

Matti Kymäläinen

# Metsäharvesterin pyöränvarsien kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

29.2.2016

Tekijä(t) Otsikko	Matti Kymäläinen Metsäharvesterin pyöränvarsien kehittäminen
Sivumäärä Aika	20 sivua + 1 liite 1.2.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Yrityksen edustaja Heikki Järvi Osaamisaluepäällikkö Pekka Hautala
<p>Tämä insinöörityö käsittelee suomalaisen metsäkoneyhtiön kauko-ohjattavan metsäharvesterin pyöränvarsien tuotekehitystä. Tavoitteena on parantaa pyöränvarsien rakennetta metsäharvesterin seuraavaan valmistettavaan versioon.</p> <p>Edellisessä metsäharvesterin versiossa rungossa on havaittu rasitusmurtumia pyöränvarsien liitoskohdissa.</p> <p>Ensiksi työssä pohditaan pyöränvarsien geometriaa ja sen seurauksena syntyviä rasituksia. Seuraavaksi suunnitellaan kiinnitys uudelle hydraulimoottorille. Työssä pohditaan myös pyöränvarsien asennon muuttamista päinvastaiseksi rasitusten vähentämiseksi. Lopuksi mietitään hydrauliletkujen suojausta vaurioiden välttämiseksi.</p> <p>Työssä löydettiin rungon rasituksia vähentäviä pyöränvarren muotoja. Uudenlaista geometriaa on tarkoitus käyttää harvesterin seuraavassa versiossa. Pyöränvarsien asento päätettiin pitää nykyisellään.</p>	
Avainsanat	pyöränvarsi, metsäharvesteri, tuotekehitys

Author(s) Title Number of Pages Date	Matti Kymäläinen Design of Forest Harvester Wheel Beams 20 pages + 1 appendix 1 February 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Heikki Järvi, The Representative of the Company Pekka Hautala, Head of Department
<p>This Bachelor's thesis examines the design of a radio-controlled forest harvester's wheel beams. The goal was to develop and improve the structures of wheel beams for the next forest harvester generation. The thesis was commissioned by Finnish forestry company.</p> <p>It has been discovered that the latest model of the forest harvester has fractures in the joints where wheel beams are connected to the chassis.</p> <p>Firstly, the geometry of wheel beams has been examined and the stress caused by the geometrical features has been analyzed as well. Next, a new connection between new hydraulic motors and wheel beams has been studied. The thesis analyzes also changing the direction of wheel beams in order to decrease the stresses in structures. Finally, the shielding of hydraulic hoses has been studied to prevent damage or failures.</p> <p>As a result, innovative shapes to decrease stresses in wheel beams were created in this thesis. The target is that the new geometrical solutions will be used in the next generation models of the forest harvester. However, it was decided that the present direction of wheel beams will not be changed.</p>	
Keywords	Wheel beam, Forest harvester, product design

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pyöränvarsien rakenteelliset muutokset	3
2.1	Hydraulisyylinterin asennon muutokset	4
2.2	Pyöränvarsien muodon muutokset	5
2.2.1	Taitettu malli	5
2.2.2	Moottorin päältä tuettu malli	8
2.2.3	Yhdistetty malli	9
2.3	Hydraulimoottorin uudelleensuunniteltu kiinnitys	11
3	Eturungon pyöränvarsien kääntäminen ajosuuntaan päin	13
3.1	Alustan tasapaino	13
3.2	Pyöränvarsien monikäyttöisyys	16
4	Hydrauliletkujen suojaus	17
5	Yhteenveto	19
	Lähteet	20
	Liite Hydraulimoottorin tekniset tiedot	

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä käydään läpi kauko-ohjattavan metsäharvesterin pyöränvarsien uudelleensuunnittelu. Työn tavoitteena on ehkäistä kauko-ohjatun harvesterin rungon rasitusvaurioita. Työ tehtiin yhdessä suomalaisen metsäkoneyhtiön sekä Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa.

Kauko-ohjattava metsäharvesteri on suunniteltu metsän ensiharvennustehtäviin. Sillä pystytään kaatamaan ja katkomaan puita sekä kuljettamaan kaadettuja puun runkoja. Runko-ohjatun harvesterin ominaisuuksia ovat pieni 6000 kg:n omamassa ja pieni kääntösäde, jotka tekevät siitä ketterän ja vaikeampikulkuisen metsän harvesterin. Kauko-ohjattavan koneen käyttäjä pääsee aivan kohteen juureen ja näkemään toiminta-alueen, kun hytti ei rajoita käyttäjän liikkumista.

Metsäharvesterin runkoa suunnitellaan muuhunkin käyttöön kuin metsän ensiharvennukseen. Esimerkkinä muun muassa kokeilut tulen sammutustehtävissä puumiin kiinnitetyllä painevesiletkulla. Runkoon on suunnitteilla kameran asennus, jotta käyttäjällä on mahdollisuus nähdä koneen eteen rajoitetuissa tilanteissa.



Kuva 1. Metsäharvesterin toinen versio ilman puun kaatopäätä.

Kauko-ohjattavasta metsäharvesterista on suunniteltu kolme versiota. Tätä työtä tehdessä Metropolia Ammattikorkeakoulun tiloissa käytössä oli harvesterin toinen versio. Kuvassa 1 on metsäharvesterin runko ilman puun kaatopäätä.

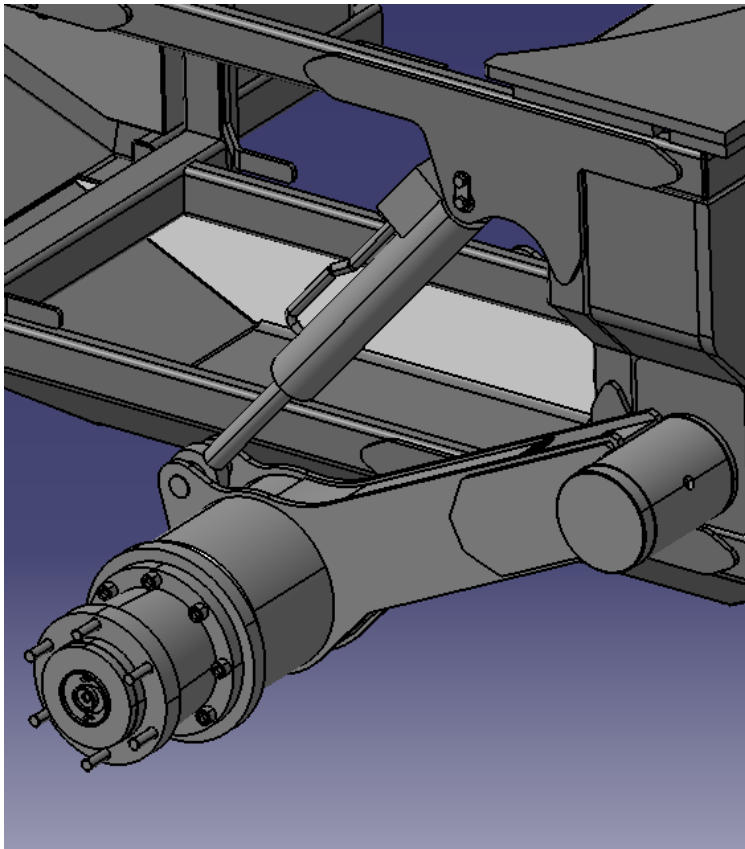
Pyöränvarret ovat peilikuvia harvesterin vasemman ja oikean puolen kanssa. Etu- ja takavarret ovat identtisiä keskenään. Pyöränvarret säätävät harvesterin ajoasennon, työkentelyasennon ja maavaran.

Tässä insinööriyössä pohditaan myös pyöränvarsien kääntämistä ajosuuntaan päin sekä sen tuomia hyötyjä ja haittoja. Suunnittelussa huomioidaan aikaisemmissa keskusteluissa esille tulleet parannusehdotukset. Parannusehdotuksia ovat hydraulikkaletkujen vienti harvesterin rungosta rengaspuomeihin suojattuina ja harvesterin rungon soveltaminen myös muuhun käyttöön.

