

Ville Kreko

S-piikkimultaimen suunnittelu

Opinnäytetyö

Syksy 2015

Tekniikan yksikkö

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Ville Kreko

Työn nimi: S–Piikkimultaimen suunnittelu

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2015 Sivumäärä: 63 Liitteiden lukumäärä: 6

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Koneurakointi Kreko Oy. Yritys harjoittaa maatalouskoneurakointia Kurikassa ja sen naapurikunnissa. Yrityksen päätoiminnot ovat säilörehun korjuu ajosilppuriketjulla, sekä lietalannan levitys multainvaunulla. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Koneurakointi Kreko Oy:lle yrityksen nykyisen lietevaunun perään uusi lietalannan S–piikkimultain. Multaimen olisi toimittava lietteen levittämisessä muokatulle ja sänkipellolle.

Työn teoriaosuudessa esiteltiin erilaiset lietalannan levitystekniikat sekä erityyppiset lietemultaimet. Selvitetään, minkälaista laitetta ollaan suunnittelemassa ja kerrotaan uuden laitteen asiakastarpeet. Teoriaosuudessa on myös kerrottu multaimen vantaana käytettävän S–piikin teoretietoa sekä tuotekehityksen teoriaa.

Suunnittelun aluksi määriteltiin suunniteltavan laitteen asiakastarpeet ja laadittiin spesifikaatiot. Muutamasta tuotekonseptista valittiin parhaiten tarkoitukseen sopiva. Käytiin läpi multaimen rungon suunnittelua, johon kuului tietoa osien 3D-cad-mallinnuksesta ja suunnittelussa käytettyä Solid Edge cad-ohjelmasta.

Työn tuloksena saatiin mallinnettua ja suunniteltua uusi lietalannan S-piikkimultain. Multaimesta tehtiin kustannusarvio sekä lujuustarkastelua. Suunnitelman pohjalta yritys voi suurimmalta osalta itse valmistaa multaimen prototyypin. Koneesta tehtiin perusteelliset valmistuskuvat valmistusta varten.

Avainsanat: lietteenlevitys, Koneen suunnittelu, 3D-suunnittelu, S-piikki

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Ville Kreko

Title of thesis: Design of a new black soil slurry injector

Supervisor: Jukka Pajula

Year: 2015

Number of pages: 63

Number of appendices: 6

The commissioner of the thesis was an agricultural contractor, Koneurakointi Kreko Oy. The company serves agricultural contract work in Kurikka, and the neighbouring municipalities. The company's main activities are silage harvesting with a self propelled silage harvester, and slurry spreading with a slurry tanker with slurry injector. The aim of the thesis was to design a new black soil slurry injector for the company.

The theoretical part of the work presented various types of slurry spreading techniques and different types of slurry injectors. To determine what type of a device was being planned the customer needs for the new machine were described at this point. The theoretical part also reported the theory of an S-tine which could be used for a black soil injector, as well as theory on product development was introduced.

Initially, the client needs and specifications for the machine were defined. A few examples of the product concept were chosen as the best to fit the purpose and the design of the frame of slurry injector, which included information on the components of the 3D-cad modeling and the Solid Edge cad program which was used designing the injector.

The result of the work was modeling and planning a new black soil slurry injector. The cost of the slurry injector was estimated, as well as the analysis of strength. On the basis of the plan, the company can manufacture a prototype of the injector. Precise manufacturing pictures were made of the machine.

Keywords: Slurry spreading, Development of product, 3D-cad modeling, S-tine

SISÄLTÖ

Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tavoitteet.....	8
1.2 Työn toteutus	9
2 KONEURAKOINTI KREKO OY	10
2.1 Lietevaunu	10
2.2 Nykyinen multain.....	11
3 LIETTEEN LEVITYSTEKNIIKAT	12
3.1 Hajalevitys.....	12
3.2 Letkulevitys	13
3.3 Sijoittaminen multaimella	15
3.3.1 Veitsimultaimet.....	17
3.3.2 Laahavannasmultaimet.....	18
3.3.3 Kiekkovannasmultaimet.....	19
3.4 Tuotokuvaus	21
4 S-PIIKKI	23
4.1 S-piikkiäes.....	23
4.2 Joustopiikkien toimintaperiaate	25
4.3 Piikkien leikkuukulma ja maahakuisuus	28
4.4 Piikin mittojen vaikutus niiden ominaisuuksiin.....	29
4.5 S-piikkien vetovastus.....	30
5 TUOTEKEHITYS	33
5.1 Tuotekehityksen tarpeellisuus.....	33
5.2 Tuotteiden elinkaari.....	34
5.3 Tuotekehityksen tulokset.....	35
5.4 Tuotekehityksen vaiheistus	36
5.4.1 Asiakastarpeiden määrittely	36

5.4.2	Asiakastarpeiden tunnistamisen systematiikka	37
5.4.3	Tuotespesifikaatio	37
5.5	Tuotekonsepti.....	38
5.6	Layout–suunnittelu	38
5.7	Teollinen muotoilu	39
6	SUUNNITTELUTYÖ	40
6.1	Asiakastarpeiden ja spesifikaatioiden määrittely	40
6.2	Tuotekonsepti.....	41
6.3	Suunnittelu	42
6.4	Keskilohko.....	42
6.5	Sivulohkot	45
6.6	Kannatinpyörät.....	48
6.7	Jälkihara.....	49
6.8	Laskelmat.....	50
6.9	Multaimen paino.....	53
7	KOKONAISUUS	54
7.1	Rungon lopullinen kokoonpano	54
7.2	Piirustuskuvien tekeminen	55
7.3	Kustannusarvio	55
8	YHTEENVETO	57
	LÄHTEET	59
	LIITTEET	63

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1 Lietteen hajalevitystä.....	13
Kuvio 2 Livakka letkulevitin.	15
Kuvio 3 Joskinin Terraflex 2 XXL joustopiikkimultain.	17
Kuvio 4 Slootsmid veitsimultain.....	18
Kuvio 5 Joskinin Multi-Action Laahavannasmultain.	19
Kuvio 6 Livakka kiekkomultain.	21
Kuvio 7 Kuvassa Samsonin S-piikkimultain.	22
Kuvio 8 Multiva Topliner super joustopiikkiäes.....	24
Kuvio 9 SFS-2781 Standardin mukainen S-piikki.....	26
Kuvio 10 Piikin muokkauksessa tekemät vaot.	27
Kuvio 11 Kahden terän vaikutusalue.....	28
Kuvio 12 Tavallinen S-piikin kärki.	29
Kuvio 13 Erilaisia S- piikeissä käytettäviä kärkiä.....	29
Kuvio 14 Jyrkän- ja loivan leikkuukulman piikimalli.	30
Kuvio 15 Multivan äkeen piikit TerraFlex ja TerraSuper.....	32
Kuvio 16 Tuotekehitystoiminta muodostuu monista eri aihealueista.	35
Kuvio 17 Tuotekehitysprojehtin vaiheet.....	36
Kuvio 18 Muiden konseptin toimintojen sitoutuminen asiakastarpeisiin.	37
Kuvio 19 Runkokehikko.	43
Kuvio 20 Saranapalkit.	43
Kuvio 21 Pystyrunko.	44
Kuvio 22 Jakolaite kiinnitettynä runkoon.	45
Kuvio 23 Multaimen sivulohkon runko.....	46
Kuvio 24 Sivulohkon pitkittäispalkit.	47
Kuvio 25 Sivulohkon saranalaipat.	48
Kuvio 26 Hydraulisyylinterin korvakkeet.	48
Kuvio 27 Sivulohkon tukipyörä varsineen.	49
Kuvio 28 Jälkihara.....	50
Kuvio 29 Sivulohkon voimien kaaviokuva.	51
Kuvio 30 Valmis multain työasennossa.....	54
Taulukko 1 Kustannusarvio.....	56

Käytetyt termit ja lyhenteet

S–piikki	Joustava ja kestävä yleisimmin äkeessä käytettävä maanmuokkaustyökalu, jonka värinä tehostaa maakokkeiden murustumista.
Joustopiikki	Toinen S–piikistä käytetty nimitys.
Äes	Työkone, jota käytetään pääasiallisesti maan muokkamiseen.
Lietteen multaus	Lietelannan levitystapa, jossa liete mullataan maan alle.
Lietteen sijoitus	Toinen nimitys lietteen multaamiselle.
Lietemultain	Lietevaunun perään kytkettävä laite, jolla saadaan levitettyä lietelantaa maanpinnan alle, useita erityyppisiä multaintyyppejä.
S–piikkimultain	Multaintyyppi, jolla liete sijoitetaan maan alle S–piikkien kautta.

1 JOHDANTO

Suomessa lähestulkoon kaikki navetoissa, lihakarjan kasvattamoissa ja sikaloissa syntyvä naudan ja sian liete levitetään joko traktorilla vedettävillä tai itsekulkevilla lietevaunuilla viljelykäytössä oleville pelloille. Liete levitetään joko hajalevityksenä, letkulevityksenä tai sitten sijoittamalla se erilaisilla multaimilla maahan. Lietteen multaaminen on kasvattanut suosiotaan muutaman viimevuoden aikana, nykyään jo kolmannes levitetystä lietelannasta sijoitetaan suoraan maahan erilaisilla multaimilla. Kun liete levitetään multaimella, ravinteiden valuminen vesistöihin on pienempää kuin haja- tai letkulevityksessä. Myös lietteen ravinteiden ilmaan haihtuminen on vähäisempää kuin pintalevityksessä. Urakoitsijoiden käytön lisääntyminen lietteen levityksessä on mahdollistanut myös pienempien tilojen lietteen levityksen nykyaikaisella multainkalustolla. (Maaseudun tulevaisuus 2013.)

Peltojen kasvukuntoa voidaan parantaa monella tavalla, kuten parantamalla maan pH:ta, keventämällä muokkausta, parantamalla lannoitteiden kuten lannan hyödyntämistä tai hoitamalla esimerkiksi nurmea sen kasvukunnon ylläpitämiseksi. Lannan käsittely on aihe, jota ei korosteta liikaa. Lannan ravintoarvoa ei kannata väärällä käsittelyllä heikentää, koska siinä hävitään aina rahaa. Kyseinen määrä ravinteita joudutaan joka tapauksessa ennemmin tai myöhemmin lisäämään peltoon. Lannan ravinteiden säilyttäminen ja niiden saattaminen kasvien käyttöön ei edellytä yleensä kuin oikeaa lannan käsittelyä. Aina kun lanta haisee, siitä haihtuu tai muuten häviää ravinteita. Kun hajua onnistuu mahdollisimman pitkälle välttämään lietealtaan sekoituksessa, kuljetuksessa ja levityksessä, on voitettu paljon. Lietteen sijoittaminen multaimella on hyvä keino vähentää lannan ravinteiden haihtumista levitettäessä ja sen jälkeen. (Urakointiuutiset 2010.)

1.1 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kehittää ja suunnitella lietteen levittämiseen ja sijoittamiseen käytettävä työlevydelteään 7–8 metriä leveä S–piikkimultain, jota tullaan käyttämään Joskin komfort 2, 14 000TS –merkkisen lietevaunun perään

kytkettynä levitettäessä lietelantaa kynnettyyn, äestettyyn tai kultivoituun maahan-, sekä jonkin verran myös viljan sänkeeseen.

Työn tilaaja on Koneurakointi Kreko Oy, jolla on nyt käytössään Joskinin valmistama laahavannastyypinen matalamultain, joka on suunniteltu pääasiassa nurmi-levitykseen.

Multaimesta on tarkoitus tehdä hyvät piirustukset, kustannusarvio ja joitakin lujuus-tarkasteluja, niin että niiden pohjalta on mahdollista valmistaa kyseisen multaimen prototyyppi yrityksen käyttöön (Kreko 2014.)

1.2 Työn toteutus

Projekti etenee tuotekehitysmallin periaatteiden mukaan. Asiakastarpeiden pohjalta laaditaan tuotespesifikaatiot ja konseptit. Tarkkojen tuotespesifikaatioiden selvittämisen jälkeen siirrytään varsinaiseen suunnitteluun. Suunnitteluohjelmana toimii Solid Edge ST6. Suunnittelun jälkeen tehdään valmistuskuvat, joiden pohjalta voidaan myöhemmin valmistaa alihankintaa apuna käyttäen parhaiten omiin tarpeisiin soveltuva lietteen S-piikkimultain. Suunnittelutyö tehdään siten, että suunnitelman perusteella multaimia voisi valmistaa myyntiin saakka itse tai jonkun yrityksen kautta.

2 KONEURAKOINTI KREKO OY

Koneurakointi Kreko Oy on keväällä 2006 perustettu maatalouskoneurakointia harjoittava ja kaksi työntekijää työllistävä yritys. Yrityksen kotipaikka on Kurikassa Lohiluomalla. Asiakkaita yrityksellä on Kurikan, Kauhajoen, Isojoen, Teuvan, entisen Jurvan, Ilmajoen, Jalasjärven ja Peräseinäjoen alueella. (Kreko 2014.)

Toiminta alkoi käytettynä hankitulla 13,5 kuution Livakan letkulevitinvaunulla. Asiakkaina olivat aluksi lähialueen karjatilat. Nykyisin yritys suorittaa erilaisia maatalouden töitä, esimerkiksi: säilörehun korjuuta ajosilppuriketjulla, lietteen levitystä multainvaunulla, leikkuupuintia, kyntöä paluuauroilla sekä pelkkää traktorityötä. (Kreko 2014.)

Ajosilppuriketjuun kuuluu neliroottorinen 14–metrin Kronen karhotin sekä vuonna 2007 käytettynä Ranskasta hankittu New Holland FX 48 -ajosilppuri, joka vaihtui kesällä 2013 uuteen Claas Jaguar 830 -malliin. Leikkuupuimurina on jo hieman vanhempi käytettynä Tanskasta hankittu New Holland TX32, 4,5 metrin leikkuupöydällä. Traktoreita yrityksellä on käytössään kaksi kappaletta, jotka ovat New Holland TM165 ja Case CVX 170, molemmat ovat tehoiltaan noin 140–150 kw, (eli ~ 200 hv). Kummankin traktorin tehoja on hieman nostettu alkuperäisestä, kuitenkin järkevissä rajoissa. (Kreko 2014.)

2.1 Lietevaunu

Lietevaunu (Liite 6) on vuonna 2010 –uutena hankittu Joskin komfort 2, 14 000TS -imupainevaunu. Vaunun täyttö tapahtuu säiliöön muodostettavan alipaineen ja tyhjennys ylipaineen avulla. Ali- ja ylipaine muodostetaan vaunun vetoaisan päällä olevalla traktorin voimanottoakselilta käyttövoimansa saavalla lamellikompressorilla. Vaunun tilavuus on 14 kuutiometriä (14306 litraa). Säiliö on pultattu kiinni vaunun runkoon ja runko ja säiliö on pintakäsitelty kuumasinkitsemällä.

Vaunussa on hydraulisesti nouseva ja laskeva imukärsä, jonka päässä on täyttöä tehostava hydraulimoottorilla pyöritettävä kiihdytyspumppu. Imukärsällä imetään lietettä lietesäiliöön laitettavan letkun toisessa päässä olevasta imusuppilosta, jo-

hon imukärsä tiivistyy alas laskettuna ilmatiiviisti. Vaunussa on jousitettu jarrullinen teli, jonka takimmainen akseli on varustettu pakko-ohjauksella, ohjaus saa käyttövoimansa kääryn vetoaisan ja traktorin väliin sijoitetusta hydraulisylinteristä. (Joskin 2015.)

Nykyisissä vaunuissa akseliluvut vaihtelevat yhdestä neliakseliseen halvimpien vaunujen ollessa jousittamattomalla ja ohjautumattomalla keinutelillä varustettuja, kun taas kalliimmat ja suurimmat ovat varustettu jopa neljällä erillisjousitetulla ja ohjautuvalla akselilla (yleensä kaksi- tai kolmiakselisia). Kaikkien akseleiden ollessa ohjautuvia on mahdollista ajaa rapuohjauksella, jossa kaikki renkaat kulkevat eri jälkeä ja näin ollen maan tiivistyminen sekä kiinnijuuttumisriski vähenee. (Prospekt Kotte Vierachser 2011; Agronic lietevaunut esite 2013.)

2.2 Nykyinen multain

Nykyinen multain on Joskinin oma laahavannastyypinen matalamultain, jonka työleveys on kahdeksan metriä, täysin kuumasinkitty runko on 120 x 120 x 10 mm RHS-putkea, johon on nivelöity 36 kpl jousikuormitteisia varsia, joissa jokaisessa on laahavannas. Vannas tekee maahan uran, johon liete johdetaan lietevaunusta letkua pitkin vantaan takana olevan kumisen suuttimen kautta, jokaisessa vannasvarressa on vaijerivälitteinen keinusalpa, joka puristaa kumisuuttimen kiinni, kun multain nostetaan maasta ylös, jolloin liete ei valu letkuista pois multaimen ollessa ylösnostettuna. Jokaisessa vannasvarressa on vielä 25 cm halkaisijaltaan oleva teräksinen leikkurikiekko vantaan edessä, joka leikkaa maahan viillon. Kiekko tehostaa laahavantaan maahan tunkeutumista ja multaimen riviväli on 21,5 cm. Multaussyvyys vaihtelee 0–5 cm maalajin, pellon kasvipeitteisyyden ja maan kosteuden mukaan. Multain painaa 1580 kg. Multaimessa oleva lietteen jakolaite on Joskinin valmistama. (Clarke machinery Ltd 2013; Kreko 2014.)

3 LIETTEEN LEVITYSTEKNIIKAT

Lietteen levitystekniikat ovat vuosien saatossa kehittyneet ensin hajalevityksestä letkulevitykseen, ja nyt lietteen sijoittamiseen erityyppisillä multaimilla. Kaikki kolme erilaista tapaa on silti nykyään käytössä. Typpilannoitteiden levitystä säädel-
lään seuraavalla lainsäädännöllä:

”Typpilannoitteita ei saa levittää lumipeitteiseen tai routaantuneeseen eikä veden kyllästämään maahan. Lantaa ei saa levittää 15.10.—15.4. välisenä aikana. Lantaa voidaan levittää syksyllä enintään 15.11. asti ja aloittaa levitys keväällä aikaisintaan 1.4., jos maa on sula ja kuiva niin, että valumia vesistöön ei tapahdu eikä pohjamaan tiivistymisvaaraa ole. Lantaa ei saa levittää nurmikasvuston pintaan 15.9. jälkeen. Syksyllä levitetty orgaaninen lannoite on aina välittömästi, viimeistään vuorokauden kuluessa, mullattava tai pelto kynnettävä. Lannan enimmäiskäyttömäärät syksyllä ovat 30 tn/ha kuivikelantaa, 20 tn/ha naudnan lietelantaa, 15 tn/ha sian lietelantaa tai 10 tn/ha siipikarjan ja turkiseläinten lantaa. Lantaa saa levittää pellolle lannoitteeksi sellaisen määrän joka vastaa enintään 170 kg/ha/vuosi typpeä, ottaen kuitenkin huomioon mitä 6 §:ssä säädetään. Toistuvasti kevättulvan alle jäävillä peltoalueilla typpilannoitus on kielletty perustettavaa kasvustoa lukuun ottamatta 1.10.— 15.4. välisenä aikana.

