

# Kierrätysosien käyttö koneen rakentamisessa

Telamaastoajoneuvo

**Teemu Pesonen**

Opinnäytetyö

---



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Teemu Pesonen	
Työn nimi Kierrätysosien käyttö koneen rakentamisessa	
Päiväys	11. tammikuu, 2012
Sivumäärä/Liitteet	33
Ohjaaja(t) Yliopettaja Risto Rönkä	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tarkoituksena oli pohtia ja tarkastella kierrätysosien käyttöä koneen rakentamisessa. Tarkastelussa kiinnitettiin huomiota ensisijaisesti osien hankintahintaan ja mahdolliseen soveltuvuuteen ja toimivuuteen koneen muiden komponenttien kanssa. Lisäksi hieman arvioitiin oman, ylimääräisen työn osuuden kasvua</p> <p>Työn välineeksi valikoitui hydraulisella voimansiirrolla oleva telamaastoajoneuvo, johon tarvittavat osat ja komponentit hankittiin mahdollisimman taloudellisesti vaihtoehtoisia kanavia hyväksikäyttäen. Lopuksi tarkasteltiin hankittujen osien yhteensopivuutta sekä vertailtiin pääkomponenttien kustannuksia uusiin osto-osiiin nähden.</p> <p>Työssä selvisi, että henkilökohtaisten verkostojen ja muiden vaihtoehtoisten kanavien kautta hankituilla uusio-osilla on mahdollista saada aikaan merkittäviä säästöjä, mutta oman työn osuus kasvaa myös huomattavaksi.</p> <p>Havaitut tulokset puoltavat voimakkaasti myös sekä ympäristö- että kansantalouden näkökannalta nykyisen, romutustyyllisen kierrätysideologian järjeistämistä soveltuvin osin käsittämään myös kierrätyskomponenttien uusiokäyttöä komponenttina eikä pelkästään raaka-aineena.</p>	
Avainsanat uusiokäyttö, kierrätys, romutus, hydraulikka, tela, maastoajoneuvo, V8-diesel,	
säästötilavuuspumppu, vetokita, koneenrakennus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Industrial Engineering and Management			
Author(s) Teemu Pesonen			
Title of Thesis Usage of Recycled Parts in Manufacturing a Machine			
Date	11 January, 2012	Pages/Appendices	34
Supervisor(s) Risto Rönkä, Senior Lecturer			
Client Organisation/Partners			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final project was to investigate the usage of recycled, second hand and new but old stock parts and elements in mechanical engineering.</p> <p>A self-made rubber tracked, hydraulic driven all-terrain vehicle was selected for this inspection. All main components and parts for the vehicle were purchased through alternative channels for low cost. First of all attention was paid to the purchasing price and the suitability and compatibility with other components. The increased amount of own work was also estimated. The durability of the parts was followed for three years.</p> <p>The results of this project give support to the usage of recycled parts as components of machines and not only as raw material. Comparison of prices also showed significant cost savings.</p>			
<p>Keywords recycle, second hand part, hydraulic drive, all-terrain vehicle.</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	KUMITELAMAASTUREITA .....	7
2.1	Jarruohjaus .....	7
2.2	Runko-ohjaus .....	8
3	PERUSKOMPONENTTIEN VALINTA .....	10
3.1	Moottori .....	10
3.2	Hydrauliikkapumppu .....	12
3.3	Kytkin .....	12
3.4	Ajomoottorit .....	13
3.5	Venttiilipöytä .....	14
3.6	Letkut .....	15
3.7	Ohjaimet .....	16
3.8	Runko .....	17
3.9	Telasto .....	17
4	PERUSKONEEN VARUSTELU .....	20
4.1	Puutavarakuormain .....	20
4.2	Etukuormain .....	21
4.3	Takavaunu .....	21
5	KOMPONENTTIEN YHTEENSOPIVUUS .....	25
5.1	Pumpun tuotto ja ajonopeus .....	25
5.2	Moottorin teho .....	26
5.3	Letkutukset .....	27
6	KUSTANNUKSET JA SÄÄSTÖARVIO .....	29
7	YHTEENVETO .....	31
	LÄHTEET .....	33

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tarkastella kierrätysosien kustannuskäyttäytymistä ja muodostaa suuntaa antava käsitys kierrätysosien käyttömahdollisuuksista sekä käytöllä saatavista säästöistä yksittäiskappaleina valmistettavien koneiden ja laitteiden rakennuksessa.

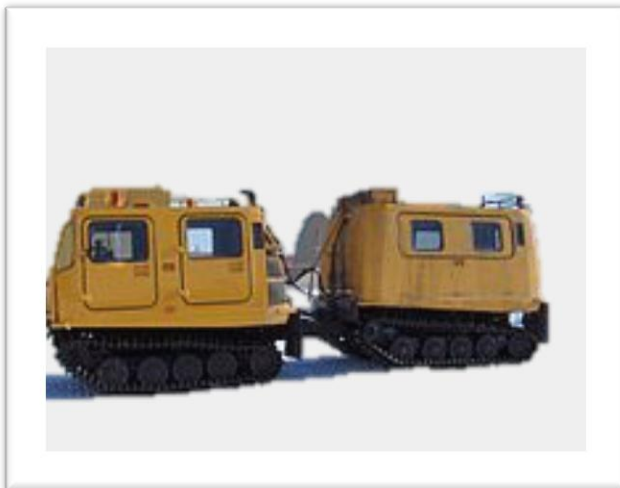
Kohteena on yksityiskäyttöön tuleva hydraulivetoinen kumitelamaastoajoneuvo. Mainitunlaisen maastoajoneuvon valmistaminen yksityiskäyttöön pelkästään uusilla ostosilla ei ole millään lailla järkevää kustannusten vuoksi. Kohde onkin mitä oivallisin tarkasteluväline uusien ja kierrätettyjen komponenttien hintavertailuun.

Telamaastureita on Suomessakin tehty lukuisia, mutta kaikki opinnäytetyössä tutkitut maasturit oli toteutettu mekaanisella vedolla ja joko runko- tai jarruohjauksella. Näin toteutetut telamaasturit ovat edullisia hankkia ja rakentaa, mutta käytettävyydeltään huomattavasti kankeampia kuin täyshydraulinen veto ja ohjaus.

## 2 KUMITELAMAASTUREITA

Yksityishenkilöt Suomessa ovat tehneet kumitelamaastureita jo kymmeniä. Omatoiminen rakentelu sai vauhtia, kun Ruotsin armeija romutti Hägglunds carrier Bv206 -telakuorma-autoja (kuva 1) ja Keminmaalla toimiva Laurilan Romu KY sai romutusurakan ja purki satoja käytöstä poistettuja telakuorma-autoja toimipisteessään ja möi niistä käyttökelpoisia telastoja niin yksityisille kuin yrityksillekin.

Maininnanarvoisia ostajia ovat mm. jälleenmyyjä Savenmaa OY Nivalasta ja venäläinen maantutkimuslaitos, joka myös valmisti tutkimuskäyttöön Bv206:n purkuosista kumitelamaastoajoneuvoja.