## 2 Pyöränvarsiin rakenteelliset muutokset

Tässä osiossa käsitellään pyöränvarren hydraulisynterin sijaintia, pyöränvarren muotoa sekä uuden hydraulimoottorin kiinnitystä pyöränvarteen. Suunnittelussa käytettiin hyväksi Dassault Systemsin Abaqus CAE-elementtimenetelmään perustuvaa lujuusmitoitussuohjelmistoa sekä Catia V5R20 3D-mallinnusohjelmistoa.

Pyöränvarsi on harvesterin rungon osa, joka pitää rengasta pyörittävää hydraulimoottoria kiinni koneen rungossa. Pyöränvarrella myös toteutetaan harvesterin rungon jousitus ja ajokorkeudensäätö. Hydraulisynteri liikuttaa pyöränvarrtta pystysuunnassa. Harvesterin kolmannessa versiossa pyöränvarsi on tuettu kuvan 2 osoittamalla tavalla. Tuenta ja varsi ovat samanlaiset kuin edellisissä versioissa. Kolmannessa versiossa hydraulisynterien kiinnityskohtia varsissa ja harvesterin runkoa on niiden kohdalta vahvistettu kestämään paremmin rasiusta.



Kuva 2. Pyöränvarren tuenta harvesterin takarunkoon kolmannessa versiossa.

## 2.1 Hydraulisyylinterin asennon muutokset

Hydraulisyylinteri toimii pyörän tuennassa sauvarakenteena ja pystyy siirtämään vain sauvan suuntaisia voimia. Harvesterin toisen version hydraulisyylinterin asento on suurimmaksi osaksi vaakasuuntainen. Tästä johtuen pystysuuntainen rasitus on kohdistunut pyöränvarren laakeroinnille. Vaakasuuntainen rasitus on kohdistunut hydraulisyylinterin kiinnityskohtaan harvesterin rungossa. Toisen version pyöränvarsien liukulaakerien akselissa on havaittavissa rasitusvaurioita, jotka johtuvat laakereille kohdistuvista liian suurista pystysuuntaisista kuormituksista. Myös hydraulisyylinterin kiinnityskohdassa harvesterin rungossa on havaittavissa sylinterin suuntaisia rasitusvaurioita.

Etuina kolmen edellisen version pyöränvarsien tuennoissa ovat hydraulisyylinterien sijainnit. Hydraulisyylinterien kiinnityspisteet ovat lähellä pyöränvarsien liukulaakereita. Tällöin sylinterit eivät vie tilaa ja mahtuvat liikkumaan hyvin varren päällä. Hydraulisyylinterien asento ja sijainti vähentävät niihin kohdistuvaa pystysuuntaista rasitusta. Toisaalta vaakasuuntainen rasitus on suuri.

Hydraulisyylinterin sijainnin tai asennon muutos pitää ottaa huomioon sen liikkumavaran muutoksissa. Näin ollen sylinterin kokoa pitää mahdollisesti muuttaa. Toisenlainen asettelu muuttaa pyöränvarsien liikettä suhteessa sen siirtymään.

Hydraulisyylinterin kiinnityspisteen muutos pyöränvarressa lähemmäksi liukulaakeria nopeuttaa varren liikettä sekä mahdollistaa lyhyemmän työsylinterin käytön. Silloin hydraulisyylinterin pienemmällä liikkeellä on mahdollista saada aikaan samanlainen pyöränvarren liike kuin nykyisellä kiinnityksellä. Toisaalta hydraulisyylinterin kuormitus kasvaa. Samoin kasvavat myös pyöränvarren rasitukset, varsinkin varren taivutusjännitys. Sylinterivoimien kasvaessa muutetaan sylinterin halkaisijaa suuremmaksi sekä pyöränvarren taivutusjännityksen kasvaessa muutetaan varren seinämävahvuutta kestävämmäksi kasvavat rasitukset.



## 2.2 Pyöränvarsien muodon muutokset

Harvesterin pyöränvarsien liike- ja reagointinopeudet eivät ole yhtä nopeita kuin niiden muutokset maastokäytössä. Tällöin syntyy rasituksia, jotka kohdistuvat hydraulisynterien kiinnityksiin sekä pyöränvarsien laakerointiin. Tarkoituksena on pienentää liukulaakerille kohdistuvaa rasitusta. Vaurioiden korjaaminen rungosta liukulaakerin takana on huomattavasti vaikeampaa kuin hydraulisynterin kiinnityspisteen korjaaminen.

Pyöränvarren hydraulisynterin kiinnityspisteen sekä liukulaakerin sijainti suhteessa hydraulimoottorin pyörimisakseliin ovat tärkeitä rasituksien jakaantumisen kannalta.

Harvesterin versioiden 1–3 hydraulisynterin kiinnityksen sijainti pyöränvarressa rengasmoottorin takana aiheuttaa suurempia voimia kuin sijainti lähempänä varren laakerointia.

Tukireaktioita analysoitaessa käytettiin Abaqus CAE-lujuusmitoitusohjelmistoa. Tukireaktiot laskettiin ohjelmistossa kahdessa dimensiossa sauvaelementtejä käyttäen. Harvesterin toisen version tukireaktiot on jaoteltu sekä laakerille että sylinterin päähän kohdistuneeseen voimaan, taulukko 1. Voimat ovat vaaka- ja pystytason resultantteja.

Taulukko 1. Harvesterin toisen version tukireaktiot.

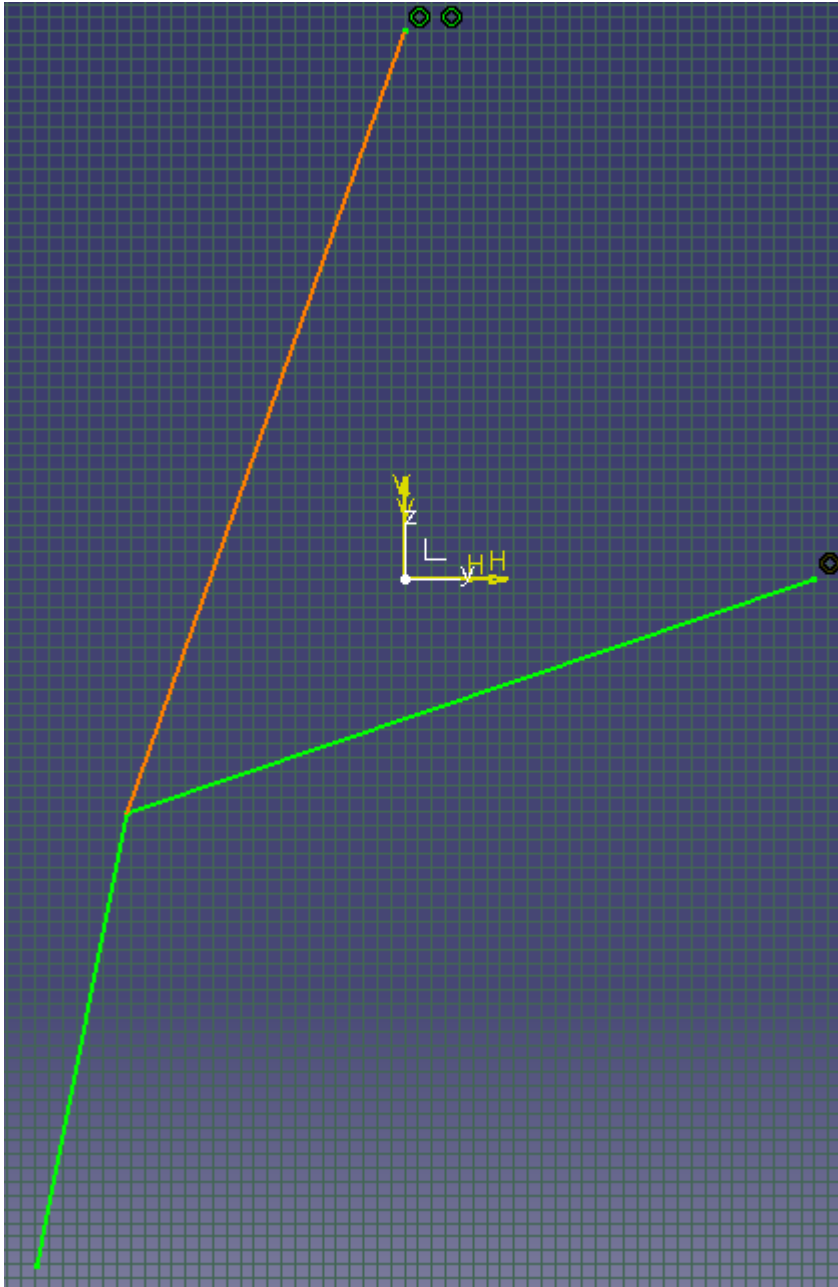
Asento	Laakeri (kN)	Sylinteri (kN)
Ala-asento	9,75	24,6
Keskiasento	14,9	27,4
Yläasento	18,38	27,87

