

Ari Kohonen

Taka-akselin tukivarsien kiinnityspisteiden hitsausjigin suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

18.3.2014

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Ari Kohonen Taka-akselin tukivarsien kiinnityspisteiden hitsausjigin suunnittelu</p> <p>30 sivua + 6 liitettä 18.3.2014</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Auto- ja kuljetustekniikka</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Tuotetekniikka</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>Projekti-insinööri Joel Kontturi Erikaisopettaja Pasi Oikarinen</p>
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena on suunnitella täysin säädettävissä oleva hitsausjigi, joka soveltuu kaikille jäykille taka-akseleille. Tämän hitsausjigin avulla on huomattavasti helpompaa mitata, säätää ja hitsata kiinnikkeet tukivarsille taka-akseliin</p> <p>Suunnittelu aloitettiin tutustumalla eri automallien taka-akseleiden mitoittamiseen, erityisesti niiden leveyksiin, sillä ne määräävät hitsausjigin alustan perusmitoituksen.</p> <p>Kun tarpeellinen määrä erikokoisia taka-akseleita oli mitattu ja saatu selville minimi- ja maksimileveydet, suunniteltiin 3D-malli hitsausjigistä käyttäen koululla olevaa Catia® V5R20 -ohjelmaa.</p> <p>Tähän suunnitteluprosessiin liittyi myös Office Excelillä tehtävä yksinkertainen laskenta-ohjelma, jolla saadaan laskettua auton painopisteen sijainti pituus-, leveys- ja korkeussuunnassa. Tätä pistettä käytetään tukivarsien kulmien perusasetuksena aloitettaessa säätämään tukivarsien kulmia asiakkaan auton ja hänen harrastamansa lajin vaatimuksiensa mukaan.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>Hitsausjigi, tukivarsi</p>

Author Title	Ari Kohonen Designing Welding Jig for Rear Axle Link Brackets
Number of Pages Date	30 pages + 6 appendices 18 March 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Design Engineering
Instructor(s)	Joel Kontturi, Project Engineer Pasi Oikarinen, Lecturer
<p>The objective of this graduate study was to design a fully adjustable welding jig for all kind of stiff rear axles. With this welding jig, it is much easier to carry out measuring, adjusting and welding of the link rod's brackets.</p> <p>The designing of this welding jig began by studying measurements of variable axles, especially the minimum and maximum width of the axles. That gave the basic dimensions of welding jig's frame.</p> <p>After all the most important dimensions were known, 3D-model of this welding jig with Catia[®] 3D designing program was created.</p> <p>The design process also contains the programming part. That was carried out with Office Excel. Also the vehicle's center gravity point was determined and that is the basic point for adjusting the link rods. As a result of the Excel calculating, also some assembly tips for angles of link rods for customers are given in this thesis.</p>	
Keywords	Welding jig, link rod

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2.	Hitsausjigin suunnittelu	4
2.1	Alkuarvojen kerääminen	4
2.2	Materiaalien valinta ja hitsaaminen	5
2.3	Hitsausjigin alustan suunnittelu	7
2.4	Säädettävien akselikiinnittimien suunnittelu	8
2.5	Säädettävän etukiinnikkeen suunnittelu	9
2.6	Linkkitankojen etukorvakkeiden telineen suunnittelu	10
2.7	Alapuolen linkkikorvakkeiden suunnittelu	11
2.8	Yläpuolen säädettävien linkkikorvakkeiden suunnittelu	12
2.9	Hitsausjigi kokonaisuutena	14
2.10	Taka-akselin kiinnittäminen hitsausjigiin	15
3	Asentokulmat	18
3.1	Camber	18
3.2	Auraus ja haritus	19
4	Ajodynamiikka	21
4.1	Massakeskipiste eli painopiste	21
4.1.1	Pituussuuntaisen massakeskipisteen laskeminen	23
4.1.2	Korkeussuuntaisen massakeskipisteen laskeminen	24
5	Office Excel -laskentapohja	26
6	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

Liitteet

Liite 1. Neliönmuotoiset Form 220- ja 370-ohutseinäputket

Liite 2. C-profiilit

Liite 3. Pyöreät Form 220- ja 370-ohutseinäputket

Liite 4. ESAB-hitsauslisäainesuositukset

Liite 5. OK Autrod 12.51

Liite 6. Excel -laskentapohja

1 Johdanto

Ensimmäisen autoni sain kun olin 7-vuotias. Siitä lähtien olen harrastanut autoilua, ajanut ja korjannut niitä. Ennen ajokortti-ikää ajelimme kotikylän kavereiden kanssa syksyihin pelloille tehdyillä radoilla ja talvella jääradoilla. Hieman ennen ajokortin saamista automerkiksieni vakiintui Toyota, ja olen harrastanut sitä automerkkinä jo 30 vuotta. Tällä hetkellä omistuksessani on noin 20, pääosin vanhempaa, Toyotaa. Koulutuksena minulla on lukion jälkeen ajoneuvoasentaja, autopeltiseppä, raskaan ajoneuvokaluston mekaanikko sekä ATK-ohjelmoija. Kilpailutoiminnassa olen ollut mukana noin vuodesta 1995 lähtien, ensin kaverilleni mekaanikkona Jokamiesluokassa. Vuodesta 2002 lähtien olen ajanut itse kilpaa, ensin Jokamiesluokassa, sitten Rallisprintissä ja muutamana vuotena istunut kartanlukijana rallin F-Cupissa. Omat kilpa-autoni olen aina rakentanut itse alusta loppuun saakka, korin, alustan, moottorin sekä myös maalaukset. Oltuani mukana yli 10 vuotta moottoriturheilun parissa tulini huomanneeksi puutteen kilpa-autojen rakennuksessa kun etsin ja kyselin hitsausjigiä oman kilpa-auton taka-akselin hitsaustöihin. Osoittautui ettei valmista hitsausjigiä ollut saatavilla.

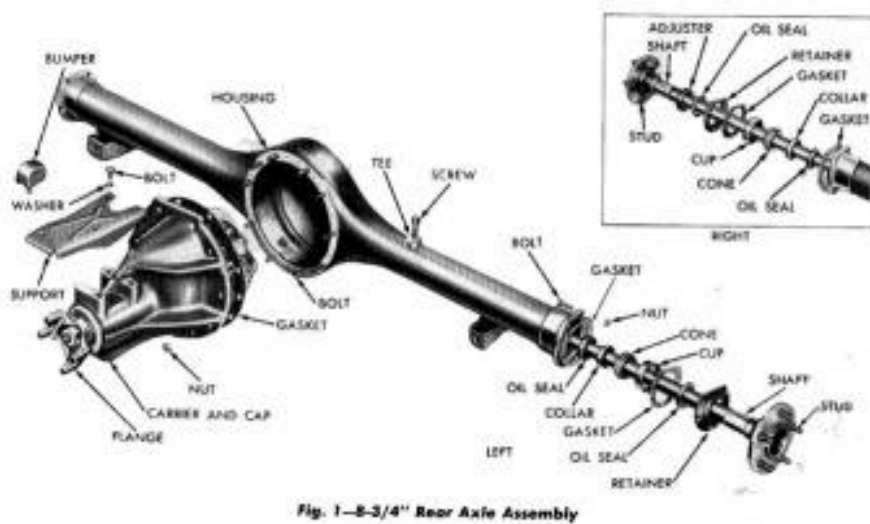
Vielä nykyäänkin käytetään paljon jäykkää taka-akselirakennetta (kuva 1). Yleensä, jos kilpailusäännöt näin sallivat, käytetään vain muutaman eri valmistajan taka-akselia. Suosituimpia ovat

- Volvon 1030- ja 1031-merkinnällä olevat taka-akselit
- Fordin englantilainen taka-akseli
- Ladan taka-akseli
- Toyota Hi-Acen taka-akseli
- Mopar $8\frac{3}{4}$ " (Dodge, Plymouth, Chrysler co.)

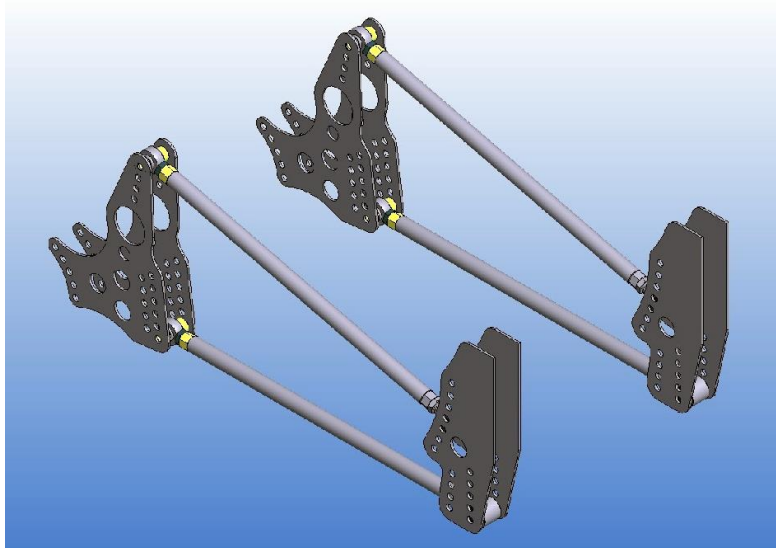
Näihin taka-akseleihin sitten hitsataan rakennuksen kohteena olevan auton tukivarsien kiinnikkeiden mitoituksen mukaan kiinnikkeet tukivarsille, iskunvaimentimille ja mahdollisille jousille. Hitsaaminen on aikaisemmin tehty paljon mittauksia tehden ja osin jopa hitsattu kiinnikkeet vähän sinnepäin, kun valmiita, tähän työhön tarkoitettuja hitsausji-

gejä ei ole löytynyt keneltäkään. Tai jos hitsausjigi on löytynyt, se ei ole ollut tarkoitettu kyseiselle automallin ja taka-akselin yhdistelmälle.

Tämän insinööriyön tavoitteena on suunnitella helppokäyttöinen, säädettävä hitsausjigi, johon saadaan sovitettua kaikenkokoiset jäykät taka-akselit. Kardaaniakselin laippakulma voidaan myös säätää halutuksi ennen hitsausta. Hitsausjigissä voidaan toteuttaa kaikenlaiset 4- ja 3-linkkituentaratkaisut (kuvat 2 ja 12).



Kuva 1. Jäykkä taka-akseli, rakennekuva (Mopar 8^{3/4}") (1)



Kuva 2. 4-linkkituenta, esimerkkikuva (2)

Tällä hitsausjigillä on laaja käyttötarve, sillä jäykkää taka-akselia käytetään vielä useassa autourheiluluokassa, esimerkiksi

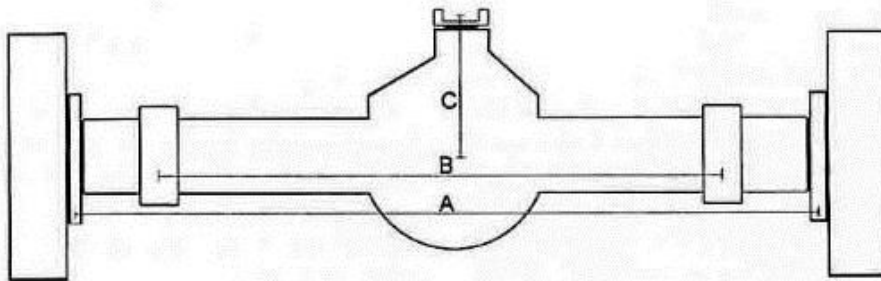
- Ralli; Historic Rally Trophy ja F-Cup
- Rallicross
- Rallisprint
- Jäärata-ajot
- Rata-ajossa; Camaro-Cup ja Legends Trophy
- Drag Racing
- Historic Race Finlandin rata-ajoissa; Locost, Historic ja Roadsport (3)

Toinen osa-alue tästä lopputyöstä käsittää ohjelmallisen puolen. Asiakkaille tarjotaan myös neuvoja, kuinka heidän kannattaisi säätää linkkitankojen kulmat, niin että päästään ko. kilpailulajissa haluttuun lopputulokseen auton käyttäytymisessä. Tämä tapahtuu pääasiassa auton painopisteen määrittämisellä, sillä se on linkkitankojen säädön aloittamisen peruspiste. Laskenta toteutetaan Microsoft Office Exceliä käyttämällä. Lisäksi laaditaan ohjeet, kuinka mittaukset suoritetaan.