KUVA 1. Hägglunds carrier Bv206 (Kuva Wikipedia)

Alla on esitelty kaksi esimerkkiä yleisimmin Suomessa toteutetuista Bv206 -pohjaisista telamaastureista.

### 2.1 Jarruohjaus

Esimerkkinä jarruohjatusta telamaasturista on kattamaton, puskulevyllä varustettu telamaasturi, jonka etummainen telipari on jousitettu (kuva 2). Moottori on Mercedes-Benz 240D dieselmoottori, voimansiirrossa manuaalivaihteisto ilman alennusvaihteis-

toa ja ohjauksena jarruohjaus. Pieni kiilahihnavälitteinen lisähydrauliikkapumppu riittää käyttämään puskkulevyn nostoa eikä muuta tarvetta hydrauliikalle koneessa ole.

Käytännössä jarruohjaus on paitsi käytettävyydeltään kankea, myös herkkä ylikuumenemaan ajettaessa epätasaisella alustalla, jossa ohjausta tarvitaan paljon. Toisaalta jarruohjattu laite on kohtuullisen näppärä kääntymään pienessä tilassa, eikä tarvitse takavaunua kuten runko-ohjattu Bv206.



KUVA 2. Telamaasturi jarruohjauksella (Kuva Teemu Pesonen)

## 2.2 Runko-ohjaus

Runko-ohjatun telamaasturin esimerkkinä on hytillinen telamaasturi (kuva 3). Ohjauksen mahdollistaa vetovaunuun pysyvästi kytketty takavaunu. Etu- ja takavaunujen nivelrakenteeseen asennettu sylinteri poikkeuttaa näiden keskinäistä yhdensuuntaisuutta, jolloin kääntöliike tapahtuu. Takavaunun voi varustella esimerkiksi kompressorilla ja porauskalustolla tai kuten esimerkin vaunussa, johon on varusteltu hydrauliinen kuormain ja tukkipankot. Tämäntyyppinen ohjaus ei ylikuumene hankalassakaan maastossa, mutta vaatii aina takavaunun toimiakseen.

Voimanlähteenä on Toyota Hilux 2,4D -dieselmoottori ja voimansiirrossa manuaalivaihteisto alennusvaihteistolla ja voiman ulosotolla, johon on kytketty ulkopuolisen hydraulikan pumppu.



KUVA 3. Telamaasturi runko-ohjauksella (Kuva Teemu Pesonen)

### 3 PERUSKOMPONENTTIEN VALINTA

Rakennettavan koneen suunniteltuina käyttökohteina ovat sekä pienehköt piha- ja maansiirtotyöt että metsänhoidolliset työt myös hankalissa tai pehmeissä maastoissa tai huomattavan herkissä kohteissa, joihin ei raskailla metsänhoitokoneilla pääse. Näillä kriteereillä tarkastellen ainoa joka kohteeseen sopiva tapa toteuttaa voimansiirto on erillinen hydraulinen veto molemmille teloille, koska piha-alueilla runko-ohjauksen vaatima takavaunu vie liikaa tilaa ja taas toisaalta maastossa pelkkä jarruohjaus on kokemusperäisesti ilmeisen herkkä ylikuumentamaan. Tätä taustaa vasten täytyy päähydrauliikkapumpun olla todella järeä, että tilavuusvirta riittää mielekkääseen etenemisvauhtiin. Tarvittava suuri tilavuusvirta taas vaatii päämoottorilta tasaista vääntöä sopivalla kierrosalueella.

#### 3.1 Moottori

Moottoriksi valikoitui vääntävä ja taloudellinen Oldsmobile 350DX, 5,7 litran Diesel V8 -moottori, koska sen käytännön tehoalue sattuu erittäin hyvin hydraulipumppujen yleiselle jatkuvan käytön maksimikierrosalueelle, noin 1800 - 2000rpm ja sen rakenteellinen painopiste on luonnostaan matala, koska esimerkiksi nokka-akseli on sylinterilohkojen välissä ja lohkot ovat 90° kulmassa. Lisäksi valintaa puolsivat moottoreiden yleinen edullisuus ja tietenkin V8:n ääni.

Moottori oli erittäin yleinen voimanlähde aktiiviaikanaan ja sitä on valmistettu vuosina 1981 - 1985. Perusmoottori on tuotu markkinoille jo vuonna 1978 mallimerkinnällä 350D. Näitä 350 kuutiotuomaisia dieselmoottoreita on ollut aikoinaan tarjolla General Motorsin kaikkiin merkkeihin, Chevrolet pick-up työvälaineistä aina herraskaisiin Buickeihin ja jopa Cadillaciin.

Toinen vahva ehdokas oli Cummins 5,9 litran Diesel In-line 6, joka on nykyisin yleisesti käytetty moottori traktoreissa, työkoneissa, kuorma-autoissa, pickupeissa ja linja-autoissa, mutta valinnan ratkaisi hinta. Erittäin luotettavaa ja sitkeää Cumminsia ei löytynyt käytettynä edullisesti ja huomionarvoista oli, että yleensäkin Cumminseja ei markkinoilla juuri liikkunut. Lisäksi Cummins on

huomattavasti massiivisempi moottori kuin 350DX. Kuusi sylinteriä peräkkäin tuo pituutta noin 25 cm lisää ja pystyssä oleva lohko sekä painavat valurautaeerilliskannet venttiilikoneistoineen nostaa myös painopistettä noin 25 cm verrattuna löytyneeseen V8 -ratkaisuun.

Cumminsilta mielenkiintoinen vaihtoehto oli myös marine- ja kuorma-autokäyttöön valmistettu V8 -moottori, jota myös suomalainen Sisu käytti 1960 - 1970 lukujen taitteessa, sekä ilmajäähdytteinen Deutz V8. Deutz -moottoreita olisi voinutkin löytyä helpommin kuin ehjää Cummins V8:a, koska Deutz -voimanlähde on käytetty yleisesti esimerkiksi lentokenttälumilingoissa ja Magirus kuorma- ja maastokuorma-autoissa, mutta ilmajäähditysriivat tekevät moottorista todella tilaa vievän, joten sellaista moottoria mittailtuani hylkäsin ajatuksen.



Kuva 4. Oldsmobile 350DX Diesel V8 (Kuva General Motors LLC, GM Media Archives)

### 3.2 Hydrauliiikkapumppu

Pumpuksi löytyi ihanteellinen, järeä säätötilavuusaksiaalimäntäpumppu Parker Hydraulics P2 – sarjasta (kuva 5), joka tuottaa tilavuusvirtaa enimmillään 145 cm<sup>3</sup>/r. Pumpun maksimipaine on 320bar mutta tehdasasetuksilla maksimi käyttöpaine on nyt säädetty 235bar. Pumpun kuivapaino on säätöyksikön kanssa noin 80kg.

