

Mikko Heikkinen

KAISLALEIKKURIN ESISUUNNITTELU

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2004



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

INSINÖÖRITYÖ TIIVISTELMÄ

Osasto	Tekniikka	Koulutusohjelma
		Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Mikko Heikkinen		
Työn nimi Kaislaleikkurin esisuunnittelu		
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Elektroniikan tuotantotekniikka		Ohjaaja(t) Eero Pikkarainen
Aika 1.4.2004		Sivumäärä 35 + 18
Tiivistelmä <p>Ihminen on osaltaan vaikuttanut vesistöjemme rehevöitymisen kiihtymiseen. Joskus vesikasvillisuus muodostuu niin suureksi haitaksi, että on ryhdyttävä vesistön kunnostustoimenpiteisiin. Vesikasvien niitto on yleisin liikakasvillisuuden poistomenetelmä, sillä se on halpa ja nopea. Tarve kehittää uusia, entistä tehokkaimpia ja käytännöllisempiä laitteita on siten ilmeinen.</p> <p>Tämä insinöörityö koostuu kolmesta eri osa-alueesta. Ensimmäinen osa-alue painottuu yleiseen teoriaan rehevöitymisestä ja vesikasvien niitosta. Toinen osa-alue käsittää tuotekehityksen kannalta tarpeellisen markkinatutkimuksen eli selvityksen jo markkinoilla olemassa olevista kaislaleikkureista ja kolmas osa-alue käsittää työn suorittavan osuuden eli kaislaleikkurin esisuunnittelun.</p> <p>Työn tarkoituksena on tarjota esisuunnitelma uuden tyyppisestä kaislaleikkurista, prototyypin valmistamiseksi. Kaislaleikkurin suunnittelussa on käytetty Pro Engineer –ohjelmistoa. Esisuunnitelman ei ole tarkoitus olla liian määräävä, vaan prototyypin valmistajalle annetaan mahdollisuus käyttää omaa harkintaa niin materiaalien, kuin valmistuksen yksityiskohtien suunnittelun kanssa.</p>		
Luottamuksellinen Kyllä		
Hakusanat Kaislaleikkuri, vesikasvien niitto, rehevöityminen		
Säilytyspaikka Kajaanin AMK		



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT
FINAL YEAR PROJECT**

Faculty	Engineering	Degree programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Mikko Heikkinen		
Title A Preplan for a Reed Cutter		
Optional professional studies Production Engineering of Electronics	Instructor(s) / Supervisor(s) Eero Pikkarainen	
Date 1.4.2004	Total number of pages 35 + 18	
Abstract <p>Lakes becoming entrophic is a common problem nowadays. Sometimes water plants become such a problem that the repair of a lake is needed. Mechanical harvesting of water plants is a common method of repairs because it is cheap and efficient. The need for designing new, more efficient and useful machines is still obvious.</p> <p>This final year project consists of three parts. The first part includes the common theory of entrophication and water plants harvesting. The second part covers a market study, a report of reed cutters which are already in market. The third part covers the project, more accurately a preplan for a reed cutter.</p> <p>The purpose of the project was to provide a plan of a new kind of reed cutter. This plan of was designed with the Pro Engineer 2001 program. The plan is not supposed to be too accurate, but there is space for a prototype designer to use his own discretion on materials and details of manufacturing.</p>		
Confidential Yes		
Keywords Reed cutter, bulrush cutter, entrophication, water plants cutting		
Deposited at Kajaani polytechnic		

Alkusanat

Järviemme kiihtyvä rehevöityminen ja vesikasvillisuuden lisääntyminen ovat eräs tämän päivän vesistöjämme vaivaavista ongelmista. Tässä insinööriyössä on lähestytty ongelmaa kehittämällä uudentyyppinen työväline vesikasvillisuuden poistoon ja vähentämiseen.

Työssäni olen käyttänyt apuna monia eri julkaisuja ja lähteitä, mutta arvokkaimmat neuvot ja ideat ovat tulleet henkilökohtaisesti eri henkilöiden kanssa käymieni keskustelujen pohjalta.

Haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat myötävaikuttaneet tämän insinööri-työn valmistumiseen. Erityisesti haluan kiittää työn valvojaa Eero Pikkaraista, jonka ideoiden pohjalta esisuunnitelmaa ruvettiin työstämään. Haluan kiittää myös isääni Taisto Heikkistä, joka omalta osaltaan auttoi työn valmistumisessa.

Kajaanissa huhtikuussa 2004

Mikko Heikkinen

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn lähtökohdat	6
1.2	Työn tavoitteet ja tehtävät.....	6
2	VESISTÖJEN KUNNOSTUS	7
2.1	Vesistöjen rehevöityminen.....	7
2.2	Vesikasvien niitto	8
2.2.1	Yleistä	8
2.2.2	Poistettavat vesikasvit	9
2.2.3	Niittoaajankohta	10
2.2.4	Niittovälineistö	11
2.2.5	Niiton suunnittelu.....	12
2.2.6	Niiton vaikutukset	12
3	MARKKINOILLA OLEVAT NIITTOLAITTEET	14
3.1	Yleistä.....	14
3.2	Kotimaiset kaislaleikkurit.....	15
3.3	Ulkomaisia kaislaleikkureita.....	17
4	KAISLALEIKKURIN ESISUUNNITTELU	20
4.1	Esisuunnittelun tavoitteet ja vaatimukset.....	20
4.2	Runkorakenne	21
4.3	Terälaite.....	24
4.3.1	Terälaitteen moottori.....	26
4.3.2	Hydraulikoneikko	26
4.4	Ponttoni	26
4.5	Kokoonpano	27
4.6	Prototyypin kustannusarvio.....	29
5	TULOSTEN TARKASTELO.....	30
5.1	Aikaansaadut tulokset.....	30
5.2	Jatkokehitys.....	31
6	YHTEENVETO.....	33
	LÄHDELUETTELO	34

LIITTEET

1 JOHDANTO

1.1 Työn lähtökohdat

Ranta- ja vesikasvit ovat keskeinen osa järviluontoamme. Vapaan vesialueen ja vesikasvialueiden vaihtelu antaa järvelle sekä maisemallisesti että ekologisesti monipuolisemman ympäristön kuin täysin umpeenkasvanut tai täysin avoin vesialue. Kasvillisuuden lisääntyminen ja vesistöjen umpeen kasvaminen ovat luonnonmukaista kehitystä. Ihminen omalla toiminnallaan edesauttaa vesistöjen umpeen kasvamista.

Joskus runsastunut vesikasvillisuus muodostuu niin suureksi haitaksi, että kasvillisuuden poistoa on harkittava. Liikakasvillisuuden poistolla pyritään parantamaan mm. vesistön virkistyskäytön mahdollisuuksia, veden virtausta salmipaikoissa ja kohentamaan kalaston ja linnuston elinolosuhteita.

Vesikasvillisuuden poistoon on jo kehitetty monenlaisia menetelmiä. Niitto on yleisin liikakasvillisuuden poistomenetelmä, sillä se on halpa ja nopea. Niittoon on jo kehitetty monenlaisia apuvälineitä ja tarve uusien tehokkaimpien laitteiden kehittämiseksi on ilmeinen.

1.2 Työn tavoitteet ja tehtävät

Työn tavoitteena on esisuunnitella uusi, tehokkaampi ja käytännöllisempi, vesikasvillisuuden niittoon soveltuva laite. Ennen kuin varsinaista tuotekehitystä voidaan aloittaa tulee kartoittaa tällä hetkellä markkinoilla olevat niittolaitteet. Tarkoituksena on myös kerätä vesikasvien niitosta tarpeellinen teoria.

2 VESISTÖJEN KUNNOSTUS

2.1 Vesistöjen rehevöityminen

Geologisesti katsoen järvet ja lammet ovat lyhyt ikäisiä. Pienet ja matalat lammet kasvavat luontaisestikin vähitellen umpeen [1, s.104]. Kasvillisuuden lisääntyminen on luonnonmukaista kehitystä ja sitä tapahtuu kaikissa vesistöissä [3]. Ihminen on omilla toimenpiteillään edesauttanut ja nopeuttanut järvien umpeenkasvua. Valtion tuella kuivattiin järviä vedenpintaa laskemalla vielä 1950-luvulle asti, mikä on osaltaan jouduttanut kasvillisuuden lisääntymistä. Nykyisin nämä alueet ovat joutomaina, ruovikko- ja pensasalueina, joilla ei ole merkitystä edes linnuston kannalta. [1, s.104.]

Ravinteiden päästäminen vesistöihin on toinen ihmisen toimenpide, mikä on jouduttanut järvien umpeenkasvua. Ravinteita pääsee vesistöihin lannoitteista, jätevesijärjestelmistä ja teollisuudesta. [1, s.104.] Ravinteista ennen kaikkea typpi ja fosfori aiheuttavat rehevöitymistä [4, s.150]. Liian suurina määrinä ravinteet ovat aiheuttaneet kasvillisuuden rehevöitymistä. Tällaisessa tilanteessa järvi täyttyy vesikasveilla. Tästä seuraa esimerkiksi leväkukintaa, kalakuolemia, ja järven virkistyskäytön vakava häiriintyminen. [1, s.104.] Maallikon silmin vesistöjen rehevöityminen on helpoiten havaittavissa mm. verkkojen ja kivien limoittumisesta, arvokalojen vähenemisestä, särkikalojen lisääntymisestä, leväesiintymistä, kalojen makuvirheistä, veden hajusta ja rantakasvillisuuden muutoksista. [2, s.111.]