2 Hitsausjigin suunnittelu

2.1 Alkuarvojen kerääminen

Ensimmäinen tehtävä ennen suunnittelun aloittamista oli kartoittaa erikokoisten taka-akselien minimi- ja maksimimitat (kuva 3, mitta A). Tämä vaihe onnistui suhteellisen helposti, sillä omasta varastostani löytyivät kumpaakin ääripäätä edustavat taka-akselit. Minimipituus, johon hitsausjigissä olevat akselin kiinnittimet tulisi saada, oli Toyota Ti-mangin taka-akselissa (1100 mm). Maksimimitta puolestaan oli Chevrolet Chevy Van G20 taka-akselissa (1600 mm). Hitsausjigissä olevan akselin etutuen mitoituksen (kuva 3, mitta C) raja-arvoiksi tuli em. akseleista mitattuna 160–200 mm. Mitta (B) lasketaan siinä tapauksessa, että autossa, johon akseli asennetaan, on lehtijouset.



Kuva 3. Taka-akselin mitoitus (4)

- (A) Jarrukilvestä jarrukilpeen
- (B) Lehtijousen kiinnikkeestä toiseen
- (C) Akseliputken keskeltä kardaanilaipan keskelle

2.2 Materiaalien valinta ja hitsaaminen

Mietittäessä tarvittavia materiaaleja, suljettiin ensin pois epäkäytännölliset rakennusmateriaalit. Hitsausjigin ei tarvitse kestää mitään suuria kuormia eikä myöskään taivutus- yms. Rasitteita, joten mitään työkaluterästä tai muita erikoisteräksiä ei tarvitse käyttää. Alumiini taas karsiutui, sillä sen hitsaaminen olisi haastavampaa (lämpövääntyminen) ja lisäksi jos hitsausjigi olisi tehty alumiinista, saattaisi se muuttaa muotoaan myös hitsausjigiä käytettäessä hitsaamisesta syntyvästä lämmöstä. Alumiini on tässä tapauksessa myös liian kevyttä, jotta alustasta saataisi tarpeeksi painava jalusta takakselille. Lopuksi päädyttiin rakentamaan hitsausjigi tavallisesta rakenneteräksestä. Tarvittavat putkikoot valittiin Ruukki Oy:n valikoimista (5).

Alustan materiaalina tullaan käyttämään Ruukin neliönmuotoista Form 220 -ohutseinäputkea, kokoa 60 x 60 x 2,5 mm, jotta alustaan saadaan hieman painoa ja siitä tulee tukeva (liite 1).

Säädettävien akselikiinnikkeiden liu'uksi tulee Ruukin C-profiilia, ulkomitoiltaan 50 x 30 mm (liite 2).

Säädettävien akselikiinnikkeiden runko-osat ovat Ruukin Form 220 -neliönmuotoista ohutseinäputkea, kokoa 40 x 40 x 2 mm. C-profiilia vasten tulevat lattaraudat ovat 50 x 8 mm rakenneterästä, samoin akselia vasten tulevat, joiden kokona on 40 x 8 mm. (liite 1.)

Akselin etukiinnike on, samoin kuin edellä, neliöprofiilista 40 x 40 x 2 mm, sisälle tuleva tukiputki on kokoa 20 x 2 mm ja korkeudensäätö on tehty 16 mm kierretangosta, ja siihen hitsattu lattarauta on kokoa 40 x 5 mm (liite 1).

Säädettävien linkkien etukiinnityksien telineen runkoon käytetään neliön muotoista ohutseinäputkea, kokona 60 x 60 x 2,5 mm. Etukiinnikkeiden liukuputket ovat pyöreää ohutseinäputkea, kokoa 44,5 x 2 mm. (liite 3.)

Linkkien etukiinnityskorvakkeet ovat tilaustyönä 2,5 mm ohutlevystä kantattua U-profiilia, kokona 55 x 40 x 2,5 mm. Tämä koko johtuu siitä, että yleisin linkkitangonpään nivelen leveys on 50 mm. Nämä U-profiilit hitsataan 48 x 1,5 mm:n pyöreisiin putkiin.

Hitsaaminen suoritetaan MIG-hitsauksena. Ruukin sivuilta löytyy ko. rakenneteräksen ominaisuudet (liitteet 1–3), joiden mukaan vastaavasti valittiin ESAB Oy:n toimittamasta hitsauslisäaineiden valintataulukosta sopiva lisäainelanka. (liite 4.)

Edellisen perusteella luettelosta valittiin lisäainelanka ESAB Autrod 12.51. Sen ominaisuudet selviävät kuvauksesta yhtiön verkkosivuilta:

OK Autrod 12.51 on kuparoitu, seostamaton yleislanka seostamattomien rakenneterästen ja hienoraeterästen MAG-hitsaukseen. Lanka soveltuu mm. seostamattomille yleisille rakennusteräksille ja paineastiateräksille, laivanrakennusteräksille ja hienoraeteräksille, kun myötölujuusvaatimus on enintään 420 N/mm². Lanka on saatavissa myös Marathon Pac™- suurpakkauksessa mekanisoituun ja robotisoituun hitsaukseen.

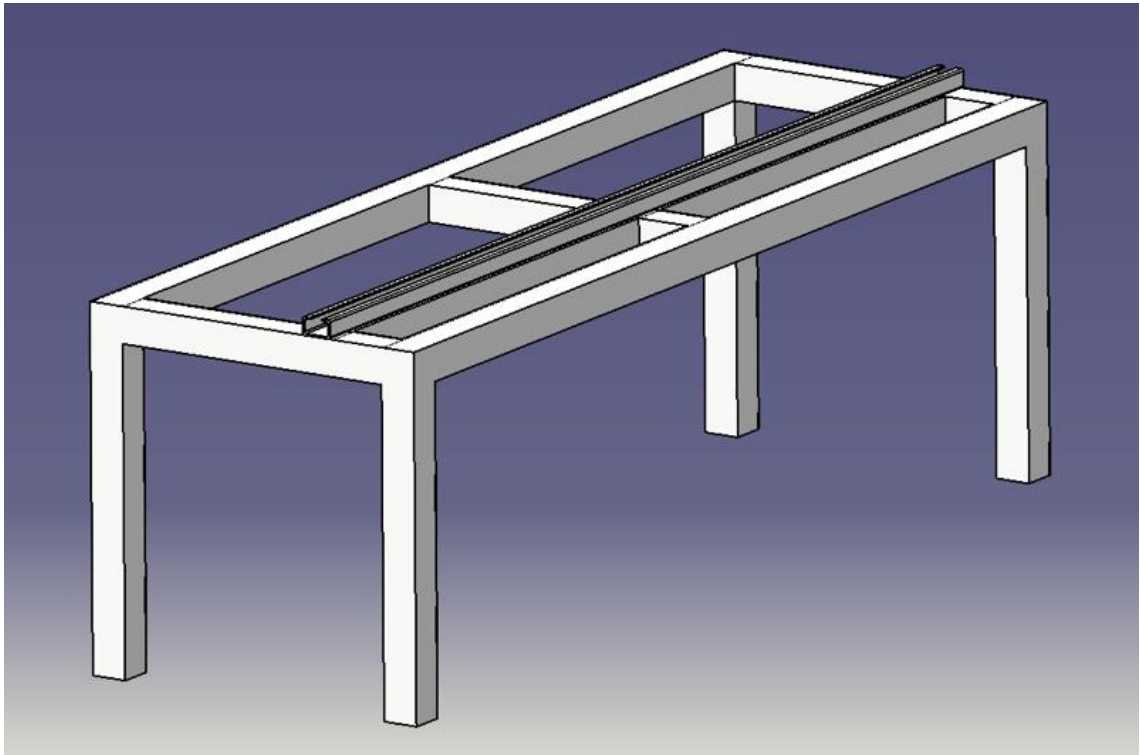
Suojakaasu: seoskaasu M21/M20 tai CO₂.

Hitsausvirta DC(+) (6)

Tarkemmat lisäainelangan tekniset tiedot ovat liitteessä 5.

2.3 Hitsausjigin alustan suunnittelu

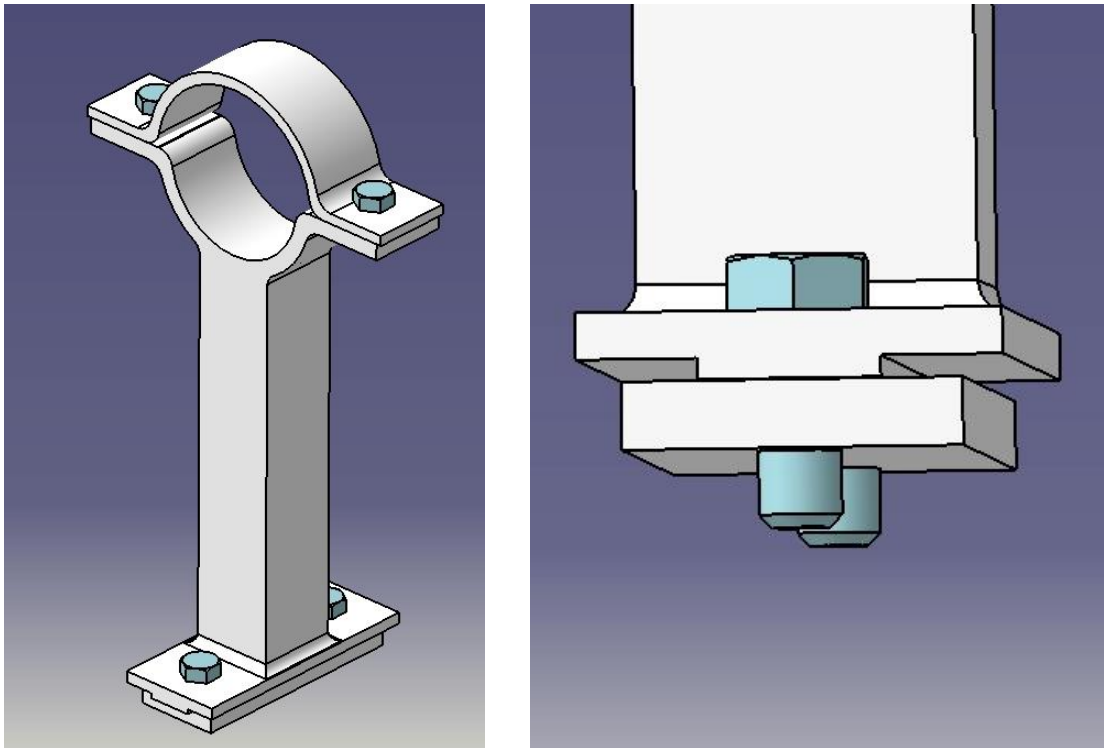
Mitat hitsausjigin alustalle määräytyivät hyvän työskentelykorkeuden ja taka-akseleista johtuvien leveyksien mukaan. Korkeus maasta hitsausjigissä kiinni olevan akseliputken keskilinjaan on 912 mm. Alustan leveys leveimmän taka-akselin kiinnityskohtien tarvitseman mitan takia on 1800 mm. Syvyys puolestaan määräytyi rakennelman painopisteen ja linkkitankokorvakkeiden telineen vaatiman kiinnitystilan mukaan, jolloin alustan syvyydeksi tuli 600 mm. Keskelle tuli poikittainen tukipalkki taka-akselin etukiinnitintä varten. Liitokset tehtiin MIG-hitsauksena. Myös C-profiilin alle tuli pitkittäinen tukipalkki, johon profiili hitsattiin kiinni (kuva 4).