Eräs johtava metsäkonevalmistaja huomasi ongelmia suurilla kuormituksilla näillä pumpuilla kun koneessa oli nk. bioöljyt hydrauliiikassa, joten ongelma ratkaistiin vaihtamalla pumppujen toimittajaa. Parker -pumpuissa ei havaittu normaaleista poikkeavia ongelmia, kun käytettiin mineraalipohjaisia hydrauliiikkaöljyjä. Varastossa oli kuitenkin kymmenittäin takuuseen tehdaskunnostettuja Parker P2 -pumppuja, joita ei vaihtopäätöksen jälkeen enää asiakkaille toimitettu, eli tämäkin pumppu on aivan uutta vastaava tehdaskunnostettu. Pumput olivat hävitysuhan alla, joten pajapäällikön kanssa käydyt neuvottelut yhdestä pumpusta olivat nopeat ja kivittomat hänen kuultuaan käyttökohteen.



KUVA 5. Parker P2 -sarjan pumppu. (Kuva Parker.com)

### 3.3 Kytkin

Kytkeinaihioksi löytyi John Deere -merkkikorjaamolta metsätraktorin käytetty mutta ehjä hammaskytkinpari, jossa teräskehään on kiinnitetty muovinen kehä, jossa on sisäpuolinen hammastus. Vastaparina on teräksinen ratas, jonka bombeerattu ulkokehän hammastus sallii hieman murtokulmaa moottorin ja pumpun akselien kesken.

Teräshammaspyörään koneistettiin ja hitsattiin Parker P2 -pumppuun sopiva ura-akseliholkki, joka löytyi paikallisen erikoiskoneistamon ”sekalaista” -hyllyltä. Ulkokehän teräslevy sovitettiin Oldsmobilen moottorin vetolevyyn kiinnitettäväksi jolloin valmistuneella kytkinasetelmalla saadaan eheä voimalinja Oldsmobile moottorin ja Parker P2 -pumpun välille (kuva 6). Kytkin ei ole niin sanottu irrottava kytkin, mutta säätilavuuspumpun tuoton saa liki nolliille, joten tehon tarve moottoria käynnistettäessä pysyy pienenä.



KUVA 6. John Deere -kytkinpaketti sekä oikealla Oldsmobile -vetolevy (Kuva Teemu Pesonen)

### 3.4 Ajomoottorit

Valmet Blackbear 400 -napamoottorin (kuva 7) kierrostilavuus on  $400 \text{ cm}^3/\text{r}$  ja kuormankantokyky on noin  $6000 \text{ kg}/\text{moottori}$ .

Moottorit olivat hetken aikaa paikallisen metsäkonevalmistajan prototyypikoekäytössä, monitoimiharvesteripään vetorullien käyttömoottoreina.

Moottorityyppi on järeätekoinen ja kestävä, mutta kuormaimen liikuttaman harvesteripään sovellukseen aivan liian raskas, joten protopaja hylkäsi nämä moottorit tarkoitukseensa soveltumattomina.

Moottoreista hierottiin kauppaa noin vuoden ajan ja kauppahinnaksi muodostui vuoden 1972 Tunturi Lähetä -mopedin kunnostaminen ajokelpoiseksi. Kauppahintaa ei ole vielä tätä kirjoitettaessa suoritettu, mutta moottorien luovutuksen vastikkeeksi on tarjottu ja luovutettu vuoden 1974 Tunturi Maxi -mopedi rajoituksetta myyjän käyttöön, kunnes alkuperäinen suorite on täytetty.

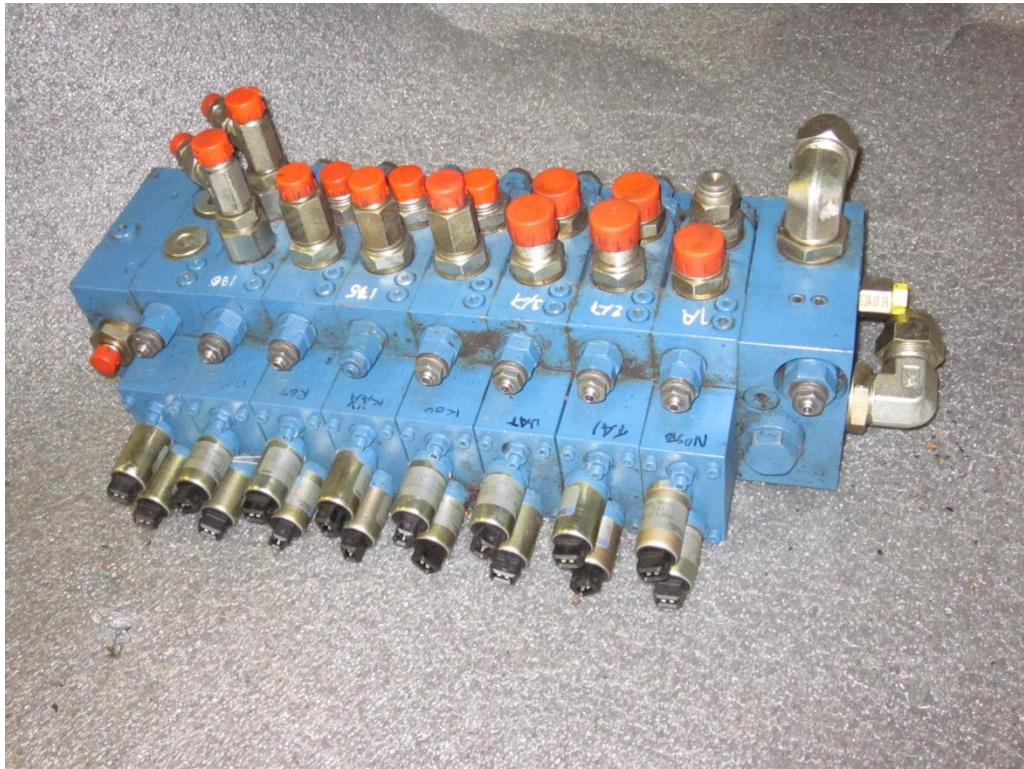


KUVA 7. Valmet Blackbear -napamoottori (Kuva Teemu Pesonen)

### 3.5 Venttiilipöytä

Venttiilipöydäksi löytyi sähköohjattu 8-karainen Rexroth Hydraulics -proportionaaliventtiilipöytä (kuva 8), jolla saadaan paitsi kevyiden sähköohjaimien avulla portaaton suunta- ja virtaussäätö, lisäksi myös noin 80 kg painavan venttiilipöydän sijoittelu hallintalaitteista riippumattomaksi. Venttiilipöydän vapaampi sijoittelu puolestaan parantaa ohjaamon näkyvyyttä ja kulkua sekä antaa mahdollisuuden optimoida letkutus ja painopistettä. Venttiilipöytä oli joutua metallinkeräykseen seistään muutamia vuosia varaten järjestelmän hyllypaikkaa suuremman kiertonopeuden varaosilta, mutta meneillään oleva telamaasturiprojekti sekä sen tekijän laajalti tunnettu voimakas keräilyvietti olivat järjestelijän muistissa joten hän esimiehensä

luvalla vapautti hyllypaikan tuottavammalle varaosalle ja toimitti laadukkaan venttiilipöydän opinnäytetyön rakennusprojektiin.



