhot, jotka ovat aikeissa valmistaa harjakonetta.

Suurimpana ongelmana oli kuormitusten tunteminen ja arviointi lujuuslaskuihin.

Kehitettävää harjakoneesta löytyy vielä paljon. Tulevaisuudessa kun ensimmäinen versio on valmis ja todettu toimivaksi voidaan siihen, ja käytön kannalta pitääkin lisätä voimalähteen lämpötilan valvonta, joka sammuttaa moottorin ennen liiallista lämmön nousua. Lisäksi harjannosto, joka ensimmäisessä versiossa tapahtuu manuaalisella vinssillä voidaan jatkossa suorittaa joko sähkökäyttöisellä vinssillä jopa kaukosäätöisesti tai hydraulisylintereillä.

Itse runkoakin voidaan keventää, kun ensin saadaan selville kuinka koville se todellisessa käytössä joutuu. Nyt rungon mitoitus on tehty niin sanotusti varman päälle.

LÄHTEET

ANSYS. 2014. Luettu 10.10.2014. www.ansys.com

Hartome. 2014. Luettu 14.10.2014. www.hartome.fi

Laaksonen, Harri. 2014. Tuotekehitys. Luentomateriaali. Tampereen Ammattikorkeakoulu.

Lähtenmäki, Matti. 2012-2013. Elementtimentelmän perustee. Luentomateriaali. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Luettu 8.8.2014. http://personal.inet.fi/koti/mlahteen/arkistot/elpe_ark.htm

Oriveden Moottorikerho. 2014. Luettu 12.3.2014. www.orivedenmoottorikerho.com

Pahl, G. & Beitz, W. 1986. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Helsinki: Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto. 608 s.

SFS-EN 10219-2. 2006. Kylmämuovatut hitsatut seostamattomista teräksistä ja hienoraeteräksistä valmistetut rakenneputket. Osa 2: Toleranssit, mitat ja poikkileikkaukset. 2. Painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

Solidworks. 2014. Luettu. 8.9.2014. www.solidworks.com

Tamgears. 2014. Luettu 28.4.2014. <http://tamgears.com>

LIITTEET

Liite 1. Painoarvotaulukko (Timo Malinen 2014)

		Sähkökäyttö	Polttoainemäärä	Hydrauliikkakäyttö
Ominaisuus:	Painoarvo			
Ympäristöystävällisyys	0,15	5	2	3
rpm säätö	0,05	1	5	3
Paino	0,1	2	4	4
Toiminta varmuus ääriolosuhteissa	0,15	1	4	3
Hinta	0,4	1	5	3
Huollettavuus	0,05	1	3	3
Yksinkertainen käyttö	0,05	4	3	2
Optio mahdollisuudet (nosto, kääntö)	0,05	2	2	5
Yhteensä	1	1,9	3,95	3,15