

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Ympäristötekniikan koulutus  
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Juho Ala-Jääski

MC-TEOLLISUUSVAIHTTEEN UUDELLEENVALMISTUS

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2022



OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2022  
Ympäristötekniikan koulutus  
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)  
Juho Ala-Jääski

Nimeke  
MC-teollisuusvaihteen uudelleenvalmistus  
  
SEW Industrial Gears Oy

Tiivistelmä  
Opinnäytetyössä tutkittiin teollisuusvaihteen uudelleenvalmistusta asiakas- ja kannattavuusnäkökulmasta yhdistettynä markkinointihenkiseen hiilijalanjälkianalyysiin. Työn tarkoituksena oli kartoittaa markkinaa uudelleenvalmistukselle ja tuottaa sopivat argumentit asiakaslähtöisen markkinointimateriaalin tuottamiseksi. Samalla kartoitettiin uudelleenvalmistuksen hyödyt ja haitat perinteiseen huoltoon ja uuteen tuotteeseen verrattuna.

Uudelleenvalmistus on prosessi ja työtapana, jossa tuote pyritään saattamaan uutta vastaavaan käyttökuntoon toiminnallisesti ja ulkonäöllisesti. Prosessissa tärkeää on ymmärtää kustannusjakauma, hyödyt asiakkaalle, vaikutus tuotteen elinkaareen sekä kriteerit vanhan tuotteen hyväksymiseksi uudelleenvalmistukseen.

Tutkimus toteutettiin asiakaskyselyllä ja sisäisenä kannattavuus- ja hiilijalanjälkilaskentana. Työn tuloksena ovat perusteet markkinointimateriaalille, tuotannon prosessikuvaus ja yksinkertainen hiilijalanjälkilaskenta tutkituille vaihtoehdoille.

Kieli  
suomi

Sivuja 55  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
Teollisuusvaihde, uudelleenvalmistus, vaihdelaatikko, elinkaarianalyysi



THESIS  
May 2022  
Master's Degree Programme in environmental  
technology  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)  
Juho Ala-Jääski

Title  
Remanufacturing of MC industrial gear units  
  
SEW Industrial Gears Oy

Abstract

The basis of this thesis was to study the remanufacturing of an industrial gear unit from a customer and sustainability point of view, combined with a marketing oriented life cycle assessment. The goal was to understand the market for remanufacturing services and produce suitable marketing arguments to produce appropriate marketing material, while obtaining a better understanding of the comparison between remanufacturing, a new gear unit and normal repair services.

Remanufacturing is a process, where the goal is to bring an old product to the same functional and visual standard as a completely new product. It is important to understand the cost structure, customer benefits, product life cycle and the criteria for acceptance for remanufacturing.

The study was conducted through a market study, and an internal cost and life cycle assessment. The study and assessment results were used as the basis for preparing arguments to be used in marketing material, a process description for remanufacturing a gear unit, and a sustainability comparison of the different options studied.

Language  
Finnish

Pages 55  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords  
Industrial gear unit, remanufacturing, gearbox, life cycle assessment

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	SEW Eurodrive –konserni .....	5
3	Teollisuusvaihe .....	6
3.1	Laakerointi ja voitelu .....	8
3.2	Hammastetut osat .....	9
3.3	Kotelo ja tiivistys .....	11
4	MC-vaihdesarja .....	12
4.1	MC-vaihteen vakiokokoonpanojen määrä .....	14
4.2	Räätälöitävä vakiotuote .....	14
4.3	Hajautettu kokoonpano .....	15
4.4	Asennuskanta .....	15
5	Teollisuusvaihteen uudelleenvalmistus .....	16
5.1	Hyväksyntäkriteerit .....	18
5.2	Uudelleenvalmistusprosessin kuvaus .....	19
5.3	Uudelleenvalmistusprosessi osana yrityksen tuotantoa .....	20
5.4	Huollon ja uudelleenvalmistuksen vertailu .....	21
5.5	Uudelleenvalmistuksen riskit, kustannukset ja hyödyt .....	22
6	Elinkaarianalyysi ja hiilijalanjäljen laskenta .....	24
6.1	Karkkilan tehtaan hiilijalanjälki .....	26
6.2	Hiilikädenjälki .....	28
6.3	Aiheesta muualla .....	29
7	Kehittämistyön tavoite .....	30
8	Toteutus ja työmenetelmät .....	31
8.1	Asiakashaastattelut .....	32
8.2	Asiakkaiden ja markkinan perustietojen kartoitus .....	32
8.2.1	Perustietojen kartoitus – Kysymykset .....	33
8.2.2	Perustietojen kartoitus – Tulokset .....	35
8.3	Asiakkaan ostopäätökseen vaikuttavat tekijät .....	37
8.3.1	Ostopäätökseen vaikuttavat tekijät – Kysymykset .....	37
8.3.2	Ostopäätökseen vaikuttavat tekijät – Tulokset .....	38
8.4	Markkinointiargumentit ja lisäarvo asiakkaalle .....	39
8.4.1	Lisäarvo asiakkaalle – Kysymykset .....	40
8.4.2	Lisäarvo asiakkaalle - Tulokset .....	41
8.5	Sisäisiin mittareihin pohjautuva kustannuslaskenta .....	42
8.6	Osaluetteloon ja tuotannon vaihemalleihin pohjautuva kustannuslaskenta .....	43
8.7	Yksinkertainen hiilijalanjäljen laskenta teollisuusvaihteelle .....	46
9	Tulokset .....	48
9.1	Tunnistetut haasteet .....	49
9.2	Työn osuuden optimointi .....	50
9.3	Lisäarvo asiakkaalle .....	51
9.4	Lisäarvo yritykselle .....	52
9.5	Elinkaariajattelu ja hiilijalanjälki .....	53
9.6	Tulosten yhteenveto .....	55
10	Pohdinta .....	56
	Lähteet .....	60

## Liitteet

Liite 1 Asiakaskyselyn tulokset graafisesti.

## Käsitteet ja lyhenteet

LCA = Life Cycle Assessment. Elinkaarianalyysi.

ATO = According to Order. Tilauksen mukainen vaihdekonfiguraatio. Tuotetaan valmiilla työkalulla ja osia varastoidaan.

ETO = Engineered to Order. Suunnittelun mukainen vaihdekonfiguraatio. Vaatii suunnittelua.

DTO = Designed to Order. Täysin uusi vaihdekonfiguraatio. Suunnitellaan täysin uusi vaihdemalli.

RMTO = Remanufactured to Order. Uudelleenvalmistus tilauksen mukaan.

MTO = Manufactured to Order. Valmistetaan tilauksesta. Vaihde tai osa, jota ei varastoida.

Remanu = Uudelleenvalmistus.

GHG = Greenhouse Gas. Kasvihuonekaasu.

BGF = Big Gear Factory. SEW:n Karkkilan tehtaan sisäinen projektinimi.

ISO = International organization of standardization.

AGMA = American Gear Manufacturers Association.

DIN = Deutsches Institut für Normung

SFS = Suomen Standardisoimislautakunta

IAPV = Internal, Accessory, Process, Value –kuvaaja.

GREEF = Green Factory. Aalto-yliopiston hanke.

APRA = Automotive Parts Remanufacturing Association

## 1 Johdanto

SEW Eurodrive -konserniin kuuluva SEW Industrial Gears Oy Karkkilassa on toimittanut teollisuusvaihteita raskaan teollisuuden tarpeisiin vuodesta 1999. Tänä aikana Karkkilan hallinnoiman MC-vaihdesarjan tuotteita on toimitettu useita satoja tuhansia kappaleita eri puolille maailmaa. Tuotteen oletetun elinkaaren osalta monet näistä vaihteista ovat jo ylittäneet oletetun käyttöikänsä ja erilaiset huollot ja korjaukset ovat ajankohtaisia.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, miten MC-teollisuusvaihteen uudelleenvalmistus, eli "remanu", vaikuttaa valmistajan katteisiin ja liikevaihtoon, materiaalin käyttöön ja asiakastyytyvyyteen. SEW:n tuotevalikoima kattaa myös muita vaihdesarjoja, mutta suuren myyntimäärän takia MC:n katsottiin olevan sopivin sarja tarkasteltavaksi. Työn painopiste on kestävä kehityksen mallin soveltamisessa muotoon, jossa sekä valmistaja että asiakas kokevat saavuttaneensa parhaan mahdollisen lopputuloksen.

Opinnäytetyön kokeellisen osan aineisto luodaan asiakaskyselyllä ja valmistajan sisäisten laskentatyökalujen ja hiilijalanjälkianalyysin kautta saatavalla tiedolla. Tämän perusteella ideoidaan ja kuvataan teollisuusvaihteen uudelleenvalmistusprosessia ja esitetään näkemykset markkinointimateriaalissa käytettävillä argumenteilla.

## 2 SEW Eurodrive –konserni

Süddeutschen Elektromotorenwerke eli SEW on vuonna 1931 perustettu saksalainen perheyrittäjä. Nykyään yritys työllistää yli 16 000 työntekijää 17 tuotantolaitoksessa ja 85 kokoonpanotehtaassa yhteensä 52 eri maassa. SEW:n liikevaihto on tilikaudella 2020/2021 3,1 miljardia euroa, josta Karkkilan

teollisuusvaihdetehtaan osuus on noin 30 miljoonaa euroa. Pääosa liikevaihdosta muodostuu vaihdemoottoreista, joista SEW on parhaiten tunnettu. (SEW 2021.)

SEW:n tuotevalikoima koostuu vaihdemoottoreista, teollisuusvaihteista, taajuusmuuttajista, servokäytöistä ja hajautetusta käyttöautomaatiosta. Tuotteiden lisäksi yritys tuottaa palveluna mitoitus- ja laitevalintaa, mekaniikka- ja sähkösuunnittelua, ohjelmointia, käyttöönottoa, huolto- ja korjauspalveluja sekä kenttähuoltoa projektoituina kokonaistoimituksina. (SEW 2021.)

Suomessa SEW:llä on kaksi tytäryhtiötä: Karkkilan teollisuusvaihdetehtas SEW Industrial Gears Oy ja Hollolan myynti- ja huoltoyksikkö SEW Eurodrive Finland Oy. Lisäksi yrityksellä on huoltokeskus Torniossa ja hajautettuja myyntikonttoreita ympäri maata. Henkilöstöä Suomessa on yli 250, joista 160 työskentelee Karkkilassa ja loput Eurodriven palveluksessa ympäri maata.

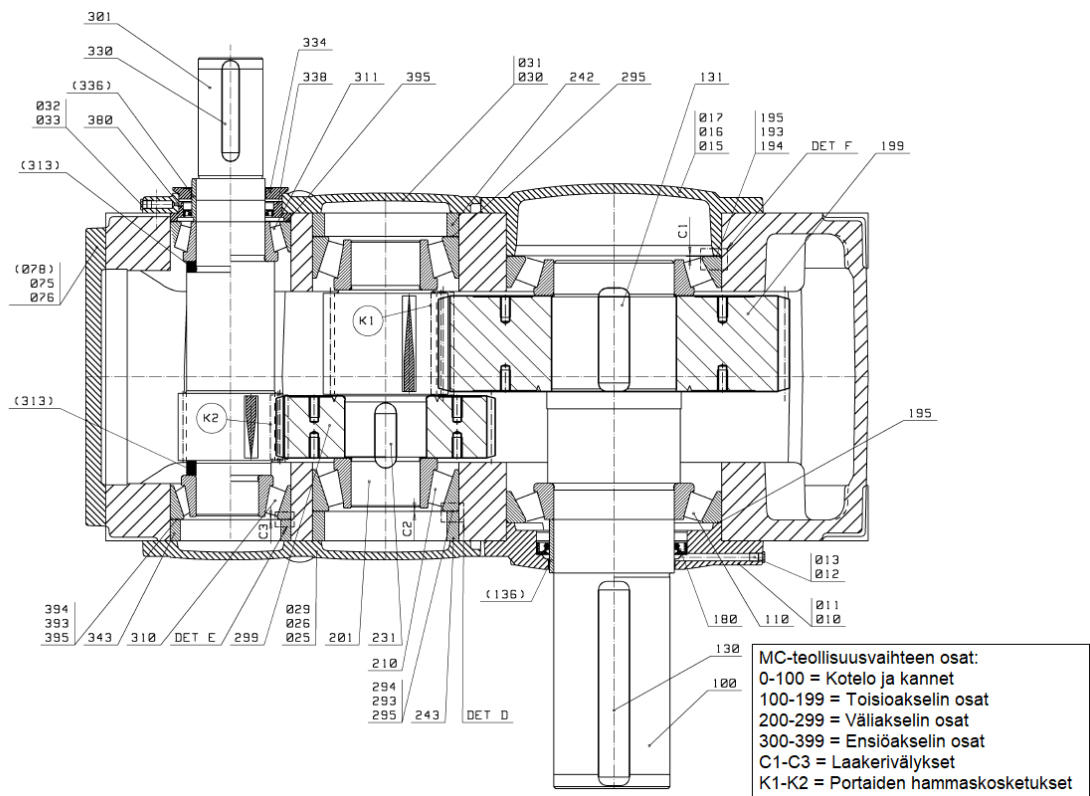
### **3 Teollisuusvaihde**

Teollisuusvaihde on alalla vakioitunut yleisnimitys raskaan teollisuuden kiinteissä asennuksissa käytettäville hammasvaihteille (SEW 2021). Vaihteen perusrakenne koostuu yleensä valuraudasta tai teräksestä valmistetusta kotelosta, jonka sisällä on yksi tai useampi hammaspyörin toteutettu välityssuhde. Hammasvälitys yhdistää ensiö- eli käyttävän akselin ja toisio- eli käytettävän akselin mekaanisesti.

Voimansiirtoratkaisut hammasvaihteissa ovat porrassluvusta, asennusasennosta, akseliasennosta tai mahdollisesta monivaihteisuudesta huolimatta yleensä samanlaisia. Poikkeuksen asettavat erilaiset variaattorit ja differentiaali-vaihteistot. Käyttävä akseli yhdistetään käyttävään koneeseen yleensä akselikytkimen avulla. Akseli pyörittää hammaspyöriä, joiden hammaslukujen ja halkaisijoiden ero tuottaa pyörimisnopeuseron akseleiden välille, ja voima sekä

pyörimisliike otetaan toisioakselille kytkettyyn käytettävään laitteeseen. Lieriö-  
vaihteeksi kutsutaan vaihdetta, jonka ensiö- ja toisioakseli ovat samansuuntai-  
set ja jossa ei ole kartiohammaspyöriä. Kartiovaihteessa puolestaan akselit ovat  
90-asteen kulmassa toisiinsa nähden ja yleensä ensiövälitys on toteutettu kar-  
tiohammaspyörin. Rakennetta on kuvattu Valtasen (2007) Tekniikan Taulukko-  
kirjan 15. painoksen sivuilla 791-793.

SEW:n 2-portaisen MC-vaihteen perusrakenne on esitetty kuviossa 1. Kuviossa  
osa 301 on ensiöakseli ja osa 100 toisioakseli. Välitysportaiden hammaspyörien  
rynnöt ovat merkitty K1 ja K2, ja näiden hammaspyörien kokoerolla tuotetaan  
akseleiden välinen pyörimissuunta ja –nopeusero.



Kuvio 1. MC lieriöhammasvaihteen esimerkkirakenne, jossa näkyy akselit, ko-  
telo, laakerit ja hammaspyörät. (SEW. MCP Assembly. 2002.)

Valittu hammastus, akselit ja laakerit määrittävät vaihteen momentinsiirtokyvyn.  
Tämä on tyypillisesti kompromissi kaikkien kolmen kriteerin välillä ja jokaisella  
valmistajalla on omat laskentametodinsa. Eri valmistajien vaihteita vertailemalla  
on todettu, että yleinen käytäntö on mitoittaa vaihde tasavahvaksi joka väli-

tysportaalla, mutta usein toisioportaasta muodostuu koko vaihteen momentin-siirtokyvyn määrittävä osa. (SEW 2021, MC-vaihteen lujuuslaskentaohjelma Wesilab versio 6.0). Valmistaja- ja applikaatiokohtaisia erikoisuuksia on kuitenkin paljon, joten yleispätevää ohjetta mitoitusperusteille ei ole. Myös asiakkailta, kuten koneenrakentajilla ja loppukäyttäjillä, on usein omat kokemukseräisesti laaditut mitoitusvaatimuksensa vaihteille.

### **3.1 Laakerointi ja voitelu**

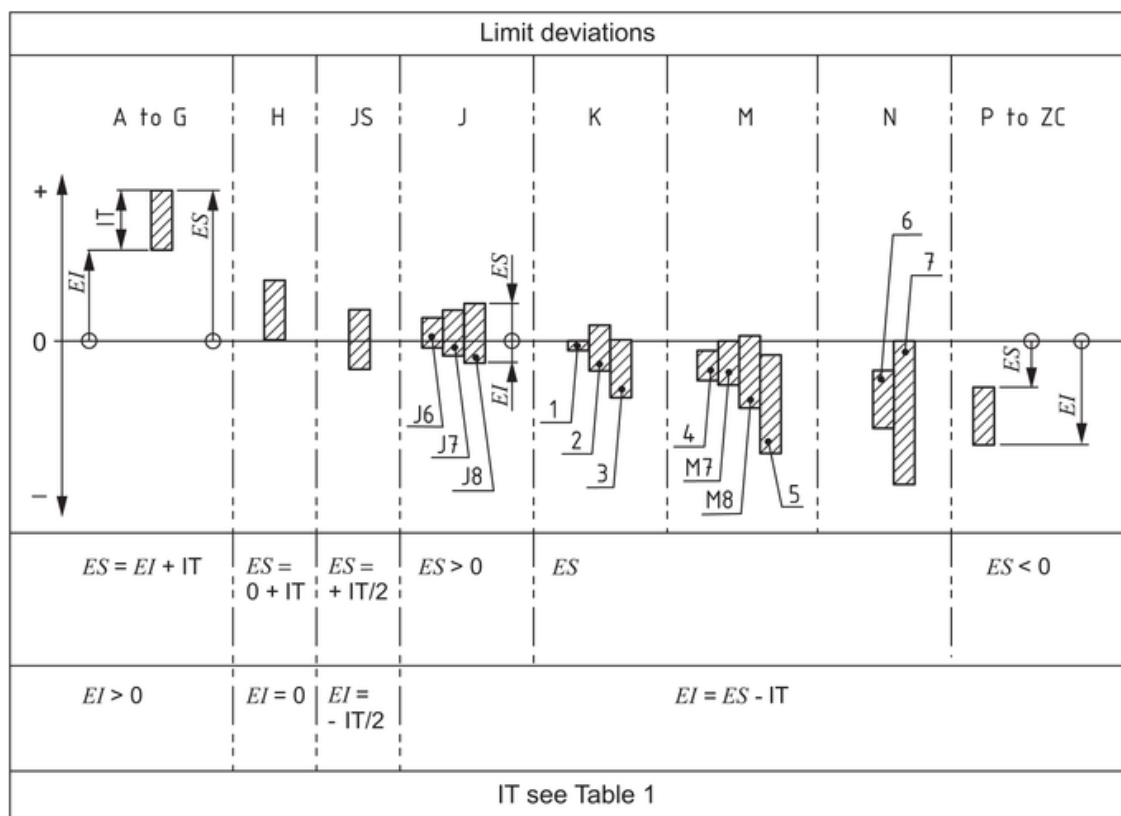
Teollisuusvaihde voi olla rakenteeltaan liuku- tai rullalaakeroitu. Nykyään liuku-laakerointia käytetään enää korkean pyörimisnopeuden käytöissä, joissa rulla-laakereiden pyörimisnopeusrajat eivät mahdollista niiden käyttöä. Liukulaakeroituidut vaihteet ovat aina painevoideltua, joissa ulkoisella moottoripumpulla tai jollekin vaihteen akselille asennetulla pumpulla tuotetaan laakeroinnin tarvitsema öljynpaine. Rullalaakeroitu vaihde voi olla myös kylpyvoideltu, eli voitelukohteet: laakerit ja hammastuksien rynnöt, ovat uppovoideltu. Myös roiskevoitelua käytetään rullalaakeroiduissa vaihteissa sen kiistatta pienempien vatkauhäviöiden ja sitä kautta paremman hyötysuhteen kautta. Roiskevoitelussa vaihteessa hammastukset heittävät voiteluöljyn voitelukohteisiin. (SKF 2013).

