



Marko Laru

**KAIVUVARUSTUKSEN  
MAIMEEN**

**SUUNNITTELU**

**PUUTAVAKUOR-**

# **KAIVUVARUSTUKSEN SUUNNITTELU PUUTAVARAKUOR- MAIMEEN**

Marko Laru  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä: Marko Laru

Opinnäytetyön nimi: Kaivuvarustuksen suunnittelu puutavarakuormaimeen

Työn ohjaaja: Esa Kontio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 34 + 2 liitettä

---

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin kaivuvarustus Kesla 152 -puutavarakuormaimeen. Kaivuvarustus mahdollistaa puutavarakuormaimen käytön pieniin maanrakennus- ja kaivamistöihin. Työn tavoitteena oli suunnitella, mallintaa, tehdä valmistuspiirustukset ja laatia kustannusarvio puutavarakuormaimeen kiinnitettävästä kaivuvarustuksen rakennekokonaisuudesta. Kaivuvarustuksen rakenteen tuli olla mahdollisimman kevyt, mutta silti kestävä.

Työn teoriaosassa perehdyttiin ultralujien rakenneterästen ominaisuuksiin ja käyttökohteisiin koneenrakennuksessa, jotta kaivuvarustuksen osien materiaali- valinta helpottuisi. Suunnittelutyö aloitettiin vertailemalla ja tutkimalla jo olemassa olevia puutavarakuormaimiin saatavia kaivuvarustuksia. Mekaniikkasuunnittelussa perehdyttiin kaivuvarustuksen eri osakokoonpanojen suunnitteluun. Rakenteen liikuttamiseen määritettiin oikeankokoiset hydraulikkasyylinterit. Liikkuviin niveliin valittiin sopiva laakerointi. Rakenteen lujuustarkastelu suoritettiin tekemällä lujuusanalyysi kahdelle eri levyosalle. Kaivuvarustuksen kustannusarvio laadittiin materiaaleista, komponenteista ja tarvikkeista. Osien mallinnus ja lujuusanalyysit suoritettiin SolidWorks 3D -ohjelmistolla.

Työn tuloksena on käyttövalmis suunnitelma kaivuvarustuksen valmistamiseksi. Se sisältää työpiirustukset, CAD-mallit sekä kustannusarvion. Kaivuvarustukseen suunniteltiin kauhan sivuttaiskallistus, joka lisää kaivuvarustuksen käytettävyyttä. Työssä suoritetun kustannusarvion mukaan kyseinen laite on mahdollista valmistaa edullisesti verrattuna tehdasvalmisteisiin kaivureihin tai kaivuvarustuksiin. Kaivuvarustuksesta tullaan tilaajan toimesta valmistamaan prototyyppi.

---

Asiasanat: mekaniikkasuunnittelu, koneensuunnittelu, kaivinkoneet, 3D-mallinnus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 ULTRALUJAT TERÄKSET	6
2.1 Ultralujat Weldom-rakenneteräket	6
2.2 Ultralujat Optim QC -rakenneteräket	7
2.3 Ultralujien terästen käytöllä saavutettavat hyödyt	8
2.4 Ultralujien terästen käytön haitat ja haasteet	10
2.5 Ultralujat teräket tulevaisuudessa	11
3 KAIVUVARUSTUKSEN SUUNNITTELU	14
4 MEKANIKKASUUNNITTELU	17
4.1 Kaivuvarustuksen kiinnitys	17
4.2 Laajakulmanivel	17
4.3 Kauhan kallistus	18
4.4 Kaatosylinterin kiinnitys	19
4.5 Kauhan kiinnitys	20
4.6 Kaivuvarustus kokoonpano	21
5 HYDRAULIIKKASUUNNITTELU	23
6 MATERIAALIVALINTA	25
7 KOMPONENTTIVALINTA	26
8 LUJUUSTARKASTELU	27
9 KUSTANNUSARVIO	30
10 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 WB802-liukulaakeriesite	
Liite 3 Kokoonpanopiirustus kaivuvarustuksesta	

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kaivuvarustuksen suunnittelu Kesla 152 -puutavarakuormaimeen. Työn tilaaja on yksityishenkilö. Työssä suunnitellaan traktorikäyttöiseen puutavarakuormaimeen soveltuva kaivuvarustus, joka voidaan tarvittaessa vaihtaa puutavarakouran tilalle.

Kaivuvarustus suunnitellaan, jotta puutavarakuormaimella voitaisiin tehdä myös pienet maanrakennus- ja kaivamistyöt. Puutavarakuormaimen puomistoa ei ole suunniteltu kaivamiseen, joten kyseessä on vain harrastekäyttöön soveltuva kaivuri. Kaivuvarustuksessa tulee olla kauhan sivuttaiskallistus, ja laitteen maksimipainoksi sovittiin 160 kg kauhan kanssa. Kaivuvarustukseen suunnitellaan myös salaoja- ja muotokauha.

Työn tavoitteena on kehittää valmis konsepti kaivuvarustuksen valmistamista varten. Laitteelle asetettuina tavoitteina on, että se on kevyt, kestävä ja toimiva.

Kaivuvarustuksesta valmistetaan työpiirustukset ja suoritetaan kriittisten kohtien lujuustarkastelu. SolidWorks 2012 -ohjelmistolla suoritetaan laitteen osien suunnittelu, mallinnus ja lujuustarkastelu.

## 2 ULTRALUJAT TERÄKSET

Teräkset voidaan luokitella monella eri tavalla. Teräkset voidaan jakaa käyttö-tarkoituksien mukaan rakenne-, työkalu- ja erikoisteräksiin. Luokitteluun voidaan käyttää myös metallurgiaan, lujuuteen tai muihin ominaisuuksiin perustuvia menetelmiä. Koneenrakennuksessa teräkset luokitellaan yleensä myötölujuuden mukaan. Terästen valmistajilla on useita keinoja kasvattaa teräksen lujuutta. Terästen lujuuteen voidaan vaikuttaa muun muassa valssaus-, jäähdytystekni-sillä keinoilla sekä lämpökäsittelyiden avulla. (1.)

Lujuuteen perustuvissa luokitteluissa käytetään yleensä teräsjärjestö World Steel Associationin autoteollisuuspohjaista luokittelua. Luokittelun mukaan pe-rusterästen myötöraja ( $R_{eH}$ ) on alle 210 MPa. Lujilla teräksillä sen sijaan myö-töraja on välillä 210 - 550 MPa. Ultralujat teräkset muodostavat ryhmän, jossa myötöraja on suurempi kuin 550 MPa (1). Ultralujat teräkset terminä käsittävät erittäin laajan skaalan eri myötölujuuden omaavia teräksiä. Ruukin valikoimasta löytyy muun muassa Optim 1500 QC -rakenneteräs, jonka murtolujuus on jopa 1 500 MPa. Kyseinen ultraluja teräs on toistaiseksi maailman lujin kuumavals-sattu rakenneteräs. (2.)

### 2.1 Ultralujat Weldox-rakenneteräket

Ruotsalaisen teräsvalmistajan SSAB:n valmistamien ultralujien terästen tuo-tesarjaan kuuluvat muun muassa Weldox 900, 960, 1100 ja 1300. Nimen nume-rotunnus kertoo teräslajin myötölujuuden vähimmäisarvon. Weldox-nimi viittaa hyvään hitsattavuuteen. (3, s. 77.) Weldox-rakenneteräksiä yhdistää korkea lujuus, hyvät työstöominaisuudet ja kohtuullinen kulumisen kestävyys. Korkeas-ta lujuudesta huolimatta teräksiä voidaan työstää perinteisillä konepajamene-telmillä. Kuitenkin joissakin tapauksissa teräs voi vaatia esilämmityksen ennen työstöä. Weldox-teräksiä käytetään muun muassa ajoneuvo (kuva 1), kaivos-, metsä-, kierrätys- ja energiateollisuudessa. (4.)



*KUVA 1. Nosturin puomi joka on valmistettu ultralujasta Weldom-rakenneteräksestä (5)*

## **2.2 Ultralujat Optim QC -rakenneteräkset**

Ruukki on yksi edelläkävijöistä erikoislujien rakenneterästen kehittämisessä ja tuotannossa. Yksi kehitysalueista on ollut erikoislujien Optim-rakenneterästen kehitys. Optim QC -rakenneteräs sarjaan kuuluu muun muassa Optim QC 900, 960, 1100 ja jo aiemmin mainittu 1500. Nimessä oleva numerotunnus kertoo teräslajin myötölujuuden vähimmäisarvon. Kirjaintunnus Q (quenching) tarkoittaa, että teräs on karkaistu ja kirjain C (cold-formable) tarkoittaa kylmämuovattavaksi soveltuvaa terästä. (6.)

Ruukin Optim QC tarjoaa korkeaa lujuutta, hyvää konepajakäsiteltävyyttä ja kohtuullista kulumiskestävyyttä. Optim-terästen erinomainen pinnanlaatu, mittojen ja muotojen tarkkuus sekä muiden ominaisuuksien tasaisuus ovat markkinoiden parhaimmista. Edellä mainittuja teräksiä käytetään muun muassa hyötyajoneuvojen runkorakenteissa (kuva 2), nosturien puomeissa ja kuormankäsit-

telylaitteissa. Ultralujat Optim QC -rakenneteräkset auttavat kehittämään erilaisen ajoneuvojen ja nostolaitteiden suorituskykyä entistä korkeammalle tasolle. Hitsattavilla rakenteilla teräksen esikuumennusta ei normaaleissa konepajaolosuhteissa tarvita, koska levyn paksuudet ovat alle 10 mm ja terästen hiiliekvivalenttiarvot kohtuullisia. (6.)



