

Simo Ylönen

TELA-ALUSTAINEN
MAASTOAJONEUVO

Suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka


Huhtikuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 29.04.2011	
Tekijä(t) Simo Ylönen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka	
Nimeke Tela-alustainen maastoajoneuvo		
Tiivistelmä <p>Maastossa liikkumiseen on nykyään tarjolla monenlaisia laitteita, mutta harva niistä on tarkoitettu ympärivuotiseen käyttöön ja soveltuu lähes mihin tahansa maasto-olosuhteisiin. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa telapohjainen maastoajoneuvo, joka soveltuu kaikkiin olosuhteisiin aina suosta metsän kautta umpihankeen. Laitteesta oli tarkoitus suunnitella helposti huollettava ja ennen kaikkea varmatoiminen, jotta laitteen käyttö olisi mielekästä ja mahdollisesti myös kannattavaa.</p> <p>Laite koostuu Ruotsin armeijan miehistönkuljetus Bandvagn -tela-ajoneuvon teloista, Volkswagenin henkilöauton diesel-moottorista, putkipalkkirungosta, hitaaseen ajoon suunnitellusta voimansiirrosta ja lämpimästä ohjaamosta. Laitteeseen suunnitellaan ja toteutetaan alusta loppuun runko, voimansiirto ja osien yhteen liittäminen.</p> <p>Tuloksena saatiin hyvin suunnitelmaa tukeva lopputulos, minkä uskon kestävän ja toimivan hyvin muutamia yksityiskohtia lukuun ottamatta. Laitteesta ehdin toteuttaa rungon, telaston, voimansiirron sekä suunnittelutyön lähes loppuun.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Maastoajoneuvot, Telat, Suunnittelu		
Sivumäärä 24+4	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnrooth	Opinnäytetyön toimeksiantaja	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 29.04.2011	
Author(s) Simo ylönen		Degree programme and option Car engineering	
Name of the bachelor's thesis Tracked off-road vehicle			
Abstract <p>There is many kind of vehicles for moving in terrain nowadays but very few of them are destined to be used year-round and in any kind of terrain conditions. The purpose of the work was to design and make all-terrain vehicle with tracks which is usable in all conditions, from swamp to deep snow. The purpose of the work was not to devise all the components of machine but use ready-made parts as much as possible. The machine should be easy to maintain and reliable. Using machine should be sensible and productive too.</p> <p>Main parts of machine are tracks from swedisk army personal carrier and diesel engine from Volkswagen.</p> <p>The design work was not completed but it can be already seen that the projekt can be completed succesfully.</p>			
Subject headings, (keywords) Off-road vehicles, rollers, design			
Pages 24+4	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Kari Ehrnrooth		Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ESIVALMISTELUT	1
3	RUNKO.....	3
	3.1 Suunnittelu.....	3
	3.2 Toteutus	6
4	TELASTO	8
	4.1 Suunnittelu.....	9
	4.2 Telastontoteutus.....	11
5	VOIMANSIIRTO	13
	5.1 Suunnittelu.....	13
	5.2 Voimansiirrontoteutus	17
6	MOOTTORI.....	17
7	HALLINTALAITTEET.....	19
8	OHJAAMO	20
9	SÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	20
10	KUSTANNUKSET JA OSIEN ALKUPERÄ	21
11	REKISTERÖINTI MAHDOLLISUUS	22
12	POHDINTA	23
	LÄHTEET.....	25

LIITTEET

1 Rungon piirustus

2 Teräs materiaalit

1 JOHDANTO

Tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa ympärivuotiseen käyttöön tarkoitettu telajoneuvo. Laite tulisi olla myös kesäkäyttöön soveltuva, jotta sen käyttötarkoitukset eivät jäisi liian suppeiksi. Laite on tarkoitettu suunnitella helposti huollettavaksi ja lujuksi mutta kuitenkin mahdollisuuksien rajoissa myös kevyeksi. Tavoitteena on myös rakentaa laitteesta mahdollisimman kapea, jotta laitteella voisi liikkua helposti ahtaammissakin paikoissa kuten tiheässä metsässä. Laitteen painopiste tulee olla mahdollisimman matalla, jotta sen kapeus ei aiheuttaisi kiikkeryyttä ja kaatumisriskiä.

Laitteen pääasiallisina käyttötarkoituksina tulisi olemaan auraus, latujen teko ja metsätyöt, kuten rankojen ajo metsästä. Työssä ei kuitenkaan käsitellä näihin töihin liittyviä koneen lisälaitteita kuten puskulevyä, tukkirekeä ja latuhöylää. Laitteelle on käyttöä jo ilman mitään lisälaitteita runsaslumisina talvina, kun maastossa liikkuminen käy vaikeaksi, jopa traktorilla. Maaston vauriot jäävät kesällä liikuttaessa huomattavasti pienemmiksi kuin raskaalla traktorilla ja kulkemaan pääsee huomattavasti tiheämmässä metsässä.

Kaupallisesti on ollut tai on edelleen muutama samantyyppinen laite olemassa, joskin ne ovat rajoittuneet aika pieneen käyttötarkoitusalueeseen ja niiden myyntimäärät ovat aika vähäisiä. Terri-merkkiset telakoneet ovat suunnittelemani hieman pienempiä, ja niiden pääasiallinen käyttö on ollut latukoneena ja pienissä metsätöissä. Toinen samantyyppinen laite on laskettelukeskusten rinteiden hoitokoneet, jotka ovat huomattavasti suurempia ainakin leveyden, pituuden ja painon suhteen kuin suunnittelemani telajoneuvo. Internetistä löytyi pienellä etsinnällä muutamia ihmisten itse rakentamia telalaitteita, joista osa on rakennettu juuri suunnittelemani ja nopeasti ja osa taas viimeisen päälle. Teknisissä ratkaisuisissa laitteissa on erittäin suuria eroja, kuten onko vetopyörä edessä vai takana ja onko voimansiirto toteutettu vaihteistolla, hydraulisella vai sähköllä. /5./

2 ESIVALMISTELUT

Esivalmistelut aloitettiin kartoittamalla jo valmiina olevista osista käyttötarkoitukseen soveltuvat osat. Suurin osa osista on kotoisin Volkswagen Golf- ja Passat-, Audi 80- ja Skoda Felicia -henkilöautoista. Moottoriksi löytyi kaksi viallista moottoria, Skodan

1.9 litran diesel, jonka syöttöpumppu oli hajonnut ja Passatin 1.6-litrainen turbodiesel joka oli ajettu jo 600 tkm ja siinä oli suutinvika. Lisäksi löytyi Volkswagenin 1.9 litran turbodieselkoneen syöttöpumppu, ahdin, pako- ja imusarja. Audista käyttötarkoitukseen soveltuvia osia löytyi vaihdelaatikko, kytkin ja vetoakselit. Passateista purettiin kuusi takanapaa ja kaksi etunapaa jarruineen, myös Golfista purettiin kaikki navat talteen.

Rakennusmateriaaliksi tarvittavaa terästä ei omista varastoista löytynyt, joten sitä lähdettiin ostamaan. Etukäteen laskettu jännitys laitteen rungossa esiintyvistä jännityksistä laskettiin käyttäen mahdollisimman suuren rasituksen aiheuttavia arvoja, koska ei vielä ollut tiedossa kuin palkin maksimikorkeus, joka oli 150 mm. Suunnitelmissa oli ostaa 100x100x4 putkipalkkia, jonka myötölujuus olisi ollut 355 N/mm^2 . Tällä palkilla varmuuskertoimeksi olisi tullut 1,6 ja laskentaan on käytetty arvoja, jotka ovat huomattavasti tulevia arvoja huonommat lujuuden suhteen. Materiaalin ostossa hinnalla oli kuitenkin ratkaiseva osuus materiaalin valinnassa. Kuusakoski Oy:ltä löytyi ajattelemanani 100x100x4 runkopalkin tilalle kakkosluokan 150x100x3 palkkia, joka oli hinnaltaan vain noin neljänneksen ykkösluokan palkkiin verrattuna. Tämän palkin varmuuskerroin olisi 1,4 laskettuna samoilla arvoilla kuin aiemmin suunniteltu palkki.

Teloja ei missään vaiheessa ollut tarkoitus valmistaa itse, eli ne täytyi hankkia ennen kuin runkoa pääsisi suunnittelemaan tai tekemään. Sopiviksi teloiksi löytyi Ruotsin armeijan käytöstä poistettujen Bandwagn -miehistönkuljetusajoneuvon telat. Telojen saatavuus näytti aluksi huonolta tai liian kalliilta, kunnes internetin keskustelupalstoja tutkiessani löysin purkaamon, jolla oli purettuna tuhansia teloja ja niiden veto- ja tukipyöriä. Telojen hinta paria kohden tuli halvemmaksi kuin auton polttoaineet 900km reissulle.

Laitteeseen halusin rakentaa lämpimän ohjaamon, joten näin parhaaksi käyttää jotain valmista ohjaamo. Ohjaamon hankinnassa kriteereinä olivat leveys korkeintaan 160 cm ja lähes pystysuora keula. Kriteerit karsivat automallit aika vähiin, ja lopulta jouduin antamaan periksi leveydessä 10 cm, koska kapeita autoja, kuten Suzuki Carry, ei ollut myytävänä tai niiden hinnat olivat kuntoon nähden aivan liian korkeita. Lopulta ohjaamon ahioksi löytyi Volkswagen Transporter 70-luvulta, joka muutamaa puutetta lukuun ottamatta vaikutti varsin asialliselta aihiolta. Puutteina mainittakoon lämmitys-

laite, joka ilmajäähdytteisessä autossa poikkeaa niin paljon nestejäähdytteisestä, että se on käytännössä tehtävä uusiksi.

3 RUNKO

Rungon tarkoituksena on toimia kehikkona johon muut komponentit, kuten pyörät, moottori, vaihteisto ja ohjaamo, kiinnitetään. Rungon tulee myös kestää painoja-kauman muutosten ja kääntämisen aiheuttamat rasitukset.