Typpilannoitus on kielletty viisi metriä lähempänä vesistöä. Seuraavan viiden metrin leveydellä typpilannoitteiden pintalevitys on kielletty, jos pellon kaltevuus ylittää kaksi prosenttia.

Karjanlannan pintalevitys on aina kielletty pellolla, jonka keskimääräinen kaltevuus ylittää 10 prosenttia.” (A 9.11.2000/931.)

3.1 Hajalevitys

Hajalevityksessä (kuvio 1) liete leviää pellon pintaan ohuena yhtenäisenä kerroksena koko työleveydelle. Lietevaunun perässä on noin 40 cm:n levityslautanen, johon osuessaan vaunusta tuleva paineen alainen liete leviää kaarevassa muodossa vaunun taakse ja sivuille. Hajalevityksessä ei päästä kaarevan levityskuvion vuoksi täydelliseen levitystasaisuuteen ja myös tuuli voi vaikuttaa levityskuvioon. Hajalevitys aiheuttaa kaikista levitystekniikoista suurimmat hajuhaitat lähiympäristöön. Muokattuun maahan tai viljan sängelle hajalevitetty liete täytyy mullata heti

esimerkiksi äestämällä tai kyntämällä, muuten lannan sisältämästä liukoisesta ty-
pestä saattaa haihtua ammoniakkinä jopa 50–100 % keliolosuhteista riippuen.
Nurmelle hajalevitystä ei suositella ollenkaan, koska haihtumisen lisäksi tällöin on
vielä kasvuston hygieniariski eläinten ruokintaa ajatellen. Hajalevitys on silti ylei-
sesti käytetty menetelmä johtuen levityskaluston edullisuudesta verrattuna muihin
levittämiin, levittäminen on myös melko nopeaa johtuen ajonopeudesta joka voi
yltää jopa 12 km/h:iin, levityslautasen suuresta läpäisykyvystä sekä levityslevey-
destä joka on noin 12–15 m. Lisäksi pellolla tai pellon reunoilla olevien kiinteiden
esteiden, kuten sähköpaalujen ja puiden kiertäminen on helppoa koska vaunussa
ei ole minkäänlaisia levitinpuomeja. (Alakukku, Alasuutari & Kari 2009, 75; Palva,
Peltonen & Pentti 2004, 2.)



Kuvio 1 Lietteän hajalevitystä. (Maaseudun tulevaisuus 2011.)

3.2 Letkulevitys

Letkulevitys (Kuvio 2) eroaa hajalevityksestä siten, että liete valuu maan pintaa
laahaavia levitysletkuja pitkin peltoon. Letkut voidaan laskea laahaamaan maassa,
jolloin liete valuu maan pintaan tai nurmilla kasvuston tyveen kapeaan nauhamai-
seen muotoon. Letkulevityksessä päästään hajalevitystä parempaan levitystark-

kuuteen. Liette pinta-ala pellon pinnalla olevissa kapeissa vanoissa on paljon pienempi kuin hajalevityksessä, näin ollen ravinteiden haihtuminen ja hajuhaitat ovat hajalevitystä pienempiä. Tutkimuksissa on päästy 30–40 % pienempiin typen haihtumistappioihin hajalevitykseen verrattuna. Lietevaunun takana on joko suoraan vaunun runkoon tai vaunun takana olevaan nostolaitteeseen kiinnitetty tukirunko, johon on kiinnitetty halkaisijaltaan 40–50 mm levitysletkuja noin 30 cm välein. Levittimen puomit kääntyvät kuljetusasentoon vaunun sivuille joko yhtenä tai kahtena lohkona. Liete pumpataan vaunusta isompaa letkua pitkin letkulevittimen rungossa kiinni olevaan lietteen jakolaitteeseen (leveimmissä levitinmalleissa kaksi jakolaitetta), jossa lietettä silputaan ja se jaetaan vuorotellen jokaiseen pienempään levitysletkuun. Letkulevittimien työleveydet ovat 8–30 metriä. Suomessa yleisin käytössä oleva leveys on 16 m. Letkulevitys on kasvuston kannalta parempi vaihtoehto kuin hajalevitys, sillä kasvusto likaantuu ja vahingoittuu vähemmän. Letkulevitys on suositeltavampi vaihtoehto myös nurmien hygieenisen laadun kannalta. (Alakukku ym 2009, 76; Palva ym 2004, 2; Prospekt Kotte Vierachser 2011.)



Kuvio 2 Livakka letkulevitin. (PEL–Tuote Oy.)

3.3 Sijoittaminen multaimella

Lietteen sijoitus tai multaus, on lietteen levitystekniikka, jossa liete nimensä mukaisesti sijoitetaan multaimella maan alle, multaussyvyyden vaihdellessa 1-15 senttimetriin, riippuen käytössä olevasta multaintyyppistä, maalajista, ja siitä että onko kyseessä muokattu maa, viljan sänki tai nurmi. Sijoituslaitteiden vantaat ovat useimmiten kiekkovantaita tai erilaisia laaha- tai joustopiikkivantaita. Vantaat tekevät maahan vaon johon lietelanta sijoitetaan vantaaseen johdettua letkua pitkin. (Alakukku ym 2009, 77–78; Palva ym 2004, 2–3.)

Lietelannan sijoittaminen on erittäin tärkeä keino ympäristön kannalta pienentää lietelannasta aiheutuvia ympäristökuormituksia. Lietteen levittäminen sijoittavilla tai multaavilla levittimillä vähentää lannasta pinta- ja pohjavesiin aiheutuvaa ravinnekuormitusriskiä, kun ravinteet menevät maan sisään, pienentävät ammoniakkipäästöjä ilmaan sekä vähentävät levityksestä aiheutuvia hajuhaittoja letku- ja hajalevitykseen verrattuna. Vuodesta 2007 alkaen maksettava multaustuki on kas-

vattanut lietteen sijoittamisen suosiota merkittävästi. ”Lietelannan sijoituksesta maksettava tuki on 56 €/hehtaari. Tuki voidaan maksaa, jos lietelanta tai virtsa levitetään pellolle maan sisään sijoittavilla tai välittömästi multaavilla laitteilla. Tuen maksu edellyttää lisäksi että, levitettävä määrä on vähintään 20 m³ hehtaarille”. (Pro Agria 2010.)

Lietemultaimet voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: Maata muokkaaviin, joita ovat lautasmuokkainmultaimet sekä erilaisiin joustopiikkimultaimiin, kuten S-piikki- ja kultivaattorinpiikkimultaimet. Edellä mainituilla multaintyypeillä mullataan lietelantaa muokattuun maahan tai viljan sängelle. Sijoitussyvyyden vaihdeltaessa 5–15 cm, työleveydet 4–8 metriä. (kuvio 3) Lisäksi on pääasiassa nurmievitykseen suunnitellut maata muokkaamattomat yleismultaimet, joista löytyy erilaisia laahavannas- ja kiekkomultaimia. (Pro Agria 2010; Alakukku ym 2009, 77–78.)



Kuvio 3 Joskinin Terraflex 2 XXL joustopiikkimultain. (Joskin 2009.)

3.3.1 Veitsimultaimet

Veitsimultaimet ovat maata muokkaamattomista multaimista kevytrakenteisimpia. (Kuvio 4) Rungosta lähtevien joustavien varsien päässä olevat esimerkiksi puolipyörän muotoiset, tai kulmikkaammat terät viiltävät lietteelle viillon maahan. Multaussyvyys on 0–3 cm, kaikki liete ei mene maan alle vantaan viiltämään uraan, vaan vaikuttaa imeytymällä vantaan tekemään viiltoon. Multaintyyppi toimii parhaiten keveillä maalajeilla, kevyestä rakenteestaan johtuen työleveydet yltyvät kaikista multaintyypeistä leveimmälle 5,3–24 metriin. Silti esimerkiksi Sloomidin valmistamalle 16 m:n veitsimultaimelle ilmoitettu vetotehon tarve on vaan 58 kilowattia. Veitsimultaimissa on melko edullinen ja yksinkertainen rakenne, huoltopaat vantaat ja pieni vetotehontarve. Vannasväli on 16–25 cm. Veitsimultain kiinnitetään joko suoraan lietevaunun runkoon kiinnitettäviin kiinnikkeisiin tai sitten multaimen kiinnikerunko kytketään vaunun kolmi- tai nelipistenostolaitteeseen. Veitsimultain voidaan asentaa kaikkiin markkinoilla oleviin lietevaunuihin. Kuljetusasennossa veitsimultaimen sivulohkot kääntyvät valmistajasta riippuen joko vaunun sivuille yhtenä tai useampana lohkona riippuen multaimen leveydestä tai sitten

pystyyn vaunun taakse. Veitsimultaimet painavat 980–3500 kg. (Bomech 2015; Slootsmid 2015.)



Kuvio 4 Slootsmid veitsimultain. (Slootsmid 2015.)

3.3.2 Laahavannasmultaimet

Laahavannas-multaimissa (Kuvio 5) vantaat ovat järeämmät ja vantaan painatusvoima on suurempi kuin veitsimultaimissa. Myös laahavannas-multaimien rungot ovat huomattavasti veitsimultaimia järeämpiä, multaussyvyys 1–5 cm maalajista riippuen, työleveydet 6–8 metriä. Multaimien painot vaihtelevat 750–1800 kg:n välillä. Vannasvälit noin 21–22 cm. Joissakin malleissa on saatavana lisävarusteena laahavantaan eteen leikkurikiekko, joka tehostaa vantaan maahan tunkeutumista. (Clarke Machinery Ltd, 2013; Peecon 2015.)



Kuvio 5 Joskinin Multi–Action Laahavannasmultain. (Joskin 2009.)

3.3.3 Kiekkovannasmultaimet

Joissa vantaat ovat toteutettu joko yhdellä tai kahdella kiekolla. Yksikiekkoisissa multaimissa on nimensä mukaan vain yksi kiilamainen leikkaava kiekko, joka leikkaa maahan viillon/uran, jolloin liete valuu vakoon kiekon taakse kiinnitetystä kumisuuhtimesta, johon liete tulee letkua pitkin multaimen jakolaitteelta. Työskentelysyvyys on säädöistä riippuen 1–6 cm, optimisyvyiden ollessa noin 3 cm. Kiekko voi olla myös kapeampi tasaisesta levystä valmistettu ja kulkusuuntaansa nähden muutaman asteen kulmaan asennettu, jolloin kiekko avaa riittävän suuren vaon lietelannalle. (Agronic 2013; Clarke Machinery Ltd 2013.)

Kaksikiekkoisissa multaimissa (Kuvio 6) vantaassa on kaksi toisiinsa nähden loivaan v–kulmaan asennettua kiekkoa, jotka avaavat maahan 2–3 cm leveän uran johon lietelanta sijoitetaan, multaussyvyys 1–6 cm, kiekkovannasmultaimien vannaavälit vaihtelevat valmistajasta riippuen 17,5–27 cm:n väliltä ja työleveydet vaihtelevat 6–12 metrin väliltä. Työleveydeltään 6–10 metristen multaimien rungot ovat

kolmilohkoisia ja 12 metrisen multaimen runko on viisilohkoinen. (Vredo 2013; PEL–Livakka 2014.)

Pel–Tuote lupaa valmistamalleen Livakka–multaimelle seuraavanlaisia ominaisuuksia. Livakan kaksoiskiekkomultain on lietevaunuun kolmoskategorian nelipistenostolaitteeseen pikakiinnitettävä multaava levityslaitteisto, jolla liete saadaan mullattua maahan 5–7 cm:n syvyyteen tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Multain soveltuu lietteen sijoittamiseen nurmi-, sänki- ja muokatulle pohjalle. Liete syötetään vantaalle Harsøn pystymallisella epäkeskoleikkureilla varustetulla jakolaitteella. Multaimessa on luja neliöputkesta koostuva runkorakenne, joka muodostuu kolmesta lohkoista. Sivulohkot lukittuvat hydraulisyliinterikäyttöisellä salvalla kuljetuksen ajaksi. Multaimen painatus tapahtuu hydraulisen 4–pistenostolaitteen avulla. Myös superpintalevittimen eli levityslautasen asentaminen kiinteästi multaimen on mahdollista. Hydrauliöljyntarve on maksimissaan 40 l / min. Multausnopeus 7–12 km/h. Valmistaja lupaa, että multaimella saadaan sijoitettua maan sisään jopa 50 m³ lietelantaa hehtaarille. Kaksoiskiekkovantaiden väli on 27 cm, kiekkojen halkaisija on 40,5 cm. Kiekot on asennettu v–asentoon, jolloin ne avaavat riittävän suuren vaon lietteelle. Vantaat ovat hydraulijousitteiset, minkä ansiosta jokaisella vantaalla on tasainen paine ja näin ollen multain myötäilee maan pinnanmuotoja. Jokainen vannas pääsee tarvittaessa, esimerkiksi kiven yli ajettaessa joustamaan ylöspäin ja painautumissa vastaavasti alaspäin. Joustovara on n. 30 cm. Vantaat ovat myös erikseen kääntyvät, mikä mahdollistaa kaarreajon 30° kumpankin suuntaan. Vantaiden jousitusylinterit nostavat vantaat ylös kuljetuksen ajaksi. Sama liike lukitsee myös vantaiden sivuliikkeet. Haluttaessa vantaiden letkut sulkeutuvat automaattisesti aina, kun multain nostetaan maasta. Vantaissa on tiivistetty ja rasvattava naparakenne. Saatavana kaksi eri mallia, kuusimetrinen 23–vantainen LHDD6 painaa 1600 kg ja kahdeksanmetrinen 29–vantainen LHDD8 joka painaa 1900 kg. Molempien kuljetusleveys on kolme metriä. Multaimen toimintoja saadaan ohjattua traktorista joystick- tai painikeohjaimella. (PEL–Livakka 2014.)



Kuvio 6 Livakka kiekkomultain. (PEL-tuote 2014.)

3.4 Tuotekuvaus

Lietelannan S-piikkimultain (Kuvio 7) on suunniteltu lietelannan sijoittamiseen muokatulle maalle (kynnetty, äestetty tai kultivoitu) tai viljan sängelle. Yleisimmin käytetään kuitenkin lietteen levittämiseen keväällä ennen kylvöä, syksyllä tai keväällä kynnettyyn maahan, työsyvyys 5–15 cm. S-piikkimultaimien työleveydet ovat 4–8 metriä. S-piikkimultaimen runko muodostuu kolmesta eri osasta, keskilohkosta ja kuljetuksen ajaksi pystyyn nostettavista sivulohkoista. Keskilohkossa on kiinnikkeet kolmi- tai nelipistenostolaitteelle, joista multain kiinnitetään lietevauunun perässä olevaan nostolaitteeseen, multain voidaan kiinnittää myös traktorin perään. Sivulohkot nousevat ja laskevat kumpikin omalla hydraulisylinterillään, sivulohkoissa on mekaaninen tai hydraulinen lukitus, jolla ne saadaan lukittua kuljetusasentoon. S-piikit kiinnitetään runkoon omilla kiinnikkeillään kahteen tai kolmeen riviin. Hydraulimoottorilla pyöritettävä pysty- tai vaakamallinen lietteen jakolaitte on kiinni multaimen rungossa keskilohkossa, jakajasta lähtee letku jokaiseen piikkiin. Jakajasta piikkeihin lähtevät letkut ovat kooltaan 40–60 mm, letkukoko riippuu multaimen piikkimäärästä eli mitä enemmän piikkejä sitä pienempi letku

riittää. Työsyvyyden säätö voidaan toteuttaa joko säädettävillä tukipyörillä, joita on keskilohkossa yleensä kaksi ja sivulohkoissa kummassakin yksi. (Kuvio 7) Tai piikkien jälkeen multaimen taakse kiinnitetyillä korkeussäädettävillä varpajyrillä, multaimessa voi myös olla sekä varpajyrät että tukipyörät. (Kaweco 2012; Samson 2015; Joskin 2015.)



Kuvio 7 Kuvassa Samsonin S-piikkimultain. (Samson-agri 2015.)

4 S–PIIKKI

4.1 S–piikkiäes

Tässä kappaleessa tarkastellaan multaimessa käytettäväksi ajatellun S–piikin ja kyseisen piikkityypin yleisimmän käyttökohteen eli joustopiikkiäkeen maanmuokkausominaisuuksia muokatulla maalla ja sängellä. Lietteen S–piikkimultain on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin harvemmallalla 15–35 cm piikkivälillä oleva joustopiikkiäes, multaimessa piikit on sijoitettu vain kahdelle tai kolmelle piikkiakselille, joten joustopiikkiäkeiden ominaisuudet liittyvät myös joustopiikkimultaimen.

Nykyaikaiset joustopiikkiäkeet (kuvio 8) ovat leveähköjä melko suuren työtehon omaavia nykyisin 5–14 metrin levyisiä ja traktorin vetokoukulla hinattavia maanmuokkuskoneita. Äkeen runkoon kiinnitettyjen S–piikkien pääasiallinen tehtävä äkeessä on maan irrottaminen ja muokkaaminen muokkauspohjaan asti sekä aikaansaada pellon pintaan mahdollisimman hyvä ja tasainen kylvöalusta. Äkeiden varusteisiin kuuluvat erilaiset ladat, jälkiharat ja varpajyrät tai näiden yhdistelmät. Jälkiharojen ja varpajyrien pääasiallinen tarkoitus on piikkien irrottamien maakokkareiden murskaaminen. Erityyppisillä etuladoilla taas haetaan kokkareiden murskaamisen lisäksi myös pellon pinnan tasausvaikutusta. Jälkiharan tehtävänä on myös tasoittaa S–piikkien pellon pintaan jättämiä harjanteita sekä pyrkiä järjestelmään muokkauskerroksen mururakenne oikeanlaiseksi. Jälkiharat ovat pääsääntöisesti toteutettu 10–12 mm, vähän taaksepäin taivutetuilla tai suorilla joustopiikkeillä. Äes soveltuu olosuhteista riippuen myös viljan sängen syys- ja kevätmuokkaukseen. Sänkimuokkauksen ongelmaksi saattaa ainakin melko tiheärakenteisella perusäkeellä muodostua äkeen tukkeutuminen, pellossa olevista oljista ja kasvijätteistä johtuen. (Ahokas & Mikkola 1986, 12; Koneviesti 2009, 12–15; K-maatalous 2014.)

Äkeet ovat usein melko raskaita riittävän kestävyuden sekä tarpeeksi suuren piikkejä maahan painavan pystykuorman aikaansaamiseksi, tarvittava pystykuorman tarve riippuu äkeessä käytettävien joustopiikkien ominaisuuksista. Tasaisen muokkausohjan aikaansaaminen vaatii äkeeltä tasaista ja pomppimatonta kulkua

muokattaessa, myös tämä edellyttää äkeeltä riittävää painoa. Nykyaikaisten äkeiden tuenta ja työsyvyys säätö toteutetaan rungossa olevilla erillisillä tukipyörillä. Pyörillä saavutetaan lähes vakiona pysyvä muokkaussyvyys maalajista riippumatta ja kohtalaisen pieni tuennan vetovastus. Keskilohkossa olevat tukipyörät toimivat samalla, myös kuljetusasennossa olevan äkeen kuljetuspyörinä tiellä. Hyvän kylvöalustan saavuttaminen vaatii yleensä 1–3 ajokertaa. Muokkauskertojen määrä riippuu äkeen ominaisuuksista, maalajista sekä maanmuokkausolosuhteista. (Ahokas & Mikkola 1986, 14; Haapala ym 2005, 56–58; Latva–Kyyny 2006.)