*KUVA 2. Optim QC 900 -rakenneteräksestä valmistettu laitasarja (7)*

### **2.3 Ultralujien terästen käytöllä saavutettavat hyödyt**

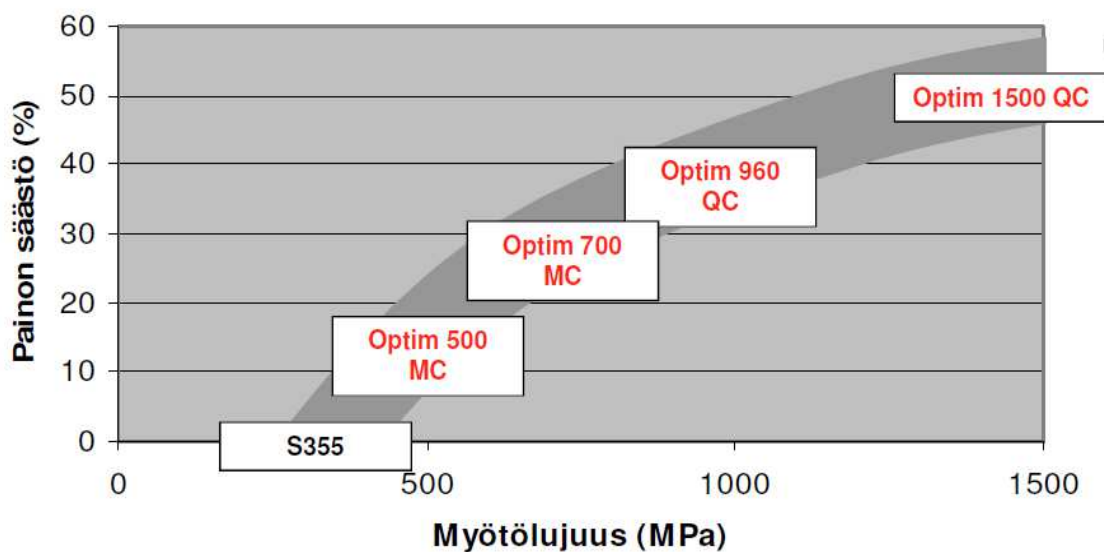
Ultralujien terästen käytön edut liittyvät korkean lujuuden myötä saavutettavaan laitteiden suurempaan tehokkuuteen ja kevyempien rakenteiden myötä aikaansaatavaan energian säästöön. Merkittävimpänä etuna voidaan erityisesti pitää mahdollisuutta suunnitella entistä keveämpiä rakenteita hyödyntämällä suurempaa myötölujuutta verrattuna tavallisiin rakenneteräslaatuihin. (2.)

Ultralujien terästen korkeamman myötölujuuden ansiosta laitteet voidaan suunnitella ohuemmasta teräksestä, jos laitteeseen kohdistuvat kuormitukset sen sallivat. Ultralujista teräksistä saadaan täysi hyöty, jos rakenteen kaikki kohdat



ovat yhtä suuren vetojännityksen alaisia. Edellä mainittuja rakenteita ovat muun muassa teräsköydet, paineastiat ja putkijohdot. (8, s. 48.)

Käyttämällä ohuempaa aineenpaksuutta materiaali-, valmistus- ja kuljetuskustannukset pienenevät. Lisäksi rakenne on yksinkertaisempi ja kokonaispaino vähenee (kuva 3). Materiaalikustannusten pienentyessä myös laitteen valmistuskustannukset pienenevät. Ohuemmalla levynpaksuudella hitsausrailon tilavuus jää pienemmäksi, jolloin hitsauslisäaineiden kulutus sekä hitsaustyön määrä vähenee. Kevyempien ja pienempien kappaleiden käsittely konepajoissa parantaa työn sujuvuutta ja pienentää myös tapaturmariskiä. (8, s. 63.)



KUVA 3. Rakenteiden ohentaminen ja painon säästö käyttämällä suurlujuusteräksiä (9)

Nykypäivänä suuri lujien teräksien loppukäyttäjä on nosto- ja kuljetusvälineetöllisyys, mukaan lukien hyötyajoneuvoteollisuus. Näiden teollisuudenalojen tuotteiden suunnittelussa tavoitellaan yhä useammin mahdollisimman pientä omapainoa ja suurta hyötykuormaa. Ultralujia teräksiä käyttämällä voidaan kasvattaa huomattavasti esimerkiksi henkilö- ja tavaranoistureiden hyötykuormaa. Ultralujien terästen käyttö mahdollistaa nostureissa alhaisemman omapainon, pidemmän puomin, suuremman hyötykuorman, ulottuvuuden ja käyttöturvallisuuden. Nosturin ulottuvuutta voidaan kasvattaa jopa 10 - 20 % ultralujien terästen avulla nosturin painon pysyessä samana. (10.)

Ajoneuvoteollisuudessa ultralujia teräksiä käytetään yhä enemmän rungon rakenteissa. Autot ovat aikaisempaa keveämpiä, jolloin ne kuluttavat vähemmän polttoainetta ja täten tuottavat vähemmän hiilidioksidipäästöjä. Hyötyajoneuvon kuormatila ja kuljetuskapasiteetti myös kasvaa auton omamassan pienemisen vuoksi (10). Useimmat tukkirekkalavojen pystytuet on valmistettu S355-rakenneteräksestä, ja yksi tuki painaa noin 200 kiloa. Ultralujasta teräksestä valmistetun tuen massa pienenee puoleen. Siten tukkirekan 20 keventynyttä tukea lisäävät peräti 2 000 kiloa kuljetuskapasiteettia. (11.)

## **2.4 Ultralujien terästen käytön haitat ja haasteet**

Ultralujilla teräksillä on paljon hyviä ominaisuuksia, mutta niiden käyttäminen ei ole täysin ongelmaton. Rakenteita suunniteltaessa tulee muistaa, että hiiliteräksen kimmomoduuli on noin 210 000 MPa teräksen lujuusluokasta riippumatta. Ohuempaa aineenpaksuutta käytettäessä myös teräksen lommahduksen, nurjahduksen ja siirtymien riski kasvaa. Myös aikaisempaa kevyempien ja joustavampien rakenteiden värähtelyominaisuudet poikkeavat suuremman ainepaksuuden omaavista rakenteista. Ultralujaa terästä käytettäessä rakenteet voidaan tehdä ohuemman ainepaksuuden teräksistä. Teräksen lujuuden kasvaessa voidaan käyttää ohuemman ainepaksuuden terästä ilman että rakenteen kestävyys huononisi. Ainepaksuuden ohentuessa rakenteessa sallittavien virheiden määrä pienenee ja rakenteen tarkastusvaatimukset kasvavat. Rakenteen tarkastusvaatimusten kasvaessa rakenteen valmistuksen kokonaiskustannukset kasvavat. (12.)

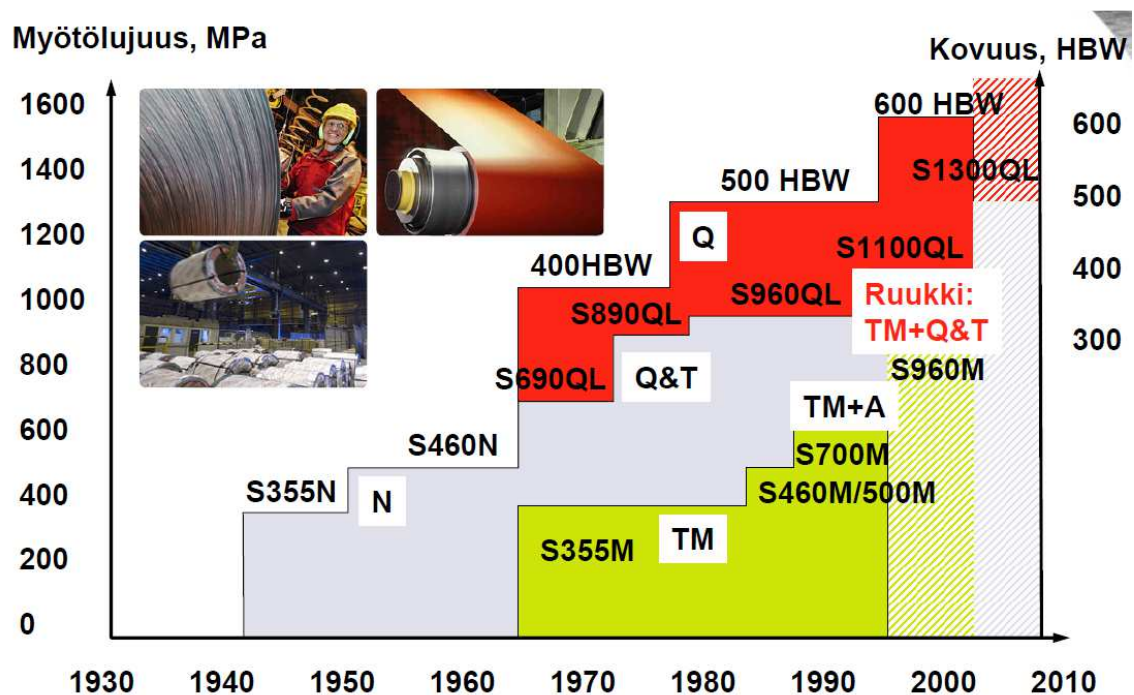
Ultralujien hitsattavien terästen käyttö lisääntyy koko ajan, joskin niiden hitsaus on kuitenkin paljon haastavampaa kuin tavallisten terästen. Hitsisauman kohdat on suunniteltava mahdollisuuksien mukaan niin, etteivät ne tule rakenteen rasitetuimpiin kohtiin. (3, s. 88.) Ultralujat teräkset tarvitsevat myös tavallista lujemmat lisäaineet hitsauksessa, jotta hitsisauma olisi yhtä luja hitsattavan teräksen perusaineen kanssa. Ultralujat teräkset valmistetaan yleensä karkaisemalla, joten hitsauksessa tapahtuvaan lämmöntuontiin tai esilämmitykseen on syytä kiinnittää huomiota. Ultralujien teräksien ominaisuudet voivat muuttua hitsauksen lämmön vaikutuksesta, joten turhaa lämmöntuontia tulee rajoittaa (6). Jokaisen teräslaadun hitsattavuus on erilainen, joten ultralujien terästen menes-

tyksellinen käyttö edellyttää teräksen valmistajan ohjeiden noudattamista. (3, s. 88)

Ultralujien terästen muovattavuus on haastavampaa kuin alhaisemman lujuusluokan teräksillä. Särmyksessä taivutussäde, takaisinjousto ja taivutusvoima ovat korkeamman lujuuden mukaisesti suuremmat kuin pehmeämmillä rakenne-teräksillä. Ultralujien terästen onnistunut muovattavuus edellyttää terästuotteen valmistajalta järeää konekantaa ja tarkkaa suunnittelua. Kuluneet työkalut, puutteellinen voitelu, levyn pintanaarmut sekä heikkolaatuiset leikkausreunat huonontavat muovauksen laatua. (6.)