Suomessa on lukuisia sellaisia vesialueita, jotka vaatisivat kunnostustoimenpiteitä. Osa näistä järvistä kasvaa täynnään järviruokoa, osmankäämiä ja järvikaislaa. Kaikille näille rehevöityneille järville on yhteistä se, että niiden käyttöarvo ja merkitys sekä ihmiselle että luonnon kannalta on vähentynyt. [1, s.104.] Rehevöityminen ja runsastunut kasvillisuus voi joskus haitata niin paljon rannan käyttöä, että kasvillisuuden poistoa on harkittava. Ensimmäiseksi olisi puututtava kasvillisuuden runsastumisen syihin, jotka yleensä liittyvät vedenpinnan las-

kuun tai voimakkaaseen ulkoiseen kuormitukseen. Kasvillisuuden poisto on yleensä vain ensiapua todellisiin vesistöä koskeviin vaivoihin. [2, s. 374.]

2.2 Vesikasvien niitto

2.2.1 Yleistä

Vesikasvien poistaminen on eräs vesistöjen kunnostusmenetelmä. Vesikasveja poistetaan sellaisista vesistöistä, joissa liiallinen esiintyminen haittaa järven tai sen osan käyttöä tai muuten alentaa järven maisema-arvoja. [1, s.104.] Vesikasvit ovat muutoin ekologisesti monin tavoin hyödyllisiä. Ne estävät eroosiota ja suodattavat valumisen tuomia ravinteita, muodostamalla vyöhykkeen rannan ja vapaan vesialueen väliin. [3.]

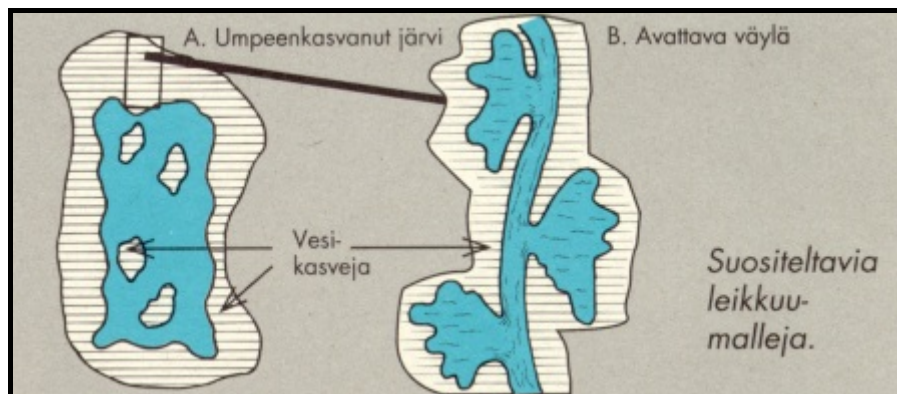
Mekaanisista menetelmistä niitto on yleisin vesikasvien poistomenetelmä, jonka teho kuitenkin rajoittuu kuitenkin etupäässä ilmaversoisiin kasveihin. Vesikasvien niitolla on mm. seuraavia etuja verrattuna muihin poistokeinoihin verrattuna [2, s.386]:

- halpa
- nopea
- niittoa voidaan toteuttaa omin voimin
- käsiteltävä alue helposti rajattavissa
- ei aiheuta haittaa vedenlaadulle, vesiluonnolle tai vesistön muille käyttäjille
- leikkuujätettä voidaan hyödyntää mm. karjanrehuna, polttoaineena ja kompostin osana

Vesikasvien niitolla on mm. seuraavia haittapuolia [2, s.386]:

- niittotulos pitkällä tähtäyksellä vain väliaikainen
- ei sovellu kaikkien vesikasvien poistoon
- leikattu kasvimassa kerättävä pois, mikä yleensä työläämpää kuin leikkuu
- kasvimassalle ei aina löydetä hyötykäyttöä.
- leikkuuajankohta lyhyt
- niitetyn kasvuston tilalle voi ilmestyä muita, vielä vaikeammin poistettavia vesikasvilajeja

Vesikasvien niiton tarkoituksena ei ole kokonaan hävittää vesikasvillisuutta, ainostaan vähentää sitä [3]. Niitolla pyritään luomaan sellainen maisema, missä kasvillisuus saarekkeet ja avovesi vuorottelevat (kuva 1). Pitkiä suorja linjoja vältetään. [1, s.105.] Vesikasvien poistolla pyritään parantamaan vesistön virkistyskäytön mahdollisuuksia, järvellä liikkumista, uimista ja kalastusta. Lisäksi niitolla lisätään veden virtausta salmissa ja jokisuissa. Niitolla parannetaan myös kalaston ja linnuston elinolosuhteita. [3.]



Kuva 1. Suositeltava leikkumalli[3]

2.2.2 Poistettavat vesikasvit

Ruovikoita muodostavia kasvilajeja ovat järviruoko, osmankäämi ja järvikaisla [1, s.105]. Järviruoko on levinnyt kautta Suomen ja muodostaa järvien ja jokien rannoille laajoja, puhtaita kasvustoja. Pituutta järviruodolla voi olla jopa 4 m,

veden pohjasta lukien. Osmankäämi kasvaa alavilla liejuisilla järvenrannoilla noin metrin syvyyteen saakka, vanhoissa hiekkakuopissa sekä jokien ja ojien varsilla. Osmankäämi on levittäytynyt Suomessa aina Kuusamon korkeuksille saakka. Järvikaisla kasvaa Suomessa aina Oulu-Suomussalmi linjalle saakka. Järvikaisla kasvaa syvissäkin vesissä, muodostaen tiheitä kasvustoja järviin ja jokiin. [6.] Nämä ilmaversoiset kasvilajit on paras poistaa niittämällä. Niitä kaikkia pitäisi leikata vähintään kaksi kertaa kesässä tyydyttävän lopputuloksen aikaan saamiseksi. [1, s.105.] Hyvin tiheitä kasvustoja ei pystytä leikkaamaan, eikä myöskään sellaisia, jotka kasvavat kelluvan juuriston tai kasvijätteen päällä [3].

Kelluslehtisiin vesikasveihin kuten ulpukkaan, lumpeeseen, uistinvitaan ja uposkasveihin ahvenvitaan, vesisherneeseen ja vesisammaleeseen niitolla ei ole katsottu olevan vaikutusta. [3.] Kelluslehtiset vesikasveilla niiden biomassasta jopa 70 prosenttia on juurakoissa. Pysyvien tulosten aikaansaamiseksi näillä, olisi pohjassa kasvava juurakko-juuristomatto käsiteltävä. [1, s.105.] Uposkasviongelma saattaa jopa pahentua, sillä monet uposkasvit voivat lisääntyä palasista hyvinkin nopeasti [3].

2.2.3 Niittoajankohta

Tyydyttävän lopputuloksen aikaan saamiseksi niitto olisi syytä tehdä vähintään kaksi kertaa loppukesästä [1, s.105]. Tällöin kasvien ravinnemäärä on suurimmillaan versoissa ja pienimmillään juuristoissa. Kasvukauden lopulla ravinteet varastoituvat juuristoon, joten leikkaaminen tuolloin on hyödytöntä. Mikäli leikkuu suoritetaan vain kerran, paras leikkuu ajankohta olisi heinäkuun puolesta-välistä elokuun puoleenväliin. Useammin leikatessa, ensimmäinen leikkuu olisi ajoitettava kesäkuun loppuun, juuri ennen kasvien kukkimista. Seuraavat leikkuu kerrat noin 3-4 viikon välein. [3.]

Kelluslehtisten vesikasvien, kuten lumpeen ja ulpukan, niitoista vain kertaalleen alkukesästä tehtynä ei ole hyötyä. Niiden vahvassa ja ravinnepitoisessa juuristossa riittää ravinteita uudelleen kasvuun jo samana kesänä. [3.]

Uposkasveja ei kannata niittää lainkaan, ellei ole varmaa, että kaikki kasvinosat saadaan kerättyä pois vesistöstä [5].

2.2.4 Niittovälineistö

Vesikasvien niittoon voidaan käyttää niittovenettä, ponttoneilla kulkevaa niittonkoneita tai amfibiolaitetta [1 s.105]. Yksittäisen ranta-asukkaan tekemä niitto onnistuu myös käsikäyttöisillä laitteilla [5]. Niittoveneessä on yleensä vedenpinnan alla kulkeva niittoterä. Työntövoimana niittoveneessä käytetään perämootoria tai siipiratasta. Niittovene tarvitsee työskentelyyn muutamia kymmeniä senttejä vapaata vettä. Ponttoneille rakennettu niittolaite ja siipiratas mahdollistavat työskentelyn suurin piirtein samoissa oloissa kuin niittoveneelläkin. Amfiobiokone pystyy sitä vastoin kulkemaan hyvinkin matalassa vedessä ja rantaniitylläkin. amfibiolaitteeseen asennettu niittolaiteella pystytään leikkaamaan noin 50 cm syvyydestä, kun taas veneeseen asennetulla leikkuulaitteella päästään jopa puolentoista metrin syvyyteen. [1, s.105.]