Kuva 4. Alusta ja C-profiili

2.3 Säädettävien akselikiinnittimien suunnittelu

Kiinnittimien mitoituksen määrää taka-akselin alle tulevien alalinkkitankojen kiinnityskorvakkeiden vaatima tila lisättyinä hitsauksen vaatimalla työtilalla. Mitaksi taka-akseliputken keskikohdasta C-profiilin yläpintaan tuli 200 mm. Kiinnittimet tulevat kiinni C-profiiliin 50 x 8 mm:n lattarautoilla, joiden pituus on 120 mm. Näihin lattarautoihin jyrksitään 14,25 mm:n levyiset ja 2,5 mm syvät upotukset, jotta kiinnikkeet asettuvat tarkasti C-profiilin uraan. Vastakappaleet ovat 40 x 8 mm:n lattarautaa, pituus 110 mm. Kiinnitys tapahtuu M10x30 -ruuveilla vastakappaleisiin tehtyihin kierteisiin. Akselia vasten tulevat lattaraudat painetaan hydraulisella korjaamopuristimella halutun muotoisiksi kuten myös niiden vastakappaleet. Kiinnitys tapahtuu M10x40 -ruuveilla alempiin osiin tehtyihin M10x1,5 -kierteisiin (kuva 5).

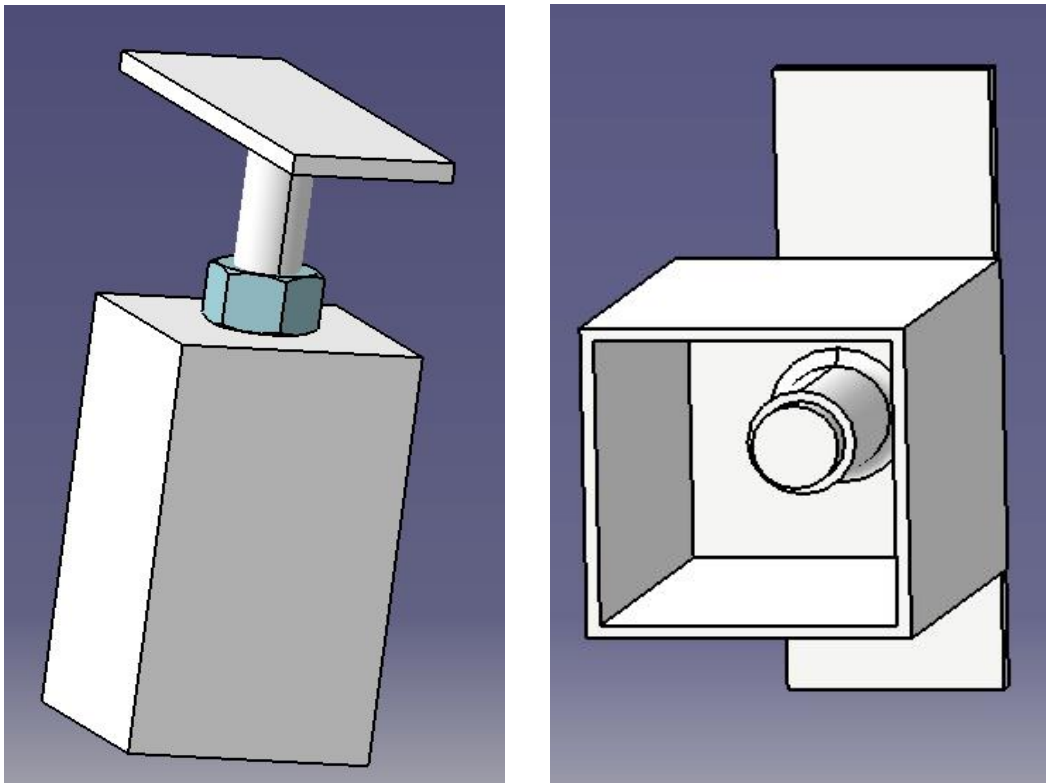


Kuva 5. Säädettävä akselikiinnike

2.4 Säädettävän etukiinnikkeen suunnittelu

Etukiinnikkeen runkona on 40 x 40 x 2 mm:n neliöputki, jonka yläpäähän hitsataan 3 mm:n teräslevy, johon puolestaan tehdään reikä 20 x 2 mm:n pyöreälle putkelle. Tämä putki hitsataan alapuolelta kiinni tähän levyyn. Putken sisälle tulee M16 -kierretanko, jolla säädetään etukiinnikkeen korkeus halutuksi tangossa olevan mutterin avulla. Taka-akselia vasten tuleva lattarauta on tarkoituksella kokoa 120 x 40 mm, jotta mahdolliset kardaanilähdön poikkeamat taka-akselin keskilinjalta voidaan huomioida (kuva 6).

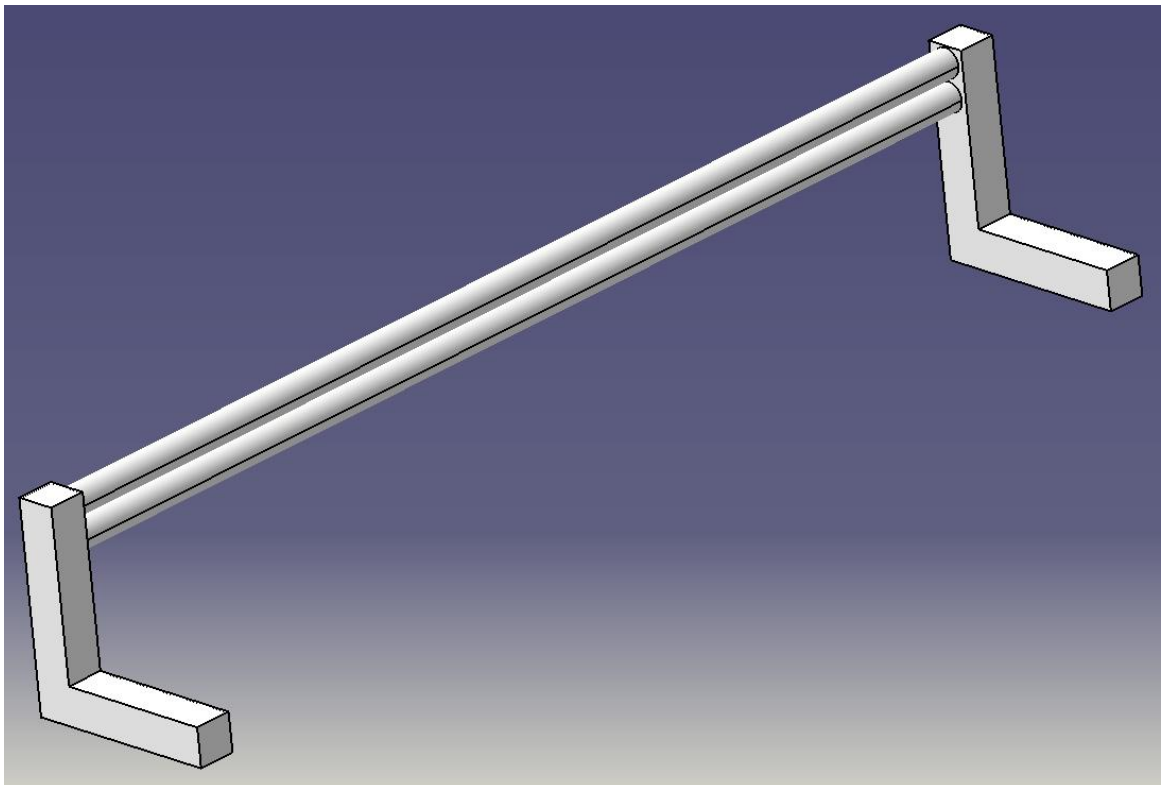
Taka-akselin etukiinnike hitsataan alustaan kiinni tukemaan taka-akselin koteloa suunnilleen kardaanilaipan takapuolelta. Etukiinnikkeestä tehtiin korkeudeltaan säädettävä, jotta saadaan säädettyä taka-akselille haluttu kardaanilaipan kulma. Tätä kulmaa käsitellään tarkemmin myöhemmin taka-akselin hitsausjigiin kiinnittämisen yhteydessä.



Kuva 6. Säädettävä taka-akselin etukiinnike

2.5 Linkkitankojen etukorvakkeiden telineen suunnittelu

Säädettävien linkkien etukiinnityksien telineen runkoon käytetään 60 x 60 x 2,5 mm:n neliönmuotoista ohutseinäputkea. Etukiinnikkeiden liukuputket ovat 44,5 x 2 mm:n pyöreää ohutseinäputkea. Neliöputket hitsataan kahteen L-kirjaimen muotoon, mitat pituus 300 mm ja korkeus 322 mm ja päädyt hitsataan umpeen teräslevyillä lähinnä ulkonäkösyistä. Näiden väliin hitsataan 2 kpl 44,5 x 2 mm:n putkia, pituus 1680 mm, jotka toimivat linkkitankojen etukorvakkeiden luikuina. Nämä putket mahdollistavat linkkitankojen etupäiden kiinnityskohtien sivuttaisen säädön. Linkkitankojen etukorvakkeet täytyy asentaa paikalleen ennen kuin viimeisen L-tuen hitsaa kiinni telineeseen. Tämän telineen mitoitus on määritelty niin, että näiden kahden liukutangon keskipisteen korkeus on sama kuin hitsausjigiin kiinnitettävän taka-akselin akseliputken keskipisteen korkeus hitsausjigin alustantasosta mitattuna. Näin mahdollistetaan laaja säätöalue linkkitankojen asennuskulmille. (kuva 7)