Kuvio 8 Multiva Topliner super joustopiikkiäes. (multiva 2013).

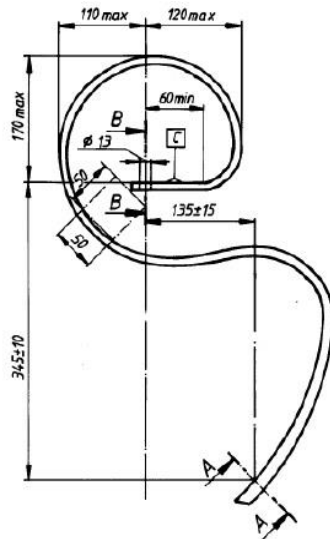
S-piikkiäkeitä löytyy markkinoilta useita eri malleja ja mallisarjoja useilta eri valmistajilta. Näin ollen äkeen leveys ei välttämättä kerro täysin äkeen järeyttä, sillä saman levyinen eri mallisarjan tai valmistajan äesmalli voi painaa satoja kiloja enemmän kuin toinen. Äkeen piikkijakoon vaikuttava piikkimäärä voi myös olla hyvinkin erilainen eri äkeiden välillä. Niinpä äkeiden järeyden vertailuun ehkä paras ja käyttökelpoisin luku on paino piikkiä kohden, eli kilogrammaa/piikki. Luku saadaan, kun tiedetään äkeessä olevien piikkien kokonaismäärä ja äkeen kokonaispaino, äkeen paino jaetaan piikkien lukumäärällä. Kun äkeessä käytetään pystypiikkejä, paino piikkiä kohden täytyy kevyillä multa-, hieta- tai turvemilla olla 10–20 kg, keskijäykällä hietasavella 20–30 kg ja jäykällä hiesu- tai aitosavella yli 30

kg. Normaaleilla S–piikeillä varustetun äkeen painovaatimus on tätä jonkin verran pienempi. Hyvälaatuisella normaalilla S–piikillä on pystypiikkiä parempi työsyvyyden säilyttämiskyky. Halutun työsyvyyden säilyttämisessä S–piikin paksuus on leveyttä tärkeämpi tekijä. (Lankila 2011, 10; Haapala ym 2005, 57; K–maatalous 2014.)

4.2 Joustopiikkien toimintaperiaate

S–piikki on suunniteltu muokkaamaan ja murustamaan maata seuraavanlaisilla tavoilla: 1. Värähtelevän piikin ja maamassan välisestä jännitysvoimista johtuva maan murustuminen, 2. Maassa etenevää piikkiä väistävän maamassan virtaus-tyyppinen muokkautuminen, 3. Maassa etenevän piikin edeltään maata ylöspäin nostavasta vaikutuksesta aiheutuva lohkomistyyppin murustuminen.

S–piikki on toimiva ratkaisu myös muihin käyttötarkoituksiin, kuten esimerkiksi, karjanlannan multaamiseen, rikkakasvien mekaaniseen torjumiseen, sängin perusmuokkaamiseen, tai kuorettuneen maan rikkomiseen. S–piikin nimi johtuu piikin muodosta, joka muistuttaa geometrialtaan S–kirjaimen muotoa (kuvio 9). Yksi S–piikkien pääominaisuuksista on piikin hyvä joustavuus, joka saa aikaan piikin värähtelyn. Maata muokkaavien S–piikkien matalataajuisen värähtelyn taajuus kasvaa piikin jäykkyyden kasvaessa. Joustopiikkien värähtelystä johtuen piikin murustuskyky sekä puhdistuvuus on parempaa kuin jäykällä piikillä. S–piikkien värähtelystä johtuen myös niiden vetotehon tarve on 10–20 % jäykkien, esimerkiksi kultivaattorissa käytettävien piikkien vetotehon tarvetta pienempää. (Ahokas 2001,19; Haapala ym 2005, 50, 56–57; Latva–Kyyny 2006.)



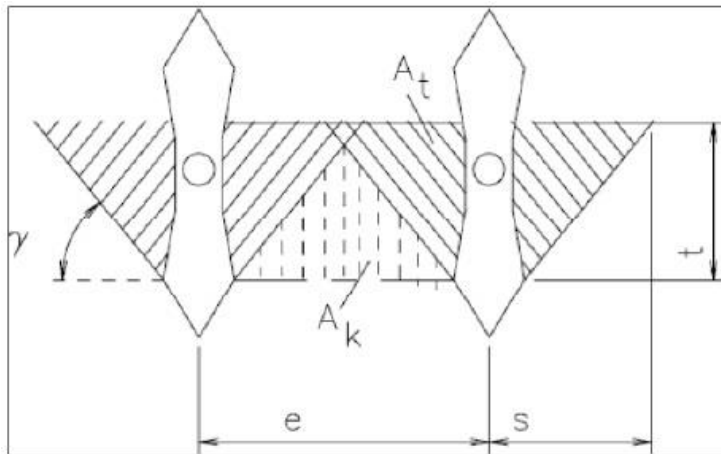
Kuvio 9 SFS-2781 Standardin mukainen S-piikki. (SFS 1983.)

Joustopiikki muokkaa maata murtamalla sitä edessään ja sivuillaan olevalla alueella. Tämä muokkausalue on piikin kärjen omaa leveyttä suurempi, noin kolme kertaa kärjen leveys. Muokkausalueen sisällä muokkautuvan maan ja piikin välillä vaikuttaa näin ollen voimia sekä edessä, että sivuilla. Eteenpäin kulkevan piikin muokkausalueen sisällä oleva maa irtoaa, murustuu ja muuttuu samalla löysemmäksi, maa siirtyy piikin heittämänä osaksi sivuille ja osaksi valuu vaon pohjalle jonka piikki on muodostanut. (Kuvio 10) Vaikka maata valuu takaisin vaon reunoilta pohjalle, maahan jää silti selvä vako. (Haapala ym 2005, 56.)



Kuvio 10 Piikin muokkauksessa tekemät vaot. (Evers 2015.)

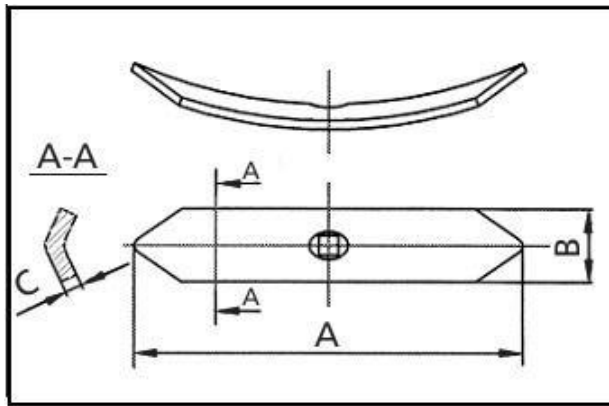
Piikkiin kohdistuu siis voimia sen edestä ja sivuilta, jolloin maahan kohdistuvien voimien kasvaessa maan murtolujuutta suuremmaksi maa antaa periksi ja murtuu. Maan murtuminen aiheuttaa sen, että piikkiin vaikuttavat voimat purkautuvat. Piikin kulkiessaan eteenpäin voimat kasvavat uudelleen ja purkautuvat sitten taas edellä mainitusti. Tämä jaksottainen voimien vaihtelu saa aikaan S-piikin maanmuokausominaisuuksia tehostavan piikin värähtelyn. Näitä kyseisiä voimia ei synny työsyvyyden ja terän leveyden suhteen ollessa liian suuri tai pieni, kuten äestettäessä kriittistä työsyvyyttä syvempään tai hyvin matalaan syvyyteen. Kriittisen työsyvyyden määritelmä on kolme kertaa piikin kärjen leveys, eli kärkipalan valinnalla voidaan vaikuttaa myös kriittisen työsyvyyden raja-arvoon. Muokkausjälkeen vaikuttavat seuraavat kuviossa 11. mainitut seikat: Terän kärkikulma γ , terän leveys, piikkiväli e ja työsyvyys t . Lisäksi kuviossa on piikkien tekemät muokausurat A_t , muokkaamaton kannas A_k piikkien välissä. Eniten piikin vaikutusalueen leveyteen vaikuttava seikka on piikin kärkikulma. Piikkien väliin jäävä muokkaamaton kannas on sitä korkeampi, mitä suurempi on piikkiväli. Piikkivälin ollessa 2,5 x työsyvyys, tai alle maa muokkautuu kokonaan piikkien välissä. Kriittistä työsyvyyttä syvempään muokattaessa maa rupeaa vain siirtymään piikin edestä sivuille eikä enää murustu toivotusti, tätä kutsutaan virtaustyyppin murustumiseksi. Tästä seuraa vain maan rakenteelle haitallista maan tiivistymistä. (Ahokas 2001, 28; Haapala ym 2005, 55–56; Latva–Kyyny 2006.)



Kuvio 11 Kahden piikin vaikutusalue. (Ahokas 2001, 28.)

4.3 Piikkien leikkuukulma ja maahakuisuus

Joustopiikkiäkeen piikeissä käytetään yhdellä pultilla kiinnitettävää kärkeä/terää, (kuvio 12) joka on leveämpi kuin varsinainen piikin varsi. Käytettävien terien (kuvio 13) päätarkoitus on maan murtaminen ja murustaminen, tasaisen muokkauspohjan muodostaminen ja piikin suojaaminen kulumiselta. Piikeillä on piikkityypistä riippuva piikin terissä jatkuva kaareva muoto, joka muodostaa maanpinnan kanssa leikkauskulmaksi kutsutun kulman. Piikin leikkauskulmat ovat yleensä yli 30° ja alle 90°. Jos kulma on pieni, niin terä nostaa maata enemmän. Tämä ei yleensä ole haluttu ominaisuus, koska maa on märempää alemmissa maakerroksissa kuin pinnalla. Maa muokkautuu sitä tehokkaammin, mitä jyrkempi on leikkauskulma. Suuremmalla leikkuukulmalla oletetaan kuitenkin yleisesti olevan seuraavia vaikutuksia, piikin maahakuisuus on heikompaa, vetotehontarve on suurempi kuin taas maan murustavuus on parempaa. Huonomman maahakuisuuden takia pystypiikki tarvitsee enemmän painatusta, (Kuvio 14) kuin pienillä leikkauskulmilla varustetut piikit. (Vakola 1992, 17–19; Latva–Kyyny. 2006.)



Kuvio 12 Tavallinen S–piikin kärki. (Partson.)

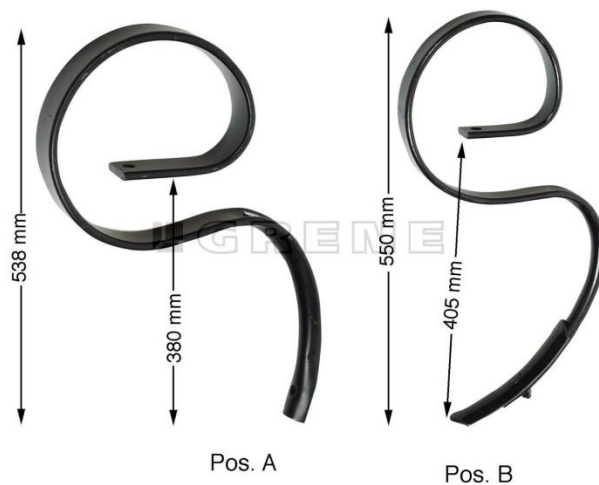


Kuvio 13 Erilaisia S–piikeissä käytettäviä kärkiä. (Grene.)

4.4 Piikin mittojen vaikutus niiden ominaisuuksiin

joustopiikkien leveys ja materiaalipaksuus vaikuttavat selvästi piikin jäykkyyteen ja taipumaominaisuuksiin. Eli sitä jäykempi piikki mitä paksummasta materiaalista se on valmistettu ja päinvastoin. Jäykempi piikki säilyttää joustavaa paremmin työsyvyytensä, kun taas piikin paksuudella on suurempi merkitys työsyvyyden säilymisessä kuin piikin leveydellä. Leveämpi piikki taas pysyy kapeampaa paremmin oikealla linjalla sivusuunnassa, toisaalta leveämpi piikki väistää huonommin maassa olevia esteitä. Joustavampien ohuemmasta materiaalista valmistettujen piikkien hyviä puolia on ainakin parempi puhdistuvuus, pienempi vetovastus ja parempi maassa olevien esteiden väistökyky. Niinpä kivisillä mailla joustava piikki on jäykkää parempi paremman kestäväytensä ansiosta. Koville ja raskaammille maille kannattaa valita paremmin työsyvyytensä säilyttävä jäykempi piikkimalli. (Haapala ym 2005, 55–57; K–maatalous 2014.)

Joustopiikin työsyvyyden säilyttäminen sekä piikin leikkuukulma ja piikin geometria liittyvät kiinteästi toisiinsa. Taaksepäin kallistetussa piikissä terän kärki on selvästi piikin keskiakselin takapuolella, tai toisessa vaihtoehdossa piikin kärki kulkee lähellä keskiakselia. Useimmiten käytössä on näiden kahden piikkityypin (kuvio 14) välimuotoja. Paljon keskilinjan takapuolella olevan piikin kärki säilyttää työsyvyytensä tavallista piikkiä huonommin, johtuen piikin taakse ja ylöspäin suuntautuvasta joustoliikkeestä. Vastaavasti piikin keskilinjalta alkava joustoliike ei nosta piikin kärkeä niin nopeasti ylöspäin kuin edellisessä tapauksessa. (Vakola 1992, 18–19.)



Kuvio 14 Jyrkän- ja loivan leikkuukulman piikimalli. (Grene.)

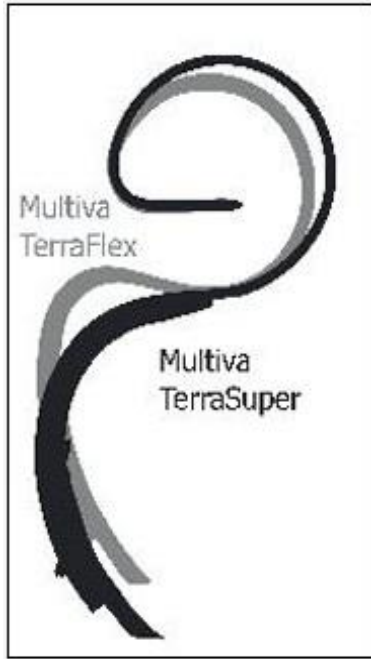
4.5 S-piikkien vetovastus

Maata muokkaaviin S-piikkeihin vaikuttavat yleensä 200–400 N:n voimat, kun ajonopeus on 8 km/h ja muokkaussyvyys on 8–10 cm. Voimien suuruuteen vaikuttavia tekijöitä on muokattavan maan maalaji ja maan kovuus. Kovia maalajeja muokattaessa piikkivoimat saattavat nousta jopa noin 700 N:iin. Voimat nousevat hetkellisesti moninkertaisiksi piikin osuessa kiveen tai muuhun kiinteään esteeseen. Arvot perustuvat Vakolan suorittamiin mittauksiin (Vakola 1992, 19; Latva-kyyny 2006.)

Joustopiikin vetovastukseen vaikuttavat ainakin seuraavat seikat, työsyvyys, terän leikkauskulma ja leveys, terän kuluminen, ajonopeus, maan kosteus ja kovuus. Jonkinlainen keskimääräinen tehontarvearvio hinattavalle 7–8 cm:n piikkivälillä ja

etuladalla varustetulle tukipyörillä tuetulle äkeelle on 1–1,2 kW/ Piikki. Työleveyteen suhteutettuna kyseinen luku on noin 13–14 kW/ työleveysmetri. Vastaavasti 10 cm:n piikkivälillä varustetun nostolaiteäkeen tehontarve metrille on 10–11 kW. (Saarikallion 2012, 17) kokeiden mukaan Multivan sänkimuokkaukseenkin kykenevän äkeen 12 x 65 kokoisen Terra Super tyyppisen piikin aiheuttama kokonaisvoima 50 mm:n työsyvyydellä kuivassa savimaassa on 116,41 N. Piikin leikkaiskulma on 42 astetta ja kokeessa käytetyn terän leveys 60 mm. (Haapala ym 2005, 57; Multiva 2013.)

Ohessa kahden Multivan käyttämän piikin ominaisuuksia (Kuvio 15). TerraFlex on jäykkä, kestävä ja työsyvyytensä hyvin säilyttävä joustopiikki. Piikki ei joutaessaan juurikaan nouse työsyvyydestään ylöspäin optimaalisen piikkigeometriansa ansiosta. Tästä johtuen piikin syvyysvaihtelu on erittäin pientä esimerkiksi maalajin vaihtuessa. Terra Super on erittäin järeä ja ainevahvuudeltaan vahva joustopiikki, jolla saadaan hyvä muokkaustulos sekä tasainen muokkaus pohja maalajista riippumatta. Kyseisen piikkimalli on käytössä Multivan Top Line Super-äkeissä, joilla voidaan suorittaa kylvömuokkaus myös suoraan sänkeen. Äkeessä on mahdollisimman korkeat 65 mm leveät piikit, joissa on leveät kärkipalat. Piikkiväliä on siten vastaavasti harvennettu ja piikit on jaettu useammalle akselille kuin tavallisissa äkeissä. (Multiva 2013.)



Kuvio 15 Multivan äkeen piikit TerraFlex ja TerraSuper. (Multiva.)

5 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys on yrityksen menestykselle yksi keskeisimmistä edellytyksistä. Se on määrätietoista toimintaa, joko kokonaan uusien tuotteiden tai palveluiden kehittämiseksi tai jo olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden kehittelyä, muuntelua, tai parantamista. Jos tuotekehitystyö yrityksessä laiminlyödään, tulee muutaman vuoden sisällä aika, jolloin tuotteet ovat vanhentuneita, myynti vähenee tai loppuu kokonaan. Tuotekehitys on tärkeä osa yrityksen toiminta-ajatusta. Myös markkinoinnille on hyötyä uusien tuotteiden kehittelystä. Tuotekehitystyön päätarkoitus on etsiä, valita ja luoda uusia toteuttamiskelpoisia tuoteideoita, sekä pyrkiä kehittämään näistä uusia tuotteita. Tehtäviin kuuluu myös karsia yrityksen tuotevalikoi-
masta pois jo huonosti myyviä, vanhentuneita, tai huonosti toimivia tuotteita. Tavoitteena on saada aikaan haluttuja tuotteita tai tuotekokonaisuuksia, joilla vastataan nykyisten ja mieluusti myös uusien ostajien asiakastarpeisiin nyt ja tulevaisuudessa. Kuten esimerkiksi tekninen suorituskyky, kestävyys, muotoilu paino, hinta, koko, väri. Tuotekehitysvaiheen aikana ratkeaa, voidaanko itse keksitystä tai muualta ostetusta ideasta kehittää hyvä, toimiva ja hyvin kaupaksi käyvä tuote tai palvelu. Tuotekehitysprosessin aikana siis muunnetaan onnistunut idea markkinoitavaksi tuotteeksi, joka on vähintäänkin yhtä hyvä tai vielä parempi kuin markkinoilla olemassa olevat vastaavat tuotteet. (Bergström & Leppänen 2003, 174–175; Jokinen 2001, 9; Rissanen 2002, 182.)