### 2.2.1 Taitettu malli

Uudessa mallissa pyöränvarteen tehdään taitos sen keskelle ja hydraulisynteri kiinnitetään tähän taitokseen. Tavoitteena on saada kohdistettua rasitukset mahdollisimman suoraan harvesterin runkoon. Tällöin liukulaakerille ei synny liiallisia rasittavia ja siten vaurioita aiheuttavia pystysuuntaisia voimia.

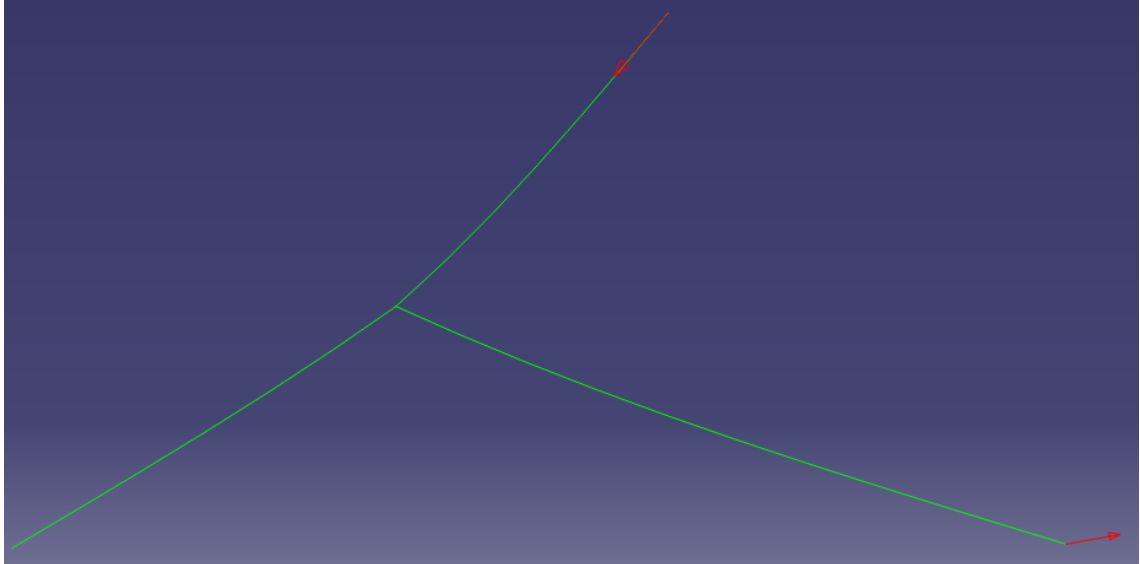
Pyöränvarren liikevaroihin ei tehdä muutoksia. Alustan joustovara saadaan pidettyä 78 mm:stä 501 mm: iin, kuten edellisissä versioissa. Pyöränvarren hydraulisynteri aset-

taan samansuuntaiseksi kuin taivutettu tukivarren rengaspää ajokorkeuden ollessa puolivälissä sen liikerataa. Tällöin pystysuuntaiset rasitusvoimat siirtyvät hydraulisylinterin suuntaisesti. Kuva 3 osoittaa uuden pyöränvarren muodon ja asennon harvesterirungon kiinnityspisteisiin nähden. Siinä pyöränvarsi on alimmassa asennossa.



Kuva 3. Uusi pyöränvarsi taitoksella on kuvattuna vihreänä. Oranssi kuvaa hydraulisylinteriä. Nollat ovat kiinnityspisteitä harvesterin rungossa. Hydraulimoottori tulee kiinni varren alosaan.

Uuden pyöränvarren tukireaktiot laskettiin Abaqus CAE-lujuusmitoitusohjelmiston avulla kahdessa dimensiossa sauvaelementeillä. Tulokset ovat esitettynä taulukossa 2. Kuvassa 4 näkyvät sauvaelementtien tukireaktiot uuden pyöränvarren ollessa yläasennossa, kun voimana käytettiin harvesterin alustan massaa kuormattuna.



Kuva 4. Pyöränvarsi yläasennossa ja hydraulisynterierin ollessaan lyhyimmillään. Punaiset nuolet kuvaavat tukireaktioiden resultantteja. Abaqus-ohjelma korostaa voimien aiheuttamia siirtymiä, jotka jäivät alle millimetrin kymmenyksen.

Hydraulisynterieri on mallinnettu sylinterin männän paksuiseksi pyörötangoksi ja rengaspuomi neliöprofiiliksi. Staattisessa tilanteessa saatiin noin 11 % pienemmät tukireaktiot liukulaakerille yläasennossa kuin edellisissä versioissa, taulukko 2. Tämä johtuu edellisten versioiden pyöränvarsien hydraulisynterierien kiinnityspisteiden sijainneista. Hydraulisynterierin rungon kiinnityspisteessä tukivoimat vähenivät 3 %. Ala-asennossa tukireaktiot kasvaisivat 13 % ja 3 %. Keskiasennossa voimat olisivat suunnilleen samat kuin alkuperäisessä kokoonpanossa.

Taulukko 2. Uuden pyöränvarren tukireaktiot sekä muutokset harvesterin toiseen versioon verrattuna.

Asento	Laakeri (kN)	Sylinteri (kN)	Muutos	
			Laakeri	Sylinteri
Ala-asento	11,01	25,39	-13 %	-3 %
Keskiasento	14,77	27,31	1 %	0 %
Yläasento	16,45	27,04	11 %	3 %

Taitetussa pyöränvarressa taivutusjännitys kasvaa taitoksen kohdalla. Estettä ylittäessä tai nostopuomia käytettäessä taivutusjännitys voi hetkellisesti nousta suureksi. Taitoksen sisäkulmaan laitetaan kolmiotuet, jotka kasvattavat heikoimman kohdan reunaetäisyyksiä [1, s. 93] ja täten tukevat taitosta. Kolmiotuet estävät taivutusjännityksestä mahdollisesti syntyviä rasitusvaurioita ja nostavat pyöränvarren varmuuskerrointa. Kolmiotuet myös loiventavat pyöränvarren sisäkulmaa, jolloin se ei ole niin altis kiinnijäämiselle maastoon.

