
Hirrensalvoskoneen suunnittelu

Jari Pudas



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Riihimäki, kevät/syksy 2016

Jari Pudas



HAMK Riihimäki
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

Tekijä	Jari Pudas	Vuosi 2016
Työn nimi	Hirrensalvoskoneen suunnittelu	

TIIVISTELMÄ

Työni tarkoitus oli suunnitella isäni Esa Pudaksen keskeneräisen prototyypikoneen pohjalta hirrensalvoskone joka olisi mahdollisimman yksinkertainen käyttää ja tavoittaisi sen puolesta laajemman ostajakunnan.

Työ soveltuu erinomaisesti konetekniikan opintoihin sekä pääaineeni tuotekehitys tarjosi erinomaiset työkalut opinnäytetyön tekemiseen. Olen ollut mukana isäni koneiden rakennusprojekteissa jo teini-ikäisestä lähtien ja ymmärrykseni mekaniikasta oli jo kohtuullisella tasolla ennen opintojani.

Isäni Esa Pudakselta saamieni neuvojen lisäksi sovelsin työssäni paljon myös Jorma Tuomaalan kirjan Luova koneensuunnittelija (Tuomala, J. 1995) metodeja suunnitelmalliseen projektityöhön. Koneen turvallisuuteen liittyen käytin hyväkseni Tapio Siirilän kirjaa Koneturvallisuudesta jotta koneeni on valmistuessaan laillinen myytäväksi asiakkaille.

Puolivälissä projektia yritin saada koneeseen mahdutettua myös muitakin toimintoja kuin nurkkasalvosken jyrsiminen mutta kesällä 2016 totesin sen olevan tämän työn aikana mahdotonta ilman että koneen peruseriaate yksinkertaisuudesta häviäisi.

Opinnäytetyön jälkeen on tarkoitus valmistaa koneesta uusi prototyyppi jonka jälkeen tutkitaan mahdollisuuksia muiden toimintojen lisäämisestä koneeseen.

Tein opinnäytetyötä 1,5 vuotta ja mielestäni työni oli erittäin haasteellinen mutta samalla myös erittäin opettavainen ja opetti myös paljon projektityöstä.

Avainsanat Hirsirakentaminen, koneenrakennus, koneenosat

Hamk Riihimäki
Mechanical engineering and production technology
Product development

Author Jari Pudas **Year** 2016

Subject of Bachelor's thesis Log milling machine designing

ABSTRACT

The purpose of my thesis was to design a log milling machine based on my father Esa Pudas' unfinished prototype, which would be as simple as possible and would reach bigger audience.

My thesis applies nicely to machine technology studies and also my major, product development, offers very good tools to make this thesis. I have been involved with my father's machine building projects since I was a teen and my understanding was already on a reasonable level before my studies.

In addition to advices from my dad, I applied a lot of methods from a book "Creative machine design" by Jorma Tuomala (Tuomala, J. 1995) to a well-planned project work.

Concerning safety of the machine, I used Tapio Siirilä's book "Machine safety" so that my machine would be legal to sell to buyers.

In midway of the project I tried to apply other functions, than the milling as well but on summer 2016 I realized that it would be impossible without losing the main principle of the project which is simplicity.

After the thesis, the plan is to make a new prototype of the machine. And then we will investigate the possibility of adding other functions to the machine.

It took me 1,5 years to complete my thesis and in my opinion the work was challenging, but at the same time very educational, and it also taught me a lot about project work.

Keywords Log building, machine manufacturing, machine parts

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tausta.....	1
1.2	Projektin sisältö.....	2
1.3	Projektin aloitus.....	4
2	HIRSIRAKENTAMINEN.....	5
2.1	Sanastoa.....	5
2.2	Hirren työstö.....	6
3	KONEDIREKTIIVI SEKÄ STANDARDIT.....	8
3.1	Turvallisuusvaatimukset ovat direktiiveissä ja standardeissa.....	8
3.2	Konetta koskevat direktiivit sekä standardit.....	8
3.3	Direktiivejä täydentävä standardijärjestelmä.....	8
3.4	Voimansiirron suojaaminen.....	9
4	VARSINAINEN SUUNNITTELU.....	9
4.1	Osatoiminnot.....	9
4.2	Salvosyksikkö.....	11
4.3	Purun poisto.....	14
4.4	Työstöyksiköt.....	15
4.5	Turvakehikko.....	16
4.6	Kuljettimet.....	17
4.7	Runko.....	18
4.8	Vanha runko.....	19
4.9	Voimansiirto.....	20
5	YHTEENVETO.....	25
6	LÄHTEET.....	26



1 JOHDANTO

Aluksi kerron opinnäytetyöni taustoja ja lähtökohdat mistä projekti lähti liikkeelle.

1.1 Työn tausta

Miettiessäni opinnäytetyön aihetta sain tarjouksen isältäni. Hän on muutama vuosi sitten aloittanut projektin jonka tarkoituksena oli suunnitella valmistettavaksi hirsyä salvova kone jota voitaisiin myydä esimerkiksi rautakaupasta. Hän sai idean tähän myydessään useita hirrentyöstökoneita maanviljelijöille. Nämä etsivät yksinkertaista konetta jolla voi tehdä hirrelle kaikki sen työstämiseen vaadittavat työvaiheet mutta kone olisi silti helppokäyttöinen kuten halkomakone.

Saadessani hyväksynnän opinnäytetyön aiheesta kyseinen projekti oli raakile eikä koneessa ollut ajateltuna kuin mekaniikkasuunnittelu. Hirren nurkkalovien tekemisen lisäksi hirren työstämisen vaiheita olisivat katkaisu määrättyyn mittaan sekä karan ja pystytysreikien tekeminen.

Kaikkien näiden edellä mainittujen työvaiheiden mahduttaminen yhteen runkoon ja koneen yksinkertaisen periaatteen ylläpitäminen olisi vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tämän vuoksi olen päättänyt suunnitella koneesta kolmesta erillisestä moduulista koostuvan kokonaisuuden. Koneen loppukäyttäjää voi ostohetkellä päättää haluaako hän kaikki kolme vai pelkääntään yhden työvaiheen suorittavan koneen. Moduulien lisääminen koneeseen jälkikäteen tulee olemaan mahdollista mutta ei mahdu tämän opinnäytetyön raameihin. Jotta työni ei paisuisi liian isoksi tulee tämä opinnäytetyö keskittymään hirren salvos vaiheen suunnitteluun. Jätän muiden työvaiheiden suunnitteluun siihen vaiheeseen kun suunnittelemastani salvoskoneesta on mallikappale valmistettu ja koekäytetty.



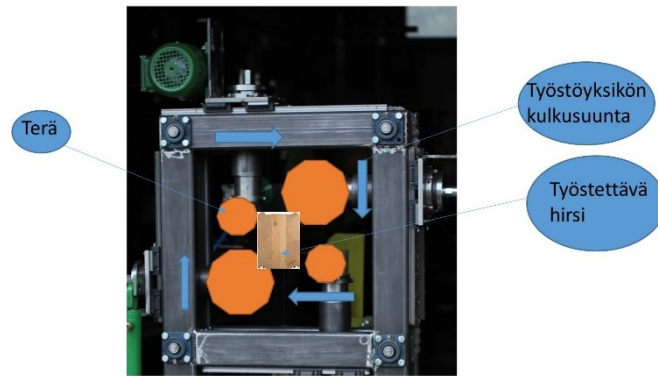
Kuva 1. Alkuperäinen salvoskone.

1.2 Projektin sisältö

Tavoitteena on suunnitella mahdollisimman helppokäyttöinen ja turvallinen kone jolla voidaan tavoitella hieman laajempaa ostajasegmenttiä. Koneen turvallisuuden suhteen tullaan alusta alkaen noudattamaan asianmukaisia konetta koskevia konedirektiivejä.

Koneen käyttöä tulen analysoimaan mahdollisten riskitilanteiden varalta sekä tämän pohjalta luomaan koneen silti mahdollisimman helppokäyttöiseksi. Yritän kuitenkin pitää koneen yksinkertaisena myös valmistuksen kannalta.

Ensimmäisenä on tarkoitus suunnitella laitteesta niin sanottu raakaversio, jossa tarkastellaan minkälainen koneen rungosta tulisi tehdä jotta sillä voitaisiin tehdä kaikki vaadittavat työvaiheet hirrelle. Tämän jälkeen tulisi kartoittaa koneeseen asennettavat osat kuten moottorit, akselit, laakeripe-sät sekä rungon suojat. 3D-mallin avulla voidaan mitoittaa koneen ulkomitat jotta käytettävät moottorit mahtuvat runkoon ja työvaiheet onnistuvat. Nyt suunnittelemani runko pystyy käsittelemään hirsikokoja alkaen 45 mm x 145 mm (leveys x korkeus) ja suurimmillaan 180 mm x 260 mm. Suuremmalla rungolla pystyisi käsittelemään jopa massiivisia liimahirsisiä tai niin sanottuja Kanadan mäntyjä mutta kaupallisesti se ei ole järkevää insinööriä tätä konetta kohdalla.



Kuva 2. Salvoskoneen toimintaperiaate.