Laakerivalinnassa ja mitoituksessa tulee huomioida hammasvoimat, ulkoiset voimat akseleilla ja lisäksi kotelon jäykkyys (Valtanen 2007). Kokonaislaakerointiratkaisu on usein myös kokemukseräisesti tiettyyn teollisuuden sovellukseen sopivaksi todettu. Esimerkiksi pystyvaihteen laakeroinnille asennusasento ja voimien suunta asettavat erilaiset vaatimukset kuin vaakavaihteelle. Kokemukseräisesti ja tähän opinnäytetyön tehdyn kustannuslaskennan perusteella laakerit muodostavat noin 20 % valmiin vaihteen hinnasta.

### 3.2 Hammastetut osat

Välitysosat, eli hammaspyörät moderneissa teollisuusvaihteissa, ovat lähes aina valmistettu hiiletyskarkaistavasta teräksestä. Hampaat sekä laakeripinnat ovat viimeistelyhiottu. Hammastuksen laskennalle on monia eri standardeja, mutta Euroopassa käytetään pääasiassa standardeja DIN 3990 lieriöpyörille ja DIN 3991 kartiopyörille. USA:ssa ja muussa imperiaalista järjestelmää käyttävässä maailmassa vastaavat standardit ovat AGMA 2101 ja AGMA 2003. (SEW 2022, MC-vaihteen laskentaohjelma Wesilab versio 6.0).

Hampaan muoto on usein valmistajakohtainen. Erityisesti autoteollisuudessa pyritään optimoimaan hampaiden muoto hyvin tarkasti käyttökohteen ja valmistettavuuden perusteella. Raskaassa teollisuudessa käytetään tyypillisesti standardiin DIN 3962 pohjautuvaa hammastusta, mutta hampaan muoto ja korjaukset, kuten bombeeraus tai tyvi- tai päähelputus vaihtelevat laskennasta saatujen arvojen mukaan. Laatuluokka on pääasiassa IT6 tai parempi ja hyvin harvoin huonompi kuin IT7. IT-luokka on standardoitu tapa esittää kyseiselle tarkkuusluokalle sopiva toleranssialue. Sen sallimat poikkeamat ovat esitetty standardissa ISO 286, ja poikkeamat kasvavat samassa suhteessa kuin tarkkuusluokkaa esittävä numero. Näin ollen IT6:n asettamat toleranssit ovat tarkemmat kuin IT7. Toleranssiasteet on kuvattu kuviossa 2.



Kuvio 2. ISO 286-2:2010(EN) standardinmukaisten toleranssiasteiden rajat reilille (International Organization for Standardization 2010).

Optimivoimansiirtokyvyn seurauksena välitys, eli hammaslukujen suhde porrasta kohti, on alalla tapana pitää alle 5:1, pois lukien yksiportaiset vaihteet, joissa voidaan toteuttaa jopa 7:1 välitys. Suuremmilla välityksillä ryntösuhteesta muodostuu epäedullinen. Ryntösuhde kuvaa sitä, kuinka monta hammasta on kosketuksissa eli rynnössä samanaikaisesti (AGMA 908-B89 2020; SFS 3389 1989; Valtanen 2007). Tämä rajoittaa vaihteen suurinta mahdollista välitystä, koska välityssuhteen kasvaessa ryntösuhde pienenee eli pienempi määrä hampaita on kosketuksissa rynnössä. Teoriassa on mahdollista rakentaa esimerkiksi 10-portainen vaihde, mutta käytäntö osoittanut, että 5- tai 6-portainen on suurin järkevä porrasluku. Moniportaisissa vaihteissa ongelmaksi muodostuu mm. sisäiset joustot ja toistuvat hammasvälitykset, joiden seurauksena kuormitusten ennakoitavuus on vaikeaa ja ensiö- ja toisioakselien välille syntyy lisää pyörimisnopeuseroa ja häviöitä. Tästä syystä usein todella suuren välityksen vaativat sovellukset toteutetaan yhdistämällä päävaihteeseen vaihdemoottori, jolla saadaan moottorin pyörimisnopeutta pienemmäksi ja kasvatettua vääntöä. MC-

vaihdesarjassa ollaan pitäyditty raskaassa teollisuudessa yleisimmällä välityssuhdealueella, joka on johtanut 2- ja 3-portaisiin vaihtoehtoihin. Kokemusperäisesti ja tähän opinnäytetyön tehdyn kustannuslaskennan perusteella välitysosat muodostavat noin 45 % valmiin vaihteen hinnasta.

### **3.3 Kotelo ja tiivistys**

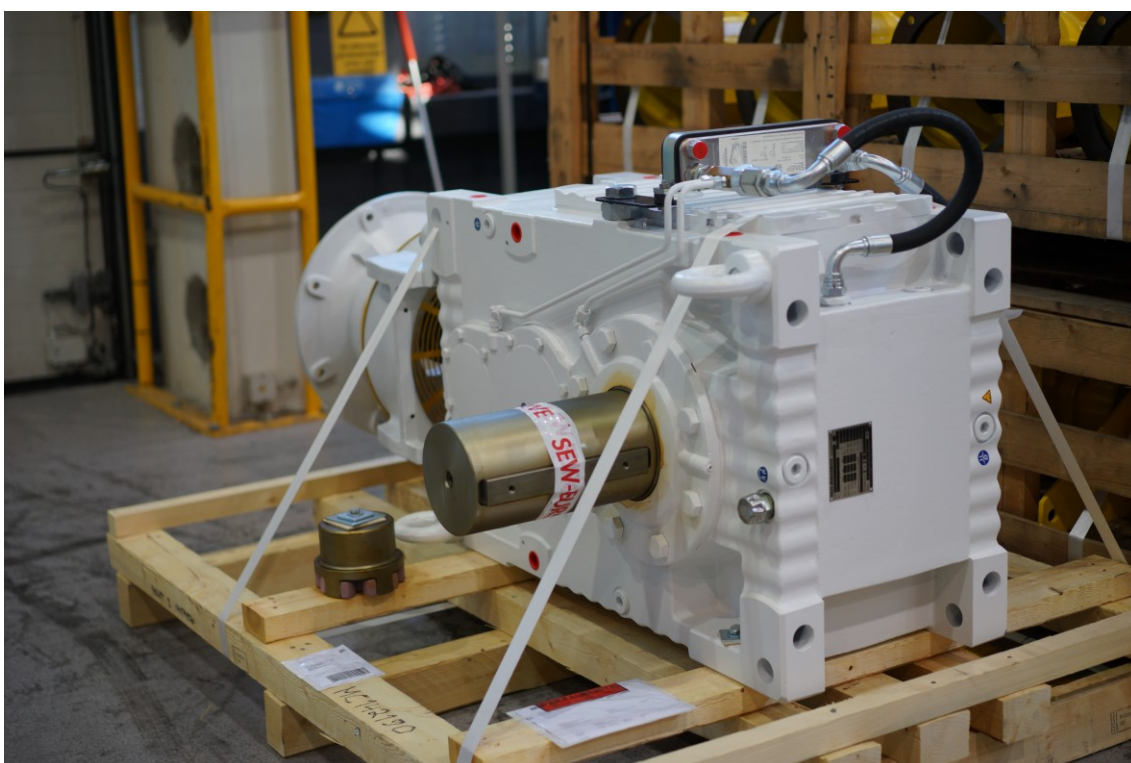
Teollisuudessa käytettävät vaihteet ovat aina koteloitu öljytiiviisti, hyvin suuria, esimerkiksi kuulamylyn ympärille rakennettuja hammaspyörävälityksiä lukuun ottamatta. Kotelo voi olla integroitu käytettävään laitteeseen, kuten paperiteollisuudessa on ollut tapana, mutta usein asiakkaat tyytyvät valmistajan katalogiratkaisuun.

Vakioratkaisussa kotelo pitää sisällään hammastetut välitysosat, laakerit ja akselit. Ulos tulevat ensiö- ja toisioakseli ovat tiivistetty. Tiivistysjärjestelmiä on monenlaisia, mutta yleisin on huulitiivistys, jonka lisäksi voi olla esimerkiksi rasvalabyrintti pitämään ulkoiset kuormittajat, kuten pöly, pois akselin tiivistepinnalta. Kokemusperäisesti ja tähän opinnäytetyön tehdyn kustannuslaskennan perusteella tiivisteet ja sekalaiset osat muodostavat noin 5 % valmiin vaihteen hinnasta.

Kotelo on öljytiivis ja yleensä sarjatuotteissa valamalla ja yksittäistuotteissa teräksestä hitsaamalla valmistettu. MC-vaihdesarjassa käytetään niin sanottua monoblock – koteloa, jossa välitysosat kokoonpannaan kotelon sisään siihen tarkoitettulla prässillä ja vasteilla. Toinen vaihtoehto on käyttää kotelossa jakotasoja, joka yleensä sijoitetaan jakamaan laakeripesät niin, että välitysosat voi nostaa sisään kotelon puolikkaaseen, jonka jälkeen ne liitetään toisiinsa ruuviliitoksella. Tähän opinnäytetyön tehdyn kustannuslaskennan perusteella Kotelo ja kannet muodostavat noin 30 % valmiin vaihteen hinnasta.

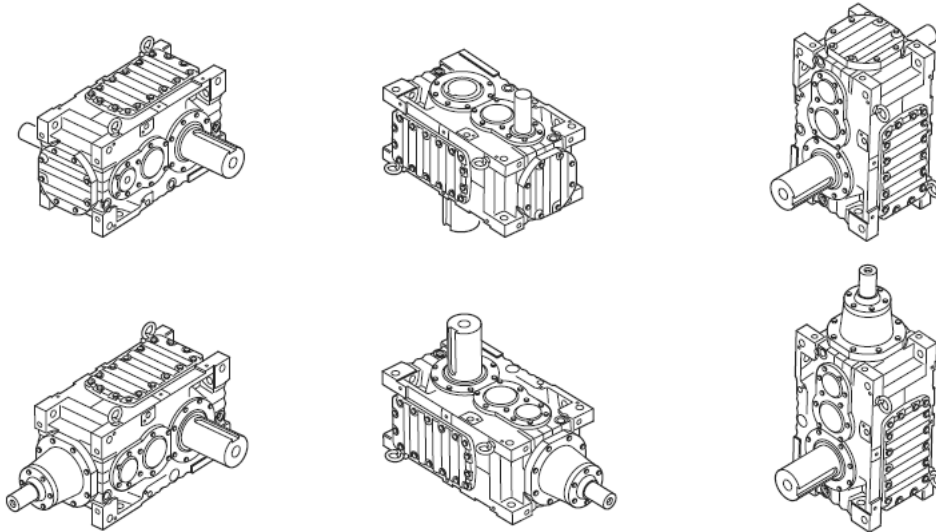
## 4 MC-vaihdesarja

SEW Industrial Gears Oy:n valmistama MC eli "M Compact" –vaihdesarja koostuu kahdeksasta vaihdekoosta, jotka voidaan ominaisuuksiensa perusteella luokitella teollisuusvaihteiksi. Vaihdesarja on saatavilla lieriö- ja kartiolieriövaihteina. Vaihteissa käytetään vinohampaisia lieriöpyöriä ja kartiopyöriä, joilla voidaan MC-vaihteessa tuottaa kaksi tai kolme välitysporrasta. Näin ollen vaihteita on saatavilla välityksellä 6:1 - 100:1.



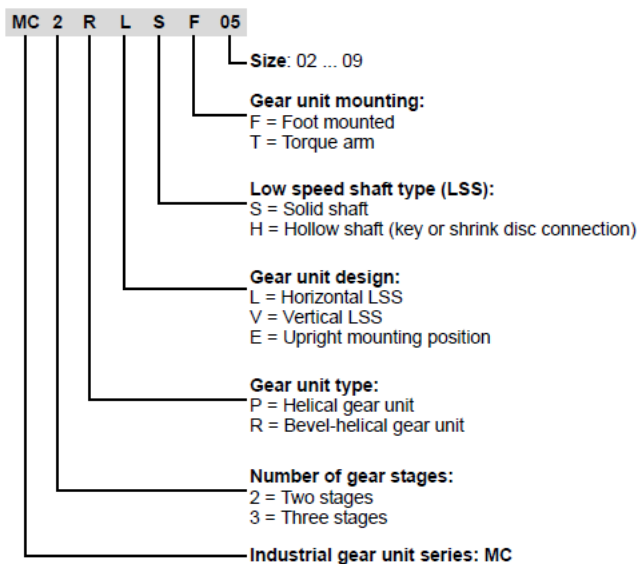
Kuva 1. Tyypillinen MC-sarjan kartiovaihte varustettuna moottoriadapterilla ja vesijäähdyttimellä (Ala-Jääski 2019).

Vaihdekotelo on suunniteltu niin, että sen voi asentaa jalka-, laippa tai momenttitukikiinnitteisenä useaan eri asentoon. Asennot ovat kuvattu kuviossa 3. Lisäksi koteloon on helppo kiinnittää erilaisia varusteita, kuten moottoriadapteri tai voiteluyksikkö.



Kuvio 3. MC-vaihteen asennusasennot (SEW 2019, MC-vaihdesarjan katalogi 11237910).

Asennus- ja akseliasento, kiinnitystyyppi, välitysportaiden lukumäärä ja akselityyppi vaikuttavat vaihteen nimeen siihen erikseen kehitetyn nimeämislogiikan kautta. Tämä on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. MC-vaihdesarjan nimeämislogiikka. (SEW 2019, MC-vaihdesarjan katalogi 11237910).

#### **4.1 MC-vaihteen vakiokokoonpanojen määrä**

Nimeämislogiikkaan vaikuttavien piirteiden lisäksi MC vaihdesarjaan on standardoitu suuri määrä muita piirteitä. Näihin lukeutuvat mm. erilaiset tiivisteratkaisut, moottoriadapterit, ulkoiset varusteet, laakerointiratkaisut sekä voiteluun ja jäähdytykseen liittyvät varusteet.

Varusteiden määrä johtaa siihen, että MC:n tuotekonfiguraattorilla tuotettavia erilaisia vaihdemalleja on kaikkiaan lähes 500 000. Suuri määrä vakioratkaisuja puolestaan tukee MC:n myyntiä, sillä asiakkaalle sopivan ratkaisun löytäminen näin kattavasta valikoimasta vakio-ominaisuuksia on erittäin todennäköistä.

Vakioitujen ominaisuuksien suuri määrä johtaa siihen, että tuotehallinta esimerkiksi uuden piirteen lisäämiseksi on verrattain työlästä ja vaatii paljon suunnittelutyötä. Samalla esimerkiksi huoltoon saapuvien vaihteiden ominaisuuksia on vaikea ennakoida joitain yleisimpiä varusteita lukuun ottamatta, ja varasto MC:n osille on oltava kattava.

#### **4.2 Räätelöitävä vakiotuote**

Vakioitujen ominaisuuksien lisäksi asiakkaat usein keksivät omia vaatimuksiinsa, joita edes puolen miljoonan mahdollisen yhdistelmä sarja kata. Yleensä erikoisvaatimukset ovat esimerkiksi akseleihin tai tiettyyn varusteeseen liittyviä asiakaskohtaisia erikoisuuksia. Voi olla, että vaihde on korvaamassa vanhan vaihteen ja sen takia esimerkiksi akseleiden pituuksia tai halkaisijoita joudutaan muuttamaan vanhan tilalle sopiviksi.

MC:n vakiorakenne sallii räätälöinnin verrattain helposti. Tuotekonfiguraattori rakentuu niin, että erikoispiirteen lisääminen esimerkiksi toisioakseliin ei poista osaluettelolta osia, joihin erikoisuus ei vaikuta. Tämä puolestaan helpottaa ja nopeuttaa suunnittelu- ja valmistusprosessia.

### 4.3 Hajautettu kokoonpano

SEW Eurodrive -konsernin toimintamalli nojaa hajautettuun kokoonpanoon. Kyseessä on malli, jossa tehtaot tuottavat vaihde- ja moottorisarjojen vakiokomponentteja varasto-ohjautuvasti ja kokoonpanotehtaot ympäri maailmaa tilaavat komponentit valmistusyksiköiltä. Lisäksi myös valmistusyksiköt kokoonpanevat valmiita vaihteita.

Kokoonpano tapahtuu tilausohjatusti ja perustuu varasto-osien suureen määrään. Näin voidaan tuottaa esimerkiksi MC-vaihdesarjan noin 500 000 eri vaihtoehdon joukosta juuri asiakkaan tilaama yhdistelmä lyhyellä toimitusajalla. Samalla taataan se, että asiakas saa samanlaisen tuotteen, vaikka tilaus annetaan SEW:n USA:n, Kiinan tai Suomen tehtaalle. Samoin toisen kokoonpanotehtaan kasaaman vaihteen tilalle varavaihteen valmistaminen toisessa tehtaassa on täysin mahdollista. Kokoonpanotehdas on eritelty vaihteen yksilöllisellä valmistusnumerolla.

### 4.4 Asennuskanta

MC-vaihteiden tarkan asennuskannan koon määrittäminen on haastavaa hajautetun kokoonpanon johdosta. Vaihteita on vuodesta 1999 alkaen valmistettu Suomessa ja Kiinassa, ja kokoonpantu USA:ssa, Australiassa, Chilessä, Etelä-Afrikassa, Brasiliassa ja Intiassa. Lisäksi pienemmät kokoonpanoyksiköt ovat koonneet markkinoille pienen määrän vaihteita, jotka ovat rakenteeltaan täysin vakio-osiin perustuvia.