Yhteistä eri niittomenetelmälle on se, että kellumaan nousevat kasvinosat on kerättävä heti pois. Keräyksessä voidaan apuna käyttää veneeseen kiinnitettävää keruulaitetta. Pienimuotoisimmissa niitoissa kasvijätteen keruu voidaan suorittaa käsikäyttöisellä haravalla. Kasvijätteen poisto on tärkeää, jottei kasveihin sitoutuneet ravinteet pääse vapautumaan takaisin vesistöön. Kerääminen on usein itse niittoa työläämpi vaihe. [5.] Uposkasveille on kyky lisääntyä pienistäkin verson kappaleista, joten niillä erityisesti korostuu niitetyn kasvimassan keruun merkitys [2, s.387]. Lisäksi tuulen mukana ajautuva kasvimassa ajautuu ympäri järveä, kasaantuen paikkoihin, joissa ne voivat haitata rantojen käyttöä, veneellä kulkemista, kalastamista ja pilaavat maiseman [3].

2.2.5 Niiton suunnittelu

Vesikasvien niittoa säätelee ensisijaisesti vesilain yleinen kiello- ja lupajärjestelmä. Kiellot koskevat lähinnä vesistön sulkemista, muuttamista ja pilaamista. Jos on epäiltävissä, että vesikasvien poiston seurauksena jotain näistä kielloista rikotaan, on syytä hankkia vesioikeuden lupa. Yleensä lupa niittoon ei ole tarpeen. Kun niittoa suunnitellaan luonnonsuojelualueille, on kaikissa tapauksissa noudatettava ao. alueen rauhoitusmääräyksiä ja lisäksi on otettava yhteyttä alueelliseen ympäristökeskukseen. [3.]

Vesialueen omistajan suostumus tulee aina hankkia. Vesialueen ollessa useamman osakkaan omistuksessa, voidaan lupa hankkia osakas- tai kalastuskunnalta ja tarvittaessa rantaomistajien suostumus. [3.]

Niittoa suunniteltaessa, tulee ottaa huomioon myös seuraavat yleiset periaatteet: Vesikasvien poistolla ei saa aiheuttaa pysyvää haittaa järviluonnolle, niiton vaikutukset linnuille ja eläimille tulee ottaa huomioon, vesikasvien niittoon on valittavat oikea menetelmä ja niitetystä kasvimassasta huolehtiminen. [2, s.388-390.]

2.2.6 Niiton vaikutukset

Niiton vaikutukset käsiteltyyn vesikasvillisuuteen riippuvat monista tekijöistä. Kokeiden mukaan vesikasveista järvikorte on saatu häviämään neljän – kuuden leikkuukerran jälkeen, niitettäessä kerran kesässä. Järviruoko ja järvikaisla noin neljän, haarapalpakon kolmen ja osmänkäämin yhden tai kahden niittokerran jälkeen. Useampi leikkuu samana kesänä on yhtä leikkuukertaa tehokkaampi. [2, s.390.] Vesikasvien niitolla pystytään estämään vesistön umpeenkasvua, mutta vaikutus jää yleensä lyhytaikaiseksi, ellei samaan aikaan tehdä myös muita kunnostustoimenpiteitä [5].

Niiton vaikutukset riippuvat myös vesikasvuston tiheydestä, sillä tiheä kasvusto häviää hitaammin kuin harva [2, s.390]. Niiton seurauksena niitetyn kasvillisuu-

den pitäisi harveta ja yksittäisten kasviyksilöiden koon pienentyä [5]. Veden syvyyden merkityksestä on voitu havaita, että mitä syvempää on, sen paremmat edellytykset ovat niiton onnistumiselle [2, s. 390].

Niitolla on myös vaikutusta muuhunkin vesiluontoon, kuin itse niitettäviin vesikasveihin. Vesikasvien niitto aiheuttaa veden virtauksen voimistumista ja tätä kautta muun muassa veden samentumiseen, ravinteiden vapautumiseen pohjasedimentistä ja ranta eroosioon. Niitettäessä vesikasvillisuutta, jossa on kiinnittyneinä epifyyttileviä, niiden käyttämä fosfori jää kasviplanktonin käytettäväksi. Tällöin seurauksena voi olla levien massaesiintymisiä. Vesikasvien niitto vaikuttaa myös eläinplanktonin määrään vähentävästi. Myös vaikutukset alueen selkärangattomien eläinten esiintyvyyteen ovat huomattavat. Sveitsiläisen tutkimuksen mukaan vesikasvien niitto vähensi selkärangattomien määrää jopa 65 %. [5.]

3 MARKKINOILLA OLEVAT NIITTOLAITTEET

3.1 Yleistä

Tuotekehityksellä ymmärretään toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Tuotekehityksen prosessi käsittää aina idean etsimisestä, tuotekehityksen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisestä, varsinaisen tuotteen luonnosteluun ja yksityiskohtien suunnitteluun. [7.]

Uuden tuotekehitysprojektin käynnistämisen perusedellytyksenä on, että on olemassa tuotteen tarve. Pelkkä tarve ei kuitenkaan ole aina riittävä, vaan on myös hankittava riittävästi tietoa tuotteista. Tämä voidaan suorittaa erilaisilla markkina-analyyseillä ja -tutkimuksilla. [7.] Tiedonhankintavaiheessa voidaan etsiä vastauksia muun muassa seuraaviin markkinoita koskeviin kysymyksiin [8, s.86]:

- Onko vastaavia tuotteita jo kaupan?
- Mitä puutteita niissä on?
- Voidaanko puutteet korjata tässä tuotteessa?
- Ovatko puutteet käyttäjän kannalta olennaisia?

Ennen kuin varsinaisen kaislaleikkurin esisuunnittelu voidaan aloittaa tulee tehdä mahdollisimman kattava tiedonhaku jo olemassa oleviin kaislaleikkureihin. Tiedonhaun tarkoituksena on selvittää minkälaisia kaislanniittoon tarkoitettuja välineitä ja koneita on jo markkinoilla. Markkinatutkimus on helpoin suorittaa käyttämällä alankirjallisuutta, kuten tekniikan lehdet, koneyrittäjille ja maanviljelijöille tarkoitettut lehdet sekä internet, mikä tarjoaa myös mahdollisuuden tarkastella ulkomaisia kaislaleikkureita. Tässä insinööriyössä käytettiin kaikkia edellä mainittuja tiedonhakulähteitä.

3.2 Kotimaiset kaislaleikkurit

Kotimaisilta markkinoilta löytyi hyvin monenlaisia kaislaleikkureita. Jokaisen mökkiläisen käyttöön on erilaisia käsikäyttöisiä teriä varsineen, joilla helposti pystyy niittämään pienialaisesti esimerkiksi laiturin ympäristön (kuva 2).



Kuva 2. Nautikulman valmistama niittoterä[9]

Yleisimmät kaislan niittoon tarkoitetut laitteet, mitä markkinoilta löytyi, olivat erilaiset veneeseen kiinnitettävät leikkurit (kuvat 3 ja 4). Yleistä näille leikkureille on moottorikäyttöinen niittoterä ja leikkuusyvyuden säätö. Yleisesti niitto syvyys oli kuitenkin maksimissaan noin 1,5 metriä. Kiinnitys veneeseen on yleensä joko asentamalla leikkuri veneen laitaan tai keulaan.



Kuva 3. Doroteamekaniskan valmistama niittokone[10]

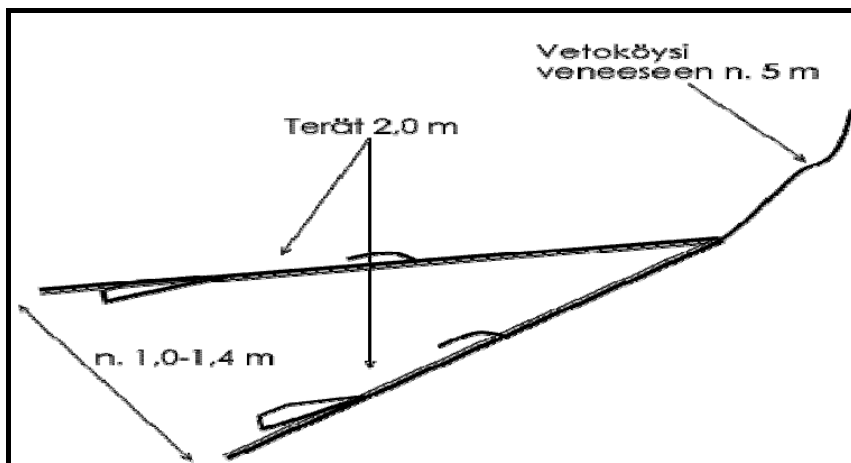


Kuva 4. Veneen laitaan asennettava kaislaleikkuri[10]

Yksinkertaisimmillaan veneeseen asennettavat kaislan niittoon tarkoitetut laitteet tai välineet olivat erilaiset terät joita vedetään veneen perässä ja terät leikkaavat kaislat, viikatteen lailla (kuva 5 ja 6).



Kuva 5. Vedettävät niittoterät[11]



Kuva 6. Periaatekuva vedettävistä niittoteristä[11]

Kehitellyimpiä kaislaleikkureita olivat ammattikäyttöön rakennetut koneet, mitkä olivat tarkoitettu ainoastaan kaislanniittoon (kuva 7). Tällaiset koneet ovat jo huomattavasti tehokkaampia kuin vastaavat veneeseen kiinnitettävät leikkurit. Huonoina puolina tällaisissa kaislaleikkureissa ovat huono liikuteltavuus ja kallis hinta.