## 2.5 Ultralujat teräkset tulevaisuudessa

Eri teollisuudenalat käyttävät yhä enemmän ultralujia teräksiä. Ultralujien terästen kehittämiseen panostetaan enemmän ja terästen myötölujuus (kuva 4) kasvaa. Lähitulevaisuudessa tullaan kehittämään jopa 2 000 Mpa myötölujuuden omaavia rakenneteräksiä (13). Ultralujien teräksien valmistusmenetelmien vaikiintuessa niiden hinta tulee myös laskemaan, mikä tulee lisäämään ultralujien terästen käyttöä.



KUVA 4. Terästen kehitys (14)

Auto- ja hyötyajoneuvoteollisuudessa ultralujien terästen käyttö tulee lisääntymään. Tulevaisuudessa kiinnitetään yhä enemmän huomiota ajoneuvojen polttoaineen kulutukseen. Kevyemmät ajoneuvot kuluttavat vähemmän polttoainetta ja hyötykuorman osuus kasvaa. Ajoneuvoista saadaan myös kevyempiä ja kestävämpiä käyttämällä ultralujia teräksiä kori- ja runkomateriaaleina. (10.)

Erilaisten nostureiden ja kuormankäsittelylaitteiden rakenteissa ultralujat teräkset kasvattavat koko ajan osuuttaan. Ultralujien terästen käyttöä nostureissa puoltaa suurempi ulottuvuus, suorituskky ja keveys. Nostolaitteissa lujemmat teräkset puolestaan mahdollistavat pidemmät puomit (kuva 5) ja suuremmat hyötykuormat. Nostureiden suorituskky kasvaa, koska ulottuvuutta saadaan lisää ilman, että puomin paino kasvaisi samassa suhteessa. (10.)

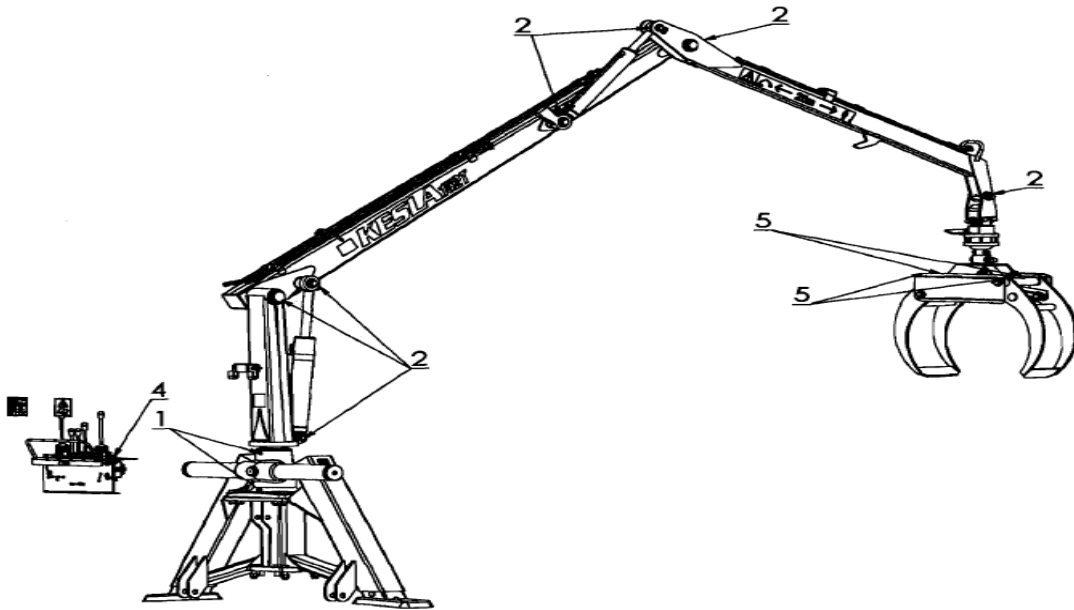


*KUVA 5. Nosturi yltää 122 metrin korkeuteen nostokorin kanssa (15)*

Tulevaisuudessa myös junavaunujen seinäelementit voivat olla ultralujasta teräksestä valmistettuja. Ultralujien terästen käytöllä ei menetetä vaunun seinärakenteen hyviä ominaisuuksia vaan säilytetään tarvittavat ominaisuudet turvallisuuden kannalta. Vaunujen alhaisemman painon vuoksi muun muassa raiteet kuluvat entistä vähemmän. Ultralujasta teräksestä valmistettujen vaunujen vetäminen kuluttaa myös vähemmän energiaa kuin tavallisten vaunujen vetäminen. (10.)

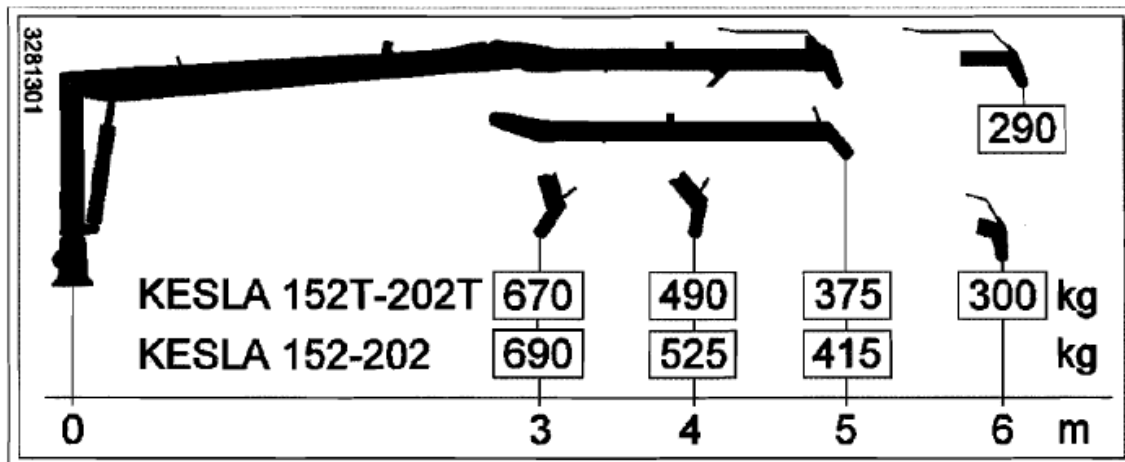
### 3 KAIVUVARUSTUKSEN SUUNNITTELU

Kaivuvarustuksen suunnittelun käyttölaitteena on puutavarakuormain Kesla 152 (kuva 6). Kaivuvarustus laajentaa kuormaimen käyttömahdollisuuksia ja tekee kuormaimesta pieniin maanmuokkaustöihin soveltuvan kaivurin.



KUVA 6. Kesla 152 -puutavarakuormain (16)

Kaivuvarustus suunniteltiin muutaman rakenteisiin ja ominaisuuksiin liittyvien vaatimusten mukaan. Kuormaimen maksimiulottuvuus on 5 m, jossa nostovoima on 415 kg (kuva 7). Maksimi nostovoimaa käytettiin apuna määriteltäessä kaivuvarustuksen ehdottomaksi maksimipainoksi 160 kg, joka sisältää myös kauhan painon. Vaatimuksena oli myös poikittaissuunnassa tapahtuva kauhan kallistus. Kaivuvarustuksen kiinnityksen puutavarakuormaimen puomiin täytyi myös olla yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Tämän lisäksi suunniteltiin sala-oja- ja muotokauha. Salaojakauha on tarkoitettu salaojien sekä kaapeli- ja putkiojien kaivamiseen. Muotokauhalla voidaan esimerkiksi kaivaa isoja oja tai lastata maa-ainesta.

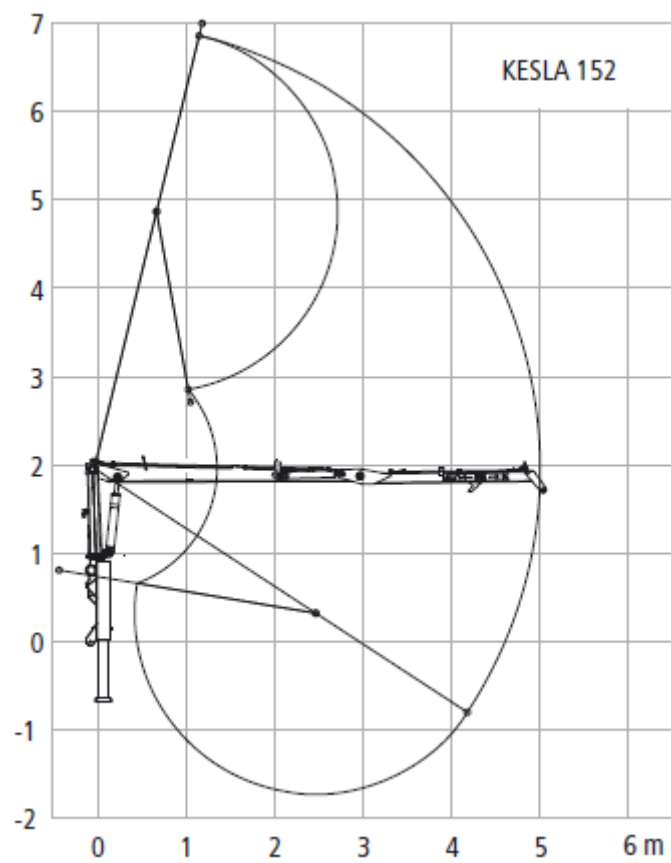


KUVA 7. Kesla 152 -puutavarakuormaimen ulottuvuus ja nostokyky (16)

Kaivuvarustus asennetaan kouran, rotaattorin ja riipukkeen tilalle. Riipuke on taittopuomissa kiinni yhdellä M24-kuusioruuvilla. Kaivuvarustus kiinnitetään kahden M24-kuusioruuvien avulla taittopuomiin. Taittopuomiin joudutaan poraamaan myös toinen kiinnitysreikä, koska siinä ei ole valmiina kuin yksi reikä. Taittopuomiin kiinnitetään neljällä M12-kuusioruuvilla panta, jossa on kiinnityskorvakkeet kauhan kaatosylinterin sylinterin puoleiselle korvakkeelle. Kaatosylinterin männänvarren korvake kiinnitetään laajakulmaniveleen.