3.1 Suunnittelu

Rungon päämateriaali tulisi olemaan 150x100x3 putkipalkki, koska sitä sai kakkosluokan tavaranä erittäin asialliseen hintaan. Palkin kakkosluokka johtui sen ruosteisuudesta ja siinä olevista liitoksista. Liitoksista päästiin eroon valitsemalla palkkeja, joissa ei ollut liitoksia tai ne olivat niin lähellä päätä, että ne pystyi jättämään pois. /7./

TAULUKKO 1. Runkopalkin tiedot

Palkki	150x100x3 S235
Korkeus	150 mm
Leveys	100 mm
Seinämän vahvuus	3 mm
Myötöraja	235 N/mm ²
Taivutusvastus pystysuunnassa	61420 mm ³
Taivutusvastus vaakasuunnassa	49530 mm ³

Palkin kestävyys todennetaan laskemalla palkkiin kohdistuva jännitys, kun palkin molempien päiden alla on tuki ja palkin keskelle kohdistetaan puolet laitteen massasta. Laitteen massaksi olen arvioinut noin 1000 kg, mutta laskuissa käytän 2000 kg, koska kuormattuna ja erinäisillä lisälaitteilla laitteen paino voi nousta aika korkeaksi. Runkopalkin ominaisuudet löytyvät taulukosta 1. Palkin jännitys lasketaan kaavalla 1 /1;2;4./

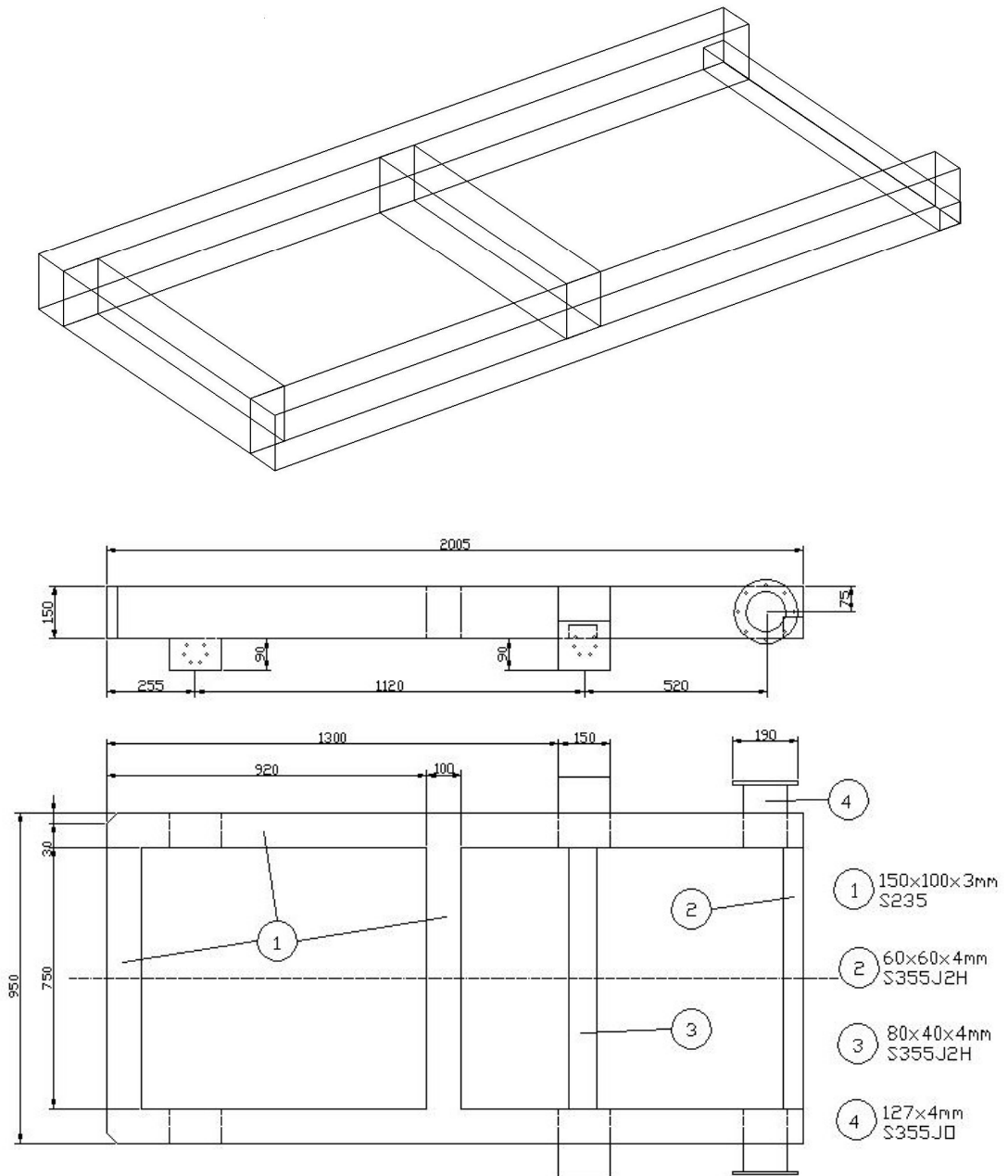
$$\sigma_t = \frac{m \cdot g \cdot l / 2}{W_x} \quad (1)$$

jossa σ_t on palkkiin kohdistuva jännitys, m on palkin keskelle kohdistuva massa eli puolet laitteen massasta, g on maanvetovoimakiihtyvyys, l on palkin pituus ja W_x on palkin taivutusjännitys pystysuunnassa.

$$\sigma_t = \frac{1000\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 2100\text{mm}/2}{61420\text{mm}^3} = 168\text{N/mm}^2$$

Palkin jännitystä laskettaessa sen pituudeksi on otettu 2100 mm, koska tuolloin ei ollut vielä tiedossa palkin lopullista pituutta. Palkin pituuden pieneminen pienentää palkin rasitusta. Todellisuudessa palkkiin kohdistuva kuorma on enemmänkin tasaisesti palkin päälle kohdistuva eikä pistemäinen sen keskelle, joka aiheuttaa pienemmän rasituksen palkille kuin pistemäinen kuorma. Tukipisteet eivät ole todellisuudessa aivan palkin päissä, joten sekin osaltaan pienentää palkinrasitusta. Osa laitteen massasta ei rasita palkkeja, kuten telat ja telapyörät, koska niiden massa kohdistuu maahan pienentäen palkkien rasitusta. Lyhyesti sanottuna palkkien lujuuksia laskettaessa on käytetty erittäin pessimistisiä arvoja ja silti rasitus jää huomattavasti alle sallitun eli 235N/mm^2 .

Rungon suunnittelussa alkutiedoiksi riittivät kokonaisleveys, telapyörien kiinnityskohdat ja tieto runkopalkkien riittävästä kestävydestä. Rungosta halusin mahdollisimman yksinkertaisen mutta varmasti kestävän. Rungon leveyden määräsi laitteen kokonaisleveys, josta otettiin pois telojen ja sen tuentojen vaatima tila, jolloin saatiin rungon leveydeksi 950mm. Rungon pituudeksi tuli suurin mahdollinen pituus, mikä mahtui telojen sisään eli 2005mm Pitempikin runko olisi mahtunut telan sisään, mutta telisysteemin vuoksi runkopalkkia ei voinut viedä aivan telojen etuosaan asti, koska se olisi ottanut kiinni telaan telin kallistuessa. Rungon suunnittelu ja toteutus kulkivat hyvin samaa tahtia johtuen monista suunnitteluun vaikuttavista tekijöistä, kuten moottorin ja vaihteiston kiinnityksistä, joita oli hyvin vaikea hahmottaa pelkästään paperille. Rungon malli (kuva 1) olisi putkipalkeista rakennettu suorakaide, jossa pitkät sivut, etupää ja keskipalkki olisivat 150x100x3 palkista ja taakse ja moottorin alle pienemmistä palkeista, jotta moottori ja vaihteisto saataisiin mahdollisimman matalalle. Tähän runkoon rakennettaisiin pyörännapojen, moottorin, vaihteiston, ohjaamon ja muiden osien kiinnikkeet.



KUVA 1. Runkosuunnitelma

Maanvaraa laitteella olisi tarkoitus olla 20-25 cm, mistä johtuen telipyöriä ei voi kiinnittää suoraan runkoon, vaan niiden kiinnitys tulee olla alempana. Jo aiemmin rungon leveyttä laskettaessa suunnittelin teliakselin kiinnittyvän samalle etäisyydelle laitteen keskiliinjasta kuin runkopalkin ulkoreuna on. Teliakselin kiinnityspiste olisi ollut optimaalinen juuri runkopalkin alareunan kohdalla, mutta sen kiinnittäminen sille kohtaa näytti aika heikolta, koska kiinnityspulttien vastamutterit olisivat tulleet runkopalkin sisään ja palkin seinä ei olisi kestänyt rasitusta vahvistamatta. Teliakselin kiinnityspiste tuli 4 cm runkopalkin alapuolelle, näin sijoitettuna laitteelle saadaan maanvaraa

lähes 30 cm, joka ylittää tavoitteen mutta toisaalta nostaa hiukan painopistettä. Taa-
immaisen telapyörän kiinnityspiste tulisi noin 10 cm runkopalkin ulkopuolelle ja 5 cm
sen alapuolelle. VW:n napatapin kiinnitys on ympyrä, jonka halkaisija on noin 8 cm,
mistä johtuen molempien kiinnikkeiden kiinnityssivuja suunnittelin vahvistavani 8
mm lattaraudalla, koska 3 mm seinämä ei kestäisi näin pienelle alalle tulevaa rasi-
tusta. Vetorataan kiinnitykseen tarvitaan edellisistä poikkeava ratkaisu, koska se tulee muita
ylemmäs ja siihen tulee vetoakseli kiinni. Kiinnitykseksi suunnittelin 127x4 mm ra-
kenneputkesta kiinnikkeen, joka tulisi runkopalkin läpi ja mahdollistaisi VW:n ve-
tonivelten mahtumisen putken sisään.

3.2 Toteutus

Rungon toteutus alkoi tekemällä 150x100x3 palkista U-mallinen kehikko (kuva 2),
jonka toinen pää oli yhdistetty väliaikaisella rautaputkella, jotta runko pysyisi muo-
dossaan. Pitkittäispalkit oli jätetty tässä vaiheessa ylipitkiksi, koska teliakselin kiinni-
tyspisteen paikka ei ollut vielä tiedossa, jolloin vetorullan paikkaakaan ei voinut vielä
tietää.