KUVA 8. Venttiilipöytä (Kuva Teemu Pesonen)

### 3.6 Letkut

Yksittäisiä letkuja ja letkunippuja on saatavilla yllättävän paljon nykyään, kun konevalmistajat pyrkivät tehokkuuteen ja tilaa suuria määriä kerralla alihankkijalta. Tällöin pienikin virhe tai mittaveikko tilauksessa tai toimituksessa yleensä aiheuttaa koko toimituserän hylkäämisen, minkä jälkeen yleensä välittömästi taas tarvitaan asiantuntevaa kierrätyshenkistä huolitsijaa kantamaan yhteistä vastuuta kaatopaikkojen ylläpidon estämisestä.

### 3.7 Ohjaimet

Ohjaimet ovat Parker Hydraulics IQAN-LL-2E2 -sarjaa, eli niissä on portaattomat x- ja y - ohjaus sekä on-off-on -ohjaus z-akselille. X- ja y-akseleilla ei ole erillistä nollapositionia, eli venttiilipöydän tulee olla nolnaan itsekeskittävä. Nollaposition puute oli myös se syy, minkä takia nämä uudet ohjaimet joutuivat hävityslistalle kokoonpanon jälkeisessä koeajossa, kun koeajoliikkeet jäivät ryömimään. Tämän tyyppinen ohjain ei suoraan voi ohjata venttiilipöytää, vaan lisäksi tarvitaan virtalähde, esimerkiksi IQAN TOC2 I/O -moduuli, joka antaa venttiilipöydän keloille tarvittavan suunnan ja virran eli muuntaa ohjaimen CAN-väylätiedon halutuksi liikkeeksi.



KUVA 9. Parker Joystick -ohjaimet (Kuva Teemu Pesonen)

### **3.8 Runko**

Runkomateriaalina tulee olemaan Ruukki Optim 700 QL -suurlujuusteräksestä valmistetut, sittemmin kaatumisen takia käytöstä poistetut tukkiauton perävaunun pankkojen sivutolpat. Optim 700QL on erittäin hyvää terästä hitsata sekä lujuutensa ansiosta materiaalipaksuudet ovat huomattavasti pienemmät verrattuna normaaliin laadukkaaseen rakenneteräkseen.

Nyt valitut tolpat itsessään eivät olleet vaurioituneet vaunun kaatuessa, mutta osa niistä oli, jolloin autoilija vaihtoi koko päällirakenteen yhdellä kertaa ja ilmoitti aihioita olevan saatavilla. Samalla autoilijan poistovalikoimasta löytyi taltioitaviksi myös alumiinitolppia.

### **3.9 Telasto**

Telasto on aiemmin mainitusta Bv206:sta purettu, josta saatiin myös kumivulkanoidut, hammastetut vetopyörät sekä runsaasti telipyörästäjä (kuva 10). Tela on 500 mm leveä, 3000 / 6000 mm pitkä ja pitkittäisvahvikkeina on 3+3 kappaletta noin 4 mm teräsköysiä, jotka ovat symmetrisesti valettu kumin sisään.

Telipyörästäjä tulee kaksi yksikköä puolelleen, eli kokonaisuudessaan yksi telapyörästä käsittää neljä telipyörää, vetopyörän ja etutaitto- / telakiristinpyörän.



KUVA 10. Telipyöräyksikkö ja -kynkkä sekä alhaalla vetopyörä (Kuva Teemu Pesonen)

Alkuperäinen Bv206:n telirakenne on jousitettu vääntösauvajousin, mutta niitä ei ostohetkellä mukaan saanut, joten päädyttiin muuttamaan telistö kierrejousille ja heilahduksenvaimentimille, koska teliyksiköissä oli jousitukseen tarvittavat telikynkät muka-

na. Valtaosa omavalmisteisista telamaastureista on tehty ilman joustoelementtejä, koska telirakenne itsessään myötäää maaston epätasaisuuksissa ja jäykkä rakenne on huomattavasti helpompi ja nopeampi tehdä. Omavalmisteena tehtiin konepajan alimittaisista ainesputkihylykypätkistä runkoon hitsattavat laakeripesät sekä telikynkkiin hitsattavat laakeriakselit. Akselien ja pesien mitat valittiin liukulaakereiden mukaan, joita löytyy paikallisen metsäkonehuoltokeskuksen metallikeräyslaatikosta, johon niitä kertyy aina tietyn harvesteripään täysihuollon yhteydessä. Keräykseen toimitetut liukulaakerit ovat täyshuollossa vaihdettu joka tapauksessa uusiin laakereihin, oli niissä liikaa välystä tai ei, joten hieman aihioita valikoimalla tämän kyseessä olevan kohteen vaatimaan tarkkuuteen pääsee helposti. Liukulaakeri on halkaisijaltaan 70 / 75 mm ja niitä menee 2 kpl per telikynkkä, eli telamaasturiin tarvitaan 4 kpl laakeripesiä ja -akseleita sekä 8 kpl liukulaakereita (kuva 11).



KUVA 11. Telikynkän laakerointielementit (Kuva Teemu Pesonen)

## 4 PERUSKONEEN VARUSTELU

Peruskoneellahan on lähes pelkästään vain terapeuttinen viihdykearvo, joten taloudelliseen ajatteluun taipuvainen liittää siihen mielellään erilaisia laitteita tuomaan myös materiaalista käyttöarvoa potentiaaliseen alustaan.

Suomen luonto ja olosuhteet paitsi vaatii maastoajoneuvojen ominaisuuksilta paljon, antaa toisaalta myös runsaasti mahdollisuuksia hyödyntää hyvää peruskonetta. Esimerkiksi sähkönjakeluverkkojen häiriöt talviaikaan tarvitsee paksussa lumessa etenemään kykenevää laitetta, jolla voi kuljettaa korjauspartioita, työkaluja, varaosia tai vaikkapa tekemään edellä ajokelpoista uraa kevyemmälle maastokalustolle. Tuoreessa muistissa on talven 2011 maastokulkuongelmat, jolloin jopa Suomen Puolustusvoimat toimitti maastokuljetusapua sähkölinjojen korjauspartioille.

Tutumpia sovelluksia lienee maastohiihtolajien ja moottorikelkkareittien kunnossapito hinattavalla laitteella, peruskoneeseen kytkettävien perävaunujen lähes rajattomat sovellukset vaikkapa puun pienkuljetuksissa, pelastuslaitoksilla maastohälytystehtävissä ja tutkimuslaitoksilla erilaisissa tutkimus- ja mittaus-toiminnoissa. Lisäksi koneeseen voi sovittaa erilaisia kuormaimia, kuten puutavarakuormain tai etukuormain, puskulevyn tai vaikkapa kolmipistenostolaitteet, jolloin koneessa voi hyödyntää viimeaikaisessa maatalouden murroksessa pieniksi ja tehottomiksi jääneitä maataluskoneita vaikkapa riistapeltojen tai kosteikoiden perustamiseen sellaisille palstoille, jotka eivät kelpaa esimerkiksi vetisyytensä vuoksi aktiiviseen maanviljelykseen.