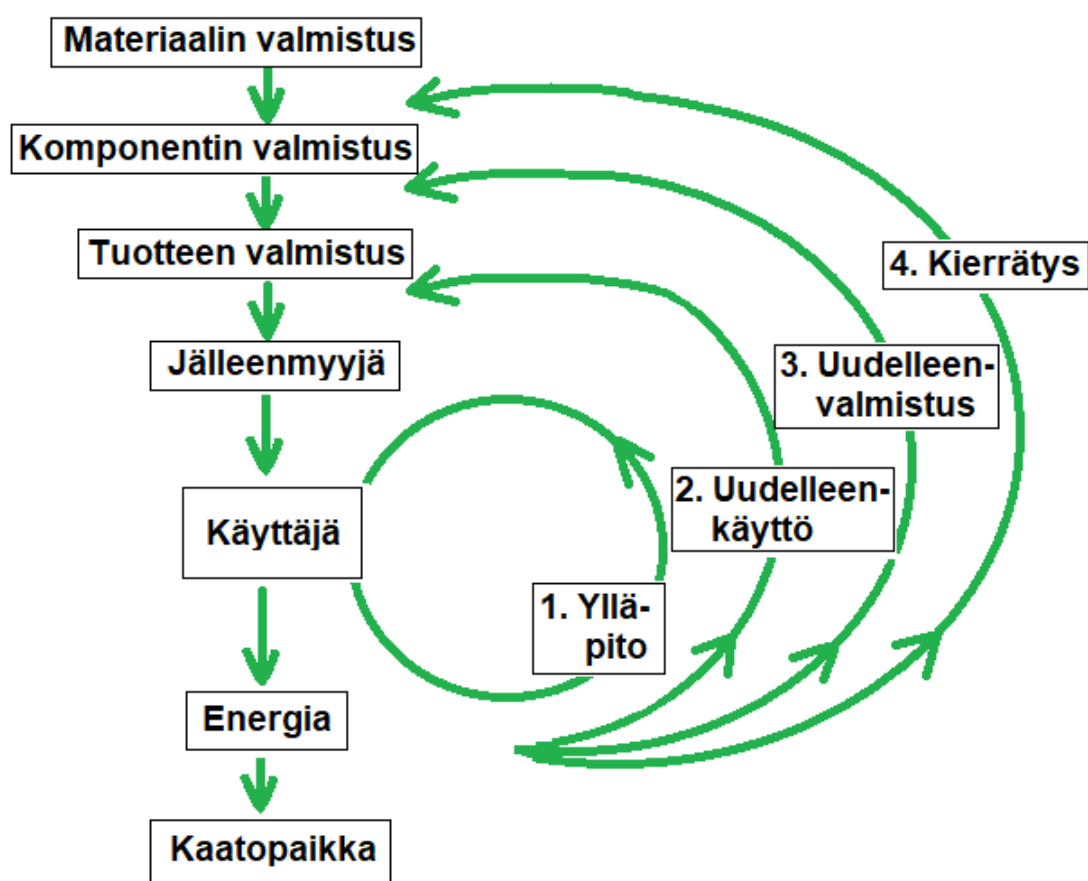
Arvioitu globaali asennuskanta Suomen noin 1 200 vaihteen ja Kiinan 10 000 vaihteen vuosituotantoon perustuen on noin 300 000 vaihdetta. Ensimmäiset MC-vaihteet on toimitettu vuonna 1999. Teollisuusvaihteen tyypillinen käyttöikä on 5 – 20 vuotta, ja tämän perusteella voidaan arvioida, että suuri määrä nyt markkinoilla käytössä olevista vaihteista alkaa viimeistään nyt olla huollon tai korjauksen tarpeessa.

## 5 Teollisuusvaihteen uudelleenvalmistus

Uudelleenvalmistus ei ole uusi ajatus ja sen on kuvattu olevan kierrätyksen huippumuoto (Steinhilper 2008). Se perustuu ideaan käyttää vanhasta tuotteesta, joko toiminnan tai kustannusten kannalta kriittisiksi kutsutut komponentit uudestaan niin, että tuote voidaan toiminnallisesti ja ulkonäöllisesti palauttaa uutta vastaavaan kuntoon. Samalla tuotteeseen voidaan tehdä päivityksiä, joita tuotesarjaan on tehty alkuperäisen tuotteen toimituksen jälkeen. Ajatus on peräisin lähes 80 vuotta sitten luodusta uudelleenvalmistusmallista auton osille. (APRA 2020). Uudelleenvalmistus säästää paitsi asiakkaan rahaa, mutta myös luontoa, sillä osien uusiokäyttö vähentää materiaalin käyttöä kokonaan uuteen tuotteeseen verrattuna. (Heikkilä & Palomäki 2020.)

Uudelleenvalmistus eroaa normaalista huollosta hinnan, lopputuloksen ja prosessin osalta. Vaihdehuollossa asiakas toteaa vaihteessaan vikaa ja lähettää sen huoltoon. Vaihteen saavuttua se tarkastetaan ja asiakkaalle raportoidaan löydetyt viat ja annetaan kustannusarvio korjauksesta. Huollon takuu kattaa vain tehdyt toimenpiteet ja vaihdetut osat, ja hinta ja toimitusaika riippuvat tarkastuksessa tehdyistä löydöksistä. Uudelleenvalmistuksessa asiakkaalle annetaan ennalta määritetty hinta ja toimitusaika. Uudelleenvalmistettu tuote vastaa visuaalisesti uutta ja sille myönnetään uutta tuotetta vastaava takuu.

Tuotteen elinkaaren kannalta uudelleenvalmistus palauttaa käyttökelpoisia osia elinkaaren vaiheeseen, jossa osa tuotteen hiilijalanjäljestä on syntynyt. Näin ollen uudelleenvalmistus on osa kiertotaloutta. Tätä on Jonne Näkki kuvannut Centria ammattikorkeakoulun verkkolehden julkaisussaan 31.5.2019 varsin onnistuneesti. Materiaalin kiertoa ja palautumista tuotteen elinkaaren eri vaiheisiin on kuvattu kuviossa 5.



Kuvio 5. Materiaalin kierto kiertotaloudessa tuotteen elinkaaren aikana (Näkki 2019).

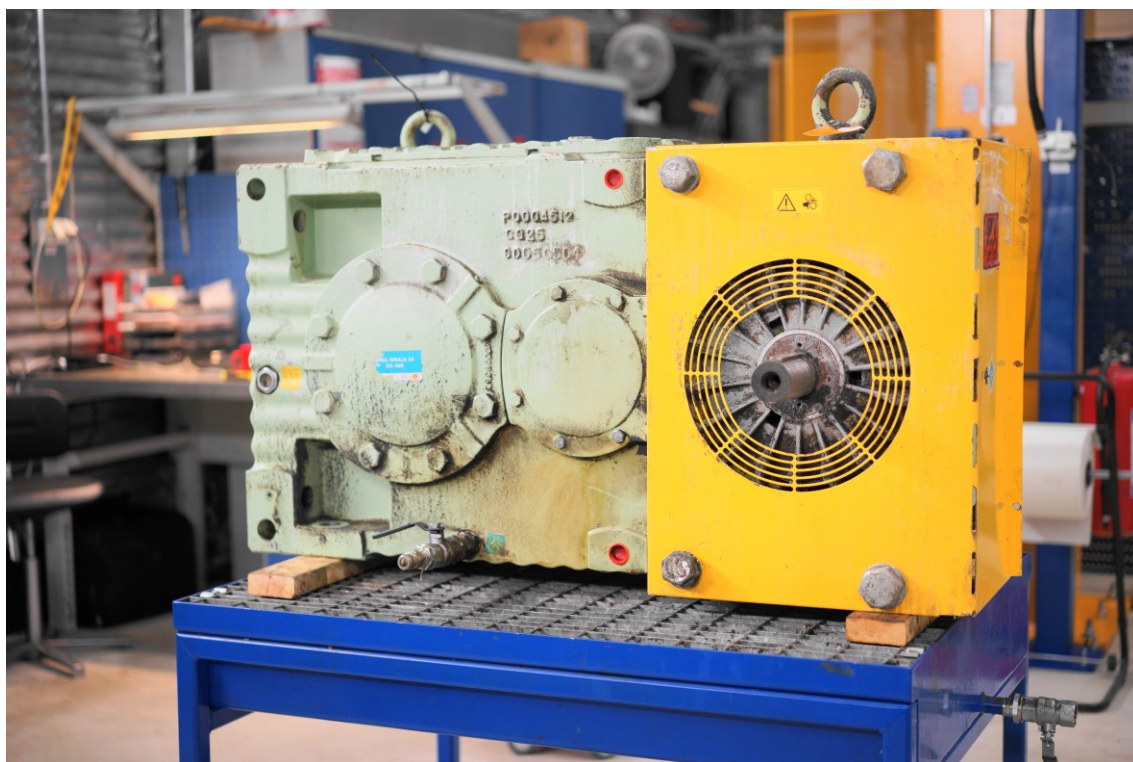
Kuluttajalle tutuin esimerkki uudelleenvalmistuksesta ovat auton eri osat. Kuluttaja vie esimerkiksi vanhan laturin varaosaliikkeeseen ja saa tilalle uuden vaihtolaiteen. Tämä vaihtolaite on uudelleenvalmistettu alkuperäisen valmistajan tai yhteistyökumppanin toimesta ja siihen on käytetty mahdollisimman paljon vanhoja osia. Kuluvat ja vaurioituneet osat on vaihdettu uusiin ja tuotteella on uuden vastaavan takuu, mutta hinta on vain murto-osa uuden vastaavan hinnasta.

Samalla prosessi mahdollistaa teollisuusvaihteen tapauksessa sovitun toimitusajan toisin kuin normaalissa vaihdehuollossa, jossa korjaustarve ja sitä myöden hinta ja toimitusaika määrittyvät vasta kun vaihde on avattu ja vauriot tunnistettu. Tämä työvaihe jää uudelleenvalmistuksessa pois, sillä valmistaja voi pitää vaihteen aina vaihdettavaksi määritettyjä osia, kuten laakereita varastossa. Teollisuusvaihde on aina RMTO, eli "Remanufactured To Order" –tuote (Joseph,

Viitattu 30.11.2021). Tämä tarkoittaa sitä, että asiakas saa saman tuotteen takaisin, kuin minkä on lähettänyt uudelleentekemiseen. Suuren variaatiomäärän takia teollisuusvaihteeseen on vaikea soveltaa samaa logiikkaa kuin pitkälle vakioituihin autojen osiin.

## 5.1 Hyväksyntäkriteerit

Mikä tahansa tuote voidaan uudelleentekemään. Teollisuusvaihteen tapauksessa kriteerit uudelleentekemiseen hyväksymiseksi täytyy määrittää niin, että prosessi on kannattava sekä valmistajalle että asiakkaalle. Teollisuusvaihteen tapauksessa voidaan esimerkiksi sopia, että vaihdekotelo tulee olla käyttökelpoinen, että vaihde voidaan kelpuuttaa uudelleentekettäväksi. Tässä työssä määritetään kriteerit, joiden perusteella vaihde voidaan hyväksyä uudelleentekemiseen.

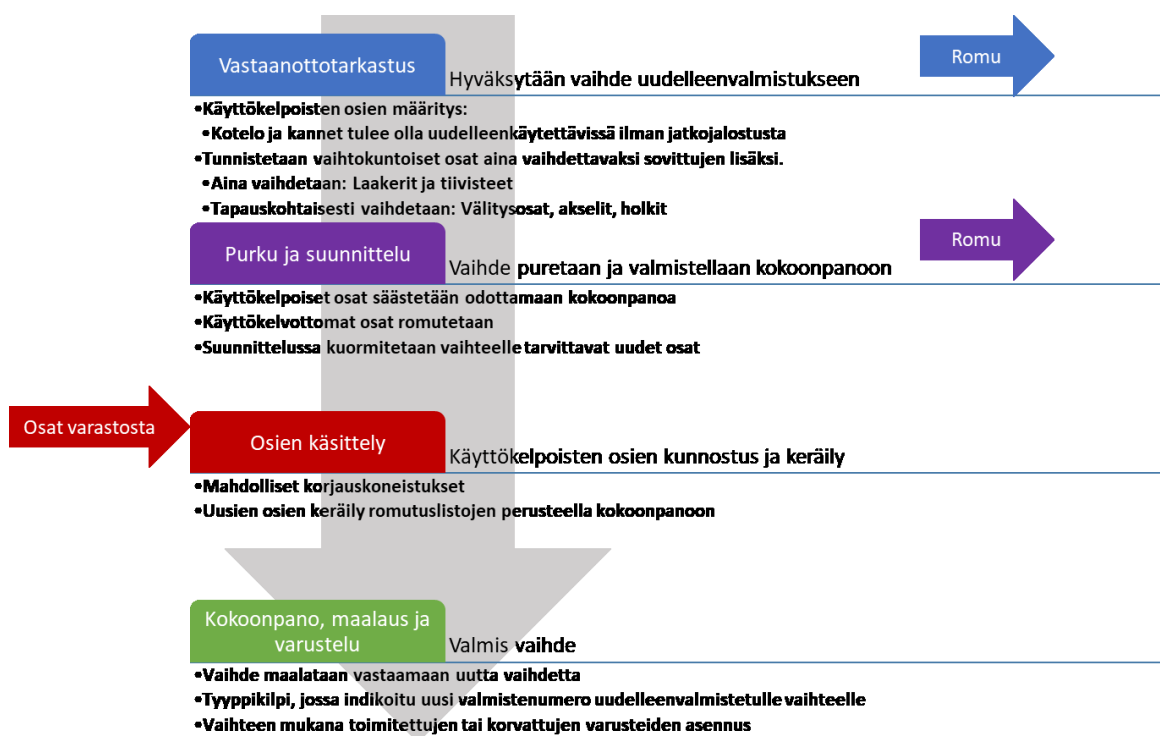


Kuva 2. Uudelleentekemiseen SEW:lle saapunut MC2PLSF08 teollisuusvaihde. Ulkoisena varusteena jäähdytystuuletin, joka ei kuulu uudelleentekemisen vaihdettaviin osiin. (Ala-Jääski 2020).

Kustannusnäkökulmasta peruseriaate on, että uudelleenkäytettävien osien osuus tulee olla korkeampi kuin vaihdettavien osien, jotta prosessi on kannattava. Osuus on helppo määritellä arvon perusteella. Jokaisella osalla on arvo-osuus valmiista tuotteesta, ja korvattavien osien yhteenlaskettu osuus tulee olla pienempi kuin uudelleen käytettävien osien. Samalla tulee huomioida työn osuus, joka uudelleenvalmistuksessa sisältää purkutyön ja uudessa tuotteessa työtä kuluu vain kokoonpanovaiheessa olettaen, että osien kustannukset sisältävät niiden valmistukseen kuluneen työpanoksen.

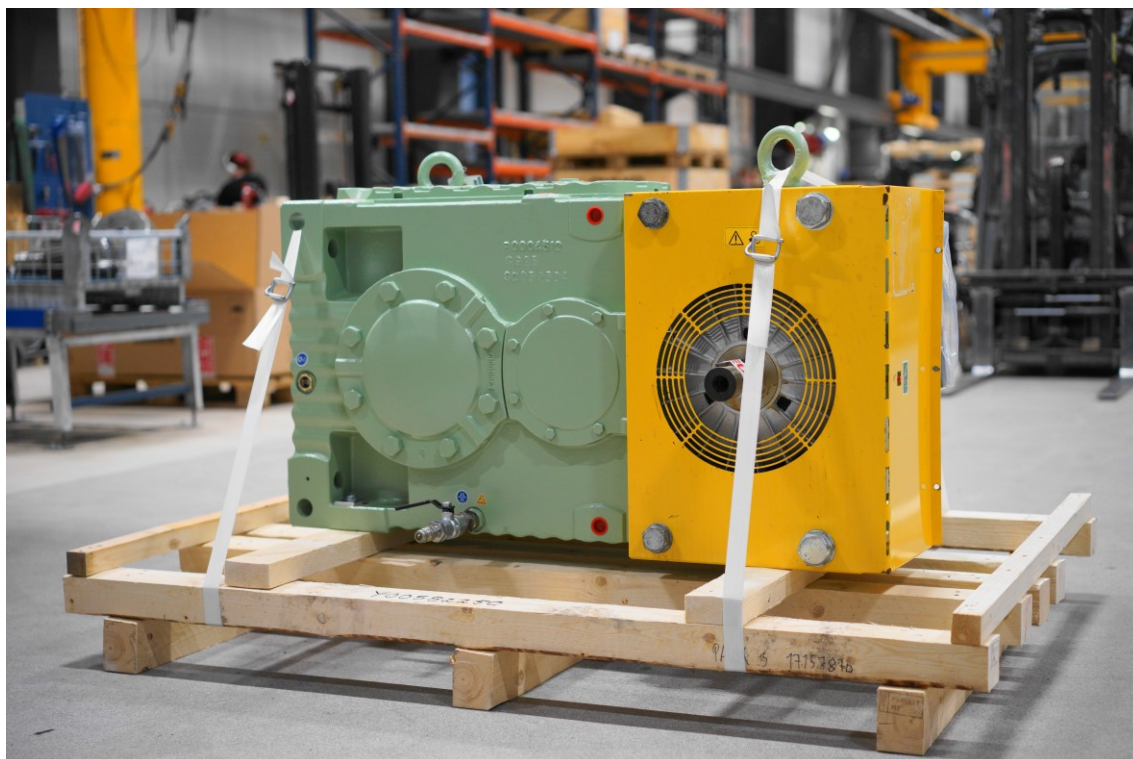
## 5.2 Uudelleenvalmistusprosessin kuvaus

Uudelleenvalmistus on purkua lukuun ottamatta helpoin toteuttaa osana normaalia tuotantoa, kun uudelleenvalmistettavia vaihteita on verrattain vähän. MC-teollisuusvaihteen tapauksessa perusprosessi koostuu neljästä vaiheesta, jotka ovat esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. SEW:n sisäinen uudelleenvalmistusprosessi teollisuusvaihteelle vaihteen saapumisesta toimitukseen asti. Nuolilla on kuvattu prosessiin tulevat ja siitä lähtevät sivuvirrat. (Ala-Jääski 2021).

Uudelleenvalmistuksen yhteydessä kaikki kuluvat osat vaihdetaan uusiin, mutta muiden osien osalta noudatetaan sovittuja tarkastus- ja hyväksyntämenetelmiä. Valmistajan vastuulla on määrittää tarkastukset niin, että uudelleenvalmistetulle tuotteelle voidaan myöntää uuden vastaavan tuotteen takuu.



Kuva 3. SEW:ltä toimitusvalmis uudelleenvalmistettu MC2PLSF08 teollisuusvaihte. Kuvan vaiheeseen myös tuuletin on vaihdettu asiakkaan pyynnöstä. (Ala-Jääski 2021).

Vaihteen uudelleenvalmistus ei varasto-ohjautuvassa tuotannossa sido valmistusta, sillä vaihdettavat osat sarjatuotteella löytyvät suoraan yrityksen varastosta. Erikoistapauksissa, joissa uudelleenvalmistettava vaihte vaatii varasto-osan lisäksi työlle valmistettavien osien valmistusta tai ostoa, tulee tarkastusvaiheessa päättää voiko tuotteen hyväksyä uudelleenvalmistukseen vai eteneekö prosessi normaalina huoltona.

### 5.3 Uudelleenvalmistusprosessi osana yrityksen tuotantoa

Uudelleenvalmistusprosessi on valmistavassa teollisuudessa funktio, jonka johtaminen tulisi keskittää tekemään prosessista mahdollisimman automatisoitu ja

virtaviivainen. Asiakkaan tuote saapuu uudelleenvalmistukseen ja lopputulos on, että sovitun ajan päästä se lähtee asiakkaalle takaisin uutta vastaavana, sovitun hintaisena ja uuden tuotteen takuulla.