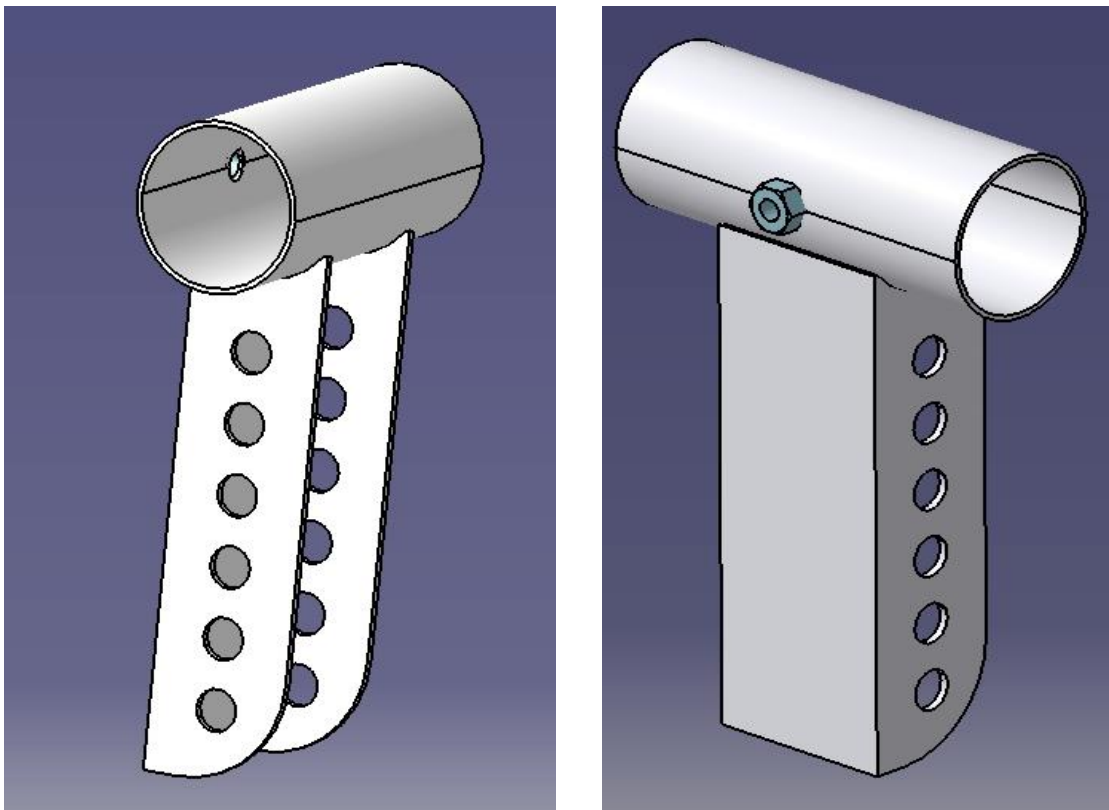


Kuva 7. Linkkitankojen etukorvakkeiden kiinnitysteline

2.6 Alapuolen linkkikorvakkeiden suunnittelu

Alapuoliset linkkitankojen kiinnityskorvakkeet ovat yksinkertaisemmat, sillä taka-akselin alapuoliset linkkitangot kulkevat lähes poikkeuksetta auton pituusakselin suuntaisesti, joten nämä ovat ainoastaan sivusuunnassa säätävät. Tämän sivusäädön avulla saadaan taka-akseli sovitettua erilaisiin automalleihin, sillä eri malleissa on toisistaan poikkeava alalinkkien välinen etäisyys. Tietenkin myös linkkitankojen etukiinnityksen korkeutta voi säätää, mutta se tapahtuu korvakkeissa olevien reikien avulla.

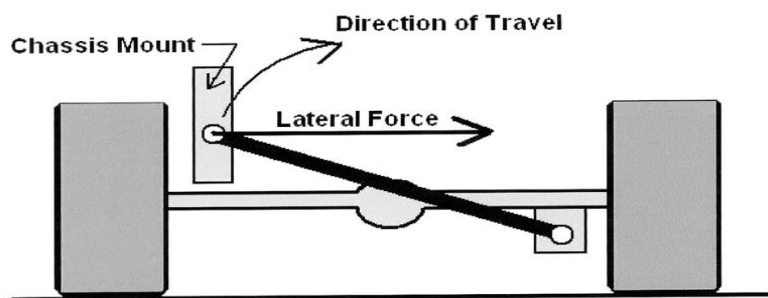
Nämä alapuoliset linkkitankojen kiinnityskorvakkeet ovat 2,5 mm:n ohutlevystä kanttaamalla tehtyä U-profiilia, mittoina 55 x 40 x 2,5 mm, pituus 150 mm. Näihin U-profiileihin tehdään 12 mm:n reiät 20 mm:n jaolla linkkitangon etupään kiinnityksen korkeudensäätöä varten. Nämä U-profiilit hitsataan 48 x 1,5 mm:n pyöreisiin putkiin, pituus 120 mm, jotka toimivat tarkkoina liukuina linkkitankotelineessä olevien 44,5 mm:n putkien päällä liukuen. Kiinnityskorvakkeisiin tehdään lukitus hitsaten korvakkeen liukuputkeen M8 -mutterit, joista lukitus voidaan tehdä sopivilla M8 -ruuveilla (kuva 8). Yhdensuuntaisuus varmistetaan reikien läpi työnnettävällä 12 mm:n terästangolla.



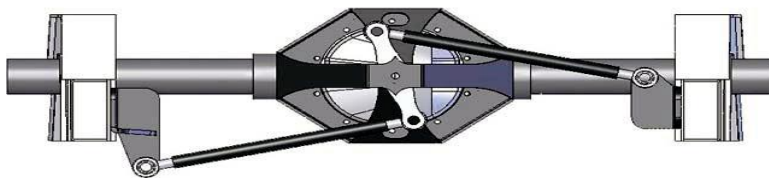
Kuva 8. Alapuolinen linkkikorvake

2.7 Säädetävien yläpuolen linkkikorvakkeiden suunnittelu

Nämä yläpuolen linkkikorvakkeet ovat muuten samanlaiset kuin alapuoliset, mutta näissä täytyy olla myös mahdollisuus asentaa linkkitangot tiettyyn kulmaan ajoneuvon pitkittäisakseliin nähden. Sillä joissain autoissa, esim. Toyota Starletissa, joka on hyvin suosittu auto ralleissa, ylemmät linkkitangot ovat asennettu vinoon. Tällä rakenteella ei tarvita erillistä Panhard-tukitankoa (kuva 9) tai Watt-linkkiä (kuva 10), sillä tuo yo. linkkitankorakenne myös estää taka-akselin sivuttaisliikkeen.

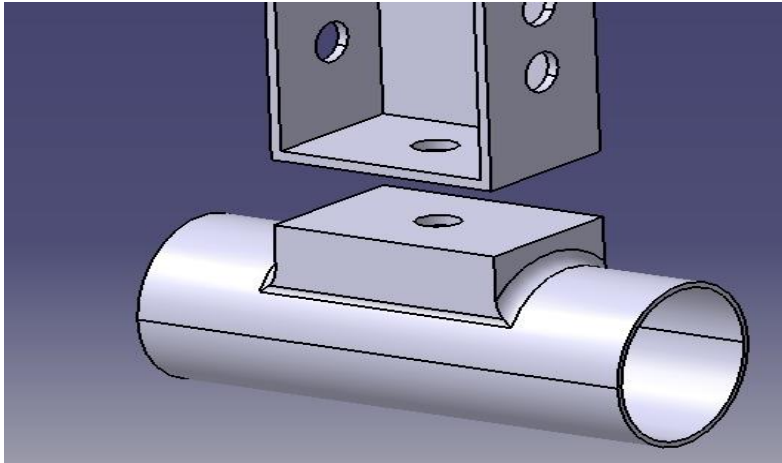


Kuva 9. Panhard-tanko (7)

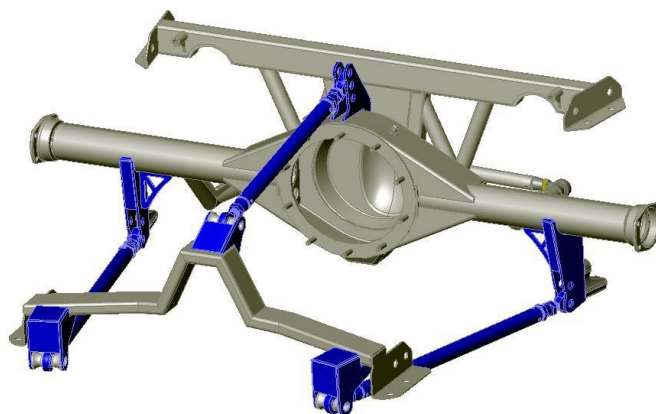


Kuva 10. Watt-linkki (8)

Säädettävyys on toteutettu kääntyvällä yläosalla, joka kiristetään M10x15 -ruuvilla haluttuun kulmaan alempaan osaan tehtyyn M10x1,5 -kierteellä olevaan reikään (kuva 11). Korvakkeet saadaan lukittua myös suoraan niiden reikien kautta kulkevalla sopivalla 12mm:n umpiterästangolla. Tietenkin voidaan jättää myös toinen ylälinkkikorvakkeista käyttämättä, tällöin saadaan tehtyä 3-linkkituenta (kuva 12), jossa siis käytetään vain yhtä taka-akselin yläpuolista linkkitankoa. Tällöin se sijoitetaan taka-akselin keskilinjalle.



Kuva 11. Yläpuolen linkkikorvakkeen kulmansäädön mahdollistava rakenne

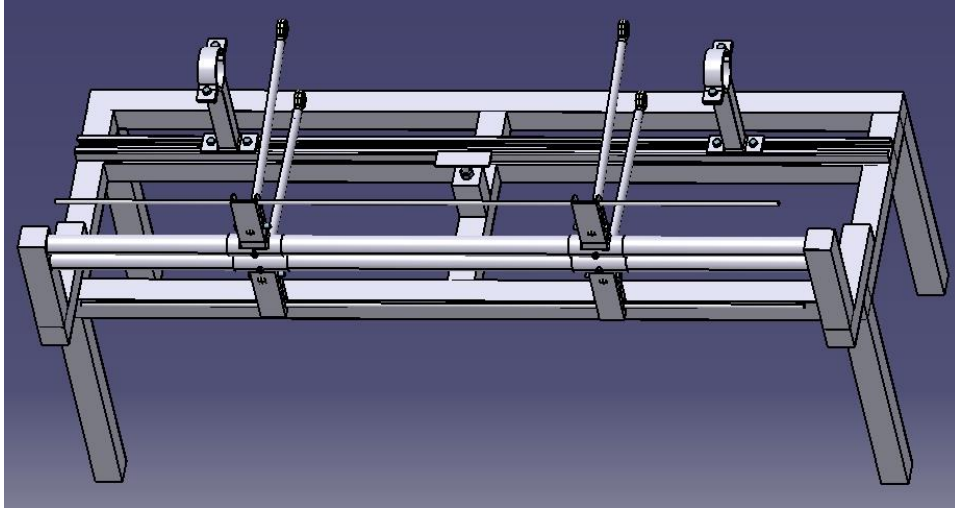


Lateral-Dynamics.com

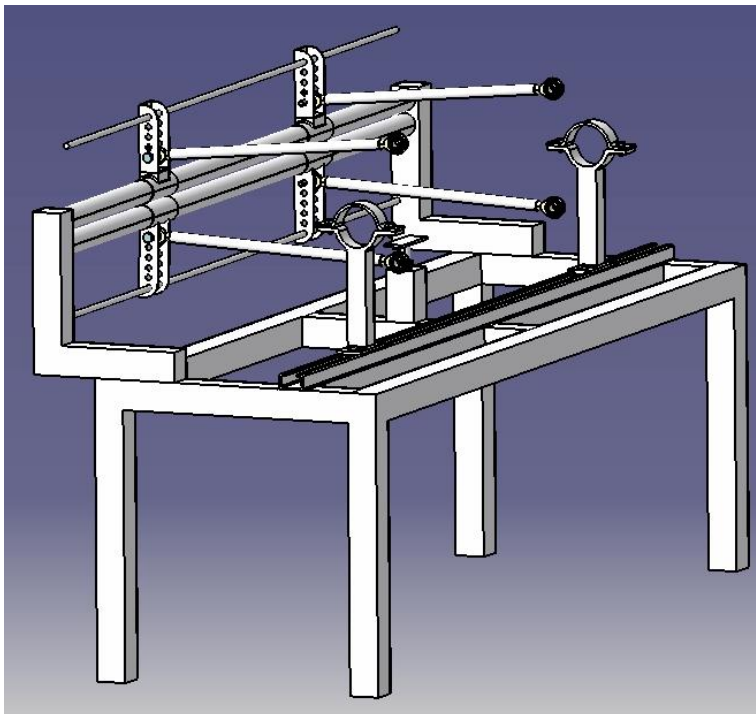
Kuva 12. 3-linkki tuenta (9)

2.8 Hitsausjigi kokonaisuutena

Tällainen hitsausjigi on kaikki osat asennettuna ja kuvattuna yhtenä kokonaisuutena. Kuvat on otettu suoraan Catia® V5R20 -ohjelmasta kuvakaappauksina (kuvat 13 ja 14).



