

**LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO**

Teknillinen tiedekunta

LUT Kone

BK10A0401 Kandidaatintyö ja seminaari

LUMIKELKAN KONSEPTISUUNNITTELU  
THE CONCEPT DESIGN OF A SNOW SLEDGE

Joonas Kolehmainen 13.3.2014

Työn tarkastaja: TkT Kimmo Kerkkänen

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>KELKKAKONSTRUKTION SUUNNITTELUN PERUSTEET</b> .....	<b>5</b>
2.1	Yleisimpiä ratkaisuja kelkkamalleissa .....	5
2.2	Suksien tai muiden ohjaukseen liittyvien toimintaperiaate .....	7
2.2.1	Runko.....	7
2.2.2	Suksen malli.....	8
2.2.3	Jarrutus.....	11
2.3	Ohjaaminen kaksipyöräisissä ajoneuvoissa .....	11
2.3.1	Keulatyypit.....	12
2.3.2	Ohjaustekniikka .....	13
<b>3</b>	<b>UUDEN KELKKAKONSTRUKTION IDEOINTI JA SUUNNITTELU</b> .....	<b>15</b>
3.1	Vaaditut ominaisuudet sekä toiminnot .....	15
3.2	Suksen malli.....	20
3.3	Rungon materiaalivalinnat .....	22
3.4	Iskunvaimennus .....	23
3.5	Turvallisuus .....	24
3.5.1	Jarrut .....	25
3.6	Moottoripyörän malli .....	26
<b>4</b>	<b>TULOKSET</b> .....	<b>28</b>
4.1	Ulkomuoto .....	28
4.2	Käyttöominaisuudet .....	29
<b>5</b>	<b>TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTA</b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>34</b>
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>35</b>

## 1 JOHDANTO

Suomen talvi mahdollistaa mäenlaskuun sekä lasketteluun tarvittavat olosuhteet ympäri maata useaksi kuukaudeksi vuosittain, ja harrastuksena rinteiden laskeminen eritavoin onkin todella suosittu. Uusille välinevaihtoehdoille on kysyntää ja uudentyyppisiä malleja tuodaankin markkinoille kausittain.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on suunnitella mäenlaskuun soveltuva kelkka, joka eroaa perinteisistä kelkkamalleista niin ajoasennoltaan kuin hallintalaitteiltaan. Kelkkamallissa pyritään jäljittelemään ratamoottoripyörien ominaisuuksia ulkonäön sekä kuljettajan ajoasennon suhteen. Myös kelkan ohjauslaitteisiin kiinnitetään huomiota, ja työssä pohditaan mahdollisia vaihtoehtoisia ratkaisuja toimivan ohjauksen toteuttamiseksi, jolloin myös tyypillinen rattiohjaus voitaisiin vaihtaa ohjaustankoon moottoripyörämäisen vaikutelman luomiseksi. Kuvassa 1 nähdään esimerkkinä erään valmistajan malli käyttötilanteessa.

Työn aikana tutkitaan jo toteutettuja ideoita erilaisissa mäenlaskukelkoissa. Tarkoituksena on suunnitella käytännössä toimiva malli, joka olisi mahdollista tuoda markkinoille kilpailukykyisenä tuotteena. Suunnittelussa huomioidaan näinollen myös kelkan ajo-ominaisuudet, jotka määräävät minkälaisiin laskuolosuhteisiin sekä kenen käyttöön kelkka on soveltuva väline. Tämän perusteella kelkasta on mahdollista suunnitella erilaisia variaatioita käyttäjän iän, koon sekä mahdollisesti erilaisten mäenlaskurinteiden mukaan. Markkinoille tuomisen edellytyksenä on tuotteen valmistamisen mahdollistaminen kilpailukykyiseen hintaan, sekä valmista tuotetta koskevien rajoitusten ja määräyksien noudattaminen, jotka on huomioitava jo aikaisessa vaiheessa suunnittelua. Tuotannosuunnittelussa pyritään hyödyntämään perinteisiä valmistusmenetelmiä sekä materiaaleja valmistuskustannuksien vuoksi, mutta valmistusprosessin erilaisia toteuttamismahdollisuuksia otetaan työn aikana huomioon.

Mahdollisia kaupallisia tarkoituksia varten tuotteen tärkein ominaisuus tulee olemaan turvallisuus, johon tullaan kiinnittämään erityistä huomiota. Kelkan valmistusta käydään pääpiirteisesti läpi, jossa otetaan huomioon myös valmistuskustannusten suuruus.

Tarkempaa suunnittelua, kuten valmistuspiirustusten tekemistä tai yksityiskohtaisia lujuuslaskelmia ei käsitellä työn aikana.



**Kuva 1.** Brenter Snowbike käytössä. (Brenter Snowbike The Original, 2012.)

## 2 KELKKAKONSTRUKTION SUUNNITTELUN PERUSTEET

Suunnittelun aikana on tarkoitus kehittää uudenlaisia ratkaisuja samoihin ongelmiin, joihin ratkaisuja on jo keksitty markkinoilla jo olevissa tuotteissa. Tuotteen lopullinen tarkoitus sekä lähtökohdat ovat samat, toteutus ratkaisee kuinka menestyksekkäs tuote loppukäyttäjien mielipiteissä on. Tässä tapauksessa arvioidaan kuinka suuren viihdearvon tuote antaa käyttäjälleen suhteessa hankintahintaan. Erilaisia vaihtoehtoja kelkkojen laskutekniikoille tai muotoilulle on markkinoilla suppeasti, joten uudennlaisille, innovatiivisimmille ratkaisuille voisi olla tilaa.

### 2.1 Yleisimpiä ratkaisuja kelkkamalleissa

Yksi suurimmista mäenlaskukelkkojen valmistajista on ruotsalainen Stiga, jonka nimi toimii jo synonyymina rattikelkalle. Yritys valmisti ensimmäisen kelkkansa vuonna 1965, jonka jälkeen toiminta on laajentunut valikoiman ja tuotannon kasvuna sekä jatkuvana tuotekehityksenä nykypäivään asti. Vaikka muutokset kelkkojen päätoiminnoissa ovat pysyneet samana, laskun hallittavuutta on pyritty parantamaan suksien ja hallintalaitteiden muotoiluilla. Lisäksi materiaalivalinnoilla on vaikutettu kelkkojen käyttömukavuuteen. (Stiga history, 2012.) Kuvassa 2 on esillä Stigan valmistama perusmallia edustava mäenlaskukelkka, jonka tekniset ratkaisut ovat vastaavia useiden muiden kelkkamallien kanssa. Toimintojen määrä on pidetty vähäisenä ja niiden toteutus tapahtuu mahdollisimman yksinkertaisilla tavoilla valmistuksen yksinkertaistamiseksi, pitäen siten valmistuksen kustannukset alhaisina. Yksinkertaiseen putkirunkoon on kiinnitettyä muoviset sukset joihin on tehty muotoilua ohjaavien urien muodossa.



**Kuva 2.** Stigan perinteinen mäenlaskukelkka. (Stiga products, 2012.)

Yhtenä esimerkkinä viimeaikaisesta innovatiivisesta suunnittelusta voidaan pitää Stigan kehittämiä Curve-malliston suksia, joissa suksen liikkumista ei ole rajoitettu menosuuntaan ohjaavilla urilla, vaan pyöristetyt reunat mahdollistavat muotoilunsa puolesta laskun myös esimerkiksi takaperin. (Stiga history, 2012.)

Snowbiken kehittäjä, Engelbert Brenter, suunnitteli maaliskuussa 1949 oman ratkaisunsa lumisilla rinteillä liikkumiseen. Brenter patentoi ideansa nimellä Sit-Ski, joka kertoo laitteen ohjaustyylillä. Kelkka koostuu runko-osasta, ainostaan kahdesta suksesta joista etummaista ohjataan ohjaustangon välityksellä. Teknisestä kehityksestä huolimatta laitteen perusidea on säilynyt nykypäivään asti. Kuvassa 3 on nähtävissä viimeisintä mallia oleva kelkka. (Snowbike - Future since 1949, 2013.)



**Kuva 3.** Brenter:n valmistama Snowbike. (Brenter Snowbike The Original, 2011.)

Snowbike edustaa Stigaa pidempää historiaa mäenlaskukelkkojen valmistuksessa, vaikka aivan Snowracer:n tyylisestä kelkkamaisesta laskuvälineestä ei ole kyse. Se muistuttaa rakenteeltaan nimensä mukaisesti enemmän polkupyörää, johon on renkaiden sijaan asennettu sukset. Kääntymistä hallitaan lisäksi kuljettajan jalkoihin kiinnitettävillä suksilla, joiden avulla kelkkaa on mahdollista kallistaa ja näin ohjata sitä samoin kuten useimpia kaksipyöräisiä ajoneuvoja. Johdannon lopussa kuvassa 1 nähdään Snowbiken ohjaustapa käytännössä. Ohjaustapa edellyttää hyvää hallittavuutta käänöksissä, joten kelkan paino on ohjattavuuden avainasemassa. Malliston raskain aikuisille suunnattu Snowbike on kokonaispainoltaan 9 kg. Tekniset ratkaisut ovat idealtaan vastaavanlaisia kuin yleisemmissä rattikelkoissa, mutta itse rakenteen laatuun on panostettu selvästi enemmän kuin Stigan malleihin. Tämä näkyy luonnollisesti myös laitteen hinnassa, joka nousee kalleimmassa hiilikuiturakenteisessa mallissa yli 5000 euroon. (Breter Snowbike Products, 2013.)

## 2.2 Suksien tai muiden ohjaukseen liittyvien toimintaperiaate

Toiminnalliselta kannalta tarkasteltuna, mäenlaskukelkka koostuu istuinosasta ohjauslaitteineen, sekä suksista joiden asentoa muuttamalla kuljettaja voi kontrolloida kelkan liikettä. Tyypillisesti ohjaus toteutetaan kääntämällä etusuksea tai –rengasta ajoneuvon käyttöalueesta riippuen, jolloin ajoneuvon liikesuunta muuttuu ohjausvälineen suunnan mukaisesti. Tämän lisäksi kahden tukipisteen varassa olevia ajoneuvoja on mahdollista kääntää kallistamalla, jolloin esimerkiksi ohjausvälineen tarvittavan käytön määrä vähenee.

Lumella kulkevan kulkuneuvon toiminnassa on otettava huomioon, ettei kulkuvälineen paino kohdistu liian pienelle pinta-alalle. Liika paino aiheuttaa sen, että lumi kantaa kulkuvälineen heikommin, joka aiheuttaa uppoamista ja kasvattaa kitkan määrää. Tästä voidaan päätellä, että kevyempi kulkuneuvon kokonaispaino tarkoittaa pienemmän kitkan syntymistä ja siten parempaa liukumista lumella.