### 4.1 Puutavarakuormain

Tutkielman välineenä olevaan peruskoneeseen onnistuttiin saamaan laadukas käytetty FMW 2000 -puutavarakuormain vuosimallia 1982, joka on jo aktiiviuransa suorittanut. Kuormaimessa kääntö tapahtuu kahdella symmetrisesti sijoitetulla hammas-tangolla, jolloin myös rasitukset kääntövaihteeseen ovat tasaisemmat verrattuna huokeampiin yhden hammastangon ratkaisuihin joten kääntölaitteen voi olettaa kestävän vielä pitkään. Tämä on merkityksellinen seikka, sillä nimenomaan kääntölaitteen hammasrattaat ja tiivistykset ovat hankalia omatoimisesti korjattavia.

Sopivan kokoinen kuormain oli yllättävän hankala löytää, sillä pienehköjen, niin sanottujen isäntälinjan kuormaimien kierto on verkkaista. Aikanaan maatalouden tukitoimintoihin investoitua arvokasta laitetta pidetään reservissä myös käyttötarpeen hiipussa ja yleensä sitten perikunta hoitaa käyttökuntoisenkin kaluston suurempia kyselemättä lopulliseen romutukseen.

Suurempia kuormaimia on tarjolla sadoittain, koska ammatikseen puuta käsittelevät joutuvat pitämään työkalustonsa korjausseisokit minimissä ja kuormaimien kierto on siten kohtalaisen suurta. Huono puoli nykyaikaisessa konesuunnittelussa toisaalta on suunnittelun tarkkuus, sillä tutkiessani käytettyjä kuormaimia tein huomion, että kun kuormain tulee vaihtoikänsä, se todellakin alkaa olla loppu. Teräsvahvuudet, rakenne ja hitsaukset ovat kohteeseen tarkasti mitoitettuja, joten ensimmäisten väsymismurtumien ilmetessä voi karkeasti yleistää lähes koko mekaniikan olevan samalla tasolla, eli kuormaimen jäljellä oleva elinikä ei aktiivikäytössä ole enää pitkä.

## **4.2 Etukuormain**

Etukuormaimien kohdalla kokemusperäisesti yleensä pätee vastaava kuin mitä on sanottu puutavarakuormaimien kiertonopeudesta ja -tyylistä.

Saatiin vihje, että jälleen kerran oli sivistyneesti kierrättävä perikunta kutsunut romuauton hävittämään edellisen sukupolven rahvaalle haisevan muiston ja maallisissa jäännöksissä oli lojumassa myös oikean suuruusluokan Solifer -merkkinen etukuormainaiho kauhoineen. Kuormain on noin 60 -luvulta ja pienitty kulmahiomakoneella osiin, mutta kaikki osat sylintereitä lukuun ottamatta löytyivät kasasta ja voitiin taltioida telamaasturin varustelua varten.

## **4.3 Takavaunu**

Takavaunun kytkemiseen löytyi raskaan ajoneuvoyhdistelmän vetokita, kiinnityspalkki ja vetokidan tappiin sopiva vetoaisa. Vetoaisa on tapaturmaisesti vääntynyt hieman,

joten se ei ole enää tieliikennelaitin. Vetokidan kiinnityspalkissa puolestaan on väsymismurtumia jotka estävät vetopalkin käytön ammattiliikenteessä mutta ovat hyvin korjattavissa kotikonstein.

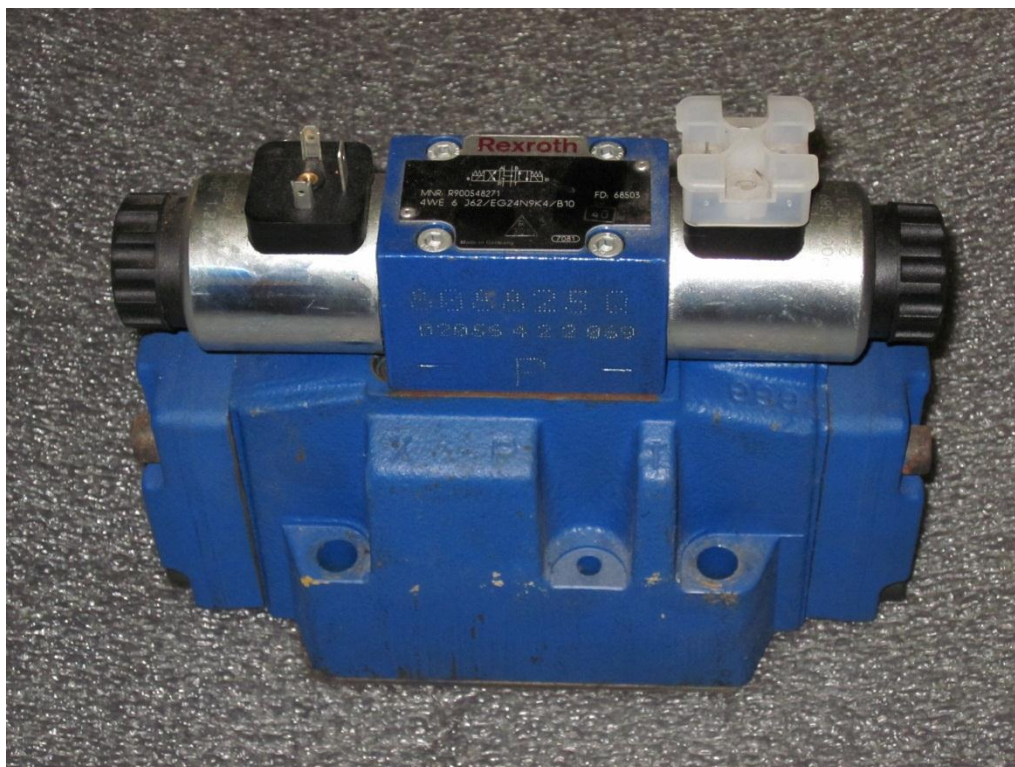
Kitakytkinpaketti antaa liikkumavaraa ja on yhtä nopea kytkeä kuin kuulakytkin, mutta on huomattavasti järeämpi ja maasto-oloissa myös kestävämpi. Lisäksi kitakytkin rajoittaa vaunujen keskinäistä horisontaalista poikkeamaa, joten vaikkapa ojien ylitykset takavaunun kanssa ovat turvallisempia, kun kitakytkin estää yhdistelmän niaamisen ojan pohjan kautta. Kitakytkimen liikevara vaakasuunnassa on  $\pm 90^\circ$ , pystysuunnassa  $\pm 20^\circ$  ja aksiaalinen kiertymävara  $\pm 40^\circ$