Kuva 13. Hitsausjigi yläpuolelta



Kuva 14. Hitsausjigi sivusta

2.10 Taka-akselin kiinnittäminen hitsausjigiin

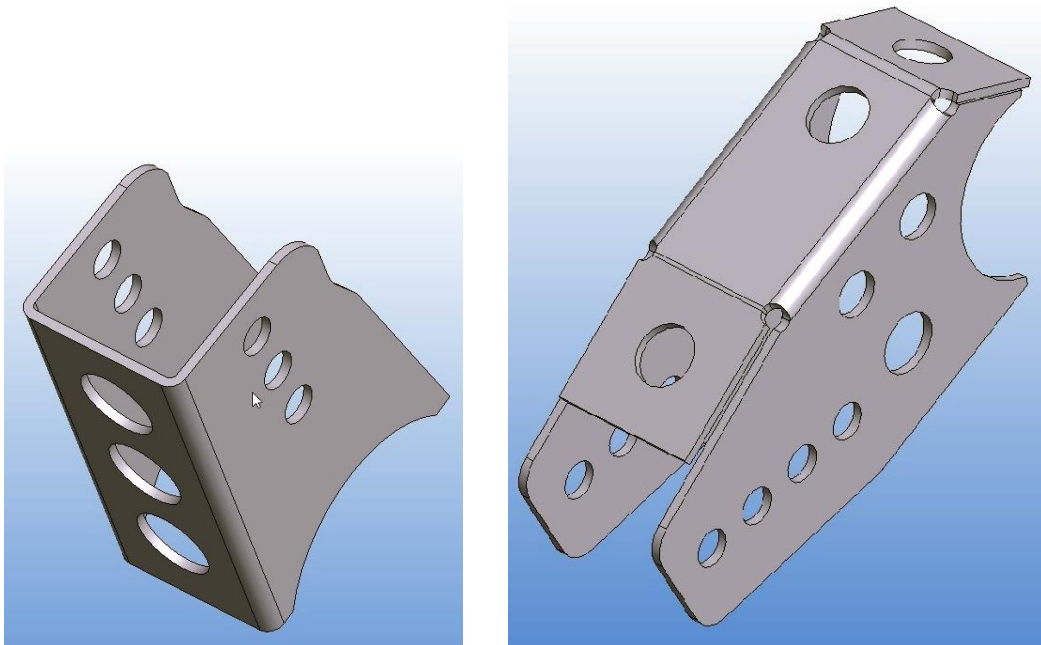
Hitsausjigi sijoitetaan suoralle alustalle, mittaus vesivaa'alla, tarvittaessa säädetään suoraan alustan putkien alle sopivilla peltilapuilla. Taka-akseli nostetaan hitsausjigissä olevien kiinnikkeiden päälle ja mitataan, että se tulee keskelle auton leveyssuunnasta katsoen. Hitsausjigissä on tätä varten keskikohdan merkki, josta sen saa helposti mitattua. Kun keskikohta on saatu mitattua, säädetään seuraavaksi kardaanilaipan kulma halutuksi. Säättö tapahtuu hitsausjigissä olevan etukiinnikkeen korkeutta säätämällä pyörittämällä M16 -mutteria (24 mm:n kanta) kierretangossa. Kulma mitataan astemitalalla (kuva 15), joka kiinnittyy magneetilla kardaanilaippaan. Suositeltu kulma on yleensä välillä 2–5° niin, että kardaaninlaippa osoittaa alaspäin pystytasosta.



Kuva 15. Wixey, Digitaalinen kulmamitta ja vatupassi - WR365 – magneeteilla (10)

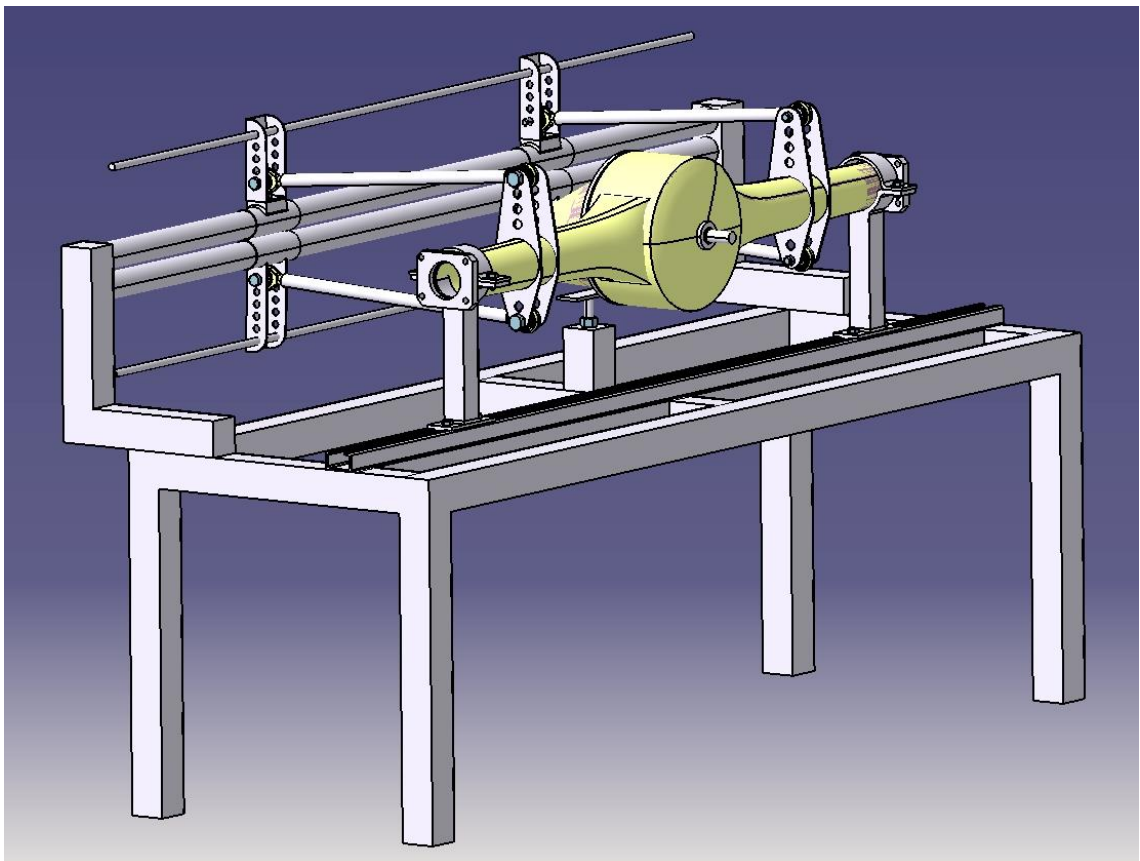
Tämän jälkeen taka-akseli lukitaan paikoilleen kiristämällä kiinnikkeiden pannoissa olevat M10 -ruuvit (17 mm:n kanta). Nyt taka-akseli on valmiina paikoillaan ja seuraavaksi kiinnitetään linkkitangot etukiinnikkeisiinsä. Tässä vaiheessa ei ole väliä, että mihin reikään korkeussuunnassa ne tulevat, sillä sitä tarkennetaan Exceliin auton tiedot syöttämällä ja asiakkaan kanssa keskustelemalla.

Seuraavaksi kiinnitetään valmiit kiinnityskorvakkeet linkkitankojen taka-akselin puoleisiin päihin. Näitä korvakkeita löytyy valmiina paljon erilaisia, eri akseleille tarkoitettuja ja edulliseen hintaan. Eli niitä ei kannata tehdä itse. Käytän tässä esimerkkinä Tmi Tommi Kaitolaa, jolta olen itse tilannut näitä korvakkeita (kuva 16). Hänellä on nettikauppa osoitteessa www.tommiengineering.com, josta löytyy paljon muutakin auton rakentamiseen liittyviä osia.



Kuva 16. Erilaisia kiinnityskorvakkeita, Tmi Tommi Kaitola (11)

Taka-akseli on kiinni hitsausjigissä, mitoitetuna paikoilleen ja linkkitankojen kiinnityskorvakkeet hitsausvalmiina paikoillaan (kuva 17). Kiinnityskorvakkeiden pysymisen paikoillaan voi halutessaan varmistaa linkkitankojen ympärille kiinnitetyllä ”mustekalalla” eli pyöreällä joustavalla kumi-kangasnauhalla, jossa on koukut päissä. Seuraava vaihe on itse hitsaaminen. Ensin kannattaa kuitenkin silloittaa korvakkeet paikoilleen, eli pienillä hitsauspisteillä eri puolilta kiinni minimoidakseen lämmöstä johtuvaa vääntymistä. Sitten tapahtuu varsinainen hitsaaminen. Se voidaan tehdä joko MIG- tai TIG-hitsauksena. TIG-hitsauksella saadaan parempi ja hienompi saumanlaatu, mutta aina ei ole tätä hitsauskonetta saatavilla, joten tavallinen MIG-hitsaus kelpaa hyvin. Tällä menetelmällä ei tule myöskään niin suuria lämpökuormia kappaleeseen kuin TIG-hitsauksella, joten lämmöstä aiheutuvien muodonmuutoksien vaarakin pienenee.



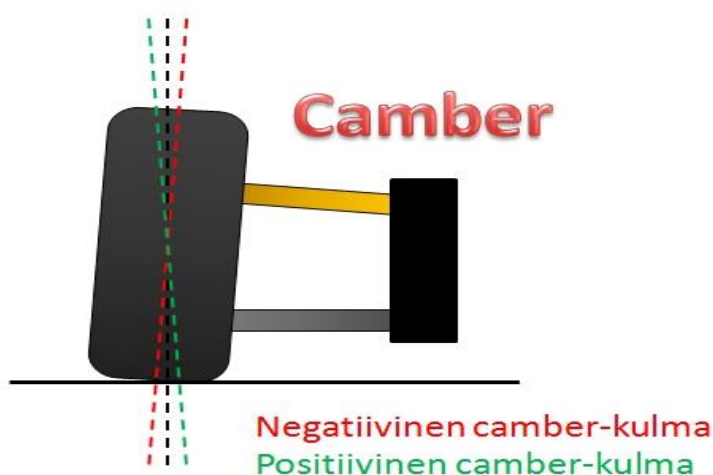
Kuva 17. Taka-akseli kiinnitettyä hitsausjigiin, mallinnettu Catia® V5R20 –ohjelmalla.

3 Asentokulmat

Koska tässä insinööriyössä käsitellään jäykkää taka-akselia, en katsonut aiheelliseksi käsitellä muita ohjaus- ja akselikulmia kuin niitä jotka liittyvät ko. taka-akselirakenteeseen. Näitäkään kulmia ei pystytä säätämään muuten kuin lämpöä hyväksi käyttäen, eli taka-akseliputkeen hitsataan hitsipalkoja suurella virralla haluttuihin kohtiin ja jäähtyessään metalli kutistuu ja kääntää akseliputkia haluttuun suuntaan. Hitsaus tehdään aina sille puolelle, minne haluat putken kääntyvän. Tällä menetelmällä saadaan säädettyä vähäisiä kulmamutoksia. Liikaa yrittäessä tulee laakereille liikaa sivuttaisrasitusta ja ne alkavat melko pian ääntämään käytössä. Jos niitä ei tässä vaiheessa vaihdeta uusiin, seurauksena on laakeririkko.

3.1 Camber

Camber-kulma on tärkeimpiä renkaan kaarrepitoon vaikuttavia kulmia, ja sillä tarkoitetaan pyörän sivukallistumaa eli pyörän keskiviivan ja pystysuoran välistä kulmaa suoraan edestä tai takaa katsottuna (kuva 18). Camber-kulma voi olla positiivinen tai negatiivinen. Negatiivisesta puhutaan silloin, kun mitta renkaiden yläpäältä on lyhyempi kuin mitta alapäältä mitattuna, ja positiivinen kulma on taas, kun renkaiden yläpäiden mitta on suurempi kuin alapäistä mitattu. Yleensä normaaleissa sarjatuotantoautoissa pidetään tärkeämpänä renkaan tasaista kulumista kuin parempaa kaarrepitoa, joten Camber-kulma säädetään lähelle nollaa eli rengas on pystysuorassa.