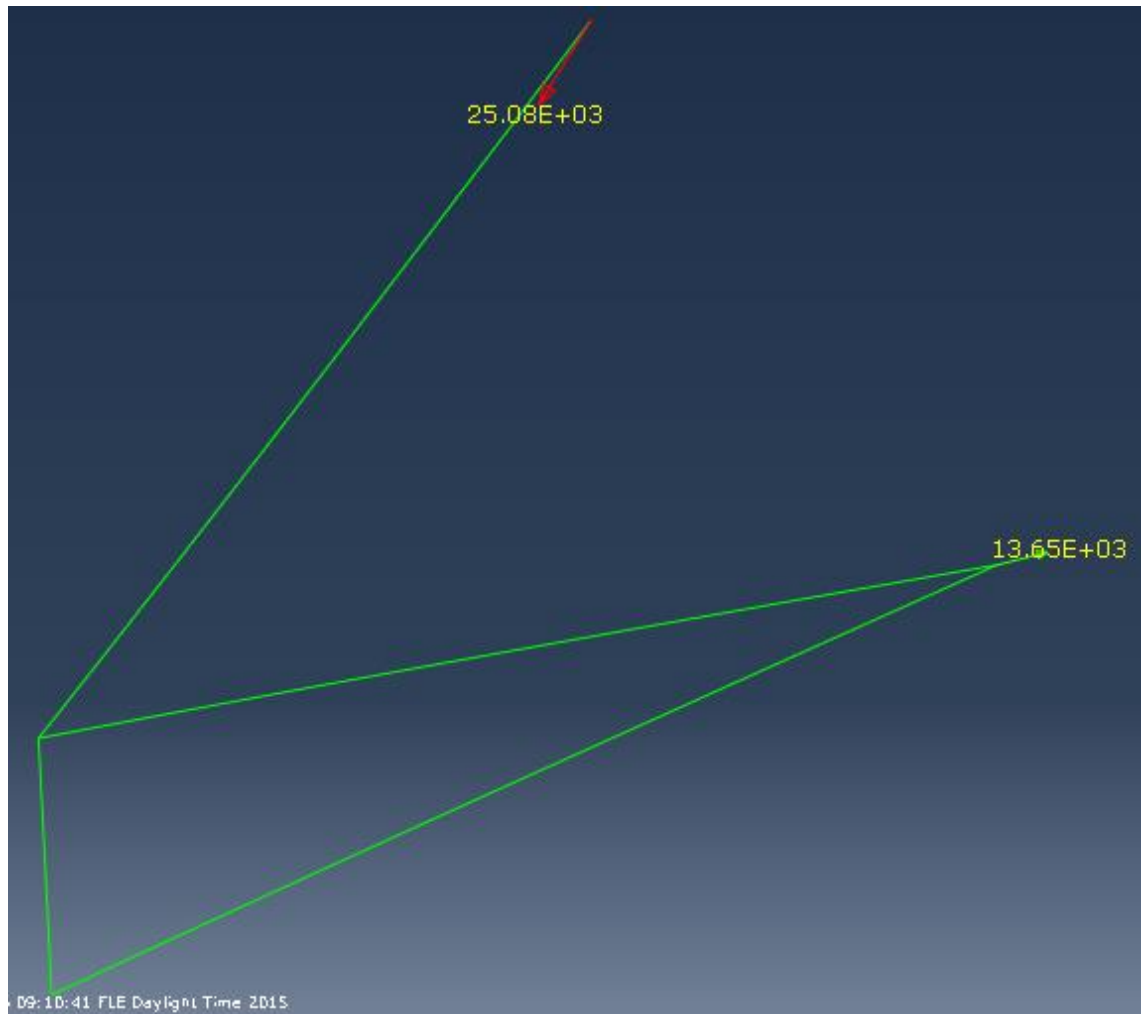
Pyöränvarteen sijoitetaan hydraulimoottorin taakse huoltoluukku. Huoltoluukusta saadaan tarvittaessa tarkistettua tai irrotettua hydraulimoottorin ohivuotoletku sekä hydraulinen jarruliitäntä. Huoltoluukku helpottaa myös rengasmoottorin asentamista sekä irrottamista.

### 2.2.2 Moottorin päältä tuettu malli

Tässä mallissa jätetään edellä mainitun taitetun mallin polvi pois. Pyöränvarren pituus olisi sama kuin alkuperäisessä versiossa. Hydraulisyylinteri kiinnitettäisiin suoraan hydraulimoottorin päälle, kun pyöränvarren liike on puolivälissä joustoa, kuten kuvassa 5 on näytetty. Tällä tavoin saadaan 8 % pienemmät tukivoimat laakerille, sekä hydraulisyylinterille pyöränvarren ollessa jouston keskiasennossa, taulukko 3. Tämä ratkaisu vähentäisi rakenteellisia muutoksia pyöränvarteen ja olisi mahdollista tehdä myös jo käytössä oleville metsäkoneille.

Taulukko 3. Moottorin päältä tuetun mallin tukireaktiot sekä niiden muutokset harvesterin toiseen versioon verrattuna.

Asento	Laakeri (kN)	Sylinteri (kN)	Muutos	
			Laakeri	Sylinteri
Ala-asento	9,23	22,73	5 %	8 %
Keskiasento	13,65	25,08	8 %	8 %
Yläasento	21,05	27,08	-15 %	3 %



Kuva 5. Ilman taitosta olevan pyöränvarren tukireaktiot keskiasennossa.

Moottorin päältä tuetun mallin tukireaktiot vähenisivät 5–8 %, paitsi yläasennossa, jossa laakerille tuleva voima kasvaisi 15 %. Laakerin akselin rikkoutumisen välttämiseksi jousto täysin yläasentoon pitäisi minimoida.

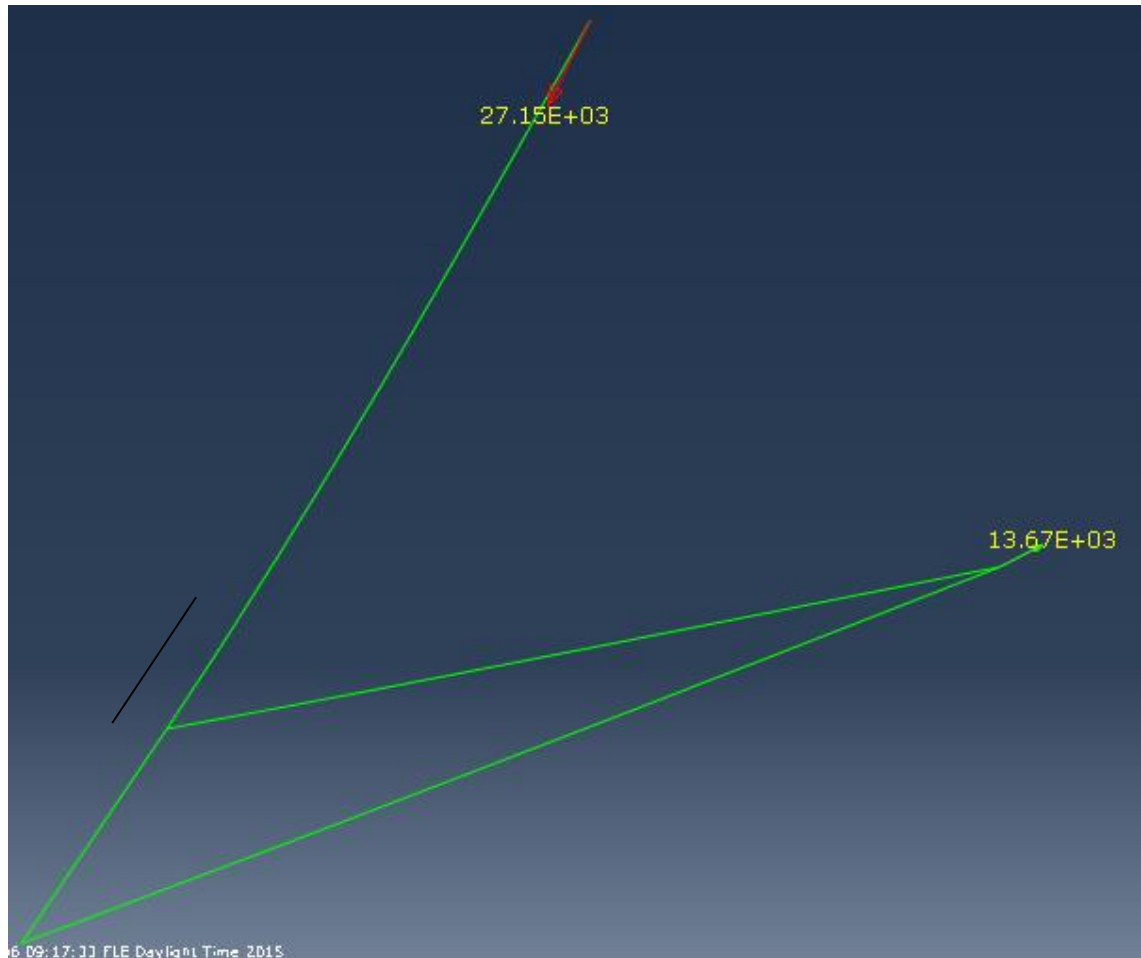
### 2.2.3 Yhdistetty malli

Yhdistetyssä mallissa hydraulisylinterin kiinnitys siirretään pyöränvarressa hydraulimoottorin ulkopuolelta rungon sisäpuolelle. Etäisyys pidetään samana hydraulimoottorista kuin alkuperäisessä kokoonpanossa.