### 2.2.1 Runko

Kelkan painavin osa, sekä jäykkyyden määrittelyssä tärkein kappale on runko. Runkomateriaalin on oltava samaan aikaan jäykkä sekä kevyt. Nämä vaatimukset ovat yleisiä myös useimmille muille kulkuvälineille, kun tavoitteena on liikkuminen

mahdollisimman pienellä energian tarpeella. Runkomateriaalit sekä -profiilit ovatkin olleet kehityksen kohteena pitkään, ja uudenlaisia vaihtoehtoja syntyy edelleen materiaalikehityksen myötä. (Coombs, 2001, s. 9:2-3)

Valmistajat ovatkin käyttäneet edullisia ratkaisuja, jotka on todettu hyväksi tuotekehityksen perusteella. Perinteinen ratkaisu on massatuotantoon erittäin hyvin sopiva teräksinen putkiprofiili, joka on raaka-ainehinnaltaan sekä valmistuksen näkökulmasta edullinen valmistusmateriaali. Ohutseinämäisen teräsputken ominaisuuksiin sisältyy keveys sekä tarkoitukseen riittävä jäykkyys. Työn suunnitteluvaiheessa huomioidaan erilaisten materiaalien käyttömahdollisuudet, tuotannollisesta sekä kaupallisesta näkökulmasta.

### 2.2.2 Suksen malli

Suksien rakenteella on suuri merkitys sen käyttäytymiseen erilaisilla lumisilla pinnoilla. Erityisen tarkkaa suksen muotoilu sekä pintamateriaalien valinta on hiihdossa, jolloin täytyy huomioida hiihtäjän koko, hiihtotekniikka sekä vaihtelevat olosuhteet. Kriittisintä hyvän suksen valinnassa on oikeanlaisen lumen ja suksen välisen pidon löytyminen. (Kantola, 1985, s. 20-24)

Suksen luistaminen perustuu suksen ja lumen välisen vesikalvon muodostumiseen, joka edesauttaa liukumista. Vesikalvo syntyy suksen aiheuttaman kitkan sulattamasta lumesta. Luiston kannalta optimaalinen vesikalvo on ohut; liiallinen veden määrä jarruttaa liukumista. Vastakohtana riittävän kylmässä lämpötilassa kitkan tuottama lämpö ei riitä sulattamaan riittävää vesikalvoa, jolloin suksen ja lumen välisen kitkan jarruttava voima jää suureksi. Kylmästä säästä johtuvia ongelmia pyritään ehkäisemään suksessa lämpöä eristävillä materiaaleilla, jolloin lämpöenergiaa ei pääse häviämään suksen rakenteeseen. Samoin vesikalvon määrää voidaan optimoida suksen pohjaan lisättävillä pinnoitteilla. (Kantola, 1985, s. 12-14)

Suksen muotoilu määräytyy myös sen käyttötavan mukaan. Kuvassa 4 on esiteltyinä perinteisiä laskusuksien poikkileikkauksia, josta ilmenee erityylisten mallien rakenne-erot. Erot vaikuttavat pääasiassa suksien laskuominaisuuksiin kuten vääntöjäykkyyteen. Kuvassa ylimpänä olevassa suksessa puuytimen ympärillä käytetään metallikerroksia jäykentämään rakennetta. Metallikerrosten paksuus sekä valitun metallin tiheys vaikuttavat



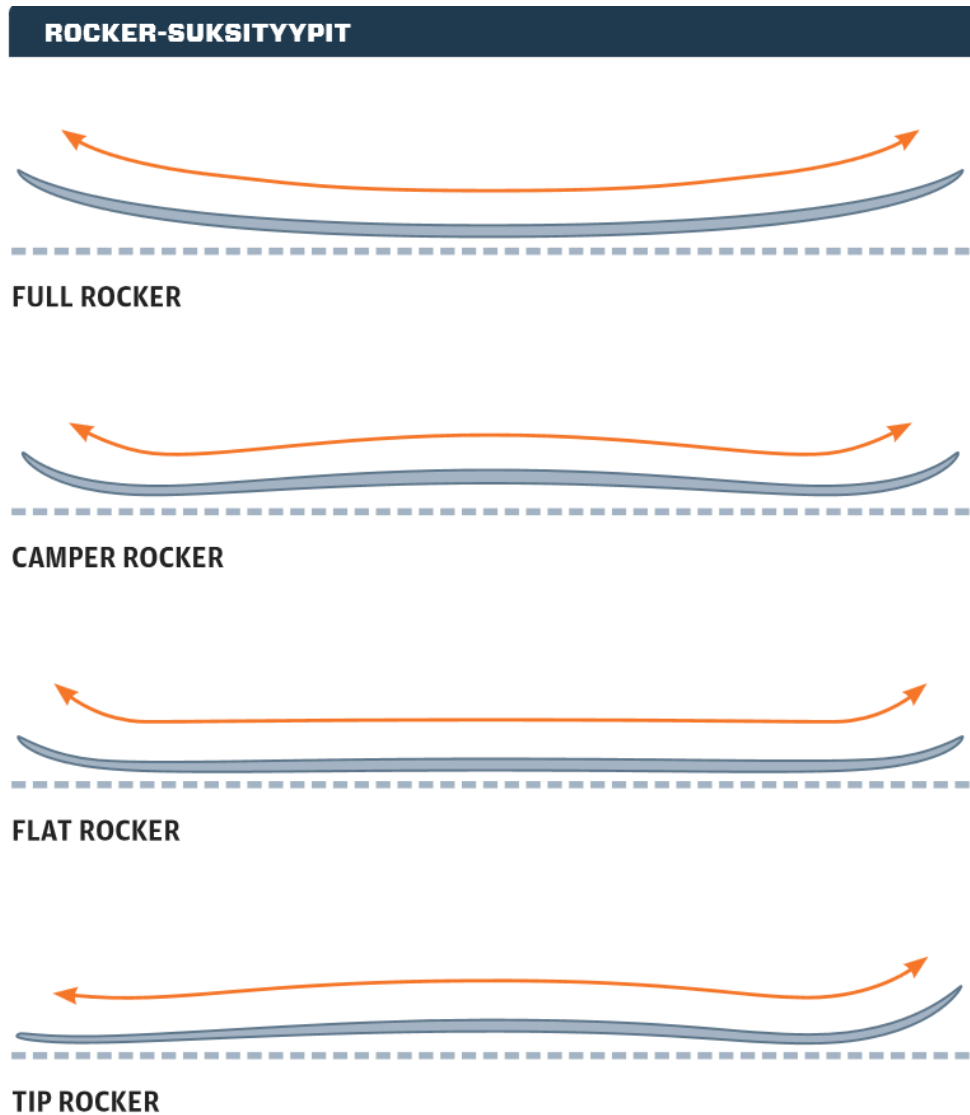
suksen painoon, raskaamman suksen ollessa heikommin ohjattava mutta vakaampi. Keskimmäistä mallia kuvassa kutsutaan cap-rakenteiseksi, jossa käytetään puun sijaan muovista rakennetta. Suksen ytimessä voidaan käyttää lisäksi metallivahventeita, mutta vahvikkeista huolimatta muovisuksen keveyden haittapuolena on heikompi kestävyys. Vapaalaskuun käytetään perinteisesti edelleen puuytimistä suksea, kuten kuvan alimmassa mallissa voidaan nähdä. Laskuominaisuuksiin voidaan vaikuttaa puuosan paksuuden lisäksi myös puulajeja vaihtelemalla. Yhdistelemällä lasikuitua, terästä sekä muovivaahkuja ulkokuoren valmistuksessa, ominaisuudet saadaan pidettyä optimaalisena kestävyuden ja käytettävyyden välillä. Uudemmissa mallissa yhdistellään edellämainittuja rakenteita esimerkiksi säilyttämällä puuytimen rakenne suksen keskiosassa, muuttuen kärkiä kohden cap-rakenteiseksi. (Salminen, 2010.)



**Kuva 4.** Eri suksimallien poikkileikkauksia. (Salminen, 2010.)

Rocker sukset edustavat uusinta suuntausta laskusuksien muotoilun kehityksessä. Rocker-nimitys on peräisin sanan keinutuoli englanninkielisestä vastineesta rocking chair. Suksen nimi kuvaa sen muotoilua, pohjan ollessa jalkavuudeltaan käänteinen. Jalkavuus on käänteinen kun suksen pohjan keskiosa on käännöksen aikana alempana, kuin suksen kärki ja kanta. Rockereissa käytetään kuvan 5 kaltaisia erityyppisiä muotoiluja haluttujen

kääntymisominaisuuksien mukaan, joista full rocker on vahvasti kaartuvan pohjansa sekä leveytensä ansiosta sopiva teräviin käännöksiin sekä huonokuntoisimmillekin rinteille. (Rytövaara, 2012, s. 49)



**Kuva 5.** Rocker-suksien erilaisia malleja. (Rytövaara, 2012, s. 51)

Laskuun suunnitellun suksen pääasiallinen tehtävä on liukua lumen pinnalla mahdollisimman vähällä määrällä liikettä vastustavaa kitkaa. Liukuminen on kuitenkin toteutettava niin, että se tapahtuu yhteen suuntaan jolloin lasku pysyy hallittuna. Täysin vapaasti tapahtuva liukuminen mahdollistaisi suksen liikkumisen sivuttaissuunnassa, joka ei ole hallitun laskun kannalta tarkoituksenmukaista. Kelkkakäyttöön soveltuvan suksen

suunnittelussa täytyy huomioida olemassa olevien mallien ominaisuudet ja eri käyttötapojen tuomat eroavaisuudet suksien rakenteissa.

### 2.2.3 Jarrutus

Mäenlaskukelkat liikkuvat maan gravitaation vaikutuksesta rinnettä alas, eikä erillistä voimanlähdettä liike-energian muodostamiseksi käytetä tässä tapauksessa suunnittelun yhtenä vaihtoehtona. Kelkan liike välittyy alustaan suksien pinnan kautta, liikkeen tapahtuessa liukumisena. Käytännössä kelkan liikettä vastustavat ainoastaan kitka sekä jossain määrin ilmanvastus, joten järkevästi toteutettavissa olevat jarruvaihtoehdot ovat toimintaperiaatteeltaan yksinkertaisia. Näin ollen jarrutus tapahtuu joko tuota liukumista rajoittavana tekijänä, eli kitkavoiman lisääjänä, tai vaihtoehtoisesti kokonaan erillisenä jarrutusmekanismina jonka tehtävä on vähentää kelkan nopeutta muiden liikettä vastustavien keinojen avulla.