Kuva 18. Camber-kulma (12)

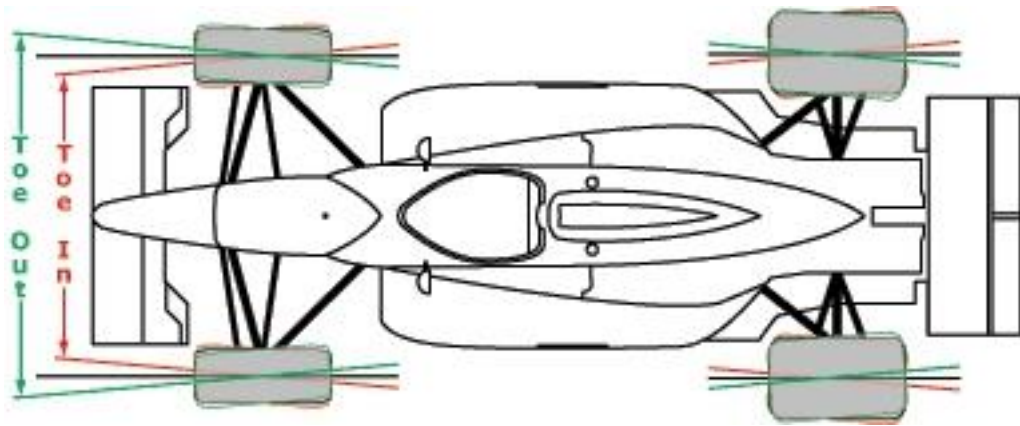
Kilpakäytössä ei ole suurta painoa renkaan kestävyydellä, joten kulma voidaan säätää halutuksi pidon maksimoinnin kannalta. Tämä tarkoittaa negatiivista Camber-kulmaa. Sillä ajettaessa mutkassa keskipakovoima kääntää auton koria ulkokurviin ja negatiivisella Camber-kulmalla varustettu pyörä kääntyykin suoraan rataa vasten, joten pito on maksimaalinen. Negatiivinen Camber-kulma mitoitetaan yleensä siten, että ulkokaarteiden puoleinen pyörä on pystysuorassa tiehen nähden täydellä korin kallistumalla. Yleensä taka-akselille Camber-kulma säätäessä tavoite on välillä $0-0,15^\circ$. (13, s. 6.)

3.2 Auraus ja haritus

Pyörien aurauksella ja harituksella tarkoitetaan niiden pitkittäisvinoutta auton pituusakseliin nähden. Kun pyörien etureunat ovat lähempänä toisiaan kuin niiden takareunat, on kyseessä auraus. Jos taas pyörien etureunat ovat kauempana toisistaan kuin niiden takareunat, on kyseessä haritus (kuva 19).

Aurauskulmien pääasiallisena tehtävänä on Camber-sivuvoimien, renkaiden vierintävastuksesta johtuvien voimien ja vetovoimien kumoaminen. Camber-kulmasta johtuvaa renkaan kulumista ei tällä kulmalla kuitenkaan voida poistaa, mutta sillä ei kilpailukäytössä ole suurta merkitystä.

Taka-akselin aurausta säädettäessä on voimassa samat säännöt kuin etuakselillakin. Yleisesti voidaan sanoa, että aurausta suurennettaessa paranee auton suuntavakaavuus suoraan ajettaessa, etenkin kovissa nopeuksissa. Haritukselle mentäessä vaikuttaa päinvastoin, toisin sanoen auto muuttuu yliohjaavammaksi kaarteissa ja suoraan ajettaessa kovemmilla nopeuksilla saattaa esiintyä vaeltamista. Taka-akselille yleensä sopivana aurauksena on pidetty 1–3mm:ä. (13, s. 20.)



Kuva 19. Auras ja haritus, auras on merkitty punaisella (Toe In) ja haritus vihreällä (Toe Out)
(14)

4 Ajodynamiikka

Kuten edellisessä, pyörien asentokulmia käsittelevässä aiheessa, en tässäkään katso tarpeelliseksi käsitellä muita kuin jäykkää taka-akselia koskevia ajodynamiikan kohtia. Sillä niillä ei ole merkitystä taka-akselin tukivarsien kiinnityspisteiden määrittämiselle.

4.1 Massakeskipiste eli painopiste

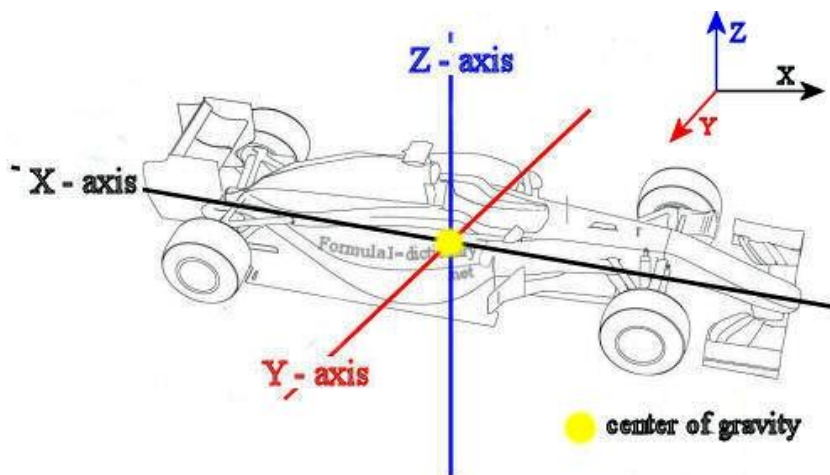
Auton dynamiikan kannalta tärkeitä massakeskipisteitä on kolme:

- koko ajoneuvon massakeskipiste
- jousitetun massan eli korin massakeskipiste
- jousittamattoman massan eli akselistojen massakeskipiste (15, s. 386).

Tässä yhteydessä tyydytään tutkimaan koko ajoneuvon massakeskipistettä. Tämä lähinnä jousitetun massan keskipisteen määrittelemisen hankaluudesta johtuen. Lisäksi tämän tyyppisessä jousitustarkastelussa voidaan pitää ajoneuvon massa-keskipisteen käyttämistä riittävänä haluttuihin tarkkuuksiin pääsemiseksi. Toisaalta massakeskipiste myös vaihtelee polttoaineen ja matkustajien määrän mukaan. Massakeskipisteestä voidaan käyttää myös nimitystä painopiste. Massakeskipisteen sijainnilla on hyvin keskeinen vaikutus auton ajodynamiikkaan. Massakeskipisteen pituussuuntaisella sijainnilla etu- tai taka-akseliin nähden sekä pystysuuntaisella sijainnilla tienpintaan nähden on vaikutusta seuraaviin:

- jarrutus- ja kiihdytyskyky
- ylämäessä etenemiskyvyn määrittely
- jarru- ja nelivetojärjestelmien suunnittelu
- ajodynamiikka
- korin hitausmomentit. (15, s. 386.)

Massakeskipiste on kohta, josta tuettuna auto on täysin tasapainossa asennosta riippumatta ja sen sijainnilla on merkittävä osa auton käyttäytymiselle (kuva 20). Massakeskipiste pyritään kilpailukäytössä saamaan aina mahdollisimman alas, poikkeuksena kiihdytysautot (Drag Racing), joissa etusijalla on painon siirtyminen takapyörille lähtöhetkellä. Tehokkain keino madaltaa massakeskipistettä on madaltaa korin korkeutta. Seurauksena tästä maavara tietenkin pienenee, joten tämä tulee kysymykseen lähinnä rata-autoissa. Jonkin verran massakeskipistettä saadaan alennettua myös sijoittamalla kaikki painava mahdollisimman alas koriin. Esimerkiksi polttoainesäiliöille ja akulle voidaan tehdä upotukset tavaratilan lattiaan sääntöjen niin salliessa. Samoin voidaan valita kevyemmät istuimet ja asentaa ne mahdollisimman alas, ainakin kartanlukijan istuin. (13, s. 28.)



Kuva 20. Massakeskipiste (16)

Massakeskipiste voidaan jakaa komponentteihin auton pituus-, korkeus- ja leveys-suunnan mukaan. Leveysuunnalla on taka-akselin linkkitankojen kiinnityspaikkojen suhteen vain hyvin pieni merkitys, joten keskityn tässä ainoastaan massakeskipisteen pituus- ja korkeuskohdan määrittelyyn.

4.1.1 Pituussuuntaisen massakeskipisteen laskeminen

Pituussuuntaisen paikan selvittämiseksi auton jokaisen pyörän alle asetettiin vaa'at, joilla saatiin mitattua jokaisen auton pyörän kautta maahan kohdistuva paino. Etu-akselipaino saatiin laskemalla vasemman (m_{ev}) ja oikean (m_{eo}) pyörän painot yhteen. Taka-akselipaino puolestaan saatiin laskemalla takapyörien vastaavat painot yhteen (m_{tv} ja m_{to}):

$$m_e = m_{ev} + m_{eo} \quad (\text{kg}) \quad (1)$$

$$m_t = m_{tv} + m_{to} \quad (\text{kg}) \quad (2)$$

Auton kokonaispaino saatiin laskemalla yhteen etu- ja taka-akselipainot. Laskettu etu-akselin paino (m_e), sekä laskettu taka-akselin paino (m_t), antavat kokonaispainon (m_{kok})

$$m_{kok} = m_e + m_t \quad (\text{kg}) \quad (3)$$

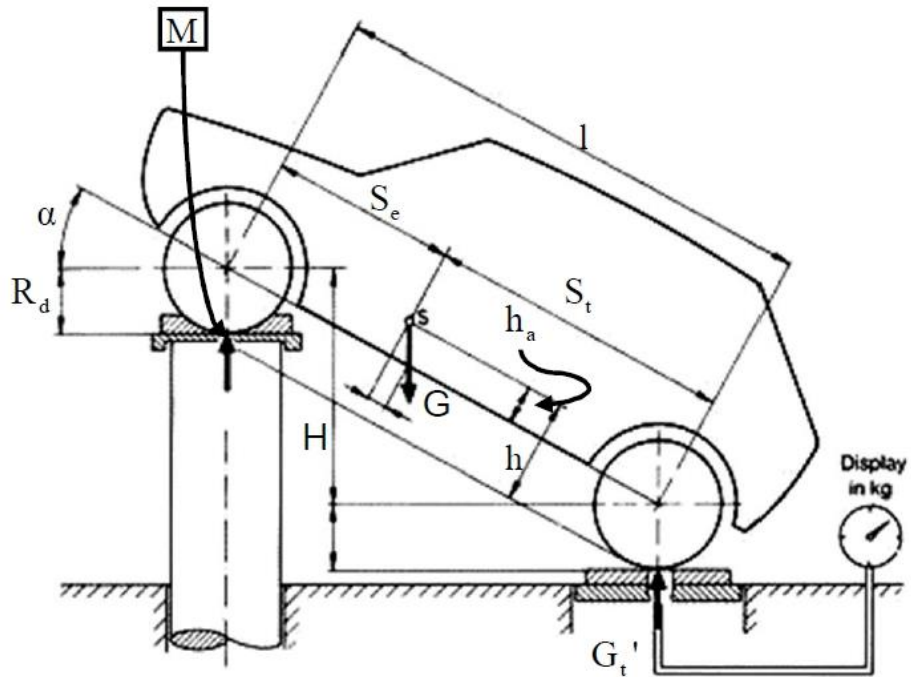
Massakeskipisteen etäisyys etuakselista (l_e) ja taka-akselista (l_t) saadaan laskettujen akselipainojen suhteesta kokonaispainoon kerrottuna akselivälillä (l).

$$l_e = l * \frac{m_t}{m_{kok}} ; \quad = l * \frac{m_e}{m_{kok}} \quad (4)$$

(15, s. 388.)