5.1 Tuotekehityksen tarpeellisuus

Tuotekehityksen tarpeellisuutta selitetään useilla selityksillä, jotka usein liittyvät yrityksen tulevaisuuden turvaamiseen, kilpailuun ja toki myös korkeamman voiton tavoitteluun. Yritys tarvitsee säännöllisesti uusia tuotteita vastaamaan kehittyviin markkinoihin. Yleisimpiä syitä tuotekehitykselle ja sitä kautta uusien tuotteiden tarpeelle on nykyisten tuotteiden ominaisuuksien vanheneminen ja sitä kautta niiden taloudellisen kannattavuuden heikentyminen, sekä asiakkaiden muuttuvat tarpeet.

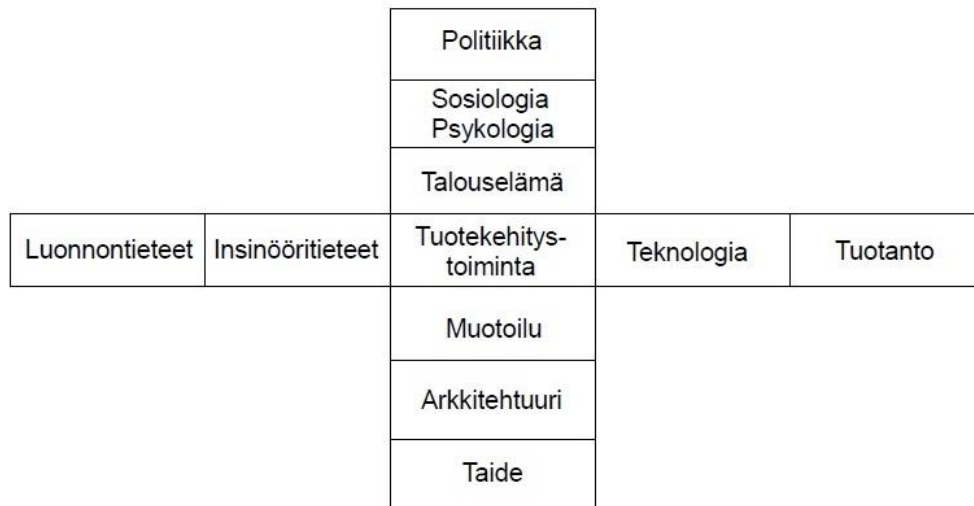
Tuotekehitykselle ja uudelle/uusille tuotteelle tulee tarvetta myös jos halutaan laajentaa yrityksen toimintaa täysin uudella tuotteella tai tuoteperheellä. Yritysostot tai muut valtioiden väliset kaupalliset järjestelyt voivat myös aiheuttaa tarpeen tuotekehitykselle. Yrityksellä voi olla myös vajaakäyttöä valmistuksessa tai myynnissä ja tämä vajaakäyttö halutaan poistaa jollain uudella tuotteella. Tuotteiden valmistuksesta saattaa jäädä yli sellaista sivutuotetta, josta saadaan kehitettyä uusi tuote. Uuden osaamisen tai tekniikan tuominen yritykseen voi myös olla yksi tuotekehityksen käytön syy. (Rissanen 2002, 182; Kotler 2005, 19–20.)

5.2 Tuotteiden elinkaari

Tuotteiden elinkaaret ovat useissa eri tuotekategorioissa koko ajan lyhenemässä. Tuotteiden eliniät ovat muotitavaroilla melko lyhyitä, kun taas teollisuuden investointitavaroilla huomattavasti pidempiä. Tuotteiden elinkaarien lyhentymisestä johtuen innovatiivisimmat yritykset menestyvät nykyisin parhaiten, joten uusien tuotteiden kehittäminen on kriittisen tärkeää. (Jokinen 2001, 9.)

Yksi tuotekehitystoiminnan haasteista on tuotekehityksen luonteen hidaskauteisuus, mahdolliset positiiviset tulokset näkyvät vasta useiden vuosien päästä. Nykyaikaisen tuotekehityksen täytyy siis aavistaa, millä tuotteella tai tuotteilla yritys menestyy muutaman vuoden päästä. Edellä mainittu seikka saattaa aiheuttaa negatiivisuutta tuotekehityksen motivaatioon, muita negatiivisuutta aiheuttavia seikkoja voivat olla, että vain pieni osa tuotekehityksessä syntyneistä ideoista päätyy lopulta tuotantoon ja saavuttaa taloudellista menestystä. Vasta kaupalliset markkinat näyttävät tuotantoon päätyneen idean toimivuuden, täytyy myös valmistautua siihen että teknisesti paraskin tuote voi jäädä markkinoilla toiseksi ja kehittymättömämpi tuote voi olla lopulta menestyneempi. (Rissanen 2002, 182–183.)

Tyypillisesti uuden tuotteen kehittämistyöhön osallistuvat tuotekehityksen lisäksi yrityksen muutkin toiminnot, kuten markkinointi, tuotanto, laadunkehitys, huolto-toiminto ja komponenttien ostotoiminto. Tuotekehitys pitää sisällään useita hyvin erilaisia aihealueita. (Kuvio 16). (Nevaranta 2008, 6.)



Kuvio 16 Tuotekehitystoiminta muodostuu monista eri aihealueista. (Jokinen 2001, 10.)

5.3 Tuotekehityksen tulokset

Tuotekehitystoiminnan tuloksia voidaan mitata monilla eri tavoilla, ohessa kuitenkin onnistuneen tuotekehityksen muutamia luonteenomaisia tuloksia. Tuotelaatu kertoo, miten hyvin uudelle tuotteelle asetetut asiakastarpeet on saatu täytettyä. Tuotteen laadun onnistuminen näkyy suoraan tuotteen hinnassa ja markkinaosuudessa, eli asiakkaat maksavat hyvästä tuotteesta hiukan korkeampaakin hintaa. Tuotteen kehittämis aika kertoo, miten kauan aikaa tiimiltä meni uuden tuotteen kehittämiseen. Kehittämis aika määrittelee yrityksen kyvyn reagoida muuttuviin tarpeisiin kilpailijoihinsa nähden sekä sen, millä aikavälillä tuote rupeaa tuottamaan taloudellista tulosta. Tuotekustannus eli tuotteen valmistushinta, joka sisältää kaikki uuden tuotteen kehittämistyötä varten hankitut laite-, työkalu- ja tarvikehankinnat, toisin sanoen investoinnit, määrittelee sen, miten paljon katetta yritys tulee saamaan tietyistä myyntivolyymistä. Kehittämiskustannuksella tarkoitetaan kaikkien uuden tuotteen kehittämisprosessiin kuuluvien kustannusten määrää. Kehittämisen kyvykkyys kuvastaa yrityksen ja tuotekehitystiimin kykyä uusien tuotteiden kehittämiseen tuotekehitykseen liittyvän kokemuksensa kautta. Toisin sanoen on pääomaa, jota yritys voi käyttää tuotteiden kehittämiseen. (Ulrich & Eppinger 2008, 2–3.)

5.4 Tuotekehityksen vaiheistus

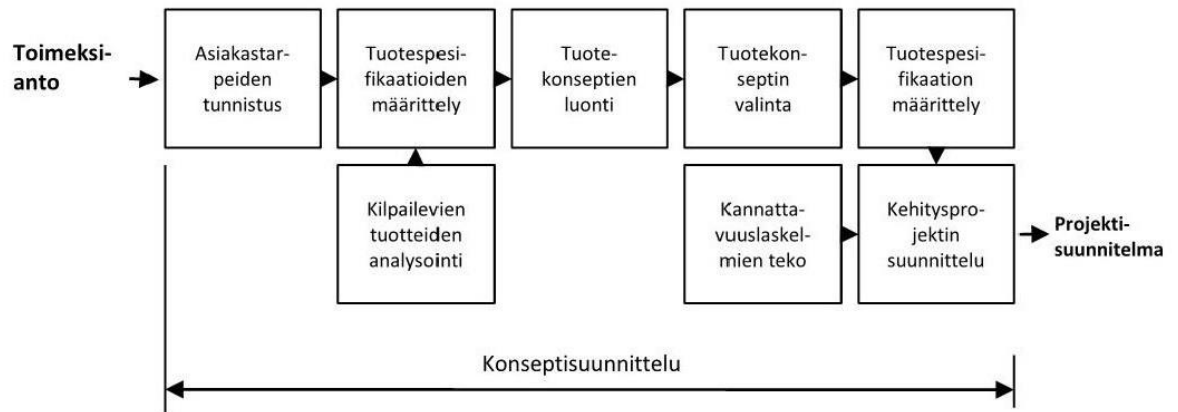
Tuotekehitysprosessi on jaettavissa viiteen päävaiheeseen (kuvio 17). Tuotteen kehittämisprosessi pitää sisällään monia eri vaiheita, näiden vaiheiden aikana projektissa mukana olevien henkilöiden täytyy tehdä kyseiseen vaiheeseen kuuluvia asioita. Ensimmäistä vaihetta kutsutaan konseptisuunnitteluksi, tähän vaiheeseen sisältyy myös yksi tuotekehitysprosessin tärkeimmistä asioista, eli asiakastarpeiden tunnistaminen. Toinen tärkeä konseptisuunnitteluun sisältyvä vaihe on spesifikaatioiden määrittely. Kumpikin edellä mainittu vaihe tuottaa kehitysprojektille tietynlaisen välituloksen, välitulosten perusteella yrityksen johto päättää mitä projektille tapahtuu, jatkuuko se suunnitellusti vai lopetetaanko projekti siihen. Konseptisuunnittelu on siis yksi tärkeimmistä uuden tuotteen suunnittelun vaiheista. (Hietikko 2008, 42–43; Nevaranta 2008; Ulrich & Eppinger 2008, 9.)



Kuvio 17 Tuotekehityksen vaiheet. (Nevaranta 2008.)

5.4.1 Asiakastarpeiden määrittely

Asiakastarpeiden määrittely on tuotteen kehittämiseksi tulleen toimeksiannon jälkeen ensimmäinen todellinen ja erittäin tärkeä tehtävä projektissa. (kuvio 18) Asiakastarpeiden tunnistamisen tavoitteita on varmistaa, että tuote ja määritellyt asiakastarpeet kohtaavat hyvin toisensa. Näkyvien asiakastarpeiden lisäksi täytyy osata selvittää myös piilossa olevat tarpeet, joita asiakkaat eivät välttämättä osaa itse kertoa. Tuotespesifikaatioiden laatiminen vaatii oikeanlaisen faktapohjan hankkimisen. Asiakastarpeiden tärkeyslista kannattaa laatia helpottamaan tuotekehitysohjelmia, tässä yhteydessä on vielä hyvä tarkastaa, että kaikki asiakastarpeet on varmasti huomioitu. Asiakastarpeiden täytyy olla koko kehitysryhmälle ymmärrettävässä muodossa. (Hietikko 2008, 55–57; Ulrich & Eppinger 2008, 54–55.)



Kuvio 18 Muiden konseptin toimintojen sitoutuminen asiakastarpeisiin. (Nevaranta 2008).

5.4.2 Asiakastarpeiden tunnistamisen systematiikka

Tunnistettavien asiakastarpeiden määrittely kannattaa tehdä jonkinlaista systematiikkaa noudattaen, ohessa on lueteltu muutamia työhön sisällytettäviä seikkoja. Selvitetään, mikä on tunnistamistyön kohde, sekä kerätään riittävästi raakatietoa asiakkailta. Seuraavaksi asiakkailta kerätystä raakatiedosta täytyy löytää ja seuloa todelliset asiakastarpeet, selvitetty tarpeet kannattaa lajitella primäärisiksi ja sekundäärisiksi. Asiakastarpeille kannattaa määrittellä tai arvioida kullekin oma painoarvonsa, että tiedetään kuinka paljon mitäkin tarvetta painotetaan kehitettävässä tuotteessa. Lopuksi kannattaa pohtia saatuja tuloksia, priorisoinnin ja dokumentoinnin jälkeen tulokset ovat käyttökelpoisia. (Hietikko 2008, 57; Ulrich & Eppinger 2008, 54–55.)

5.4.3 Tuotespesifikaatio

Seuraavaksi määritellään tuotespesifikaatiot. Asiakas kertoo nykyisen tuotteen vioista, puutteista ja myös siitä, mikä tuotteessa on hyvää omasta eli yleensä käyttäjän näkökulmasta. Niinpä tuotekehitystiimin täytyy julkaista sarja spesifikaatioita, joista tiimi saa opastusta tuotteen suunnitteluun. Spesifikaatioista tiimille selviävät mitattavissa olevat yksityiskohdat, jotka valmiin tuotteen täytyy täyttää kaupallista

menestystä saavuttaakseen. Spesifikaatioiden tulee siis erottaa kehitettävä tuote vastaavista kilpailijoiden tuotteista, kertoa tuotteen tehtävä, olla toteutettavissa teknisesti ja taloudellisesti ja olla asiakastarpeiden mukaisia. Tuotekehitystiimi siis muuntaa asiakastarpeet lopulliseksi tuotespesifikaatioksi. (Hietikko 2008, 65; Ulrich & Eppinger 2008, 72–73.)

5.5 Tuotekonsepti

Tuotekonseptilla kuvaillaan kehitettävän tuotteen ulkoasua, toimintaperiaatetta tai periaatteita sekä teknologiaa, tuotekonsepti kuvailee myös miten hyvin tuote onnistuu tyydyttämään sille määritetyt asiakastarpeet sekä spesifikaatiot. Lopputuloksena on muutamia tuotekonsepteja, joista valitaan lopullinen konsepti tuotteelle. Konseptit ovat yleensä piirustuskuvia tai malleja. Konseptisuunnitteluvaihe vie hyötyynsä nähden melko vähän aikaa ja kustannuksia projektilta, ajankäyttö on noin kuudesosa koko projektin ajasta. Budjetista konseptisuunnitteluvaihe vie yleensä vain 5 prosenttia tai alle. Tälle tuotekehityksen vaiheelle on olennaista luoda riittävä määrä tuotekonsepteja, ja valita niistä sopiva määrä konsepteja lopullista harkintaa varten. Konsepteja saattaa tapauksesta riippuen olla jopa satoja, joista loppumietintään valitaan muutama kymmenen parasta konseptia. Konseptin valinnassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi eri konseptivaihtoehtojen pisteytystä. prototyypin tekeminen ja testaus on myös hyvä vaihtoehto, mutta vähänkin monimutkaisempien konseptien kohdalla tämä on liian hidasta ja kallista. (Hietikko 2008, 55; Koneviesti 2015, 38; Ulrich & Eppinger 2008, 98.)

5.6 Layout-suunnittelu

Suunniteltavan tuotteen layoutilla tai arkkitehtuurilla tarkoitetaan tuotteen toiminnallisten osakokonaisuuksien jakamista erillisiin fyysisiin moduuleihin, eli eräänlaista kokoonpanokuvaa suunniteltavan tuotteen eri moduuleja sisältävästä rakenteesta. Layout-suunnittelussa tuote voidaan jakaa niin kutsuttuihin fyysisiin ja toiminnallisiin termeihin. Osat, komponentit ja osakokoonpanot ovat fyysisiä elementtejä. Näistä elementeistä muodostetaan suurempia kokoonpanoja eli moduuleita.

Aluksi toiminnallisia elementtejä kuvataan kaavoilla, projektin edetessä niistä tulee tietynlaisia teknologioita, fyysisiä toimintaperiaatteita tai komponentteja. Kaikki moduulit rakentuvat komponenttikokoelmista. Tuotteen modulaarisuuden hyvä puoli on, että yksittäisiä moduuleja voidaan vaihtaa uusiin ilman että tarvitaan suurta määrää uusia komponentteja. Modulaarisuus vaikuttaa tuotteen elinkaaren aikana tuotteeseen tehtävien muutosten ja päivitysten helppouteen. (Hietikko 2008, 111–113; Ulrich & Eppinger 2008, 166–167.)

5.7 Teollinen muotoilu

Teollinen muotoilu on nykyään erittäin tärkeä osa uuden tuotteen kehitysprojektia ja tuotteen muotoilu vaikuttaa ainakin tuotteen käytettävyyteen ja käyttöliittymään, ulkonäköön, markkinoitavuuteen luomalla tuotteesta miellyttävän kokonaisuuden, huollettavuuteen ja huollon helppouteen. Tuotteen muodot vaikuttavat tuotteen valmistamisen työkalu- ja tuotantokustannuksiin ja tuote myös kommunikoi muotoilunsa kautta yrityksen arvoja ja visioita. (Jokinen 2001, 125.)

6 SUUNNITTELU

6.1 Asiakastarpeiden ja spesifikaatioiden määrittely

Tässä projektissa asiakkaana toimi Koneurakointi Kreko Oy. Yrityksen päätoimialana on maatalouskoneurakointi ja yksi päätyösuorite on lietelannan levittäminen multaimella varustetulla lietevaunulla. Yrityksellä on käytössä Joskinin valmistama laahavannasmultain, jossa on lisäksi leikkurikiekot. Tämä multain toimii parhaiten nurmievityksessä. Koneurakointi Kreko Oy:n vuotuisesta lietteenlevitysalasta kuitenkin noin puolet tapahtuu kynökselle tai äestetylle maalle, joten edellä mainitusta syystä yritys tilasi suunnitelman ja piirustukset yrityksen itse valmistettavaksi aiotulle lietteen S-piikkimultaimelle. Uuden multaimen olisi siis toimitettava kynnetyllä, äestetyllä ja kevytmuokatulla maalla sekä viljan sängellä.

Sian ja naudan lietelanta sijoitetaan erilaisilla multaimilla pääasiassa 0–5 cm syvyyteen. Kovimmilla nurmipeitteisillä pelloilla liete jää käytännössä maan pintaan, kun taas muokatuilla pehmeillä turvepelloilla liete saadaan sijoitettua ongelmitta yli 5 cm:n syvyyteen.

Nykyisen laahavannasmultaimen suurimpana ongelmana on tukkeutuminen pehmeillä multaimilla sekä pelloilla, joilla on runsaasti kasvijätettä. Multaimessa olevien leikkurikiekkojen laakerointi on myös melko huonosti suojattu, joten muokatulle maalle levitettäessä laakereihin pääsee multaa. Näin ollen kiekkojen rasvaustarve ja rasvaustiheys on suuri. Rasvauksesta huolimatta leikkurikiekkoihin joutuu vaihtamaan laakereita melko usein. Jokaisen kiekon navassa olevat rasvanipat ovat myös melko herkkiä lähtemään irti kiveen tai kantoon osuessaan.