Tässä muodossa tukireaktiot pysyvät lähellä harvesterin toisen version tukireaktioita, taulukko 4. Kuvassa 6 on esitetty tukireaktiot korjatussa muodossa pyöränvarren keskiasennossa.

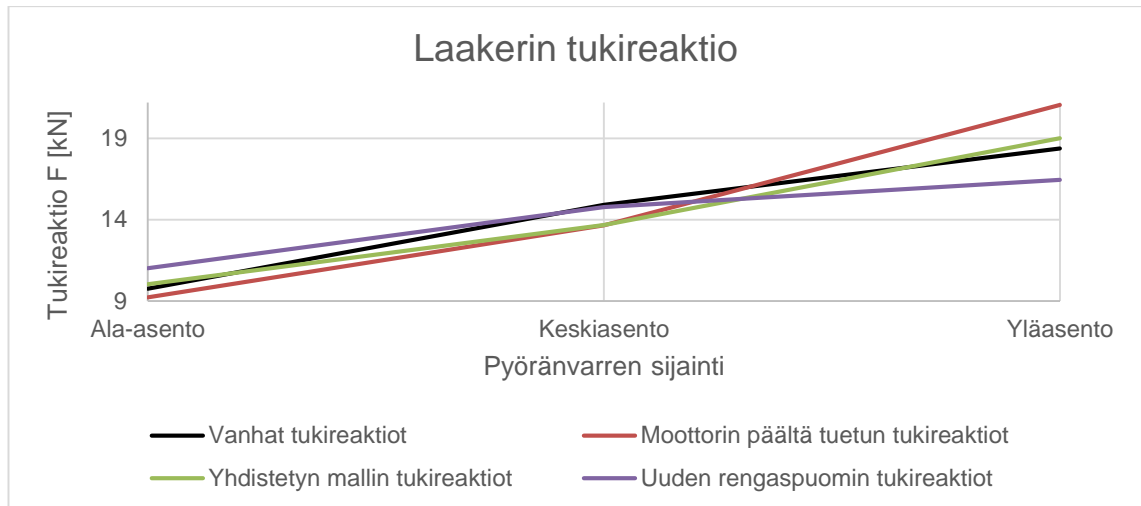
Taulukko 4. Yhdistetyn mallin tukireaktiot sekä niiden muutokset harvesterin toiseen versioon verrattuna.

Asento	Laakeri (kN)	Sylinteri (kN)	Muutos	
			Laakeri	Sylinteri
Ala-asento	10,02	25,37	3 %	3 %
Keskiasento	13,67	27,15	-8 %	-1 %
Yläasento	19	27,71	3 %	-1 %



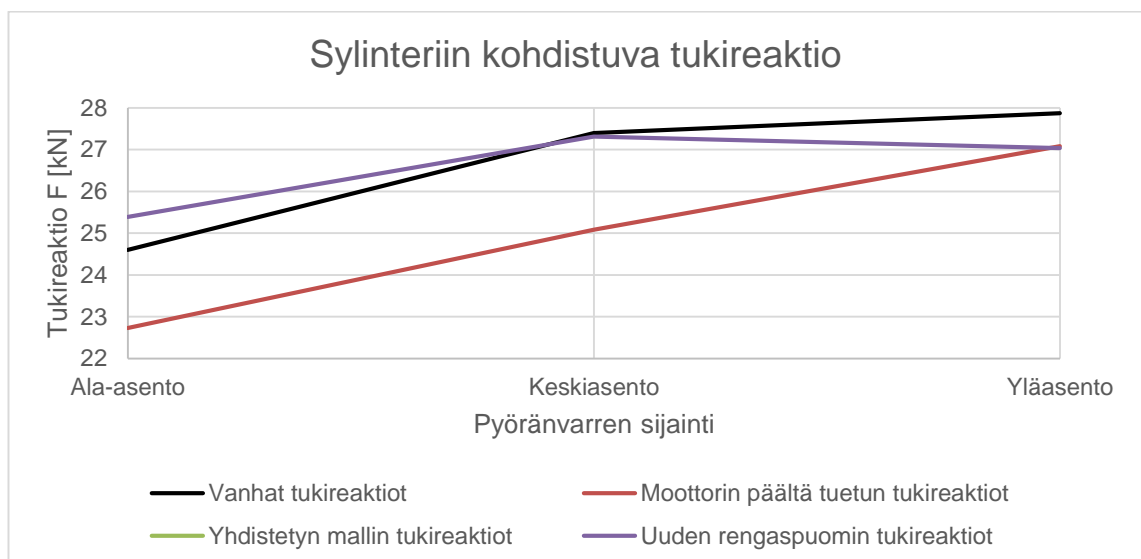
Kuva 6. Pyöränvarsi keskiasennossa korjatussa mallissa. Nuolet kuvaavat tukireaktioiden resultantteja. Musta viiva havainnollistaa samansuuntaisia rakennelmia.

Kuvassa 7 on toisen kappaleen taulukoista piirretty kuvaaja laakeriin kohdistuvista voimista eri malleilla.



Kuva 7. Laakerilla vaikuttavat tukireaktiot eri malleilla

Kuvassa 8 on yhteenveto taulukoiden 1–4 sylinteriin kohdistuvista tukireaktioista.



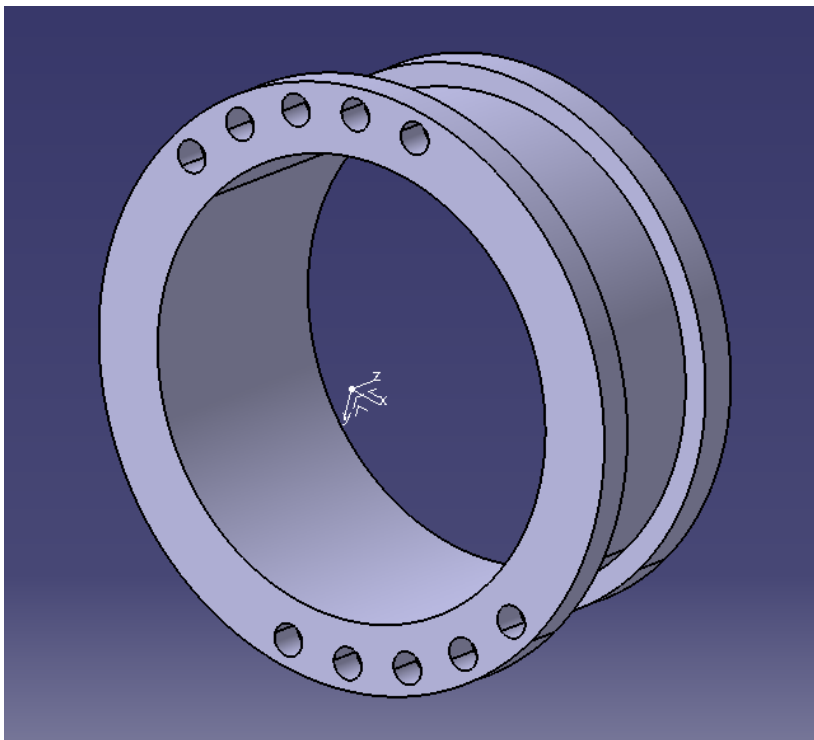
Kuva 8. Sylinterin päässä vaikuttavat tukireaktiot eri malleilla.

### 2.3 Hydraulimoottorin uudelleensuunniteltu kiinnitys

Harvesterin uuteen versioon asennetaan uudenlaiset Bosch Rexroth MCR10F 2W B5- hydraulimoottorit. Uudessa Boschin hydraulimoottorissa on kaksi ajonopeutta [2]. Tämä muuttaa hydraulimoottorin kiinnitystä sekä hydraulimoottorin rummun kokoa. Hydrauli-

mootoreissa on jarrut, jotka tarvitsevat hydraulilinjan. Uuteen pyöränvarteen suunnitellaan uusi rumpu Boschin moottorille sekä riittävä tila pyöränvarren sisälle hydraulimoottorille sekä hydrauliletkuille. Tekniset piirustukset uudesta Boschin hydraulimoottorimallista löytyvät liitteestä 1.