KUVA 2. Rungon pääpalkit

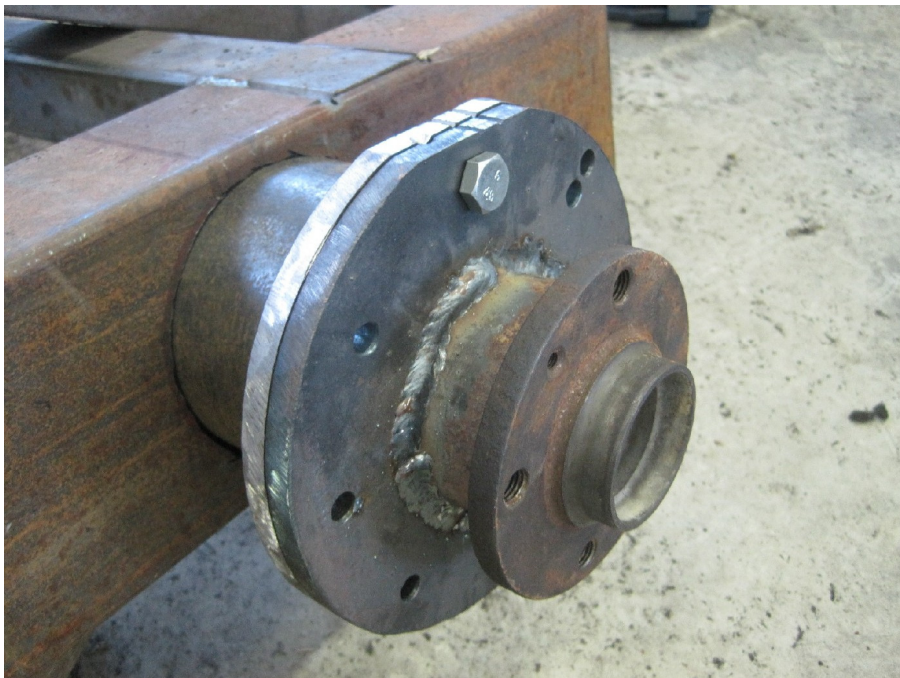
Seuraavaksi rungon pitkittäispalkkeihin valmistettiin kiinnikkeet telapyörien ja veto-
rullien kiinnitykselle. Ensin tehtiin etummainen kiinnityspiste, johon tulee kiinni kah-
den etummaisen telapyörän yhdistävä teliakseli. Kiinnike rakennettiin kolmion malli-
seksi ja kiinnityspulttien mutterit hitsattiin kiinteiksi, jolloin rakenteesta voitiin tehdä
umpinainen (kuva 3). Kuvassa kiinnike on ylöspäin, koska runko on rakentamisen
helpottamiseksi nurinpäin. Kiinnike taimmalle telapyörälle (kuva 4) tehtiin samalla
periaatteella teliakselin kiinnityksen kanssa, mutta se tuotiin 10 cm rungon ulkolinjan
ulkopuolelle, jotta kaikki pyörät tulisivat yhtä kauas rungosta.



KUVA 3. Teliakselin kiinnitys

KUVA 4. Taimmaisen telapyörän kiinnitys

Vetorullan kiinnitys rakentui 127x4 rakenneputkesta, jonka sisään saisi mahtumaan
VW:n vetonivelen. Putki menee toisesta päästään runkopalkin läpi, ja sen toiseen pää-
hän on hitsattu laippa, jolla saadaan kiinnitettyä VW Golfin muokattu etunapa run-
koon kiinni.



KUVA 5. Vetorullan kiinnitys runkoon

Kun vetorullan kiinnitykset olivat valmiit, lisättiin runkoon taaimmainen poikkipalkki ja katkaistiin pitkittäiset runkopalkit niin, että ne mahtuisivat olemaan telan sisäpuolelle. Runkoon rakennettiin moottorin ja vaihteiston kannakkeet, jolloin valmiista rungosta jäi enää puuttumaan ohjaamon, akun, jäähdyttimien, tankin ja muiden kiinnitystä vaativien osien kiinnitykset (kuva 6).



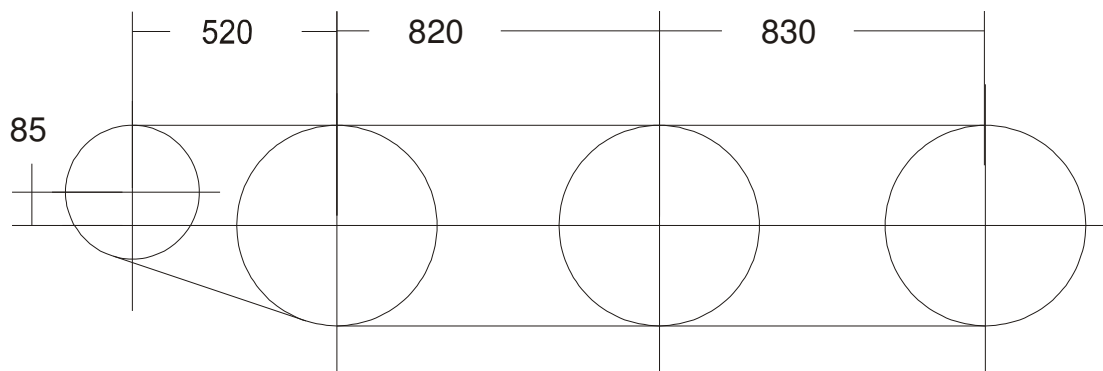
KUVA 6. Runko lähes valmiina

4 TELASTO

Telastossa tärkeintä on laitteen etenemiskykyä edesauttavat ratkaisut, ja toissijaisena asiana ovat laitteen kiikkeryyteen ja maanvaraan liittyvät ratkaisut. Telan kosketuspinnan pituus maata vasten vaikuttaa pintapaineeseen suorassa suhteessa pituuteen, jolloin tela olisi hyvä tehdä mahdollisimman paljon maatapitkin, mutta toisaalta pitempi kosketuspinta aiheuttaa suuremman vastuksen käännettäessä, joten tähän on löydettävä jonkinlainen kompromissi kääntyvyyden ja pintapaineen välillä.

4.1 Suunnittelu

Telaston suunnittelun lähtökohta oli ainoat osat, joita ei voinut muuttaa eli telat ja vetorullat sekä telan toimivuus hankalissakin olosuhteissa. Telan ympärysmittaksi mitattiin sama, mikä sille ilmoitettiin, eli 570 cm. Jo teloja ostettaessa jätin telojen tukirullat ostamatta, koska ajattelin laitteen varaosasaatavuutta. Vaihtoehtoisiksi telapyöriksi suunnittelin normaaleja autonpyöriä mutta ne osoittautuivat liian leveiksi telaan, ja telan sivutukia olisi liian suuritöinen leventää ja telan kestävyys olisi epävarma, koska sitä ei ole suunniteltu muutettavaksi. Käytettäviksi pyöriksi valikoitui VW Golfin ja Venton varapyörät, jotka olivat tarpeeksi kapeita ja lisäksi kävivät suoraan tarjolla olleisiin VW:n napoihin. Kun käytettävien telapyörien mitat oli tiedossa, alkoi telaston mittojen suunnittelu. Suunnittelu alkoi mitoittamalla telapyörien ja vetorattaiden sijainnit telan sisällä. Vetoratas sijoitettiin telan sisällä taimmaiseksi, johtuen käytettävistä moottori- ja vaihteistopaketeista. Telapyörien määrä vaihteli suunnitelmissa kolmen ja neljän välillä, joista valikoitui kolmen pyörän vaihtoehto (kuva 7), koska neljäpyöräisenä pyörät olisivat hyvin lähellä toisiaan ja telan paikoilleen laittaminen olisi erittäin vaikeaa, ellei mahdotonta. Lisäksi kolmepyöräiseen vaihtoehtoon oli lisätilan takia mahdollista suunnitella laitteen kulkua tasoittavia ja kääntyvyyttä parantavia ratkaisuja pyörien kiinnitykseen.

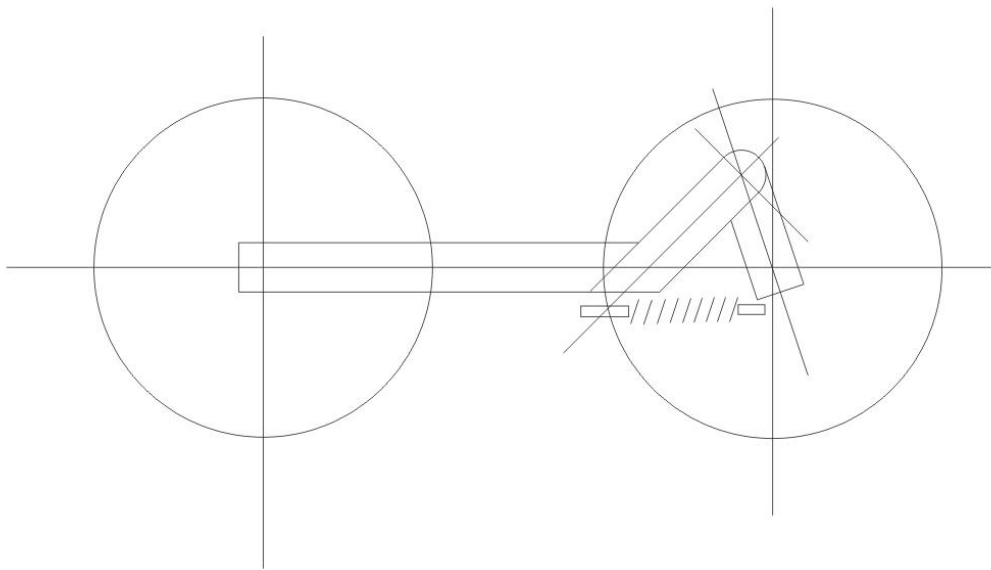


KUVA 7. Telaston malli ja mitat

Kun pyörät oli aluksi jaettu tasaisesti käytettävissä olevalle matkalle, aloitin pyörien kiinnityksen suunnittelun. Täysin jäykkä rakenne ei tullut kysymykseen, koska sellainen ei ole kuin hyvin vähäisissä ajotilanteissa hyvä ja laite olisi erittäin epämukava epätasaisessa maastossa. Lopulta päädyin ratkaisuun, jossa taaimmaiset telapyörät olivat kiinteästi rungossa, kuten vetorullatkin, ja kaksi etummaista telapyörää olisi kiinnitetty teliakseliin, joka tasaisi laitteen kulkua ja sallisi telan mukautua maaston

mukaan. Teliakseli kuitenkin aiheuttaisi telan ympärysmitan muutoksen, minkä takia teliakselin nivelpistettä täytyi siirtää keskeltä taaksepäin, joka vähentäisi telan ympärysmitan muutosta ja samalla vähentäisi etummaisesta telapyörän painetta jolloin laitteen kääntyvyys paranee. Ympärysmitan muutoksen takia telan kiristys tulisi toteuttaa jousikuormitteiseksi, jolloin telasto sallisi tarvittavan ympärysmitan muutoksen. Telaston ympärysmitan muutos olisi noin 5 cm, kun teliakselin kallistuma rajoitettaisiin 25 asteeseen, jolloin tarvittava jousto kiristysjousella olisi puolet muutoksesta eli 2,5 cm.