Kuva 7. Ammattikäyttöön tarkoitettu kaislaleikkuri[10]

3.3 Ulkomaisia kaislaleikkureita

Ulkomaisilta markkinoilla löytyi lähes vastaavia kaislaleikkureita, kuin kotimaisilla markkinoillakin. Huomattavaa oli kuitenkin se, että kaislan niittoon käytettävä

laitteisto oli hyvin järeää. Luonnollisesti vallitsevat ympäristöolosuhteet vaikuttavat rehevöitymisen tilaan ja siten kaislan poistoon käytettävissä laitteistoissa. Kuvissa 8, 9 ja 10 on nähtävissä ulkomaista järeää kaislanpoistovälineistöä.



Kuva 8. Kaislaleikkuri työntouhussa[12]



Kuva 9. Ruotsalainen Truxor Dm 4700 kaislanniittokone[13]



Kuva 10. Ponttonin päälle rakennettu kaislaleikkuri[14]

Kevyempää kaislan niittoon tarkoitettua välineistöä edustaa erilaiset käsikäyttöiset leikkurit. Kuvassa 11 on nähtävillä eräs ulkomainen käsikäyttöinen niittoterä.



Kuva 11. Käsikäyttöinen kaislanniittoterä[15]

4 KAISLALEIKKURIN ESISUUNNITTELU

4.1 Esisuunnittelun tavoitteet ja vaatimukset

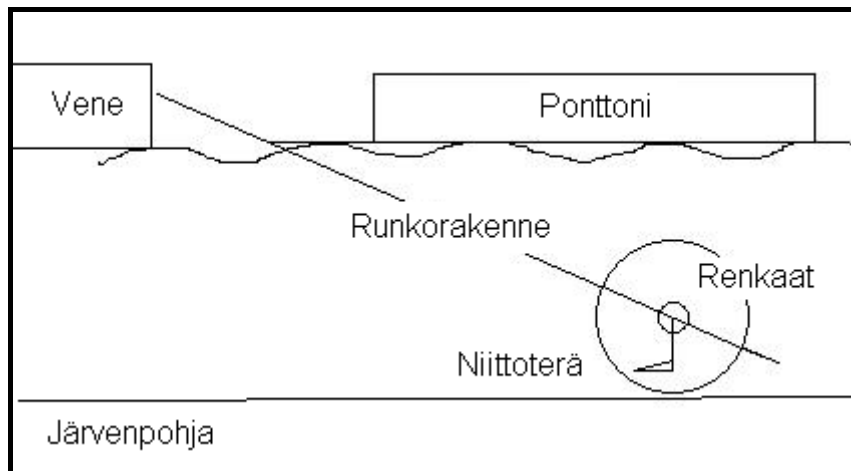
Tämän insinööriyön tavoitteena on luoda esisuunnitelma uudenlaisesta kaislaleikkurista. Esisuunnitelman tarkoitus ei ole olla täydellinen valmistussuunnitelma kaislaleikkurille, vaan antaa prototyypin valmistajalle mahdollisimman vapaat kädet, niin materiaalin valinnan kuin valmistuksen yksityiskohtien suunnittelun kanssa. Prototyypin rakentamisen, koekäyttöjen ja mahdollisten parannusten jälkeen voidaan kaislaleikkurin suunnittelussa siirtyä yksityiskohtaisiin valmistussuunnitelmiin.

Vallitseva suuntaus järviemme rehevöitymisessä asettaa uudenlaisia vaatimuksia kaislanniittoon tarkoitettulta välineistöltä. Markkinoille tarvitaan tehokkaampia, helpommin siirrettäviä sekä käytännöllisempiä kaislaleikkureita. Tällä hetkellä markkinoilla olevat kaislaleikkurit ovat joko tehottomia tai vaikeasti liikuteltavissa paikasta toiseen. Useimmat markkinoilla olevat leikkurit vaativat myös erityisiä kiinnitysratkaisuja ja leikkuusyvyyden säädön. Tämän insinööriyön esisuunnitelmalle onkin asetettu seuraavia vaatimuksia ja tavoitteita:

- helposti siirrettävä
- riittävän tehokas nykyajan vaatimukseen
- ei vaadi erikoisia kiinnitysratkaisuja
- ympäristön kannalta turvallinen
- täyttää lain asettamat vaatimukset
- markkinoilla ei ole vastaavia tuotteita

Suunniteltu kaislaleikkuri koostuu kolmesta suuremmasta kokonaisuudesta; runkorakenteesta, ponttonista ja niittoterästä. Kaislaleikkurin toimintaperiaate käy esiin kuvasta 12. Kaislaleikkuria vedetään veneen perässä kuten auton perävaunua, jonka jälkeen se voidaan ottaa auton perään siirrettäväksi paikasta toiseen. Renkaat kulkevat pohjaa pitkin, jolloin leikkuusvyvyys säätyy automaattisesti. Niittoterä sijaitsee renkaiden välissä, suojassa esteiltä. Ponttoniraken-

teen päällä sijaitsee hydraulikoneikko ja polttomoottori, joista niittoterän moottori saa voimansa.



Kuva 12. Kaislaleikkurin toimintaperiaate

Suunnittelutyökaluna tässä insinööriyössä on käytetty Pro Engineer 2001 -suunnittelujärjestelmää. Pro Engineer on tehokas mekaanisen suunnittelun CAD/CAM -järjestelmä. Erityisesti muutosten tekeminen eri suunnitteluvaiheissa on erittäin tehokasta ja virheetöntä Pro Engineer -ohjelmalla. Prototyypin rakennusvaiheessa mittoihin tehdyt muutokset on vaivatonta siirtää suunnittelu piirustuksiin ja Pro Engineer -tiedostoihin. Tässä insinööriyössä on tarvittu aina yksittäisen kappaleen mallinnuksesta, kokoonpanosuunnitteluun tarkoitettuja ohjelman tarjoamia työkaluja. Monipuolisuuden ja tehokkuuden lisäksi Pro Engineer tarjoaa visuaalisesti monipuolisen tarkasteluympäristön, sillä mallinnettavaa kappaletta voidaan tarkastella kolmiulotteisesti hyvin monipuolisesti.

4.2 Runkorakenne

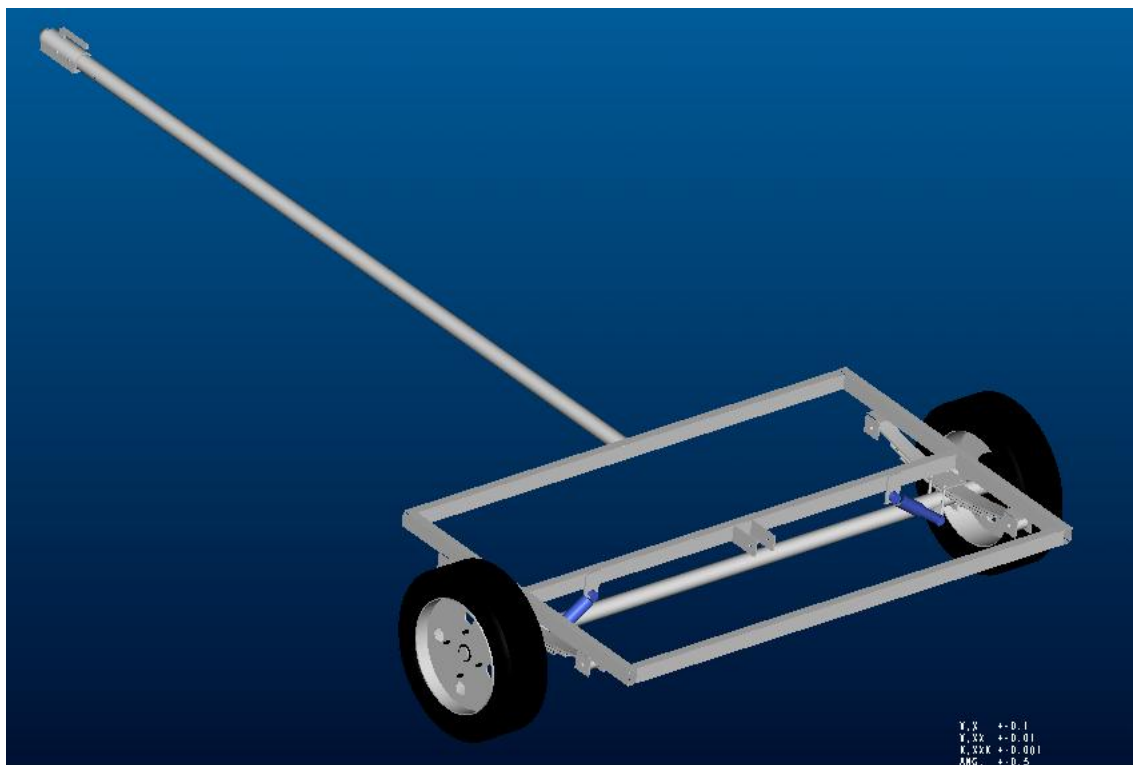
Runkorakenteen suunnittelun lähtökohdaksi otettiin henkilöauton perävaunu, joka mahdollistaa kaislaleikkurin helpon ja käytännöllisen siirrettävyyden. Tällaisella runkorakenteella kaislaleikkuri on nopeasti siirrettävissä paikasta toiseen. Kaislaleikkuria pystytään siirtelemään henkilöautolla, eikä erikoista kuljetuskalustoa tarvita. Käyttöpaikalla kaislaleikkuri otetaan vetoon, veneen perään sille rakennettuun koukkuun.