Puutavarakuormaimen hydraulikkaa hyödynnetään kaivuvarustuksessa. Kouran kiinni-aukitoimintoon liittyvät hydraulikkaletkut kytketään kauhan kaatosylinterille. Rotaattorille menevät letkut kytketään kauhan sivuttaisen kallistuksen sylinterille. Puutavarakuormaimen venttiilipöydällä pystytään tällöin ohjamaan kauhaa ilman, että joudutaan tekemään muutoksia hydraulikkaventtiileihin.

Kaivuvarustuksella voidaan kaivaa 2 m syvyydeltä (kuva 8). Kaivutyö suoritetaan n. 2 - 4 metrin etäisyydellä pystypuomista. Puutavarakuormaimen puomi ei ole suunniteltu kaivamiseen, joten kaivettavan maan tulee olla helposti kaivettavaa. Kaivamistyössä puomiin kohdistuu paljon enemmän muun muassa iskuvoimaa, kuin perinteisessä puiden kuormaamistyössä. Kivikkoisessa tai muuten haastavassa maaperässä kaivuvarustuksella ei tule kaivaa, jotta vältetään kuormaimen rikkoontumiselta.



KUVA 8. Kesla 152 -puutavarakuormaimen liikerata (16)



## **4 MEKANIKKASUUNNITTELU**

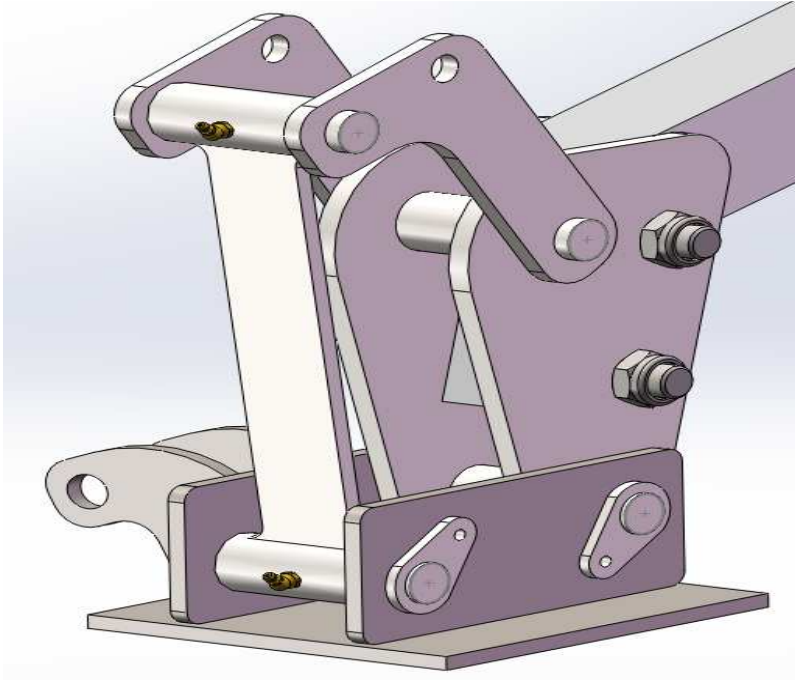
Projektin alussa päätettiin kaivuvarustuksen rakenteellisista ominaisuuksista. Kaivuvarustuksen tulisi kiinnittyä helposti ja nopeasti puutavarakuormaimen puomiin. Kauhassa tulee olla kallistus sekä sivuttaisessa että pitkittäisessä suunnassa. Kaivuvarustuksen paino kauhan kanssa tulee olla alle 160 kg. Laitteen mekaniikka suunniteltiin näiden vaatimusten pohjalta.

### **4.1 Kaivuvarustuksen kiinnitys**

Kaivuvarustuksen kiinnityksessä kuormaimen puomiin käytettiin apuna taittopuomissa valmiina olevaa 24 mm reikää. Taittopuomiin täytyy porata toinen 24 mm reikä, jotta kaivuvarustuksen kiinnitys kuormaimen puomiin on tarpeeksi kestävä. Kaivuvarustuksen runko kiinnitetään kahden M24-kuusioruuvien avulla taittopuomiin. M24-kuusioruuvien kestävyys kaivuvarustuksen kiinnitysmenetelmänä varmistettiin lujjuuslaskelmien avulla.

### **4.2 Laajakulmanivel**

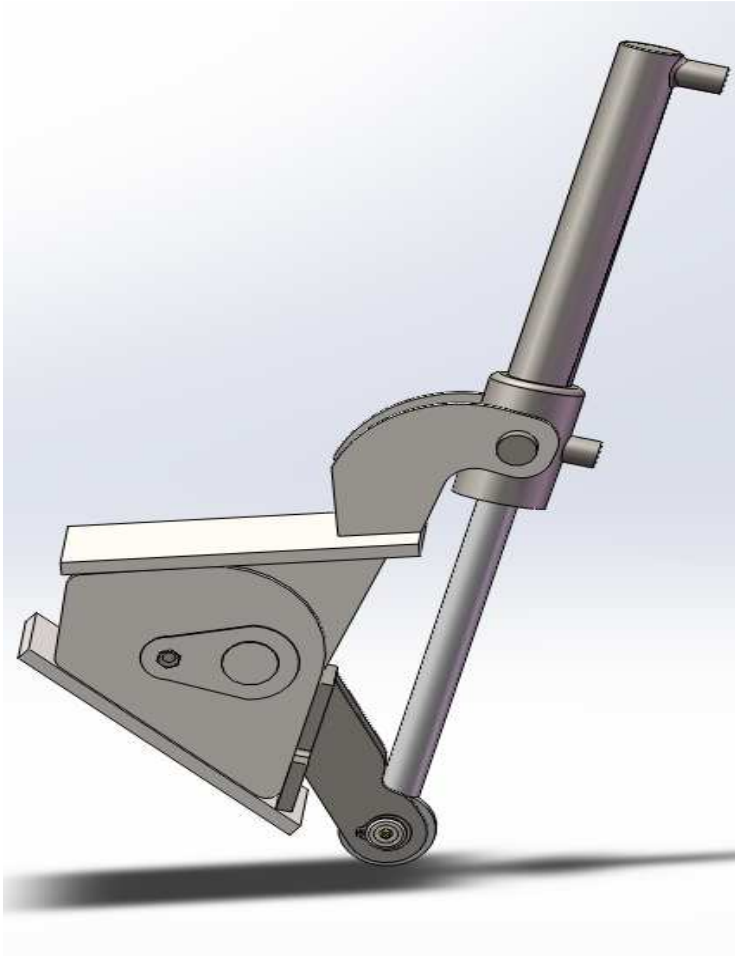
Kauhan kääntö pituussuunnassa suoritettiin taittopuomiin kiinnitetyllä hydrauliliikkasynterillä. Laajakulmaniveltä apuna käyttämällä saadaan olennaisesti lisättyä kauhan liikerataa. Laajakulmanivelen (kuva 9) osat valmistetaan 10 mm levystä ja liukulaakeriholkit standardikokoisesta rakenneteräsputkesta. Kauhan liikerata ja laajakulmanivelen oikea muoto saatiin hahmoteltua SolidWorks 2012 -ohjelmiston avulla.



*KUVA 9. Laajakulmanivel*

### **4.3 Kauhan kallistus**

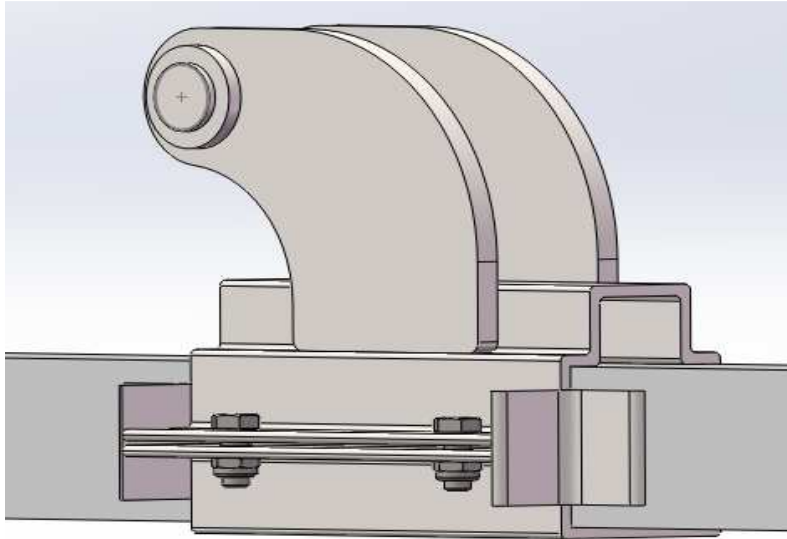
Kauhan kallistus sivuttaissuunnassa toteutetaan luiskakauhahydrauliikkasyylinterillä. Kallistuskulma on noin  $45^\circ$  sekä oikealle että vasemmalle. Sylinterin työntöliikettä rajoitettiin ja muotoilemalla laippaan (kuva 10) kallistusliikkeen rajoitin. Työntöliikettä täytyi rajoittaa, jotta sylinterin männänvarsi ei pääsisi kallistumaan liikaa ja osumaan kaivuvarustuksen rakenteeseen. Hydrauliikkasyylinteri voi vaurioitua, jos se osuu rakenteeseen. Hydrauliikkasyylinterin männänvarsi pystyi vetotilanteessa painumaan aivan pohjaan osumatta kaivuvarustuksen rakenteeseen. Kauhan kallistus lisää kaivuvarustuksen käytettävyyttä. Eteenkin viimeistelytyöt ja esimerkiksi ojien luiskien tekeminen helpottuvat kauhan kallistuksen avulla. Kauhan kallistuksen levyosat valmistetaan 10 - 15 mm levyistä.