### 2.3 Ohjaaminen kaksipyöräisissä ajoneuvoissa

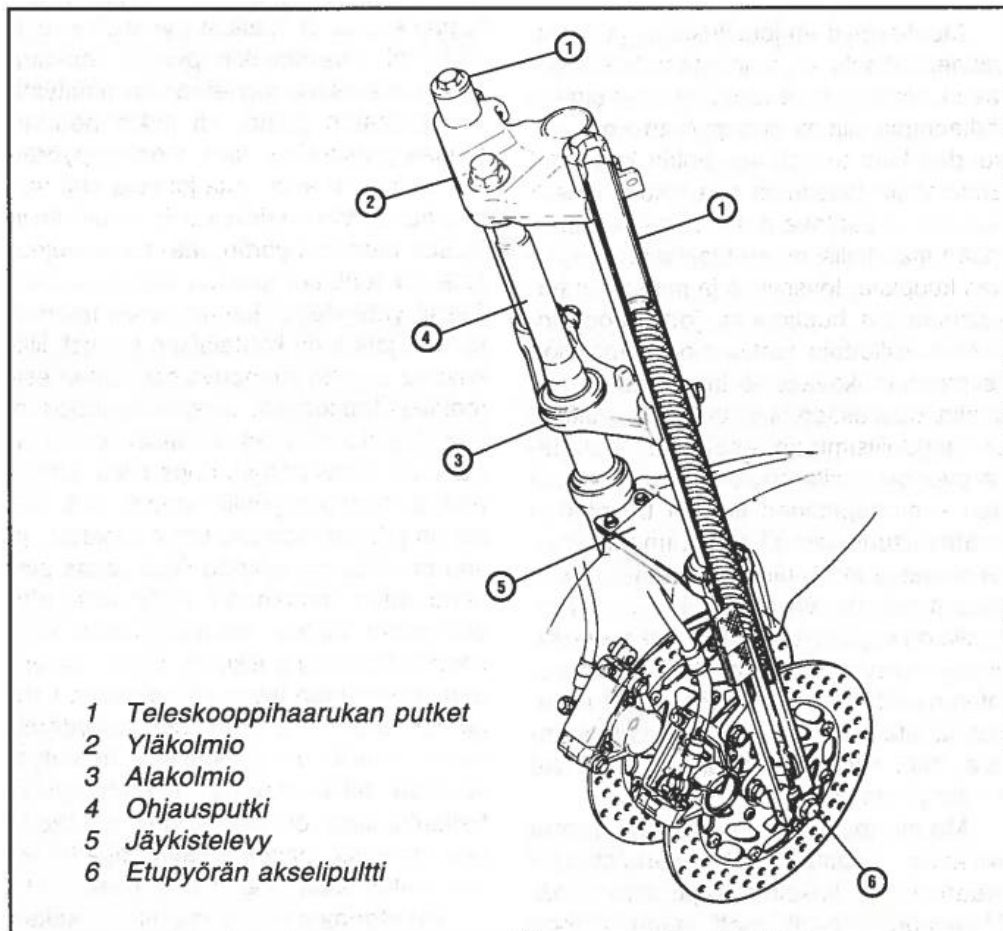
Moottoripyörien sekä muiden kaksipyöräisten ajoneuvojen ohjausratkaisut ovat nykyaikana keskenään lähes samantyyppisiä. Tiettyjä eroavaisuuksia löytyy tarpeiden muuttuessa ajoneuvotyyppien välillä, mutta keulan ohjauksen toimintaperiaatteet ovat yhtenäistyneet tiettyjä valmistajien erikoisratkaisuja lukuunottamatta. Moottoripyörän keulan toimintaa mukailevia ratkaisuja on jo käytettykin joissain kelkkamalleissa. Keulan toimintaa sekä erilaisia keulavaihtoehtoja käsitellään nimenomaan niiden kelkkailutarkoitukseen soveltamisen kannalta ottamatta kantaa niiden toimivuuteen moottoripyöräilyssä. (Coombs, 2002, s. 7:2-13)

Iskunvaimennuksessa puhutaan yleisesti kahdesta toiminnosta. Varsinaisesta iskunvaimennuksesta sekä jousituksesta. Jousituksen tehtävänä on vastaanottaa ajoalustan epätasaisuudesta johtuvat iskut ajon aikana, kun taas iskunvaimennus rajoittaa jousituksesta aiheutuvaa heilahtelevaa liikettä. Moottoripyörän jousitettu massa käsittää sen osan moottoripyörästä, jota iskunvaimennus suojaa tien epätasaisuuksilta. Tähän massaan luetaan raskaat osat kuten moottori sekä polttoainetankki, joten kovissa ajonopeuksissa jousituksen on kyettävä ottamaan vastaan huomattavasti suurempia voimia, kuin kevyiden kelkkojen tapauksessa. (Coombs, 2002, s. 7:1)

Molempien iskunvaimennuksen toimintojen yhteisinä tehtävinä kokonaisuutta tarkastellen, ovat pääasiassa ajoturvallisuuden, mutta myös kuljettajan ajomukavuuden lisääminen. Suunnitteluosiossa tarkastellaan iskunvaimennuksen tarpeellisuutta sekä saavutettuja hyötyjä mäenlaskukelkassa.

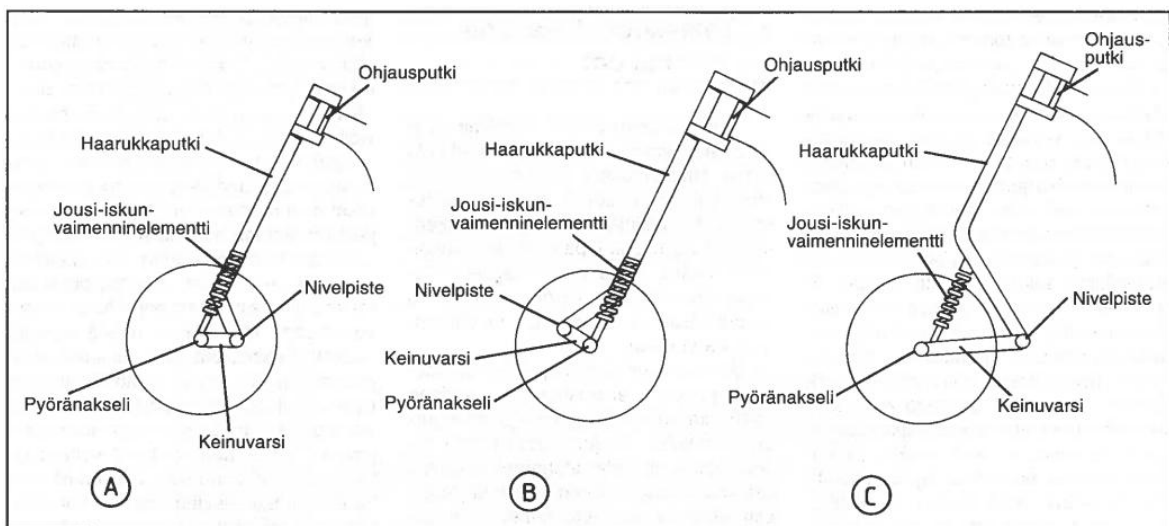
### 2.3.1 Keulatyypit

Teleskooppihaarukka on yleisin käytössä oleva keulatyyppe. Se jakaantuu toiminnaltaan iskunvaimennukseen sekä keulan suunnanohjaukseen. Iskunvaimennus tapahtuu haarukan kuvassa 6 näkyvien putkien avulla, jossa putkien sisällä olevat jouset ottavat vastaan iskuista johtuvat terävät liikkeet. Teleskooppiputket sisältävät useimmissa tapauksissa öljyä, jonka virtausta putken sisässä pyritään hidastamaan vaimenninmännän avulla, iskunvaimentimen painuessa kasaan. Virtausvastusta voidaan usein tarvittaessa säätää, jolloin iskunvaimennuksen tehokkuutta voidaan säätää ajoympäristön tai jarrutustavan mukaan. (Coombs, 2002, s. 7:2)



**Kuva 6.** Yleisin käytössä oleva moottoripyörän etuhaarukkamalli. (Coombs, 2002, s. 7:2)

Kevyempään käyttöön soveltuvasta keinuhaarukkarakenteesta löytyy useampia olemassaolevia ratkaisuja. Pääasiassa mopoissa käytetty ratkaisu on rakenteensa vuoksi edullisempi kuin teleskooppihaarukka, sekä kevytrakenteisempi joka tulee ottaa huomioon käyttökohdetta ajatellen. Kyseisessä rakenteessa voidaan välttää kokonaan myös iskunvaimenninelementin käyttö, mikäli kyseessä on riittävän kevyt ajoneuvo jolloin jousien liikehdintä jää mahdollisimman pieneksi. Ohjaustoiminnaltaan keinuhaarukka ei käytännössä eroa teleskooppihaarukkaan verrattuna. Kuvassa 7 on esiteltynä erilaisia vaihtoehtoja keinuhaarukkarakenteista, joiden iskunvaimennusta voidaan soveltaa suunnittelussa kelkan etusukselle. (Coombs, 2002, s. 7:11-12)

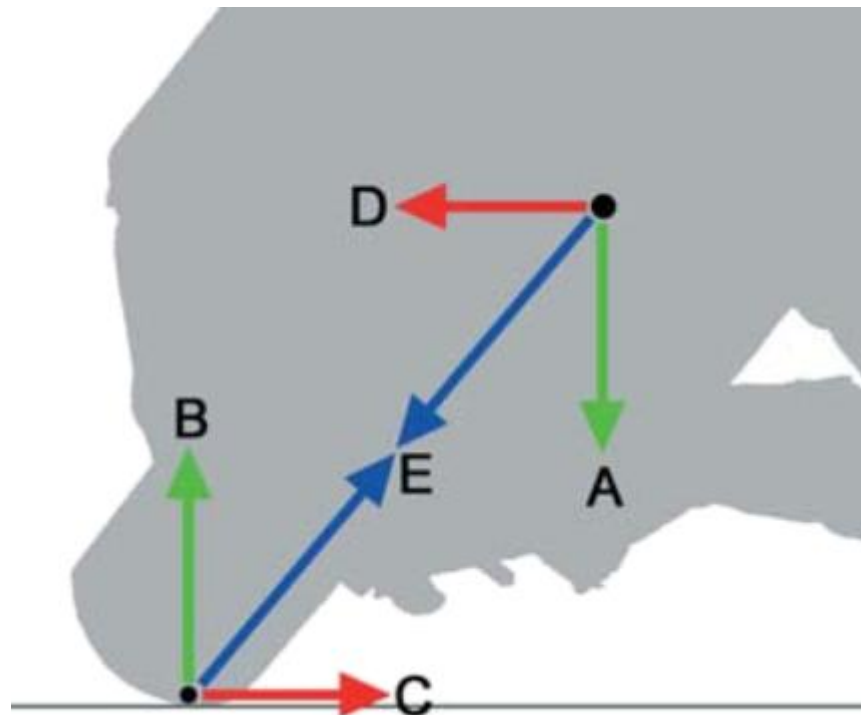


**Kuva 7.** Keinuhaarukkamalleja. (Coombs, 2002, s. 7:12)

Muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi girder- ja springer-etuhaarukat, joiden tekniset ratkaisut eivät tuo edellämainittuihin malleihin verrattuna tässä tapauksessa mitään erityistä hyötyä. (Coombs, 2002, s. 7:11)

### 2.3.2 Ohjaustekniikka

Moottoripyörämäisen ohjauksen edellytyksenä on rungon kallistuksenmahdollisuus. Kallistus siirtää kuljettajan ja kulkuvälineen painopistettä, joka helpottaa ohjaussuunnan kääntämistä. Etusuksen kääntöliikkeen tarve pienenee joka vähentää äkkinäisten liikkeiden tarvetta, ja lisää näin ohjauksen hallittavuutta. Kuljettajan sijoittuminen sisämutkaan edellyttää jyrkempää kallistusta, kun sivuttaissuuntainen kiihtyvyys pyrkii kaatamaan ajoneuvon kääntymissuunnasta pois päin. (Enoksen & Klyven, 2001, s. 10-13)