Prosessin johtaminen vaatii sekä kaupallista että tuotannollista näkökulmaa. Usein nämä ovat kaksi eri funktiota yrityksen sisällä ja niiden saattaminen yhteen on ratkaisevan tärkeää. Sisäinen prosessi tulee olla sovittu niin, että suoritettava osa on tietoinen mitä tehdään, kun kaupallisen prosessin tuottama tilaus saapuu valmistukseen.

On tärkeää luoda metodiikka ja työkalut niin, että yrityksen sisäiset funktiot ovat molemmat asiakaslupauksen takana. Lähtökohta on, että kaikki prosessiin osallistujat ymmärtävät uudelleenvalmistusprosessin vaiheet ja argumentit:

- Miksi asiakas haluaa uudelleenvalmistuttaa vaihteen?
- Mikä lupaus asiakkaalle on annettu?
- Mitä osia vaihteeseen vaihdetaan?
- Mitä osia vaihteeseen ei vaihdeta?
- Onko tuote hyväksyttävissä uudelleenvalmistusprosessiin?
- Mitkä funktiot prosessiin osallistuu?

Sisäisten funktioiden tehtävä on suunnitella työkuorma suhteessa kapasiteettiin niin, että uudelleenvalmistusta on mahdollista tehdä uustuotannon rinnalla. Lisäksi purku- ja tarkastus tulee tehdä niin, että vaihde osineen sopii fyysisesti uustuotannon työkaluilla kokoonpantavaksi.

#### **5.4 Huollon ja uudelleenvalmistuksen vertailu**

Raskaassa teollisuudessa asiakkaat ovat perinteisesti tottuneet huollattamaan tai korjaamaan mekaanisia laitteitaan. Uudelleenvalmistus sen sijaan on tunnetumpaa esimerkiksi autojen varaosien kaupassa, jossa jo pitkään asiakas on joutunut palauttamaan vanhan osan panttia vastaan esimerkiksi ostaessaan au-

toonsa uudelleenvalmistetun laturin. Valmistaja on aiemmin käyttänyt toisen asiakkaan palauttamaa laturia vaihtorunkona, joka nyt myydään toiselle asiakkaalle tehdaskunnostettuna.

MC-teollisuusvaihteen osalta vanhan vaihteen vaihto 1:1 vastaavaan tehdaskunnostettuun ei usein ole mahdollista variaatioiden suuren määrän takia. Tämän takia MC:n uudelleenvalmistusprosessi on mietitty tehtävän niin, että asiakas palauttaa korjauksen tarpeessa olevan vaihteen SEW:lle ja se tehdaskunnostetaan uusilla osilla perustuen asiakkaalle aikanaan myytyyn kokoonpanoon.

Soveltuakseen uudelleenvalmistukseen tulee vaihteen täyttää määritetyt kriteerit. Aiemmin on määritetty, että kotelo ja kannet tulee olla ehjiä. Tässä työssä tutkitaan kustannusten ja materiaalin käytön kannalta sitä, milloin vaihde voidaan kelpuuttaa uudelleenvalmistukseen.

## **5.5 Uudelleenvalmistuksen riskit, kustannukset ja hyödyt**

Tehdasuuden vaihteen, uudelleenvalmistuksen ja huollon vertailu on verrattain helppoa, mutta uuden ja remanun välillä raja hämärtyy. Kustannukset, toimitusaika ja riskit ovat jokaisessa vaihtoehdossa helposti tunnistettavissa ja ne on esitetty taulukossa 1. Taulukossa hintaa verrataan uuden vaihteen hintaan, toimitusaika ilmoitetaan viikkoina ja riski prosentuaalisena arvona hinnasta. Hiilijalanjälki on suuntaa antava arvio ja se perustuu vaihdettavien osien määrään, joka huollossa voi olla hyvin pieni, mutta uudessa vaihteessa kaikki osat ovat uusia.

	Hinta vs. Uusi vaihde	Toimitusaika viikkoina	Suhteellinen riski	Suhteellinen hiilijalanjälki	Selitys
Huolto	40-150 %	2-10	50 %	10-100 %	Hinta selviää tarkastuksen perusteella ja voi olla uutta vaihdetta kalliimpi, toimitusaika epävarma ja riippuu huollon laajuudesta. Korkeampi riski, koska lyhyt takuu ja käytetyissä osissa epävarmuutta kestävyudessa.
Uudelleenvalmistettu vaihde	75 %	5	10 %	50-75 %	Hinta ja toimitusaika tiedossa ja uutta vaihdetta halvempi. Uuden vaihteen takuu ja sitä myöden matala riski.
Uusi vaihde	100 %	4	10 %	100 %	Hinta ja toimitusaika tiedossa. Uuden vaihteen takuu ja sitä myöden matala riski.

Taulukko 1. Huoltovaihtoehtojen vertailu. Hinta on kuvattu prosentteina uuden vaihteen hinnasta, toimitusaika ilmoitettu viikkoina ja asiakkaan kokemaa riskiä ja vaihteen hiilijalanjälkiä ovat kuvattu prosentteina suhteessa uuteen vaihteeseen.

Uuden vaihteen ja uudelleenvalmistuksen välillä kaupallinen ero muodostuu lähinnä uudelleenvalmistetun vaihteen halvemmasta hinnasta. Takuu on molemmissa sama, eli riskit asiakkaalle ovat pienet. Uudelleenvalmistuksen toimitusaika on noin viikon pidempi vaihteen purkamiseen vaaditun työn takia, mutta tämä on prosessi, jota yritys voi jatkossa optimoida.

Huolto on kolmesta vaihtoehdosta asiakkaalle selvästi suurin riski. Työmäärän takia huolto voi olla jopa kalliimpi kuin uusi vaihde jos kyseessä on vaihdesarjan pienemmän pääntuote. Toimitusaika vaihtelee, koska vaihteen saapuessa prosessi määrittyy sen mukaan, mitä purkuvaiheessa löytyy eikä osia ehkä löydy varastosta. Tarkastuksessa tehtyjen havaintojen perusteella tuotetaan asiakkaalle kustannusarvio ja raportti, jossa käydään läpi vaihteesta löytyneet viat ja suositellaan vaihdettavat osat. Raportin perusteella asiakas saa päättää, miten laaja huolto vaihteelle tehdään. Joidenkin asiakkaiden sisäiset säännökset määräävät, että vaihdehuollosta tulee aina saada raportti, jota uudelleenvalmistusta vaihteesta ei tuoteta.

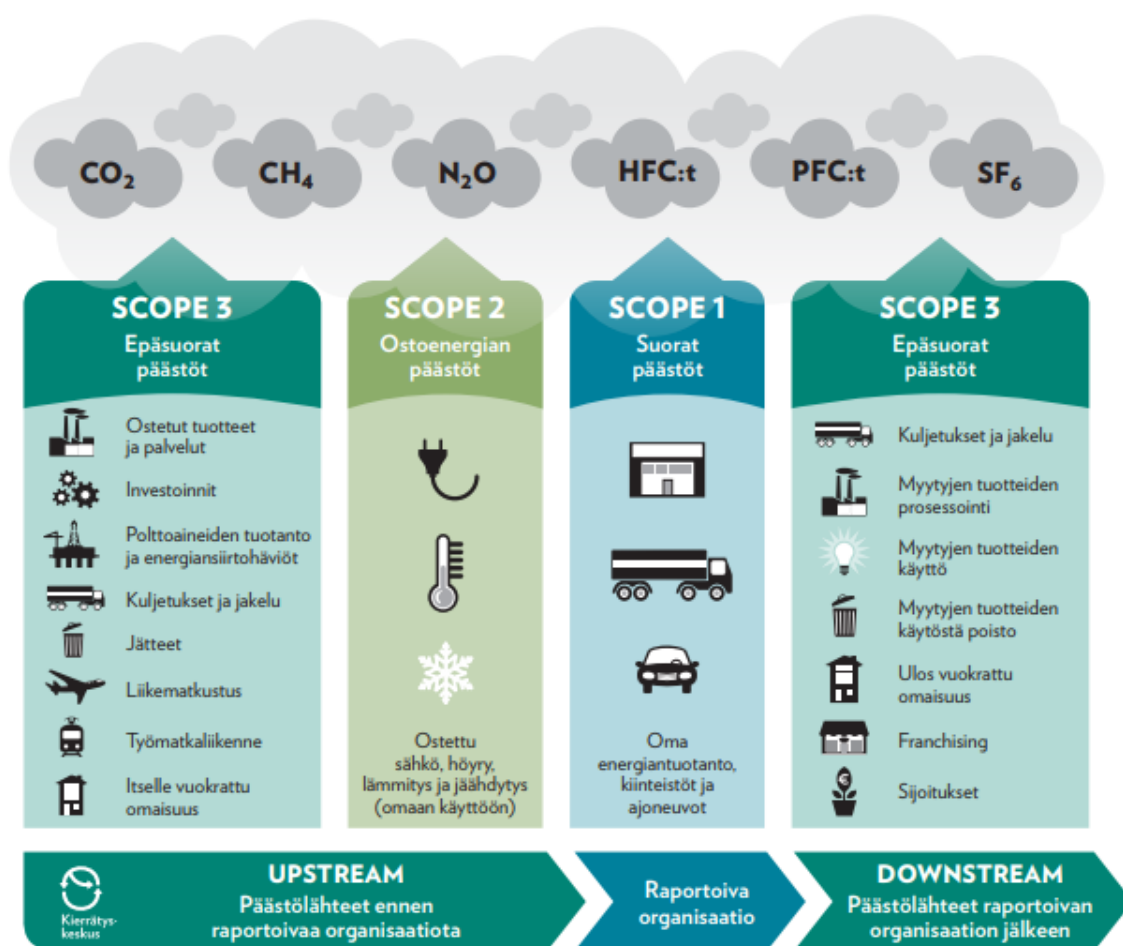
Huollon takuu on myös uutta ja uudelleenvalmistettua vaihdetta lyhyempi ja rajoittuu vain tehtyihin huoltotoihin. Huoltotyölle annettu takuu ei korvaa esimerkiksi tapauksia, jossa huollossa toisioakselin tiivisteiden vaihdossa käyneen vaihteen ensioakselin laakerit hajoavat takuuajana.

## 6 Elinkaarianalyysi ja hiilijalanjäljen laskenta

Tuotteen hiilijalanjäljen laskentaan on kehitetty monia elinkaarilaskentaan tarkoitettuja sovelluksia, kuten vapaasti Internetistä ladattavissa oleva Open LCA ja kaupallinen SimaPro. Molempien ohjelmien tiedoista löytyy eri materiaaleille, prosesseille ja tuotteille laskennalliset CO<sub>2</sub> -päästöarvot, joiden perusteella käyttäjä voi mallintaa oman tuotteensa ja laskea hyvin tarkan, simuloitun hiilijalanjäljen omalle tuotteelleen. Laskentapalveluja tarjoaa myös moni kaupallinen toimija, kuten LCA Consulting Oy, A-Insinöörit Oy ja Kierrätyskeskus.

Koko elinkaaren hiilijalanjäljen laskentaan on olemassa standardi SFS-EN 15804, mutta sitä sovelletaan lähinnä rakennusalailla ja se soveltuu huonosti yksittäiselle tuotteelle. Tästä syystä laskenta ei seuraa standardin metodeja tai raportointimalleja.

Käyttökelpoisia standardeja laskennalle ovat International organization for standardization (ISO) -yhdistyksen julkaisemat ISO 14040, joka kuvaa hiilijalanjälkianalyysin (Life Cycle Assessment, eli LCA) etenemistä, ja standardi ISO 14067, joka ohjeistaa ISO 14040 mukaisen hiilijalanjälkianalyysin valmistelun ja teon. (ISO.org 2021). Mikäli yritys jatkossa katsoo tarpeelliseksi voi tässä työssä esitetyn hiilijalanjälkianalyysin päivittää vastaamaan näiden standardien toteutus- ja laskentatapoja.



Kuvio 7. Greenhouse Gas Protocol mukainen päästöjen luokittelu suoriin ja epäsuoriin päästöihin. (Kierrätyskeskus 2021).

Kierrätyskeskus on luonut yleisoppaan hiilijalanjäljen laskentaan, joka käsittelee arvoketjua yleisellä tasolla ja jonka osa yksittäisen tuotteen päästöt ovat. He määrittävät yrityksen hiilijalanjäljen näin:

*”Hiilijalanjälki muodostuu yrityksen toiminnallaan aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä. Siihen lasketaan suorat ja epäsuorat energiapäästöt, mm. energiantuotanto ja -kulutus (sähkö ja lämpö), autojen ja työkoneneiden päästöt sekä muut päästöt, kuten matkustamisen, hankintojen, palveluiden ja jätteiden aiheuttamat päästöt.”* (Kierrätyskeskus 2021).

Laskentaoppaassa laskentaprosessi kuvataan kolmessa vaiheessa:

- 1.) Rajaus: Määritetään tavoitteet ja rajataan, mitkä päästöt sisällytetään laskentaan.
- 2.) Tarvittavien tietojen hankinta.
- 3.) Tulosten laskenta

Tämä perusrakenne osuu ISO 14064 standardin osaan 1. Tässä työssä on käytetty hyväksi kolmevaiheista laskentaprosessia.

## 6.1 Karkkilan tehtaan hiilijalanjälki

SEW Industrial Gears Oy:n Karkkilan tehdasta voidaan pitää melko tyypillisenä suomalaisena tuotantolaitoksena. Kaukolämmitteinen rakennus koostuu 5690 m<sup>2</sup> tuotantotilasta, 3737 m<sup>2</sup> varastosta, 829 m<sup>2</sup> toimistosta ja 1441 m<sup>2</sup> muista tiloista. Yhteispinta-ala on näin hieman alle 12000 m<sup>2</sup>. Lisäksi SEW:llä on Karkkila-erillinen lämpökäsittelylaitos, jonne tuotteet kuljetetaan yrityksen omalla pakettiautolla. (SEW 2013, BGF Esitysmateriaali.)

Tehtaan hiilijalanjäljen laskentaan voidaan käyttää esimerkiksi standardin ISO 14064 tai brittiläisen PAS 2060 mukaista metodiikkaa. Globaalisti vertailukelpoisia ja yleisesti käytössä olevia laskentatapoja ei vielä ole käytössä. ISO 14064 -standardi määrittelee laskennalle kolme vaihetta:

ISO 14064-1 määrittää periaatteet ja tarpeet hiilijalanjäljen laskennalle ja raportoinnille organisaatiotasolla. Osassa yksi tutkitaan ja määritetään tehtaan nykyinen hiilijalanjälki.

ISO 14064-2 ohjeistaa projektitasolla hiilidioksidipäästöjen laskentaan ja niiden vähentämiseen suunnattujen toimenpiteiden raportointiin. Osassa kaksi keskitytään hiilijalanjäljen pienentämiseen.

ISO 14064-3 määrittää periaatteet ja määritykset kasvihuonepäästöjen (GHG) julkaisuun. Osassa kolme ja kaikissa seuraavissa vaiheissa keskitytään tutki-  
maan vaiheen kaksi toimenpiteiden onnistumista ja esitetään mahdollisia jatko-  
kehityskohteita.

Käytännössä tehtaan hiilijalanjäljen laskenta on monimutkainen prosessi ja raportointitavasta riippuen se voi sisältää myös välillisiä päästöjä. Kokonaisuus koostuu tehtaan energiankulutuksesta (sähkö, vesi ja lämpö), liikematkustuksesta, ulkoisesta ja sisäisestä tavaralogistiikasta ja jätteistä. Monimutkaisen laskennasta tekee eri päästölähteiden ja niiden vaikutusten tunnistaminen. Miten kaukolämpö on tuotettu? Tehdäänkö työmatkat lentäen vai autolla? Kuinka suuri osuus jätteestä kierrätetään? Tehtaan päästöjen asettamiseksi globaaliin

kontekstiin tuottaa teollisuus 21 % EU:n kasvihuonepäästöistä (Langenfeld 2019). Päästöt jakautuvat sektoreittain ja tätä jakaumaa on kuvattu B. Langenfeldin luomaa kuviota mukailemalla kuvioissa 8 ja 9.



Kuvio 8. Päästölähteet EU:ssa kuvattu kyseisen päästölähteen prosenttiosuutena kokonaisuudesta (Ala-Jääski 2021).



Kuvio 9. Eri teollisuusalojen päästöt kuvattuna prosenttiosuutena kokonaisuudesta (Ala-Jääski 2021).

Hiilijalanjäljen laskentaa tehtaalle tai yritykselle tekevät myös monet konsulttitoimistot. Internet-lähteitä selatessa silmään pistää erityisesti Yhdysvalloissa vallalla oleva tapa laskea hiilijalanjälki vain yrityksen suoralla kulutukselle, kuten sähkö, kaasu tai polttoaineet. Standardiin ISO 14064 verrattuna näistä puuttuvat epäsuorat päästölähteet ja esimerkiksi jätteiden vaikutus kokonaan.

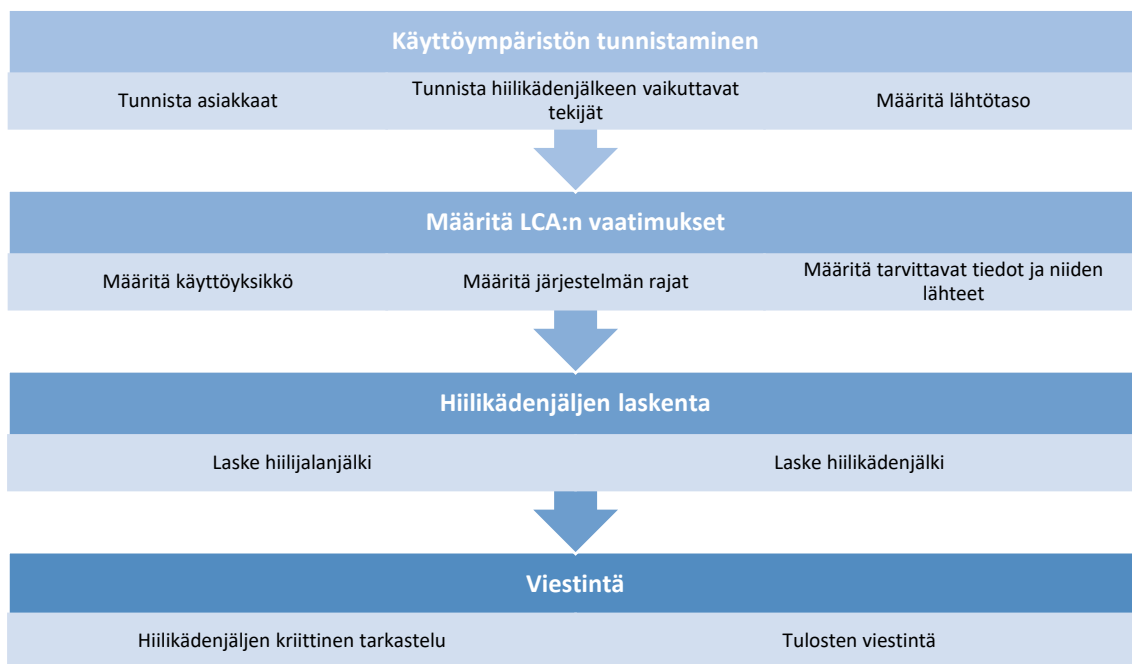
Tehtaan hiilijalanjäljen laskennasta on tehty useita tutkimuksia. Yleensä tutkimuksissa pyritään keskittymään tiettyyn osioon, joka esimerkiksi standardin ISO 14064:n mukaisesti tutkittuna ja raportoituna on yritykselle mahdollinen viedä loppuun ja käyttää esimerkiksi markkinointimateriaalin tukena. SEW:lle tehdään hiilijalanjälkilaskenta kuuluu osana Aalto-yliopiston GREEF-hanketta. Tämän työn hiilijalanjälkivertailun kannalta tehdään tuottamat päästöt eivät ole oleellisia siksi, että vertailu perustuu samassa tehtaassa tuotetun uuden ja uudelleenvalmistettun vaihteen päästöjen vertailuun. Siitä huolimatta aihetta voi sivuta kokonaiskuvan aikaan saamiseksi.