Tässä uuden multaimen asiakastarpeita:

- tukkeutumaton rakenne kynnetyllä, äestetyllä, kevytmuokatulla ja sänkipellolla
- pieni vetotehontarve
- paino noin 1300–1600 kg

- vannaspaino yli 30 kg
- työsyvyyden säätö kumipyörillä
- riittävän kestävä rakenne
- 8 metrin työleveys
- jälkihara
- yhteensopiva myös muunmerkkisten lietevaunujen perään
- mahdollisimman huoltovapaa ja yksinkertainen rakenne
- halpa valmistaa
- edustava ulkonäkö

6.2 Tuotekonsepti

Multaimen rungon rakenne hahmottui kirjoittajalle jo melko varhaisessa vaiheessa. Rungon rakenteeksi oli oikeastaan kolme päävaihtoehtoa, joita mietittiin asiakas-tarpeita kartoittaessa. Ensimmäinen vaihtoehto olisi ollut kanttikoneella teräslevys-tä valmistettu riittävän järeä suorakaiteen muotoinen runkopalkki, joka olisi laitettu kyljelleen multaimen rungoksi. Tähän palkkiin olisi rakennettu RHS-putkesta S-piikeille yhtenäinen kehikko.

Toisessa vaihtoehdossa olisi käytetty yhtä riittävän järeää RHS-palkkia koneen runkopalkkina ja tähän palkkiin olisi tehty jokaiselle S-piikille oma telineensä pie-nemmästä RHS-putkesta.

Kolmas vaihtoehto oli tehdä pienemmästä RHS-putkesta tikapuutyypinen runko-kehikko, jossa on kaksi vähän pienemmästä putkesta tehtyä runkopalkkia S-piikkikehikon päällä. Kolmas vaihtoehto valikoitui rakenteeksi kevyen, avaran ja ”ilmavan” rakenteensa vuoksi. Myös sivulohkojen saranoinnista saatiin tukeva melko leveään saranavälin ansiosta. S-piikit kiinnitetään 60 x 60 x 5 milliseen

RHS–putkeen melko järeiden äkeiden tapaan. Myös kaksi muutakin vaihtoehtoa olisivat olleet toteuttamiskelpoisia.

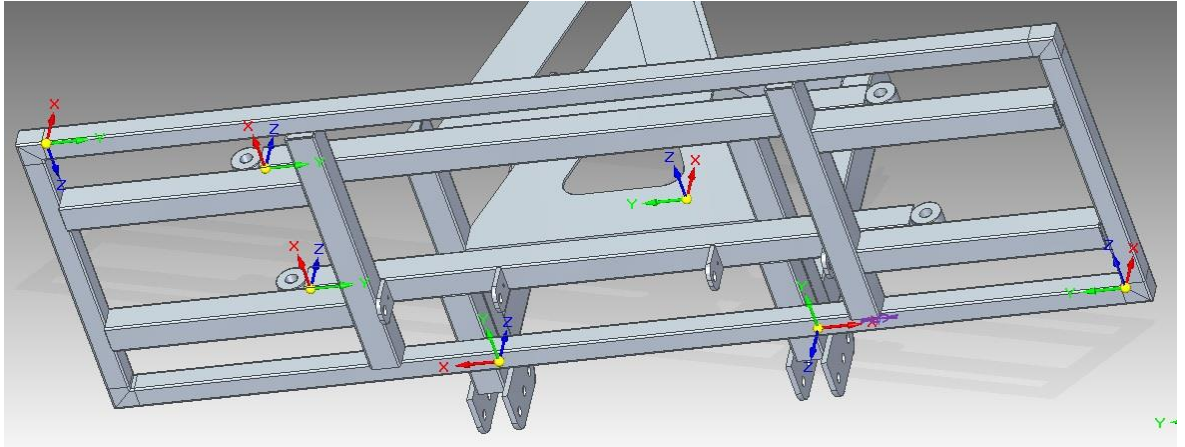
6.3 Suunnittelu

Multaimen rungon suunnitteluun käytettiin Solid Edge ST6– ohjelmaa. Osien piirtäminen lähti liikkeelle kappaleen muodon, eli sketsin piirtämisestä minkä jälkeen osaa pursotetaan haluttuihin suuntiin. Pursottamisen jälkeen osasta saadaan kolmiulotteinen kappale ja lopuksi mallinnetuista 3D–osista muodostetaan valmis kokoonpano. Kaikista tarvittavista multaimen osista piirrettiin valmistuskuvat ja kokoonpanoista kokoonpanokuvat. Piirtäminen Solid edgellä oli melko työlästä yleisimpiin ohjelmiin nähden, kyseisen ohjelma kuitenkin valittiin suunnitteluohjelmaksi koska opinnäytetyön kirjoittaja on koulussa opetellut vanhemman Solid edge–version käyttöä.

6.4 Keskilohko

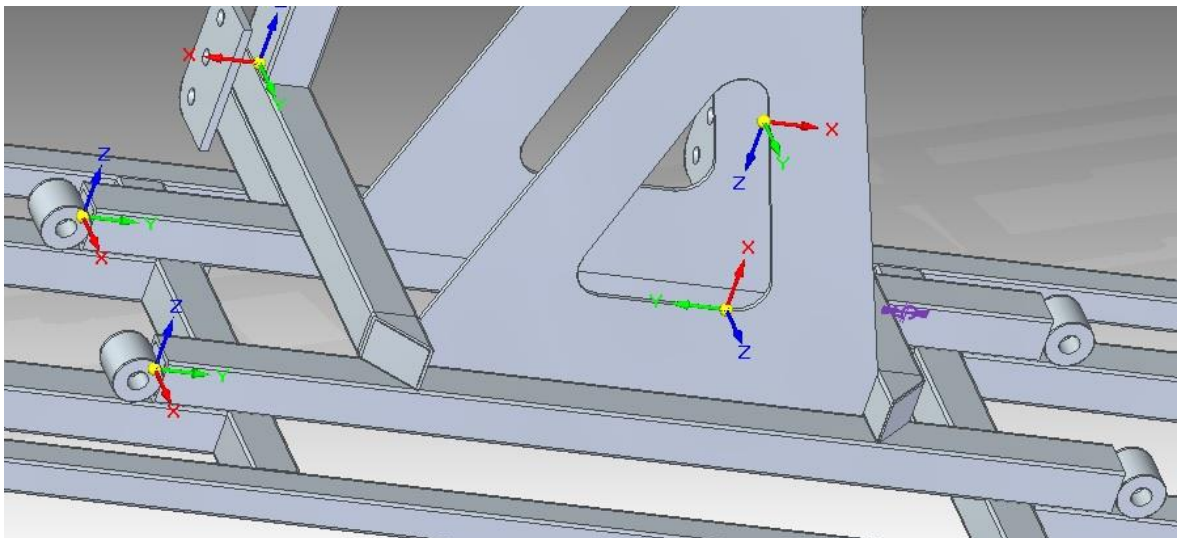
Multaimen rungon täytyy olla riittävän kestävä, mahdollisimman edullinen ja helppo valmistaa. Rakenteen täytyy olla riittävän avara, että S–piikit saadaan kiinnitettyä sopivalle etäisyydelle toisistaan sekä leveys- että pituussuunnassa. Markkinoilla on useita eri valmistajien lietteen S–piikkimultaimia, näin ollen runkorakenteita-kin on toteutettu monilla eri tavoilla.

Tässä tapauksessa valittiin neliöputkipalkista valmistettu tikapuutyypinen runkorakenne. Multaimen keskilohkon rungon perustana on 60 x 60 x 5 mm:n RHS–putkesta valmistettu suorakaiteen muotoinen kehikko. Kehikon sisällä olevat kaksi poikkiputkea sekä neljä pitkittäissuuntaista putkea ovat 80 x 80 x 8 mm:n RHS–putkea (Kuvio 19).



Kuvio 19 Runkokehikko.

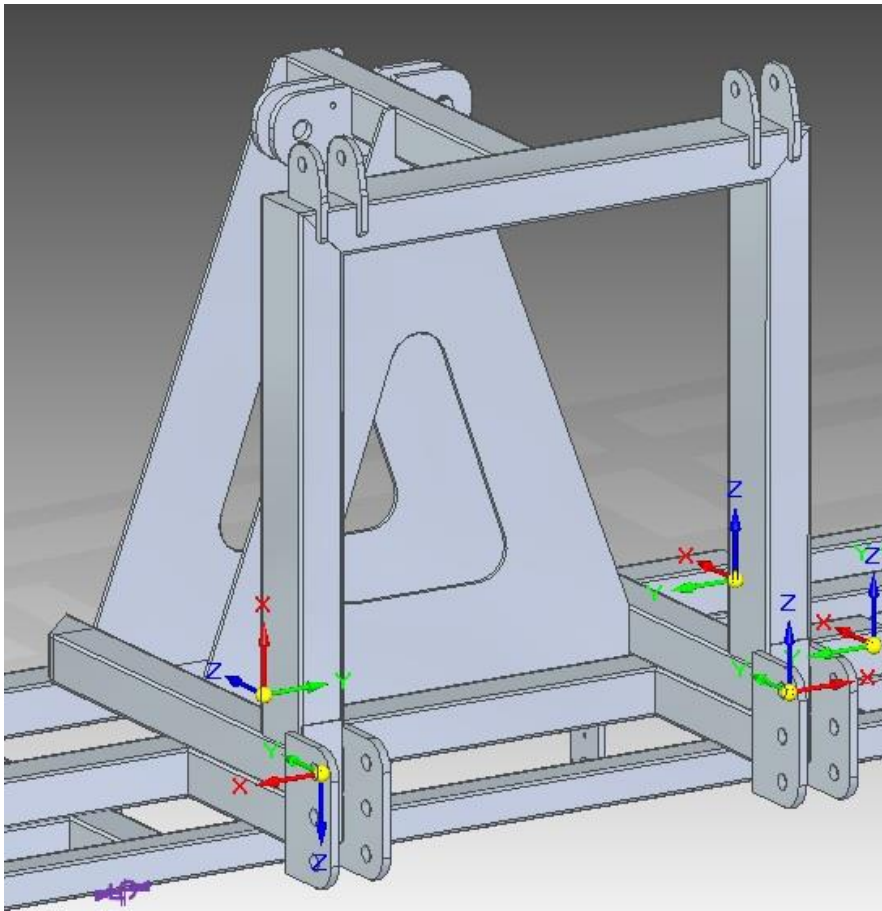
Alakehikon päällä on kaksi 80 x 80 x 8 mm:n RHS–putkesta valmistettua saranapalkkia, joihin sivulohkot saranoidaan kiinni. Saranapalkkien päihin on hitsattu laakeriholkit, joihin sivulohkot kiinnitetään 35 mm:n tapeilla. Holkit on tehty kuvasta poiketen neliötangosta paremman paikalleen sopivuutensa ansiosta. (Kuvio 20).



Kuvio 20 Saranapalkit.

Pystyrunko muodostuu kolmesta kehioksi hitsatusta 120 x 80 x 10 mm:n suora-kaideputkipalkista, jotka lähtevät heti nostolaitteen korvakkeiden takaa pystyyn. tähän kehiin hitsattuihin korvakkeisiin kiinnitetään lietevaunun nelipistenostolaitteen työntövarret. Kehikon yläputkesta lähtee taaksepäin 80 x 80 x 8 mm:n RHS–putki, tähän neliöputkeen kiinnitetään hitsaamalla kaksi teräslevystä polttoleikkaamalla valmistettua kolmion muotoista levyä. Levyt kiinnittyvät alapäästään

sivulohkojen saranointiin tarkoitettuihin saranapalkkeihin, ja sitä kautta varsinaiseen runkokehikkoon (Kuvio 21).



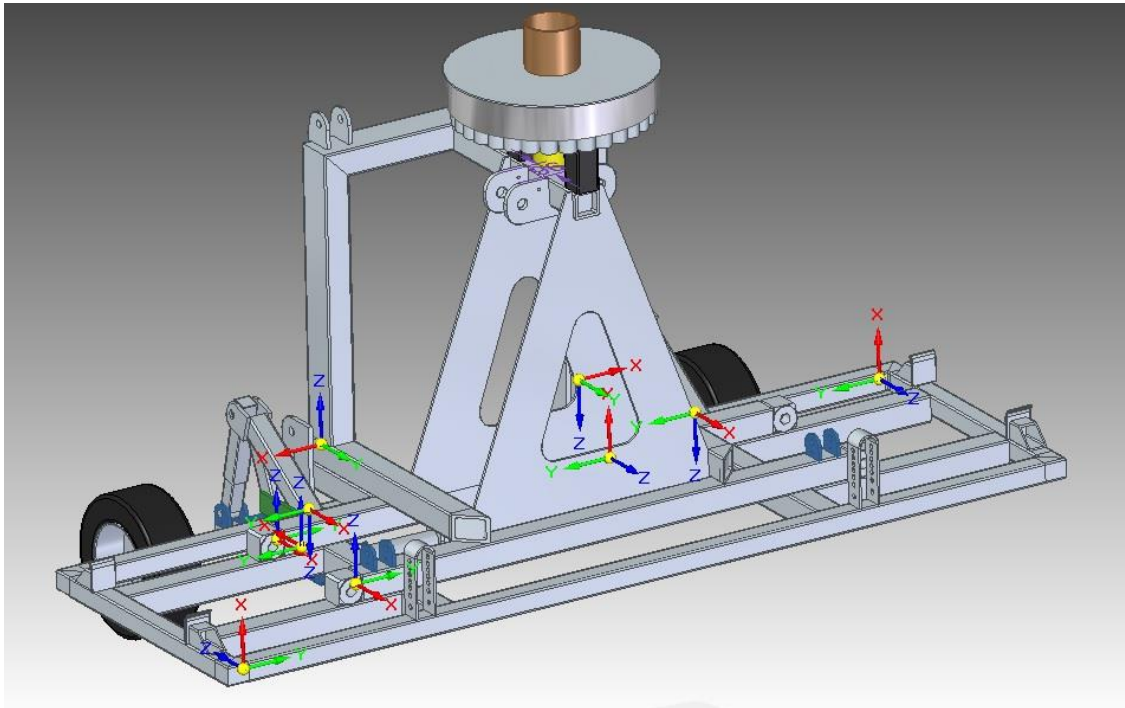
Kuvio 21 Pystyrunko.

Pystyrungon yläosassa olevaan pituussuuntaisen putkipalkin kylkiin, kolmiolevyjen väliin kiinnitetään hitsaamalla 15 mm levyistä polttoleikkaamalla valmistetut korvakkeet. Korvakkeisiin kiinnitetään sivulohkojen hydraulisylinterit 35 mm tapeilla.

Osto-osana hankittava lietteen jakolaite, (kuvio 22) kiinnitetään keskilohkon pystyrungon päälle pulteilla tai hitsattavalla kiinnikkeellä.

Multaimen vantina toimivat S-piikit kiinnitetään siihen tarkoitetuilla pantakiinnikkeillä suoraan 60 x 60 x 5 mm:n RHS-putkesta valmistettuun uloimpaan runkokehikkoon.

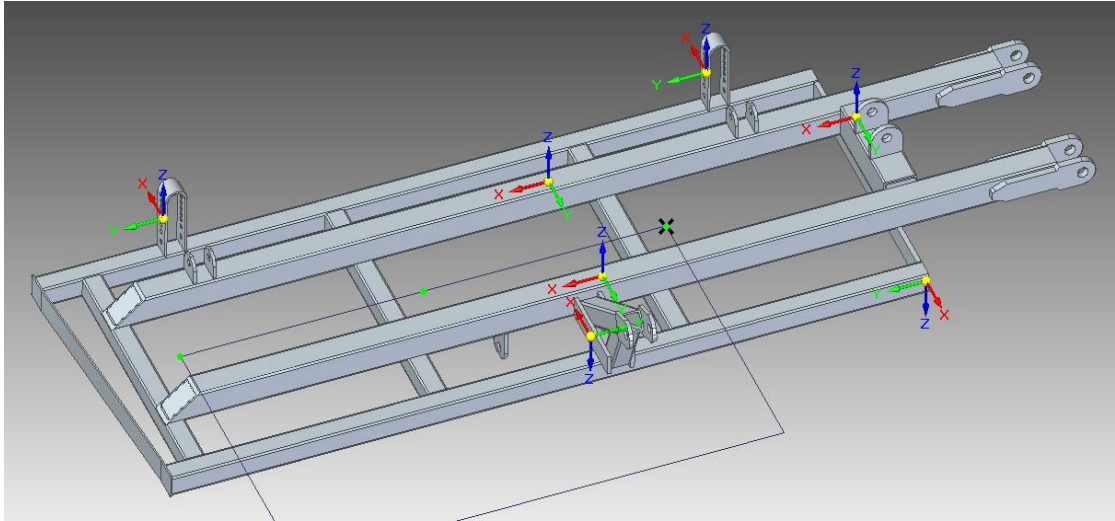
Kuviossa 22 näkyvät myös työasennossa olevia sivulohkoja varten laitettuja RHS-putkesta ja lattaraudasta valmistettuja tuet, joihin sivulohkot tukeutuvat liettä multatessa.



Kuvio 22 Jakolaite kiinnitettynä runkoon.

6.5 Sivulohkot

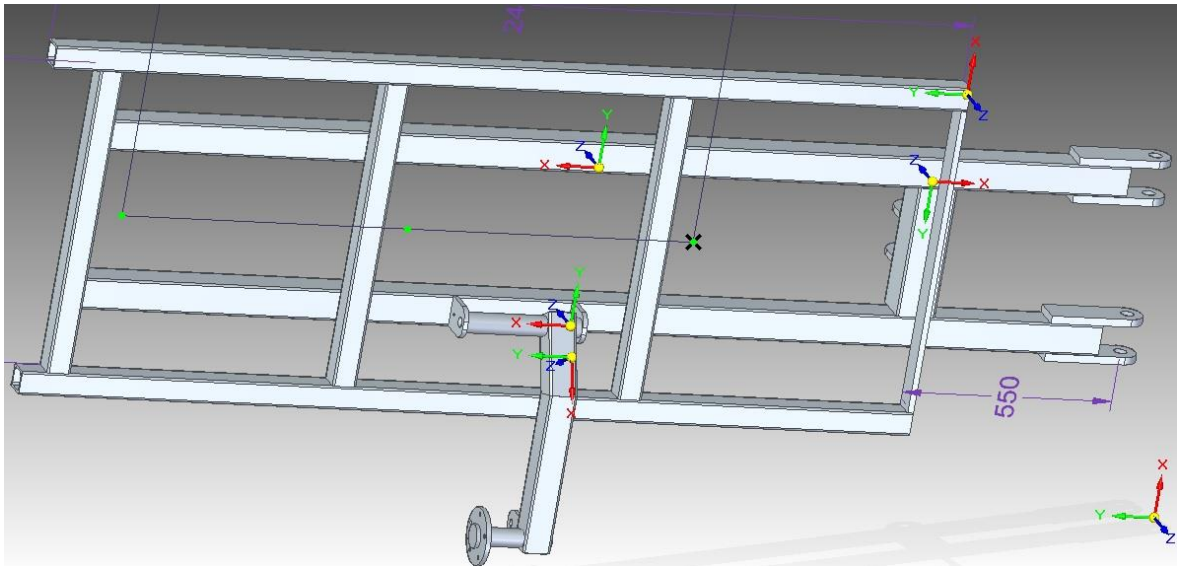
Multaimen keskilohkon kummallekin puolelle tulevat sivulohkot noudattavat runko-rakenteeltaan samaa linjaa kuin keskilohkokin. Sivulohkon runko muodostuu pääasiassa 60 x 60 x 5 mm:n RHS-putkipalkista, sekä 80 x 80 x 8 mm:n RHS-putkipalkista. (Kuvio 23)



Kuvio 23 Multaimen sivulohkon runko.