Tämäntyyppisen, henkilöauton perävaunun rungolle rakennetun, kaislaleikkurin runkorakenteen tulee täyttää henkilöauton perävaunulle laissa asetetut vaatimukset. Apuna suunnittelussa käytettiin Suomen Autokatsastus Oy:n julkaisua, omavalmisteisen perävaunun rakenteesta ja kytkennöistä (liite A), josta käy ilmi lain asettamat vaatimukset perävaunulle. Kokonaismassaltaan kaislaleikkurista tulee enintään 750 kg, jolloin se luokitellaan kevyeksi perävaunuksi, O₁-luokkaan.

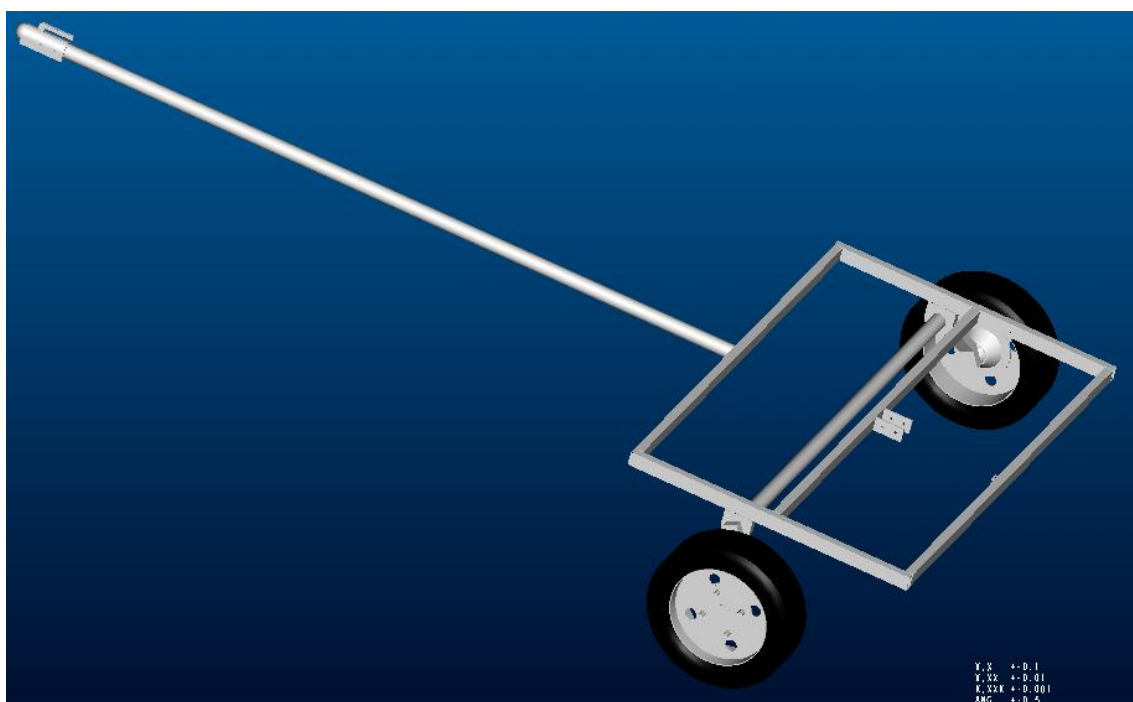
Runkorakenteita suunniteltiin kahdenlaisia. Ensimmäinen versio runkorakenteesta (kuva 13) on toteutettu perinteisellä akseliratkaisulla, missä kaislaleikkurin jousitus on toteutettu lehtijousilla ja iskunvaimentimilla. Toinen versio runkorakenteesta (kuva14) on suunniteltu käytännöllisemmällä kumijoustoakselilla. Kumijoustoakselissa on hyvin vähän kuluvia osia ja se lähes huoltovapaa (liite B).

Runko mitoitettiin siten, että perävaunun ollessa noin 35 asteen kulmassa vedenpintaa nähden, leikkurilla päästään noin 1.5 metrin leikkuusyvyteen, mikä on leikkuu syvyydeksi riittävä. Leveydeltään perävaunusta tulee noin 2 metriä ja pituutta noin 3,5metriä (liite C). Runko suunniteltiin valmistettavaksi 50 * 30 * 1,5 mm sinkitystä teräsputkesta ja kiinnitykset hitsaamalla. Lokasuojat valmistetaan sinkkipelistä ja kiinnitetään pulteilla, eli ne on helppo irrottaa kaislaleikkurin vesillelaskussa. Materiaalin suunnittelussa, mitoituksessa sekä runkorakenteen suunnittelussa otettiin huomioon seuraavat runkorakenteelta vaadittavat ominaisuudet:

- Runkorakenteen on oltava kevyt ja yksinkertainen.
- Leikkuujäte ei saa takertua runkorakenteisiin.
- Leikkuusyvyden on oltava vähintään 1,5 metriä.
- Käyttöympäristön asettamat vaatimukset, kuten korroosio on otettava huomioon.
- Runkorakenteen valmistus ei saa vaatia erikois-osaamista.