Takavaunuun on harkittu myös mahdollisuutta kytkeä se vetäväksi tarvittaessa. Tarkoitukseen löytyi Poclain Hydraulics -napamoottorit (kuva 12) paikallisesta juontokoneikkoja, hakkureita ja metsäperävaunuja valmistavasta yrityksestä. Yritys poisti hyllypaikoistaan tarpeettomia nimikkeitä ja ilmoitti suosivansa mieluummin komponentteja mekaanisesti hyödyntävää kuin niillä pikarahastavaa henkilöä. Napamoottorit oli aikoinaan tilattu vetävään metsäperävaunun prototyyppiin, jota ei kuitenkaan koskaan otettu tuotantoon. Tämäntyyppinen napamoottori ei ole itsekantava, vaan niin kutsuttu avustava moottori, eli tämä tarvitsee erillisen kuorman kantavan naparakenteen. Lisäksi kyseisen Poclain MSE02 -tyyppisen radiaalimäntämoottorin erikoispiirre on se, että sen voi kytkeä vapaalle tarvittaessa. Toisin sanoen veto kytkeytyy, kun moottorille ajetaan tilavuusvirtaa, muuten moottori pyörii vapaana. Moottorin kierrostilavuus on  $332 \text{ cm}^3/\text{r}$ , maksimi pyörintänopeus  $200 \text{ r/min}$  ja suurin vääntö  $2\,500 \text{ Nm}@400 \text{ bar}$ . Suurin sallittu pyörintänopeus vapaana on  $1000 \text{ r/min}$ .



KUVA 12. Poclain napamoottori (Kuva Teemu Pesonen)

Takavaunun avustavat moottorit voisi kytkeä sähköisesti ohjattujen Rexroth -venttiilien kautta (kuva 13), jotka löytyivät paikallisen metsäkonevalmistajan keskusvaraston poistohuutokaupasta. Yksi hyvä vaihtoehto takavaunun vetorakenteelle on käyttää esimerkiksi normaalia maasto- tai pakettiauton takasiltaa, jolloin kuormankanto tapahtuu akselin oman kantavan rakenteen kautta ja vetomoottori sijoitetaan lautaspyöräparin pinioniakseliin ja josta veto välittyy tasauspyörästä telaston vetopyörille.



KUVA 13. Rexroth venttiili (Kuva Teemu Pesonen)

Tällä hetkellä takavaunu on mietinnän alla. Yksi vaihtoehto on myös tehdä se pyöräalustaiseksi, jolloin avustava vetotarve on huomattavasti pienempi kuin telarakenteisessa takavaunussa.

## 5 KOMPONENTTIEN YHTEENSOPIVUUS

Komponenttien hankintamenetelmistä johtuen niiden numeerinen yhteensopiminen saattaa poiketa optimaalisesta, mutta perustuntumalla nyt kokonaisuuteen suunnitellut hydraulielimet ovat keskenään riittävällä tasolla oikeaa suuruusluokkaa.

Tarkastellaan esimerkiksi maastomönkijän erästä helpoimmin epämiellyttävältä tuntuvaa ominaisuutta, ajonopeutta. Ajonopeuden tulisi olla käytännössä sellainen, että ajoneuvon siirtäminen ajamalla vaikkapa kuljetustrailerilta metsäautotietä pitkin kohteeseen tulee olla siedettävää tai jopa joutuisaa. Maanläheisenä suuruusluokkana riittävälle ajonopeudelle voinee pitää esimerkiksi tyypillistä 1960–1970 –lukujen keskiverto maataloustraktoreiden ajonopeutta noin 25- 30km/h.

### 5.1 Pumpun tuotto ja ajonopeus

Parker P2 -pumpun litratuotto minuutissa saadaan kaavasta

$$Q_{(\max)} = V_{(l/r)} * n_{(rpm)} * \eta$$

johon sijoittamalla  $V = 0,145 \text{ l/r}$  ja  $n = 2\,200 \text{ rpm}$  hyötysuhteella  $\eta = 0,95$

$$Q_{(\max)} = 0,145 \text{ l/min} * 2\,200 \text{ r/min} * 0,95 = \underline{303,05 \text{ l/min}}$$

saadaan minuuttituotoksi  $Q_{(\max)} \approx 303 \text{ l/min}$

Valmet Blackbear -napamoottorit 2kpl (á 0,4l / r / kpl) pyörii siis enimmillään

$$(\underline{303}_{(l/min)} / 0,8_{(l/r)}) * 0,95 = 359,87 \text{ r/min} \approx \underline{360 \text{ r/min}}$$

Vetopyörän halkaisija  $D$  on hammastuksen pohjasta mitattuna 345mm jolloin kehäpituus  $P$  saadaan

$$P = \pi * D$$

$$P = \pi * 345 \text{ mm} = 1\,083,85 \text{ mm} \approx \underline{1\,084 \text{ mm}}$$

Suurin etenemisnopeus saadaan siis

$$1,084 \text{ m/r} * 360 \text{ r/min} = \underline{390 \text{ m/min}}$$

eli noin 23 km/h, jota voinee pitää vielä oikein riittävänä etenemisnopeutena tämän tyyppiselle laitteelle.

## 5.2 Moottorin teho

Moottorin tehon riittävyys ei ole tässä tapauksessa kriittinen seikka, koska säätötilavuuspumppu voi käsitellä painetta ja tilavuusvirtaa tarpeen mukaan, mutta tarkastellaan kuitenkin moottorin tehon suomat suuruusluokat hydrauliteholle.

Suurimmalla pumpun sallimalla kierrosnopeudella 2 200 r/min tarkasteltuna moottorin teho on arviolta noin 100 hv ja suurimmalla käyttöpaineella  $p = 235 \text{ bar}$  ja kokonaisyötysuhteella  $\eta = 0,8$  saadaan tilavuusvirtaa kaavasta

$$P_{(hv)} = (Q_{(l/min)} * p_{(bar)}) / (450 * \eta)$$

johtamalla

$$Q_{(l/min)} = (450 * \eta * P_{(hv)}) / p_{(bar)}$$

ja johon lähtöarvot sijoittamalla saadaan

$$Q_{(l/min)} = (450 * 0,8 * 100 \text{ hv}) / 235 \text{ bar} = \underline{153,19 \text{ l/min.}}$$

Tarkastellaan myös saatavaa painetta suurimmalla tilavuusvirralla  $Q = 303,05 \text{ l/min}$  samoilla moottorinarvoilla eli vaikkapa tilannetta jossa ajetaan siirtymää lumihangesa suurinta mahdollista nopeutta.