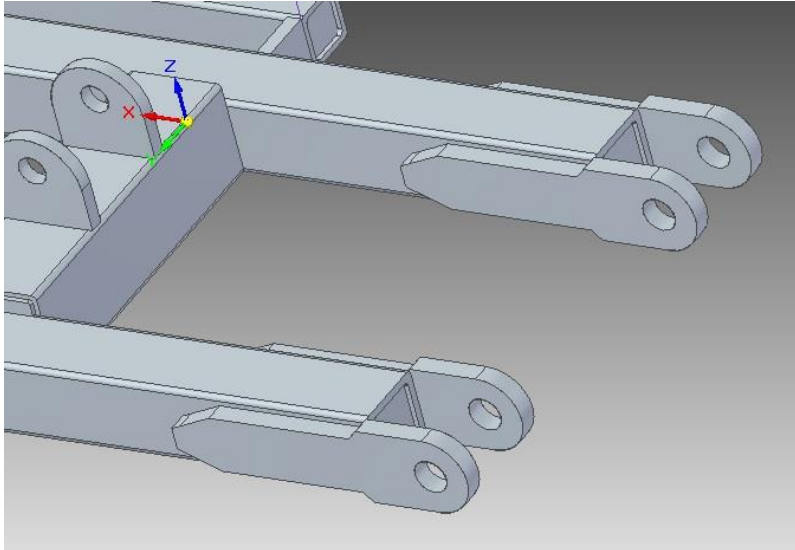
Sivulohkon runko rakentuu kahdesta pidemmästä 60 mm:n RHS-putkesta, joista toinen on 160 mm pidempi kuin toinen. Pituusero johtuu siitä että multaimen taikimmaiselle piikkiakselille tulee yksi S-piikki enemmän, kuin etummaiselle piikkiakselille, eli kummankin sivulohkon ulomman takakulman pidempään palkin pätkään tulee S-piikki. Sivulohkojen ulkoreunat ovat näin ollen hiukan viistot (Kuvio 23).

Poikittaispalkkien väliin tulee 4 kpl pitkittäispalkkeja, joista 3 kpl on 60 mm:n RHS-putkesta ja sivulohkon sisäreunaan 1 kpl 60 x 15 mm:n lattarauta. Edellä mainitun kehon päälle tulee kaksi 80 x 80 x 8 mm:n RHS-putkipalkkia. Näiden palkkien tehtävänä on toimia saranapalkkeina sivulohkelle, sekä vahvistaa sivulohkon runkoa. Muutenkin multaimen rungossa on tavallaan kaksi päällekkäistä runkokehikkoa, ratkaisu jäykistää runkoa entisestään. (Kuvio 24)

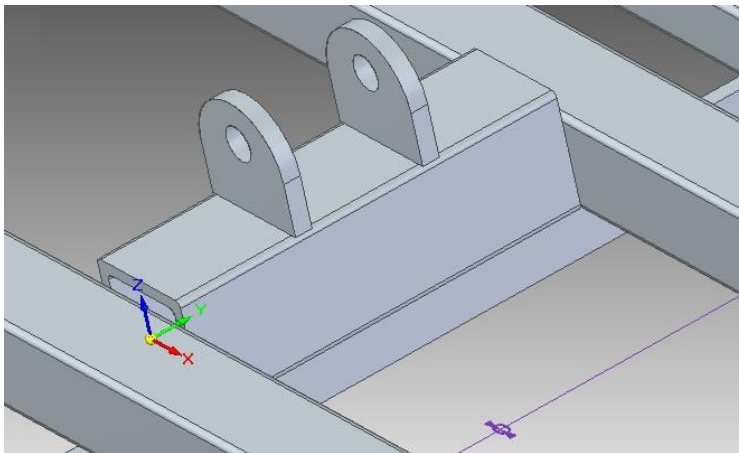


Kuvio 24 Sivulohkon pitkittäispalkit.

Saranapalkkien toiseen päähän hitsataan kaksi 250 x 80 x 20 mm:n korvaketta kummankin palkin kylkeen, joissa on 35 mm:n reikä saranatappia varten (Kuvio 25). Saranapalkkien väliin 565 mm:n etäisyydelle saranatappista hitsataan 100 x 100 x 10 mm:n RHS-palkki, johon on hitsattu korvakkeet hydraulisynterille (Kuvio 26). Korvakkeet lovetaan 45° kulmaan ja hitsataan kuviosta 26 poiketen 100 x 100 x 10 RHS-palkin kulmaan. Edellä mainittu sylinteri kääntää sivulohkon alas työasentoon ja ylös kuljetusasentoon.



Kuvio 25 Sivulohkon saranalaipat.



Kuvio 26 Hydraulisylinlerin korvakkeet.

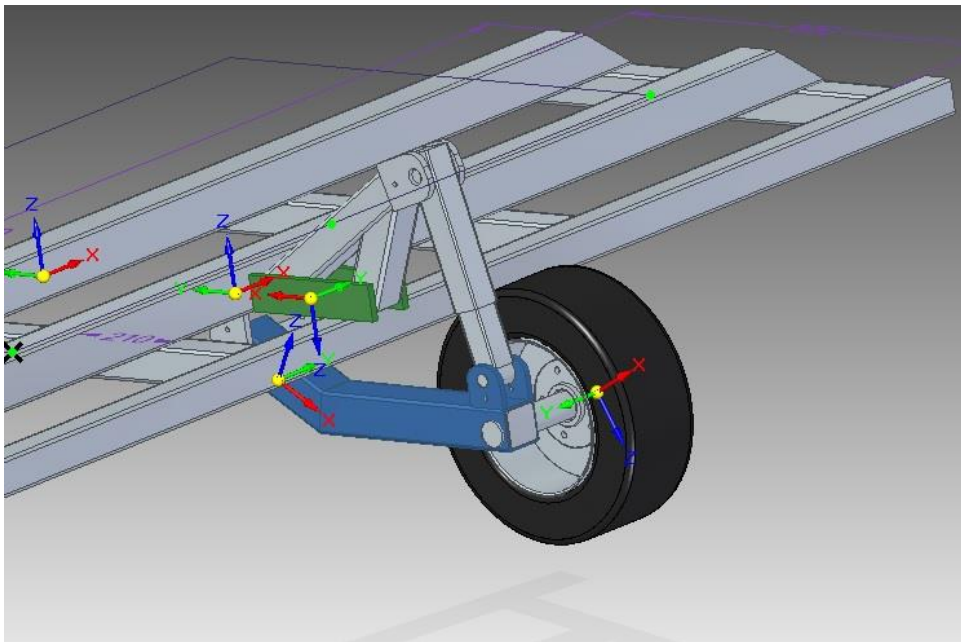
Saranapalkit jatkuvat 590 mm varsinaisen rungon yli (kuvio 25), siksi että kuljetus-
 asentoon käännetyn multaimen kuljetusleveys ei kasvaisi liian leveäksi. Edellä
 mainittu ratkaisu mahdollistaa sen, että runkoon kiinnitettyjen S-piikkien kärjet
 jäävät lähes kokonaan multaimen rungon sisään.

6.6 Kannatinpyörät

Multaimen työsyvyyden säätö toteutetaan neljällä kannatinpyörällä. Pyöriä on kes-
 kilohkossa kaksi kappaletta, ja sivulohkoissa yks kummassakin. Pyörien varret
 valmistetaan 70 x 70 x 5 mm:n RHS-putkesta, varret kiinnitetään multaimen run-
 koon hitsattuihin ja lattaraudasta valmistettuihin korvakkeisiin 28 mm:n tapilla.
 Korvakkeet hitsataan rungossa oleviin etummaisiiin saranapalkkeihin. (Kuvio 27).

Kannatinpyörien korkeudensäätö, eli multaimen työsyvyyden säätö tapahtuu mekaanisilla ja käsikäyttöisillä korkeudensäätöveiveillä. Nämä veivit kiinnittyvät alapäästään kannatinpyörän varren korvakkeisiin ja yläpäästään multaimen runkoon hitsattuihin kiinnikkeisiin.

Kannatinpyörien rengaskoko joudutaan pitämään maltillisena, koska keskilohkon pyörien on mahdollista multaimen ja lietevaunun väliin. Tukipyörille saatiin riittävä työsyvyyden säätelyväli, joka on 0–15 cm.

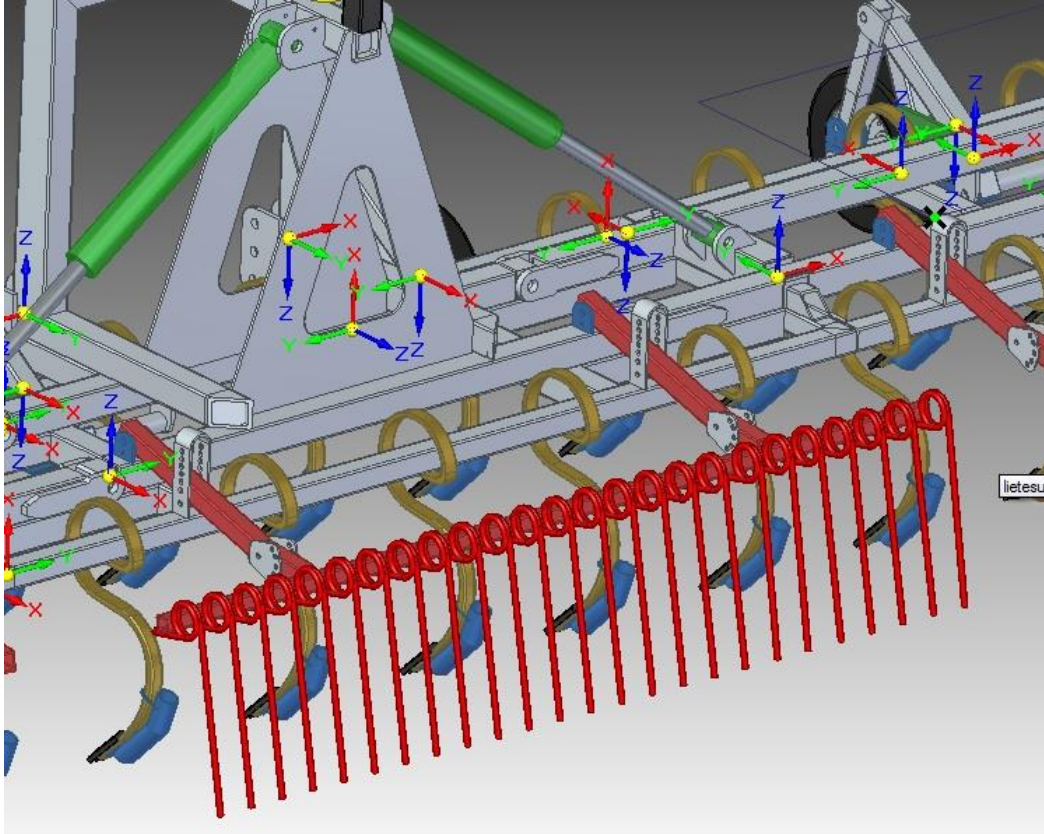


Kuvio 27 Sivulohkon tukipyörä varsineen.

6.7 Jälkihara

Multaimen taakse tulee S-piikkiäkeistä tuttu jälkihara, jonka tehtävänä on tasoittaa S-piikkien jättämät harjanteet, tässä tapauksessa jälkihara myös tehostaa liete-lannan multautumista. Jälkiharoihin on saatavissa erilaisia piikkimalleja, sekä korkeuden säätövaihtoehtoja. Tässä päädyttiin kuitenkin suoraan piikkimalliin 10 cm:n piikkijaolla. Korkeudensäätö tapahtuu kahden tapin avulla, joista toisella rajoitetaan maksimikorkeus johon hara pääsee nousemaan ajettaessa. Toinen tappi rajoittaa ala-asennon multain ylhäällä. Jälkiharän piikkien täytyy olla riittävän luovuttavassa kulmassa ajosuuntaan nähden, etteivät piikit rupea keräämään kasvijätettä edellään. Tästä johtuen jälkiharän varsissa on haran kaltevuussäätö eli otta-

vuussäätö. Säätö on toteutettu kahdella varren päähän hitsatulla 5 mm:n teräslevystä leikatulla kappaleella, jossa on 6 kpl reikiä. Säätö tapahtuu siirtämällä tappi eri reikään. (Kuvio 28).



Kuvio 28 Jälkihara.

6.8 Laskelmat

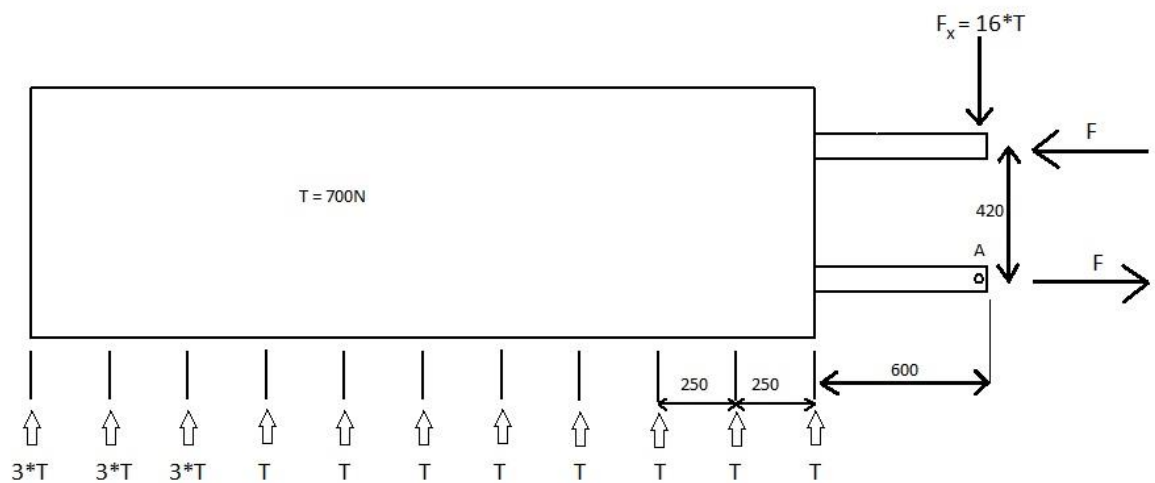
Laskentaesimerkiksi otettiin multaimen keskilohkon ja sivulohkon saranointi. Tässä tapauksessa laskettiin sivulohkon saranapalkkien, saranapalkin korvakkeiden ja saranatappien normaalijännityksiä ja leikkausjännityksiä. Kuviossa 29 on kuvattu multaimen sivulohkoon vaikuttavia voimia. Kaikkien laskennassa käytettyjen osien materiaalina on sama S355J2H -teräslaatu. Kuvan kuormitustapauksessa on oletettu että sivulohkojen yhteensä kymmenestä S-piikistä seitsemään vaikuttaa 700 N:n voima, kun taas kolmeen ulommaiseen piikkiin vaikuttaa kolminkertainen voima kuin edellisiin, eli 2100 N. Kyseiset voimat simuloivat tapausta, jossa työsyvyys on 10 cm ja maalajina on erittäin kova savi, lisäksi kolme ulointa piikkiä osuu samanaikaisesti johonkin kiinteään esteeseen esimerkiksi kiveen.

Teräslaatu: S355J2H

Myötölujuus: $R_{eH} = 355 \text{ N/mm}^2$

Murtolujuus: $R_m = 510 \text{ N/mm}^2$

Laskennassa on käytetty varmuuslukua: $n = 2$



Kuvio 29 Sivulohkon voimien kaaviokuva.

Ohessa on laskennassa tarkasteltujen osien poikkileikkauksien pinta-aloja:

Sivulohkon saranatappi, $A = 962,11 \text{ mm}^2$

Saranapalkin korvake, $A = 900 \text{ mm}^2$

Saranapalkki RHS 80 x 80 x 6,3. $A = 1721 \text{ mm}^2$

Saranapalkin ja saranapalkin korvakkeen pienahitsien ($a = 5 \text{ mm}$), $A = 2000 \text{ mm}^2$

Alla on tasapainoyhtälö jolla selvitetiin kuviossa 18 esiintyvä voima: F

Momenttitasapainoyhtälö (kaava 1):

$$1. \quad \Sigma \mu_A = 0 \rightarrow -T * 600 \text{ mm} - T * 850 \text{ mm} - T * 1100 \text{ mm} - T * 1350 \text{ mm} - T * 1600 \text{ mm} - T * 1850 \text{ mm} - T * 2100 \text{ mm} - 3T * 2350 \text{ mm} - 3T * 2600 \text{ mm} - 3T * 2850 \text{ mm} + F * 420 \text{ mm} = 0$$

Josta saadaan (kaava 2): F ->

$$2. \quad = \frac{T * (600 \text{ mm} + 850 \text{ mm} + 1100 \text{ mm} + 1350 \text{ mm} + 1600 \text{ mm} + 1850 \text{ mm} + 2100 \text{ mm} + 3 * 2350 \text{ mm} + 3 * 2600 \text{ mm} + 3 * 2850 \text{ mm})}{420 \text{ Nm}}$$

Ja edelleen (kaava 3):

$$3. \quad \rightarrow = \frac{700 \text{ N} * 32850 \text{ Nm}}{420 \text{ Nm}} = 54750 \text{ N}$$

Koska saranapalkeissa on kaksi korvaketta, joihin voima F vaikuttaa, niin $F/2 = 27,4 \text{ kN}$

Seuraavaksi lasketaan saranapalkin hitsisauman, sekä saranatappin keskimääräiset leikkausjännitykset (kaavat 4 ja 5): τ .

$$4. \quad \tau, \text{ Hitsisauma} = \frac{Q}{A} = \frac{27400 \text{ N}}{2000 \text{ mm}^2} = 13,7 \text{ MPa}$$

$$5. \quad \tau, \text{ Saranatappi} = \frac{Q}{A} \rightarrow \frac{F}{A_T} = \frac{27400 \text{ N}}{\pi * 0,17^2 \text{ mm}^2} = 28,5 \text{ MPa}$$

Sallitun leikkausjännityksen laskeminen: τ_{sall} .

Ensin lasketaan leikkausmyötölujuus (kaava 6): τ_m

$$6. \quad \Rightarrow 0,6 * R_e = 0,6 * 355 \text{ N/mm}^2 = 213 \text{ N/mm}^2$$

Josta saadaan $\rightarrow \tau_{sall} \rightarrow \frac{\tau_m}{n} = 106,5 \text{ MPa}$

Normaalijännitykset (kaavat 7 ja 8): σ

$$7. \quad \sigma, \text{ RHS } 80 \times 80 \times 6,3 = \frac{F}{A} = \frac{54800 \text{ N}}{1721 \text{ mm}^2} = 31,8 \text{ MPa}$$

$$8. \sigma, \text{Saranapalkin korvake} = \frac{F}{A} = \frac{27400N}{900mm^2} = 30,4 \text{ MPa}$$

Sallitun normaalijännityksen laskeminen (kaava 9):

$$9. \sigma_{Sall} = \frac{ReH}{n} = \frac{355N/mm^2}{2} = 178 \text{ MPa}$$

Kaikki lasketut leikkaus- ja normaalijännitykset jäävät yli kolminkertaisesti alle sallittujen jännitysten. Tämän perusteella voidaan todeta kyseinen rakenne riittävän jääreäksi.