Teliakselin suunnittelu alkoi tiedossa olevien mittojen ja tietojen pohjalta, joita olivat pyörännapojen etäisyys: 830mm ja vähintään 40mm:n pituussuuntainen joustomahdollisuus etummaisella telapyörällä. Sopivan kokoluokan jousi löytyi omista varastoista ja on kotoisin jostakin moposta. Jousissa on esijännityksen säätö, millä jousen kireyttä voi säätää. Aluksi pituuden muutokseen mielessä oli kaksi vaihtoehtoa: ensimmäisessä kahden sisäkkäin asetetun teräspalkin muodostama teleskooppi sallisi pituuden muutoksen ja toisessa laakeroitu heilurivarsi sallisi pituuden muutoksen. Näistä valikoitui toinen vaihtoehto, vaikka se on jokseenkin työläämpi valmistaa mutta se on ehdottomasti toimintavarmempi, kun pituudenmuutosta tapahtuu maastossa ajettaessa lähes jatkuvasti. Teliakselista tuli suunnitelmissa kuvan 8 mukainen, ja se sallii 40-50 mm:n pituudenmuutoksen.



KUVA 8. Teliakselisuunnitelma

Teliakselin suunnittelussa tuli eteen ongelma VW:n napatapin kestävyuden kanssa, eli napatappiin voi ääritilanteissa kohdistua sen rikkovia voimia, mikä tullaan estämään tekemällä telin liiallista keinumista estäviin rautoihin myös liiallista teliakselin sivuitaista taipumista estävät raudat.

4.2 Telastontoteutus

Telastontoteutus alkoi valmistamalla vetorullan keskireikään laippa 10 mm:n teräslevystä, jolla keskireikä saatiin muutettua VW:n napoihin sopiviksi. Teräslevyn kiinnityksessä huomasin vetopyörän olevan valurautaa ja hitsaus ei siihen onnistunut, koska siihen pitäisi olla erikoisvälineet. Hitsauksen heikosta laadusta johtuen jäi laipan kiinnipysyvyys hieman kysymysmerkiksi ja vasta käyttö näyttää, miten se kestää. Taimmaiselle telapyörä tuli suoraan kiinni napaan, jolle runkoon oli valmistettu paikka.

Telaston toteutuksessa suurin työ oli rakentaa teliakseli telankiristyssemeineen. Teliakselin valmistusmateriaalina oli pääasiassa 80x40x4 mm S355 putkipalkki, 40x40 mm S355 terästanko ja 100x8 mm S235 lattarauta. 80x40x4 palkista valmistettiin heilurivipu, jossa etummainen telapyörä on kiinni, sekä pitkittäispalkki, jossa taempi telapyörä on kiinni. Lattaraudasta rakentui heilurivivun kiinnitys ja 40x40 tangosta vahvistus telin kallistuspisteen alapuolelle, joka ei näy suunnittelukuvassa. Valmiissa teliakselissa (kuva 9) on muitakin teräsosia, mutta ei taakkaa kantamassa. Teliakselin suunnittelussa oli tullut suunnitteluvirhe ja jouduin leikkaamaan pois telankiristuksen nivelpisteen yläpuolelta lähes kaiken, koska se olisi ottanut kiinni telassa oleviin telapyöriä sivuttain pitäviin alumiiniharppuihin.



KUVA 9. Teliakseli valmiina

Kun teliakseli oli valmis, pystyi telaston kasaamaan paikalleen (kuva 10). Etummainen telipyörä on suurempi, jotta telankiristyssysteemille saatiin tilaa, ja suurempi pyörä etummaisena auttaa hieman laitteen kyvyssä nousta esteiden päälle.



KUVA 10. Telasto paikalleen kasattuna

5 VOIMANSIIRTO

Voimansiirron tarkoituksena on välittää moottorin tuottama voima teloille. Voimansiirrosta täytyy löytyä vaihteisto, josta voidaan valita sopiva välitys kuhunkin ajotilanteeseen. Vaihteiston lisäksi voimansiirrosta tulee löytyä alennus- tai ylennysvaihde, jos vaihteiston välitys ei ole suoraan soveltuva, tasauspyörästö, joka sallii telojen eri nopeuksilla pyörimisen ja siten jarruilla toteutettavan ohjauksen, sekä kytkin, jolla voidaan hallita voiman välittymistä teloille.

5.1 Suunnittelu

Voiman siirron suunnittelu alkoi vaihteiston valinnasta. Tarjolla olleista kahdesta Audin laatikosta uudempi todettiin viallisiksi, joten valinta oli helppo. Valittu vaihdelaatikko on kotoisin 80-luvun puolivälin Audi 80 -autosta, jossa on viisi vaihdetta ja tasauspyörästö. Vaihteiston välitykset löytyvät taulukosta 2.

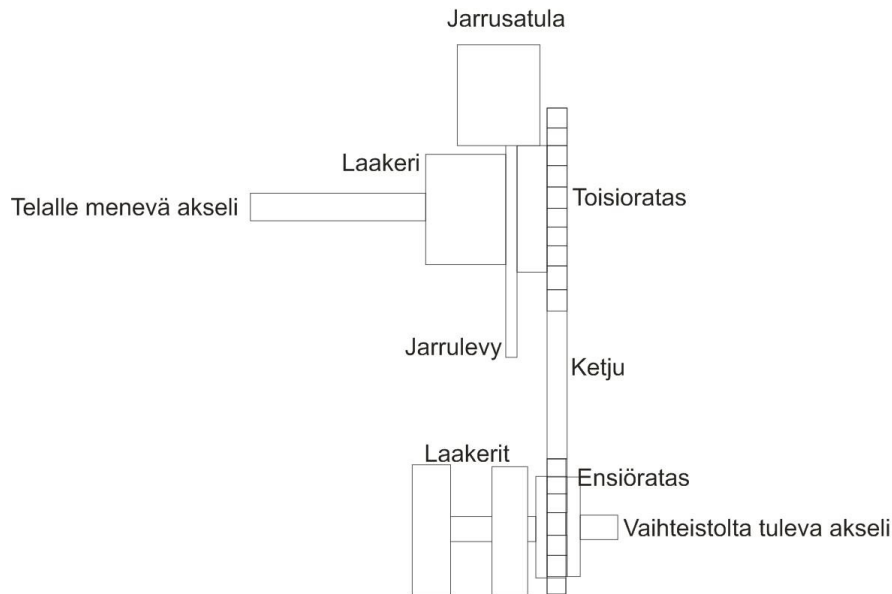
TAULUKKO 2. Vaihteiston välitykset

Vaihde	Rattaat	Välitys
1.	38/11	3,45
2.	35/18	1,94
3.	36/28	1,29
4.	30/33	0,91
5.	27/37	0,73
Perävälitys	37/9	4,11
Alennusvaihde	22/14	1,57

Kytkin ja vauhtipyörä on luonnollisesti kotoisin samasta autosta kuin vaihteistokin. Vauhtipyörän kiinnitys kampiakselille on täysin samanlainen, joten sekin on helposti asennettavissa.

Aluksi laite oli tarkoitus toteuttaa ilman alennusvaihdetta, mutta laitteen huippunopeus olisi ollut liian suuri ja pienimmällä vaihteella moottorin pienimmillä kierroksilla laitteen vetovoima olisi jäänyt pieneksi, joten vaihteiston molemmille puolille vetoakselinlaipasta vetoakseliin suunnittelin laittavani ketjuvälityksen. Vaihteistoon kiinnitetään välityksen tuentaa varten tukirauta, minkä päälle alennusvaihde tulee kiinni.

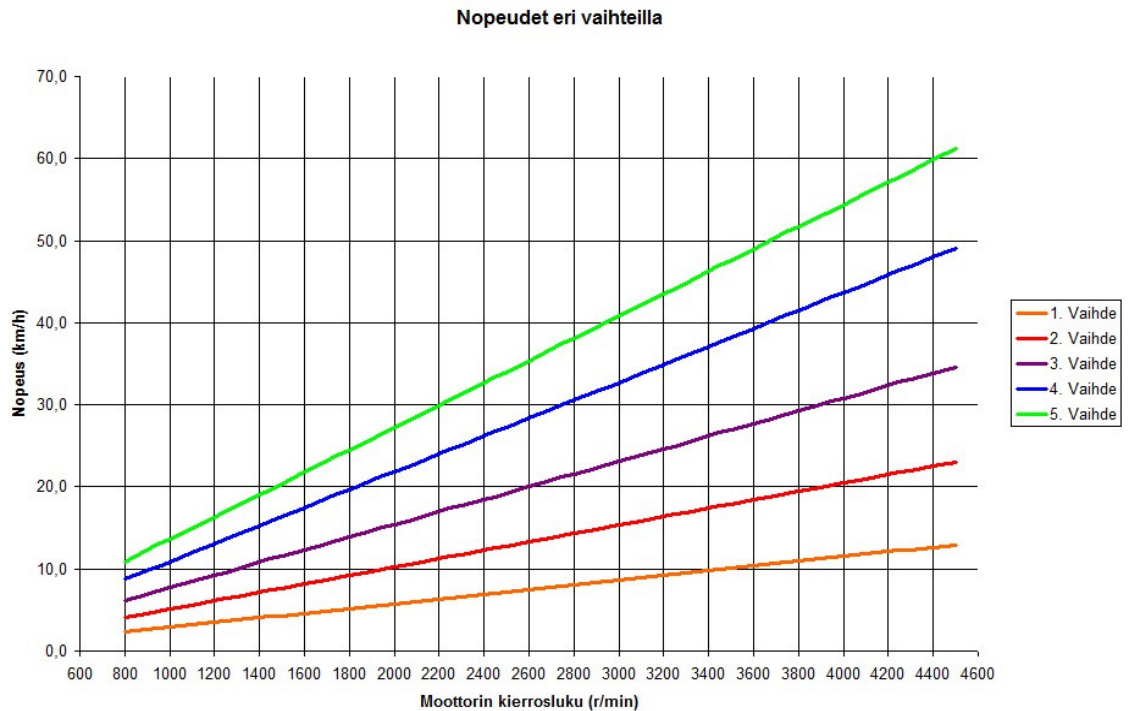
Alennusvaihe (kuva 11) rakennetaan omaksi yksikökseen, joka tulee kumityynyillä vaihteistossa olevaan tukirautaan kiinni.