*KUVA 10. Kauhan kallistus sivuttaissuunnassa*

#### **4.4 Kaatosylinterin kiinnitys**

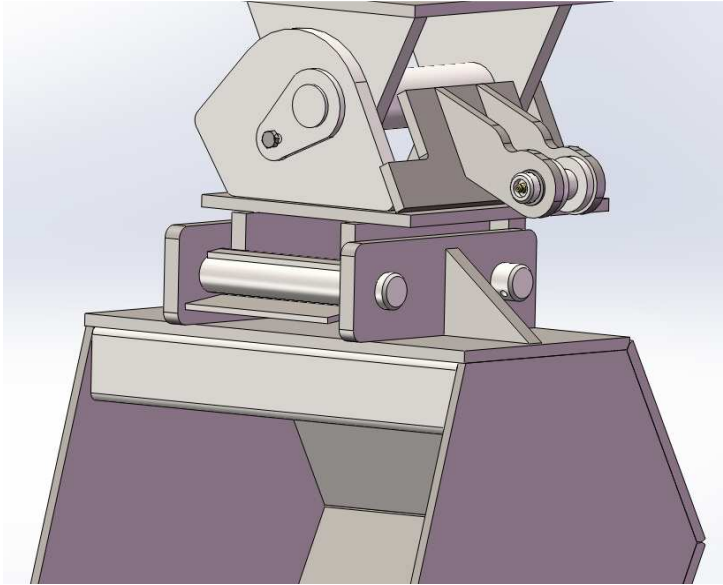
Kaatosylinterin sylinterinpuoleinen korvake kiinnitetään laippoihin (kuva 11), jotka ovat kiinni kaksiosaisella pannalla taittopuomissa. Pannat valmistetaan särmäämällä 5 mm levystä. Pantojen vastinpinnat ovat kiinni toisissaan neljällä M12-kuusioruuvilla. Pannan liikkuminen pituussuunnassa on estetty L-profiilista leikatuilla palkeilla, jotka on hitsattu taittopuomiin. Kaatosylinterin männänvarren puoleinen korvake kiinnitetään laajakulmaniveleen.



*KUVA 11. Kauhan kallistus sivuttaissuunnassa*

#### **4.5 Kauhan kiinnitys**

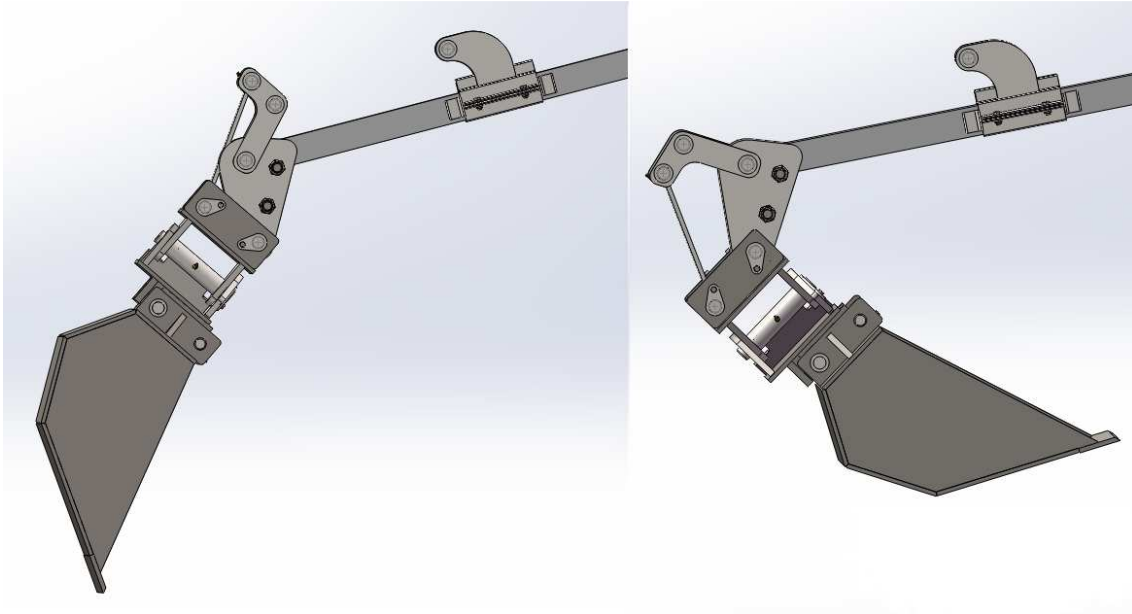
Kauhan kiinnityksessä olisi kannattanut käyttää esimerkiksi standardisoitua S30-150-pikakiinnikettä, jos laitetta suunniteltaisiin sarjavalmistukseen. Pika-kiinnitys päätettiin kuitenkin suunnitella itse, koska valmistuskustannukset haluttiin pitää mahdollisimman alhaisina. Kauhan kiinnitys (kuva 12) kaivuvarustuksen runkoon tapahtuu liikuttamalla huulella varustettu kiinnityskorvake kauhas- sa olevaan kiinnitystappiin. Kiinnitystappi on hitsattu kauhas- sa olevien korvak- keiden väliin. Varsinainen kauhan lukitus tapahtuu manuaalisesti asettamalla takimmainen tappi lukitus rei'istä läpi. Kauhan kiinnitysmekanismi on yksinker- tainen ja nopea käyttää.



*KUVA 12. Kauhan kiinnitysmekanismi*

#### **4.6 Kaivuvarustuksen kokoonpano**

Kaivuvarustuksen kokonaismassaksi ilman kauhaa ja hydraulikkasyylintereitä saatiin 58 kg. Salaojakauhan ja hydraulikkasyylinterien kanssa rakenteen kokonaispaino on 132 kg. Tavoitteena oli saada kokonaispaino pysymään alle 160 kg:n. Paino laskettiin SolidWorks 2012 -ohjelmistolla tehdyistä malleista. Laskeissa ei ole otettu huomioon hitsaussaumojen, maalin tai hydraulikkaletkujen painoa. Mitä kevyempi kaivuvarustus on, sitä monipuolisemmin se on käytettävissä kaivurina. Puutavarakuormaimen puomiin kohdistuva rasitus myös pienee rakenteen keveyden myötä. Kaivuvarustuksen avulla saatava kauhan liikerata (kuva 13) on noin 90°. Liikerata on tarpeeksi suuri, koska kaivamistyössä puutavarakuormaimen muutkin liikkuvat nivelet ja puomin osat lisäävät todellista liikerataa.



*KUVA 13. Kaivuvarustuksen liikerata pituussuunnassa*

## 5 HYDRAULIIKKASUUNNITTELU

Ensimmäiseksi valittiin kauhan sivuttaisen kallistuksen sylinteri Kailatec Oy:n luiskakauhamallistosta. Luiskakauhamallistosta valittiin malliston pienin sylinteri, koska sen arvioitiin olevan soveltuva. Sylinteri voi olla jopa hieman ylimitoitettu kyseiseen järjestelmään. Ylimitoitetusta sylinteristä ei aiheudu kuitenkaan mitään haittaa laitteen toiminnan kannalta. Valitun sylinterin männän halkaisija 40 mm ja varren halkaisija 25 mm. Sylinterin iskunpituus on 375 mm, jolla saavutetaan 45° kallistus kauhalle molempiin suuntiin. Traktorin hydraulikkapumpun tuottama käyttöpaine on 180 MPa.

Hyötysuhde  $\eta$  hydraulikkasyntereissä on 0,9. Kaavojen 1 ja 2 avulla lasketaan hydraulikkasynterien tuottamat voimat. (17, s. 235)

$$A = \pi \times r^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

$r$  = männän leikkauksen säde (m)

$A$  = männän leikkauksen pinta-ala ( $\text{m}^2$ )

$$F = A \times \rho \times \eta \quad \text{KAAVA 2}$$

$F$  = voima (N)

$\rho$  = käyttöpaine (Pa)

$\eta$  = hyötysuhde

Kaavojen 1 ja 2 avulla kauhan sivuttaisen kallistuksen sylinterin vetovoimaksi saatiin 12 405 N ja työntövoimaksi 20 357 N. Kauha painaa noin 45 kg ja kauhan tilavuus 50 l. Kauhan kokonaismassa täyteen lastattuna märällä hiekalla on noin 150 kg. Hydraulikkasynteri jaksaa kallistaa kauhaa vaikka se olisi täynnä kaivettua maa-ainesta.

Kaivuvarustukseen tarvittiin vielä toinenkin hydraulikkasynteri kauhan kaatamiseen, jotta itse kaivamistyö voidaan suorittaa. Kallistuskulmaa saadaan suurennettua käyttämällä apuna laajakulmaniveltä. Kaatosynteri valittiin Kailatec Oy:n vakiosynterimallistosta. Sylinterin männän halkaisija on 50 mm ja varren halkaisija 30 mm. Sylinterin iskunpituus 250 mm ja asennusmitta 460 mm. Kaa-

tosylinterin työntövoimaksi saatiin kaavojen 1 ja 2 avulla 31 808 N. Mitoituksen ratkaiseva voima on ainoastaan sylinterin työntövoima, koska itse kaivutyö ja maa-aineksen irrottaminen suoritetaan työntövoimalla. Oman kokemukseni mukaan valitut hydraulikkasyylinterit ovat samaa kokoluokkaa kuin muissa vastaavissa kaivuvarustuksissa.



## 6 MATERIAALIVALINTA

Kaivuvarustuksen rungon ja korvakkeiden materiaaliksi valittiin S355J2-rakenneteräs. Materiaalin valintaan vaikuttivat rakenteen sallittu maksimipaino ja eri teräslaatujen hinnat. Teräslaji S355 on edullista verrattuna korkealujuusteräksiin. Valitulla teräslajilla kaivuvarustuksen paino pysyy sallitun maksimipainon alapuolella.

Nivelissä käytettävien tappien materiaaliksi valittiin S355J2G3-pyörötanko. Standardikokoiset tapit ovat ulkohalkaisijaltaan 25, 30 ja 35 mm. Tapit ovat valmiiksi h9-toleranssialueella, joten tappien paksuutta ei tarvitse koneistaa.