Koneen rungon mitoittamisessa tulee ottaa huomioon suurin hirsikoko 180 mm x 260 mm ja mitoittaa runko sen mukaan. Mitä suurempi hirsi sitä suurempi salvo siihen täytyy pystyä työstämään ja se taas tarkoittaa isotehoisamman moottorin käyttöä. Moottoritehon kasvaessa kasvaa myös moottorin fyysinen koko mikä taas tarkoittaa isomman terän käyttöä jotta hirsi ei vastaa työstettäessä moottorin runkoon.

Haasteellisin vaihe tulee olemaan Euroopan unionin konedirektiivin soveltaminen käytännössä jotta koneesta saadaan tarpeeksi turvallinen sen saamiseen myyntikuntoon. Toisena haasteena tulee olemaan koneen mekaanisten ratkaisujen yksinkertaisuus jotta konetta voidaan olettaa osattavan käyttää muutaman minuutin opastuksen jälkeen.



Kuva 3. Kuva valmiista koneesta.

1.3 Projektin aloitus

Kesällä 2014 minulla oli mahdollisuus tutustua koneeseen paikan päällä Kolarin Äkäsajokisuulla isäni Esa Pudaksen konepajalla. Tein paljon muistiinpanoja ja mittauksia joiden perusteella hahmottelin ensimmäisen version A4 – paperille. Tämän jälkeen tein Jorma Tuomaalan kirjan Luova koneensuunnittelija (Tuomala, J. 1995.) perusteella projektista vaatimuslistan. Vaatimuslista on hyvä työkalu suunnitteluprojekteissa ja auttaa hahmottamaan tulevan projektin kokoa ja eri suunnitteluvaiheita. Kyseinen lista näyttää seuraavalta.

Taulukko 1. Vaatimustenkartoituslista.

KV tarkoittaa Kiinteä vaatimus.

VV tarkoittaa vähimmäisvaatimusta.

T on toivomus.

KV	Vaatimus
VV	
T	
	1. Koneen toiminnot
KV	Salvos eli nurkkaloven työstö.
T	Katkaisu eli sahaus
T	Kara
T	Poraus
	2.Geometria
T	Salvoskoneen tulisi mahdollisimman pieni.
T	Autotalliin sopiva.
KV	Koneella pitäisi pystyä työstämään yleisimpiä Hirsikokoja.
	3.Voimat
KV	Rungon tulee kestää hirren työstämisen aiheuttamat voimat.
KV	Voimansiirron tulee kestää hirren salvomisen aiheuttamat rasitukset vaihteelle, moottorille sekä ketjulle.
	4. Energia

2 HIRSIRAKENTAMINEN

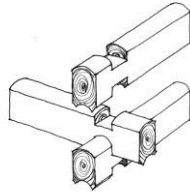
Seuraavaksi kerron hirsirakentamisesta

2.1 Sanastoa

Hirsi on perinteinen kokopuinen tukkipuusta valmistettava rakennusmateriaali.(Hirsirakentamisen perusteet, 6)

Hirsiaihio on tukista sahattu raakapuuaihio, josta kuivatuksen jälkeen höylätään hirsi (Hirsirakentamisen perusteet, 2).

Lamasalvos eli nurkkasalvos on hirsitalojen rakennustekniikka. Lamasalvosrakenteen tehdään päällekkäin asetetuista hirsistä, joiden nurkassa risteävät päät lovetaan eli salvotaan. Jotta hirret liittyisivät tiiviisti toisiinsa tehdään ylempään hirteen varaus eli hirren alapinnassa oleva pituussuuntainen kouru. Varaus estää myös sadeveden pääsyn hirsien väliseen saumaan. Hirret sidotaan toisiinsa hirsien läpi porattuihin reikiin työnnettyillä vaarnoilla. (Hirsirakentamisen perusteet, 6)

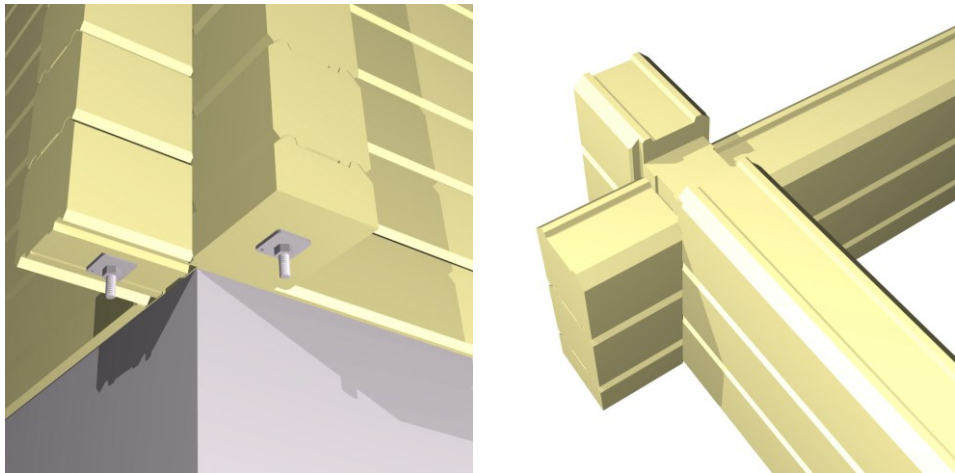


Kuva 4. Nurkkasalvos.

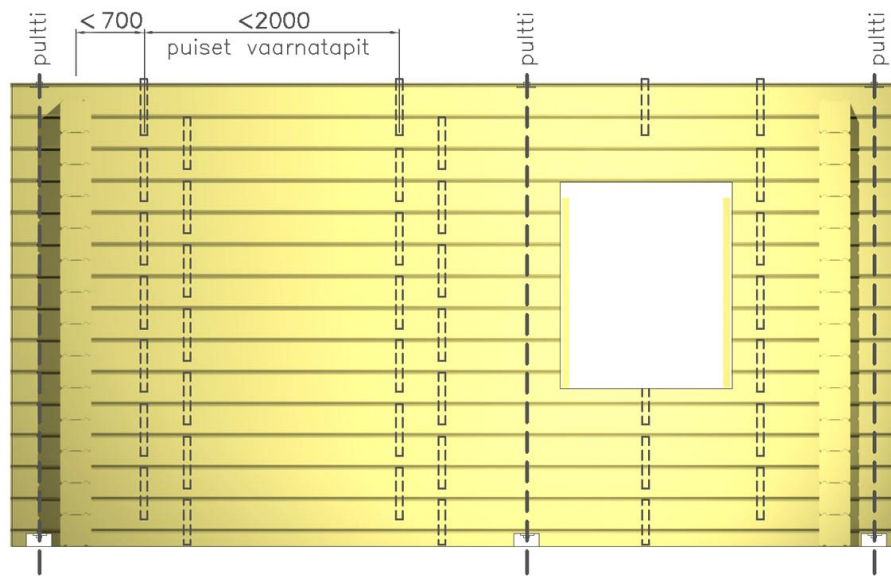
Kara on hirsiseinän aukkojen pieliin asennettava pystypuu joka sallii painuman ja estää sivusiirtymät. Karalla liitetään painumattomat rakenteet hirsirunkoon. (Hirsirakentamisen perusteet, 7)

2.2 Hirren työstö

Hirttä työstetään monella tavalla, että sen asentaminen sujuisi helposti ja hirsirakenne toimii suunnitellulla tavalla. Kaikki tarvittava tehdään valmiiksi tehtaassa, jotta työmaalla rakennus saadaan viivytyksittä pystytettyä ja säältä suojaan. Hirteen höylätään varaukset, yleensä pontit, ylä- ja alapintaan, jotta rakenne saadaan tiiviiksi. Nurkkiin työstetään salvokset joilla ristikkäisten seinien hirret liittyvät toisiinsa (kuva 4 ja kuva 5). Salvokset voidaan tehdä myös pitkien jänneväliden keskelle lyhyille ristinurkille vaikka väliseinää ei tulisikaan, jotta seinä saadaan jäykistettyä nurjahtamista vastaan. Nurkkiin rakennuksen ulkopuolelle porataan reiät kierrepulteille kiristämistä varten (kuva 5). Hirsiin porataan reikiä, jotta päällekkäiset hirret saadaan sidottua toisiinsa puutapeilla estämään hirsien vääntyilemistä (kuva 6). Ovi- ja ikkuna-aukkojen pielissä työstetään hirsiin pystyurat karapuille. Samoin sisäpuolelle hirsien päihin esimerkiksi tiiliseinän tai muun painumattoman rakenteen liittämistä varten. Hirsistä rakennettaviin vaarnapalkkeihin porataan reiät vaarnoille kantavuuden lisäämiseksi. (Hirsirakentamisen perusteet, 13)



Kuva 5. Nurkkasalvos sekä seinän kiristäminen ruuvilla. Kuva Hirsitaloteollisuus Ry.