**Kuva 8.** Käännöksessä moottoripyörään kohdistuvia voimia. (Enoksen & Klyven, 2001, s. 11)

Kuva 8 havainnollistaa moottoripyörään kohdistuvia voimia kallistettaessa ajoneuvoa kaarteeseen. Kuvassa nuoli A osoittaa painovoiman suunnan painopisteestä, B:n osoittaessa vastaavasti maan tukivoimaa. Nuoli C osoittaa tukivoiman maanpinnan suuntaista komponenttia, eli kitkaa joka estää renkaita luistamasta pois moottoripyörän alta kääntyessä. D esittää kääntymistä vastustavaa, kallistussuunnasta poispäin vaikuttavaa kiihtyvyyttä, josta käytetään puhekielessä termiä keskipakovoima. (Enoksen & Klyven, 2001, s. 11)

Kelkkaa on tarkoitus käyttää lumisilla rinteillä pitävän asfaltin sijaan, mutta ohjauksen toimintaperiaate on sama kuin moottoripyöräillä. Renkaiden käytettävyys edellyttää riittävän kitkavoiman syntymistä kumin ja tienpinnan välillä, kun taas kelkkaan olisi saatava mahdollisimman vähän pitoa suksen ja lumen välille suksen liukuessa menosuuntaan. Tarpeen mukaan sukseen voidaan muotoilla suuntaa ohjaavat urat, jotka kasvattavat sivuttaisliikkeen kitkaa ja ehkäisevät sivuluisun kasvamista liialliseksi.

### 3 UUDEN KELKKAKONSTRUKTION IDEOINTI JA SUUNNITTELU

Eri ratkaisuvaihtoehtojen lukumäärää rajoittaa määritellyt ohjeet valmiin tuotteen ulkomuodosta, sekä vaadituista ominaisuuksista. Suunnittelussa on perehdytty näiden ominaisuuksien erilaisiin ratkaisuvaihtoehtoihin siten, että kaikki toivotut piirteet olisivat järkevästi toteutettavissa, samalla säilyttäen loppuratkaisun hyvän käytettävyyden.

Eri vaihtoehtojen helpommaksi havainnoimiseksi on käytetty vaadituista ominaisuuksista muodostettua toimintorakennetta, ja sen pohjalta taulukkomuotoon siirretyt ratkaisut esitetään ideamatriisin avulla. Ideamatriisista valitaan sekä annettujen ohjeiden, että muiden suunnittelun aikana esille tulleiden seikkojen perusteella parhaiten sopivat osatoiminnot, jotka yhdessä toteuttavat tuotteelta vaaditut päätoiminnot.

Valmiita kokonaisratkaisuja ei verrata kvantitatiivisesti esimerkiksi pistearvioinnilla, kun osatoimintojen sekä niiden toteutusvaihtoehtojen määrä pysyy riittävän alhaisena. Toimivia kokonaisratkaisuja voi kuitenkin muodostua useita, jolloin valitaan ratkaisu, joka toteuttaa parhaiten kaikkien osa-alueiden vaatimukset minkään halutun toiminnon siitä kärsimättä.

#### 3.1 Vaaditut ominaisuudet sekä toiminnot

Valmiin tuotteen on toteuttava siltä edellytetyt vaatimukset, koskien laitteen käytettävyyttä sekä turvallisuutta. Tämän lisäksi joidenkin ominaisuuksien kannalta edullisia ratkaisuja, tai mahdollisesti kokonaan uusia ominaisuuksia listataan toivottuina asioina, mutta ne eivät ole tuotteen kehityksessä ensisijaisena. Taulukossa 1 on listattuna kelkalta vaadittuja sekä toivottuja ominaisuuksia rakenteen ja käytettävyyden osalta.

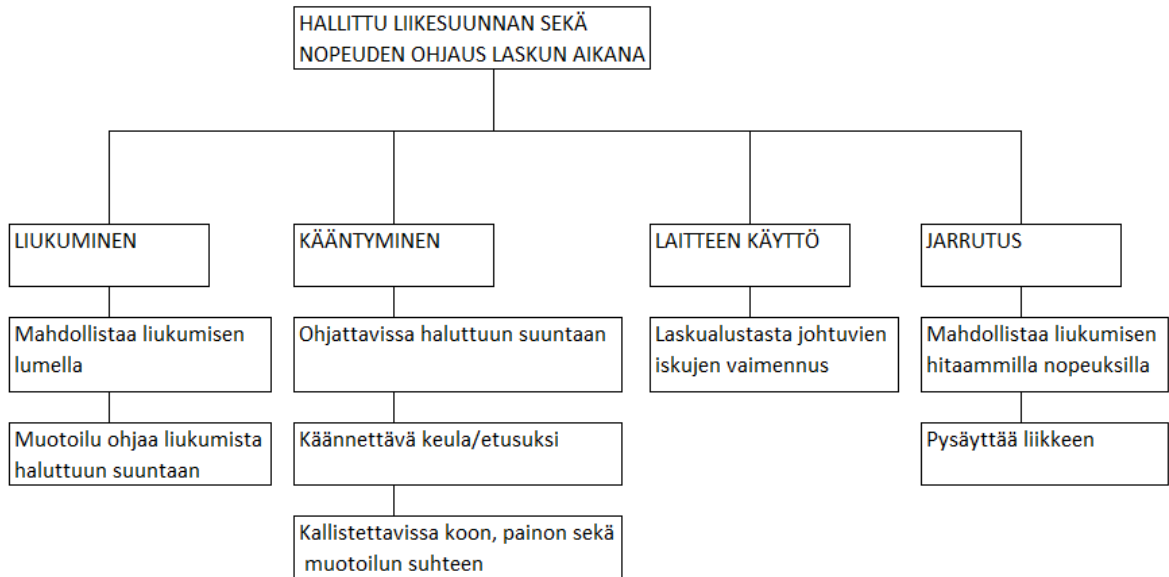
Taulukko 1. Vaatimuslista kelkan ominaisuuksille.

V = Vaatimus T = Toive	Kelkan ominaisuudet
	<p><u>Materiaalit ja valmistus</u></p> <p>V Rakenne metallista.</p> <p>V Sukset muovista.</p> <p>V Yksinkertainen valmistettavuus useiden kappaleiden valmistusta ajatellen.</p> <p>V Kokonaispainon oltava alle 15 kg</p> <p>T Tavoiteltava kokonaispaino alle 10 kg</p> <p>T Huollettavissa käyttäjän toimesta yleisesti käytössä olevilla työkaluilla.</p> <p>T Rakenteiden kestettävä 100 kg painoinen kuljettaja.</p> <p>T Materiaalivalinnoissa pyrittävä kaupallisesti kannattaviin valintoihin.</p>
	<p><u>Kontrollointi</u></p> <p>V Ratti- tai tanko-ohjaus.</p> <p>V Jarrulaite jalka- tai käsitoimisena.</p> <p>V Iskunvaimennus ohjaukseen.</p> <p>T Iskunvaimennus taakse/istuimeen.</p>



	<u>Ulkomuoto</u>
V	Moottoripyörämäinen ulkonäkö sekä ajoasento.
V	Kooltaan myös aikuiselle soveltuva.
V	Jalkojen tuenta ajoasennossa.
V	Turvallisuus huomioitava myös muotoilussa, koskien erityisesti liikkuvia osia ja kaatumistilanteita.
T	Jaloille suojat.
T	Komponenttien vaihtelu kelkan yksilöllistämiseksi.
T	Mahdollisuus muokata myöhemmin kahden istuttavaksi.
T	Suksien muotoilu paremmin ohjautuvaksi, malli laskettelusuksesta.

Listamuotoisesta luettelosta nähdään kaikki tuotteelta vaaditut ominaisuudet sekä toiminnut, mutta siitä ei voida helposti hahmottaa toimintojen kokonaisrakennetta. Toimintorakennetta voidaan kuvata kaaviolla, jota on mahdollista käyttää suunnitteluvaiheessa apuna erillisten toimintojen ratkaisemisessa. Kaaviokuvan 9 ylimmällä tasolla voidaan nähdä valmiilta lopputuotteelta edellytetty kokonaistoiminto. Laitteelta vaaditaan kokonaisuutena useita erillisiä kontrollointiin liittyviä toimintoja, joten toteutuksen ratkaisemiseksi kokonaistoiminto jaetaan vaadittuihin osatoimintoihin, jotka näkyvät kaavion toisella rivillä.



**Kuva 9.** Toimintorakenne.

Osatoimintoja tarkemmin käsiteltynä:

### 1. Liukuminen

Suksien valmistusmateriaalin haluttiin olevan muovista, joka on materiaalina hyvin muotoiltavissa haluttujen käyttöominaisuuksien mukaan. Suksen täytyy kantaa lumen pinnalla mahdollisimman hyvin kelkan sekä kuljettajan tuoma paino kitkan minimoimiseksi. Liukuominaisuuksien parantamiseksi suksen pohja on mahdollista pinnoittaa erilaisilla liukua edistävillä aineilla kuten hiihtoon tarkoitettuihin suksiin (Kantola, 1985, s. 36-38), tai pinnoittaminen voidaan suorittaa jo valmistuksen yhteydessä pysyvämmillä pinnoitevaihtoehdoilla. (Kantola, 1985, s.12)

### 2. Kääntyminen

Suksen muotoilun on toivottu muistuttavan nykyaikaisen lasketteluksen mallia kelkan ohjattavuuden parantamiseksi. Oikealla muotoilulla saadaan aikaiseksi suksen käyttäytyminen sopivammaksi nopeisiin käännöksiin sekä kestävämmäksi suurempiin

nopeuksiin. Muotoilun valintaan liittyviä muuttujia ovat esimerkiksi valmiin mallin massa sekä etu- ja takasuksien välinen etäisyys. Suksien etäisyys tulee vaikuttamaan ohjattavuuteen suuresti, etenkin mikäli kelkan koossa huomiodaan mahdollisuus kuljettajan lisäksi kyytiläisen vaatimalle tilalle. Suksien välisen etäisyyden kasvaessa kelkan kääntösäde kasvaa vastaavalla tavalla kuten esimerkiksi moottoripyörän tapauksessa.

Etusuksen kääntäminen on ohjauksen toimimisen edellytys. Toimintamalliin on olemassaolevia esimerkkejä useissa eri ajoneuvotyypeissä. Suunnittelun tulokselta toivotaan yhdistelyä talvikäyttöön suunnitellun kelkan sekä moottoripyörän ominaisuuksilta, joiden ohjaustoiminnoista ideoidaan ratkaisuja uudenlaisen käyttökohteen mukanaan tuomiin vaatimuksiin. Ohjaustyylin säilyttämiseksi toivotunlaisena, kelkan rungon suunnittelussa on huomioitava riittävä keveys jotta se säilyy helposti hallittavana.