KUVA 11. Alennusvaihtesuunnitelma

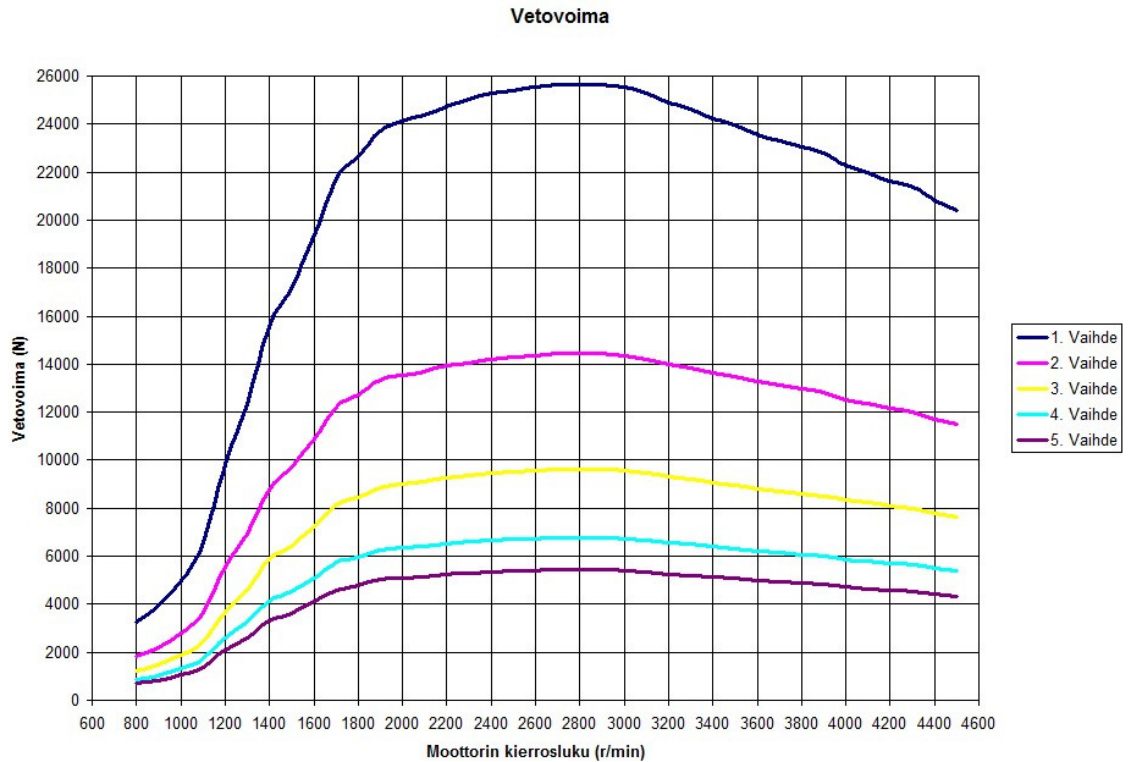
Kumityynyillä pyritään saamaan rasitus pois vaihteiston kyljessä olevalta vetoakselin laipalta, jotta ketjun aiheuttama sivuttaisrasitus ei hajottaisi vaihteiston laakereita, vaan rasitus jäisi vain alennusvaihteen runkoon, joka yhdistää ensiö- ja toisiorattaan. Itsellä valmiina ollutta 16B-rullaketjua aion hyödyntää alennusvaihteessa, jos sen ominaisuudet sen sallisivat. Ketjun liikenopeus suurimmalla vaihteella ja huippukierroksilla olisi noin 10 m/s. Rullaketjulle suositeltu suurin pyörintänopeus on 7-12 m/s mutta suuremmatkin nopeudet aina 35 m/s asti ovat mahdollisia, mutta laskevat ketjun käyttöikä. Ketjutyypin sopii siis hyvin tämän nopeusluokan käyttöön. /3;8./ Ketjun vetorasitukseksi pienimmällä vaihteella ja vääntömomentin ollessa suurimmillaan saadaan ketjun vetorasitukseksi lähes 25000 N. Ketjulle sallitaan vetorasitusta 60000 N eli sen pitäisi kestää vaikka hetkellisesti kytkintä nostettaessa vetovoima voikin nousta korkeammaksi. Jotta ketjun rasitus olisi huipussaan, pitäisi laitteen edessä olla ylipääsemätön este ja telojen kitkakerroin pitäisi olla vähintään 2,5, joka on aika mahdoton saavuttaa ja vielä vähemmän kitkakerroin 6, jolla 60000 N voima toteutuisi. Rattaiden valinnassa lähdin siitä, että ensiöratas olisi mahdollisimman pieni, koska tilaa ei ollut kovin suuriin rattaisiin ja rattaiden hinnat nousivat nopeasti koon kasvaessa. Ensiöratasiksi valikoitui 14 -piikkinen ratas, joka juuri ja juuri mahtui olemaan kiinnitettynä vetoakselin laippaan ketjun kuitenkin ottamatta kiinni laippaan tai kiinnitysmuttereihin. Pienimmäksi liikkumisnopeudeksi suunnittelin 3 km/h, jolloin moot-

torin 1000 minuuttikierröksellä alennusvaihteen välitys tulisi olla 1,6. Toisiorattaaksi valikoitui 22-piikkinen ratas, jolloin välityssuhteeksi muodostui 1,57. /6./ Valitulla välityksellä laitteen huppunopeus on noin 60 km/h ja pienin mahdollinen nopeus reilu 2 km/h (kaavio 1).



KAAVIO 1. Nopeudet eri vaihteilla

Välityssuhteiden perusteella laskin laitteen vetovoiman eli laitteen liikkeen aiheuttama voiman kullakin vaihteella ja moottorin pyörintänopeudella (kaavio 2). Laitteen veto-voima on pienimmällä vaihteella ja joutokäyntikierröksillä reilu 3000 N, jolla laite jaksaa nousta 30 % mäkeä, vaikka vetovoimasta vähentää 15 % laitteen omina häviöinä. 1. vaihteella 1400 kierroksesta ja 2. vaihteella 1700 kierroksesta ylöspäin laite jaksaa periaatteessa nousta vaikka pystysuoraa mäkeä, jos se vain olisi muuten mahdollista. 30 % mäki on jo aika harvinainen, ja telojen pito näin jyrkässä mäessä on jo kyseenalainen.



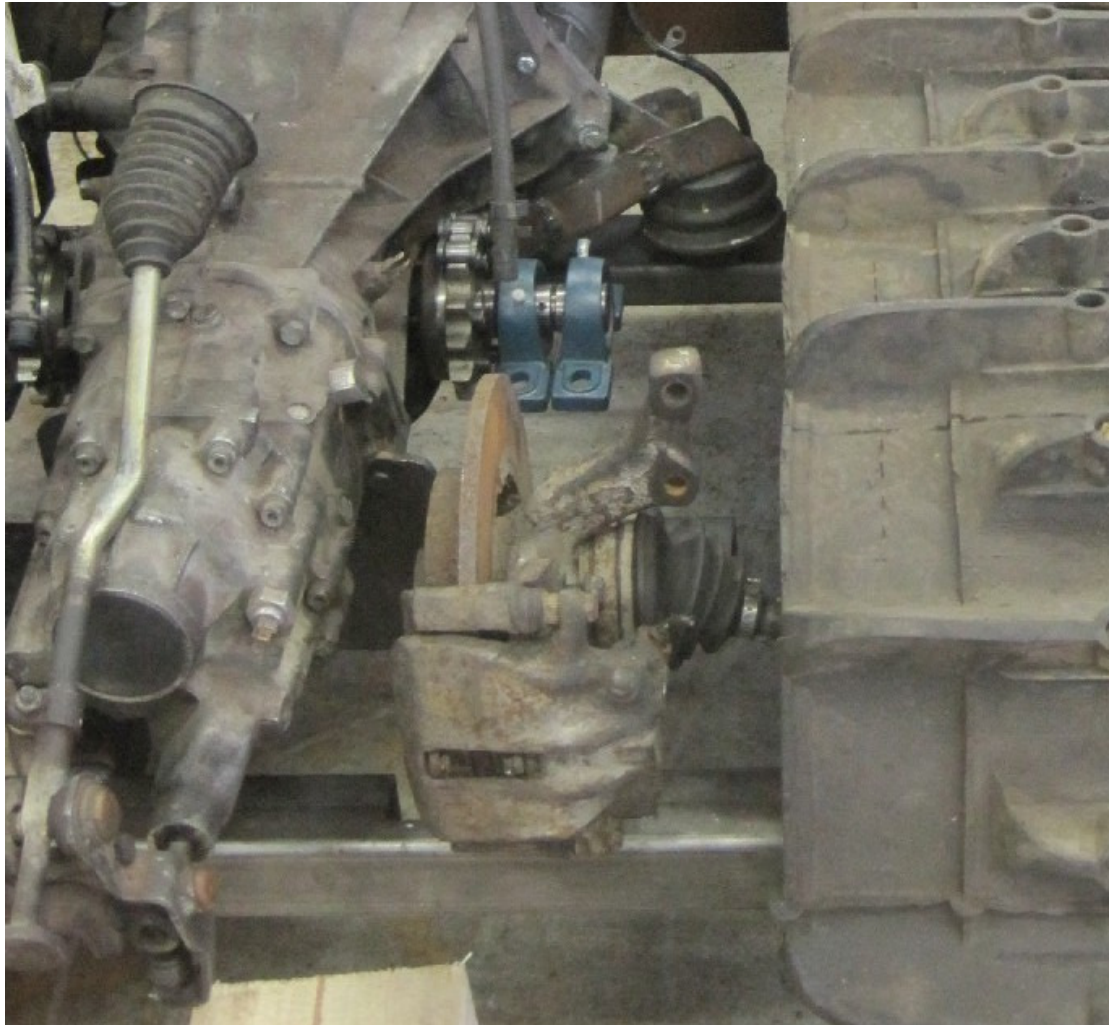
KAAVIO 2. Laitteen vetovoima

Jarrut oli alun perin tarkoitus sijoittaa telan sisään vetoakselin ulompaan päähän mutta telan renkaan sivuttaista siirtymistä estävät palat vievät niin paljon tilaa, että jarru ei mitenkään olisi mahtunut olemaan telan sisällä. Päädyin ratkaisuun, jossa vetoakselin sisä- ja ulkopäähän tulee samanlainen napa mutta ulompi on muokattu mahtumaan telan sisään, joten siitä on jäljellä vain laakeri ja sen kuori. Sisempi napa tulee kiinni alennusvaihteen runkoon ja toimii sen toisiorattaan kiinnityksenä ja laakerointina. Sisemmässä navassa on sen alkuperäinen jarrulevy ja jarrusatula mitenkään muokkaamatta, jolloin jarruvoima välittyy vetoakselia pitkin teloille. Jarrun tullessa rungon sisäpuolelle vähentää se todennäköisesti jarruihin kohdistuvia vikoja ja ongelmia, mitä hiekka, vesi, jää ja risut saattavat aiheuttaa telan sisällä. Napojen välille muokataan vetoakseleista sellainen, missä on molemmissa päissä ulompi vetonivel ja se on lyhennetty sopivaksi.