Kuva 6. Seiniin asennettavat vaarnatapit. Kuva Hirsitaloteollisuus Ry



Kuva 7. Yleisimmät höylähirsiprofiilit. Kuva Hirsitaloteollisuus Ry

3 KONEDIREKTIIVI SEKÄ STANDARDIT

3.1 Turvallisuusvaatimukset ovat direktiiveissä ja standardeissa

Koneiden turvallisuuteen liittyvät direktiivit koskevat Euroopan unionin (EU) lisäksi koko Euroopan talousaluetta (ETA). EU:n ja ETA:n yksi peruserä on tavaroiden vapaa liikkuminen koko ETA-alueella. Liikuttamiseen liittyy kuitenkin erilaisia ehtoja. Niinpä koneetkin saavat liikkua vapaasti vain sillä ehdolla, että ne ovat niitä koskevien turvallisuus- ja muiden vaatimusten mukaisia. (Siirilä 2008, 25)

3.2 Koneita koskevat direktiivit sekä standardit

“Yhdenmukaistettuunkaan standardiin ei siten kannata sokeasti luottaa, vaan turvallisuusratkaisujen suunnitteluun ja arviointiin on sopivaa käyttää omaakin järkeä” Näin kirjoitti Tapio Siirilä koneturvallisuutta käsittelevässä kirjassaan (Siirilä 2008, 25) ja se mielestäni sopii tähän mainiosti. Kuten aiemmista kuvista käy ilmi, isäni alun perin suunnittelemassa koneessa ei ole otettu huomioon turvallisuusasioita ollenkaan ja näin ollen sitä ei saisi luvallisesti jälleen myydä.

Tarkoitukseni ei ole listata kaikkia alan standardeja sekä direktiivejä vaan vain ne jotka koskevat kyseistä projektia.

– Konedirektiivi 2006/42/EY

Nykyinen konedirektiivi on tullut voimaan 29.12.2009 ja koskee kaikkia koneita, joita ei koske joku erikoisdirektiivi kuten traktoridirektiivi (Siirilä 2008, 28).

– Pienjännitedirektiivi 2006/95/EY

Koska koneessa on sähköä, sitä koskee myös pienjännitedirektiivi ja sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskeva direktiivi (Siirilä 2008, 28).

3.3 Direktiivejä täydentävä standardijärjestelmä

Suomessa eurooppalaiset EN-standardit julkaistaan tunnuksella SFS-EN. Jos standardi on vahvistettu saman sisältöiseksi eurooppalaiseksi EN-standardiksi ja kansainväliseksi ISO-standardiksi, sen tunnus on Suomessa SFS-EN ISO.

Samasta koneesta voi olla myös rinnakkaisia vaatimustasoltaan erilaisia EN-standardeja, joista toinen on tehty CENissä (European Committee for Standardization) ja toinen CENELECissä (eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö). Yleensä CEN-standardia on syytä soveltaa, koska useimpia CENELECin standardeja ei ole yhdenmukaistettu konedirektiivin perusteella. (Siirilä 2008,)

Koneiden sähkölaitteistostandardia SFS-EN 60 204-1 ei oteta minun työnsäni huomioon koska tarkoituksena on se että koneen ohjausjärjestelmän sekä sähkötyöt tekee kolmas osapuoli. Mutta kuten seuraavasta lainauksesta käy ilmi, minun tai isäni vastuulle jää alihankintanakin tuotettujen osien lainmukaisuus.

”Vaikka työ tai osa työstä teetettäisiin alihankintana, valmistaja ei voi missään olosuhteissa siirtää velvollisuuksiaan esimerkiksi valtuutetulle edustajalle, jakelijalle, jälleenmyyjälle, tukkukauppiaille, tuotteenkäyttäjälle tai alihankkijalle. Valmistaja on vastuussa siitä, että tuote on sovellettavien direktiivien vaatimusten mukainen riippumatta siitä onko hän suunnitellut ja valmistanut koneen itse vai pidetäänkö häntä valmistajana sen perusteella, että tuote on saatettu markkinoille hänen nimissään. Vastaava koskee omaan käyttöön valmistettuja koneita. Jälleenmyyjällä, tukkukauppiaille ja muilla jakeluketjuun kuuluvilla jakelijoilla on oltava perustiedot tuotteeseen sovellettavista vaatimuksista. Jakelija ei saa toimittaa tuotteita, joiden hän saamiensa tietojen tai elinkeinonharjoittajan asemansa vuoksi tietää tai joiden hänen olisi pitänyt olettaa olevan sovellettavan lainsäädännön vastaisia. (Siirilä 2008)

3.4 Voimansiirron suojaaminen

”Voimansiirron suojaamiseen ei ole sellaisia teknisiä esteitä kuin varsinainten työtätekevien koneen osien suojaamisessa saattaa olla. Lisäksi voimansiirron suojaaminen vaaditaan myös valtioneuvoston koneturvallisuuspäätöksessä. Siksi voimansiirto on aina suojattava.” (Siirilä 2008, 48)



Sen lisäksi että voimansiirto tulee suojata on huollon kannalta järkevää että suoja on avattavissa. Koneturvallisuuspäätöksen mukaan on varmistettava koneen toimimattomuus voimansiirron suojan ollessa auki(Siirilä 2008, 48).

Suunnittelemani koneessa suojaus ratkaistu myöhemmin raportissa esiteltävällä suojakehikolla joka suojaa kaikki koneen kriittiset osat ja estää myös käyttäjän pääsyn muun muassa voimansiirtoon.

4 VARSINAINEN SUUNNITTELU

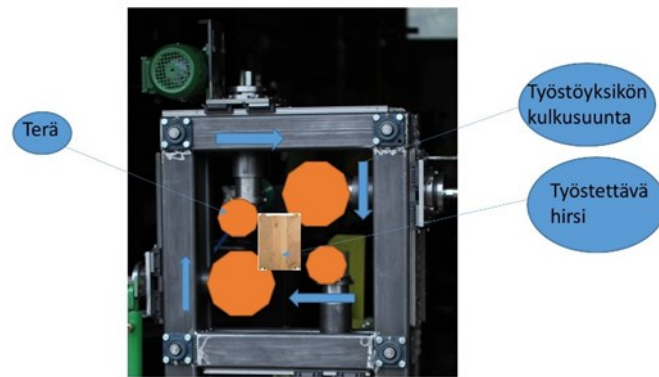
4.1 Osatoiminnot

Ennen kuin tein päätöksiä sen suhteen mitä ratkaisuja tulen koneen suunnittelussa käyttämään tein jälleen Jorma Tuomaalan ohjeiden mukaisesti kaavion koneen osatoiminnoista ja listasin vaihtoehdot jokaiselle osatoiminnolle (Tuomala, J. 1995, 83). Konsultoin tässä vaiheessa myös isääni sekä veljeäni ja kysyin heidän mielipidettään ratkaisujen valinnan suhteen. Kyseinen kaavio näyttää tältä.

Ratkaisuvaihtoehto		1	2	3
 Osatoiminto 				
1	Käyttövoima työstövoimaksi	Hydraalisylinteri liikuttaa työstöyksikköä	Askelmoottori Asennetaan akseliin joka liikuttaa ketjua.	Sähkömoottori Taajuusmuuntaja Vaihte asennetaan akseliin
2	Purunpoisto	Teräyksiköihin purupoistoletkut	Koko koneen kotelointi ja purupoiston asennus.	Salvosyksikön ympärille kehikko joka toimii suojana sekä ohjaa purua.
3	Hirren liikuttaminen	Sähköinen työpöytä joka liikuttaa hirttä.	Kuljetin joka asennetaan kiinteästi runkoon.	Rullapöydät jotka joko erilliset tai koneeseen kiinteästi asennettavat
4	Hirren lukitus työstön ajaksi.	Jousi jossa säätömahdollisuus Hirren koon mukaan.	Ihmisvoima.	Hydrauli tai sähköpuristin.
5	Poraus	Oma yksikkönsä jossa pora tulee joko ylä- tai alapuolelta.	Salvosyksiköiden yhteydessä.	Kuljettimen/rullapöydän yhteydessä.
6	Kara
7	Katkaisusaha

Kuva 8. Osatoiminnot ja ratkaisuvaihtoehdot.

4.2 Salvosyksikkö

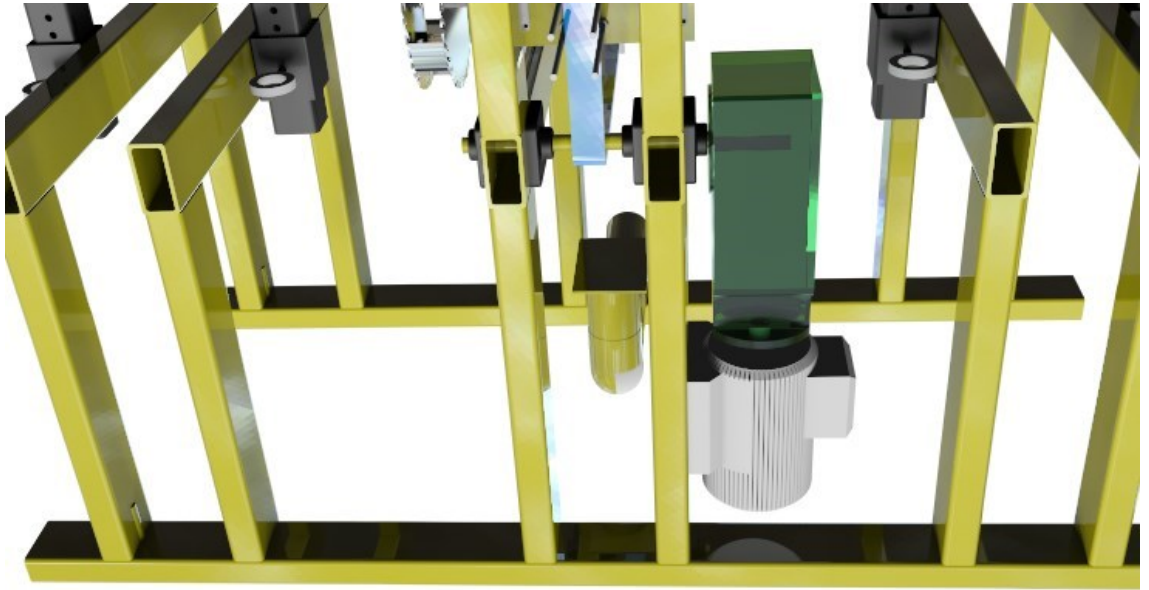


Kuva 9. Salvosyksikkö.