## 6.2 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjäljen laskentaan VTT on laatinut oppaan ”Carbon handprint guide”, jossa hiilijalanjälki esitetään tuotteen tai toiminnon negatiivisena vaikutuksena päästölähteenä ja hiilikädenjälki sen positiivisena vastakohtana – toimintana, joka pienentää hiilijalanjälkeä (VTT 2018). Hiilikädenjälki tarkoittaa uuden tuotteen tai prosessin kykyä pienentää asiakkaan nykyisen tuotteen tai prosessin tuottamaa hiilijalanjälkeä. Tähän pyritään vähentämällä hukkaa, johon kuuluvat materiaali ja energian käyttö, tuotteen käyttöikä, jätteet hiilidioksidin poisto ja varastointi.

Määrittääkseen hiilikädenjalanjäljen sen laskijan tulee olla perehtynyt elinkaari-laskentaan (LCA) ja ISO 14067 standardin metodiikkaan. Tyypillisesti hiilikädenjälkeä käytetään opetus- tai markkinointimateriaalissa osoittamaan asiakkaalle mahdollinen säästöpotentiaali heidän siirtyessä vanhasta teknologiasta tai prosessista uuteen. (VTT 2018.)

Laskentaprosessi käsittää neljä vaihetta ja niissä kussakin kymmenen askelta. Nämä vaiheet ja askeleet ovat kuvattu kuviossa 10, ja niistä muodostetaan matriisi kuvaamaan hiilikädenjäljen laskentaa valitulle tuotteelle tai prosessille. Hiilikädenjäljen laskenta ei ole mahdollista ilman, että tuntee tutkittavan prosessin tai tuotteen hiilijalanjäljen.



Kuvio 10. Hiilikädenjäljen laskentaprosessin neljä vaihetta. Pohjautuu VTT:n Carbon Handprint Guide kuvioon 2.

Hiilikädenjäljen laskennan tuloksena asiakas saa hiilikädenjäljen, joka vastaa prosessin hiilijalanjäljen pienentymää. Hiilikädenjälki on siis uuden ja vanhan prosessin tai tuotteen hiilijalanjäljen erotus. Tulosta voidaan käyttää asiakkaan viestinnässä tai markkinointimateriaalissa esimerkiksi standardien ISO 14026 ja ISO 14063 mukaisesti. (VTT 2018.) Tärkeää on perustella mahdolliset väitteet hiilijalanjäljen pienentymisestä. SEW voi yrityksenä käyttää tulevaisuudessa hiilikädenjälkeä markkinointimateriaalissaan esimerkiksi GREEF-hankkeessa saavutettujen kasviuonepäästöjen esittämiseksi.

### 6.3 Aiheesta muualla

Uudelleenvalmistusta on käsitelty sekä kotimaisissa että ulkomaisissa julkaisuissa verrattain kattavasti, osittain siksi, että monet valtiolliset tahot tukevat kiertotalouden lisäystä ja hiilijalanjälkeä pienentäviä projekteja. Matti Kumpuniemi on tehnyt Katsa Oy:n toimeksiantona opinnäytetyön ”Vaihteiden uudel-

leenvalmistuksen lisäämismahdollisuudet Katsa Oy:ssä” Lapin Ammattikorkeakouluun 2017. Myös VTT on tehnyt asiasta yleisluontoista tutkimusta 2015 julkaistussa teoksessa ”Uudelleenvalmistus osana kiertotaloutta.

Uudelleenvalmistus on liitetty osaksi monia kansallisia ja monikansallisia projekteja. Näistä esimerkkinä EU-alueohjelma *CINEMA – Towards circular economy via ecodesign and remanufacturing*, joka on päättynyt Toukokuussa 2021, sekä Aalto-yliopiston *GREEF – Green Factory towards carbon neutral production*, jossa myös SEW Industrial Gears Oy on mukana. Hankkeen kuvaus: ”*Aalto-yliopiston tavoitteena GREEF-hankkeessa on kehittää hiilijalanjälkilaskuri tehtaan valmistusoperaatioille, ja osittain myös toimitusketjulle. Laskuri perustuu elinkaariarvioinnin (ISO 14040-44) ja tuotteiden hiilijalanjäljen (ISO 14067) standardeille. Laskurissa on monipuolinen luettelo erilaisista tehtaan energialähteistä, tuotannon rakenteista, valmistusresursseista ja logistiikkaratkaisusta, jotka ovat relevantteja hiilijalanjäljen kannalta. Laskuri hyödyntää elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysiä (Life Cycle Inventory, LCI), jossa tuotantojärjestelmä ja -ketju jaetaan yksikköprosesseihin, joille kullekin lasketaan materiaali- ja energiavirrat sekä niihin liittyvät päästöt mm. erilaisia materiaali- ja energiakohtaisia päästökertoimia käyttämällä. Projekti tuottaa myös uutta dataa yrityskohtaisten käytännöllisten tutkimusten kautta. Laskuri on luonteeltaan dynaaminen huomioiden erilaiset energia- ja materiaalivirrat.*” (Niemi 2021).

## 7 Kehittämistyön tavoite

Työn tavoite oli selvittää ensisijaisesti asiakkaiden tarpeet ja kiinnostus teollisuusvaihteen uudelleenvalmistukseen. Lisäksi selvitettiin sisäiset kannattavuustekijät sekä vertailtiin uuden ja uudelleenvalmistetun vaihteen kustannusrakennetta. Tulokset molemmista ovat esitetty yleistetyssä muodossa. Kustannustarkasteluun yhdistettiin lisäksi markkinointimateriaalin pohjaksi kelpaava hiilijalanjälkianalyysi.

Työn lopputulos on kvantitatiivinen tutkimus, jonka perusteella luodaan argumentit, joilla uudelleenvalmistusta voidaan alkaa markkinoida kotimarkkinalle. Kotimarkkina tarkoittaa Pohjoismaita: Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska, sekä Venäjää, joissa kaikissa toimivat omat myyntikonttorinsa. Markkina- ja maakohtaiset nyanssit jätetään perustietojen keruussa huomioimatta, sillä ne vaihtelevat täysin maakohtaisesti. Karkeasti arvioituna Pohjoismaita voidaan pitää verrattavina Suomen markkinaan, mutta Venäjä eroaa näistä jo kulttuurillisesti, mutta myös suurena sisämarkkinana. Tarkempi markkina-analyysin on paikallisen myyntikonttorin tehtävä.

Tuloksista yritys voi arvioida, milloin uudelleenvalmistus on kaupallisesti ja asiakassuhde huomioiden kannattavaa ja milloin kokonaan uusi vaihde on molemmille osapuolille edullisempi lopputulos. On tapauksia, joissa vaihteen kaikki osat ovat vaihtokuntoisia eikä sen kelpuus uudelleenvalmistukseen näin ollen onnistu, mutta näissäkin tapauksessa voidaan tapauskohtaisesti arvioida ehjien osien uusiokäyttöä. Toinen mahdollisuus on, että uudelleenvalmistettavien vaihteiden suuri määrä kompensoi yksittäisen kannattamattoman vaihteen kustannukset. Useimmiten uudelleenvalmistus on kuitenkin järkevämpi ja edullisempi vaihtoehto kuin uusi vaihde.

## **8 Toteutus ja työmenetelmät**

Asiakastarpeen ja kiinnostuksen kartoitukseen käytettiin kvantitatiivista kyselyä, jonka kysymykset luotiin hieman johdattellevaan muotoon. Kysely keskittyi kolmeen osa-alueeseen: markkinakatsaukseen, ostopäätökseen johtavat kriteerit ja hyötyihin asiakkaalle.

Asiakashaastatteluiden perusteella luotiin pohja lopulliselle markkinointimateriaalille MC-vaihteiden uudelleenvalmistukseen liittyen. Painopisteet valittiin kyselyn tulosten perusteella esimerkiksi asiakkaan ostopäätökseen vaikuttavien tekijöiden pohjalta. Markkinointimateriaali ei ole osa tätä opinnäytetyötä.

Esitetyt kannattavuus- ja kustannuslaskelmat perustuvat yrityksen sisäisiin mittareihin, tuotannon vaihemalleihin ja toteutuneisiin toimituksiin. Painopiste tässä on uusien vaihteiden myynti, sillä siitä on saatavilla enemmän vertailukelpoista dataa. Tämän tiedon perusteella pyrittiin luomaan malli, jonka avulla on helpompi ymmärtää vaihteen sisäistä kustannusjakaumaa. Mikä kannattaa vaihtaa, ja mikä säilyttää? Kustannuslaskentaan on yhdistetty yksinkertaistettu hiilijalanjälkilaskenta.

## **8.1 Asiakashaastattelut**

Haastattelut toteutettiin ensisijaisesti Suomen SEW Eurodriven myynnin kanssa. Suomen loppuasiakasmyyntissä on yhteensä 12 henkilöä, joiden kanssa toteutettiin tapauskohtaisesti henkilökohtaiset keskustelut, ja niiden tukena etukäteen henkilöille lähetetty kysely. Suomen myynnin lisäksi kysely lähetettiin kolmelle valitulle henkilölle Ruotsissa ja Norjassa, jotka hoitavat näiden maiden suurimpia avainasiakkaita. Kyselyyn vastasi 11 henkilöä, eli vastausprosentti on 91,6 %.

SEW Eurodriven asiakaskunta koostuu tuhansista asiakkaista, mutta näistä moni ostaa tuotteita harvoin ja hyvin pieniä määriä. Voidaan katsoa, että satunnaisien asiakkaiden osuus uudelleentalmistuksesta kiinnostuneista asiakkaista on hyvin pieni. Tästä syystä jakelu kyselylle keskitettiin avainasiakkuuksiin ja heistä vastaaviin henkilöihin Suomen, Ruotsin ja Norjan myyntiorganisaatioissa. Näin ollen kyselyn voidaan katsoa kartoittavan avainasiakkaaksi luokiteltavien ja usein SEW:n tuotteita ostavien yritysten tarpeita ja mielipiteitä verrattain kattavasti.

## **8.2 Asiakkaiden ja markkinan perustietojen kartoitus**

Kyselyn ensimmäinen osa keskittyy asiakkaiden ja markkinan kartoitukseen. Markkinatietojen pohjalta voidaan jatkossa kartoittaa mm. markkinapotentiaalia

Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Teollisuuden alat pitkälti määrittävät asennuskannan tyypin. Kokemusperäisesti esimerkiksi paperiteollisuudessa suuri osa vaihteista ovat jollain tapaa erikoisia, kun taas kaivosteollisuudessa käytetään enemmän vakiovaihteita.

Lisäksi ensimmäinen osa kartoittaa asiakkaiden uudelleentulomistamisprosessin tuntemusta ja mahdollista käyttöä jonkin SEW:n tuotesarjan yhteydessä. Osi-ossa tarkastellaan myös asiakkaan tilaamien huoltojen luonnetta: Ovatko asiakkaan huoltotarpeet suunniteltuja ja ennakoituja vai kiireisiä korjauksia. Vastauksen perusteella voidaan miettiä, onko toiselle asiakkaalle tarpeen kohdentaa markkinointia eri tavalla kuin toiselle.

### 8.2.1 Perustietojen kartoitus – Kysymykset

Kysymysten asettelu tehtiin niin, että niistä saadaan tietoa markkinan koosta, potentiaalista ja asiakkaiden huoltotarpeista ja kuinka huoltoja toteutetaan. Asiakkaat vastasivat seuraaviin kysymyksiin:

- **Kuinka suuri osuus alueen asiakkaiden huolloista on ennalta suunniteltuja?** Kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa, ovatko asiakkaiden huoltotarpeet ennakoitavissa / suunniteltuja.
- **Arvioi kuinka monta MC-vaihdetta alueella on käytössä?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää olemassa olevaa asennuskantaa.
- **Kuinka monta vaihdetta alueen asiakkaat huollattavat vuodessa?** Kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa markkinan kokoa huoltoliiketoiminnalle.
- **Onko alueella jo SEW:n uudelleentulomistamisprosessia hyödyntäviä asiakkaita?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, onko uudelleentulomistamisprosessia jo tuttu prosessi ja voisiko siitä kerätä tarkempia kokemuksia.
- **Kuinka suuri osa alueen asiakkaiden huolloista on erittäin kiireellisiä, rikkoutuneen vaihteen korjauksia?** Kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa, ovatko asiakkaiden huoltotarpeet yllätyksiä ja siten reaktiivista.

- **Onko uudelleenvalmistus tuttu konsepti alueen asiakkaille?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää uudelleenvalmistuskoulutuksen tarvetta ja lähtökohtaa.
- **Varastoivatko alueen asiakkaat prosessille kriittisiä varaosia?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, onko asiakkaalla esim. varavaihdetta varastossa, jolloin mahdollisen rikkoutuneen vaihteen korjaus ei ole yhtä kiireinen.
- **Mikä teollisuuden ala on alueella eniten edustettuna?** Kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa teollisuuden ja sitä myöden applikaatioiden ja vaihdetyyppien tarvetta markkina-alueella.

### **8.2.2 Perustietojen kartoitus – Tulokset**

Vastausten perusteella voidaan todeta, että Pohjoismaissa 36 % alueista on MC asennuskantaa joko enemmän kuin 100 vaihdetta tai 11 - 20 vaihdetta. 18 % alueesta vaihteita on vain 1 - 5. Tämä perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että asennuskanta jakautuu vahvasti kyseisellä alueella edustettujen teollisuuden alojen mukaan. Alueilla, joilla on vain muutamia vaihteita ei todennäköisesti ole suuria paperi- tai kaivosalan toimijoita vaan käyttäjät koostuvat pienistä loppukäyttäjistä. Teollisuuden aloista vahvimmin edustettuna ovat paperiteollisuus 64 % ja sementtiteollisuus 18 %. Vastaukset ovat esitetty taulukossa 2.

Lähtö- ja markkinatiedot	
Kuinka suuri osuus alueen asiakkaiden huolloista on ennalta suunniteltuja?	<b>Ei lainkaan</b> 18 %
	<b>Pieni osa</b> 18 %
	<b>Puolet</b> 18 %
	<b>Suurin osa</b> 27 %
	<b>Kaikki</b> 18 %
Arvio kuinka monta MC-vaihdetta alueella on käytössä	<b>1-5</b> 18 %
	<b>6-10</b> 0 %
	<b>11-20</b> 36 %
	<b>21-50</b> 9 %
	<b>51-100</b> 36 %
Kuinka monta vaihdetta alueen asiakkaat huollattavat vuodessa?	<b>1-5</b> 18 %
	<b>6-10</b> 18 %
	<b>11-20</b> 36 %
	<b>21-50</b> 18 %
	<b>51-100</b> 9 %
Onko alueella jo SEW:n uudelleenvalmistusprosessia hyödyntäviä asiakkaita?	<b>Ei ole</b> 27 %
	<b>Planeettavaihteet</b> 0 %
	<b>X-vaihteet</b> 0 %
	<b>MC-vaihteet</b> 18 %
	<b>Vaihdemoottorit</b> 55 %
Kuinka suuri osa alueen asiakkaiden huolloista on erittäin kiireellisiä, rikkoutuneen vaihteen korjauksia?	<b>Ei yksikään</b> 0 %
	<b>Pieni osa</b> 55 %
	<b>Puolet</b> 9 %
	<b>Suurin osa</b> 36 %
	<b>Kaikki</b> 0 %
Onko uudelleenvalmistus tuttu konsepti alueella?	<b>Kyllä</b> 100 %
	<b>Ei</b> 0 %
Onko uudelleenvalmistusta tarve kouluttaa alueen asiakkaille?	<b>Kyllä</b> 55 %
	<b>Ei</b> 46 %
Varastoivatko alueen asiakkaat prosessille kriittisiä varaosia?	<b>Kyllä, vaihteita</b> 9 %
	<b>Kyllä, varaosia</b> 9 %
	<b>Ei varastoa</b> 82 %
Mikä teollisuuden ala on alueella eniten edustettuna?	<b>Paperiteollisuus</b> 64 %
	<b>Energia</b> 9 %
	<b>Sementti</b> 18 %
	<b>Kaivosteollisuus</b> 9 %

Taulukko 2. Asiakaskyselyn lähtötietokartoituksen tulokset. Prosentteina ilmoitettu tulos kuvaa kyselyyn vastanneiden määrää, jotka ovat kysymykselle antaneet kyseisen vastauksen. Esimerkiksi ensimmäiseen kysymykseen 18 % vastanneista on ilmoittanut, että kaikki huollot ovat ennalta suunniteltuja.

Kaikki vastaajat olivat ennalta tietoisia uudelleenvalmistusvaihtoehdosta ja noin puolet käyttävät jo SEW:n vaihdemoottoreille tarjoamia uudelleenvalmistuspalveluja. Vastanneilta alueilta löytyy huoltoon melko tasaisella jakaumalla 1 – 100 vaihdetta vuodessa ja nämä edelleen jakautuvat tasaisesti ennalta suunniteltuihin ja kiireisiin huoltoihin, mutta hieman ennakoivia huoltoja painottaen. Hieman

yllättäen rikkoutuneiden vaihteiden pikakorjauksia ei ollut huoltojen osuudessa mukana lainkaan.

### 8.3 Asiakkaan ostopäätökseen vaikuttavat tekijät

Kyselyn toinen osa kartoittaa asiakkaan ostopäätökseen johtavia tekijöitä. Onko kyseessä ainoastaan hintapanotteinen markkina, vai vaikuttavatko ostopäätökseen esimerkiksi vihreät arvot ja jos vaikuttavat, kuinka paljon? Vastauksien asteikko on yhdestä viiteen, jossa 1 ei vaikuta lainkaan ja 5 on ainoa vaikuttava tekijä. Tulos on ilmoitettu prosenttina vastanneista. Esimerkiksi kysymykseen ”Vaikuttaako olemassa olevat toimittajasopimukset ostopäätökseen?” 36 % vastaajista on antanut painoarvosanan kolme.