Voiman siirron suunnittelussa on otettu huomioon mahdollisuus muuttaa laite joskus hydrauliselle voimavälitykselle, joka mahdollistaisi täysin paikallaan kääntymisen ja paremmat mahdollisuudet lisälaitteille kuin nykyisessä toteutuksessa.

5.2 Voimansiirrontoteutus

Voimansiirto jäi vielä keskeneräiseksi opinnäytetyön palautuksen tullessa ajankohtaiseksi. Voimansiirtoon ehdittiin asentaa vaihteisto paikoilleen, laittaa ratas kiinni vaihteistoon, lyhentää vetoakselit ja rakentaa vaihteistoon kiinni tukirauta, johon alennusvaihteen runko tulee kiinni. Kuvasta 12 näkee suurin piirtein, millainen alennusvaihteesta tulee.



KUVA 12. Alennusvaihde

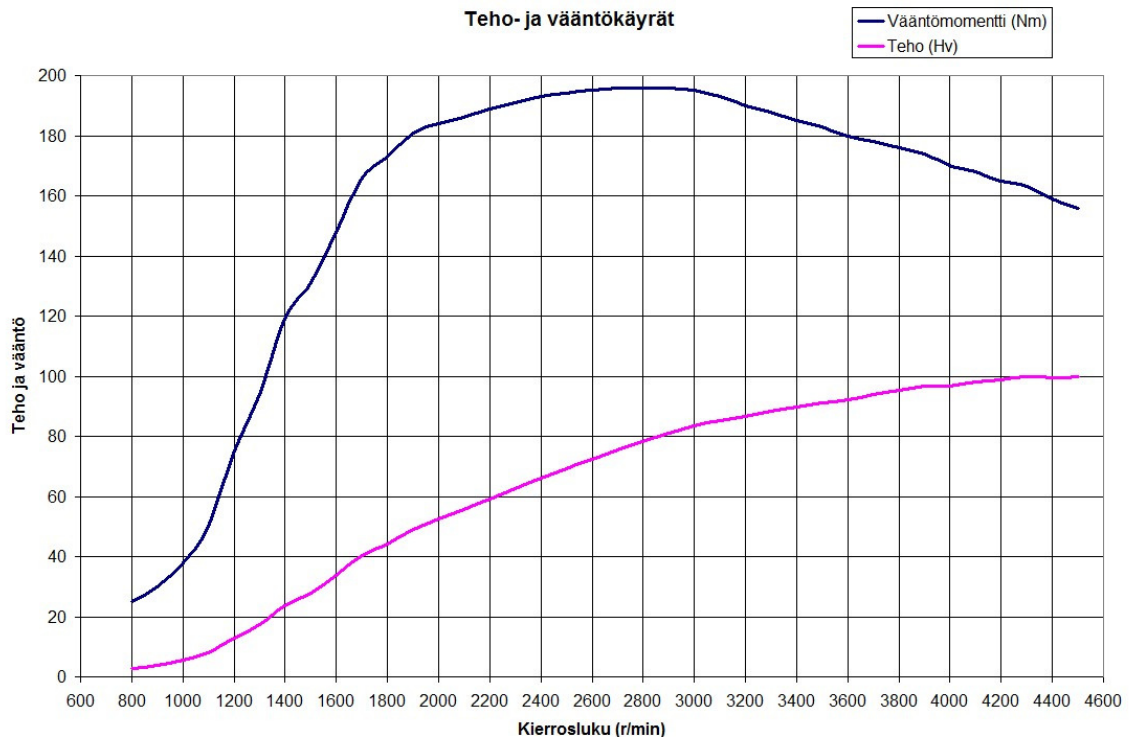
6 MOOTTORI

Moottorin tarkoituksena on tuottaa akselitehoa, jota käytetään laitteen liikuttelu, latu-
rin ja hydraulikkapumpun pyörittämiseen sekä alipaineen tuottamiseen.

Käytettävä moottori on kasattu kolmesta moottorin osista. Moottorin alakerta, kansi, laturi, alipainepumppu ja ohjaustehostajan pumppu ovat peräisin Skoda Felicia 1,9d -moottorista (moottorikoodi 1Y). Moottorin ahdin, syöttöpumppu, pako- ja imusarja ovat kotoisin VW:n 1.9-litraisesta turbodieselmoottorista (moottorikoodi AAZ). Välijäähdytin, öljypohja ja ilmansuodatin ovat kotoisin VW:n 1.6 td -moottorista (moottorikoodi SB ja JR). Öljypohja on vaihdettu, koska Audin vaihdelaatikolla moottori on eri suuntaan kallellaan kuin Skodan vaihteistolla ja uudessa öljypohjassa on myös tila poikittaispalkille moottorin alle, mikä helpottaa ja yksinkertaistaa moottorinkannakkeiden toteutusta.

Moottorinkannakkeita on yhteensä neljä, jos vaihteiston kannake lasketaan mukaan. Moottorin jakopäänpuoleisessa päässä kannakkeena toimii Skoda Felician kannake ja laatikon puoleisessa päässä Audin alkuperäinen kannatinkumi, jonka paikkaa on siirretty lähemmäs laatikkoa tilansaamiseksi alennusvaihteelle. Moottorin sivuilla olevat kannatinkumit ovat kotoisin Ford Sierrasta, ja niille on rakennettu kiinnityspisteet vain tätä käyttöä varten.

Moottorista laskin teoreettisen vääntö- ja tehokäyrän käyttäen pohjana 1.6tdic:n valmistajan ilmoittamaa vääntökäyrää ja lisäämällä siihen 25% lisää, kun moottori on suurempi ja muutenkin hieman piristetty. Käyrä (kaavio 3) on suuntaa antava ja todennäköisesti vääntökäyrä lähtee nousemaan aikaisemmin, koska moottorissa on pienempi ahdin kuin 1.6tdic:ssä.



KAAVIO 3. Teho- ja vääntökäyrät

7 HALLINTALAITTEET

Laitteen hallintalaitteina oli tarkoitus käyttää ohjaamon mukana tulleita hallintalaitteita, mutta tarkemman pohdinnan jälkeen tulin siihen tulokseen, että juuri mitään niistä ei voisi käyttää syystä tai toisesta. Laitteen ohjaamiseen käytetään jarruja, jolloin tarvitaan kaksi jarrupääsylinteriä. Ohjauksen toteuttaminen ohjauspyörällä osoittautui erittäin haasteelliseksi, koska nestekäyttöisillä jarruilla toteutettavan ohjauksen liikeradan keskivaiheille tulisi tyhjää, eli ohjauspyörää pitäisi ensin jonkun verran kääntää, ennen kuin mitään tapahtuisi. Toisena vaihtoehtona oli käyttää ohjaustehostimen hydraulikkapainetta jarrujen käyttöön. Tällä olisi päästy eroon ohjauksen välyksestä, mutta se olisi vaatinut kahdet jarrusatulat jarrulevyille, jolle esteeksi muodostui tilanpuute. Todennäköisesti lopullisessa versiossa laitetta tullaan ohjaamaan sauvoista vetämällä, joista kumpikin käyttää omaa jarrupääsylinteriään. Laitteeseen tulee molempiin jarrupääsylintereihin jarrutehostaja, jotta jarruttaminen ja kääntäminen ei aiheuttaisi kuljettajalle liian suurta voimantarvetta. Jatkuva käänteleminen todennäköisesti aiheuttaa alipaineen loppumisen jarrutehostajilta, joten alipaineelle tulee paineakku varastoimaan alipainetta ja tasaamaan kulutushuippuja. Vaihdekeppi on tarkoitus si-

joittaa kuljettajanistuimen viereen siten, että ohjaamossa on mahdollista kuljettaa kah-
ta matkustajaa kuljettajan lisäksi. Vaihdekepin ja –laatikon välinen yhteys on tarkoitus
hoitaa vaihteensiirtotangolla, myös vaijerivälitteinen vaihdekeppi olisi mahdollinen
mutta monimutkaisempi toteuttaa. Kaasupolkimelle ei todennäköisesti tulla tekemään
mitään muutoksia. Siihen vain muokataan jokin vaijeri niin, että se sopii sekä polki-
meen että syöttöpumppuun. Jarrupolkimen on tarkoitus käyttää molempia jarru-
pääsylintereitä yhtä aikaa ja aikaansaada tasainen jarrutus molemmilla teloilla. Jarruun
tulee säätömahdollisuus, jolla saadaan säädettyä jarrun balassi sopivaksi, jotta laite ei
lähde kääntymään, kun sitä jarrutetaan. Kytkin tulee olemaan vaijerikäyttöinen. Kyt-
kimen jarrujen ja ohjaussauvojen nivelpisteen suunnittelin tekeväni samalle akselille,
ja ne sijoitettaisiin sisäkkäisiin putkiin kiinni, joilla liike siirrettäisiin laitteen keskelle
telojen läheisyyden aiheuttaman tilanpuutteen vuoksi.