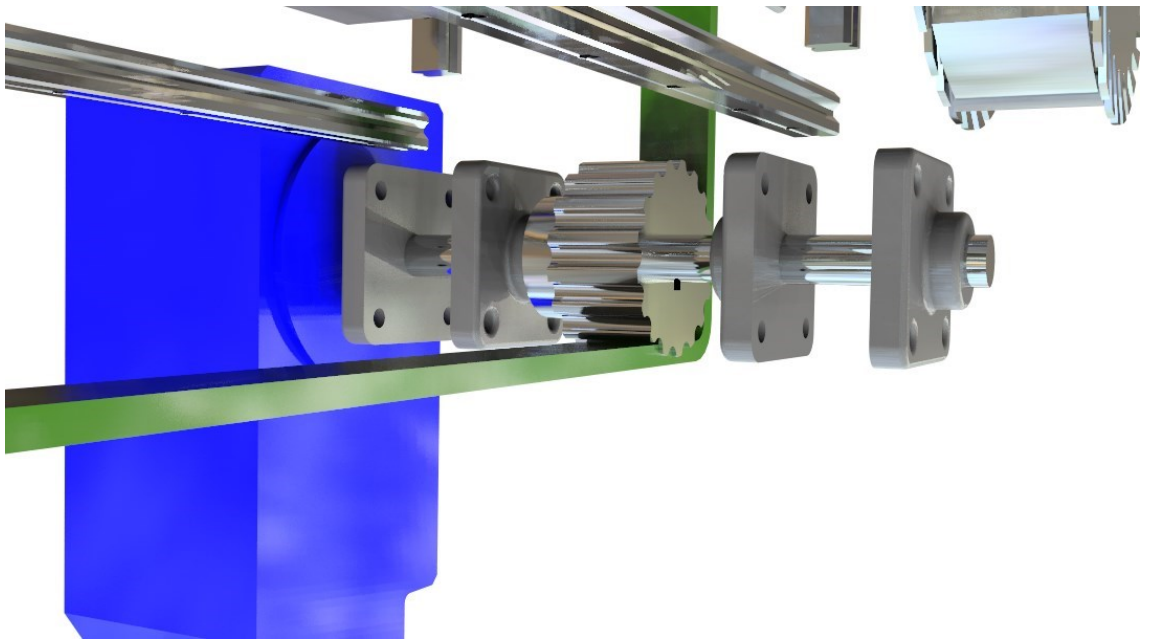
Hirren työstämisen ensimmäinen vaihe on hirteen työstettävät nurkkasalvoset. Neljä teräyksikköä jotka liikkuvat yhdenaikaisesti (kuva 9). Työstöyksiköt kulkevat lineaarikiskoilla ja ovat yhteydessä toisiinsa koko rungon kiertävän ketjun kautta (kuva 10). Ketjulle syötetään voimaa yhden vaihdemoottorin kautta. Tällä tavalla saadaan työstettyä kaikille hirren neljälle sivulle salvos nopeasti.



Kuva 10. Ketju ja hammaspyörät runkoon asennettuna.



Kuva 11. Kuvassa vihreällä vaihdemoottori ja sinisellä ketju.



Kuva 12. Voimansiirto yhdelle koneen neljästä akselistä. Kuva pelkistetty.

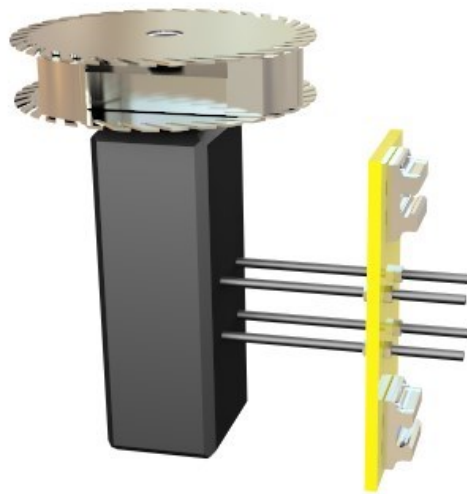
Neljä työstöyksikköä liikkuu samanaikaisesti joten kaikki nurkkasalvoskoneen työvaiheet saadaan nopeasti. Työstön aikana itse hirren tulee olla tukevasti alustallaan ja tätä varten koneeseen tulee niin sanotut ohjausjalakset joissa on säädettävä jousi hirren leveyden mukaan. Kyseinen jousi puristaa hirttä liikkumatonta tukea vasten.

Turvallisuuden suhteen tulee ottaa huomioon salvosyksikön neljä teräyksikköä jotka pyörivät noin 3000 kierrosta minuutissa sekä työstettävästä puusta poistettava materiaali. Helpoin tapa suojata koneen käyttäjä salvosyksikön kohdalla puupartikkeilta sekä estää raajojen pääsy pyöriviin

teräyksiköihin on suojata kone pleksilasilla ja varmistaa sähkötekniisesti koneen käytön esto jos suojat ovat auki.

Turvallinen pääsy koneen työstöyksiköille täytyy kuitenkin mahdollistaa, koska eri hirsikokoja työstettäessä on pystyttävä muuttamaan teräyksiköiden etäisyyksiä.

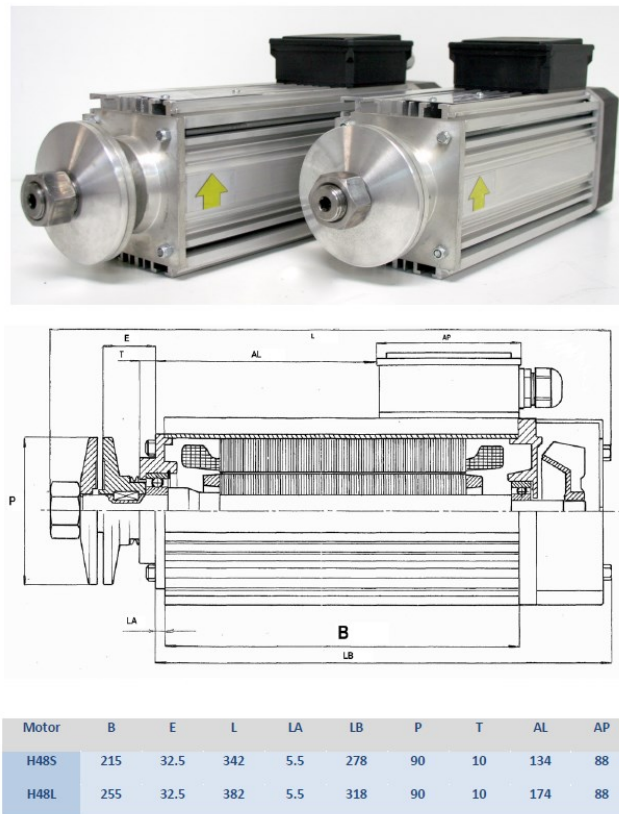
Salvosyksikön tärkeimmät yksittäiset osat tulevat olemaan työstöyksiköt joihin asennetaan sähkömoottorit sekä teräyksiköt. Muutos aiempaan on siinä että sähkömoottorit sijoitetaan suoraan työstöyksikköihin (kuva 13)



Kuva 13. Työstöyksikkö.

Etuna ratkaisussa on yksinkertaisempi lopputulos mutta haasteena oli löytää tarpeeksi pienet sähkömoottorit jotta teräkoko pysyisi järkevässä suhteessa. Italialainen moottorivalmistaja Fimec tarjoaa kuitenkin tarpeisiini juuri sopivan vaihtoehdon (kuva 14).

Dimensions from motors frame H48



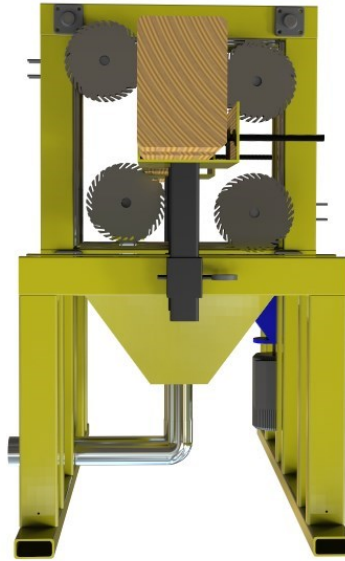
Kuva 14. Fimec - sahamoottori.

4.3 Purun poisto

Konetta käytettäessä syntyy huomattava määrä puupurua jonka ohjaaminen pois koneen luota ja sen lentäminen käyttäjää kohti tulisi minimoida. Olen päätenyt ratkaisuun jossa yhdistyy koneen kriittisten osien suojaaminen sekä salvosyksiköistä lentävän purun poistaminen. Alle olen liittännyt kuvan ratkaisustani jossa koko kone on suojattu pleksilasilla ja koneen alaosassa on niin sanottu kaukalo jonka pohjassa on puruimuputken suu.