### 3. Laitteen käyttö

Iskunvaimennus on osana keltakalta vaadituista ominaisuuksista. Etusuksen iskunvaimennus auttaa kuljettajaa hallitsemaan ajoneuvoaan epätasaisemmalla pinnalla liikuttaessa (Coombs, 2002, 7:1). Käyttömukavuuden lisäämiseksi iskunvaimennusta on mahdollista tarvittaessa lisätä esimerkiksi kelkan taka- tai istuinosaan.

### 4. Jarrutus

Jarrutusta voidaan hyödyntää liikkeen pysäyttämisen ohella myös ohjaukseen. Laskun nopeutta säätelemällä voidaan parantaa kelkan hallittavuutta laskutavasta riippuen, joten jarrutusvoiman on oltava kuljettajan säädeltävissä.

Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehtoja listataan ylös taulukon 2 ideamatriisiin. Ratkaisuvaihtoehtojen valintaan vaikuttavat työn teettäjän toiveet tehtävänannossa, sekä oletetut vaatimukset tuotteen käytön suhteen kun valmistuskustannukset pyritään pitämään alhaisina. Vaihtoehtoista kootaan paras kokonaisratkaisu suunnittelun päätteeksi.

Taulukko 2. Ideamatriisi.

<b>Runkomateriaali</b>	Teräs	Alumiini	
<b>Katteiden materiaali</b>	Muovi	Lasikuitu	Metalli
<b>Katteiden kiinnitys</b>	Pikalukitus ilman työkaluja	Ruuvikiinnitys	Kiinteä
<b>Jarrun käyttö</b>	Käsi­käyttöinen	Jalkakäyttöinen	
<b>Iskunvaimennus</b>	Teleskooppihaarukka	Keinuhaarukka	Vaimentamaton, nivelöity etusuksi
<b>Iskunvaimennuksen sijainti</b>	Etusuksella	Etu- ja takasuksella	Etusuksella ja istuimessa
<b>Ohjaus</b>	Tanko	Ratti	

### 3.2 Suksen malli

Laskettelulajeissa suksen muotoilulla pyritään vaikuttamaan sen käyttäytymiseen käännoksissä. Suksimallit ovat kehittyneet pitkistä yleiskäytössä olevista malleista lyhyempiin ja tiimalasimuotoiltuihin sukseen, joilla käännosten tekeminen on muuttunut terävämmäksi. Tärkeänä tekijänä suksen tyyppiä määrittäessä on sen kääntösäde, josta käytetään englanninkielistä nimitystä radius. Sukset voidaan jakaa kääntösäteensä mukaan karkeasti kolmeen eri ryhmään. (Hurskainen)

#### 1. Radius alle 13 m

Pienen kääntösäteen omaavat sukset ovat voimakkaasti muotoiltuja, sekä suuria kiertojäykkyydeltään. Tämän ryhmän sukset käyttävät yleensä nopeisiin käännoksiin tottuneet laskijat. Sukset ovatkin omiaan nopeisiin käännoksiin suorien

laskujen sijaan, joissa niiden käyttäytyminen ei ole yhtä rauhallista suuremman kääntösäteen suksiin verrattuna.

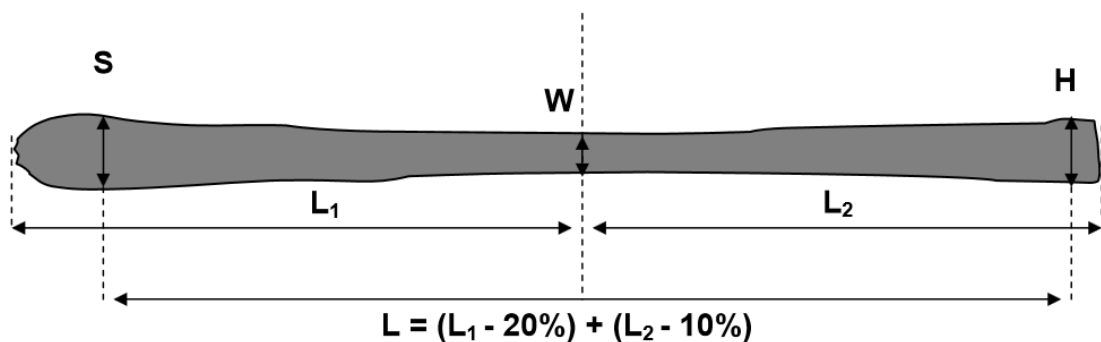
## 2. Radius 14-16 m

Keskisuuren kääntösäteen yleissukset ovat käyttäytymiseltään kahden muun ryhmän kompromissi. Kääntyminen ei ole yhtä herkkää, mutta ne suoriutuvat suorista laskuista paremmin. Pienempi kiertojäykkyys tekee tämän ryhmän suksista myös aloittelijaystävällisempiä.

## 3. Radius yli 16 m

Suuren kääntösäteen sukset sopivat esimerkiksi suurpujotteluun tai muihin rauhallisempia käännöksiä omaaviin laskulajeihin. Ne kestävät paremmin suoraa, suurempi nopeuksista laskua ja sopivat paremmin erilaisiin laskuolosuhteisiin. Suuri kääntösäde antaa myös matalimman aloituskynnyksen laskijoille, jotka siirtyvät pidemmistä suksimalleista lyhyisiin, tiimalasin mallisiin suksiin.

Kansainvälisen hiihtoliiton FIS:n määrittelemien ohjeiden mukainen suksen kääntösäde voidaan laskea kuvan 10 osoittamalla tavalla. (Lautala & Mäkiä, 2010, s. 7)



**Kuva 10.** Suksesta tarvittavat mitat kääntösäteen laskemiseen. (Lautala & Mäkiä, 2010, s. 7)

$$R = \frac{L^2}{2000 * (S + H - 2 * W)} \quad (1)$$

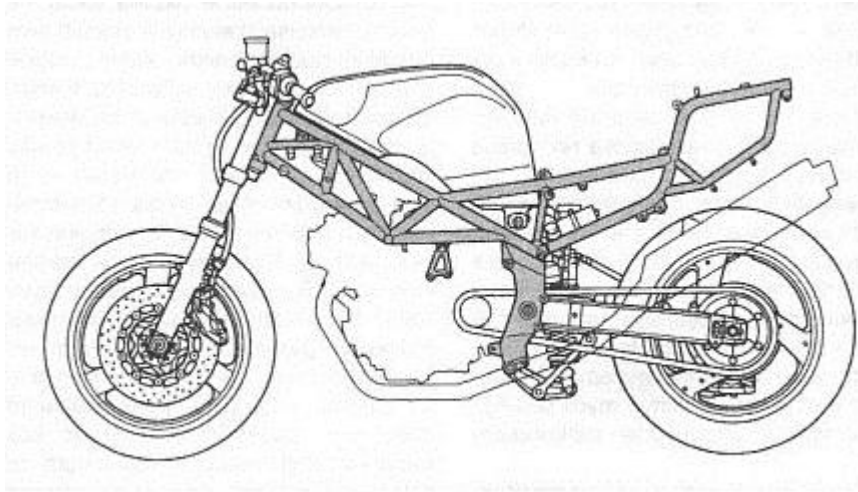
Kääntösäteen suuruus voidaan laskea kaavan 1 mukaisesti. Kääntösäde  $R$  ilmoitetaan lopputuloksessa metreinä, millimetreinä ilmoitetaan mittauskohtien välinen etäisyys  $L$ , suksenkärjen kapein kohta  $S$ , suksen kannan levein kohta  $H$  sekä koko suksen kapein kohta  $W$ .

Kääntösäteen merkitys on oleellinen kelkan kokoa määrittäessä. Mitä pidemmäksi etu- ja takasuksien välinen etäisyys kasvaa, sitä suuremmaksi myös kelkan kääntösäde kasvaa. Suksen ominaisuuksiin tarvitaan hallittavuutta suorissa laskuissa, mutta myös herkkyyttä ohjattavuuteen. Ongelmaksi muodostuu suksen maksimipituus, jotta sen ohjaaminen ohjaustangolla onnistuu ja että se on mahdollista asentaa kokonsa puolesta kelkan alle. Koska kelkkaan tulee kaksi perättäistä suksea rinnakkaisten suksien sijaan, laskettelusuksista ei saada mittasuhteiltaan vastaavaa mallia kelkkakäyttöön sopivaksi jotta kääntösäde saataisiin kaavan 1 perusteella suureksi. Kaavaa ei siis tässä tapauksessa voida pitää itseisarvona kelkan ohjattavuudelle, vaan suuntaa antavana laskettelusuksista eroavan käyttötavan vuoksi.

### 3.3 Rungon materiaalivalinnat

Rungon osalta kelkkavalmistajien perusmallistoissa on luotettu valtaosin teräksisiin putkirunkoihin (Brenter Snowbike Products, 2013.). Niissä yhdistyvät hyvät lujuusominaisuudet sekä muokattavuus suhteessa teräsputken hankintahintaan. Kelkka tulee olemaan rakenteeltaan kevyt, eikä rungon tarvitse kestää suuria rasituksia käytön suhteen, joten putkimateriaalin seinämäpaksuus voidaan pitää ohuena. Muiden runkomateriaalien käyttöä voidaan turkia tarkemmin jatkokehittelyssä, mikäli katsotaan tarpeelliseksi keventää kelkan kokonaispainoa. Harvinaisempien materiaalien käyttö lisää kuitenkin huomattavasti tuotantokustannuksia. Kuvan 11 ristikkorakenne on suunniteltu kevyeksi runkovaihtoehdoksi moottoripyöräkäyttöön. (Coombs, 2002, s. 9:3) Voidaan olettaa, että kelkkailukäytön vaatimukseen sen rakenteen jäykkyys on ylimitoitettu kelkkailussa vaikuttavien pienempien voimien vuoksi. Vähentämällä runkoputkien määrää saadaan kelkan kokonaispainoa pudotettua, joka auttaa kelkan hallinnassa. Runkomallin

sivuprofiilista voidaan nähdä, että sen ympärille on helposti rakennettavissa moottoripyörämainen ulkonäkö päällyskatteiden avulla, kiinnittää ohjausakseli sekä varata halutessa tilaa mahdolliselle kyytiläiselle, kuten vaatimuslistassa toivottiin.



**Kuva 11.** Ristikkorakenteinen putkirunko. (Coombs, 2002, s. 9:4)

Rungon painon arvioinnissa käytetään esimerkkinä Ruukin ohutseinäputkien mittoja. Oletuksena käytetään yleistä 20,0 x 1,0 mm putkea, jonka paino on metriä kohden 0,469 kg. Putkea toimitetaan vähintään 6 m aihioina, joka voidaan olettaa käytettäväksi kelkan valmistukseen kokonaisuudessaan. Painoa rungolle tulisi tällöin 2,814 kg. Tulosta voidaan pitää vain suuntaa antavana, joka tarkkenee kelkan teknisten piirustusten tekemisen myötä. Vaikka putken seinämävahvuutta nostettaisiin esimerkiksi 1,5 mm:iin, putken paino jäisi noin 4,1 kg:aan putkimateriaalin 0,684 kg/m painolla. (Ruukki, 2013.) Alumecon materiaalilaskurin mukaan vahvuudeltaan vastaavien alumiiniputkien painot ovat kokonaisuudessaan noin 1 kg ja 1,5 kg (Alumeco, 2014.). Rungon kokonaispainon jäädessä teräkselläkin huomattavan pieneksi kelmalle asetettuihin vaatimuksiin verrattuna, ei kevyempien ja kalliimpien metallien käyttöön kannata panostaa edullisuuteen pyrkivässä perusmallin kelmassa.