Edellisestä peruskaavasta johtamalla saadaan siis myös suurin saatava paine käytettävissä olevalla teholla, suurimmalla tilavuusvirralla

$$p_{(\text{bar})} = (450 * \eta * P_{(\text{hv})}) / Q_{(\text{l/min})}$$

$$p_{(\text{bar})} = (450 * \eta * 100\text{hv}) / 303,05 \text{ l/min} = \underline{118,75\text{bar}}$$

### 5.3 Letkutukset

Työn luonteen vuoksi tarkastellaan myös löydettyjen letkujen sopivuutta järjestelmän vaatimukseen nähden. Suurinta tilavuusvirtaa, noin 300 l/min, tarvitaan käytännössä ainoastaan maksiminopeuden siirtymäajossa, joten tarkastelun kohteeksi valitaan ajomoottoreiden letkutukset sekä painelinja pumpulta venttiilipöydälle. Ajomoottoreiden letkuiksi löytyi ¾” letkuja, joissa sisähalkaisija on 19 mm. Tekniikan taulukkokirjan (Esko Valtanen, 2011, s. 929) nomogrammista ”Tilavuusvirta-nimellishalkaisijavirtausnopeus” voidaan suoraan katsoa letkujen sopivuusluokka. Kun valitaan kahdelle moottorille ajettava tilavuusvirta 150 l/min/kpl, saadaan 19 mm letkun sisähalkaisijalla virtausnopeudeksi noin 9 m/s, joka on vielä siedettävän virtausnopeuden ylärajoissa, etenkin koska kyseinen tarve on lähinnä satunnaista.

Tekniikan taulukkokirja (s. 929) suosittelee paineputkiston virtausnopeuden välillä 2,5-8 m/s. Paineletku pumpulta venttiilipöydälle täytyy tarkastella vielä erikseen, koska siinä kulkee koko mahdollinen tilavuusvirta 300 l/min täysimääräisenä. Nomogrammista katsottuna 1 ¼” letkulla saadaan noin 7 m/s -virtausnopeus, joka myös on oikein sopiva. Imuputkistolle suositukset ovat 0,5-1,7 m/s, jolloin löytyneellä 2 ½” imu-letkulla päästään myös kelvolliseen 1,6 m/s -virtausnopeuteen.

Letkujen pituudet pysyvät lyhyehköinä, koska laitteen rakenne on kompakti ja pumpu sijoittuu lähelle toimilaitteita. Imuyhteen pituus jää alle 0,5 m koska Valmet Jehu -merkkisestä metsätraktorista peräisin olevan hydraulikkasäiliön voi sijoittaa lähes pumpun päälle. Pumpulta venttiilipöydälle menevä linja on noin 1,2 m pitkä ja lohkolta napamoottoreille riittää 1,5 m paineletku moottoria kohden. Tekniikan taulukkokirja (painehäviötaulukko s. 913) tarjoaa työkalun myös letkujen painehäviöiden tarkasteluun. Painehäviötaulukosta voidaan todeta, että yhteensä noin alle 3 m painelinjassa 9 m/s öljynopeudella ¾” letkulla painehäviö on suuruusluokkaa 1,5 bar pumpulta toimilaitteelle. Lisähäviötä paineeseen tuovat myös nippojen, käyrien sekä lohkon kana-

vien aiheuttamien virtauspoikkeamien luomat vastukset. Ne voi käsitellä suuruusluokkana noin 1 bar, joten linjan kokonaispainehäviönä voi pitää realistista 2,5 bar.

## 6 KUSTANNUKSET JA SÄÄSTÖARVIO

Oheiseen taulukkoon (taulukko 1) on koottu pääkomponenttien suositusvähittäishinnat, jotka on saatu kyselemällä osakauppiailta ja tutkimalla internetissä julkisia hinnastoja. Joissain kohteissa hintoja on joutunut arvioimaan uuden, lähinnä vastaavan tuotteen perusteella, koska aivan vastaavaa ei enää ole ollut saatavilla.

Esimerkiksi moottorivaihtoehtojen verrokkihinnaksi valitsin nykyään vielä tarjolla olevan samankokoisen bensiinimoottorin vaikka tehdasuusia V8 -dieselmoottoireitakin olisi saatavilla. Niiden hinnat tosin ovat heti suuruusluokkaa yli 15 000 e.

Samaten etu- ja puutavarakuormaimien nykypäivän verrokkihinnan löytäminen on hankalaa, koska traktoreihin tarkoitetut isäntälinjan kuormaimet ovat kasvaneet ja kehittyneet paitsi mitoiltaan myös hinnoiltaan. Lopulta päädyttiin vertaamaan jälleen lähinnä parasta verrokkia eli normaaliin maastomönkijän tukkikärryyn tarkoitettua hydraulista kuormainta ilman hydraulikoneikkoa.

TAULUKKO 1. Komponenttien suositusvähittäishintojen ja hankintahintojen erotus

	SVH (sis ALV23%)	Hankintahinta eur	Erotus	Maksutapa	Huom
<b>Moottori</b>	3500	250	3250	Eur	Käytetty
<b>Pumppu</b>	4300	0	4300	Lahjoitus	Tehdaskunn.
<b>Kytkin</b>	800	0	800	Lahjoitus	Oma koneistus
<b>Ajomootorit 2kpl</b>	6 150	0	6 150	Vaihdettu työhön	Uutta vast.
<b>Venttiilipöytä</b>	7 400	0	7 400	Lahjoitus	Uutta vast.
<b>Letkut</b>	1 200	0	1 200	Lahjoitus	Poistoeriä
<b>Ohjaimet</b>	700	0	700	Lahjoitus	Uutta vast.
<b>Runko</b>	250	0	250	Lahjoitus	Romutuksesta
<b>Telasto</b>	4 000	250	3 750	Eur	Romutuksesta
<b>Varustelu</b>					
<b>Puutavarakuormain</b>	5 000	0	5 000	Lahjoitus	Romutuksesta
<b>Etukuormain</b>	1 000	0	1 000	Lahjoitus	Romutuksesta
<b>Kitakytkin+tarv</b>	1 800	0	1 800	Lahjoitus	Romutuksesta
<b>Poclain ajomoot.</b>	6 150	100	6 050	Eur	Uutta vast.
<b>Rexroth ventt.</b>	3 075	150	2 925	Eur	Uusia
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>45 325</b>	<b>750</b>	<b>44 575</b>		

Taulukossa näkyvät uusien osien suositusvähittäishinnat ja hankintahinnat eivät ole koko totuus itse komponentin arvolle, vaan näkyvään hankintahintaan sisältyy paljon piiloarvoja. Sitä voi olla aiemmin suoritettut palvelukset, materiaaliluovutukset tai konsultoinnit komponentin luovuttajan suuntaan tai muu vastaava luonnollisen verkostoitumisen ansiosta muodostunut vaihtoarvo. Lisäksi moniin komponentteihin joutuu tekemään sovitteita tai kunnostusta, mikä puolestaan lisää työn määrän aiheuttamaa arvoa laitteelle. Tällaisia ei-mitattavia suureita on mahdotonta määritellä luotettavasti, mutta jos antaa niille arvoksi vaikkapa 6000 e ja vähennetään se ”Erotus Yhteensä” -summasta, asiaa voidaan havainnollistaa kuitenkin jollakin lailla numeerisesti. Eli tässä tapauksessa  $44\,575\text{ e} - 6\,000\text{ e} = 38\,575\text{ e}$ , joka on käsitettävissä säästetyin summalla suuruusluokaksi, kun osat ovat hankittu kierrätyskanavia myöten. Lisäksi tässä tarkastelussa on jätetty tarkoituksella huomiotta suuri määrä keräytyneitä pieniä nimikkeitä, kuten hydraulikkaniippoja, – sylintereitä ja suodattimia, sähköjohtoja ja -katkaisimia, työvaloja, rakenneteräksiä sekä paljon muuta yleistarviketta, joita kyseisen laitteen valmistukseen tarvitsee.