4.2 Korkeussuuntaisen massakeskipisteen laskeminen

Massakeskipisteen korkeus on yksinkertaisinta määrittellä ns. punnitusmetodilla. Auton taka-akseli on edelleen vaakojen päällä ja etuakseli on nosturin päällä, jotta auton etupäätä voidaan nostaa. Takavaakojen alle laitetaan mahdolliset nosturin alkukorkeutta kompensoivat palat, jotta auto on alkutilanteessa aivan suorassa. Seuraavaksi asennetaan lukituspalikat auton takajousituksen väliin, jottei se jouta keulaa nostaessa ja vääristä tuloksia. Sitten auton etupäätä nostetaan nosturilla ylöspäin tiettyyn korkeuteen ja kirjataan korkeuden mitta (H) samoin kuin taka-akselilla olevien vaakojen lukemat (m'_{tv} ja m'_{to}) (kuva 21). (17, s. 73.)



Kuva 21. Massakeskipisteen korkeuden määrittäminen (17, s. 74.)

Kuvasta nähdään
$$\tan \alpha = \frac{H}{\sqrt{l^2 - H^2}} \quad (5)$$

joten
$$h_a = \frac{l^2}{H} * \frac{m'_t - m_t}{m_{kok}} * \sqrt{1 - \frac{H^2}{l^2}} \quad (6)$$

massakeskipisteen korkeus on

$$h = h_a + R_d \quad (7)$$

5 Office Excel -laskentapohja

Toteutin yksinkertaisen laskentapohjan helpottamaan massakeskipisteen sijainnin laskentaa Microsoft Officen Exceliä apuna käyttäen. Esimerkkiautona käytin omaa SS-luokan (Special Saloon) Rallisprint-autoa (kuva 22).



Kuva 22. Toyota Corolla DX, ryhmä SS

Tästä kilpa-autosta mitattiin mitattiin taulukossa 1 esitetyt alkutiedot

Taulukko 1. Auton perustiedot

	Vasen	Oikea
Etuakseli	240 kg	240 kg
Taka-akseli	240 kg	230 kg
Akseliväli	2,43 m	
Pyörän halkaisija	0,62 m	

Seuraavaksi lukittiin takajousitus joustamattomaksi, nostettiin auton etupää nosturilla ylös ja merkittiin muistiin nostokorkeus (H) ja takapyörien alla olevien vaakojen lukemat (m'_{tv} ja m'_{to}) taulukkoon 2.

Taulukko 2. Mittaustulokset auton etupää nostettuna

H	0,55 m
m'_{tv}	250 kg
m'_{to}	240 kg

Näillä alkuarvoilla ja mittaustuloksilla saatiin käyttämällä kaavoja (1–7) massakeskipisteen korkeudeksi maanpinnasta 0,53 m (kuva 23).

36									
37	Annetuilla arvoilla auton massakeskipisteen korkeudeksi pyörän keskipisteestä on:							0,220	m
38									
39	Eli auton massakeskipisteen korkeus maasta on:							0,530	m
40									
41	Taka-akselin linkkitankojen kuviteltujen jatkeiden tulee kohdata tässä pisteessä, eli								
42	1,20m etuakselista taaksepäin ja 0,75m korkeudella maasta, tämä on linkkien säätämisen aloituspiste								
43									

Kuva 23. Massakeskipisteen korkeus

Kyseisestä Excel-laskentapohjasta saa laskettua myös massakeskipisteen pituus- ja poikkisuuntaisen sijainnin. Laadin Excel-laskentapohjaan myös ohjeet, kuinka mittaus-tapahtuma suoritetaan, jotta asiakkaat voivat halutessaan laskea myös omien autojen-sa massakeskipisteen sijainnin. (liite 6.)

6 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella täysin säädettävissä oleva hitsausjigi, joka soveltuisi kaikille jäykille taka-akseleille. Suunnittelu aloitettiin tutustumalla eri automallien taka-akselien mitoitukseen. Erityisesti oli perehdyttävä niiden leveyksiin, sillä ne määrsivät hitsausjigin alustan perusmitoituksen.

Kun tarpeellinen määrä erikokoisia taka-akseleita oli mitattu ja saatu selville minimi- ja maksimileveydet, suunniteltiin 3D-malli hitsausjigistä käyttäen Metropolia Ammattikorkeakoulun Catia® V5R20 -ohjelmaa.

Tähän suunnitteluprosessiin liittyi myös Office Excelillä tehtävä yksinkertainen laskentaohjelma, jolla saatiin laskettua auton painopisteen sijainti pituus- ja korkeussuunnassa. Tätä pistettä käytetään tukivarsien kulmien perusasetuksena aloitettaessa säätämään tukivarsien kulmia asiakkaan auton ja hänen harrastamansa lajin vaatimuksien mukaan.

Tämän insinööriyön tavoitteet saavutettiin suunnittelun osalta täydellisesti, sillä nyt on olemassa valmiiksi suunniteltu ja piirretty projekti materiaalivalintoineen tulevaisuudessa tapahtuvaa hitsausjigin rakentamista varten. Tällä kertaa ei ollut kuitenkaan valitettavasti mahdollista toteuttaa suunnitelmaa käytännössä johtuen aikapulasta sekä perheellisen aikuisopiskelijan huonosta taloustilanteesta. Suunnitelmana on kuitenkin toteuttaa tämän hitsausjigin rakentaminen ensi tilassa, kun olen opintojen päätyttyä työllistynyt ja taloudellinen tilanteeni on hieman parantunut.

Tämä projekti tulee hyödyttämään suurella määrällä minua omassa harrastetoiminnassani sekä avaa mahdollisuuksia tulevaisuudessa pieniin lisäansioihin kenties toimintien perustamisen kautta.

Lähteet

- 1 Moparwiki.com. 2013. Verkkodokumentti. Moparwiki.
< <http://www.moparwiki.com/images/thumb/a/ae/875rearend.jpg/350px-875rearend.jpg>>. Päivitetty 28.9.2013. Luettu 8.4.2014.
- 2 4- LINK TAKAPÄÄ(korvat+paikallaan säätettävät- tukivarret). 2014. Verkkodokumentti. T:mi Tommi Kaitola. < <http://www.tommyrace.fi/link-takapaakorvatpaikallaan-saadettavat-tukivarret-p-1661.html>>. Luettu 8.4.2014.
- 3 AKK Motorsport - Lajit. 2009. AKK-Motorsport ry. <<http://www.autourheilu.fi/lajit/>>. Luettu 8.4.2014.
- 4 jalopyjournal.com. 2006. Verkkodokumentti. The Jalopy Journal.
<<http://www.jalopyjournal.com/forum/attachment.php?attachmentid=503767&d=1222264688>>. Luettu 8.4.2014.
- 5 Ohutseinäputket eli huonekaluputket standardin EN 10305-3 mukaisesti. 2014. Verkkodokumentti. Ruukki Oy. <<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-jaratkaisut/Terastuotteet>>. Luettu 8.4.2014.
- 6 OK Autrod 12.51. 2013. ESAB Oy. Verkkodokumentti.
<<http://products.esab.com/Templates/T041.asp?id=9497>>. Luettu 8.4.2014.
- 7 Race Car Chassis – Rear Moment Center – Circle Track Magazine Page 3. 2014. Verkkodokumentti. Circle Track Magazine.
<http://www.circletrack.com/chassisteck/ctrp_1002_race_car_chassis/rear_moment_center.html>. Luettu 9.4.2014.
- 8 Watts link or just a brace?. 2014. Verkkodokumentti. AE86 Driving Club.
<<http://www.ae86drivingclub.com.au/forums/showthread.php/14536-watts-link-or-just-a-brace>>. Luettu 9.4.2014.
- 9 Bygga 3 link 745?? Tips och ideer. 2013. Verkkodokumentti. Sävar Turbo Site.
< <http://forum.savarturbo.se/viewtopic.php?f=23&t=77121&start=15>>. Luettu 11.4.2014.
- 10 Digitaalinen kulmamittausboksi - kulmamitta ja vatupassi. 2013. Verkkodokumentti. Nettiverstas. <<http://www.je-nettiverstas.fi/mittaus-ja-merkitseminen/wixey-digitaalinen-kulmamitta-ja-vatupassi-wr365-magneeteilla.html>>. Luettu 11.4.2014.
- 11 Korva 3- reikäinen R42.5 Hiace, Pajero 50mm. 2014. Verkkodokumentti. T:mi Tommi Kaitola. <<http://www.tommyrace.fi/korva-reikainen-r425-hiace-pajero-50mm-p-804.html>>. Luettu 11.4.2014.

- 12 Auton säädöt, osa 5. – Camber, Caster, Toe. 2014. Verkkodokumentti. Lehtojärvi.net. <<http://lehtojarvi.net/blog/2012/01/13/auton-saadot-osa-5-%E2%80%93-camber-caster-toe/>>. Luettu 12.4.2014.
- 13 Mauno, Esko. 1991. Virittäjän Käsikirja 2, alusta. Helsinki: Alfamer Oy.
- 14 Tire Tech Information – Alignment. 2014. Verkkodokumentti. Tire Rack.com. <<http://www.tirerack.com/tires/tiretech/techpage.jsp?techid=4>>. Luettu 12.4.2014.
- 15 Reimpell, Jörnßen & Stoll, Helmut. 1996. The automotive chassis : engineering principles. Warrendale. PA : Society of Automotive Engineers SAE.
- 16 Motions of Formula 1 car. 2014. Verkkodokumentti. Formula 1 Dictionary. <http://www.formula1-dictionary.net/motions_of_f1_car.html>. Luettu 13.4.2014.
- 17 Oikarinen, Pasi. 2011. Auton ajodynamiikka AT10. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Neliönmuotoiset Form 220- ja 370-ohutseinäputket

Neliönmuotoiset Form 220- ja 370-ohutseinäputket

Mitat

Ulko- mitat H x B mm	Seinämän paksuus (T) mm / Paino kg/m						
	0.9	1	1.25	1.5	2	2.5	3
12,7 x 12,7	0.332	0.366	0.447	0.524			
15 x 15	0.397	0.438	0.537	0.632			
16 x 16	0.425	0.469	0.576	0.679	0.872		
19 x 19		0.564	0.694	0.82	1.06		
20 x 20		0.595	0.733	0.868	1.12		
22 x 22		0.658	0.812	0.962	1.25	1.52	
25 x 25		0.752	0.93	1.1	1.44	1.76	
25,4 x 25,4		0.764	0.945	1.12	1.46	1.79	
30 x 30		0.909	1.13	1.34	1.75	2.15	2.39
32 x 32		0.972	1.2	1.43	1.88	2.31	2.58
35 x 35		1.07	1.32	1.57	2.07	2.54	2.86
40 x 40			1.52	1.81	2.38	2.93	3.33
50 x 50			1.91	2.28	3.01	3.72	4.28
55 x 55				2.52	3.32	4.11	4.47
60 x 60				2.75	3.64	4.5	5.22
80 x 80				3.69	4.89	6.07	7.1
100 x 100				4.64	6.15	7.64	8.99

Putkia voidaan valmistaa eri mitoilla sopimuksen mukaan.

Merkityn mitta-alueen murtovenymäarvot ovat +CR1 luokituksen mukaiset.

Form 220 -putkien murtovenymä on vähintään 8 %, ja Form 370 -putkien murtovenymä on vähintään 8 %.