Kaukalon mitoitin kattamaan käytännössä koko alaosan ja yhdessä turvakehikon kanssa koneesta pääsee ulos hyvin vähän purua. Kaukalon alaosassa 120 mm. halkaisijalla oleva poistoaukko johon itse puruimurin imuputki liitetään. Sen pidemmälle en lähtenyt suunnittelemaan purupoistoa koska olemassa olevat ratkaisut riittävät kattamaan tarpeeni.

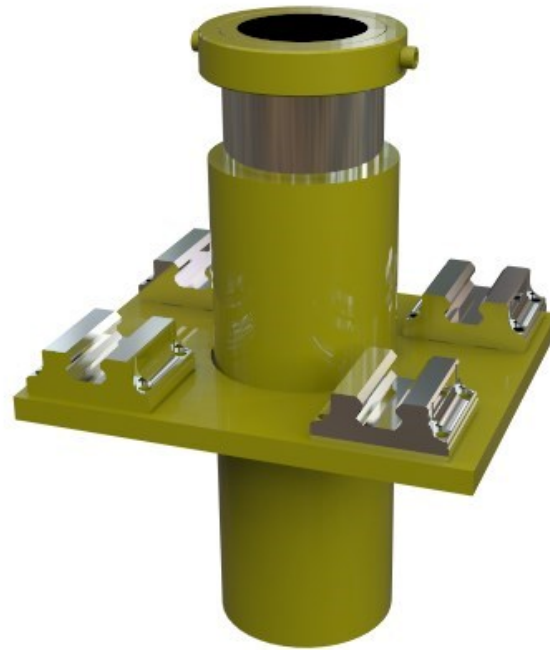
Kaukalon materiaaliksi valitsin mahdollisimman kevyen mutta silti riittävän kestävästä pellin vahvuudeltaan 3 mm.



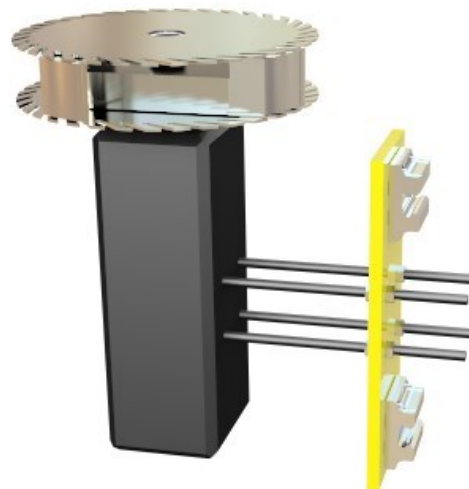
Kuva 15. Kuvassa Purunpoisto runkoon kiinnitettynä.

4.4 Työstöyksiköt

Koneen runkoon tulee neljä kappaletta noin 600 mm pitkiä lineaarikiskoja. Kiskoihin kiinnitetään työstöyksiköt joissa on kaksi lineaarikelkkaa. Lineaarikelkkoihin kiinnitetään metallilevy johon moottori kiinnitetään neljällä noin 10 mm kierretangolla. Tangoilla on liikkumavaraa 100mm sen mukaan minkä kokoista hirttä työstetään. Moottori ja työstöyksikön väliset kierretangot myös lukitsevat moottorin määrätylle etäisyydelle kahdella mutterilla, jotka ovat molemmin puolin työstöyksikköä. Alkuperäinen työstöyksikkö (kuva 16) oli rakenteeltaan paljon monimutkaisempi eikä sisältänyt koneessa käytettäviä moottoreita



Kuva 16. Alkuperäinen työstöyksikkö.



Kuva 17. Uusi työstöyksikkö.

4.5 Turvakehikko

Koneen peittävästä turvakehikosta päädyin tekemään melko tiiviin koppia muistuttavan rakenteen jossa on aukot vain työstettävälle hirrelle sekä purpoistoputkelle.

Kehikon moottoreiden puoleisen seinä on irrotettavissa ja sitä kautta voidaan tehdä mahdolliset huoltotyöt sekä säätää työstöyksiköiden etäisyys.

Kehikon runko on suunniteltu kevyemmästä materiaalista kuin itse kone koska kehikkoon ei kohdistu mitään isoja voimia. Pääasia on estää purun lentäminen ympäristöön sekä ihmisen pääsy käsiksi koneeseen kun konetta käytetään.

Turvakehikon katteiden suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös pahin mahdollinen konerikko eli terien hajoaminen moottorin ollessa käynnissä. Pirstoutuvan terän kappaleet käyttäytyvät pahimmillaan kuin luodit jonka vuoksi valitsin katteiksi iskunkestävän pleksilasin.



Kuva 18. Turvakehikko jossa runko on terästä ja suojana toimii pleksilasi.

4.6 Kuljettimet

Alkuperäisessä mallissa ei ollut suunniteltu hirren kuljettamiseen mitään ratkaisua vielä siinä vaiheessa kun minä aloitin suunnittelun. Tässä kohtaa ei kuitenkaan tarvitse keksiä polkupyörää uudestaan vaan soveltaa olemassa olevia ratkaisuja. Päädyin suunnittelemaan kaksi koneen jalustaan kiinnitettävää mutta tarpeen tullen irrotettavaa alustaa. Kuvassa x olevat alustat eivät sisällä varsinaisia kuljetinpyöriä vaan 400mm pitkän u-palkin jossa on myös mekanismi hirren paikallaan pitämiseksi. Hirttä paikallaan pitävä mekanismi sisältää kierretangon jonka päässä on pyöreä levy sekä jousi joka tulee u-palkin sivua vasten ja varmistaa että hirsi pysyy työstettäessä paikoillaan ilman että koneen käyttäjän tarvitsisi erikseen hirttä pidellä paikallaan.

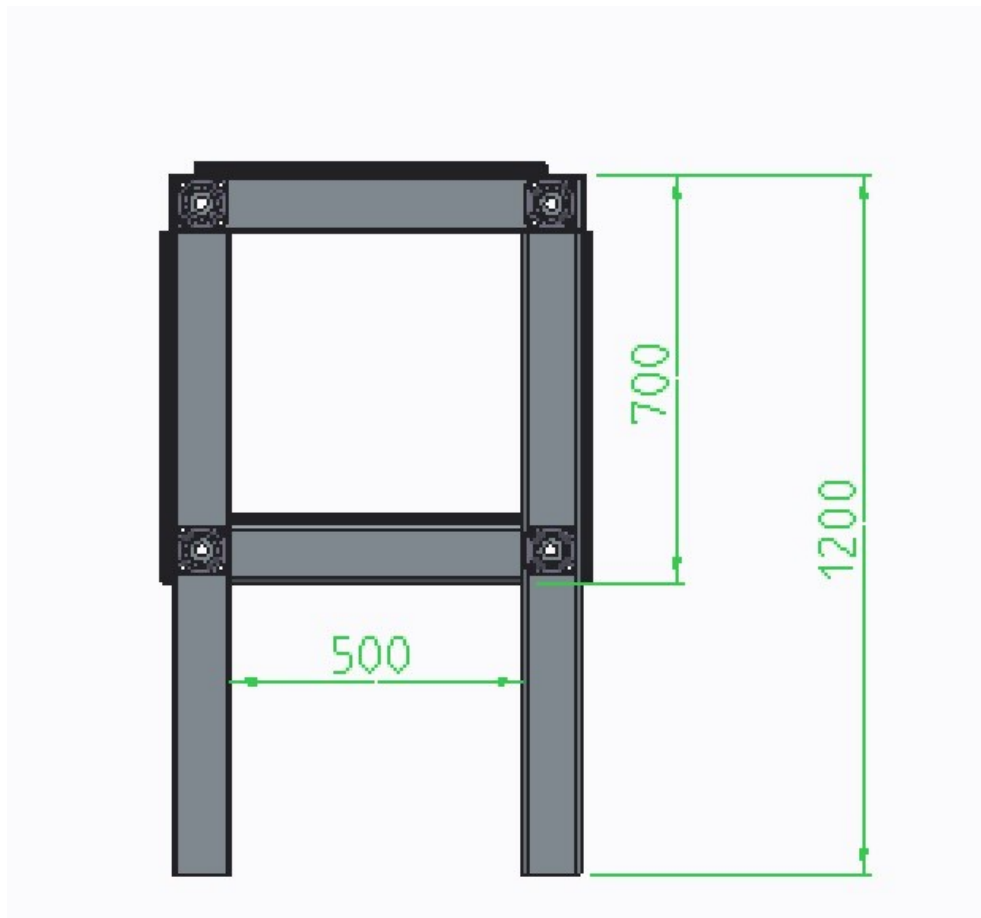


Kuva 19. Yksi koneen kahdesta kuljettimesta.