#### 8.3.1 Ostopäätökseen vaikuttavat tekijät – Kysymykset

Kysymysten asettelu tehtiin niin, että vastausten perusteella voidaan päätellä mitkä tekijät vaikuttavat asiakkaan ostopäätökseen ja sitä kautta tuottaa markkinointimateriaaliin sopivat argumentit. Asiakkaat vastasivat seuraaviin kysymyksiin:

- **Vaikuttaako olemassa olevat toimittajasopimukset ostopäätökseen?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, onko uuden toimittajan ylipäättään mahdollista päästä yksittäisiin kauppoihin vai tuleeko asiakasta lähestyä suuremman sopimuskokonaisuuden kautta.
- **Vaikuttavatko vihreät arvot ostopäätökseen?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää esimerkiksi hiilijalanjälkilaskennan hyödyllisyyttä ja sen käyttöä markkinointiargumenttina.
- **Kuinka paljon toimittajan maine vaikuttaa ostopäätökseen?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, perustuuko asiakkaan ostopäätös kylmästi asetettuihin, mitattaviin lukuihin vai myös tietoon toimittajasta ja kestäviin toimittajasopimuksiin.
- **Suositaanko alkuperäisen laitevalmistajan (OEM) tuottamia huolto- palveluita?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, toimiiko asiakas pääasiassa alkuperäisen toimittajan vai yksittäisen huoltoliikkeen kanssa.

- **Kuinka paljon toimitusaika vaikuttaa ostopäätökseen?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, miten hyödyllisenä asiakas kokee sovitun, varman toimitusajan.
- **Kuinka paljon hinta vaikuttaa ostopäätökseen?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, perustuuko asiakkaan mahdollinen kilpailutus vain hintaan.
- **Ohjaako yrityksen säännöt päätöstä huoltaa vai uudelleenvalmistaa vaihde?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, tuleeko markkinointi kohdistaa asiakkaan politiikasta vai ostosta vastaaviin osastoihin.

### 8.3.2 Ostopäätökseen vaikuttavat tekijät – Tulokset

Vastausten perusteella asiakasyrityksen politiikka huolloille ja korjauksille vaikuttaa vähintään melko paljon yli 60 % tapauksista, ja kaikkia asiakkaita sitovat olemassa olevien toimittajien kanssa tehdyt sopimukset vahvasti tai kokonaan. Alkuperäisen valmistajan tarjoamia huolto- ja korjauspalveluita arvostaa jonkin verran 55 % vastaajista ja kaikille alkuperäisen toimittajan palveluilla oli vähintään jonkinlainen vaikutus ulkopuolisiin toimijoihin verrattaessa. Myös palvelutoimittajan maine vaikutti yli 80 % tapauksista vähintään jonkin verran, ja vastausten perusteella täysin tuntemattomia toimijoita ei käytetä lainkaan.

Vastaukset ovat esitetty taulukossa 3.

Asiakkaan ostopäätökseen vaikuttaminen					
	1	2	3	4	5
Vaikuttaako olemassa olevat toimittajaso- pimukset ostopäätökseen?			36 %	46 %	18 %
Vaikuttavatko vihreät arvot ostopäätök- seen?		27 %	73 %		
Kuinka paljon toimittajan maine vaikuttaa ostopäätökseen?			18 %	82 %	
Suositaanko alkuperäisen laitevalmistajan (OEM) tuottamia huoltopalveluita?		36 %	55 %	9 %	
Kuinka paljon toimitusaika vaikuttaa osto- päätökseen?			46 %	55 %	
Kuinka paljon hinta vaikuttaa ostopäätök- seen?			9 %	91 %	
Ohjaako yrityksen säännöt päätöstä huol- taa vai uudelleenvalmistaa vaihde?	9 %	18 %	27 %	36 %	9 %
<b>Keskiarvo</b>	<b>9 %</b>	<b>27 %</b>	<b>38 %</b>	<b>53 %</b>	<b>14 %</b>

Taulukko 3. Asiakkaan ostopäätökseen vaikuttavat tekijät asteikolla 1 – 5, jossa yksi tarkoittaa ei lainkaan ja 5 sitä, että kyseinen kriteeri on ostopäätöksen ai-  
noa peruste.

Hinta vaikuttaa paljon tai erittäin paljon kaikkien vastanneiden ostopäätöksissä ja samoin toimitusaikaa painotetaan paljon tai erittäin paljon. Vihreät arvot ja kestävä kehitys sen sijaan arvotettiin asteikon alapäähän ja kaikilla ne vaikutti-  
vat vähän, mutta kenenkään vastaajan ostopäätös ei suoraan perustu vihreisiin  
arvoihin. Hinta ja toimitusaika ovat asiakkaille tärkeämpiä.

#### 8.4 Markkinointiargumentit ja lisäarvo asiakkaalle

Kyselyn kolmas osa kartoittaa SEW:n ennalta määrittämien markkinointiargu-  
menttien toimivuutta asiakkaan kannalta. Samalla pyritään määrittämään  
SEW:n uudelleenvalmistuksen kautta asiakkaan saaman lisäarvon tuottokyky.  
Vastauksien asteikko on yhdestä viiteen, jossa 1 ei vaikuta lainkaan ja 5 on ai-  
noa vaikuttava tekijä. Tulos on ilmoitettu prosenttina vastanneista.

### 8.4.1 Lisäarvo asiakkaalle – Kysymykset

Kysymysten asettelu tehtiin niin, että vastausten perusteella voidaan päätellä mitkä tekijät tuottavat selvästi lisäarvoa asiakkaalle ja mitkä asiat asiakas kokee tärkeäksi valitessaan uuden vaihteen, huollon ja uudelleenvalmistuksen välillä.

Asiakkaat vastasivat seuraaviin kysymyksiin:

- **Kuinka tärkeä on uudelleenvalmistetulle vaihteelle myönnettävä uutta vaihdetta vastaava takuu?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, arvostavatko asiakkaat takuuta niin, että ostopäätös kohdistuu mahdollisesti halvemman huollon sijaan uudelleenvalmistukseen.
- **Kuinka tärkeää on ennalta sovittu, kiinteä hinta uudelleenvalmistukselle?** Kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa, helpottaako ennalta tiedossa oleva hinta asiakkaan toimintaa.
- **Kuinka tärkeä on ennalta sovittu toimitusaika uudelleenvalmistukselle?** Kysymyksen tarkoitus oli selvittää, arvostavatko asiakkaat kiinteää toimitusaikaa.
- **Kuinka tärkeää on, että uudelleenvalmistettu vaihde näyttää uudelle?** Kysymyksen tarkoitus oli kartoittaa ulkonäön vaikutusta asiakkaan kokemaan laatuvaikutelmaan ja kokeeko asiakas tuotteen ulkonäön tärkeänä.
- **Kuinka tärkeää on, että uudelleen valmistusprosessi on helppo konfiguroida yrityksen tuotannonohjausjärjestelmään?** Oli sisäinen kysymys, jonka tarkoitus oli kartoittaa SEW:n myyntiorganisaation työn helpottamisen tärkeyttä asiakasrajapinnassa.

### 8.4.2 Lisäarvo asiakkaalle - Tulokset

Taulukossa 4 esitettyjen vastausten perusteella tärkein yksittäinen markkinointiargumentti on uudelleent valmistuksen ennalta sovittu toimitusaika. Kaikki vastanneet painottivat toimitusajan erittäin tärkeäksi tai jopa ainoaksi vaikuttavaksi tekijäksi.

Lisäarvo asiakkaalle					
	1	2	3	4	5
<b>Kuinka tärkeä on uudelleent valmistetulle vaihteelle myönnettävä uutta vaihdetta vastaava takuu?</b>			9 %	36 %	55 %
<b>Kuinka tärkeää on ennalta sovittu, kiinteä hinta uudelleent valmistukselle?</b>			9 %	46 %	46 %
<b>Kuinka tärkeä on ennalta sovittu toimitusaika uudelleent valmistukselle?</b>				55 %	46 %
<b>Kuinka tärkeää on, että uudelleent valmistettu vaihde näyttää uudelle?</b>			27 %	36 %	36 %
<b>SISÄINEN: Kuinka tärkeää on, että uudelleent valmistusprosessi on helppo konfiguroida yrityksen tuotannonohjausjärjestelmään?</b>			9 %	46 %	46 %
<b>Keskiarvo</b>	<b>0 %</b>	<b>0 %</b>	<b>14 %</b>	<b>44 %</b>	<b>45 %</b>

Taulukko 4. Eri markkinointiargumenttien tuottama lisäarvo asiakkaan näkökulmasta asteikolla 1 – 5, jossa 1 tarkoittaa ei lainkaan tärkeää, 3 verrattain tärkeää ja 5 erittäin tärkeää. Tulokset ovat pyöristetty lähimpään tasaprosenttiin

Kaikki vastanneet arvostavat takuuta erittäin paljon tai se on jopa yksittäinen tärkeimmäksi koettu lisäarvo uudelleent valmistusprosessissa. Samoin ennalta sovittu hinta saa saman erittäin suuren painoarvon ja vastaukset ovat vertailukelpoisia takuun kanssa.

Asiakkaat myös arvostavat vaihteen uutta vastaavaa ulkonäköä korkealle.

Vaikka vastauksissa ulkonäön arvotus painottuukin lähemmäs skaalan keski-osaa, on vastaajista 70 % sitä mieltä, että ulkonäkö on tärkeä tai erittäin tärkeä kriteeri. Uuden näköinen vaihde on ehkä helpompi mieltää uutta vastaavaksi tuotteeksi.

Viimeinen kysymys kartoitti SEW:n sisäisten prosessien helppouden vaikutusta asiakkaan kokemaan lisäarvoon. Myös se arvostettiin korkealle ulkomyyntissä ja päivittäisen tekemisen helppoudella on selvästi suuri vaikutus asiakastytyväisyyteen. Yleensä tuote, joka on myös myyjälle helppo myydä myös myy.

### **8.5 Sisäisiin mittareihin pohjautuva kustannuslaskenta**

Yrityksellä on omat sisäiset mittarit ja laskentatavat kulurakenteen ja kannattavuuden laskentaan. Näitä ohjailee talousosasto, ja laskenta jakautuu karkeasti kolmeen osaan: Materiaalit, omat työ ja toteutunut myyntikate. Alihankittavat osat ja työt lasketaan materiaaleihin ja kiinteät kulut, kuten toimihenkilötyö, katetaan myyntikatteesta. Tällöin vaihteen kustannuslaskentaa voidaan pitää yhdelle työlle kertyvien muuttuvien kulujen seurantana.

Uuden vaihteen myyntihinta määräytyy suurimmaksi osaksi hinnastohinnoista. Erikoiset yksittäiset ominaisuudet hinnoitellaan tapauskohtaisesti erilaisin hinnoittelutyökaluin. Tähän työhön valitut mitattavat työt edustavat kaikki hinnastotuotteita, jotta tulokset ovat mahdollisimman vertailukelpoisia. Vanhaa toimitusta ja uudelleenvalmistettua vaihdetta verratessa tulee huomioida, että uuden vaihteen hintarakenne pitää sisällään monia osia, kuten kotelon, joka uudelleenvalmistetussa vaihteessa on käytetty uudelleen eikä täten näy kustannuksena.

Sisäisten mittareiden verrattain epätarkka laskenta todettiin tässä työssä riittämättömäksi ja siksi toteutuneiden toimitusten kustannuslaskentaa on käytetty vain vertailupohjana luomaan käsitys mahdollisesta katetasosta muuttuvat kulut huomioiden. Sisäisten mittareiden tuloksia ei ole esitetty tämän työn tuloksissa, vaan niitä on käytetty ainoastaan lopullisen laskenta- ja esitystavan iterointiin ja valintaan.

## 8.6 Osaluetteloon ja tuotannon vaihemalleihin pohjautuva kustannuslaskenta

Sisäisten mittareiden epätarkkuuden takia työssä päädyttiin luomaan kustannusvertailu vaihteen osaluettelon ja tuotannon vaihemallien avulla. Tällä lähestymisellä on tarkoitus poistaa tilauskohtaisten muuttujien vaikutus kokonaiskustannuksiin otannan ollessa verrattain pieni. Näitä muuttujia ovat esimerkiksi työkohtaiset kertakulut, kuten esimerkiksi koneistusvirheellisen osan romutus. Teoreettista laskentaa mukauttamalla saadaan tarkempi tulos ja malli mahdollisesti toteutuvasta katetasosta. Laskennan ei ole tarkoitus huomioida kertaluontoisia muuttujia, kuten laatupoikkeamia. Näiden poistaminen on osa tuotannon jatkuvaa parantamista.

Yrityksen tuotannon vaihemallit ovat luotu kuvaamaan vaihteen valmistukseen tarvittavat työvaiheet ja niiden oletusajat asetukselle ja työlle. Jatkuvasti päivittyvät vaihemallit ovat yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä lokakuulta 2021 ja ne ovat esitetty taulukossa viisi uudelle ja uudelleenvalmistettavalle vaihteelle, sekä vaihdehuollolle. Vaihdehuollon vaihemalli vaihtelee vaihdekoon ja huoltopisteen mukaan, joten esitetty malli on yksinkertaistettu versio käytössä olevasta vaihemallista. Tarkkoja aikoja ei esitetä työn tuloksissa vaan niiden pohjalta on luotu työn osuutta kuvaava kerroin, joka vaikuttaa vaihteen asiakashintaan. Asiakashinta esitetään raportointia varten prosenttilukuna suhteessa uuden vaihteen hintaan, joka on 100 %.

UUDEN VAIHTEEN VAIHEMALLI							
Pos.	Oper.	Kuvaus	Aika [h]	Asetusaika [h]	Operaattoreita [hlö]	CO2 / h	CO2 / Pos.
30	S30	SUUNNITTELUYÖ	0	6	1	1,06	6,38
31	O10	MATERIAALITARKASTUS	0	1	1	1,06	1,06
40	195	KERÄILYN SUUNNITTELU	0	0,1	1	1,06	0,11
50	199	KERÄILY VARASTOSTA	1	0,1	1	1,06	1,17
60	300	KOKOONPANON SUUNNITTELU	0	0,1	1	1,06	0,11
70	310	ESIKOKOONPANO	1,5	0,1	0,5	1,06	1,70
80	320	KOKOONPANO	7,75	0,25	1	1,06	8,50
90	330	KOEAJO	0,5	0,1	0,5	1,06	0,64
100	340	MAALAUUS	0,5	0,1	1	1,06	0,64
110	350	LOPPUKOKOONPANO / VARUSTELU	2	0,1	1	1,06	2,23
120	360	LOPPUTARKASTUS	0,25	0,1	1	1,06	0,37
130	390	PAKKAUS	2	0,1	1	1,06	2,23
							<b>25,13</b>
UUELLEENVALMISTETTAVAN VAIHTEEN VAIHEMALLI							
Pos.	Oper.	Kuvaus	Aika [h]	Asetusaika [h]	Operaattoreita [hlö]	CO2 / h	CO2 / Pos.
10	S10	FIFO SERVICE SUUNNITTELU	0	4	1	1,06	4,25
20	190	TARKASTUS	0,25	0,25	1	1,06	0,53
30	910	PURKUTYÖ	3,75	0,25	1	1,06	4,25
60	S30	FIFO SERVICE SUUNNITTELU	0	10	1	1,06	10,63
70	195	KOKOONPANON SUUNNITTELU	0,75	0,25	1	1,06	1,06
80	199	KERÄILY VARASTOSTA	1,75	0,25	1	1,06	2,13
100	310	ESIKOKOONPANO	2,25	0,25	0,5	1,06	2,66
110	320	KOKOONPANO	7,75	0,25	1	1,06	8,50
120	330	KOEAJO	0,75	0,25	0,5	1,06	1,06
130	340	MAALAUUS	1,75	0,25	1	1,06	2,13
140	350	LOPPUKOKOONPANO / VARUSTELU	4,75	0,25	1	1,06	5,31
150	360	LOPPUTARKASTUS	0,25	0,25	1	1,06	0,53
160	390	PAKKAUS	3,75	0,25	1	1,06	4,25
							<b>43,04</b>
HUOLLON VAIHEMALLI							
Pos.	Oper.	Kuvaus	Aika [h]	Asetusaika [h]	Operaattoreita [hlö]	CO2 / h	CO2 / Pos.
10	S10	FIFO SERVICE SUUNNITTELU	0	4	1	1,06	4,25
20	190	TARKASTUS	1	1	1	1,06	2,13
30	910	PURKUTYÖ	3,75	0,25	1	1,06	4,25
60	S30	FIFO SERVICE SUUNNITTELU	6	2	1	1,06	8,50
70	195	KOKOONPANON SUUNNITTELU	1	0,25	1	1,06	1,33
80	199	KERÄILY VARASTOSTA	1,75	0,25	1	1,06	2,13
100	310	ESIKOKOONPANO	2,25	0,25	1	1,06	2,66
110	320	KOKOONPANO	7,75	0,25	1	1,06	8,50
120	330	KOEAJO	0,75	0,25	1	1,06	1,06
130	340	MAALAUUS	1,75	0,25	1	1,06	2,13
140	350	LOPPUKOKOONPANO / VARUSTELU	4,75	0,25	1	1,06	5,31
150	360	LOPPUTARKASTUS	0,25	0,25	1	1,06	0,53
160	390	PAKKAUS	3,75	0,25	1	1,06	4,25
							<b>42,78</b>

Taulukko 5. Tuotannon vaihemallit uudelle ja uudelleenvalmistettavalle vaihteelle. Hinnat ovat jätetty raportoinnista pois. Positiokohtainen CO2 / Positio on laskettu työajasta, operaattorimäärästä ja CO2-päästöstä tuntia kohti.

Osaluettelopohjaiseen laskentaan voidaan yhdistää manuaalinen hiilijalanjälkilaskenta, jolle yrityksessä ei ole olemassa olevia työkaluja. Hiilijalanjälkilaskenta pohjautuu osaluettelon osien materiaaleihin ja painoihin sekä työn osuuteen. Yrityksen kirjanpidon sisäisiä mittareita ei ole tehty riittävän tarkoiksi sisältämään näitä tuotehallinnan ja tuotannon tietoja.

Materiaalien osuutta varten uudelleenvalmistetusta vaihteesta on luotu täydellinen osaluettelo alkuperäisen toimituksen spesifikaation mukaan. Tämä on esitetty taulukossa 6. Osaluettelon on kerätty vuoden 2021 kustannushinnat osille

ja näiden hintojen perusteella on luotu käsitys vaihteen kokonaismateriaaliprosentista sekä uudelleenvalmistuksessa vaihdettavien osien osuudesta. Hintoja ei esitetä lopullisessa raportissa.