## 7 YHTEENVETO

Työn tekeminen alkoi käytännössä jo 2008 romutettujen telastojen hankkimisella. Päivätyön ohella edennyt komponenttien keräily ja niihin sopivien osien valmistaminen on ollut verkkaista johtuen mm. liki nollabudjetista, mikä taas on johtanut maksutapojen muuttumisen rahaperustaisesta maksusta työ- tai materiaaliperäiseen maksutapaan.

Lähes alusta saakka on päämääränä ollut tehdä liki kompromissiton ratkaisu pienellä budjetilla. Onnistuneiden komponenttihankintojen puolesta tavoite on edelleen mahdollista saavuttaa. On syytä olla tyytyväinen myös itse budjettiin, joka on pysynyt kohtuullisena.

Komponenttien keräilyn kierrätysosista taloudellisesti on mahdollistanut laaja ja vankka verkosto samanhenkisiä ystäviä ja ammattimiehiä sekä myös keräilijästä itsestään muodostettu mielikuva verkoston keskuudessa. Usein mieluummin luovutetaan käyttökelpoinen osa tai jalostettava aihio keräily- ja rakentelutaipumuksistaan tunnetulle henkilölle kuin myydään tai annetaan se nk. ”jobbarille” tai romutukseen. Tämä havainto ilahduttaa etenkin näinä aikoina, kun kaikki perustuu rahastukseen ja järki on katoamassa osien ja komponenttien uusiokäyttöharkinnasta. Kaikkialla kyllä kehoitetaan harrastamaan kierrätystä, mutta tässä täytyy olla valistunut ja tarkka, sillä tämän päivän ”kierrätys” pyrkii tarkoittamaan sitä, että osta heti uusi ja vie vanha purkuun ja romutukseen ilman jatkokäyttöpohdiskelua.

Kertakäyttöisyyden massa-ajattelusta kärsii lopulta koko kansantalous, sillä esimerkiksi tässäkin työssä on helppo havaita, että arvokkaimmat yksittäiset komponentit ovat hydrauliiikan elimiä. Ne on poikkeuksetta valmistettu muualla kuin Suomessa joten ne on ostettu tänne ulkomaankauppana. Jos tuote havaitaan ehjäksi mutta soveltumattomaksi suunniteltuun kohteeseen ja päädytään romuttamaan, kansantalous on menettänyt paitsi koko tuote-erän arvon myös myöhemmän aikaansaadun verokertymän kerralla. Jos taas sama tuote sopii johonkin toiseen käyttötarkoitukseen, olisi paljon järkevämpää luovuttaa se siihen tai vaikkapa myydä samalla romumetallin hinnalla, jolloin kyseinen komponentti saattaa osallistua bruttokansantuotteen kohottamiseen jossain toisessa laitteessa, johon se soveltuukin paremmin. Lisäksi tuntuu järkiköyhältä että tuote, johon on käytetty satoja tunteja työtä, joutuisi vain murskautuksi, vaikka siinä ei varsinaista vikaa olekaan.

Työn etenemisen aikana on herännyt ajatus siitä, että voisiko edes ajatustasolla olla mahdollista se, että yritysten pois hylkäämiä mutta ehjiä komponentteja tulisikin kerä-

tä keskitetysti, välttää lopullinen romutus ja valmistaa niistä vielä verokertymää kasvattavia koneita ja laitteita johonkin toiseen käyttötarkoitukseen. Tokihan suurena ongelmana on nähtävä se, kuinka vältetään tietyn yrityksen poistamien osien asettumasta kilpailemaan uusiolaitteessa alkuperäistä tuotetta vastaan ja luultavasti tämä on eräs suurimmista vaikuttimista taustalla, että poisto-osia hävitetään mieluummin lopulliseen romutukseen.

Kierrätysosien hankinta tällaisiin yksittäiskohteisiin on erittäin kannattavaa. Kuluneen 3 vuoden aikajänteellä saatu hinnanerotus vähittäismyytyjen uusien ja kierrättämällä hankittujen osien välillä on noin 45 000 e eli noin 15 000 e / a pelkkien pääkomponenttien osalta. Toki täytyy muistaa että oman työn määräkin kasvaa heti kun osia ei tilata suoraan jälleenmyyjän kautta. Lisäksi huomiota kiinnitti se kuinka paljon osien tarvitsijan persoona ja henkilökuva vaikuttaa hankintakanavien toimivuuteen. Helpon rahan havittelijat karsiutuvat kohtalaisen nopeaan verkostosta ulos ja takaisinpääsy saattaa olla mahdotonta tai vähintäänkin hankalaa.

Työn olen kokenut mielekkääksi ja omaksi, sillä elämäntapani materialistinen puoli on muodostunut aikojen saatossa luonnostaan kierrätysmateriaalipainotteiseksi ja olen kokolailla sinut asian kanssa, joten aihevalinta senkin puolesta on osunut kohdalleen.

## LÄHTEET

1. Hägglunds Carrier Bv206. Kuva 1 :  
[http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Bv\\_206\\_cfsalert.jpg](http://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Bv_206_cfsalert.jpg)
2. Kumitelamaastojoneuvo jarruohjauksella. Kuva 2: Teemu Pesosen arkisto
3. Kumitelamaastojoneuvo runko-ohjauksella. Kuva 3: Teemu Pesosen arkisto
4. Oldsmobile 350DX Diesel V8. Kuva 4:  
[http://www.hemmings.com/hmn/stories/2009/09/01/hmn\\_feature24.html](http://www.hemmings.com/hmn/stories/2009/09/01/hmn_feature24.html)  
General Motors LLC. Used with permission, GM Media Archives
5. Pumppu Parker P2. Kuva 5: [www.parker.com](http://www.parker.com)
6. Hammaskytkinpaketti. Kuva 6: Teemu Pesosen arkisto
7. Napamoottori Valmet Blackbear. Kuva 7: Teemu Pesosen arkisto
8. Venttiilipöytä Rexroth Hydraulics. Kuva 8: Teemu Pesosen arkisto
9. Ohjaimet Parker Hydraulics. Kuva 9: Teemu Pesosen arkisto
10. Telipyörästä. Kuva 10: Teemu Pesosen arkisto
11. Telikynkän laakerointielementit. Kuva 11: Teemu Pesosen arkisto
12. Napamoottori Poclain. Kuva 12: Teemu Pesosen arkisto
13. Hydrauliiikan kaavat ja nomogrammit: Tekniikan taulukkokirja, Esko Valtanen,  
18.painos, Genesis Kirjat OY