### 3.4 Iskunvaimennus

Laskettelukeskuksissa sekä muissa huolletuissa rinteissä voidaan laskualustan olettaa olevan tasoitettu turvallisuutta vaarantavista montuista sekä urista. Kelkan vapaa-ajan käyttötarkoituksen huomioon ottaen, sen suunnittelussa ei huomioida käytettävyyttä

vaativissa olosuhteissa esimerkiksi kilpailukäytössä, vaan pääasiallisena käyttäjäkuntana tulevat olemaan harrastelijat jotka hakevat miellyttävää vapaa-ajan vietettä. Lisäksi on huomioitava konstruktion valittujen komponenttien vaikutus kelkan valmistuskustannuksiin, joista monimutkaisempi iskunvaimennus voisi vaatia suuren osan. Tämän perusteella ensimmäisen kelkkakonstruktion suunnittelussa pyritään saavuttamaan laadultaan halvimista kilpailijoiden malleista erottuva tuote, joka on kuitenkin hankintahinnaltaan useimpien kuluttajien saatavilla.

Osiassa 2 tarkastelluissa kelkkamalleissa voidaan huomata eroavaisuuksia iskunvaimennuksen osalta. Halvemmassa Stigan mallissa ei ole katsottu tarpeelliseksi lisätä erillistä iskunvaimennusta, vaan kelkan rakenteessa on luotettu suksen nivelöinnin auttavan riittävästi epätasaisuudesta johtuvien iskujen hallinnassa. Nivelöintiin ei sisälly erillistä jousimekanismia, joka ottaisi iskun vastaan. Epätasaisuuden kohdatessaan sukki pääsee kääntymään kärjestään loivasti ylöspäin, jolloin sukki nousee jouhevammin esteen yli. Suksen liikkeen mukaillessa laskualustan pintaa, rattiin kohdistuvien iskujen terävyys vähenee.

Tarkoitukseen sopivin mekanismi on toimintavarma kylmissä ja lumisissa olosuhteissa, eikä sen huolto koidu tarpeen tullen ongelmaksi peruskäyttäjälle. Raskas teleskooppihaarukka on käyttöolosuhteisiin riittävän kestävä, eivätkä talviolosuhteet ole sille esteenä. Iskunvaimennusta olisi turha ylivoimistaa öljykäyttöisillä teleskooppiputkilla, sillä pienen massan vuoksi jousitettu ratkaisu riittää vaimentamaan lumisen mäenlaskurinteen epätasaisuudet, olettaen ettei laskunopeus kasva liian suureksi. Kuvan 7 osoittama keinuhaarukkamalli toisi myös mahdollisuuden vaihdella kelkassa erilaisia jousia, mikäli kelkkaa haluaa modifioida rinteiden tai laskutapojen mukaan.

### 3.5 Turvallisuus

Kuljettajan turvallisuuteen liittyvät riskitekijät ovat pääasiassa kaatumiseen liittyviä. Kaatumiseen sekä kelkan päältä putoamiseen on varauduttava siten, että kuljettaja voi laskeutua rinteeseen hallitusti ja ottaa törmäyksen vastaan. Huomioitavia riskejä ovat huonossa asennossa kaatuminen ilman, että kuljettaja pystyy siihen varautumaan, sekä käsien tai jalkojen joutuminen kelkan alle tai liikkuvien osien väliin.



Kelkan ainoat liikkuvat osat ovat kääntyvä ohjausakseli sekä jarrut ja iskunvaimentimet. Ohjausakselin ympäristö on suojattavissa katteilla, joita käytetään kelkan ulkomuodon luomisessa. Jalkojen joutuminen jarrumeکانismin väliin voidaan estää esimerkiksi tekemällä jarrusta jalkakäyttöinen tai sijoittamalla jarrun nivelosat jalkojen ulottumattomiin. Käsien sekä jalkojen sijainnit kelkan ohjauksessa on hyvä sijoittaa niin, että kaatumisen yhteydessä kuljettaja pääsee helposti pois kelkan päältä, eikä jää vahingossa kiinni esimerkiksi vaatteistaan. Kelkan katteiden muotoilulla voidaan lisäksi ehkäistä pienten vammojen syntymistä puiden oksista tai muista kevytrakenteisistä esteistä. Katteilla voidaan helposti suojata kuljettajan jalat, sekä tarvittaessa myös kädet sijoittamalla ohjaustanko kokonaan etukatteen taakse, tai lisäämällä erilliset käsisuojat kuten moottorikelkoissa ja enduro-moottoripyörissä on usein tapana.

### 3.5.1 Jarrut

Jarrut ja kelkan nopeuden hallinta liittyvät oleellisesti laitteen käyttöturvallisuuteen. Jarrumeکانismin on oltava riittävän tehokas jotta nopeutta pystytään hidastamaan äkillisesti törmäystilanteen estämiseksi. Lumisella laskualustalla, joka normaalissa käyttötilanteessa on kelkan menosuuntaan laskeva rinne, pysähtyminen tulee vaatimaan pitkän jarrutusmatkan. Äkkijarrutuksen lisäksi jarrumeکانismilla tulee voida laskea nopeutta pieniä määriä, jotta kelkka pysyy helpommin ohjattavana.

Jarrun käytön on oltava nopeaa ja helposti omaksuttavaa. Turvallisuuden kannalta on tärkeää, ettei äkillisen jarrutustarpeen ilmaantuessa tarvitse muistella jarrun käyttökytkimen sijaintia tai käyttötapaa. Kytkimen täytyy olla käden tai jalan lähetyvillä, kuten polku- ja moottoripyörissäkin on totuttu näkemään. Käsikäyttöisen jarrun tapauksessa tulee huomioida, ettei kuljettaja voi laskea irti ohjaustangosta jarrutuksen aikana. Luonnollinen ratkaisu tähän on jarrukahva jota käytetään sormilla, edellämainittujen pyörien tavoin. Sormikäytön ongelmaksi muodostuu jarrukahvan lyhyt liikerata sekä sormien tuottama heikko voima. Polku- ja moottoripyörissä tätä ongelmaa ei ilmene, sillä myös jarrukenkien liikerata pyörivää rengasta vasten on lyhyt. Kelkan tapauksessa jarruttava mekanismi täytyisi sijoittaa lähelle maanpintaa, esimerkiksi takasuksen yhteyteen. Jarrutus tapahtuisi teräsvaijerin välityksellä, jolloin jarruvipua painettaessa vaijeri vetäisi jarrukengän nivelöinnin avulla maahan. Jarrukenkänä toimii metallinen terä, joka on muotoiltu riittävän teräväksi painuakseen jäiseenkin lumeen

mahdollisimman helposti. Koska takasuksi ei liiku käytön aikana, jarrumekanismi voidaan kiinnittää siihen helposti esimerkiksi ruuviliitoksella, jolloin takasuksen mahdollinen vaihto voidaan suorittaa ilman jarrumekanismin uusimista.

Jalkakäyttöinen jarru tuo mukanaan useita etuja. Käsien hallitessa ohjausta, jaloille ei jää kelkan hallinnassa suurta virkaa kuljettajan tasapainon parantamisen lisäksi. Jalkoja voidaan siis käyttää jarrupolkimilla ohjauksen siitä häiriintymättä. Lisäksi jalan liikerata sekä voima ovat käsikäyttöiseen jarruun verrattuna suurempia, jolloin jarrutuksen tehoa on helpompi säätää kuljettajan tuntuman mukaan. Puolimakaavan ajoasennon myötä kuljettajan jalat sijoittuvat polvet koukistettuina jalkatapeille. Jarrupolkimen sijainnissa täytyy olla hieman säätövaraa erikokoisia kuljettajia ajatellen, mutta poljiin voidaan haluttaessa sijoittaa myös etu- tai takapuolelle jalkatappia. Tällöin täytyy valita haluaako jarrua painaa kengän kärjellä vai kannalla. Jarrupoljin voi olla yhtenäinen molemmille puolille kelkan runkoa, jolloin jarrua on mahdollista käyttää kummalla jalalla tahansa. Tästä on etua esimerkiksi kantatessa, jolloin sisäkaarten puoleinen jalka ei välttämättä ole valmiina jalkatapilla, vaan se voi ottaa tukea maasta kelkkaa kallistettaessa.

### 3.6 Moottoripyörän malli

Yhtenä suunnittelun päämääristä oli saavuttaa kelkalle moottoripyörämäinen ulkonäkö. Kuljettajan ajoergonomia määräytyy yhteisenä tekijänä istuimen, ohjaustangon sekä jalkojen alustan kesken. Ajoasentoon haetaan mallia urheilullisten moottoripyörien kyykkymäisestä asennosta. Kuva 12 on tuotettu kuljettajan ajogeometrian mitoittavalla verkkosovelluksella, joka simuloi ajoasentoa pyörän mittojen mukaan. Kuvan kuljettaja on 175 cm pitkä, moottoripyörä on normaali ratamoottoripyörää muistuttava malli.



2011 Suzuki GSX-R1000

Calculated seat height: 32.3"  
 Forward lean: 39°  
 Knee angle: 64° (smaller number means more bent)  
 Hip angle: 56° (smaller number means more crouched)

**Kuva 12.** Moottoripyörän kuljettajan ajoasento. (Motorcycle Ergonomics Simulator, 2014.)

Kuvan 12 mukainen pyörä on suunniteltu aikuisen mittojen mukaan ilman mainittavia säätömahdollisuuksia erikokoisille kuljettajille. Kuljettajan ajoasennosta joudutaan tinkimään kelkassa enemmän, koska kelkka on mitoitettava säätömahdollisuuksien avulla sekä lasten että aikuisten käytettäväksi.

Ulkomuodon muokkaamisen mahdollisuus voidaan toteuttaa valmistajalähtöisesti, tarjoamalla erilaisia komponentteja vaihtoehdoiksi perusmallin valmiiksi asennettuihin osiin. Näkyvimmän muutoksen saa aikaan pintamateriaalien, kuten katteiden, värien tai muotojen muuttamisella. Nykymoottoripyörien kateissa käytettävä ABS-muovi on kevyt ja helposti muokattavissa oleva materiaali, josta voidaan muovata kelkkaan useita erilaisia katesarjoja yhteensopivilla kiinnityskohdilla (Coombs, 2002, s. 9:12). Katteiden kiinnitykseen soveltuvat esimerkiksi tavanomaiset ruuviliitokset; kiinnitystyökalua tarvitsemattomat ratkaisut kuten muoviset pikalukitteet eivät todennäköisesti kestä käyttöä yhtä hyvin talvisissa olosuhteissa, eikä sillä saavutettaisi riittävää hyötyä ylimääräisiin valmistuskustannuksiin nähden. Ruuviliitos on lisäksi edullinen vaihtoehto, joka ei vaadi käyttäjältä erityisosaamista tai työkaluja.