Tappien liukulaakeriholkkien materiaaliksi valittiin saumaton S3552H-rakenneteräsputki, jota tarvitaan kahta eri kokoluokkaa erikokoisten tappien vuoksi. 25 mm:n tapeille ei tarvitse valmistaa liukulaakeriholkkeja, koska niitä käytetään hydraulikkasynterien kiinnityksessä ja synterien nivelissä on valmiiksi rasvanipat voitelua varten. Laajakulmanivelen liukulaakeriholkkien aihioiksi valittiin ulkohalkaisijaltaan 42,4 mm ja seinämävahvuudeltaan 4 mm olevat rakenneteräsputket. Kauhan sivuttaisen kallistuksen liukulaakeriholkin aihioiksi valittiin ulkohalkaisijaltaan 48,3 mm ja seinämävahvuudeltaan 4,5 mm oleva rakenneteräsputki. Liukulaakeriholkit koneistetaan H7-toleranssiin, jotta liukulaakeripuslat sopivat liukulaakeriholkkeihin. Liukulaakeriholkkeihin porataan keskelle rasvareikä, joihin rasvanipat kiinnitetään.

Kauhojen materiaaliksi valittiin Ruukin RAEX 400 -rakenneteräs. Teräksen myötölujuus on 1 000 MPa ja murtolujuus 1 250 MPa. Teräs on kehitetty käytettäväksi konetekniikan sovelluksissa, joissa esiintyy hankaavaa kulutusta ja kovaa pintapainetta. Tyypillisimpiä käyttökohteita kyseiselle teräkselle ovat muun muassa maansiirtokoneiden kauhat, kaivoskoneiden kuluvat osat ja alustarakenteet. Käyttämällä RAEX 400 -rakenneterästä saadaan myös kaivuvarustuksen kokonaispainoa pienennettyä. (18.)

## 7 KOMPONENTTIVALINTA

Holkkien ja akseleiden laakerointiin käytetään voideltavia liukulaakereita. Laakeriksi valittiin pronssista valmistettu WB802-liukulaakeri. Laakeri toimii hyvin likaisissa oloissa ja kestää sekä dynaamista että staattista kuormitusta. Liitteessä 2 on WB802-liukulaakerien mitat. Laakereiden voitelu toteutetaan rasvapuristimella holkkeihin tulevien rasvanippojen kautta. Laakerissa olevien reikien ansiosta se varastoi suuren määrän rasvaa ja laitteen huoltoväliä voidaan näin ollen pidentää. Laakerista ulospursuava rasva muodostaa kerroksen, joka suojaa laakeria lialta, pölyltä ja nesteiltä. Laakerit asennetaan H7-sovitteiseen laakeripesään. (19.)



*KUVA 14. WB802-liukulaakeri (19)*

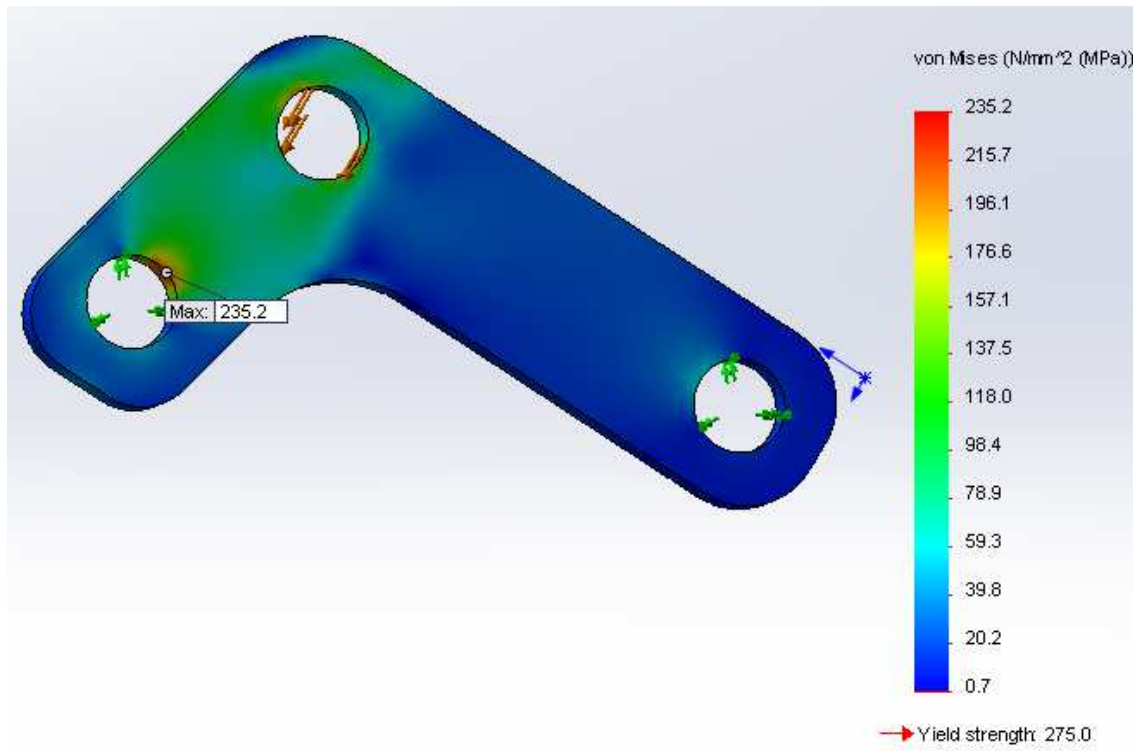
Kaivuvarustuksessa oleviin akseleihin hitsataan pätylaipat lukitusta varten. Kolme pätylaipoista on lukittu runkoon M8-kuusioruuveilla. Muiden akseleiden lukitus toteutetaan akseliin tehdyn Seeger-uran ja varmistinrenkaan avulla.

## 8 LUJUUSTARKASTELU

Kaivuvarustuksen lujuusopillinen tarkastelu suoritettiin myös SolidWorks 2012 -ohjelmalla. Lujuustekninen tarkastelu oli haastavaa toteuttaa, koska rakennetta rasittavien voimien suuruuksia ei tiedetty tarkasti. Osien mitoituksen apuna käytettiin käytännön kokemusta. Kuusioruuvien ja akseleiden mitoitus suoritettiin käsin laskemalla. Rakenne on kokonaisuudessaan pyritty ylimitoittamaan melkein kaikkialta. Lujuustarkastelu suoritettiin laajakulmanivelen kahdelle levyosalle, joiden arveltiin olevan suuren rasituksen kohteena. FEM-analyysi suoritettiin käyttämällä voimia, joiden arveltiin vaikuttavan rakenteeseen. Kahden osan lujuustarkastelu on riittävä, koska rakenteessa käytetään hyvin paljon samoja levynpaksuuksia. Laitteen käytöstä ei myöskään aiheudu huomattavaa vaaraa käyttäjälle tai muille henkilöille. Tarkkaa varmuuslukua rakenteelle on vaikea arvioida, koska rakenteeseen vaikuttavien voimien suuruuksia ei tiedetä.

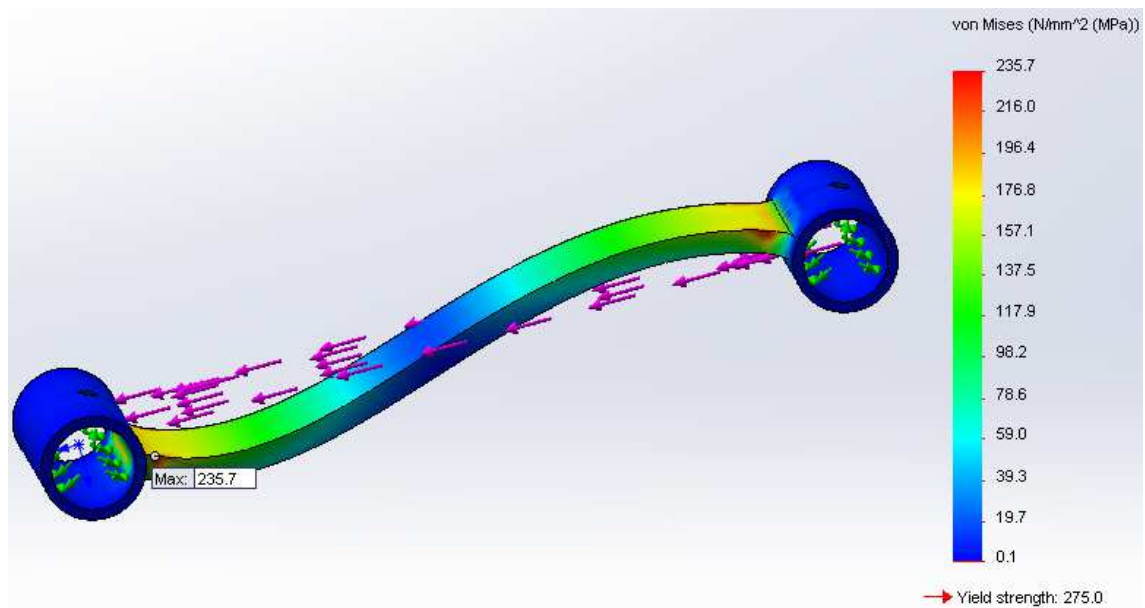
Lujuusanalyysi suoritettiin laajakulmanivelen levyosille. Analyysi suoritettiin tarkastelemalla, kuinka suuria voimia osat kestävät. Rakenteeseen vaikuttavien voimien suuruuksia on vaikea arvioida. Laajakulmanivelen sivuosa (kuva 15) on tuettu laitimmaisten reikien kohdalta tappien avulla. Seuraavaksi tarkastellaan kuinka suuren keskimmäiseen reikään kohdistuvan voiman kappale kestää. Levyyn materiaaliksi valittiin S355J2-rakenneteräs. Varmuuslukuna laskennassa käytetään yleisesti käytössä olevaa 1,5 varmuutta myötörajaan nähden.

Lujuusanalyysistä voidaan todeta, että 38 000 N on suurin voima, jonka kappale kestää. Maksimijännitys on 235,2 Mpa, joka sijaitsee toisen reiän reunalla. Todellisuudessa kappale kestää vielä suuremmankin voiman, koska maksimijännityksen sijainti ei ole kriittisessä paikassa.



*KUVA 15. Maksimijännitys ja sen sijainti laajakulmanivelen sivukappaleessa*

Laajakulmanivelen välinivel (kuva 16) on tuettu holkkien sisältä. Lujuusanalyysissä tutkitaan, kuinka suurella voimalla kappaletta pystytään puristamaan yhteen. Kappaleen keskiosan levyn materiaalina käytetään S355J2-rakenneterästä ja päätyjen laakeriholkit valmistetaan saumattomasta S3552H-rakenneteräsputkesta. Kappale kestää 165 000 N voiman 1,5 varmuudella myötörajaan nähden. Maksimijännitys sijaitsee levyn ja putkeen liitossauman vieressä.