Kuva 12. Lehtijousituksella toteutettu runkorakenne

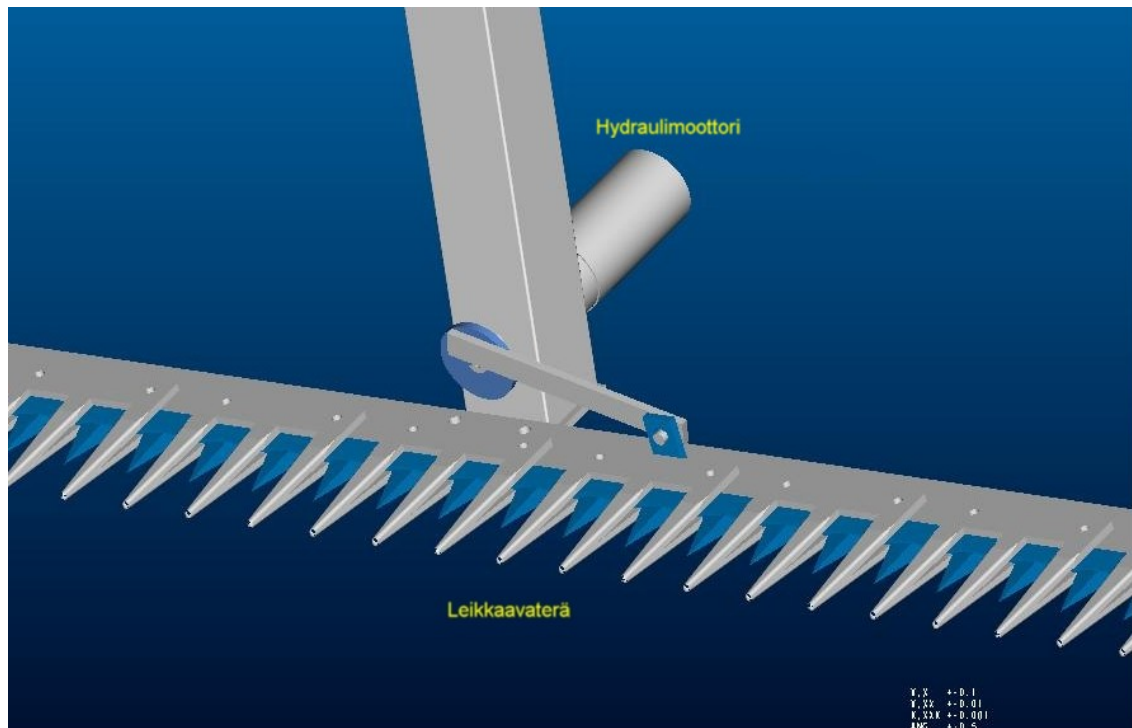


Kuva 13. Kumijoustoakselilla toteutettu runkoratkaisu

4.3 Terälaite

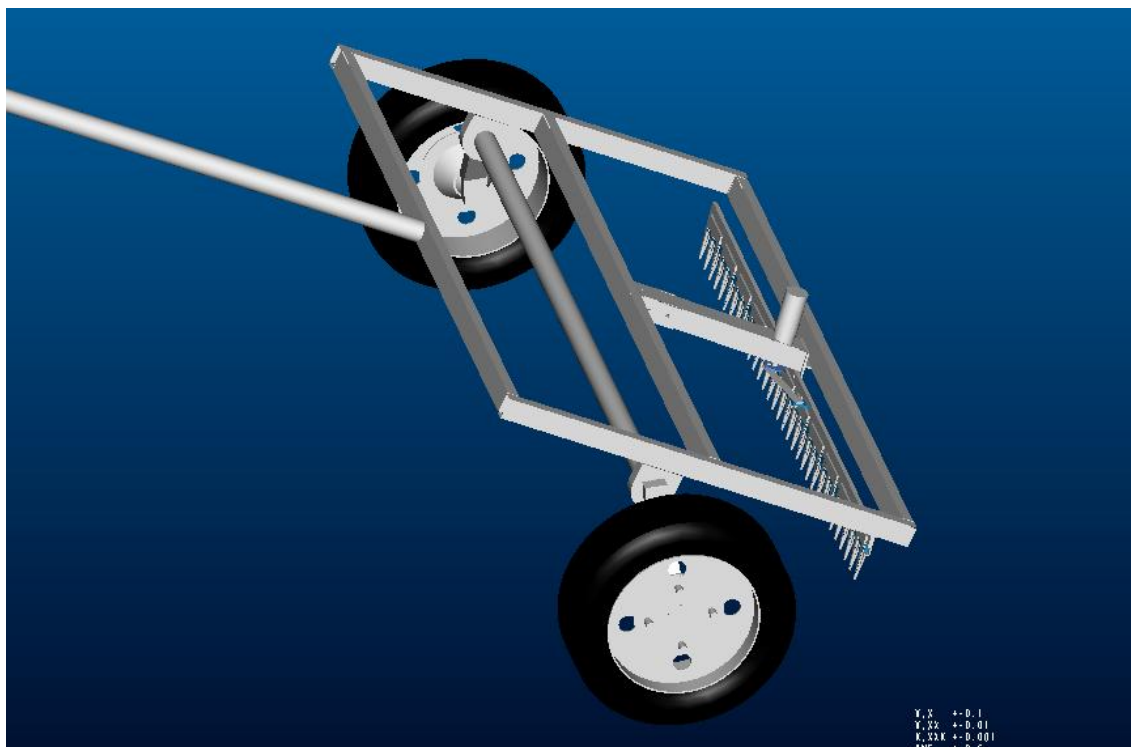
Niittoterän suunnittelussa apuna käytettiin traktorin niittokonetta, josta saatiin ideoita kaislaleikkurin niittoterän suunnitteluun. Terälaiteesta pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertainen, mutta kuitenkin toimiva ja riittävän tehokas kaislanleikkuun asettamiin vaatimuksiin.

Terälaitteen toimintaperiaate käy ilmi kuvasta 14. Leikkaavaterä saadaan liikumaan edestakaisin hydraulimoottorin pyöriessä. Leikkaavaterä on suojassa iskulta ja esteiltä terälaitteenrungon ja ”sormien” välissä.

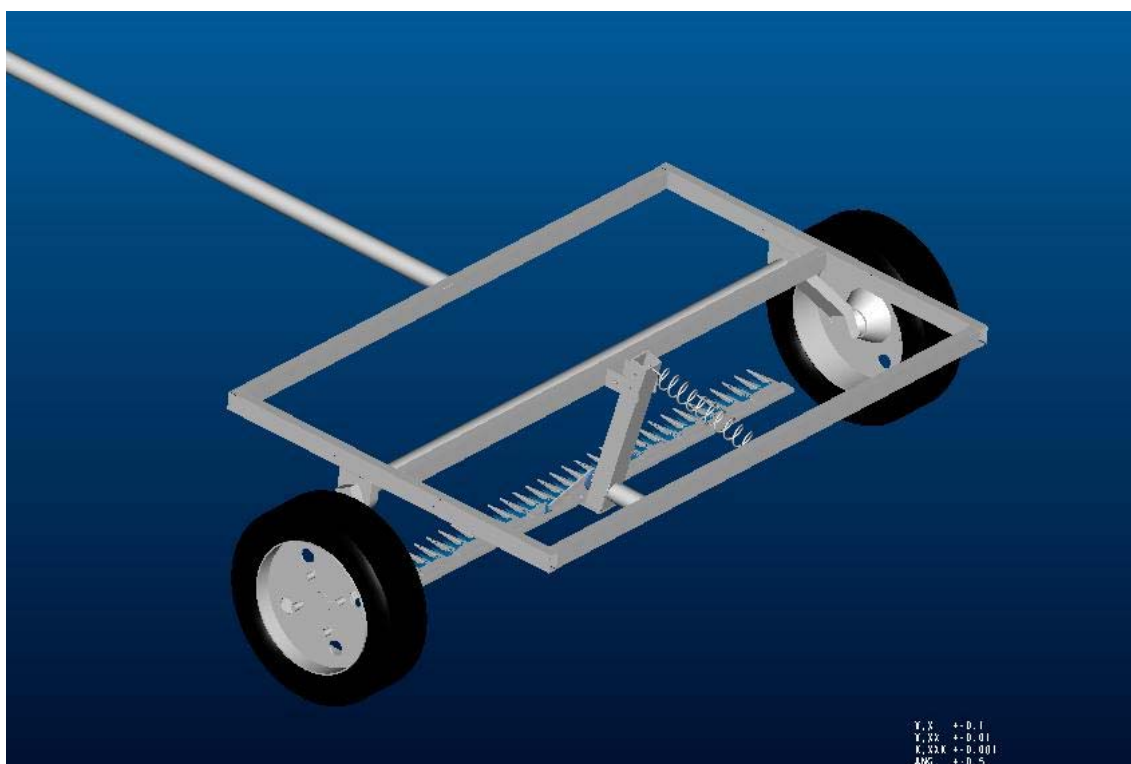


Kuva 14. Terälaitteen toimintaperiaate

Leveyttä terälaitteelle tulee noin 1,6 metriä (liite C). Terälaite kiinnitetään perävaunun runkoon renkaiden väliin. Kuljetusasennossaan terälaite nostetaan ylös ja lukitaan sokalla (kuva 15). Työskentelyasennossa terälaitteeseen kiinnitetään jousi, mikä mahdollistaa terälaitteen taipumisen mahdollisten esteiden yli ja palaamisen leikkuu asentoon (kuva 16).



Kuva 15. Terälaite kuljetusasennossaan



Kuva 16. Terälaite leikkuuasennossa

4.3.1 Terälaitteen moottori

Terälaitteen moottoriksi valittiin hydraulimoottori, geroottorimoottori. Hydrauliikkamoottoreita löytyy markkinoilta useita eri malleja, sekä kotimaisia että ulkomaisia. Hydrauliikkamoottoreiden etuihin voidaan lukea niiden hyvät vääntömomentit sekä sopivat pyörimisnopeudet. Nykyiset hydraulimoottorit ovat myös ympäristöystävällisiä, sillä niiden tiivisteet kestävät korkeitakin paineita, joten vahingollisia vuotoja ei esiinny. [16.]

Hydraulimoottorin mitoituksessa huomioitavia muuttujia ovat teho, tarvittava vääntömomentti ja pyörimisnopeus. Kaislaleikkurin terälaitteen moottorille asetettiin seuraavia vaatimuksia; vääntömomentti oltava vähintään 100 Nm, pyörimisnopeus oltava vähintään 500 r/min ja moottorin on oltava kooltaan pieni. Esimerkkinä moottoreista ovat Ross geroottorimoottorit [16].

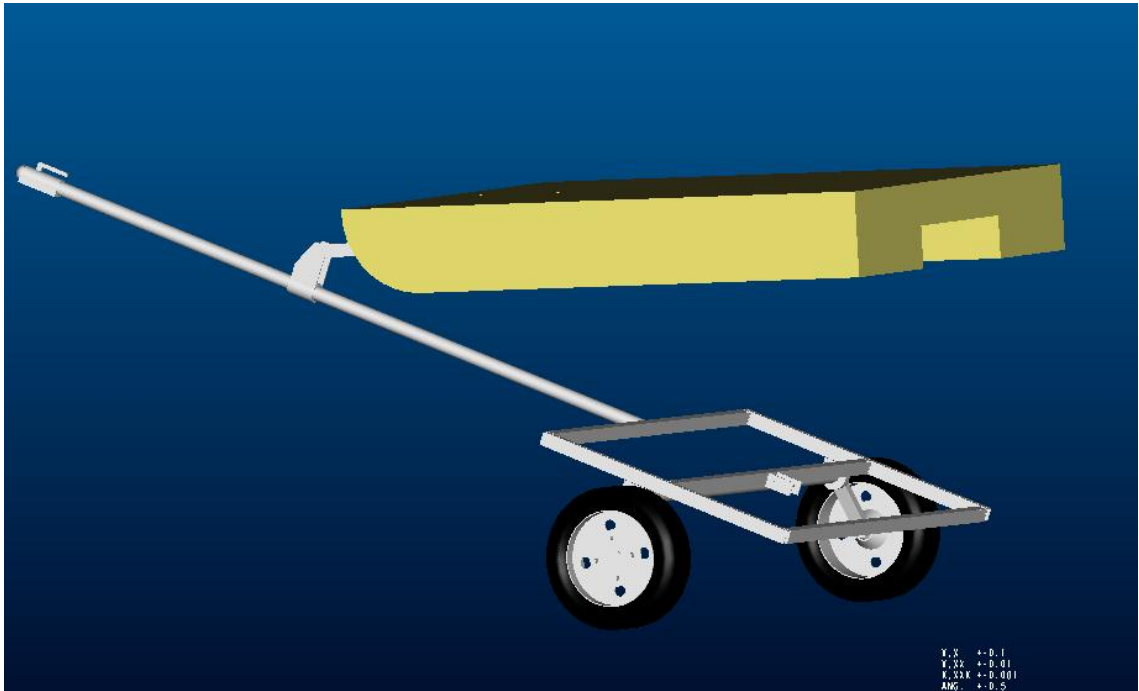
4.3.2 Hydraulikoneikko

Hydraulimoottori tarvitsee toimiakseen hydraulikoneikon. Hydraulikoneikot ja pumput ovat tunnettuja traktoreiden käyttösovelluksia. Polttomoottorista viedään suoraveto pumpulle, joka pumppaa moottorille tarvittavan öljyn. Hydraulikoneikon mitoituksessa huomioitavia asioita ovat pumpun tuotto ja tarvittava käyttöpaine. Hydraulikoneikko sijoitetaan kaislaleikkurin ponttonin päälle, josta tarvittavat letkut viedään niittoterää liikuttavalle moottorille.