Positio	Osa	Kuvaus	Määrä [kpl]	Paino [kg]	Materiaali	Remanu	CO <sub>2</sub> materiaali [kg]	CO <sub>2</sub> / Pos. [kg]	Valmistuslisä	Rahtitapa	CO <sub>2</sub> / Rahti [kg]
001	P0017578	VAIHDEKOTELO EN-GJL-200	1	495	Valurauta	NO	1,51	769,87	1,03	2	1,07
010	02875136	KANSI 356 308 260 200 57 EN-GJL-200	1	12,65	Valurauta	NO	1,51	19,10	1	2	1,07
011	00101281	KUUSIORUUVI ISO4017 M20 50 8.8-A2F	8	0,176	Teräs	OPT	3,29	4,63	1	2	1,07
013	08064482	TULPPA DIN906 R1/4-St	2	0,01	Teräs	OPT	3,29	0,07	1	2	1,07
015	02875276	KANSI 356 308 260 0 83 EN-GJL-200	1	14	Valurauta	NO	1,51	21,14	1	1	0,26
016	00101281	KUUSIORUUVI ISO4017 M20 50 8.8-A2F	8	0,176	Teräs	OPT	3,29	4,63	1	4	0,09
017	08064482	TULPPA DIN906 R1/4-St	2	0,006	Teräs	OPT	3,29	0,04	1	4	0,09
025	02876760	YHTENÄISKANSI 2P 2R 3R EN-GJL-200	1	9,9	Valurauta	NO	1,51	14,95	1	1	0,26
026	00101230	KUUSIORUUVI ISO4017 A-M12x35-8.8-A2F	10	0,04	Teräs	OPT	3,29	1,32	1	4	0,09
029	08064482	TULPPA DIN906 R1/4-St	2	0,006	Teräs	OPT	3,29	0,04	1	4	0,09
030	02876922	YHTENÄISKANSI 2P EN-GJL-200	1	8,6	Valurauta	NO	1,51	12,99	1	1	0,26
031	00101230	KUUSIORUUVI ISO4017 A-M12x35-8.8-A2F	10	0,04	Teräs	OPT	3,29	1,32	1	4	0,09
033	08064482	TULPPA DIN906 R1/4-St	2	0,006	Teräs	OPT	3,29	0,04	1	4	0,09
070	0287668X	TARKASTUSKANSI 289 597 22 EN-GJL-200(W3159)	1	19,46	Valurauta	NO	1,51	29,38	1	1	0,26
071	00101222	KUUSIORUUVI ISO4017 M12 30 8.8 A2F	14	0,037	Teräs	OPT	3,29	1,70	1	4	0,09
073	08065209	TULPPA W4085 B-G1A-St-VZ-HF-16	2	0,126	Teräs	OPT	3,29	0,83	1	4	0,09
075	02876604	TARKASTUSKANSI 366 366 23 EN-GJL-200	1	12,9	Valurauta	NO	1,51	19,48	1	1	0,26
076	00122718	KUUSIORUUVI ISO4017 M20 40 8.8	8	0,155	Teräs	OPT	3,29	4,08	1	4	0,09
078	08065209	TULPPA W4085 B-G1A-St-VZ-HF-16	2	0,126	Teräs	OPT	3,29	0,83	1	4	0,09
100	02873516	TOISIOAKSELI 186 664 STANDARD 08 42CRMO4	1	116	Teräs	OPT	3,29	381,64	1	4	0,09
110	19053622	KARTIORULLALAAKERI 32034X#2	2	10,94	Teräs	YES	3,29	71,99	1	2	1,07
130	08061149	KILLA DIN6885 B 40 22 216	1	1,48	Teräs	OPT	3,29	4,87	1	2	1,07
131	08061181	KILLA DIN6885 B 45 25 109	1	0,95	Teräs	OPT	3,29	3,13	1	2	1,07
180	00175226	AKSELITIVISTE W A 200 170 15 FKM	1	0,33	Synteettinen kumi	YES	4,02	1,33	1	4	0,09
193	08063591	SOVITELEVY W4140 240x260x0,1-St	1	0,006	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,04	1	4	0,09
194	08063605	SOVITELEVY W4140 240x260x0,15-St	1	0,009	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,06	1	4	0,09
195	08063613	SOVITELEVY W4140 240x260x0,4-St	2	0,025	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,31	1	4	0,09
199	00090549	HAMMASPYÖRÄ 6 75 470 121 1.4 18CrNiMo7-6+HH	1	130	Teräs	OPT	3,29	440,53	1,03	5	6,66
201	00092428	HAMMASAKSELI 6 -19 135 345 1.4 SPEC. 18CrNiMo7-6+HH	1	23,31	Teräs	OPT	3,29	78,99	1,03	5	6,66
210	00121282	KARTIORULLALAAKERI 32318 6832318	2	8,83	Teräs	YES	3,29	58,10	1	2	1,07
231	08061025	KILLA DIN6885-1 B28x16x56 +QT+C	1	0,14	Teräs	OPT	3,29	0,46	1	2	1,07
242	02869748	HOLKKI 190 158 32.6 S355J0	1	2,22	Teräs	OPT	3,29	7,30	1	4	0,09
243	02869756	HOLKKI 190 158 43.3 S355J0	1	2,93	Teräs	OPT	3,29	9,64	1	4	0,09
293	08063419	SOVITELEVY W4140 174x190x0,1-St	1	0,004	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,02	1	4	0,09
294	08063427	SOVITELEVY W4140 174x190x0,15-St	1	0,005	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,03	1	4	0,09
295	08063435	SOVITELEVY W4140 174x190x0,4-St	2	0,014	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,17	1	4	0,09
299	00091170	HAMMASPYÖRÄ 4.5 -59 285 80 .9 18CrNiMo7-6+HH	1	31,1	Teräs	OPT	3,29	105,39	1,03	5	6,66
301	00094927	HAMMASAKSELI 4.5 26 135 589 .9 SPEC. 18CrNiMo7-6+HH	1	32,27	Teräs	OPT	3,29	109,35	1,03	5	6,66
310	08061580	KARTIORULLALAAKERI 32314	1	4,27	Teräs	YES	3,29	14,05	1	2	1,07
311	08061912	KARTIORULLALAAKERI 33217	1	3,5	Teräs	YES	3,29	11,52	1	2	1,07
330	08060770	KILLA DIN6885 B 22 14 115 +C	1	0,276	Teräs	OPT	3,29	0,91	1	2	1,07
334	02875233	KANSI 143 130 13 S355J0	1	0,518	Teräs	NO	3,29	1,70	1	4	0,09
336	02877287	TIIVISTEHOLKKI 100 85 50 20MnCr5+HH	1	0,81	Teräs	YES	3,29	2,66	1	4	0,09
338	14032287	TIIVISTEHOLKKI 150 120 26 S355J0	1	0,63	Teräs	NO	3,29	2,07	1	4	0,09
343	02869489	HOLKKI 150 127 37.7 S355J0	1	1,45	Teräs	OPT	3,29	4,77	1	4	0,09
380	13259326	AKSELITIVISTE W A 120 100 7.5 FKM	1	0,054	Synteettinen kumi	YES	4,02	0,22	1	4	0,09
393	08063281	SOVITELEVY W4140 136x150x0,1-St	1	0,003	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,02	1	4	0,09
394	08063303	SOVITELEVY W4140 136x150x0,15-St	1	0,004	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,02	1	4	0,09
395	08063311	SOVITELEVY W4140 136x150x0,4-St	2	0,009	Ruostumaton teräs	OPT	6,15	0,11	1	4	0,09
725	19165528	NOSTOSILMUKKA DIN580 M24-C15E	2	0,9	Teräs	NO	3,29	5,92	1	4	0,09
738	02881608	ÖLJYLASI 240 ASGR-3 R1 MESSING	1	0,048	Muu metalli	OPT	4,4	0,21	1	4	0,09
739	08064784	TIIVISTERENGAS W4285 F-33,86x42,86x3,4-NBR/St	1	0,008	Luonnonkumi	YES	3,18	0,03	1	4	0,09
740	02874679	HUOHOTIN 1028-15-00 R3/4	1	0,13	Teräs	YES	3,29	0,43	1	4	0,09
740	02874687	HUOHOTIN 1028-16-00 R1"	1	0,22	Teräs	YES	3,29	0,72	1	4	0,09
750	08065209	TULPPA W4085 B-G1A-St-VZ-HF-16	10	0,126	Teräs	OPT	3,29	4,15	1	4	0,09

Taulukko 6. MC-sarjan esimerkkivaihteen osaluettelo, johon lisätty hiilijalanjälki osan painoon perustuen.

Materiaaliprosenttia käytetään kuvaamaan materiaalien osuutta vaihteen kustannuksista. Yrityksen normaali laskenta huomioi omavalmisteiden kustannushinnassa tietyn osan materiaalia ja loput työtä, mutta tässä työssä kaikki osat

näkyvät laskennassa materiaalina. Niiden osuutta on verrattu lokakuussa 2021 romuteräksestä saatavaan hintaan ja sen pohjalta pyritty määrittämään milloin vaihteen romutus on taloudellisesti uudelleenvalmistusta kannattavampaa. Lokakuussa 2021 rautaromusta on maksettu 250 – 350 € / tonni ja metallilastusta 292€ / tonni.

### 8.7 Yksinkertainen hiilijalanjäljen laskenta teollisuusvaihteelle

Hiilijalanjäljen laskenta toteutettiin manuaalisesti Excel-laskentana, sillä suuren muuttujamäärän takia tarkan hiilijalan määrittäminen on äärimmäisen vaikeaa eikä työhön varattu aikataulu mahdollistanut tarkempaa analyysiä. Asiakaskyselyn tulosten perusteella voidaan myös todeta, että hiilijalanjäljellä on vielä verrattain pieni vaikutus asiakkaan ostopäätökseen, joten suuntaa antava ja markkinointimateriaaliin kelpaava aineisto riittää.

Laskennassa käytettiin apuna Winnipegin kaupungin laatimaa taulukkoa eri materiaalien ja kuljetusmuotojen hiilijalanjäljestä (City of Winnipeg 2012). Taulukosta valittiin vaihteen osaluettelon kullekin osalle sopivin materiaali ja sen laskennallinen hiilijalanjälki painoyksikköä kohden. Tämän jälkeen paino kerrottiin laskennallisella hiilijalanjäljellä, jolloin saatiin kyseisen osan hiilijalanjälki. Oma valmistettavien osien kohdalla käytettiin lisäksi valmistuksen päästökerrointa  $pk = 1,03$ , jolla pyrittiin kompensoimaan oman työn osuutta tuotteen hiilidioksidipäästöistä. Kerroin on määritetty prosenttiosuutena liikevaihdosta seuraavasti:

Tuotantosähkö = 1,73 %

Kaukolämpö = 0,30 %

Vesi = 0,02 %

Siivous = 0,33 %

Jätteet = 0,12 %

Matkat = 0,11 %

Oman työn osuutta arvioitiin World-O-Metersin ja Suomen YK-Liiton keräämän tiedon pohjalta. Heidän materiaalissaan on kerätty tietoa hiilidioksidipäästöistä

maata ja sen asukasta kohden. Suomessa vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat olleet vuonna 2016 8 320 – 9 310 kg ja vuonna 2018 8 040 kg asukasta kohden. (Suomen YK-liitto 2018; World-O-Meters 2016). Tästä laskettiin CO<sub>2</sub>-päästö työntekijää ja tuntia kohden kaavalla 1. Tuloksista voidaan päätellä, että laskennan tarkkuus on riittävä, sillä kokonaisuus huomioiden kokoonpanotyön osuus hiilidioksidipäästöistä on luokkaa 1 – 2 % eikä laskennan tarkentaminen juuri vaikuta lopputulokseen.

$$CO_{2\ työ} = \frac{9310kg}{365d \cdot 24h/d} = 1,063kg/h \quad (1)$$

Saadulla päästöllä 1,063 kg tunnissa laskettiin uuden vaihteen kokoonpano- ja uudelleentulovalmistusprosessin tuottamat hiilidioksidipäästöt. Laskenta perustuu vaihemalleissa esitettyihin työtunteihin.

Kuljetusten osuutta arvioitiin kullekin vaihteen osalle sen oletetun alkuperämaan kautta, jotka ovat esitetty taulukossa seitsemän. Kuljetusmuodon hiilijalanjälki on otettu Winnipegin kaupungin taulukosta lähimmän komponentille oletetun rahtitavan mukaan. Rahtitapa on esitetty taulukossa 7 ja sen hiilijalanjälki on laskettu kaavalla 2.

$$CO_{2\ kuljetus} = Matka \times CO_2/km \quad (2)$$

Rahti	Rahdin tarkennus	Matka [km]	CO <sub>2</sub> / km	Kuljetusmuoto taulukosta	CO <sub>2</sub> / kuljetus [kg]
1	Merirahti Tianjin (Xingang) - Helsinki	22507	0,00001	SF transoceanic + RF truck 20t full	0,259
2	Maarahti Keski-Eurooppa - Suomi	2269	0,00047	RF truck 20t full	1,066
3	Rahti Suomessa (merirahdin lisäksi)	73	0,00047	RF truck 20t full	0,034
4	Keskimääräinen rahti Suomessa	200	0,00047	RF truck 20t full	0,094
5	Sisäinen rahti SEW:llä lämpökäsittelyn ja kokoonpanon välillä	6	1,11	Road freight average (km)	6,660

Taulukko 7. Rahdin tuottamat hiilidioksidipäästöt kiloa kilometrille kuljetusmuodon mukaan.

Rahdin osuus on lisätty valitsemalla taulukkoon kullekin komponentille sen oletettu rahtimuoto riippuen kyseisen komponentin toimittajasta. Toimittajatietoa ei jaeta ulos yrityksestä eikä sitä käsitellä tässä työssä, mutta yleistäen voidaan todeta, että valuaihiot ostetaan Kiinasta, pientarvikkeet Suomesta, välitysosat ovat omaa tuotantoa ja laakerit hankitaan pääasiassa Euroopasta. Karkkilan

vaihdetehtaan hiilijalanjälkeä ei laskettu tässä työssä, sillä tulokset uuden ja uudelleentalmistetun vaihteen hiilijalanjäljen vertailussa ovat vertailukelpoisia myös ilman tehtaan hiilijalanjäljen laskentaa. Laskenta ei huomioi valmiin teollisuusvaihteen käytöstä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä.

## 9 Tulokset

Asiakaskyselyn ja sisäisten mittareiden pohjalta saadusta pohjatiedosta on koostettu tulokset. Niissä on pyritty esittämään asiakkaan tarpeet ja kiinnostus uudelleentalmistukseen sekä kannattavuus yrityksen näkökulmasta materiaalin ja työn osuutta verraten. Osiossa esitetään myös muutama eri malli vaihdettavien osien määrän vaikutuksesta kokonaiskatteseen ja esitetään jatkoideoita ympäristötekijöiden parempaan huomiointiin uudelleentalmistusprosessissa.

Taulukossa 8 on esitetty eri asiakkaalle tarjottavien vaihtoehtojen kannattavuus- ja hiilijalanjälkivertailu perustuen 2-portaiseen ja kooltaan MC-vaihdesarjan yläpäähän asettuvan vaihteen pohjalta seuraavin tarkennuksin:

**Uusi vaihde** = 100 % uusi vaihde uusista osista

**Remanuvaihde – Minimimäärä osia** = Uudelleentalmistettu vaihde, johon vaihdetaan vain kuluvat osat eli tiivisteet ja laakerit.

**Remanuvaihde – Maksimimäärä osia** = Uudelleentalmistettu vaihde, jonka kotelo on todettu olevan käyttökelpoinen, mutta kuluvien osien lisäksi on vaihdettu kaikki hammastetut osat.

**Perusvaihdehuolto** = Vika-analyysiin pohjautuva vaihdehuolto, jossa vaihdetaan laakerit ja tiivisteet. Tuntiveloitus uudelleentalmistusta korkeampi.

**Laaja vaihdehuolto** = Vika-analyysiin pohjautuva vaihdehuolto, jossa vaihdetaan laakereiden ja tiivisteiden lisäksi välitysosat. Tuntiveloitus uudelleentalmistusta korkeampi.

Kannattavuus- ja hiilijalanjälkivertailu uusi vaihde / uudelleenvalmistus / huolto suhdelukuina esitettynä								
Prosessi	Materiaalit	Työ	Kokonaiskustannus	Myyntihinta	Myyntikate [%]	CO <sub>2</sub> [kg]	CO <sub>2</sub> [%]	
Uusi vaihde	100 %	100 %	100 %	100 %	25 %	2619	100 %	
Remanuvaihde - Minimimäärä osia	13 %	182 %	46 %	80 %	57 %	203	8 %	
Remanuvaihde - Maksimimäärä osia	64 %	182 %	87 %	80 %	19 %	2632	100 %	
Perusvaihdehuolto	13 %	219 %	53 %	80 %	50 %	193	7 %	
Laaja vaihdehuolto	64 %	219 %	94 %	141 %	50 %	2630	100 %	

Taulukko 8: Kustannus- ja hiilijalanjälkivertailu asiakkaalle tarjottaville eri vaihtoehtoilta vanhan vaihteen korvaamiseksi tai huoltamiseksi. Arvot ovat esitetty suhdelukuina, jossa uuden vaihteen materiaalikäyttöä, hintaa ja hiilidioksidipäästöä kuvaa 100 %.

Taulukossa 8 materiaalit pohjautuvat esimerkiksi valitun vaihteen osaluetteloon. Uudelleenvalmistuksen työn osuus saadaan yrityksen sisäisten vaihemallien kautta ja kokonaiskustannusta on peilattu oletettuun myyntihintaan. Huoltotyön osuus perustuu SEW:n Hollolan huoltoverstaan toteutuneisiin huoltoaikoihin ja veloituksiin vuoden 2021 syksyiltä (SEW; Salo 2021). Tätä kautta on laskettu myyntikate, joka esittää vain kyseisen esimerkin myyntikatetta oletusasiakkaalle oletuskokoonpanolla. Vertailun vuoksi ei ole oleellista kuvaako tämä tieto suoraan yrityksen toteutuvia katelukuja, joten esitettyjä lukuja voidaan pitää laskentaan sopivina esimerkkeinä.

Taulukossa kahdeksan esitetty hiilijalanjälki perustuu yhdistelmään painosta johdetusta osien hiilijalanjäljestä, työn osuudesta ja oletetusta rahdista. Laskenta on yksinkertainen yhteenlasku kaavalla 3.

$$\text{Kaava 3. } CO_{2 \text{ vaihde}} = CO_{2 \text{ osat}} + CO_{2 \text{ työ}} + CO_{2 \text{ rahti}}$$

## 9.1 Tunnistetut haasteet

Uudelleenvalmistukseen liittyy monia ennestään tunnistettuja haasteita ja asiakaskyselyiden perusteella on saatu parempi käsitys haasteista, joita asiakkaat kokevat tai kohtaavat uudelleenvalmistukseen liittyen.

- Pienet viat, esimerkiksi tiivisteen vaihto, ovat usein halpoja korjata verrattuna uudelleenvalmistukseen
- Vaihde on pois asiakkaan tuotannosta uudelleenvalmistuksen ajan
- Huoltoarviota ja raporttia ei saa. Raportti saattaa olla asiakkaalla kriteeri investointiluontoisille korjauksille.

- Poisoppiminen vanhasta tavasta.
- Asiakkaan budjetointi voi ohjata saatavilla olevia rahoja ja on tulkinnanvaraista, laskeeko asiakas uudelleenvalmistuksen huolloksi.
- Usein asiakkaiden tuotannon korjausbudjeteissa ei aseteta painoarvoa kestäväälle kehitykselle.
- Kokonaan uuden ja uudelleenvalmistetun vaihteen hintaero on liian pieni.
- SEW:n myynti- ja tuotanto-organisaation perehdytys uuteen toimintatapaan.
- Uudelleenvalmistus onnistuu kannattavasti vain kokoonpanotehtaalla prosessien puutteellisuuden ja työmäärän takia.