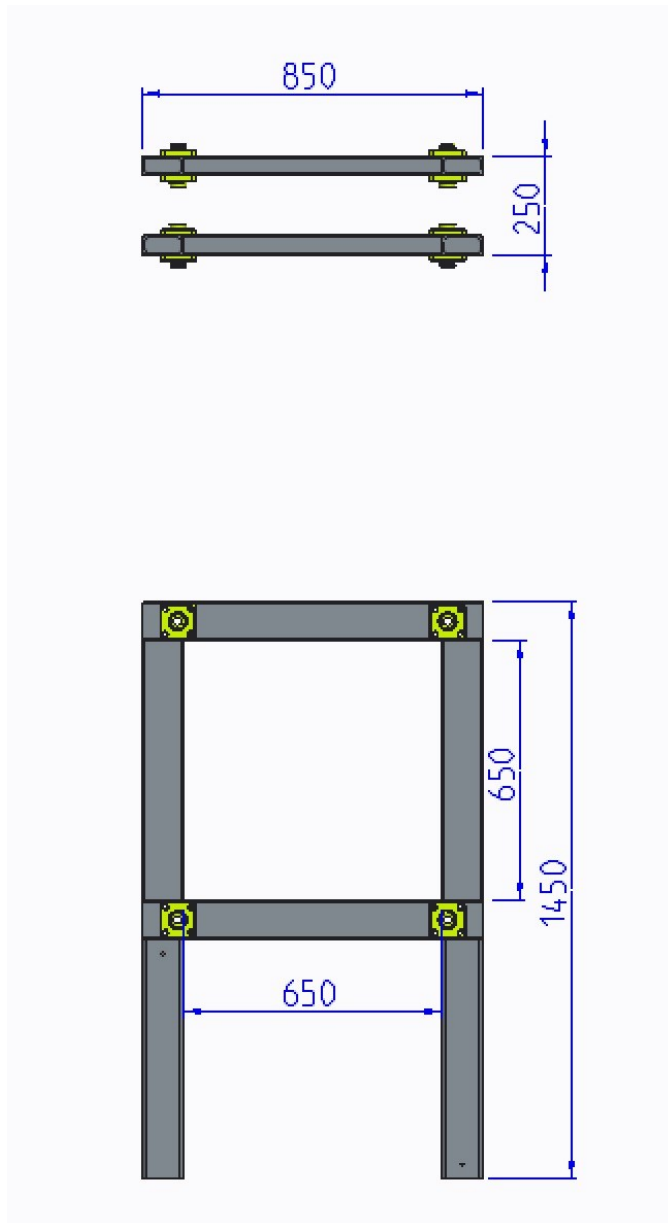
4.7 Runko

Koneen rungon suunnittelussa tein muutoksia alkuperäiseen lähinnä mittojen suhteen. Alkuperäinen runko oli pienempi ja työstöyksiköt kulkivat rungon ulkopuolella. Minun suunnitteleman rungon fyysisiä mittoja (850 mm x 1450 mm) hieman kasvatettiin mutta työstöyksiköiden pieneneminen edesauttoi ettei runkoa tarvinnut suurentaa samassa suhteessa. Materiaalina käytin samaa kuin alun perin eli 100mm x 50mm palkkia seinämävahvuudella 5 mm. Se on kustannustehokasta ja rungon osien pituuksien ollessa kuitenkin melko lyhyet ei riskiä taipumalle ole. Ensimmäisessä kuvassa nähdään mitkä olivat vanhan rungon mitat suhteessa uuteen ratkaisuun.

4.8 Vanha runko



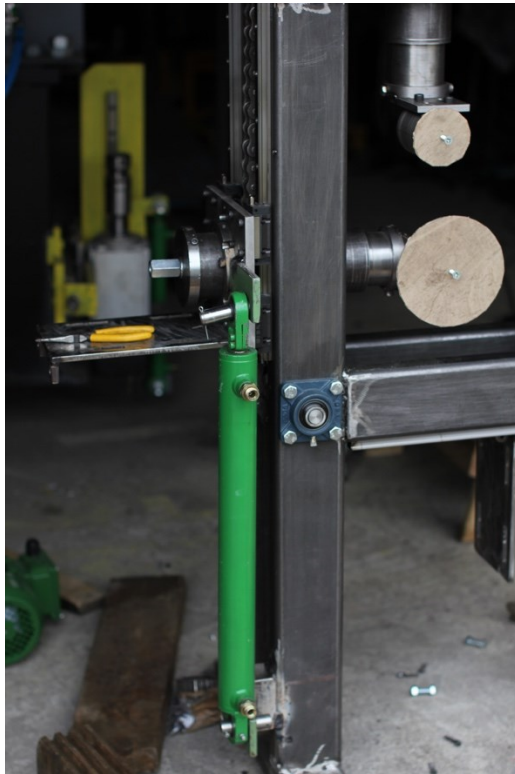
Kuva 20. Päätokuva koneen vanhasta rungosta mittoineen.



Kuva 21. Päätty- ja yläkuva uudesta koneen rungosta mittoineen.

4.9 Voimansiirto

Seuraavaksi käyn läpi voimansiirron suunnittelua joka osoittautui vaikeimmaksi työvaiheeksi. Alla kuvassa alkuperäinen voimansiirtoratkaisu jossa yhteen työstöyksikköön on liitetty hydraulisylinteri jonka edestakainen liike liikuttaa ketjulla toisiinsa kytkettyjä työstöyksiköitä samanaikaisesti.



Kuva 22. Alkuperäisen voimansiirron hydraulisylinteri.

Alkuperäinen voimansiirto ratkaisu vaatisi siis sylinterin lisäksi hydraalikonkoneikon. Halusin yksinkertaistaa ratkaisua ja samalla päästä eroon hydraalitekniikasta.

Ensimmäisenä piti ratkaista työstöyksiköiden liikkumanopeus eli millä vauhdilla työstöyksiköiden terät pystyvät jyrsimään puuta. Tässä vaiheessa käytin hyväksi isäni 50 vuoden kokemusta ja hänen mukaansa näillä terillä ja terämoottoreilla 0,05m/s on hyvä nopeus työstöyksiköille ilman että salvosjälki kärsisi. Minun ratkaisussani työstöyksiköitä liikuttaa ketju joka on kytketty hammaspyörään joka taas lepää akselilla jota pyörittää vaihdemoottori.

Vaihteeksi koneeseen valitsin SKS-Mekaniikan maahantuoman Bonfiglioli A20-3 kartiovaihteen. Jonka välityssuhde 329,4 sopii koneeseen melko hyvin. Kartiovaihte sopii runkooni hyvin koska se asennetaan akselin nähden 90 asteen kulmaan ja saadaan helposti kiinnitettyä rungon rakenteisiin.

Vaihteeseen liitetään sähkömoottori joka tässä tapauksessa pitää olla mahdollisimman hitaasti pyörivää mallia. Siitä huolimatta moottoriin kytketään taajuusmuuntaja jolla alennetaan moottorin pyörimisnopeutta.

Moottori jonka valitsin on edelleen SKS-Mekaniikan Bonfigliolilta. Mallinumero BN63B-6 230v/400-50, 0,12kW/870rpm.

Moottorista ja vaihteesta ulostuleva nopeus 50hZ:lla on 2,64rpm. Vääntöä kyseinen kokoonpano tuottaa 400Nm. Nimellisvääntömomentin kesto on 250Nm joka tarkoittaa että täysi tyssäntyminen saattaa rikkoa hampaat vaihteesta.

Taajuusmuuntaja joka tähän sopii on Synthesis digitaalinen Syn10 s220 01AF IP65 (0,2kW,230v,1-vaihe)

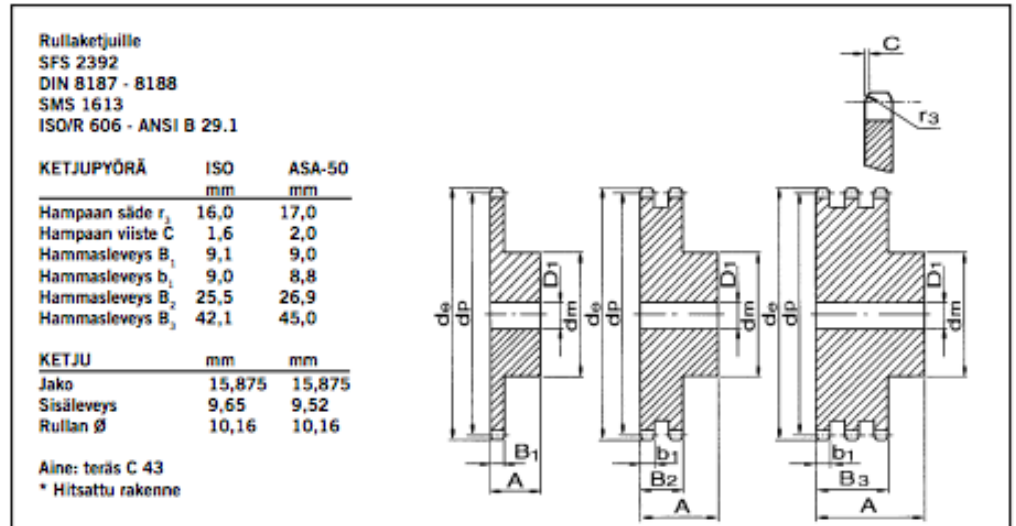
Moottorin kulkusuuntaan tullaan ohjaamaan runkoon asennettavilla rajakatkaisimilla jotka ovat käytössä jo nykyisessäkin koneessa ja niiden suhteen minun ei siis tarvitse työtä tehdä.

Hammaspyörän sekä ketjun mitoituksessa tuli ottaa huomioon työstöyksiköiden massa noin 40kg riippuen terien koosta sekä hirren jyrsimisen aiheuttama pieni rasite joka jälkikäteen osoittautui lähes mitättömäksi.

Voimansiirron osia valitessani käytin hyväksi SKS-Mekaniikan valintatyökaluja sekä heidän myyntitoimistonsa ammattitaitoa. Kohteen pölyisyys vaikutti ketjun valintaan niin että ketjun tulisi olla niin sanotusti huoltovapaa ja rasvaton ettei puupöly tarttuisi ketjuun.