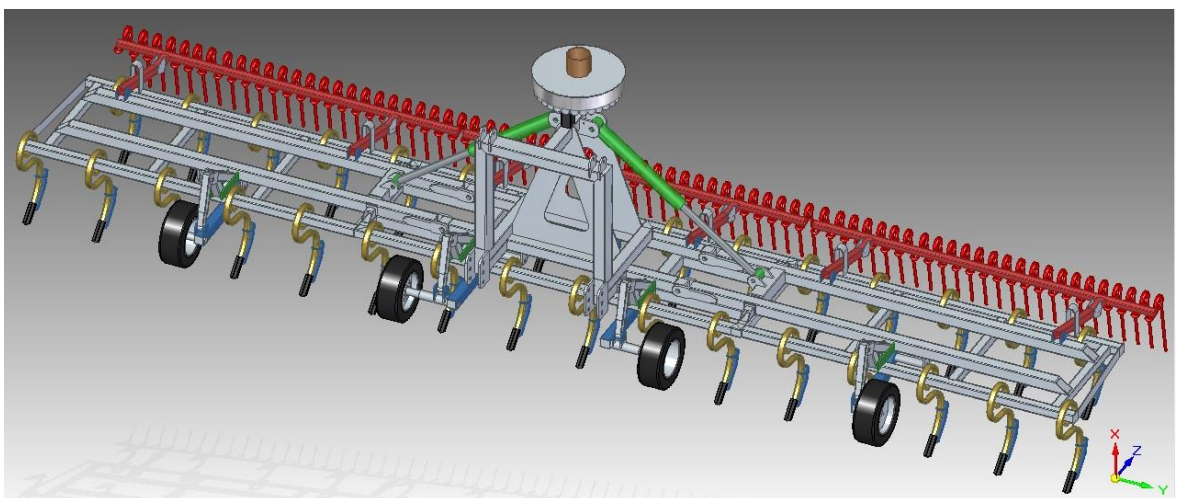
6.9 Multaimen paino

Keskilohkosta, ja kahdesta sivulohkosta koostuvan rungon teräsosien yhteispainoksi tuli 818 kg, josta keskilohkon osuus on 406 kg ja sivulohkon osuus 206 kg x 2. Kun multaimen lisätään kaikki tarvittavat osto-osat, muodostuu kokonaispainoksi 1380 kg. Näin ollen uusi multain on 200 kg kevyempi kuin yrityksen nykyinen multain (paino 1580 kg). Uuden multaimen vannaspainoksi saadaan varsin riittävä 44,5 kg, joka pitää olla edellä mainitun S-piikin teoriaosuuden mukaan kovalla savimaalla vähintään yli 30 kg. Vannaspainotarpeen rajoissa multaimen voisi siis vielä lisätä ainakin kymmenen piikkiä, jolloin vannaspainoksi tulisi 33,6 kg. Painon perusteella multaimen maahan tunkeutuminen on varmaa kovimmillakin maalajeilla.

7 KOKONAISUUS

7.1 Rungon lopullinen kokoonpano

Valmis multain (kuvio 30) sisältää useita pienempiä kokoonpanoja, jotka tuotiin lopuksi loppukokoonpanoon. Loppukokoonpano muodostuu kolmesta pääkokoonpanosta, jotka ovat multaimen keskilohko sekä molemmat sivulohkot. Näihin kokoonpanoihin on tuotu useita pienempiä kokoonpanoja sekä valmiina ostettavia standardiosia. Multaimessa käytettyjä standardiosia ovat muun muassa: S-piikit kärkineen ja kiinnikkeineen, lietteen multaussuulakkeet, lieteletkut jakolaitteelta piikeille, jälkiharjan piikit kiinnikkeineen, täydelliset renkaat, pyörännavat, lietteen jakolaite, hydraulisylinterit, -nipat, -letkut, -moottori, pultit ja rasvanipat. Kaikki multaimessa tarvittavat tapit on suunniteltu itse valmistettaviksi. Tappien pyöriminen estetään toiseen päähän hitsattavalla lattaraudan pätkällä, johon porataan reikä. Tappi lukitaan läpipultilla kyseisestä reiästä korvakkeeseen porattuun reikään, samalla saadaan myös lukittua tappi paikoilleen päittäissuunnassa. 3D-mallista tehtiin hitsaus ja kokoonpanokuvat, joiden perusteella multaimen rungon osat voidaan valmistaa. Kokoonpanokuvien perusteella rungon osat saadaan hitsattua oikeille paikoilleen.



Kuvio 30 Valmis multain työasennossa.

7.2 Piirustuskuvien tekeminen

Kaikista muista multaimen osista ja kokoonpanoista tehtiin piirustukset, paitsi sellaisista osista joiden valmistus ei sisällä muuta kuin suoraa sahaamista, kuten esimerkiksi Suorat RHS–putket ja suorat lattaraudat. Piirustukset tehtiin piirustusoppien mukaisesti.

7.3 Kustannusarvio

Multaimen suunnitteluun kuuluu olennaisena osana myös valmiin multaimen kustannusarvion laatiminen. Multaimen hinta muodostuu monesta eri osatekijästä, joita ovat mm: itse valmistettavat rungon teräsosat, valmiina ostettavat osat, alihankintana valmistettavat osat ja tietysti työn osuus. Tässä tapauksessa hintoja on katsottu pääosin osavalmistajien kotisivuilta, sekä erilaisista luetteloista ja mainoslehtisistä. Hinnat ovat näin ollen pääasiassa ohjevähittäishintoja. Joitakin hintoja on katsottu kahdesta tai useammasta eri lähteestä, toisille osille on katsottu vaan yksi hinta. Multaimen kokonaishinta olisi todennäköisesti jonkin verran edullisempi, jos hintoja olisi kysytty puhelimitse tai kasvokkain ja kilpailutettu. Joidenkin osien kohdalla myös paljousalennus vaikuttaisi hintaan, myös hintojen laajempi vertailu alentaisi vielä todennäköisesti hintaa jonkin verran. Toisaalta multaimessa käytettävien osto-osien valikoima on melko runsas, joten sitä kautta myös niiden hintojen vaihtelu on melko suurta. Esimerkiksi S–piikkejä löytyy useita eri kokoja, malleja ja hintavaihtoehtoja.

Edellä mainitulla tavalla multaimen kokonaishinnaksi muodostui 13058 €, kun uusien vastaavien multaimien hinnat alkavat noin 30 000 eurosta ylöspäin.

Hinta muodostui oheisen pääkohdat sisältävän taulukon mukaan seuraavasti:

Taulukko 1. Kustannusarvio.

Osa.	Hinta yht. €
Rungon teräsosat:	1474,6
Osto-osat:	6843,85
Työn osuus:	4740
Kaikkien osien hinta:	8318,45
Yhteensä (osat + työ):	13058,45

8 YHTEENVETO

Aluksi opinnäytetyössä kerrottiin. Minkälaista laitetta ollaan suunnittelemassa, kenelle ja miksi. Työssä kerrottiin lisäksi erilaisista lietteen levitystekniikoista ja erityyppisistä lietemultaimista. Asiakastarpeiden ja spesifikaatioiden määrittelyn lisäksi kerrottiin tuotekehityksen teoriaa. Varsinaisesta suunnittelusta sekä piirtämisestä on myös omat kappaleensa. Multaimesta tehtiin kustannusarvio ja sivulohkon saranoinnista tehtiin joitakin lujuuslaskelmia.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua uusi 8 metrin levyinen lietalannan S-piikkimultain. Multaimelle asetetut asiakastarpeet saatiin täytettyä. Multaimesta saatiin noin 200 kg kevyempi kuin yrityksen nykyinen multain, silti uudelle multaimelle tuli tarpeeksi painoa yli 30 kg:n piikkikohtaisen vannaspainon ylittymiseksi. Rungon rakenne saatiin riittävän avaraksi myös viljan sängelle tapahtuvaa lietteen levitystä varten. Piikit ovat kahdessa rivissä joiden riviväli on 860 mm, piikkiväli on kummallakin rivillä 500 mm ja piikkirivit ovat 250 mm limittäin toisiinsa nähden. Näin multaimen lopulliseksi piikkiväliksi muodostuu 250 mm, korkeus S-piikkien kärjistä rungon alareunaan on yli 500 mm. Kustannusarvio on laskettu melko järeillä yleismallisilla 12 x 45 mm piikeillä.

Multaimen voidaan valita jokin muukin S-piikkimalli, vaikkapa Multivan Topline super -äkeessä käytetty piikkimalli, joka on erityisesti suunniteltu sänkimuokkaukseen. Myös S-piikin kärkivaihtoehtoja on useita erilaisia, tavallisista suorista kärjistä aina leveisiin hanhenjalkakärkiin asti. Erilaisilla piikeillä ja kärjillä saadaan muutettua jonkin verran lietteen multausominaisuuksia.

Multaimen keskilohkossa olevat tukipyörät tulevat olemaan melko lähellä lietevalunun takimmaisista renkaiden ja lokasuojia, niinpä näitä tukipyöriä voisi siirtää vielä lähemmäs multaimen runkoa. Pyöriä voisi tuoda lähemmäs runkoa lyhentämällä tukipyörän varsia niin paljon kuin mahdollista, tai pyörille saisi lisää tilaa myös loveamalla uloimman runkokehikon palkkia jonkin verran tai sitten siirtämällä pyörän kohdalta palkkia kokonaan tilansa verran taaksepäin. Toisaalta keskilohkon tukipyörät voisi siirtää kokonaan pois keskilohkosta sivulohkojen sisäreunaan ja sivulohkojen alkuperäisiä pyöriä jonkin verran ulommas. Näin sivulohkoissa olisi kummassakin kaksi tukipyörää ja keskilohkossa ei olisi pyöriä ollenkaan. Kaikkien nel-

jän tukipyörän korkeudensäätögeometrian olisi kuitenkin hyvä olla samanlaisia, tämä helpottaa kaikkien pyörien säätämistä samalle korkeudelle. Kyseinen seikka tulee ajankohtaiseksi multaimen prototyypin valmistuksessa. Toisaalta kiinnityspistettä, josta multain kiinnitetään lietevaunun nostolaitteisiin, voitaisiin siirtää vielä jonkin verran kauemmas multaimen rungosta. Tämä kuitenkin aiheuttaa multaimen painopisteen siirtymisen kauemmas lietevaunun perästä, joka osaltaan aiheuttaa epätasapainoa lietevaunun kulkuun tiellä ajettaessa.

LÄHTEET

- A 9.11.2000/931. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta.
- Agronic lietevaunut esite 2015. [Verkkójulkaisu]. Haapavesi: Agronic. [Viitattu 8.3.2015]. Saatavana: http://www.agronic.fi/images/stories/pdf/Esitteet2015/Agronic_lietevaunut_2015.pdf
- Agronic 2013. Agronic lietevaunut. [Verkkosivu]. Haapavesi: Agronic. [Viitattu 8.2.2014]. Saatavana: <http://www.agronic.fi/index.php/fi/tuotteet/lietevaunut>
- Ahokas, J. 2001. Maamekaniikkaa. Maa- ja kotitalousteknologian julkaisuja 8. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Ahokas, J. & Mikkola, H. 1986. Traktori ja polttoaineen kulutus. Vakolan tiedote 38/86.
- Alakukku, L, Alasuutari, S, Kari, M, ym. 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Teoksessa: Tieto tuottamaan 128. Keuruu. ProAgria ja MTT.
- Bergström, S. & Leppänen, A. 2003. Yrityksen asiakasmarkkinointi. 8. Uudistettu painos. Helsinki: Business Edita.
- Bomech esite. 2015. [Verkkójulkaisu]. Kalajoki: Kartanokoneet. [Viitattu 5.3.2015]. Saatavana: http://www.kartanokoneet.fi/mediapankki/esitteet/BomechMulti_vetovannasmultain_web.pdf
- Clarke machinery Ltd 2014. [Verkkosivu]. Cavan, Irlanti: Clarke machinery Group [Viitattu 10.2.2014]. Saatavana: <http://www.clarkemachinery.ie/>
- Evers. 2015. Eversagro. [Verkkosivu]. Almelo. The Netherlands. [Viitattu 12.4.2015]. Saatavana: <http://www.eversagro.nl>
- Grene Noramaa Oy. 2015. Grene tarvikeluettelo. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 16.11.2015]. Saatavana: <https://shop.grene.com/store/agro-fi/fi>
- Haapala, H. Hoikkala, P. & Kaivola, A. ym. 2005. Maatilatalouden teknologia. Helsinki: Opetushallitus.
- Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

- Härkönen, H. 2009. Koneviesti kokeilee. Potila Master ja Multiva Optima S. Koneviesti 57.
- Joskin. 2009. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.12.2014]. Saatavana: http://www.joskin.com/?user_lang=en
- Joskin prospec 2015. [Verkkajulkaisu]. Soumagne. Belgium: Joskin. [Viitattu: 27.3.2015]. Saatavissa: <http://www.joskin.com/pdf/prospec/epandeurs/lisier/en/outils-epandages-gb.pdf>
- Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Kuudes korjattu painos. Helsinki: Otatieto Oy.
- Kaweco Opti-Drill Folder. 2012. [Verkkajulkaisu]. Hengelo. The Netherlands: STA-JA Machinebouw. B.V. [Viitattu: 25.3.2014]. Saatavana: <http://www.kaweco.com/wp-content/uploads/2012/03/OPTI-DRILL-folder1.pdf>
- K–Maatalous. 2014. Konekuvasto. [Verkkajulkaisu]. Suomi. [Viitattu: 13.8.2015]. Saatavana: https://www.kmaatalous.fi/globalassets/kuvastot/tyokonekuvasto_2014.pdf
- Kreko, T. 2014. Koneurakointi Kreko Oy. Haastattelu 12.8.2014.
- Kotler, P. 2005. Markkinoinnin avaimet. Jyväskylä: Readme.
- Lankila, T. 2011. Hinattavan S–piikkiäkeen suunnittelu ja valmistus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Maa- ja metsätalouden yksikkö. Opinnäytetyö.
- Latva–Kyyny, M. 2006. Maatalouskonetekniikka. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto. Koulutusmateriaali.
- Maaseudun tulevaisuus. 20.10.2011. Lähes kaikki lanta sijoitetaan tai mullataan maahan [Verkkosivu]. [Viitattu: 17.1.2014]. Saatavana: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/l%C3%A4hes-kaikki-lanta-sijoitetaan-tai-mullataan-maahan-1.5008>
- Multiva. 2013. [Verkkosivu]. Loimaa: Dometal Oy. [Viitattu 15.2.2014]. Saatavissa: <http://www.multiva.info/fi/product/Topline-super-xl>
- Nevaranta, J. 2008. Tuotekehitys. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. koulutusmateriaali.
- Oristo, U. 2015. Seitsemän vuoden savotta. Valtran uuden T-malliston kehitys. Koneviesti 2.

- Palva, R, Peltonen, M, Pentti, S, 2004. Karjalannan levitysmenetelmät ja työmenekit. Työteho-seuran maataloustiedote 1/2004 (564).
- Partson. 2015. [Verkkosivu]. Suomi. [Viitattu 16.11.2015]. Saatavissa: <http://www.partson.fi>
- Peecon. 2015. [Verkkosivu]. Etten–Leur, The Netherlands: Peeters Landbouwmachines B.V.[Viitattu 7.3.2015]. Saatavana: <http://www.peecon.com/peecon>
- PEL–Livakka esite. 2014. [Verkkajulkaisu]. Rantasalmi: PEL-Tuote Oy. [Viitattu 24.3.2015]. Saatavana: http://pel-tuote.fi/wp-content/uploads/2013/10/PEL-LIVAKKA_esite.pdf
- ProAgria Oulu. 9.3.2010. Lietelannan sijoittaminen peltoon, Maatalouden ympäristötuen erityistuki [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 25.2.2014]. Saatavana: http://www.proagriaoulu.fi/files/pdf/maaliskuu_2010_-_lietelannan_sijoittaminen_peltoon_9.3.2010.pdf
- Prospekt Kotte Vierachser 2011. [Verkkajulkaisu]. Josef Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG. [Viitattu 23.2.2015]. Saatavana: http://www.kotte-landtechnik.de/fileadmin/content/prospekte/Prospekt_Kotte_Vierachser_2011_-_D.pdf
- Rissanen, T. 2002. Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä. Saarijärvi: Kustannusosakeyhtiö Pohjantähti.
- Saarikallio, M. 2012. Joustopiikkiäkeessä käytettävän piikin koon, terälapun leveyden ja piikkivälin vaikutus muokkausominaisuuksiin. Helsinki. Helsingin yliopisto. Aroteknologian laitos. Pro gradu- tutkielma.
- Samson Redskabsbrochure Uk 2015. [Verkkajulkaisu]. Viborg. Danmark: Samson Agro A/S. [Viitattu: 28.3.2015]. Saatavana: http://www.samson-agro.com/media/1557/redskabsbrochure_uk_20150108_udencrop_lav.pdf
- Slootsmid esite. 2015. [Verkkajulkaisu]. Kuopio: K- Maatalous Kuopio / ON- Rauta Oy. [Viitattu 20.4.2015]. Saatavana: <http://onagri.fi/wp-content/uploads/2015/01/Slootmit-veitsimultain.pdf>
- SFS 2781. 1983. Maatalouskoneet. S–joustopiikki. Mitoitus– ja laatuvaatimukset. Suomen standardisoimisliitto.
- Urakointiuutiset. 12.8.2010. Liperiin lietettä [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 18.1.2014]. Saatavana: <http://www.urakointiuutiset.fi/uutiset/liperiin-lietetta/>
- Ulrich, K. Eppinger, S. 2008. Product design and development. Fourth edition. New York: McGraw-Hill Inc.