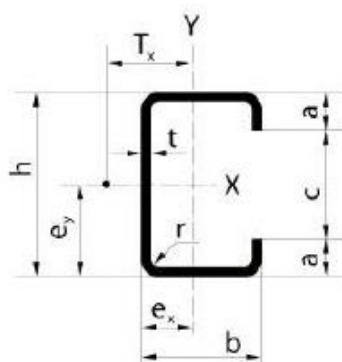
Toleranssit

Ulkomitat Pidempi sivu, H ²⁾	Toleranssit ¹⁾
H ≤ 25 mm	±0,20 mm
25 < H ≤ 35 mm	±0,25 mm
35 < H ≤ 50 mm	±0,30 mm
50 < H ≤ 60 mm	±0,35 mm
60 < H ≤ 70 mm	±0,40 mm
70 < H ≤ 80 mm	±0,50 mm
80 < H ≤ 90 mm	±0,60 mm
90 < H ≤ 100 mm	±0,65 mm
100 < H ≤ 150 mm	±0,70 mm

C-profiilit

C-profiilit

Mitat



Merkintäesimerkki

C 14/30/50/30/14 x 3 x 6000 - EN 10162 S235J2 - EN 10204-2.2

Profiilin tunnus	
Ulkomitat	
Seinämän paksuus	
Pituus	
Mittastandardi	
Teräslaji	
Ainesodistus	

Teräslaji: S235J2 EN 10025-2:2004, myös ¹⁾DC01 AM EN 10130

h	b	a	c	t	r	A	A _u	M	X - X	Y - Y				
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x 10 ²	m ² / mm	kg/ m	I mm ⁴ x 10 ⁴	W mm ³ x 10 ³	i mm x 10	I mm ⁴ x 10 ⁴	W mm ³ x 10 ³	i mm x 10
28 1)	15	8	12	2	2	1.22	0.13	0.95	1.25	0.89	1.01	0.34	0.39	0.53
30	30	10	10	2	2	1.94	0.2	1.52	2.7	1.8	1.18	2.28	1.39	1.08
34	19	8.5	17	2	2	1.52	0.16	1.19	2.48	1.46	1.28	7.13	0.63	0.69
50	30	14	22	3	3	3.55	0.24	2.78	2.51	5	1.88	4.24	2.42	1.09
50	40	10	30	3	3	3.91	0.27	3.07	15.48	6.19	1.99	7.59	3.13	1.39
100	50	15	70	3	3	6.31	0.43	4.95	97.73	19.55	3.94	20.52	6.25	1.80

A - Poikkileikkauspinta-ala
A_u - Ulkopinta-ala

M - Paino
I - Jäyhyysmomentti

W - Talvutusvastus
i - Jäyhyysäde

h	b	t	I _y	I _w	S _y	i _p	e ^x	e _y	T _x
mm	mm	mm	mm ⁴ x 10 ⁴	mm ⁶ x 10 ⁶	mm ³ x 10 ³	mm x 10	mm x 10	mm x 10	mm x 10
28	15	2	0.02	0.78	0.57	1.73	0.62	1.4	1.3
30	30	2	0.03	7.15	1.07	3.31	1.36	1.5	2.89
34	19	2	0.02	2.18	0.9	2.18	0.76	1.7	1.63
50	30	3	0.11	31.49	3.08	3.46	1.25	2.5	2.69
50	40	3	0.17	41.1	3.65	4.14	1.57	2.5	3.35
100	50	3	0.19	429.7	11.47	5.83	1.72	5	3.91

I_y - Vääntöjäyhyysmomentti

S_y - Painopisteakseleihin toiselle puolelle jäävä poikkipinnan staattinen momentti y-suuntaan

I_w - Käyräjäyhyys

T_x - Vääntökeskiön etäisyys painopisteestä (T_y = 0)

i_p - Polarinen jäyhyysäde

Theys = 7850 kg/m³

Yllä olevassa taulukossa näkyvät varastoprofiilit.

Pyöreät Form 220- ja 370-ohutseinäputket

Pyöreät Form 220- ja 370-ohutseinäputket

Mitat

Ulkomitta (D), mm	Seinämän paksuus (T) mm / Paino kg/m						
	0.9	1	1.25	1.5	2	2.5	3
15	0.313	0.345	0.424	0.499	0.641		
16	0.335	0.37	0.455	0.536	0.691		
18	0.38	0.419	0.516	0.61	0.789		
19	0.402	0.444	0.547	0.647	0.838		
20	0.424	0.469	0.578	0.684	0.888		
22	0.468	0.518	0.64	0.758	0.986	1.2	1.41
25	0.535	0.592	0.732	0.869	1.13	1.39	1.63
25.4	0.544	0.602	0.744	0.884	1.15	1.41	1.66
28	0.601	0.666	0.825	0.98	1.28	1.57	1.85
30	0.648	0.715	0.886	1.05	1.38	1.7	2
32		0.765	0.948	1.13	1.48	1.82	2.15
34		0.814	1.01	1.2	1.58	1.94	2.29
35		0.838	1.04	1.24	1.63	2	2.37
38		0.912	1.13	1.35	1.78	2.19	2.59
40		0.96	1.19	1.42	1.87	2.31	2.74
41		0.99	1.22	1.46	1.92	2.37	2.81
41.5		0.999	1.24	1.48	1.95	2.4	2.85
44.5		1.07	1.33	1.59	2.1	2.59	3.07
48			1.44	1.72	2.27	2.81	3.33
50			1.5	1.79	2.37	2.93	3.48
50.8			1.53	1.82	2.41	2.98	3.54
55			1.66	1.98	2.61	3.24	3.85
57			1.72	2.05	2.71	3.36	4
60			1.81	2.16	2.86	3.55	4.22
63.5			1.92	2.29	3.03	3.76	4.48
70				2.53	3.35	4.16	4.96
76.1				2.76	3.65	4.54	5.41
88.9				3.23	4.29	5.33	6.36
101.6				3.7	4.91	6.11	7.29
108				3.94	5.23	6.5	7.77
114.3				4.17	5.54	6.89	8.23
127				4.64	6.17	7.68	9.17
133				4.86	6.46	8.05	9.62

Putkia voidaan valmistaa eri mitoilla sopimuksen mukaan.

Merkityn mitta-alueen murtovenymäarvot ovat +CR1 luokituksen mukaiset.


ESAB-hitsauslisäainesuositukset

Hitsauslisäainesuositukset


Rautaruukin valmistamille yleisimmille teräksille

Teräs		Hitsiaine	Hitsauslisäaine 1) 3) 4) 5) 6)				
EN	Vanha standardi Rautaruukki (vanha Rautaruukki)	Vaatus XX Y 2)	Puikko OK	MAG- lanka OK Autrod	Täytelanka OK Tubrod OK Tubrod Metalli Jauhe		Jauhekaari OK Autrod+ OK Flux
Merkintä							
Yleiset rakenneteräkset							
S235JRG2	Fe37B	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S235J2G3	Fe37D	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S275JRG2	Fe44B	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S275J2G3	Fe44D	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S355J0	Fe52C	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S355J2G3	Fe52D	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S235JRG2	Perusteräs	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S355J2, S355K2	Moniteräs	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
Yleiset paineastiateräkset							
P235GH	HI, Fe37BP	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
-	Fe37DP	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P265GH	HI	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P295GH	17Mn4	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P355GH	19Mn6, Fe52BP	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
-	Fe52DP	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
Hienoraeteräkset: RAEX N-teräkset							
-	RAEX 235NL (RAEX 265)	35 5	48.08	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 235NL Arctic (RAEX 266 Arctic)	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
S275NL	RAEX 275NL (RAEX 305)	35 5	48.08	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 275NL Arctic (RAEX 306 Arctic)	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
S355N	RAEX 355N (RAEX 384)	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S355NL	RAEX 355NL (RAEX 385)	35 5	48.08	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 355NL Arctic (RAEX 386 Arctic)	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
S420N	RAEX 420N (RAEX 424)	42 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
S420NL	RAEX 420NL (RAEX 425)	42 5	48.08	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
Hienoraepaineastiateräkset							
P275N,	-	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P275NH	-	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P275NL1	-	35 5	48.00	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
P275NL2	-	35 5	48.00	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
P355N,	-	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P355NH	-	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
P355NL1	-	35 5	48.08	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
P355NL2	-	35 5	48.08	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
RAEX-hienoraepaineastiateräkset							
-	RAEX 265 P	35 4	48.00	13.28	14.05	15.17	13.27+10.62
-	RAEX 266 P Arctic	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 305 P	35 4	48.00	13.28	14.05	15.17	13.27+10.62
-	RAEX 306 P Arctic	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 345 P	35 4	48.00	13.28	14.05	15.17	13.27+10.62
-	RAEX 346 P Arctic	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 383 P	35 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
-	RAEX 384 P	35 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
-	RAEX 385 P	35 4	48.00	13.28	14.05	15.17	13.27+10.62
-	RAEX 386 P Arctic	35 6	73.68	13.28	14.04	15.11	13.27+10.62
-	RAEX 423 P	42 0	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
-	RAEX 424 P	42 2	48.00	12.51	14.12	15.14	12.22+10.71
-	RAEX 425 P	42 4	48.00	13.28	14.05	15.17	13.27+10.62



OK Autrod 12.51



Hitsaus & Leikkaus
Suomi

▶ ESAB Worldwide 

ETUSIVU
TUOTTEET
TUKI
HITSAUSTIETOA
AJANKOHTAISTA
YRITYSESITTELY
KUMPPANISIVUT

Tuotteet > Hitsauslisäaineet > OK Autrod 12.51
 

TUOTEHAKU

TUOTTEET

- Leikkausautomaatio
- Hitsausautomaatio
- Hitsauskoneet, leikkulaitteet ja varusteet
- Hitsauslisäaineet
- Käyttöturvaviedotteet - Safety Data Sheets
- Suoritusasoilmoitus (DoP)
- Esitteet

OK Autrod 12.51

Kuvaus
Tekniset tiedot

Luokitukset	Hyväksymiset		Tyypillinen analyysi (%)		Tyypilliset mekaaniset ominaisuudet, puhdas hitsiaine	
Weld Metal	ABS	3YSA	C	0,1	Myötölujuus, MPa 470	
	BV	SA3YM	Si	0,9	Murtolujuus, MPa 560	
EN ISO 14341-A	CE	EN 13479	Mn	1,5	Venymä, A4 % 26	
G 38 2 C1 3Si1	CWB	B-G 49A 3 C G6 (ER49S-6) (Lot Prefix ZG)	Tyypillinen langan analyysi		Venymä, A5 % 26	
EN ISO 14341-A	DB	42.039.06			Iskusitkeys	
G 42 3 M21 3Si1	DNV	III YMS			Lämpötila, °C	Iskusitkeys, J
Wire Electrode	GL	3YS			+20	130
	JIS	GYW12 (Lot Prefix ZG only)			-20	90
EN ISO 14341-A	LR	3YS			-40	98
G3Si1	NAKS/HAKCS					
SFA/AWS A5.18	PRS	3YS (C1)				
ER70S-6	RS	3YMS*				
CAN/CSA-ISO 14341	VdTÜV	00899				
B-G 49A 3 C G6	Approvals					

Halkaisija	2,0	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
Kaarijännite V	32-44	15-20	18-24	18-26	18-32	18-34	22-36	28-38
Hitsausvirta A	300-650	30-100	60-200	70-250	80-300	120-380	150-420	225-550
Langansyöttö m/min	2,3-12	5,5-13	3,2-13	3,0-12	2,7-15	2,5-15	2,3-12	2,3-12
Hitsiaineentuotto, kg/h	3,2-12,5	0,7-1,7	0,8-3,0	0,9-3,6	1,0-5,6	1,3-8,0	1,6-8,7	2,1-11,4