4.4 Ponttoni

Ponttonin merkitys kaislaleikkurissa on toimia kannattelevana alustana hydraulikoneikolle ja polttomoottorille. Ponttonirakenne suunniteltiin kiinnitettäväksi runkorakenteen vetoaisaan siten, että ponttoni pääsee kallistelemaan sivusuunnassa (kuva 17). Tämä ratkaisu mahdollistaa ponttonin pysymisen suorassa silloin, kun kaislaleikkuria vedetään kaltevilla pohjalla.

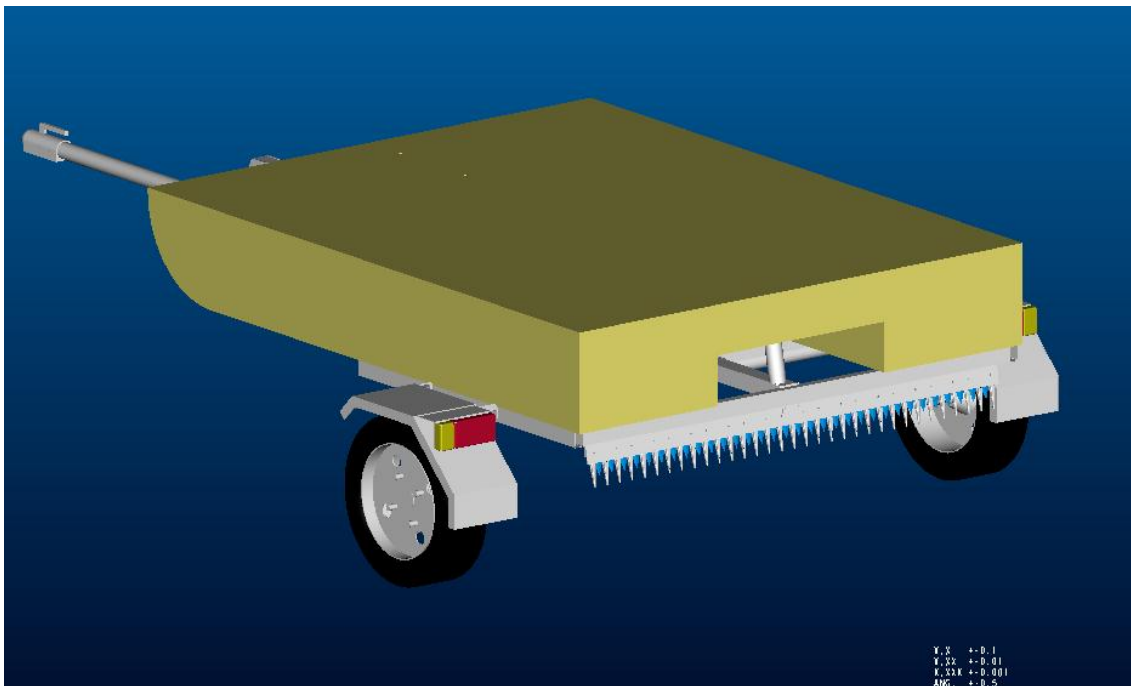
Ponttonirakenne mitoitettiin ja suunniteltiin siten, että runkorakenteen ollessa 35 asteen kulmassa ja ponttonin ollessa vaakatasossa, niittoterän leikkuusyvyys olisi noin 1,5 m (liite C). Ponttonin tilavuus on noin 1,0 m³, jonka kantavuus riittää noin 900 kg asti.



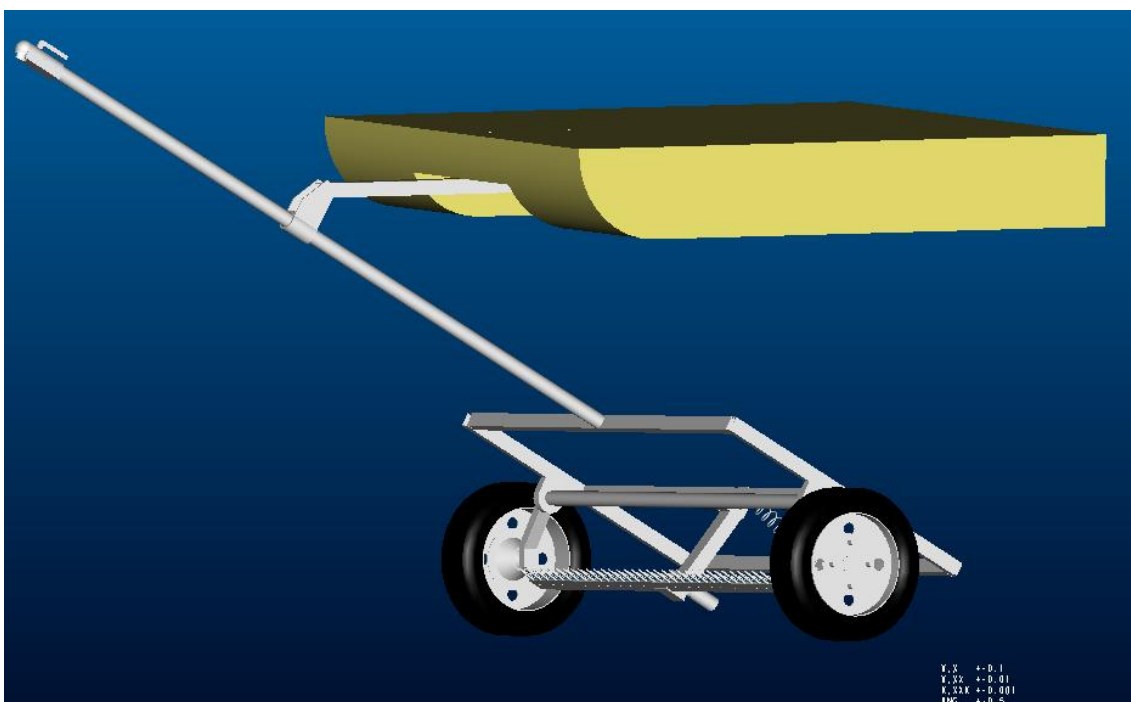
Kuva 17. Ponttonin kiinnitys

4.5 Kokoonpano

Kokoonpanokuvista (kuvat 18 ja 19) voidaan nähdä kaislaleikkuri sekä käyttökuntoon laitettuna että kuljetusasennossaan. Käyttökuntoon laitossa kaislaleikkurista irrotetaan lokasuojat valoineen. Lisäksi terälaite lasketaan niittoasentoon ja ponttonirakenne vapautetaan, jolloin se pääsee vapaasti kallistelemaan.



Kuva 18. Kaislaleikkuri kuljetusasennossa



Kuva 19. Kaislaleikkuri toimintakunnossa

4.6 Prototyypin kustannusarvio

Hinnat ovat arvioita, sillä prototyypivaiheessa tarkkojen kustannusarviointien ei katsottu olevan tarpeellisia. Suurin osa materiaaleista on myös mahdollista hankkia valmiina tai käytettyinä, kuten niittoterä, akselisto, renkaat ja hydraulikoneikko pumppuineen. Hinta-arvion pohjana on käytetty materiaalien ja osien ovh. hintoja. Seuraavassa on esitetty hinta-arvio prototyypille:

-	sinkittyteräsputki (7 m)	50 €
-	sinkittyteräsputki d=50 mm (2,5 m)	20 €
-	kumijoustoakseli 750 kg	150 €
-	geroottorimoottori + hydraulikoneikko	450 €
-	renkaat + vanteet	150 €
-	terälaite	150 €
-	ponttoni	130 €
-	työpanos (16 tuntia, 10 €/ h)	160 €

Yhteensä noin 1260 €

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Aikaansaadut tulokset

Tämän insinööriyön tuloksena saatiin Pro Engineer –kuvat, joiden pohjalta voidaan rakentaa prototyyppi kaislaleikkurista. Tämän suunnitelman ei ole tarkoitus olla yksityiskohtainen valmistussuunnitelma kaislaleikkurille. Esisuunnitelma on apuna seuraavissa asioissa:

- prototyypin valmistuksessa ja mitoituksessa
- kaislaleikkurin jatkokehittämisessä

Tässä insinööriyössä tehdyn markkinakartoituksen mukaan vastaavanlaista kaislaleikkuria ei ole markkinoilla, joten käytännön kokemusta esisuunnitelmasa käytetystä runko- ja ponttonirakenteesta sekä niiden toimivuudesta ei ole. Tällaisen runkorakenteen etuja ovat ehdottomasti helppo ja nopea liikuteltavuus sekä tehokkuus. Markkinoilla olevissa kaislaleikkurissa leikkuusyvyiden säätö tapahtuu pinnalta, eikä leikkuujäljestä tule tasaista. Tässä kaislaleikkurissa leikkuusyvyys säätyy automaattisesti pohjan mukaan, jolloin koko niitettyalue on saman mittaista ja kasvuolosuhteiltaan samassa vaiheessa.