Hydraulimoottorin asennushalkaisija pyöränvarteen on 253 mm, ja kiinnitys tapahtuu kymmenellä M18x1,5-ruuvilla ja tasakantamuttereilla (kuva 9). Pulttien jakohalkaisija on 300 mm. Rummun ulkohalkaisija määräytyy koneen osien suunnittelun perusteella [3, s. 224], jolloin ruuvien pienin reunaetäisyys on vähintään ainevahvuuden verran. Rummun ulkohalkaisijaksi tulee tällöin 340 mm.



Kuva 9. Hydraulimoottorin kiinnitys tapahtuu kuvan kymmenestä reiästä M18x1,5-ruuvilla. Kuvan rummun takaosa hitsataan kiinni pyöränvarteen.

Hydraulimoottorin rumpu hitsataan kiinni pyöränvarteen. Rummun pyöränvarren puolelle jätetään materiaalia tukevaa hitsausta varten. Tukirengas upotetaan pyöränvarteen halkaisijaltaan 149,5 mm tehtyyn reikään.

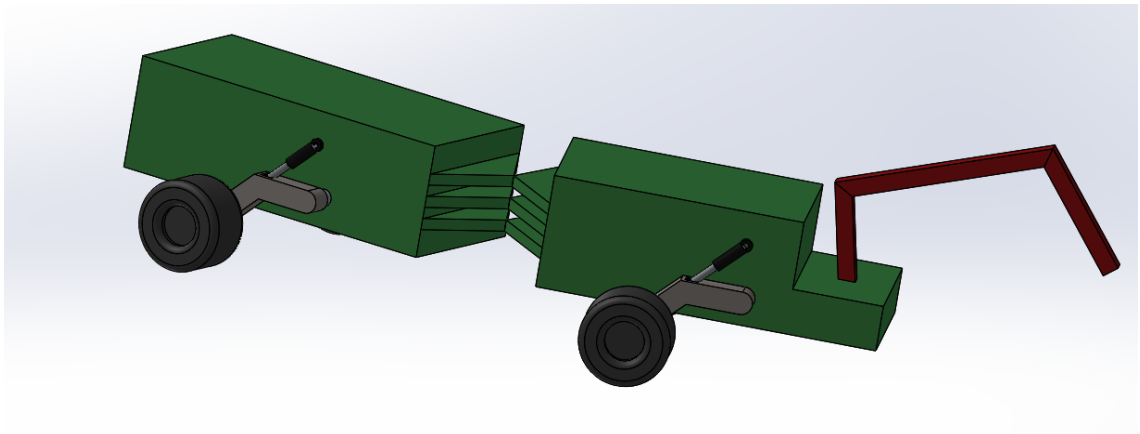


### 3 Eturungon pyöränvarsien kääntäminen ajosuuntaan päin

Harvesterin versioissa 1–3 kaikki 4 pyöränvartta osoittavat taaksepäin ajosuunnasta. Tässä osiossa on tarkasteltu tilannetta, jossa harvesterin eturungon pyöränvarret osoittavat ajosuuntaa kohti. Suunnittelussa käytettiin hyväksi Dassault Systemsin Solidworks premium 2015 3D-mallinnusohjelmistoa.

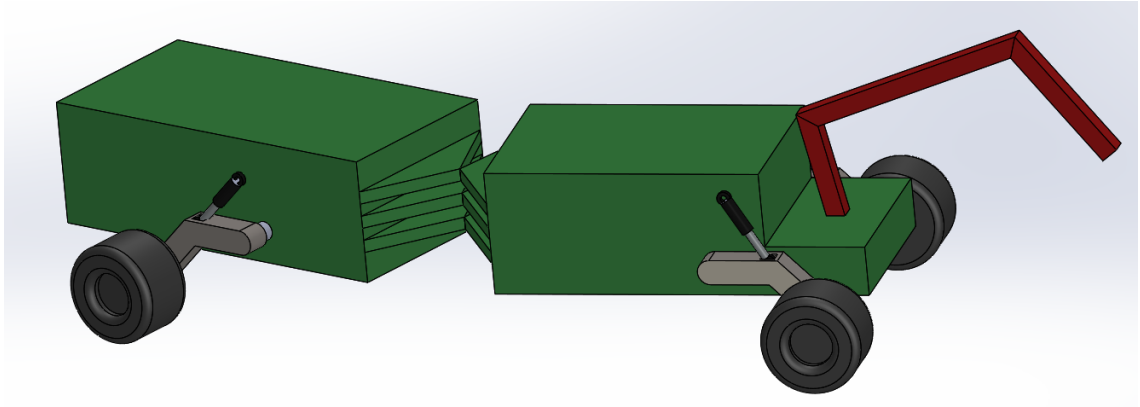
#### 3.1 Alustan tasapaino

Pyöränvarsien kääntö osoittamaan ajosuuntaan tuo etuina etupään vakauden, nostopuomin vakauden sekä akselivälin pitenemisen. Edellisten versioiden akselien sijainnit näkyvät kuvassa 10. Käännettyinä pyöränvarret siirtävät etuakselia ja samalla koko harvesterin eteen suuntautuvaa tukea eteenpäin, jolloin nostopuomilla voidaan nostaa ja siirtää raskaampia kuormia harvesterin takaosan kuitenkin nousematta maastosta.



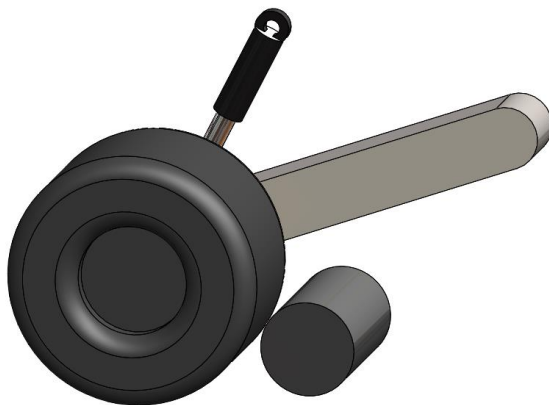
Kuva 10. Nykyinen rakenne. Harvesterin versioiden 1–3 etu- ja taka-akselien sijainnit. Punainen nostopuomi on harvesterin eturungossa.

Eturenkaat toimivat tällöin maahan asetettavien tukivarsien tapaan ja tukevat alustaa enemmän, kuten kuva 11 osoittaa. Nostopuomin heiluminen vähentyy alustan tukevoiduttua.



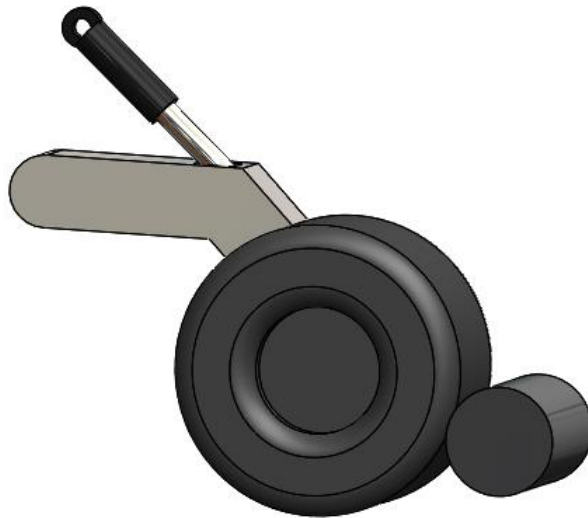
Kuva 11. Etuakseli on siirtynyt tukivarsien käännön myötä lähemmäksi punaisella värjättyä nostopuomia.

Harvesterin eturungon pyöränvarsien kääntäminen muuttaa esteiden ylittämisen hieman hankalammaksi. Kuva 12 näyttää, miten esteen ylitys tapahtuu ilman pyöränvarren kääntämistä.