Ketjuksi valitsin Wippermanin Marathon – 2-rivisen rullaketjun Din 8187-1. Mallinumeroltaan 10 B-2 Ma. Hammasjako 15,875. Ketjun murtokuorma Fb 54kN on lujuudeltaan ylimitoitettu mutta se johtuu ainoastaan siitä koneen rasitukset ovat niin pienet ja työstöyksiköt ovat moottoreineenkin kevyitä eikä puun työstäminen tuota suurempia rasituksia. Ketju itsessään painaa 1,82kg metriltä ja koneeseen ketjua tulee noin 5 metriä.

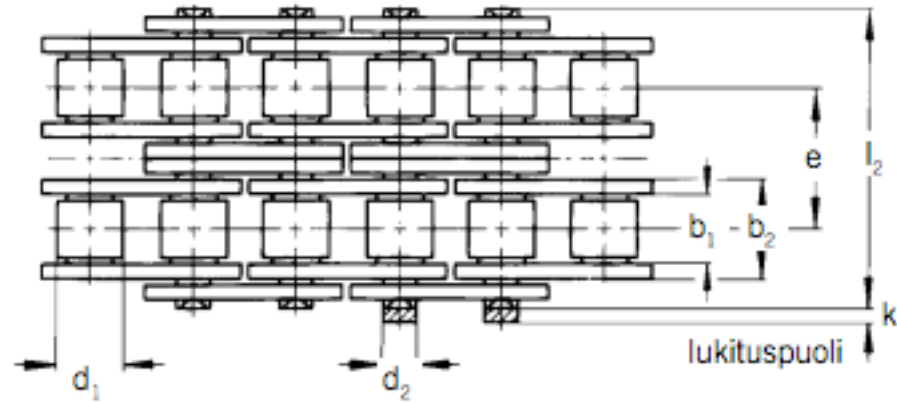
NAVALLISET KETJUPYÖRÄT 5/8" x 3/8"



Z	d _a	d _p	Tilauk- numero	YKSIRIVINEN			Tilauk- numero	KAKSIRIVINEN			Tilauk- numero	KOLMIRIVINEN		
				d _m	D ₁	A		d _m	D ₁	A		d _m	D ₁	A
8	47,0	41,48	S58-8	25	10	25	D58-8	25	12	40	T58-8	25	12	55
9	52,6	46,42	S58-9	30	10	25	D58-9	30	12	40	T58-9	30	12	55
10	57,5	51,37	S58-10	35	10	25	D58-10	35	12	40	T58-10	35	12	55
11	63,0	56,34	S58-11	37	12	30	D58-11	39	14	40	T58-11	39	14	55
12	68,0	61,34	S58-12	42	12	30	D58-12	44	14	40	T58-12	44	14	55
13	73,0	66,32	S58-13	47	12	30	D58-13	49	14	40	T58-13	49	14	55
14	78,0	71,34	S58-14	52	12	30	D58-14	54	14	40	T58-14	54	14	55
15	83,0	76,36	S58-15	57	12	30	D58-15	59	14	40	T58-15	59	14	55
16	88,0	81,37	S58-16	60	12	30	D58-16	64	16	45	T58-16	64	16	60
17	93,0	86,38	S58-17	60	12	30	D58-17	69	16	45	T58-17	69	16	60
18	98,0	91,42	S58-18	70	14	30	D58-18	74	16	45	T58-18	74	16	60
19	103,0	96,45	S58-19	70	14	30	D58-19	79	16	45	T58-19	79	16	60
20	108,4	101,49	S58-20	75	14	30	D58-20	84	16	45	T58-20	84	16	60
21	113,4	106,52	S58-21	75	16	30	D58-21	85	16	45	T58-21	85	20	60
22	118,0	111,55	S58-22	80	16	30	D58-22	90	16	45	T58-22	90	20	60
23	123,4	116,58	S58-23	80	16	30	D58-23	95	16	45	T58-23	95	20	60
24	128,3	121,62	S58-24	80	16	30	D58-24	100	16	45	T58-24	100	20	60
25	134,0	126,66	S58-25	80	16	30	D58-25	105	16	45	T58-25	105	20	60
26	139,0	131,70	S58-26	85	20	35	D58-26	110	20	45	T58-26	110	20	60
27	144,0	136,75	S58-27	85	20	35	D58-27	110	20	45	T58-27	110	20	60
28	148,7	141,78	S58-28	90	20	35	D58-28	115	20	45	T58-28	115	20	60
29	153,8	146,83	S58-29	90	20	35	D58-29	115	20	45	T58-29	115	20	60
30	158,8	151,87	S58-30	90	20	35	D58-30	120	20	45	T58-30	120	20	60
31	163,9	156,92	S58-31	95	20	35	D58-31	120	20	45	T58-31	120	20	60
32	168,9	161,96	S58-32	95	20	35	D58-32	120	20	45	T58-32	120	20	60
33	174,5	167,00	S58-33	95	20	35	D58-33	120	20	45	T58-33	120	20	60
34	179,0	172,05	S58-34	95	20	35	D58-34	120	20	45	T58-34	120	20	60
35	184,1	177,10	S58-35	95	20	35	D58-35	120	20	45	T58-35	120	20	60
36	189,1	182,15	S58-36	100	20	35	D58-36	120	20	45	T58-36	120	25	60
37	194,2	187,20	S58-37	100	20	35	D58-37	120	20	45	T58-37	120	25	60
38	199,2	192,24	S58-38	100	20	35	D58-38	120	20	45	T58-38	120	25	60
39	204,2	197,29	S58-39	100	20	35	D58-39	120	20	45	T58-39	120	25	60
40	209,3	202,34	S58-40	100	20	35	D58-40	120	20	45	T58-40	120	25	60
41	214,8	207,39	* S58-41	93	20	40								
42	219,9	212,44	* S58-42	93	20	40								
43	224,9	217,49	* S58-43	93	20	40	* D58-43	108	25	55				
44	230,0	222,54	* S58-44	93	20	40								
45	240,1	232,63	* S58-45	93	20	40	* D58-45	108	25	60				
46	250,2	242,73	* S58-46	93	20	40								
47	260,3	252,82	* S58-47	93	20	40								
48	270,4	262,92	* S58-48	93	20	40								
49	280,6	273,03	* S58-49	93	20	40								
50	290,0	283,14	* S58-50	93	20	45	* D58-50	108	25	60	* T58-50	118	30	65
51	296,0	288,18	* S58-51	93	20	45								
52	300,5	293,23	* S58-52	93	20	45								
53	305,5	298,27	* S58-53	93	20	45								
54	311,4	303,31	* S58-54	93	20	45								
55	316,5	308,36	* S58-55	93	20	45								
56	321,6	313,41	* S58-56	93	20	45								
57	326,6	318,46	* S58-57	93	20	45								
58	331,8	323,51	* S58-58	93	20	45								
59	336,8	328,56	* S58-59	93	20	45								
60	341,9	333,61	* S58-60	93	20	45								
61	347,0	338,66	* S58-61	93	20	45								
62	352,0	343,71	* S58-62	93	20	45								
63	357,1	348,76	* S58-63	93	20	45								
64	362,1	353,81	* S58-64	93	20	45								
65	367,2	358,86	* S58-65	93	20	45								
66	372,3	363,91	* S58-66	93	20	45								
67	377,3	368,96	* S58-67	93	20	45								
68	382,4	374,01	* S58-68	93	20	45								
69	387,4	379,06	* S58-69	93	20	45								
70	392,5	384,11	* S58-70	93	20	45								
71	397,5	389,16	* S58-71	93	20	45								
72	402,6	394,21	* S58-72	93	20	45								
73	407,6	399,26	* S58-73	93	20	45								
74	412,7	404,31	* S58-74	93	20	45								
75	417,7	409,36	* S58-75	93	20	45								
76	422,8	414,41	* S58-76	93	20	45								
77	427,8	419,46	* S58-77	93	20	45								
78	432,9	424,51	* S58-78	93	20	45								
79	437,9	429,56	* S58-79	93	20	45								
80	442,9	434,61	* S58-80	93	20	45								
81	447,9	439,66	* S58-81	93	20	45								
82	452,9	444,71	* S58-82	93	20	45								
83	457,9	449,76	* S58-83	93	20	45								
84	462,9	454,81	* S58-84	93	20	45								
85	467,9	459,86	* S58-85	93	20	45								
86	472,9	464,91	* S58-86	93	20	45								
87	477,9	469,96	* S58-87	93	20	45								
88	482,9	475,01	* S58-88	93	20	45								
89	487,9	480,06	* S58-89	93	20	45								
90	492,9	485,11	* S58-90	93	20	45								
91	497,9	490,16	* S58-91	93	20	45								
92	502,9	495,21	* S58-92	93	20	45								
93	507,9	500,26	* S58-93	93	20	45								
94	512,9	505,31	* S58-94	93	20	45								
95	517,9	510,36	* S58-95	93	20	45								
96	522,9	515,41	* S58-96	93	20	45								
97	527,9	520,46	* S58-97	93	20	45								
98	532,9	525,51	* S58-98	93	20	45								
99	537,9	530,56	* S58-99	93	20	45								
100	542,9	535,61	* S58-100	93	20	45								
101	547,9	540,66	* S58-101	93	20	45								
102	552,9	545,71	* S58-102	93	20	45								
103	557,9	550,76	* S58-103	93	20	45								
104	562,9	555,81	* S58-104	93	20	45								
105	567,9	560,86	* S58-105	93	20	45								
106	572,9	565,91	* S58-106	93	20	45								
107	577,9	570,96	* S58-107	93	20	45								
108	582,9	576,01	* S58-108	93	20	45								
109	587,9	581,06	* S58-109	93	20	45								
110	592,9	586,11	* S58-110	93	20	45								
111	597,9	591,16	* S58-111	93	20	45								
112	602,9	596,21	* S58-112	93	20	45								
113	607,9	601,26	* S58-											

riä koneeseen tulee neljä kappaletta eli yksi per työstöyksikkö ja ketjupyö-
rät kiinnitetään kartioholkilla akseleihin.