KUVA 16. Maksimijännitys ja sen sijainti laajakulmanivelen välivarressa

## 9 KUSTANNUSARVIO

Kaivuvarustuksen valmistuskustannukset koostuvat materiaaleista, komponenteista ja tarvikkeista. Työtä ja osien koneistamista ei oteta huomioon kustannusarviossa. Työhön liittyviä kustannuksia on vaikea arvioida, koska ei tiedetä tarkkaa työmäärää ja tuntihinnat vaihtelevat eri konepajoilla. Materiaalikustannukset on helppo arvioida suhteellisen tarkasti. Terästen hinnoissa on huomioitu, että osat tulevat valmiiksi leikattuina. Taulukossa 1 on esitetty kaivuvarustuksen materiaalien, komponenttien ja tarvikkeiden kustannusarvio.

*TAULUKKO 1. Kaivuvarustukseen käytettävien osien kustannusarvio*

	Hinta sis Alv 24% / €	Määrä / kpl	paino / kg	Yhteensä / €
<b>Kaatosylinteri</b>	125	1		125
<b>Luiskakauhasylinteri</b>	197	1		197
<b>Hydrauliikkaletkut ja liittimet</b>	25	2		50
<b>Rasvanippa</b>	1	5		5
<b>DIN 471 St 30x2,0 Varmistinrenkas</b>	1,2	2		2,4
<b>DIN 471 St 25x2,0 Varmistinrenkas</b>	1	4		4
<b>Liukulaakeri 30/34x40 WB802</b>	8	4		32
<b>Liukulaakeri 50/55x60 WB802</b>	18	3		54
<b>DIN 933-8.8Zn M8x16 Kuusioruuvi</b>	0,1	2		0,2
<b>DIN 933-8.8Zn M8x20 Kuusioruuvi</b>	0,1	1		0,1
<b>DIN 933-8.8Zn M10x25 Kuusioruuvi</b>	0,3	4		1,2
<b>DIN 931-12.9 St M24x120 Kuusioruuvi</b>	20	2		40
<b>DIN 985-8 Zn M24 Lukitusmutteri</b>	2	2		4
<b>DIN 985-8 Zn M10 Lukitusmutteri</b>	0,2	4		0,8
<b>S355 rakenneteräs</b>	2,5		80	200
<b>Raex 400</b>	3,2		90	288
				<b>1 003,7</b>

## 10 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella asiakkaan vaatimusten mukainen kaivuvarustus Kesla 152 -puutavarakuormaimeen. Kokoonpanon tuli olla mahdollisimman yksinkertainen. Tärkein valintakriteeri materiaaleille oli hintapainosuhde. Kaivuvarustuksen rakenteen tuli olla mahdollisimman kevyt, mutta silti kestävä.

Suurimmat haasteet suunnittelutyölle asettivat laitteeseen käytön aikana kohdistuvat voimat, sillä niiden määrästä ja suuruudesta ei ollut tarkkaa tietoa. Osat mitoitettiin pääosin aiemman kokemuksen perusteella, minkä lisäksi tehtiin tarkastuslaskut käyttäen SolidWorks 2012 -ohjelmistoa. Työn valmistumista viivästytti työn ja opiskelun yhteensovittaminen.

Kustannusarvion mukaan kyseinen laite on mahdollista valmistaa varsin edullisesti, jos verrataan tehdasvalmisteisiin pieniin kaivureihin tai kaivuvarustuksiin. Itse suunnittelemalla ja valmistamalla saadaan tehtyä laitteeseen halutut ominaisuudet. Lisäksi rakenne on vahvempi ja kestävämpi. Markkinoilla myynnissä olevissa puutavarakuormaimiin tarkoitetuissa kaivuvarustuksissa ei ole esimerkiksi kauhan sivusuunnan kallistusta.

Työ oli erittäin mielenkiintoinen ja kiinnostava projekti. Mielestäni työssä on onnistuttu laatimaan käyttökelpoinen suunnitelma, jonka pohjalta voidaan valmistaa prototyyppi työn tilaajalle koekäyttöön. Prototyyppiä käytettäessä paljastunevat kohteet, joihin täytyy suunnitella parannuksia tai muutoksia.

## LÄHTEET

1. Kangaspuoskari, Matti – Mäntyjärvi, Kari 2013. Korkealujuusteräket opetuksessa ja tutkimuksessa. Saatavissa: [http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document.php/1/875/kangaspuoskari\\_artikkeli\\_julkaisuformaattissa.pdf/5db2331b0b1c3a1016d599b4039770da](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document.php/1/875/kangaspuoskari_artikkeli_julkaisuformaattissa.pdf/5db2331b0b1c3a1016d599b4039770da). Hakupäivä 11.10.2013.
2. Ruukin erikoisluja Optim: teräs vaativiin tarpeisiin. 2011. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Kuumavalssatut%20teraket%20esitteet/Ruukki-Optim-referenssejä.pdf>. Hakupäivä 11.10.2013.
3. Muokatut teräket. 2001. Metalliteollisuuden keskusliitto. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
4. Rissanen, Tiina 2011. SSAB:n ultralujien terästen käyttö ja konepajaprosessit. Tekninen raportti. Kemi: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54494/rissanen%20B%207%202011.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 11.10.2013.
5. SSAB Oxelosund. 2007. Cranes Today Magazine. Saatavissa: <http://www.cranestodaymagazine.com/features/ssab-oxelosund/>. Hakupäivä 11.10.2013.
6. Ruukin kuuma-valssattujen OptimQC-rakenneterästen hitsaus. 2012. Tekninen asiakastuki. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: [http://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2009/ht\\_1\\_09/files/assets/basic-html/page11.html](http://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2009/ht_1_09/files/assets/basic-html/page11.html). Hakupäivä 15.10.2013.
7. TimberMaxx vaihtoehtovaruste. Ammattilehti. Saatavissa: <http://www.ammattilehti.fi/albumi/puutavara-autot/809318>. Hakupäivä 15.10.2013.
8. Härkönen, Tapani – Tervola, Tapio 1993. Lujat hitsattavat teräket. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.



9. Laitinen, Risto 2012. SHI Yhteisfoorumi 25.10.2012 Suurlujuusteräket, materiaalit, hitsaus, suunnittelu. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.shy-hitsaus.net/LinkClick.aspx?fileticket=svNiT5vPqV0%3D&tabid=4418>. Hakupäivä 16.10.2013.
10. Lämsä, Janne – Kiuru, Henri 2012. Ultralujat rakenne- ja kulutusteräket - tärkeimmät ominaisuudet suunnittelulle. CASR-Steelpolis -verkostohanke (EAKR). Raahen Seudun Teknologiakeskus Oy. Oulun yliopisto. Saatavissa: <https://wiki.oulu.fi/download/attachments/28082956/Ultralujat%20rakenne%20ja%20kulutusteräket%20%20tärkeimmät%20ominaisuudet%20suunnittelulle.pdf?api=v2>. Hakupäivä 16.10.2013.
11. Ultraluja teräs maailmanmarkkinoille. 2006. VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/uutta/2006/20061101.jsp>. Hakupäivä 18.10.2013.
12. Ultralujan rakenneteräksen menestyksessä käyttö. Inserkit. Saatavissa: <http://www.inserkit.fi/ultr.php>. Hakupäivä 18.10.2013.
13. Thirion, Jean-Luc 2011. Body-in-white: Material world. Automotive Engineer. Saatavissa: <http://ae-plus.com/focus/body-in-white-material-world>. Hakupäivä 18.10.2013.
14. Kömi, Jukka 2009. Lujat teräket – seminaari 17.9.2009. Saatavissa: <https://wiki.oulu.fi/download/attachments/28083942/Ruukin%20ultralujat%20teräket%20nyt%20ja%20tulevaisuudessa%20-%20Jukka%20Kömi.pdf?api=v2>. Hakupäivä 18.10.2013.
15. Bronto Skylift S 112 HLA. Blade Access Specialists. Saatavissa: <http://bladeaccessspecialists.co.uk/hire/truck-mounted-platform-hire/T112B/bronto-skylift-s-112-hla/>. Hakupäivä 18.10.2013.
16. Kesla 152, 152T Grue forestiere. 2006. Kesla Oyj. Saatavissa: <http://www.machinerie.com/ManuelOperateur/patu/chargeur/K152%20-%20152T%20manuel%20opérateur%20Fr2006-10-18.pdf>. Hakupäivä 8.8.2013.
17. Ansaharju, Tapani – Maaranen, Keijo 2008. Koneenasennus. WSOY.

18. RAEX-kulutusteräket. 2013. Rautaruukki Oyj. Saatavissa:  
<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Kuumavalssatut-terakset/Kulutusterakset/Raex-kulutusteras>. Hakupäivä 7.9.2013.
19. WB802. Detrading. Saatavissa:  
<http://www.detrading.fi/fi/tuotteet/liukulaakerit/rullattu-Pronssi/WB802>. Hakupäivä 15.8.2013.



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä <sup>1</sup> Marko Laru [REDACTED] [REDACTED]	Tilaaaja <sup>2</sup> Esa Kontio
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup> Esa Kontio, [REDACTED]	
	Työn nimi <sup>4</sup> <b>Puutavarakuormaimen kaivuvarustuksen suunnittelu</b>	
	Työn kuvaus <sup>5</sup> Työssä suunnitellaan traktorikäyttöiseen puutavarakuormaimeen soveltuva kaivuvarustus, joka voidaan vaihtaa puutavarakouran tilalle.	
	Työn tavoitteet <sup>6</sup> Työn tavoitteena on: - suorittaa tarvittava hydraulikka- ja mekaniikkasuunnittelu - tehdä tarvittavat lujoustarkastelut sekä - tuottaa tarvittavat valmistusdokumentit: 3d- mallit, kokoonpanopiirustus/-piirustukset osaluetteloi- neen sekä osien työpiirustukset.	
	Tavoiteaikataulu <sup>7</sup> Työn aloitus tammikuussa 2013, työ valmis syyskuussa 2013	
Päiväys ja allekirjoitukset <sup>8</sup> 17/1/2013 Tekijän allekirjoitus Marko [Signature]		21 / 1 / 2013 Tilaaajan allekirjoitus [Signature]
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.</li> <li>2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.</li> <li>3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.</li> <li>4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.</li> <li>5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.</li> <li>6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.</li> <li>7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.</li> <li>8. LähtötietomuiSTIO päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö.</li> </ol>		

## Tuote-esite Liukulaakeri • WB802



### WB802

WB802-laakerit on tarkoitettu säteen ja akselin suuntaisiin liikkeisiin. Laakerit rullataan kylmämuovattavasta pronssiseoksesta, joka täten saa poikkeuksellisia materiaaliominaisuuksia. Laippamuotoilun ansiosta laakeria voidaan kuormittaa myös akselin suuntaisesti.