Kuva 12. Kääntämätön pyöränvarsi. Rengas nousee esteen tullessa eteen.

Esteiden ylittämisen vaikeus pyöränvarsi käännettynä on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Uusi pyöränvarsi käännettynä ajosuuntaan päin osoittavaksi. Vihreä kuvaa pyöränvartta ja sininen hydraulisylinteriä.

Pystysuuntainen voima kohdistuu tässä hydraulisylinlerin kiinnitykseen. Vaakasuuntainen voima kohdistuu pyöränvarren laakerointiin. Ajon aikana kuljettaja voi nostaa pyöränvarsia esteen ylitysvaiheessa tai vaihtoehtoisesti automaation avulla. Tämä tasoittaa harvesterin liikkumista ja alustan kulkemista vaakatasossa.

Harvesterin eturungon pyöränvarsien kääntäminen muuttaa akseliväliä suuremmaksi. Akselivälin muuttaminen muuttaa jonkin verran runko-ohjautuvan alustan kääntösädettä. Akselivälin suuretessa myös kääntösäde kasvaa. Tämä heikentää harvesterin ketteryyttä. Tilannetta voidaan korjata ohjauskulman kasvattamisella. Ohjauskulman kasvattaminen ei lisää harvesterin alustan huteruutta, koska koneen tukiala lisääntyy akselivälin kasvattamisella harvesteria käännettäessä. Huomioitavaa on kuitenkin mahdollisen nostopuomin asento ja sen osoitussuunta harvesteria käännettäessä, jotta painopiste tulee pysymään tukialalla.

Kuvan 11 tapauksessa harvesterirungon etuakselin sijainti ei ole enää symmetrinen taka-akselin kanssa kääntönivelen etäisyyden suhteen. Tämä aiheuttaa haritusta käännettäessä harvesteria ajon aikana. Takarenkaat eivät tule kulkemaan samalla kääntösäteellä kuin eturenkaat. Seurauksena harituksesta etu- ja takarenkaat eivät kulje samoissa urissa. Tämä on etu metsäkäytössä, kun harvesterin paino tulee jakautumaan

tasaisemmin maastoon. Silloin maastoon ei jää niin näkyviä ajouria käänöksissä. Toisaalta tilanteesta riippuen takarenkaat eivät saa yhtä hyvää pitoa kuin eturenkaiden painamasta maasta tai lumesta.

Harvesterin takarunko painottuu noin 60-prosenttisesti taaksepäin. Moottori sijaitsee hie-man akselin etupuolella ja polttonestesäiliö sekä hydraulioöljysäiliöt sijaitsevat takapuskurissa. Tämä mahdollistaa nostopuomin kapasiteetin kasvattamisen esimerkiksi raskaammille työkoneille. Harvesterin eturunko on etupainoinen, joten mahdollisen nostopuomin pitkät liikevarat tarvitsisivat tukivarret tai etuakselin siirtämistä eteenpäin. Tämä puoltaisi harvesterin eturungon pyöränvarsien kääntämistä ajosuuntaan.

Optimitilanne kääntönivelelle on, että molemmat rungot ovat tasapainossa. Tällöin nivellelle ei kohdistu leikkausvoimaa staattisessa tilanteessa. Harvesterin takarunko on takapainoinen, joten se kohdistaa kääntöniveleen nostavan voiman. Samoin harvesterin eturunko pyöränvarsien käännön jälkeen on etupainoinen, joten sekin kohdistaa nivelleen nostavan voiman. Tämä aiheuttaa nivelessä olevaan keskiakseliin leikkausvoimaa.

### 3.2 Pyöränvarsien monikäyttöisyys

Ajatus pyöränvarren, sen hydraulisyylinterin sekä hydrauliletkujen muuttamisesta yhdeksi elementiksi mahdollistaisi erilaisia variaatioita harvesterin käytöstä. Elementtien tarkoitus on yksinkertaistaa pyöränvarret, niiden hydraulisyylinterit sekä hydrauliletkut yhdeksi kokonaisuudeksi. Elementti voidaan kiinnittää harvesterin runkoon haluttuun kohtaan mahdollisine säätöominaisuuksineen. Tällöin saadaan mahdollisuus esimerkiksi nostaa tai laskea maavaraliikkuvuuden asemaa. Myös etu- ja taka-akseleiden sijaintia sekä pyöränvarsien kätisyyttä eteen tai taakse osoittaviksi pystytään säätämään tarpeen mukaan. Esimerkiksi jos käytetään raskasta nostopuomia maastossa, tarvitaan etupyörien tuki mahdollisimman lähelle harvesterirungon etupuskuria ja maavaraa maaston esteiden ylitukseen. Toisaalta jos harvesterirunkoa käytetään raskaalla lavalla tasaisessa maastossa, akselit täytyy sijoittaa mahdollisimman keskelle etu- ja takarunkoja tasaisen painojakauman saamiseksi ja siten rasitusten pienentämiseksi. Tällöin myös maavara voidaan jättää pienemmäksi ja painopiste lasketaan mahdollisimman alas.

Elementit suunnitellaan symmetrisiksi tuotannon tehostamiseksi sekä asennuksen helpottamiseksi. Symmetrisiä elementtejä tarvitaan sekä vasen- että oikeakätisiä, jotta pyöränvarren kätisyyttä voidaan vaihtaa. Rungon kiinnitysten pitää olla myös symmetrisiä. Nämä lisäävät mahdollisia valmistuskustannuksia.

#### 4 Hydrauliletkujen suojaus

Tämä osio käsittelee hydrauliletkujen suojausta. Edellisissä versioissa hydrauliletkut kulkevat pyöränvarren sisällä ja tulevat ulos pyöränvarresta varren päältä hieman ennen liukulaakeria kuten kuvassa 14 näytetään. Harvesterin leikkuripään karsimat risut, oksat ja toisiaan vasten hiertyneet hydrauliletkut ovat aiheuttaneet vaurioita hydrauliletkuille. Rikkoutuneet letkut aiheuttavat toimintaongelmia pyöränvarsien liikkeissä sekä ajomoottoreiden ja jarrujen toiminnassa. Kun hydrauliletkut viedään koneen rungon sisälle, ne pitää suojata hiertymiltä ja fyysisiltä iskuilta. Paras suoja hydrauliletkuille on pyöränvarsi itse. Vaikeutena on tuoda hydrauliletkut varren sisältä koneen rungon sisäpuolelle.



Kuva 14. Hydrauliletkujen vienti pyöränvarteen.

Ensimmäinen vaihtoehto on lisätä pyöränvarteen rakenne, joka suojaa hydrauliletkuja ulostulokohdalla ulkoisilta vaaratekijöiltä sekä hiertymiltä. Pyöränvarren ja harvesterin rungon väliin voidaan myös suunnitella teräsputki, josta letkut tulevat suoraan pyöränvarren sisältä harvesterin rungon sisäpuolelle. Putki ei saa osua pyöränvartta ohjaavaan hydraulisynteriin eikä se saa läpivientiosuudella osua tai läpäistä koneen runkopalkkia. Putkeen tulee tehdä koneen käyttömaastosta irtoavan aineksen estävät tulpat tai mahdollisen irtoavan aineksen tyhjennysreiät. Irtoaines voi vaurioittaa tai aiheuttaa hiertymiä hydrauliletkuihin. Putki on kiinteästi kiinnitettynä pyöränvarteen, ja se liikkuu pyöränvarren liikkuesssa. Mahdollisesti paras sijoituspaikka olisi mahdollisimman lähellä tukilaakeria päälipuolella taitettuna 90 asteen kulmassa harvesterin runkoa kohti. Ongelmaksi koituu pyöränvarren jouston mahdollinen rajoittuminen suojarakennelman takia. Suojarakennelman valmistaminen maksaa eniten näistä vaihtoehdoista ja on myös vaikein toteutettava.

Toinen vaihtoehto suojaamiseen on laittaa letkujen päälle suojaava haitariremmi. Haitariremmin pitää olla tällöin vahvaa materiaalia ja tarpeeksi tiheä suojaamaan hydrauliletkuja ulkoisilta osumilta sekä sisäpuolisilta nirhaumilta. Tämä vaihtoehto on edullisin ja helpoin toteuttaa.