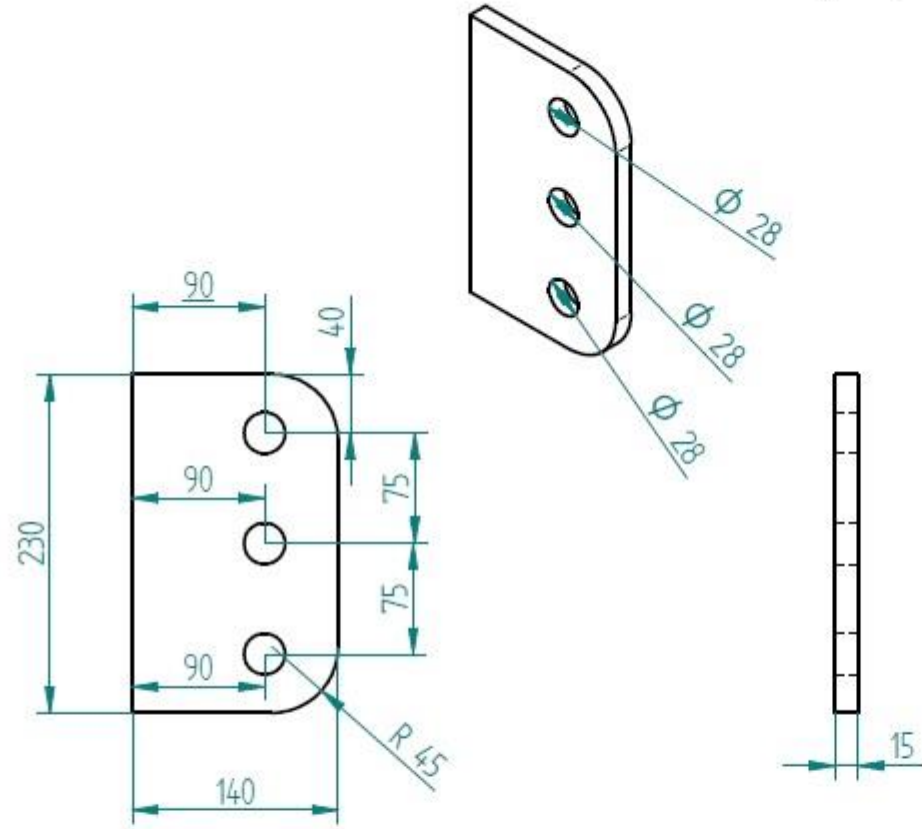
Vakola. 1992. S–piikkien ryhmäkoetus. Koetusselostus 1313. Vihti. Maatalousteknologian tutkimuslaitos.

Vredo Slurry injector ZB3 Folder. 2013. [Verkojulkaisu]. Zetten. The Netherlands: Vredo Dodewaard. B.V. [Viitattu: 20.3.2014]. Saatavana: http://www.vredo.com/beheer/upload/file/Vredo_ZB3_GB_v2.pdf

LIITTEET

LIITE 1 Multaimen nostolaitteen korvake.

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED



	NAME	DATE	Solid Edge		
DRAWN	Ville	11/15/15			
CHECKED			TITLE		
ENG APPR					
MGR APPR					
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGLES ±X.X° 2 PL ±X.XX 3 PL ±X.XXX			SIZE	DWG NO	REV
			A4		
			FILE NAME: nostolaitteen korva 230 x 140.dft		
			SCALE: 1:5	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

LIITE 2 Tukipyörien vastakappale hitsaus/kokoonpano

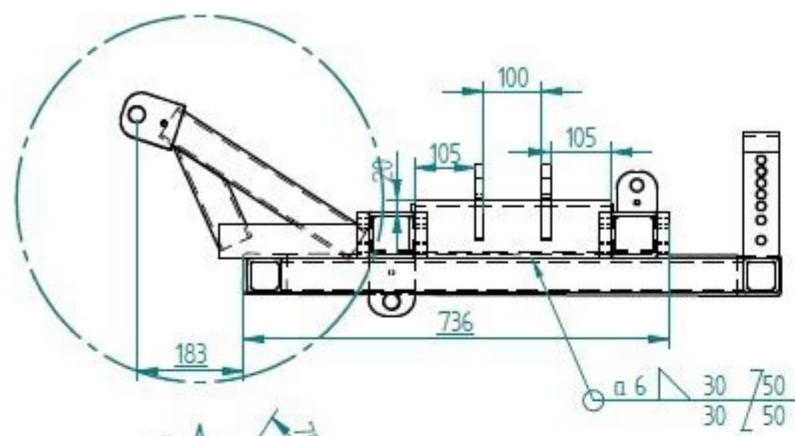
Technical drawing showing a support bracket assembly. The drawing includes a perspective view, a side view, and a top view. Dimensions include a total length of 429, a width of 12, a height of 127, and a base width of 35. Angles are specified as 15°, 147°, and 33°. Chamfers are indicated as 0,7xS. Callouts 1, 2, 3, and 4 identify different components of the assembly.

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

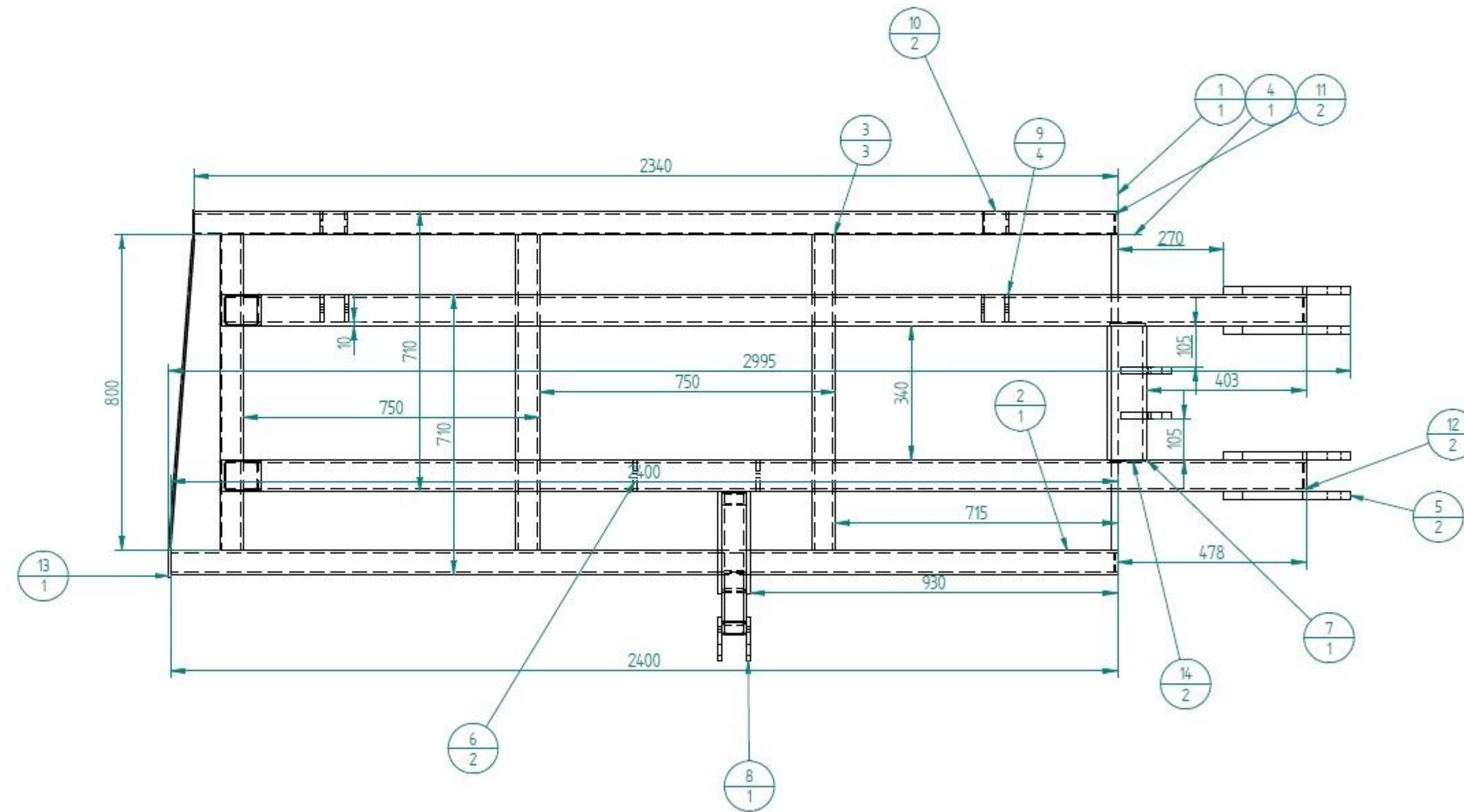
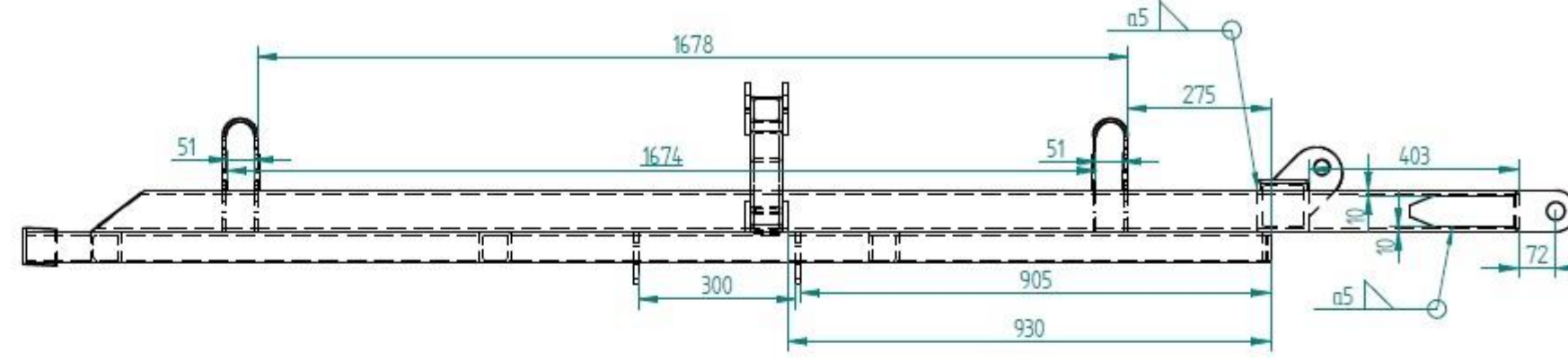
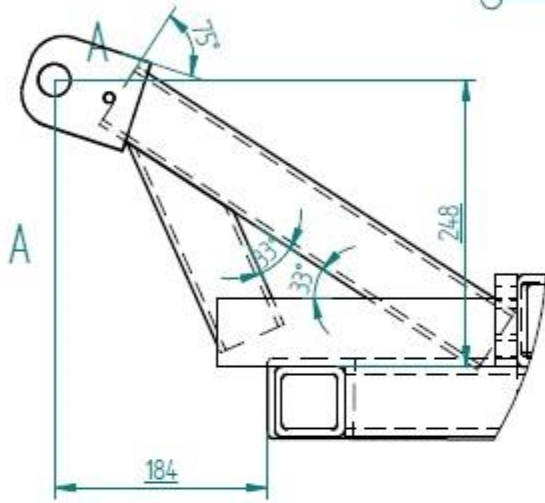
Item Number	File Name (no extension)	Author	Quantity
1	latta 12 x 60 x 260 tukipyörään	Ville	2
2	RHS 60 x 60 x 5 x 430 tukip kork säät	Ville	1
3	rhs 60x60x5 x 200 33asteen kulma tukip	Ville	1
4	tukipyörien kiinnike 80x100x12 reikä 28	Ville	2

NAME	DATE	Solid Edge	
DRAWN Ville	11/15/15	TITLE Tukipyörän vastakappale	
CHECKED		SIZE A4	DWG NO
ENG APPR		REV	
MGR APPR		FILE NAME: tukipyörän vastakappale kokoonpano.dft	
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGLES ±X.X° 2 PL ±X.XX 3 PL ±X.XXX		SCALE: 1:5	WEIGHT: SHEET 1 OF 1

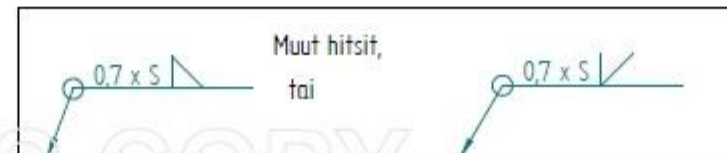
REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED



DETAIL A

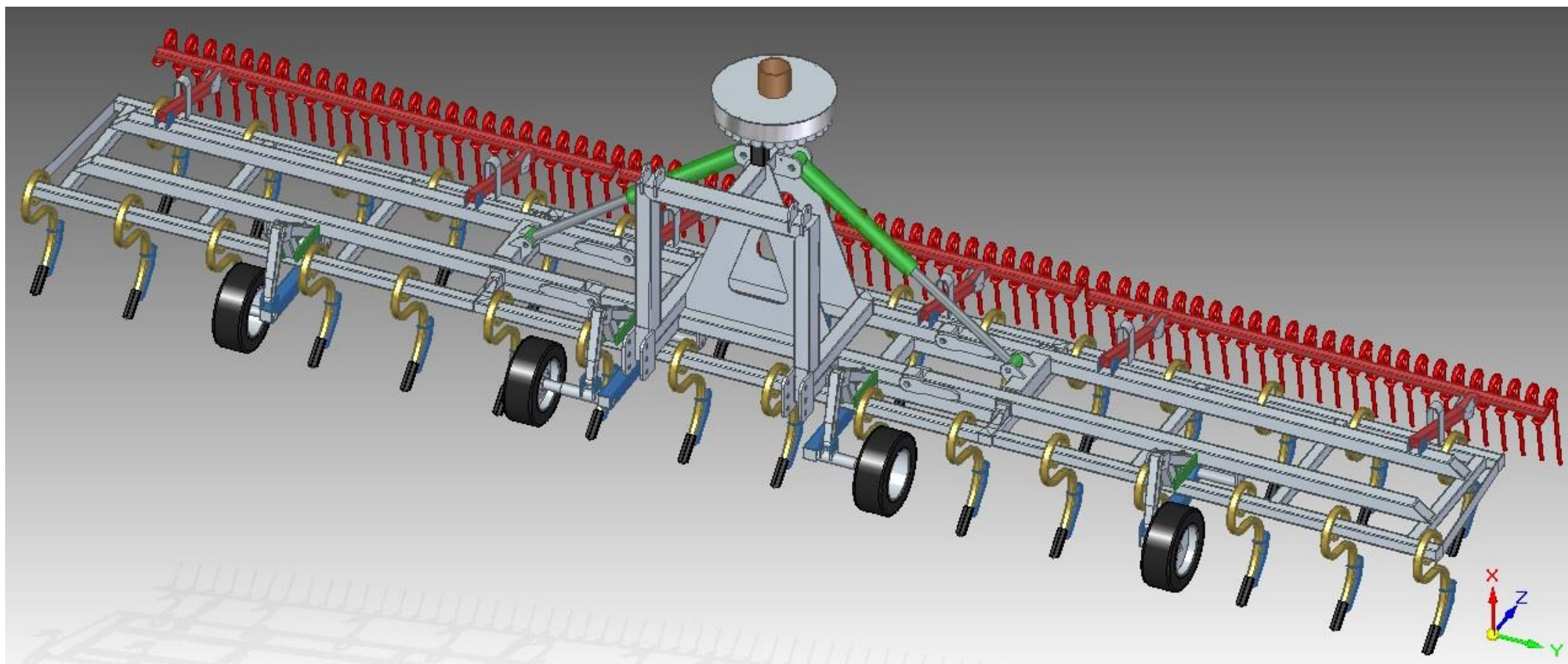


Item Number	File Name (no extension)	Author	Quantity
1	RHS 2340 x 60 x 60 x 6	Ville	1
2	RHS 2500 x 60 x 60 x 6	Ville	1
3	RHS 800 x 60 x 60 x 6	Ville	3
4	laatta 60 x 15x 800	Ville	1
5	korvakepalkki sivulohko 80x80x8x 2755	Ville	2
6	tukipyörän kiinnike 80x100x12 reikä 28	Ville	2
7	korvakepalkki sivulohkoihin	Ville	1
8	tukipyörän vastakappale	Ville	1
9	korvake tukipyörän säätöön 70x70x10	Ville	4
10	jälkiharjan korvake	Ville	2
11	pää tylaippa 48x48x4	Ville	2
12	pää tylaippa 64x64x4	Ville	2
13	sivulohkon pääty 70x5x930	Ville	1
14	lappu 90x15x5	Ville	2

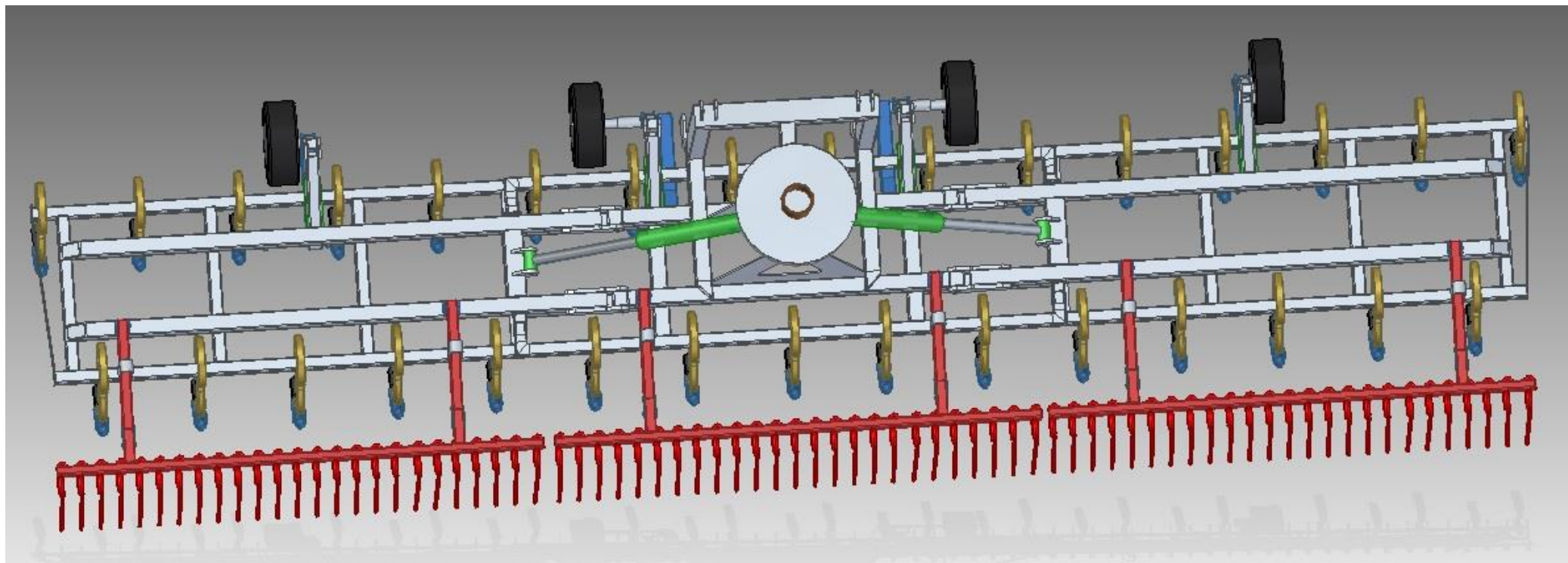


NAME	DATE	Solid Edge	
DRAWN Ville	10/13/15	TITLE	
CHECKED		Sivulohko	
ENG APPR		SIZE A2	DWG NO
MGR APPR		SCALE: 1:10	WEIGHT: SHEET 1 OF 1
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGLES =XX° 2 PL =XXX 3 PL =XXXX		FILE NAME: Oikea sivulohko hitsaus.dft	REV

LIITE 4 Valmis multain.



LIITE 5 Valmis multain ylhäältä



LIITE 6 Koneurakointi Kreko Oy:n lietevaunu ja nykyinen Multain