Runkorakenteita suunniteltiin kahdenlaisia, perinteisellä lehtijousituksella ja kumijousituksella toteutettuja. Lehtijousituksella ja iskunvaimentimilla varustetussa runkorakenteessa ongelmakohtaksi muodostuu akseli, joka melko alhaalla haittaa kaislanniittoterän toimintaa. Mahdollisten esteiden, kuten kivien ja kantojen, sattuessa kohdalle alhaalla oleva akselisto saattaa myös aiheuttaa ongelmia. Kumijousitetulla runkorakenteella kyseiset ongelmat voidaan välttää, sillä akselisto nousee huomattavasti korkeammalle. Kuormaamattomana kumijoustoakseli on kuitenkin huomattavasti pomppivampi verrattuna lehtijousilla ja iskunvaimentimilla toteutettuun ratkaisuun. Lisää kysymyksiä herättää muun muassa se, kuinka tällainen runkorakenne toimii vedettäessä pehmeällä järvenpohjalla tai tiheässä järvikasvustossa. Runkorakenteeseen joudutaan mahdollisesti li-

säämään vetävä akselisto, jolloin kaislaleikkuri työntäisi myös venettä. Suurimmat puutteet ja parannukset ilmenevät kuitenkin vasta koekäyttöjen yhteydessä.

Runkorakenteen materiaali suunnitelmassa on sinkittyteräsputki. Materiaalina alumiini olisi kevyempää, mikä olisi runkorakenteen kannalta parempi. Alumiinin hitsattavuus asettaa kuitenkin omat rajoituksensa. Korroosion kestoensa vuoksi alumiini ja ruostumaton teräs soveltuisivat paremmin runkomateriaaliksi kuin sinkittyteräsputki.

Terälaitteen suunnittelussa on apuna käytetty traktorin niittokoneen terää ja sen toimintaa. Useimmissa markkinoilla olevissa moottorikäyttöisissä kaislaniittoterissä on käytössä vastaavatyypisiä, ei kuitenkaan samanlaisia, leikkaavalla terällä varustettuja niittolaitteita. Tämän tyypiset terälaitteet ovat todettu riittävän tehokkaiksi kaislanleikkuun asettamiin vaatimuksiin. Uutta terälaitteen suunnittelussa ovat irrotettavat ”sormiyksiköt”, jotka mahdollistavat rikkoutuneet ”sormen” vaihtamisen helposti (kuva 14). Terälaitteen moottorin valintaan tässä suunnitelmassa ei ole annettu yhtä ratkaisua, sillä markkinoilla löytyy lukuisia eri vaihtoehtoja joista valita.

Esisuunnitelmassa on otettu huomioon mahdollisimman monipuolisesti kaislaleikkurilta vaadittuja ominaisuuksia. Tätä varten on insinööriyössä pyritty keräämään mahdollisimman kattavasti tietoa kaislanniitosta sekä niitettävistä kasveista. Teoria ja markkinakartoitus yhdessä ovat olleet perustana tälle esisuunnitelmalle, uudentyyppisestä kaislaleikkurista.

5.2 Jatkokehitys

Jatkossa esisuunnitelman pohjalta on tarkoitus valmistaa prototyyppi kaislaleikkurista. Prototyypin koekäytön jälkeen voidaan siirtyä yksityiskohtaisiin valmistussuunnitelmiin, joissa havaitut puutteet korjataan. Jos suunniteltu kaislaleikkuri osoittautuu toimivaksi kokonaisuudeksi on myöhemmin mahdollista hakea kaislaleikkurille tuotesuoja, sillä vastaavia kaislaleikkureita ei ole markkinoilla.

Kaislaleikkurin tuotekehityksen tueksi Kainuun Keksijät Ry järjesti 18.3.2004 innoklubi-illan, jossa tuoteidea ja esisuunnitelma esiteltiin asiasta kiinnostuneille keksijöille ja opiskelijoille. Paikalle kokoontui 11 kaislaleikkurin suunnittelusta ja jatkokehityksestä kiinnostunutta henkilöä. Paikalla olijoilta vaadittiin salassapito ja idean hyödyntämättömyys sopimuksen allekirjoittamista. Paikalla olijat saivat tuoda julki omia ideoitaan kaislaleikkurin jatkokehittämisen tueksi.

Kaislaleikkurin jatkokehityksen kannalta keskeiseksi puheenaiheeksi innoklubi-illassa nousi kaislaleikkurin toiminta pehmeässä mutapohjassa ja tiheässä vesikasvustossa. Jatkokehityksen tueksi ehdotettiin muun muassa seuraavia ideoita:

- lisätä vetävä akselisto
- varustaa kaislaleikkuri suuremmilla renkailla
- käyttää telaketjuja tai lumikelkan mattoa
- tehdä runkorakenteesta nostettava, esimerkiksi vinssillä
- lisätä runkorakenteeseen pohjalevy
- sijoittaa terälaite renkaiden eteen
- lisätä ohjurit, joilla kaislat saadaan pois renkaiden edestä
- varustaa terälaite korkeuden- ja kallistuksensäädöllä
- automaation lisääminen eri toimintoihin

Kaislanleikkuuseen liittyy osana myös niitetyn kaislajätteen poisto vesistöistä. Kaislaleikkurin suunnitelmaa voisikin jatkaa, liittämällä kaislan niiton yhteyteen myös itse kasvijätteen keruun. Tässä olisikin mahdollinen aihe seuraaviin insinööritöihin.

6 YHTEENVETO

Ihminen on omalla toiminnallaan aiheuttanut vesistöjen rehevöitymisen kiihtymisen. Joskus rehevöitymisestä tulee niin iso ongelma, jolloin täytyy turvautua vesistönkunnostustoimenpiteisiin ja liikakasvillisuuden poistoon. Vesikasvien niitto on yksi yleisimmistä vesikasvien poistoon ja vähentämiseen käytetty menetelmä, sillä se on halpaa ja nopeaa. Markkinoilta löytyy useita kaislan niittoon tarkoitettuja laitteita ja niiden valmistajia, mutta tarve kehittää uusia ja parempia laitteita on kuitenkin ilmeinen.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tarjota esisuunnitelma uuden tyyppisestä kaislaleikkurista, jonka etuina olisivat ennen kaikkea nopea liikuteltavuus ja käytännöllisyys. Markkinoilta ei löytynyt vastaavia tuotteita. Tämän vuoksi vasta koekäyttö osoittaa suunnitellun kaislaleikkurin suurimmat puutteet. Esisuunnitelman pohjalta rakennetaan prototyyppi, jonka koekäytön ja mahdollisten parannusten jälkeen voidaan aloittaa kaislaleikkurin valmistus.

Esisuunnitelman ei ole tarkoitus olla yksityiskohtainen valmistussuunnitelma, vaan prototyypin valmistaja saa käyttää omaa harkintaansa niin materiaali valinnoissa kuin valmistuksen yksityiskohtien kanssa.

LÄHDELUETTELO

- 1 Borg, P. Luonnon- ja maisemanhoidon opas. Porvoo: WSOY, 1983. 163 s. ISBN 951-0-11172-4
- 2 Ilmavirta, V. (toim.) Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki: Yliopistopaino, 1990. 479 s. ISBN 951-570-051-5
- 3 Vesikasvien niitto. Vesikasvien niitto-esite. Päivitetty 14.5.2001. [WWW-dokumentti]
<<http://www.vyh.fi/hoito/vesikun/niitto.htm>>
- 4 Seppänen, H. Ympäristönsuojelutekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy, 1999. 252 s. ISBN 951-672-134-6
- 5 Hagman, A-M. Vesikasvien niitto vesistön kunnostusmenetelmänä. Limnologian ainesseminaari. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. 2003. [WWW-dokumentti]
- 6 Väänänen, H. (toim.) Uusi värikuvakasvio. Porvoo: WSOY, 1989. 460 s. ISBN 951-0-15608-6
- 7 Jokinen, T. Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino Oy, 2001. 200 s. ISBN 951-672-313-6
- 8 Häti-Korkeila, M. Tuotesuunnittelun perusteita. Porvoo: WSOY, 1985. 158 s. ISBN 951-0-11340-9
- 9 Valmistajan kotisivut. <<http://www.nautikulma.fi/kaisla.htm>> [WWW-dokumentti]. (Luettu 7.1.2004.)
- 10 Valmistajan kotisivut.
<http://www.doroteamekaniska.se/fin/bat_1.html> [WWW-dokumentti]. (Luettu 7.1.2004.)
- 11 Valmistajan kotisivut. <<http://www.kotiposti.net/lastera/>> [WWW-dokumentti]. (Luettu 7.1.2004.)
- 12 Valmistajan kotisivut.
<http://www.wes.army.mil/el/aqua/apis/mechanical/html/cookie_c.html> [WWW-dokumentti]. (Luettu 7.1.2004)
- 13 Jälleenmyyjän kotisivut.
<<http://www.lannenjarviperkaus.fi/images/truxor.pdf>> [WWW-dokumentti]. (Luettu 7.1.2004.)

- 14 Valmistajan kotisivut. <<http://www.weedcutter.com>> [WWW-dokumentti]. (Luettu 12.1.2004.)
- 15 Valmistajan kotisivut.
<<http://aquat1.ifas.ufl.edu/guide/mechcom.html>> [WWW-dokumentti]. (Luettu 12.1.2004.)
- 16 Jälleenmyyjän kotisivut. <<http://www.medifast-teknikka.fi/index.htm>> [WWW-dokumentti]. (Luettu 2.3.2004)