Kolmantena vaihtoehtona on yhdistää edellä mainittuja tapoja. Nykyiseen hydrauliletkujen ulostulokohtaan pyöränvarren päälle asennetaan suojaputki suojaamaan hydrauliletkujen taitoskohtaa. Putki voisi olla vain 90 asteen mutka pyöränvarren laakeroinnin kohdalla. Tämän lisäksi hydrauliletkut suojataan nirhaumilta haitariremmillä putken sisällä. Letkujen suojaamaton alue saadaan mahdollisimman vähäiseksi. Yhdistelmä-rakennelma on suhteellisen edullinen ja helposti toteutettavissa. Se on myös mahdollista toteuttaa jo olemassa oleviin harvestereihin.

## 5 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää kauko-ohjatun metsäharvesterin pyöränvarsia. Harvesterin edellisissä versioissa oli havaittu rasisurmutumia pyöränvarsien kiinnityskohdissa. Näitä murumia halutaan välttää seuraavissa harvesterin versioissa. Harvesterin pyöränvarsi on pienimmällä rasisurmutuksella kuvien 7 ja 8 perusteella hydraulimootorin päältä tuetussa mallissa. Pienemmät rasisurmutukset vähentävät vaurioita rakenteissa. Tätä mallia kannattaa kehittää vielä eteenpäin, mutta rasisurmutukset tulevat vähenemään jo hydraulisylinterin kiinnityspisteen siirrolla.

Runkorakenteen kestävyuden takaamiseksi pyöränvarsia ei kannata kääntää eteen osoittaviksi. Erilliset kääntösäteet etu- ja taka-akselilla aiheuttavat epätasapainoa ajon sekä tasapainon suhteen. Myös runkojen välissä olevan kääntöakselin rasittuminen ei tue pyöränvarsien kääntämistä.

Hydrauliletkujen suojaus on tärkeä osa harvesterin toimintavarmuutta. Suojarakenteen lisääminen harvesterin etuosaan tuo lisäsuojaa jo toiminnassa oleviinkin harvestereihin. Se suojaa suorilta iskuilta, ja letkujen ympärille asennettava muovinen spiraalisuojaus vähentää hiertymien syntymistä hydrauliletkuihin.

## Lähteet

1. Karhunen, Jouko ym. 2006. Lujuusoppi. Espoo: Otatieto.
2. Bosch Rexroth Oy. 2015. Radian Piston Motor, verkkodokumentti. Saatavissa: <[http://www.boschrexroth-us.com/country\\_units/america/united\\_states/sub\\_websites/brus\\_brh\\_m/en/products\\_mobile\\_hydraulics/3\\_radial\\_piston\\_motors/\\_a\\_downloads/re15207\\_2010-07.pdf](http://www.boschrexroth-us.com/country_units/america/united_states/sub_websites/brus_brh_m/en/products_mobile_hydraulics/3_radial_piston_motors/_a_downloads/re15207_2010-07.pdf)> Viittauspäivä 4.5.2015.
3. Airila, Mauri ym. 2010. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: WSOYpro Oy.
4. Tekniikan kaavasto. 2008. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

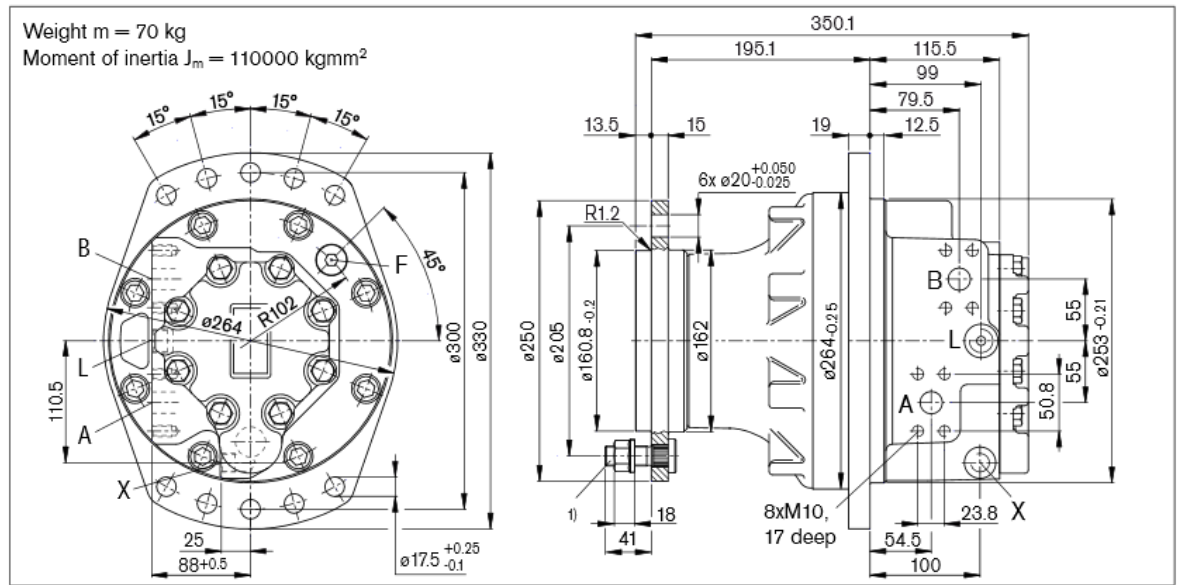


## Hydraulimoottorin tekniset tiedot

Tämä liite sisältää Bosch Rexroth MCR10F 2W B5 hydraulimoottorin asennusmitat (kuva 1).

### Flanged rear housing, flanged drive shaft, two speed (2W)

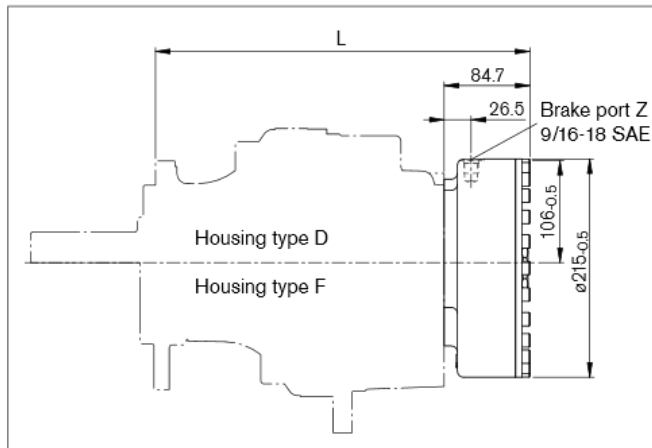
Ordering code: "MCR10F...F250Z-32/A0.2WL/42./..."



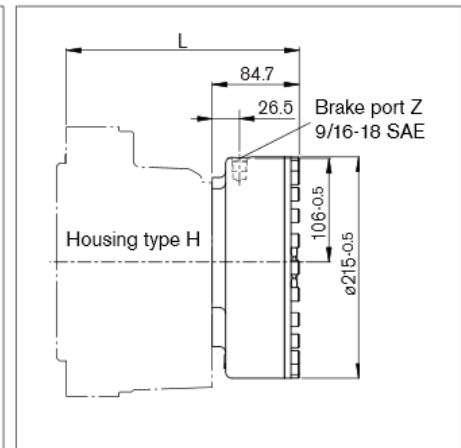
Kuva 1. Hydraulimoottorin tekniset mitat [4].

Bosch valmistaa moottoria sekä jarruilla että ilman. Jarrullisen version mitat poikkeavat hieman edellisestä, ja kuvassa 2 on jarrun poikkeukset huomioitu.

**Holding Brake (multi-disc brake): ordering code "B5"**



Housing type	Single speed (1)	Two speed (2W)
	L	L
D	343.2	368.2
F	370.3	395.3



Housing type	Single speed (1)	Two speed (2W)
	L	L
H	226.2	251.2

Weight m = 19 kg

Kuva 2. Jarrullisen hydraulimoottorin tekniset mitat.