Standardilaakerit on varustettu koko laakeripinnan alueelta voiteluainereillä. Nämä toimivat voiteluainereservinä, jotta nopeasti saadaan aikaan voitelukalvo käynnistyshetkellä. Näiden voiteluainereikien ansiosta myöskin voiteluvälejä voidaan oleellisesti pidentää.

WB802-materiaalin ominaisuudet yhdessä rullaus- ja kalibrointimenettelyn kanssa tekee tämän laakerityypin erityisen sopivaksi rakenteisiin, missä kuormitukset ovat suuria ja liikkeet ovat suhteellisen hitaita.

#### Tekniset tiedot

**Materiaali:** Homogeeninen pronssi

Cu 91,3%, Sn 8,5%, P 0,2%

**Myötöraja:** ( $R_{p0.2}$ ) n. 300 N/mm<sup>2</sup>

**Murtoraja:** ( $R_m$ ) n. 450 N/mm<sup>2</sup>

**Kovuus:** n. 125-150 HB

**Kitka:** 0,08-0,25  $\mu$

**Maksiminopeus:** 2,5 m/s

**Lämpötila-alue:** -100 / +200 °C

Kuormitus	Nopeus
n.: 280 N/mm <sup>2</sup>	0 m/s
80 - 120 N/mm <sup>2</sup>	0,01 m/s
30 - 40 N/mm <sup>2</sup>	2,0 m/s

**Toleranssit:** Laakerit puristettu pesään H7 saavat toleranssin H9.

Suosittelava akselitoleranssi IT 7 tai IT 8, toleranssialue e tai f.

**Voitelu:** Lisävoitelun tulee tapahtua akselitappien kautta tai säteittäisesti pesän kautta.

Kaikkia tavanomaisia voitelurasvoja voidaan käyttää.

Rasvat, joiden lisäaineena on grafiittia tai molybdenisulfidia ovat myöskin käyttökelpoisia.

#### Edut:

- Kestävät kovia kuormia sekä iskukuormia.
- Toimii myös likaisissa olosuhteissa.
- Hyvät voiteluominaisuudet voiteluainereikien ansiosta.
- Hyvä lämmönjohtokyky.
- Kattava varastoitui standardiohjelma.
- Pidentävät voiteluvälejä 6-8 kertaa verrattuna perinteisiin liukulaakereihin.

#### Erityistä:

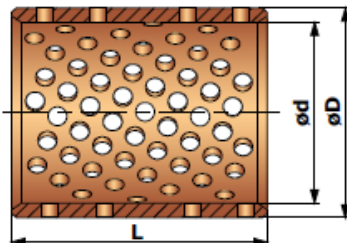
- Muut toleranssit.
- Sisä- ja ulkopuoliset voitelu-urat.
- Kovuus 150-160 HB.
- Tiivisteelliset laakerit.
- Päästösosat.

#### Käyttökohteita:

- Metsäkoneet.
- Maatalouskoneet.
- Trukat.
- Maansiirtokoneet.
- Kappalevaranosturit.
- Kuorma-autojen lavarakenteet.

## Tuote-esite Liukulaakeri • WB802

### Mittataulukko WB802



Art.nr	Nimitys	d	D	L
220060	15/ 17x 15 WB802	15	17	15
220065	15/ 17x 25 WB802	15	17	25
220070	16/ 18x 15 WB802	16	18	15
220075	16/ 18x 20 WB802	16	18	20
220080	16/ 18x 25 WB802	16	18	25
220085	18/ 21x 15 WB802	18	21	15
220090	18/ 21x 20 WB802	18	21	20
220095	18/ 21x 25 WB802	18	21	25
220100	20/ 23x 15 WB802	20	23	15
220105	20/ 23x 20 WB802	20	23	20
220110	20/ 23x 25 WB802	20	23	25
220115	20/ 23x 30 WB802	20	23	30
220120	22/ 25x 15 WB802	22	25	15
220125	22/ 25x 20 WB802	22	25	20
220130	22/ 25x 25 WB802	22	25	25
220135	22/ 25x 30 WB802	22	25	30
220137	25/ 28x 15 WB802	25	28	15
220140	25/ 28x 20 WB802	25	28	20
220145	25/ 28x 25 WB802	25	28	25
220150	25/ 28x 30 WB802	25	28	30
220160	25/ 28x 50 WB802	25	28	50
220165	28/ 31x 15 WB802	28	31	15
220170	28/ 31x 25 WB802	28	31	25
220175	28/ 31x 30 WB802	28	31	30
220180	30/ 34x 20 WB802	30	34	20
220183	30/ 34x 25 WB802	30	34	25
220190	30/ 34x 30 WB802	30	34	30
220195	30/ 34x 40 WB802	30	34	40
220200	32/ 36x 20 WB802	32	36	20
220205	32/ 36x 30 WB802	32	36	30
220210	32/ 36x 40 WB802	32	36	40
220220	35/ 39x 20 WB802	35	39	20
220235	35/ 39x 30 WB802	35	39	30
220240	35/ 39x 40 WB802	35	39	40
220245	35/ 39x 50 WB802	35	39	50
220260	40/ 44x 20 WB802	40	44	20
220262	40/ 44x 25 WB802	40	44	25
220265	40/ 44x 30 WB802	40	44	30
220275	40/ 44x 40 WB802	40	44	40
220285	40/ 44x 50 WB802	40	44	50
220295	45/ 50x 20 WB802	45	50	20
220300	45/ 50x 30 WB802	45	50	30
220302	45/ 50x 40 WB802	45	50	40
220310	45/ 50x 50 WB802	45	50	50
220315	45/ 50x 60 WB802	45	50	60
220320	50/ 55x 25 WB802	50	55	25
220325	50/ 55x 30 WB802	50	55	30
220335	50/ 55x 40 WB802	50	55	40
220337	50/ 55x 50 WB802	50	55	50
220340	50/ 55x 60 WB802	50	55	60
220345	55/ 60x 40 WB802	55	60	40
220350	55/ 60x 60 WB802	55	60	60
220358	60/ 65x 25 WB802	60	65	25
220360	60/ 65x 30 WB802	60	65	30
220364	60/ 65x 35 WB802	60	65	35
220365	60/ 65x 40 WB802	60	65	40
220375	60/ 65x 45 WB802	60	65	45

Art.nr	Nimitys	d	D	L
220377	60/ 65x 50 WB802	60	65	50
220380	60/ 65x 60 WB802	60	65	60
220390	60/ 65x 70 WB802	60	65	70
220405	65/ 70x 40 WB802	65	70	40
220410	65/ 70x 60 WB802	65	70	60
220420	70/ 75x 40 WB802	70	75	40
220425	70/ 75x 45 WB802	70	75	45
220427	70/ 75x 50 WB802	70	75	50
220430	70/ 75x 60 WB802	70	75	60
220435	70/ 75x 80 WB802	70	75	80
220445	75/ 80x 40 WB802	75	80	40
220450	75/ 80x 80 WB802	75	80	80
220454	80/ 85x 30 WB802	80	85	30
220455	80/ 85x 40 WB802	80	85	40
220460	80/ 85x 60 WB802	80	85	60
220465	80/ 85x 80 WB802	80	85	80
220475	85/ 90x 40 WB802	85	90	40
220480	85/ 90x 80 WB802	85	90	80
220495	90/ 95x 40 WB802	90	95	40
220497	90/ 95x 50 WB802	90	95	50
220500	90/ 95x 60 WB802	90	95	60
220505	90/ 95x 90 WB802	90	95	90
220508	90/ 95x 70 WB802	90	95	70
220514	100/ 105x 40 WB802	100	105	40
220515	100/ 105x 50 WB802	100	105	50
220520	100/ 105x 60 WB802	100	105	60
220522	100/ 105x 70 WB802	100	105	70
220525	100/ 105x 95 WB802	100	105	95
220535	110/ 115x 50 WB802	110	115	50
220540	110/ 115x 95 WB802	110	115	95
220542	120/ 125x 25 WB802	120	125	25
220550	120/ 125x 50 WB802	120	125	50
220555	120/ 125x 95 WB802	120	125	95
220565	125/ 130x 100 WB802	125	130	100
220570	130/ 135x 60 WB802	130	135	60
220575	130/ 135x 100 WB802	130	135	100
220578	140/ 145x 50 WB802	140	145	50
220580	140/ 145x 60 WB802	140	145	60
220585	140/ 145x 100 WB802	140	145	100
220603	150/ 155x 45 WB802	150	155	45
220605	150/ 155x 60 WB802	150	155	60
220610	150/ 155x 100 WB802	150	155	100
220615	160/ 165x 60 WB802	160	165	60
220620	160/ 165x 100 WB802	160	165	100
220635	170/ 175x 60 WB802	170	175	60
220640	170/ 175x 100 WB802	170	175	100
220641	175/ 180x 50 WB802	175	180	50
220643	180/ 185x 45 WB802	180	185	45
220645	180/ 185x 60 WB802	180	185	60
220655	180/ 185x 100 WB802	180	185	100
220657	185/ 190x 100 WB802	185	190	100
220660	190/ 195x 60 WB802	190	195	60
220665	190/ 195x 100 WB802	190	195	100
220670	200/ 205x 60 WB802	200	205	60
220675	200/ 205x 100 WB802	200	205	100
220694	230/ 235x 70 WB802	230	235	70
2207151	250/ 255x 100 WB802	250	255	100
220730	300/ 305x 90 WB802	300	305	90

Muuta mittoja ja muotoiluja voidaan toimittaa tilauksesta.  
Kaikki mitat mm.