8 OHJAAMO

Laitteen ohjaamo on tarkoitus muokata 1976-vuoden VW Transporterin korista otta-
malla siitä keulasta etuovien takapuolelle ulottuva pätkä ja liittämällä siihen mahdolli-
simman lyhyt pätkä korin takapästä, jotta laitteeseen saadaan takaseinä. Etupyörän
kolot laitetaan umpeen siistimmän ulkonäön saavuttamiseksi. Takapästä otettavan
pätkän mukana saadaan moottorin päälle ja istuinten alle tuleva peltilevy, jolloin ei
tarvitse eristää konehuonetta uudella pellillä kuin eteenpäin olevalta osalta. Takaosan
mukana saadaan myös takalasi ja luukku konehuoneeseen, kun kopin alkuperäinen
moottori on ollut takana.

Ohjaamoon tullaan laittamaan yksi tai kaksi lämmityslaitteen kennoa alkuperäiseen
lämmityslaitteeseen, jotta kopissa tarkenisi kovillakin pakkasilla. Lämmityslaitteeseen
täytyy myös asentaa puhallin, koska alkuperäisessä versiossa puhaltimena on toiminut
moottorin jäähdytyspuhallin.

9 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Laitteen sähköjärjestelmä tulee olemaan hyvin lähellä 80-luvun henkilöauton järjes-
telmää, tosin todennäköisesti esimerkiksi vilkkuja ei tulla asentamaan. Sähköjärjes-
telmään tulee seuraavat laitteet: laturi, akku, virtalukko, valot eteen ja taakse, lämmi-
tyslaitteenpuhallin/puhaltimet, startti, sammutin, öljynpaine, vedenlämpö, latauksen

merkkivalo, tuulilasin pyyhkimet, flekit ja kiertovesipumppu sisätilan kennolle/kennoille. Sähköjärjestelmä tullaan rakentamaan kokonaan alusta, vaikka kopin alkuperäistä sähköjärjestelmää voisi hieman käyttää hyödyksi.

10 KUSTANNUKSET JA OSIEN ALKUPERÄ

Kuten jo aiemmin tekstissä on tullut ilmi, on monet osat löytyneet tontilla oleilevista autoista tai varastoista. Taulukoin (taulukko 3) kaikki laitetta varten hankitut osat ja tarvikkeet. Joitakin on varmasti unohtunut, joten taulukon lopussa on kohdat pientarvikkeet ja muut kulut. Sellaisten osien, jotka ovat kotoisin omista varastoista, hinnan perään on merkitty tähti (*) eli hinta on suuntaa-antava ja arvioitu.

Telat ja sen vetorullat ovat kotoisin Keminmaassa sijaitsevasta romuttamosta nimeltä Laurilan romu. Telapyörät on hankittu kahdelta autopurkamolta Laukaasta. Ahdin, pako ja imusarja on ostettu veljeltä, jolta ne jäivät ylimääräisiksi.

Kun kaikkien osien hinnat lasketaan yhteen, saadaan summaksi 1945 €, josta 340 €:n edestä osia on löytynyt omista varastoista. Suunnittelu- ja toteutustyöhön on mennyt noin 600 tuntia, tosin tunneista ei ole pidetty kirjaa, joten määrä on arvio.

Taulukko 3. Osien alkuperä ja hinta

Osan nimi	Alkuperä	Hinta (€)	Lisätiedot
Telat	Bandvagn	70	Ruotsin armeijan maastoajoneuvo
Vetorattaat	Bandvagn	10	Ruotsin armeijan maastoajoneuvo
Telapyörät	VW Golf ja Vento	30	105/70 R 14 ja 115/70 R 15
Telan kiristys jouset	Mopon takajouset	5*	Jäykkyys säädettävät
Moottori	Skoda Fabia 1.9d	80*	Lohko, kansi, laturi ja tehostajanpumppu
Ahdin	VW Vento 1.9 td	40	Garrett
Pakosarja	VW Vento 1.9 td	10	
Imusarja	VW Vento 1.9 td	10	
Välijäähdytin	VW Passat 1.6	15*	

	tdic		
Syöttöpumppu	VW Vento1.9 td	50	
Kytkin	Audi 80 1.6 td	30*	210mm
Vaihteisto	Audi 80 1.6 td	30*	5-vaihteinen manuaali 1.6td:n perästä
Vetoakselit	Audi 80 ja Skoda Felicia	20*	Lyhennetyt ja muutettu kahdelle ulkopäälle
Startti	Audi 80 1.6 td	20*	
Ohjaamo	VW Transporter	50	Vain etuosa ja takaluukku
Pyörännavat	VW Passat ja Golf	80*	8 takanapaa ja 4 etunapaa
Jarrut	VW Passat	30*	
Jarrupääsylinterit	VW Golf	15*	
Jarru tehostajat	VW Golf	15*	9 tuumaiset
Rattaat	ETRA OY	85	14 ja 22 piikkiset
Ketju		10	
Mittarit	Biltema	40	Öljynpaine, vedenlämpö, yms.
Teräs	Kuusakoski OY	400	
Pientarvikkeet		200	Pultit, laakerit yms.
Muut kulut		600	Osien haku, työkalut, hitsauskaasu ja -lanka, katkaisu- ja hiomalaikat
Yhteensä		1945	

11 REKISTERÖINTI MAHDOLLISUUS

Mielenkiinnosta selvitin onko laitetta mahdollista saada rekisteriin ja millaisilla ehdoilla. Lakitekstistä löysin muutaman kohdan, missä kyseisiä asioita käydään läpi.

Ajoneuvolaki 11.12.2002/1090

15 § (3.4.2009/226)

Moottorityökone

Moottorityökone on:

1) omalla käyttövoimallaan liikkuva ajoneuvo, joka on suunniteltu ja rakennettu työ-koneeksi ja joka ei rakenteensa takia sovellu matkustajien eikä tavaroiden kuljettami-
seen; auton alustalle asennettua työkonetta ei pidetä moottorityökoneena;

2) perävaunujen ja kuljetusalustojen siirtoon satamassa tai muulla terminaalialueella valmistettu vetotrukki, jonka suurin rakenteellinen nopeus on enintään 50 kilometriä tunnissa, jollei ajoneuvoa ole pidettävä kuorma-autona tai liikennetraktorina.

16 §

Maastoajoneuvo

*Maastoajoneuvo on henkilöiden tai tavaran kuljetukseen taikka muita ajoneuvoja ve-
tämään valmistettu jäällä, lumessa tai vajottavassa maastossa taikka maahan tukeu-
tuen kulkemaan valmistettu moottorikäyttöinen ajoneuvo, kuten moottorireki tai ilma-
tyynyalus. Maastoajoneuvoksi ei kuitenkaan katsota ajoneuvoa, joka on tarkoitettu
kuljetettavaksi moottorikelkkailureitin lisäksi myös muulla tiellä.*

*Moottorireki on jalaksin tai teloin varustettu maastoajoneuvo. Moottorikelkka on tela-
vetoinen moottorireki, jossa on kuljettajan lisäksi tilaa enintään kahdelle henkilölle ja
jonka omamassa on enintään 0,5 tonnia.*

Ajoneuvolaista löytyvien pykälien mukaan suunnittelemani tela-ajoneuvo kuuluu ryhmään maastoajoneuvo tai moottorityökone. Rekisteröinti laitteelle on käytännössä mahdoton, mutta periaatteessa mahdollista. Laitteeseen pitäisi tehdä testejä ja todistaa sen turvallisuus ja joka tapauksessa pienentää sen huippunopeutta. Laitteeseen on kuitenkin mahdollista ottaa liikennevakuutus rekisteröimättömän maastoajoneuvon nimellä, mikä vaatii laitteeseen runkonumeron tai ainakin sellainen on ilmoitettava.

12 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa pienikokoinen maastokäyttöön soveltuva tela-ajoneuvo. Laitteen kokoon pituden suhteen ei paljon voinut vaikuttaa, koska teloja ei voinut pidentää tai lyhentää. Tavoiteltu leveys oli 160 cm, josta jouduin antamaan periksi 10 cm, koska sopivaa ohjaamo ei löytynyt niin kapeana. Leveyden suureneminen osoittautui positiiviseksi asiaksi, koska voimansiirron toteutuksessa olisi tullut suuria ongelmia tilanpuutteen vuoksi, jos laite olisi ollut 10 cm kapeampi. Laitteen kokonaiskorkeus nousee aika suureksi, jopa 2,4 metriin mutta se ei haittaa paljoakaan, koska suurin osa laitteen painosta on hyvin matalalla. Vaikka kokonaiskorkeus onkin melko suuri, tulee laitteen painopiste vain 70 cm:n korkeuteen eli lait-

teen pitäisi kestää helposti 45 asteen kallistuminen sivuittain ennen kaatumista. Pitkittäissuunnassa laitteen kaatuminen on vieläkin epätodennäköisempää kuin sivuttain.

Tavoitteena oli tehdä laitteesta mahdollisimman kevyt, jotta se aiheuttaisi mahdollisimman vähän vahinkoa maastoon. Mielessäni olin asettanut tavoitepainoksi 800 kg mutta tästä todennäköisesti mennään yli ja todellinen laitteen massa näyttäisi arvioitujen painojen perusteella olevan noin 1000-1100 kg. Tässä voi olla suuriakin heittoja, koska osien paino on aika vaikea arvioida.

Työn kuvittelin saavani toteutettua ennen lumien sulamista, mutta työn määrä ja varsinkin suunnitteluun uponnut aika määrä yllätti ja laitetta ei saatu edes testikuntoon ennen opinnäytetyön palauttamista. Aikaa veivät paljon ilmenneet ongelmat ja niiden ratkaisua etsiessä vierähti monta unetonta yötä, mutta jokaiseen ongelmaan löytyi ratkaisu, vaikka välillä tuntui sen olevan mahdoton tehtävä. Yksi eniten työtä vaatineista kohteista oli alennusvaihteen suunnittelussa ilmennyt ongelma: vaihdelaatikon kyljissä olevia vetoakselin laippoja ei ole suunniteltu kestävämmän vetoa, joten ketjuvälitys piti suunnitella niin, että ketjun aiheuttaman vedon ottaisi vastaan muut rakenteet kuin vaihteiston laakerit.