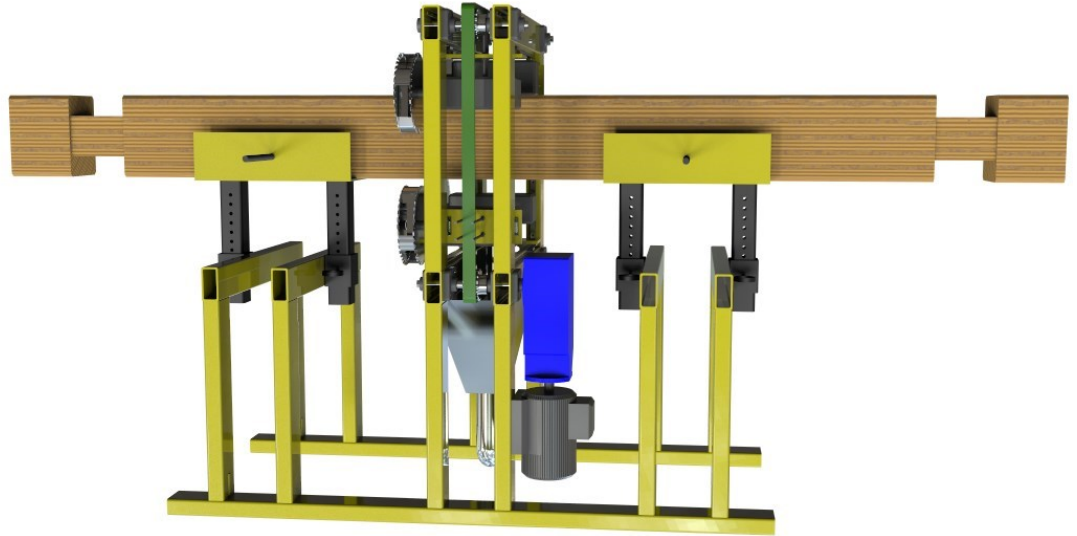
Kaksiriviset rullaketjut



Kuva 24. Rullaketjun mallikuva. SKS-Mekaniikka Oy.

Ketju	Jako		Sisä- leveys	Sisä- lenkin leveys	Rul- lan Ø	Ta- pin Ø	Poikit- tais- jako	Len- kin korkeus	Yli- tys	Nii- tin pituus	Laa- keri- pinta	Murtokuorma	Pai- no	Liitos- lenkit
	p		b_1 min.	b_2 maks.	d_1 maks.	d_2 maks.	e	g maks.	k maks.	l maks.	f	F_B min.	q	nro
nro	mm	in.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	N	kg/m	
06 B-1 MA	9,525	3/8	5,72	8,53	6,35	3,28	-	8,2	3,3	13,5	0,28	9 600	0,41	11,12,15
08 B-1 MA	12,70	1/2	7,75	11,30	8,51	4,45	-	11,8	3,9	17,0	0,50	18 600	0,70	11,12,15
10 B-1 MA	15,875	5/8	9,65	13,28	10,16	5,08	-	14,7	4,1	19,6	0,67	27 000	0,91	11,12,15
12 B-1 MA	19,05	3/4	11,68	15,62	12,07	5,72	-	16,1	4,6	22,7	0,89	31 000	1,18	11,12,15
16 B-1 MA	25,40	1	17,02	25,40	15,88	8,28	-	21,0	5,4	36,1	2,10	72 000	2,68	11,11,12
552 MA	30,00	-	17,02	25,40	15,88	8,28	-	21,0	5,4	36,1	2,10	72 000	2,50	11,11,12
20 B-1 MA	31,75	1 1/4	19,56	29,00	19,05	10,19	-	26,4	6,1	43,2	2,96	105 000	3,50	111, 12
24 B-1 MA	38,10	1 1/2	25,40	37,90	25,40	14,63	-	33,4	6,6	53,4	5,54	180 000	6,80	111, 12
06 B-2 MA	9,525	3/8	5,72	8,53	6,35	3,28	10,24	8,2	3,3	23,8	0,56	17 400	0,78	11,12,15
08 B-2 MA	12,70	1/2	7,75	11,30	8,51	4,45	13,92	11,8	3,9	31,0	1,01	37 000	1,36	11,12,15
10 B-2 MA	15,875	5/8	9,65	13,28	10,16	5,08	16,59	14,7	4,1	36,2	1,34	54 000	1,82	11,12,15
12 B-2 MA	19,05	3/4	11,68	15,62	12,07	5,72	19,46	16,1	4,6	42,2	1,79	63 000	2,38	11,12,15
16 B-2 MA	25,40	1	17,02	25,40	15,88	8,28	31,88	21,0	5,4	68,0	4,21	140 000	5,30	11,11,12
20 B-2 MA	31,75	1 1/4	19,56	25,40	19,05	10,19	36,45	26,4	6,1	79,0	5,91	210 000	7,30	111, 12
24 B-2 MA	38,10	1 1/2	25,40	37,90	25,40	14,63	48,36	33,4	6,6	101,0	11,09	360 000	13,40	111, 12
06 B-3 MA	9,525	3/8	5,72	8,53	6,35	3,28	10,24	8,2	3,3	34,0	0,81	24 900	1,18	11,12,15
08 B-3 MA	12,70	1/2	7,75	11,30	8,51	4,45	13,92	11,8	3,9	44,9	1,51	56 000	2,01	11,12,15
10 B-3 MA	15,875	5/8	9,65	13,28	10,16	5,08	16,59	14,7	4,1	52,8	2,02	80 000	2,70	11,12,15
12 B-3 MA	19,05	3/4	11,68	15,62	12,07	5,72	19,46	16,1	4,6	61,7	2,68	94 000	3,12	11,12,15
16 B-3 MA	25,40	1	17,02	25,40	15,88	8,28	31,88	21,0	5,4	99,9	6,31	211 000	7,50	11,11,12
20 B-3 MA	31,75	1 1/4	19,56	29,00	19,05	10,19	36,45	26,4	6,1	116,0	8,87	300 000	10,60	111, 12
24 B-3 MA	38,10	1 1/2	25,40	37,90	25,40	14,63	48,36	33,4	6,6	150,0	16,63	523 000	20,00	111, 12

Kuva 25. Rullaketjun valintatyökalu. SKS-Mekaniikka Oy.



Kuva 26. Kuvassa valmis kone ilman turvakehikkoa.

5 YHTEENVETO

Projekti valmistuessaan vei minulta aikaa melkein kaksi vuotta mutta olen työstänyt projektia muiden kiireiden ohessa. Projekti itsessään opetti minulle paljon käytännön suunnittelutyöstä mallinnuksesta alkaen sekä projektin hallinnoimisesta. Yksin tehdessä sekä ilman kiinteää projektin valmistumispäivämäärä projekti pääsi venymään yli omien tavoitteideni.

Omia versioita koneesta oli useita ja keväällä 2016 päätin lyödä lukkoon tietyt parametrit joiden mukaan viimeistelin projektin. Takataskuun jää useita parannusvaihtoehtoja sekä jatkotoimenpiteitä itse opinnäytetyön valmistumisen jälkeen tehtäväksi jos isä Esa Pudas haluaa jatkaa koneen kehittämistä.

Isäni Esan odotuksissa oli ainoastaan koneen salvotoiminta mutta itse yritin kehittää koneesta monitoimisemman niin että hirren katkaisu sekä kaaurien valmistaminenkin onnistuisi samalla. Tämä osoittautui kuitenkin mahdottomaksi ilman että koneen alkuperäistä ideaa mahdollisimman yksinkertaisesta koneesta ei oltaisi rikottu. Valmistettuamme koneestani ensimmäisen mallikappaleen näemme että mitä osa-alueita pitää tai voidaan vielä kehittää. Ja varmasti viisastumme paljon nähtyämme miltä kone todellisuudessa näyttää.

Suurimman kehitystyön tein voimansiirtoon sekä työstöyksiköihin. Voimansiirrossa korvasin hydraalitekniikan vaihdemoottorilla ja työstöyksiköt sisältävät ratkaisussani itse moottorin. Minun ratkaisussa teräyksiköt voidaan asentaa suoraan työstöyksiköihin ja teräyksiköt asennetaan suoraan sähkömoottorin ulostuloakseliin.

6 LÄHTEET

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus, EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Espoo: Inspecta koulutus oy.

Tuomala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka ky.

Hirsirakentamisen perusteet, itseopiskelumateriaali. Hirsitaloteollisuus ry,
Viitattu 21.10.2016.
http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf