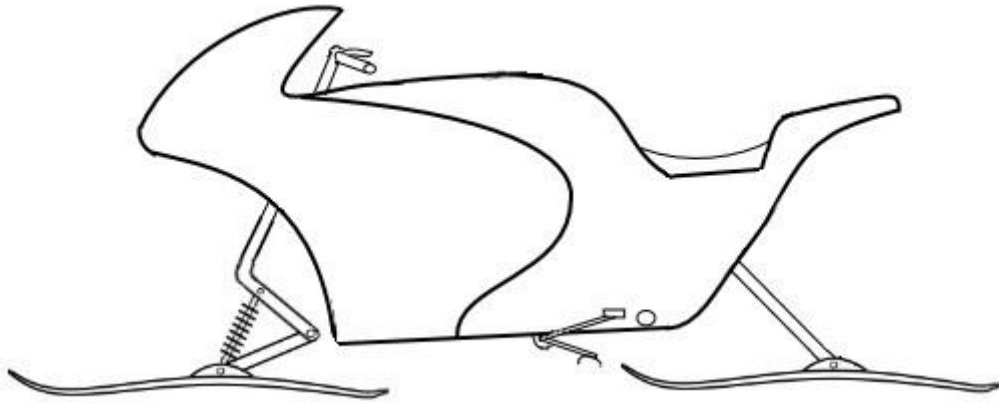
## 4 TULOKSET

Suunnittelun jälkeen osatoimintoihin valittiin parhaiten toimivat ratkaisut, joiden mukaan kelkasta voidaan hahmotella kokonaiskuva. Tarkat mitoitus, sekä mekanismien toimintavarmuus täytyisi määrittää osin testaamalla niiden toimivuutta käytännössä prototyypin avulla. Suunnittelun tuloksena saatiin kuitenkin teknisiä ratkaisuja, joita kelkkakäyttöön voitaisiin soveltaa.

### 4.1 Ulkomuoto

Tehtävänannossa ei tarkkaan kuvailtu minkälaisen moottoripyörän ulkonäköä kelkalle haetaan. Tarkoituksena oli kuitenkin saada kuljettajan ajoasento urheilulliseksi, eli eteenpäin nojaavaan asentoon. Lähtökohdaksi käytettiin täyskatteellisten moottoripyörien ulkonäköä, joka luo heti mielikuvan nopeudesta. Kelkassa ei luonnollisesti sijaitse suurilla katteilla peitettäviä osia kuten moottoripyörässä, joten kelkan koko voidaan helposti pitää hieman pyörää pienempänä. Suurempien katteiden eduksi voidaan laskea myös kuljettajan suojaaminen. Kuvan 13 mukaisessa mallissa kuljettaja mahtuu katteiden taakse lähes kokonaan.

Kelkan ulkonäkö on täysin riippuvainen siihen asennetuista katteista, joten mallin muuttaminen ulkonäöltään täysin toisenlaiseksi onnistuu ostamatta kokonaan uutta kelkkaa. Katteiden kiinnityskohdat pidetään vakiona katteista riippumatta, jolloin niiden vaihto onnistuu helposti kokemattomiltakin asentajilta. Katemateriaaliksi valittiin ABS-muovi, kestävä hyvin iskuja ja sitä käytetäänkin esimerkiksi autojen ja suojakypärien valmistuksessa (Valtanen, 2007, s. 853,879). ABS on hyvin yleisessä käytössä ja sitä toimittavat useat muovialan yritykset.



**Kuva 13.** Täyskätteellinen malli kelkasta.

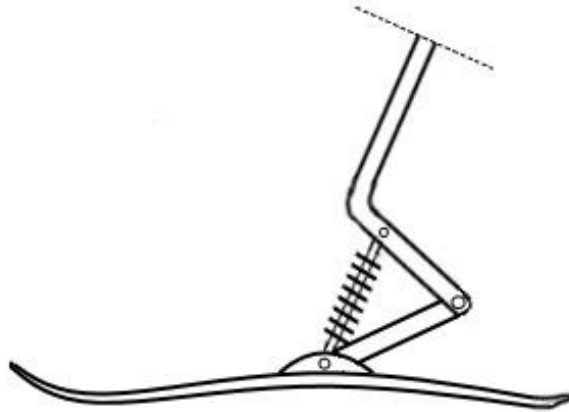
Korkeus kelkalle asetetaan sen mukaan, että hieman lyhyempienkin kuljettajien jalat yltyvät maahan. Kuljettajan koon mukaan tehtävät säädöt tapahtuvat jalkatappien paikkaa siirtämällä. Riittävällä istuintilalla varmistetaan, että pienemmät kuljettajat pääsevät lähemmäs ohjaustankoa ja suuremmat saavat riittävästi tilaa kelkan hallintaan. Runkomateriaaliksi valikoitui suunnitteluosiossa riittäväksi todettu ohutseinämäinen teräsputki. Tarkempi materiaalin vahvuuden määrittäminen edellyttää jatkokehityksessä yksityiskohtaisempaa käsittelyä kelkkaan laskun aikana vaikuttavista voimista.

#### 4.2 Käyttöominaisuudet

Suoraan laskeminen ei lähtökohtaisesti ole ongelma mikäli kelkka pysyy hyvin tasapainossa laskun aikana. Hallittavuutta suorissa laskuissa on pyritty parantamaan valitsemalla kelkkaan tip rocker-mallisten laskettelusuksien mukaan muotoillut sukset. Tip rockerien etuna on niiden herkkä käyttäytyminen käänöksissä, jolloin ohjattavuus säilyy käänöksissä nopeana ja tarkkana. Tiimalasimaisen rakenteensa ansiosta se voidaan kuitenkin muotoilla leveäksi ilman, että ketteryys käänöksissä vähenee. Lisäksi suksen leveydellä saavutetaan parempi käytettävyys lumisemmissä ja huonokuntoisemmissa rinteissä. (Rytövaara, 2012, s. 49). Kelkkailua olisi siis mahdollista harrastaa muuallakin kuin hyvin hoidetuissa laskettelurinteissä.

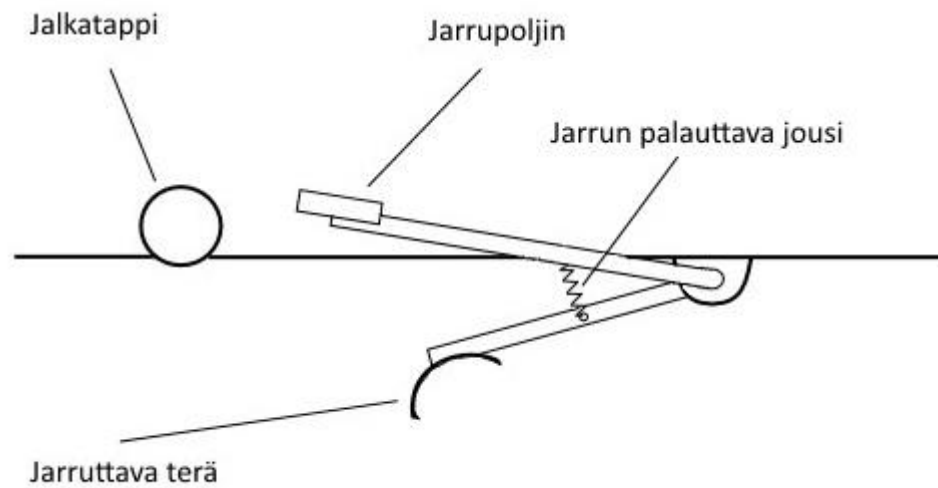
Iskunvaimennuksen mallissa pyrittiin yksinkertaisuuteen valmistuskustannusten minimoimiseksi sekä huollon yksinkertaistamiseksi. Kuvassa 14 on hahmoteltu etusuksen kiinnitysratkaisua. Ohjausakselina voidaan halutessa käyttää runkoputkeksi valittua materiaalia materiaalikuluissa säästämiseksi. Iskunvaimennus on toteutettu

keinuhaarukkamallina. Jousi-iskunvaimentimen jäykkyyttä voi säätää laskualustan tasaisuuden mukaan, mutta myös korkeussäädön mahdollisuutta voi jatkokehityksen aikana harkita, mikäli samasta mallista halutaan paremmin erikokoisille kuljettajille sopiva. Sukset valmistetaan iskunkestävyyden vuoksi samasta ABS-muovista kuin katteetkin.



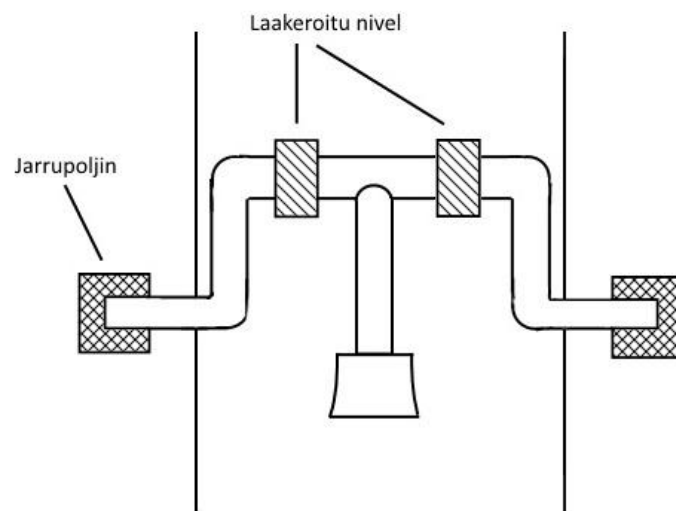
**Kuva 14.** Hahmotelma etusuksesta sekä iskunvaimennuksesta.

Jarru on toteutettu tekniikaltaan mahdollisimman yksinkertaiseksi. Kuvassa 15 nähdään sivusta kuvattuna karkeasti jarrun toimintaperiaate, jossa jarrupoljin on kiinteästi yhdistettynä terään joka painautuu lumeen jarrutuksen aikaansaamiseksi. Polkimet sijaitsevat moottoripyöristä tutulla paikalla jalkatapin edessä, molemmin puolin kelkkaa. Poljin terineen on nivelöity kelkan rungon pohjaan. Jarrutuksen jälkeen jousi palauttaa jarrun yläasentoon. Terä on muotoltu kauhamaiseksi, tavoitteena kaapata mahdollisimman paljon lunta lumiauran tavoin ja sitä kautta tuottaa suurempi jarrutus. Rakenteeltaan koko jarrumeکانismi valmistetaan teräksestä, varsimateriaalin valinnassa voidaan myös harkita runkoon käytetyn ohutseinämäisen putken käyttämistä.



**Kuva 15.** Jarrumekanismi kelkan oikealta sivulta kuvattuna.

Kuvassa 16 saman jarrumekanismin toiminta on kuvattu alasuunnasta, josta nähdään jarrun käyttö kelkan molemmilta puolilta, sekä laakeroinnin sijainti. Neulalaakerit nivelöinnissä ovat myös vaihdettavissa melko vähäisellä teknisellä osaamisella sekä pienellä hinnalla, mikäli ne ehtivät kelkan käyttöiän aikana kulua liiaksi.



**Kuva 16.** Jarrumekanismi alhaalta kuvattuna.

## 5 TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTA

Tuloksissa esitelty malli vastaa tehtävänannossa asetettuihin vaatimuksiin. Tarkempia laskutoimituksia ei vaadittu, mutta ehdotettuja ratkaisuja pyrittiin perustelevaan siitä huolimatta selkeästi. Materiaalivalinnoissa keskityttiin vaatimukset laadultaan täyttäviin valintoihin, jotka ovat lisäksi helposti ja edullisesti saatavissa muihin vaihtoehtoihin nähden. Kaupallinen näkökulma otettiin huomioon myös sisältämällä kelkkaan joitain sääntömahdollisuuksia laajempaa asiakassegmenttiä varten. Mikäli laitetta aiotaan valmistaa, on syytä pohtia kannattaako koon suhteen tehdä kompromisseja kelkan rakenteessa, vai kannattaisiko kuitenkin valmistaa esimerkiksi lapsien ja aikuisten mallit erikseen.

Suurimmat haasteet suunnitteluvaiheessa liittyivät kelkan ohjattavuuteen. Brenter on kaksisuksisen kelkkamallinsa tuotekehittelyssä päätenyt pienikokoisempaan ratkaisuun, jonka valttina on helppo liikuteltavuus. Suuremman rungon ja katteiden vaikutusta kelkan käytettävyyteen yhdessä lasketteluun muotoiltujen suksien kanssa on vaikea arvioida ennen kelkan varsinaista testausta, mutta on oletettavaa että laskutapa on melko erilainen kuin Brenter:n tuotteilla. Rungon painon perusteella suunniteltu kelkka tulee olemaan todennäköisesti samaa luokkaa painavimpien Snowbike mallien kanssa.

Mallin kehittelyn seuraavassa vaiheessa mitoitettaisiin rungon koko, sekä valittaisiin millaisia katteita valmiiseen tuotteeseen aletaan valmistaa. Prototyypivaiheen testauksessa ja mitoituksessa on hyvä hyödyntää vanhojen mopojen ja pienien moottoripyörien katteita, joita saa edullisesti esimerkiksi lukuisilta purkaamoilta. Kelkan katteiden kiinnityksen voi myös suunnitella niin, että käyttö kokonaan ilman katteitakin onnistuu. Muita jälkepäin lisättäviä komponentteja voivat olla esimerkiksi matkustajan istuin jalansijoinen.

Kelkkaa on tarkoitus pystyä käyttämään mahdollisimman monilla erilaisilla lumisilla rinteillä. Lumen koostumus vaikuttaa paljon suksen käyttäytymiseen, joka vaikuttaa kelkan hallintaan etenkin käänöksissä. Jatkokehittelyssä voisi arvioida myös suksien pikakiinnityksen mahdollisuutta. Se helpottaisi erilaisten suksien testaamista



kehittelyvaiheessa, mutta useampien suksimallien käyttäminen olisi myös loppukäyttäjälle hyvä keino erilaisiin laskutapoihin tutustumiseksi.

Kustomoitavuus on tärkeä osa erottautumista joukosta. Käyttäjien laskuvälineidensä yksilöllistämisen lisäksi vaivattomasti muokattavissa oleva laite erottuu edukseen markkinoiden kilpailevista laitteista. Muokattavuus koskee tässä työssä suunnitellun konseptin kohdalla pääasiassa ulkonäöllisiä ominaisuuksia. Vaikkei se varsinaisesti kelkan käyttöominaisuuksiin vaikuttaisi, sen arvo käyttäjälle voi olla kuitenkin suuri. Kustomointia tapahtuu laajalla skaalalla tuotteita; kännykän kuorien vaihdosta moottoripyörien uudelleen rakentamiseen. Kelkan kaltaisessa tuotteessa on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, että osien asentaminen on käyttäjälle helppoa. Kun yhdistetään helppokäyttöisyys, muista erottuva innovatiivinen olemus ja riittävän alhaiset hankintakustannukset, uskon että kelkka voi löytää paikkansa kauppojen talven harrastusvalikoimista.

## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli luoda konseptimalli moottoripyörää muistuttavasta kelkasta, jossa kuljettajan ajoasento mukailisi moottoripyöräilyssä käytettyä etunojassa makaavaa asentoa. Työssä keskityttiin teknisten ratkaisujen etsimiseen kelkan osatoimintojen toteuttamiseen, pitäen samalla mielessä kokonaisuuden yhteensovittaminen, sekä mahdolliset kaupalliset tarkoitukset mikäli mielenkiintoa mallin jatkokehitykselle tulee.

Markkinoilla on jo suuria Stigan kaltaisia valmistajia, joiden kanssa suora kilpailu ei onnistu ilman uudenlaisia ideoita tuotteen kehityksessä. Idea kelkan muokattavuudesta käyttäjän itsensä toimesta on massasta erottuva. Ulkonäön lisäksi kelkan yksilöllistämisen ajatusta voisi viedä pidemmälle esimerkiksi ohjattavuuden tai rungon muokkauksena kuljettajan mieltymysten mukaan. Kaupallisena ideana kustomointiosien sekä oheistuotteiden markkinointi pääasiallisen tuotteen yhteydessä on yleistynyt ja siihen törmää monissa eri tuoteryhmissä.

Kelkalle annettiin tehtävänannossa pääasiallisia vaatimuksia koskien materiaalivalintoja sekä ohjaukseen liittyviä ominaisuuksia. Monet kelkan käyttöön liittyvät seikat vaativat kokeilua käytännössä, ennenkuin laitteen toimivuudesta voisi saada tarkempaa tietoa. Kelkan suksien toivottiin olevan nykyaikaisten laskuksien kaltaiset paremman ohjattavuuden saavuttamiseksi. Selvisi, että suksien tekniikan kehityksessä eletään tällä hetkellä uudistumisen aikaa, joka tulee todennäköisesti jatkumaan vielä lähivuosien ajan. Markkinoille saapuu jatkuvasti enemmän työssä käsiteltyjen rocker-suksien kaltaisia malleja ja valmistajat vaikuttavat siirtyvän yhä enemmän uuden tekniikan mukaan. Erilaisten suksimuotoilujen aiheuttamat erot kelkan ohjattavuuteen olisikin mielenkiintoista päästä toteamaan käytännössä.

Lopputuloksena kelkkamallissa on potentiaalia jatkokehitykselle. Seuraavana askeleena olisi prototyypin suunnittelu. Mahdollisen koemallin valmistaminen vaatii tarkempia mittoja kuin työssä on käsitelty, mutta sen suunnitteluun liittyviä haasteita on pyritty ennakoimaan samalla vastaten kaikkiin työnannossa kelkalle asetettuihin vaatimuksiin.

## LÄHTEET

Alumeco. 2014. Materiaalilaskuri. [viitattu 19.2.2014]. Saatavissa:

[http://www.alumeco.fi/Files/Billeder/Alumeco\\_Finnish/Diverse/calculator\\_FIN.html](http://www.alumeco.fi/Files/Billeder/Alumeco_Finnish/Diverse/calculator_FIN.html)

Brener Snowbike Products. 2013. [viitattu 12.1.2014]. Saatavissa:

<http://www.snowbike.com/index.php/en/products/snowbikes-3/51/s8-freeride-detail.html>

Brener Snowbike The Original. 2011. [viitattu 7.12.2013]. Saatavissa:

<http://picasaweb.google.com/snowbikeimages/BrenerSnowbikeTheORIGINAL#5661419999813812610>

Brener Snowbike The Original. 2012. [viitattu 7.12.2013]. Saatavissa:

<https://picasaweb.google.com/snowbikeimages/BrenerSnowbikeTheOriginal#5521269016101325234>

Coombs, M. 2002. Moottoripyörän tekniikka. Alfamer, Helsinki. 238 s.

Enoksen, H. & Klyven, L. Ajo hanskassa. 2001. [viitattu 30.11.2013]. Saatavissa:

[http://www2.bajahill.net/mirror/AjoHanskassa/Ajo\\_Hanskassa\\_s1-15.pdf](http://www2.bajahill.net/mirror/AjoHanskassa/Ajo_Hanskassa_s1-15.pdf)

Hurskainen, H. Sukset. [viitattu 17.12.2013]. Saatavissa:

<http://www.ski.fi/lajit-varusteet/valineet-ja-varusteet/sukset/>

Kantola, H. & Kujala, A. 1985. Sykettä ladulle. Helsinki, Valmennuskirjat Oy. 359 s.

Lautala, A. & Mäkiä, K. Alppihiihtovälineet. 2010. [viitattu 30.12.2013]. Saatavissa PDF-tiedostona: [http://www.hiihdonopettajat.com/File/Alppihiihtovalineet\\_2010%281%29.pdf](http://www.hiihdonopettajat.com/File/Alppihiihtovalineet_2010%281%29.pdf)

Motorcycle Ergonomics Simulator. 2014. [viitattu 18.2.2014]. Saatavissa:

<http://cycle-ergo.com/>

Ovaskainen, J. Rocker-sukset. [viitattu 17.12.2013]. Saatavissa:

<http://www.ski.fi/lajit-varusteet/valineet-ja-varusteet/sukset/rocker-sukset/>

Pyöreät Form 220- ja 370-ohutseinäputket. Ruukki. 2013. [viitattu 1.3.2014]. Saatavissa:

<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Ohutseinäputket-EN-10305-standardin-mukaan/Pyoreat-ohutseinäputket/Pyoreat-Form-220--ja-370-ohutseinäputket>

Rytövaara O. Rinteiden uusi valtias. Tekniikan maailma 3/2012, s. 48-51

Salminen, M. Tekniikkanurkkaus: Suksen rakenne. 2010. [viitattu 11.12.2013]. Saatavissa:

<http://www.vapaalasku.com/v%C3%A4lineet/tekniikkanurkkaus-suksen-rakenne>

Snowbike - Future since 1949. [Snowbiken www-sivut]. 2013. [viitattu 28.11.2013].

Saatavissa: <http://www.snowbike.com/index.php/en/future-since-1949/future-1950.html>

Stiga history. [Stigan www-sivut]. 2012. [viitattu 30.11.2013]. Saatavissa:

<http://stigagames.com/en/about-stiga/stiga-history/>

Stiga products. [Stigan www-sivut]. 2012. [viitattu 1.1.2014]. Saatavissa:

<http://stigagames.com/en/products/classic-yellow/>

Valtanen, E. 2007. Tekniikan taulukkirja. Genesis-Kirjat Oy, Jyväskylä. 1037 s.