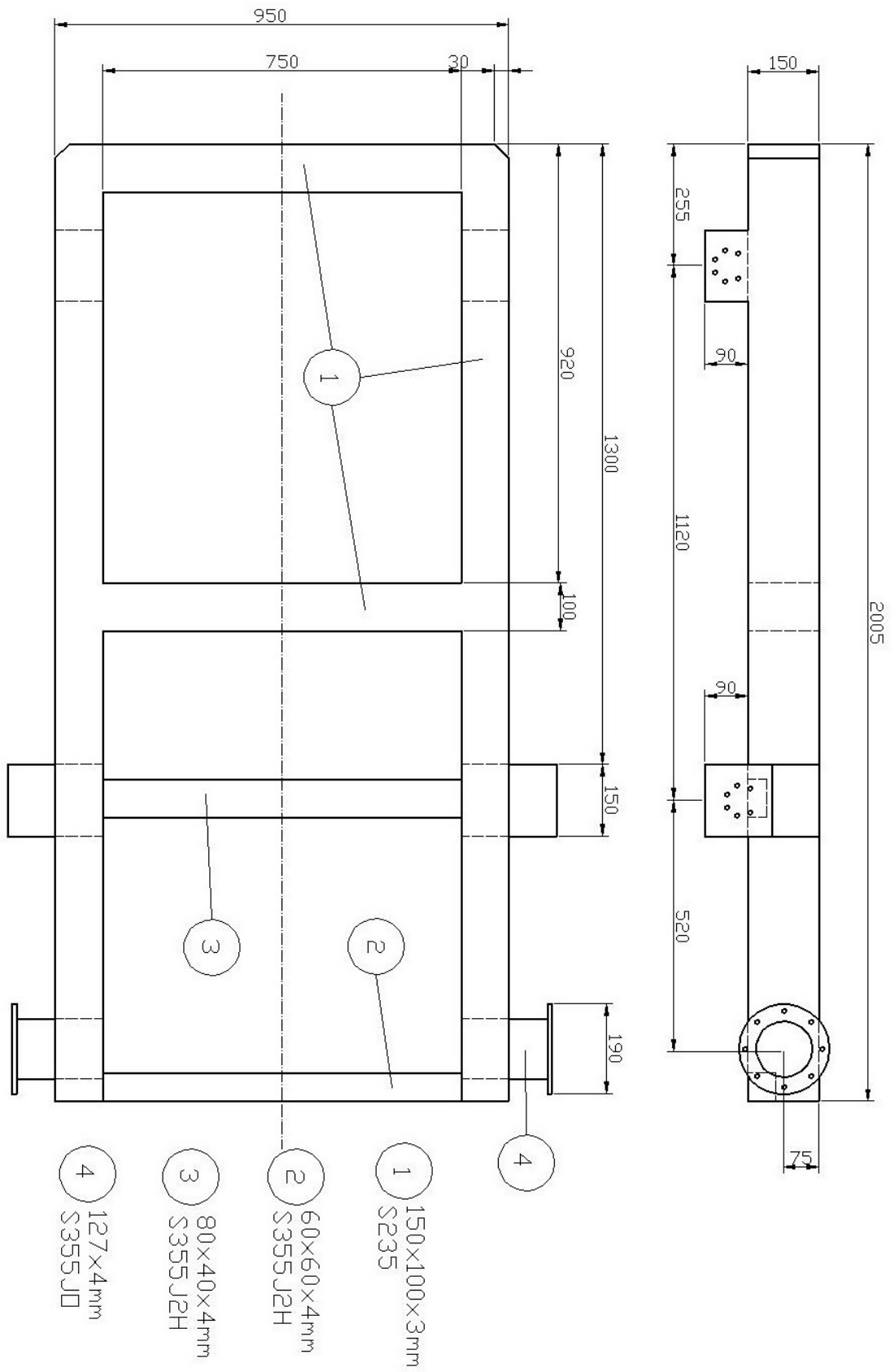
Työtä tehdessäni opin paljon siitä, mitä kaikkea pitää ottaa huomioon, kun suunnittelee laitetta, missä ei voi ottaa mallia mistään muusta laitteesta. Kokonaisuutena olen aika tyytyväinen ratkaisuihin, mitä jouduin työssä tekemään, vaikka kehittämisen varakin kyllä jäi. Tässä olisi ollut hyvä kertoa laitteen toteutuneista ominaisuuksista mutta kun laite ei ehtinyt valmistua tai tulla ajokuntoon jää se myöhempään. Ihmiset, jotka ovat nähneet laitteen ovat pitäneet sitä hyvin suunniteltuna ja varmasti tarpeeksi kestäväenä.

LÄHTEET

1. Airila Mauri, Karjalainen Jussi, Mantovaara Urpo, Nurmi Lasse, Ranta Aarno, Verho Arto. Koneenosien suunnittelu 1 perusteet. Porvoo: WSOY. 1985.
2. Airila Mauri, Karjalainen Jussi, Mantovaara Urpo, Nurmi Lasse, Ranta Aarno, Verho Arto. Koneenosien suunnittelu 2 liitokset. Porvoo: WSOY. 1985.
3. Airila Mauri, Karjalainen Jussi, Mantovaara Urpo, Nurmi Lasse, Ranta Aarno, Verho Arto. Koneenosien suunnittelu 3 tehonsiirto. Porvoo: WSOY 1985.
4. Bosch Robert. 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerrus OY
5. Harvelit.com nettifoorumi. 2011. www-sivu.
<http://harvelit.proboards.com/index.cgi> . Ei päivitys tietoja. Luettu 1.1. 2011-25.4 2011 useita kertoja.
6. Levyketjupyörät 16B. 2011. www-dokumentti.
<http://tuotteet.etra.fi/main.html?nodeUid=7996588&catalogUid=2224442&parents=|7377706|7996567|7996570&path=1> . Päivitetty 25.4.2011. Luettu 30.3.2011
7. Putkipalkit. 2011. www-dokumentti.
<http://www.tekniikka.oamk.fi/~penttihu/kaveri/nk96/putkipalkit.pdf> . Ei päivitystietoja. Luettu 8.12.2010
8. Rexnord RexPro rullaketju DIN 8187. 2011. www-dokumentti.
<http://tuotteet.etra.fi/main.html?nodeUid=7996504&catalogUid=2224442&parents=|7377706|7996498|7996501&path=1> . Päivitetty 25.4.2011. Luettu 30.3.2011
9. FINLEX ajantasainen lainsäädäntö. 2002. www-dokumentti.
[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021090?search\[type\]=pika&search\[pika\]=moottori](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021090?search[type]=pika&search[pika]=moottori) . Päivitetty 11.12.2002. Luettu 23.4.201

LIITE 1.

Rungon piirustus





KÄTEISKUITTI
Laskupäivä
21.12.2010
Viite

10814467

Sivu 1

KÄTEISASIAKAS

100
Tilausnro 546918
Käsittelijä JP
Myyjä PINSON IRA

Selite	Määrä	ALV	Ahinta	Ale	Netto
1241247 LATTI 8X100 MM S235JRG2 2 M	12,56	KG	1,09		13,69
4141135 PUTKIP. 80X40X3 MM S355J2H 2 M	2	M	6,60		13,20
1241081 LATTI 4X50 MM S235JRG2 6 M	9,42	KG	1,12		10,55
24141492 2PUTKIP. 150X100X3 MM, 8,4 M <i>52,35</i>	8,4	M	6,78		56,95
1 RAUTA II-LAATU 48 KG	48	KG	0,50		24,00
3120040 KY-VA 0,75X1000X2000 MM DCO1 1 KPL	12	KG	1,24		14,88
3120070 KY-VA 1X1000X2000 MM DCO1 1 KPL	16	KG	1,24		19,84

ALV
Yhteensä 153,11
Pyöritys 35,22
0,02

Yhteensä EUR 188,35

Myynti 153,13 ALV 23,00 %

35,22

Noudatamme Teknisen Kaupan Liiton terästen ja metallien kulloinkin voimassa olevia yleisiä myyntiehtoja.

KUUSAKOSKI OY
Ruokomaentie 50, 40530 JYVÄSKYLÄ
Puh: 020 781 7560 Fax: 020 781 7561
terasmyynti@kuusakoski.fi

KUUSAKOSKI OY PL 9, 02781 ESPOO
Puhelin 020 781 781
Fax 020 781 7200
Y-tunnus 1589236-3
Kotip. Espoo Alv rek.



KÄTEISKUITTI
Laskupäivä
24.01.2011
Viite

10815300

Sivu 1

KÄTEISIASIAKAS

100
Tilausno
Käsittelijä
Myyjä

547814
PM
Petri Mikkola

Selite	Määrä	ALV	Ahinta	Ale	Netto
4141140 PUTKIP. 80X40X4 MM S355J2H 1,6 M	1,6 M		11,42		16,44
4241802 KALUSTEPUTKI 70X2 MM FORM 220C 1,4 M	1,4 M		6,12		7,71
1242305 LATTA 10X200 MM S355JO 1 M	15,7 KG		1,50		21,19
1241153 LATTA 5X150 MM S235JRG2 2 M	11,78 KG		1,42		15,06
1241247 LATTA 8X100 MM S235JRG2 2,8 M	17,58 KG		1,42		22,46
24241440 2.KALUSTEP. 16X1,25 MM FORM 220C 1,5 M	1,5 M		0,46		0,62
4241892 KALUSTEPUTKI 127X2 MM FORM 220C 0,5 M	0,5 M		14,25		6,42
9999022 KATKAISU SIRKKEILLÄ 1 KPL	1 KPL		0,50		0,45
1 RAUTA II-LAATU 16 KG	16 KG		0,50		7,20
				Yhteensä	97,55
		ALV			22,43
				Pyörästys	0,02
		Yhteensä		EUR	120,00
Laskun alennukset			10,85		
Myynti	97,57 ALV	23,00 %	22,43		

Noudatamme Teknisen Kaupan Liiton terästen ja metallien kulloinkin voimassa olevia yleisiä myyntiehtoja.

KUUSAKOSKI OY
Ruokomäentie 50, 40530 JYVÄSKYLÄ
Puh: 020 781 7560 Fax: 020 781 7561
terasmyynti@kuusakoski.fi

KUUSAKOSKI OY PL 9, 02781 ESPOO
Puhelin 020 781 781
Fax 020 781 7200
Y-tunnus 1589236-3
Kotip. Espoo Alv rek.