SEW organisaationa on suuri ja kokoonpanotehtaita on paljon. Ideaalitilanteessa uudelleenvalmistuksesta saadaan aikaan toimintamalli, jonka voi jalkauttaa kaikille tehtaille. Kokemukset kotimarkkinalta ovat tässä avainasemassa, joten kokoonpanotehtaiden kykyä tai halua osallistua uudelleenvalmistukseen ei ole vielä kartoitettu virallisen prosessin puuttuessa. Alustavia kyselyjä on tehty ja toistaiseksi yksikään tehdas ei ole ajatusta vastustanut, vaan jopa nähnyt sen tuottaman lisäarvon asiakkaalle, varsinkin jos markkina-alueella sattuu olemaan asiakas, jolla on ennestään käytössä kymmeniä tai satoja MC-sarjan vaihteita.

## 9.2 Työn osuuden optimointi

Työn osuus on suurin kustannustekijä uudelleenvalmistuksessa. Vaihemalleihin perustuvan laskennan perusteella työn osuus voidaan jakaa suhteessa seuraavasti:

- Uusi vaihde: 100 %
- Uudelleenvalmistus: 182 % (Tavoite 130 – 150 %)
- Perusvaihdehuolto: 133 - 219 %
- Laaja vaihdehuolto: 219 %

Huolloissa ja uudelleenvalmistuksessa tarkastukset ja purku vievät aina enemmän aikaa kuin uusista osista kokoonpantavan, uuden vaihteen valmistus.

Huollossa aikaa menee yksinkertaiseen laakereiden vaihtoon käytännössä yhtä

kauan kuin laajaan vaihdehuoltoon. Tämä johtuu siitä, että MC-vaihde on yksiosaisella ns. monoblock –kotelolla, jolloin laakereiden vaihto vaatii välitysosien ja akseleiden purkamisen kotelosta siihen soveltuvalla puristimella.

Nykyiset tuotannon vaihemallit uudelleenvalmistukselle ja vaihdehuollolle ovat samat, mutta prosessin optimoimiseksi SEW:llä on Karkkilassa käynnistetty projekti uudelleenvalmistuksen tuotantoaikojen mittaamiseksi ja tuotannon vaihemallien päivitys. Projekti jatkuu vuoden 2022 ajan, jonka jälkeen käytössä ovat uudet, tarkennetut vaihemallit. (SEW; Teittinen 2022). Tavoite uudelleenvalmistukselle on, että työaika saa olla korkeintaan puolitoista kertainen uuden vaihteen työaikaan. Ero muodostuu vaihteen purkutyöstä.

Purku- ja kokoonpanotyön lisäksi yrityksessä tulee huomioida vaihdettavien osien varaukseen ja keräilyyn käytetty työ. Nykymallissa suunnittelija varaa tuotannossa vaihtokuntoiseksi todetut osat uudelleenvalmistustyölle. Optimiprosessissa varaukset tehdään suoraan tuotannossa, kun tarpeita ilmenee. Tähän tulee rakentaa myös takaisinkytkentä myyntiin niin, että jos vaihtokuntoinen osa ei ole varastotuote tai vaihde todetaan muuten kelpaamattomaksi uudelleenvalmistukseen, saadaan tieto mahdollisesta toimitusaika- ja hintavaikutuksesta asiakkaalle mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

### **9.3 Lisäarvo asiakkaalle**

Asiakaskyselyn perusteella uudelleenvalmistusprosessissa on kolme asiakkaalle selvästi tärkeää ja lisäarvoa tuottavaa ominaisuutta:

- 1.) Sovittu hinta
- 2.) Sovittu toimitusaika
- 3.) Uuden vaihteen takuu.

Näitä argumentteja tulee käyttää markkinointimateriaalissa. Lopullisen materiaalin tuottaa SEW Eurodrive Suomen markkinointiosasto yhteistyössä Saksan kanssa. Sisä- ja ulkomyyntiin tieto jalkautetaan uudelleenvalmistusprosessin perehdytyksen yhteydessä.

Asiakashaastatteluiden perusteella vihreiden arvojen ja kestäväen kehityksen merkitys asiakkaan ostopäätökseen on verrattain pieni. Suositus kuitenkin on painottaa myös näitä arvoja markkinointimateriaalissa. Vuonna 2021 arvot eivät ehkä vaikuta ostopäätökseen, mutta jo muutaman vuoden aikana tilanne voi myös asiakkaiden tuotantoinvestointien osalta muuttua. Samalla yritys saa osoitettua omaa halukkuuttaan kestäväen kehitykseen ja hiilijalanjäljen hallintaan. Tulevaisuuden lainsäädännön voidaan myös spekulatiivisesti olettaa vaikuttavan teollisuuden pyrkimyksiin pienentää hiilijalanjälkeään, jolloin nyt tehty työ voidaan hyödyntää. Hiilijalanjälkilaskennan tulokset ovat esitelty kohdassa 7.4.

Perinteiseen vaihdehuoltoon verrattuna uudelleenvalmistus katsotaan usein kalliiksi vaihtoehdoksi, mutta tuolloin tarkastelussa jää huomioimatta huoltoon liittyvät epävarmuustekijät. Halvimmillaan huolto on tiivisteiden ja laakereiden vaihto, mutta kalleimmillaan huolto on kalliimpaa kuin kokonaan uusi vaihde. Tähän vaikuttaa kolme tekijää: Hinnoittelupolitiikka huolloille ja varaosilla ja huoltoon käytetty työaika. Ehdotus markkinointiin on, että mikäli asiakkaan vaihteen kuntoon liittyy kysymyksiä eikä esimerkiksi tarkempaa kuntotarkastusta ole tehty, on suositeltavaa ensisijaisesti harkita uudelleenvalmistusta normaalin huollon sijaan.

#### **9.4 Lisäarvo yritykselle**

Yrityksen saamaa suoraa lisäarvoa uudelleenvalmistusprosessista tutkittiin ainoastaan hinnan ja katteen kautta. Samaan laskentaa on yhdistetty myös hiilijalanjälkilaskenta, mutta sen tulokset on raportoitu omana osionaan kohdassa 7.4. Hiilijalanjälkitiedon tuottama lisäarvo menee vielä vuonna 2021 kategoriaan ”hyvä tietää”, mutta jatkossa sitä voidaan käyttää ajankohtaisena markkinointiargumenttina. Uudelleenvalmistuksen on arvioitu olevan 2017 noin 30 miljardin Euron markkina, jonka uskotaan kasvavan tasolle 46 – 100 miljardia euroa lähivuosina (Heikkilä & Palomäki 2020).

Taulukon kolme laskennassa on tehty uudelleenvalmistettavan vaihteen osalta vertailu yrityksen kannalta parhaan ja huonoimman vaihtoehdon välillä. Paras

vaihtoehto on, että asiakas lähettää vaihteensa uudelleenvalmistukseen ja vain kuluvat osat, eli laakerit ja tiivisteet, vaativat vaihtoa. Huonoimmassa tapauksessa kaikki välitysosat ovat vaihtokunnossa ja kustannukset nousevat. Ääritapauksissa toteutuvat laskennalliset myyntikatteet ovat parhaimmillaan 60 % ja huonoimmillaan 22 %. Tämän vaihteluvälin aiheuttama epävarmuus jää yrityksen riskiksi. Laskennassa uudelleenvalmistettavan vaihteen hinnaksi oli määritetty 80 % uuden vaihteen hinnasta.

### **9.5 Elinkaariajattelu ja hiilijalanjälki**

Hiilijalanjäljen laskenta tehtiin periaatteella, että sen tulee tukea SEW:n markkinoitargumentteja ja osoittaa asiakasta kiinnostavalla tasolla uuden vaihteen ja uudelleenvalmistetun vaihteen ero hiilijalanjäljessä.

Laskennassa ei otettu laskennallista kantaa siihen, miten uuden vaihteen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää. Lämpökäsiteltyjen ja valuosien käyttö materiaaliominaisuuksien ja valun rajoitettujen työvarojen kautta ei ole mahdollista uusia osia silmällä pitäen, mutta esimerkiksi koon 09 vaihteen toisioakselista voisi hypoteettisesti sorvata pykälää tai kahta pienemmän vaihteen kokoa 07 tai 08 toisioakselin. Kokonaisuudessa tämä vähentäisi uuden vaihteen hiilijalanjälkeä noin 300 kiloa eli 11 % pelkän materiaalin osalta. Kustannussäästö yritykselle olisi säästetyn materiaalin kautta noin 4,5 %. Jos oletetaan, että Karkkilan tehtaassa noin 1 200 vaihteen vuosituotannosta 20 % tapauksista voitaisiin hyödyntää purettujen vaihteiden toisioakseleita, olisi vuosisäästö luokkaa 35 000 - 45 000€. Tämä on kuitenkin puhdasta spekulatiota, sillä prosessia ei ole käytännössä vielä ikinä toteutettu ja hankintakanavien (omavalmistus vs. alihankinta) hintaeroja ei ole huomioitu spekulatiivisessa laskennassa.

Lopputuloksena vanhan suuremman osan käytössä uuden pienemmän osan materiaalina on, että prosessina se on taloudellisesti kannattamaton. Tutkitaan oletushintoihin perustuen vaihdekoon 07 toisioakselin valmistusvaihtoehtoja vertaamalla omaa koneistusta tankoaihiosta, MC09 akselista 02873613, MC08 akselista 02873516 ja alihankinnasta ostettuna. Näistä vaihtoehtoista nähdään,

että jos akselin voi koneistaa pykälää suuremman vaihteen akselista on prosessi vielä kannattava. Kahta pykälää suuremman vaihteen akselissa aihio menee liian suureksi ja muuten kierrätettävän akselin materiaalihinta ei kompensoi kalliimpaa koneistusta.

Toisioakseli MC07 02873354

AIHIO, 42CrMo4QT					VALMIS AKSELI						
	Paino [kg]	Halkaisija [mm]	Pituus [mm]	Hinta [€]	Paino [kg]	Halkaisija [mm]	Pituus [mm]	Koneistus [min/kg]	Koneistus [min]	Koneistus [€ / h]	HINTA [€]
02873613	152	196	750	- €				2,3	182	100,00 €	<b>302,83 €</b>
02873516	118	186	664	- €	73	156	613	2,3	104	100,00 €	<b>172,50 €</b>
Tanko	98	160	618	175,71 €				2	49	100,00 €	<b>257,76 €</b>
Uusi akseli alihankinnasta ostettuna											<b>239,01 €</b>

Taulukko 9. MC07 toisioakselin valmistus- ja hankintavaihtoehtojen hintavertailu.

Pykälää suuremman vaihteen akselin kiilaurien paikka ei mahdollista pienemmän akselin valmistusta. Näin ollen johtopäätös on, että taloudellisesti edullisin vaihtoehto on uusi akseli ja vanhan akselin kierrätys. Kyseessä on esimerkki prosessista, joka ei ole taloudellisesti kannattava, vaikka se pienentäisi olennaisesti vaihteen hiilijalanjälkeä.

Kaikki vaihteen metalliosat voidaan kierrättää ja näin myös toimitaan SEW:llä. Aikanaan SEW:n käytöstä poistettu valukotelo päätyy valimon sulattoon ja uuden valun raaka-aineeksi. Taloudellisesti käyttökelpoisen valukotelon kierrätys ei vaihdevalmistajan näkökulmasta koskaan ole kannattavaa, vaan kotelo kannattaa aina uusiokäyttää, jos se on mahdollista. Käytännössä tämä on vaikeaa, sillä romutus ei aina ole SEW:n hallittavissa, mutta esimerkiksi kokoonpanotehtaiden huolto-organisaatioita on mahdollista ohjeistaa palauttaa käyttökelpoiset ja harvoin vaurioituvat osat, kuten kotelot ja kannet, tehtaalle uusiokäyttöön. Tällöin tehtaalla tulisi myös luoda prosessi hyödyntää näitä osia niin, että osa voidaan vastaanottaa kuranttina, nimikkeellisenä osana, varastoida ja lopulta käyttää sopivaan vaihdetilaukseen.

## 9.6 Tulosten yhteenveto

Tuloksista koostettiin yhteenveto suosituksista markkinointimateriaaliin ja itse uudelleenvalmistusprosessiin. Esitetyt ideat on jalkautettu myyntiin ja tuotantoon, jotka tahoillaan hyödyntävät niitä markkinointimateriaalia ja prosessikuvausta tuottaessa.

### Markkinointimateriaali:

- Painotus lisäarvon tuottamisessa asiakkaalle: Sovittu hinta, sovittu toimivisaika ja uuden vaihteen takuu
- Hiilijalanjälki ja vihreät arvot markkinointiargumenttina ja maininta, että kaikki vaihteen käyttökelpoton metalli kierrätetään jatkojalostukseen.
- Hyväksymiskriteeri uudelleenvalmistukseen on, että vaihteen kotelo on käyttökelpoinen
- Sovittu hinta ei sisällä vaihteen ulkoisien komponenttien uusimista, kuten moottoreita, akselikytkimiä, voiteluyksiköitä, jne.

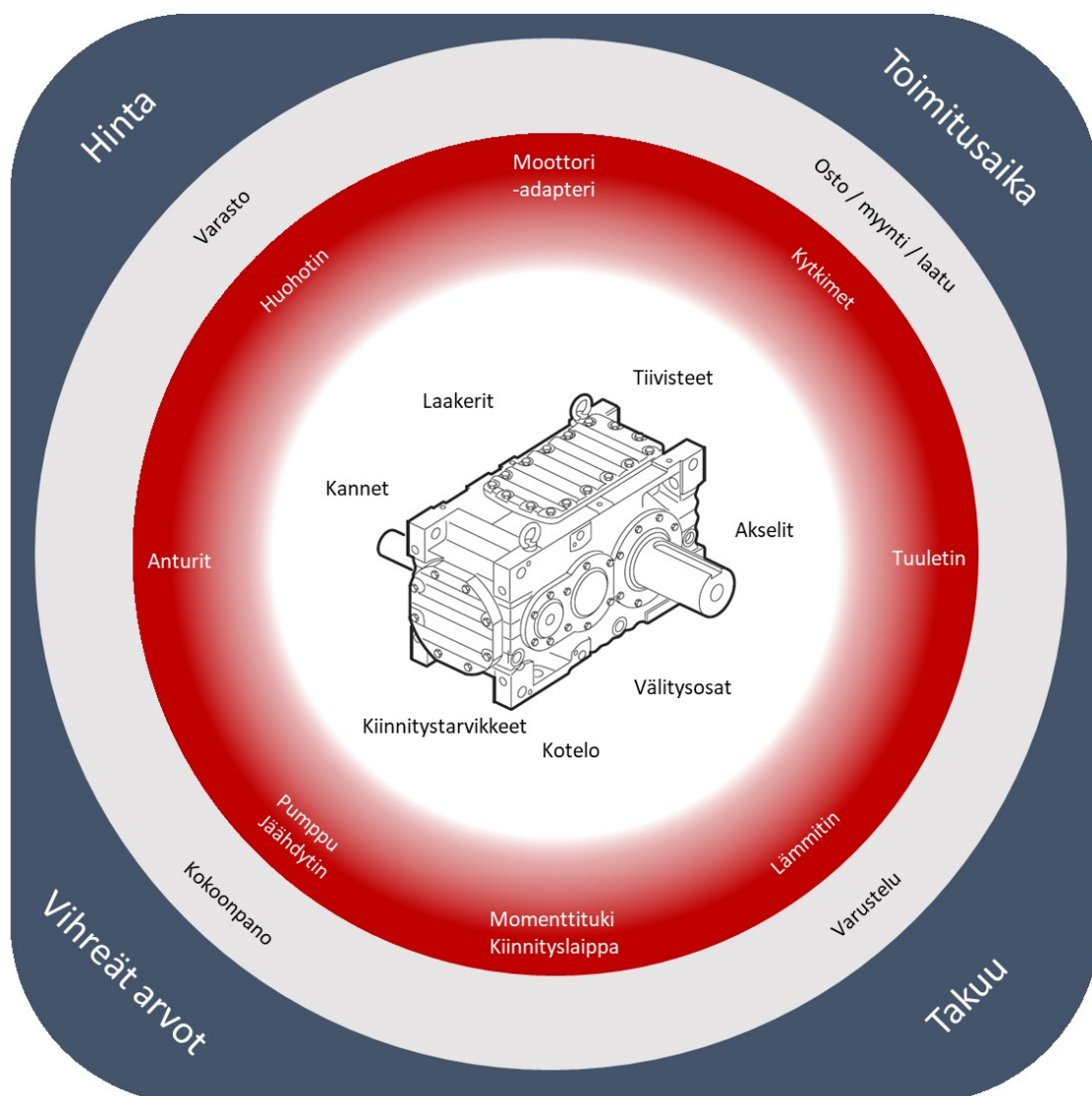
### Prosessikuvaus:

- Suurin hintaan vaikuttava ero uuden ja uudelleenvalmistetun vaihteen välillä on kokoonpanotyön määrä. Purkutyö tulee tehdä mahdollisimman suoraviivaiseksi, sillä siinä on suurin säästöpotentiaali.
- Uudelleenvalmistukseen kelpaamattomaksi todettujen vaihteiden osalta työtä ei kannata viedä loppuun vaan mahdollinen romutussuositus tulee tehdä mahdollisimman vähällä työllä.
- Vaihde voidaan hyväksyä uudelleenvalmistukseen vain, jos kotelo on ehjä ja käyttökelpoinen.
- Uudelleenvalmistusta kannattaa laskennallisesti tehdä jopa uusien toimistusten kustannuksella, sillä keskimääräinen myyntikate on parempi.
- Prosessiin liittyvät tuotannon osat tulee perehdyttää niin, että kaikki toteuttajat tietävät oman roolinsa uudelleenvalmistusprosessissa.
- Vanhan vaihteen osien uusiokäyttöä voidaan harkita tapauskohtaisesti pienemmän vaihteen aihioina.
- Romutettavien vaihteiden osien uusiokäyttöön tulisi luoda toimiva ja yksinkertainen prosessi yhdessä huoltokeskusten kanssa.

- Uusien prosessien pilotointi kannattaa tehdä kotimaassa logistiikkayhteisöjen ja valmiiksi tiiviin yhteistyön ansiosta.
- Purkutyön dokumentointi omaan käyttöön ja jatkoanalyysiin. Olisiko tämä mahdollista esimerkiksi ohjelmalla, jolla dokumentoidaan kuvin löydettyt viat?

## 10 Pohdinta

Kokonaisuutena teollisuusvaihteen uudelleent valmistusprosessi voidaan kuvata hallinnanympyrän avulla, jota kutsuttakoon MC-vaihteen IAPV-kuvaajaksi: Internal, Accessory, Process, Value. IAPV-kuvaaja on esitetty kuviossa kymmenen. Kuviossa keskiössä on vaihde ja sen sisäiset ominaisuudet, jotka liittyvät suoraan uudelleent valmistukseen. Punaisessa ympyrässä on esitetty ulkoiset varusteet, jotka usein seuraavat vaihteen mukana, mutta jotka eivät sisälly uudelleent valmistukseen. Harmaalla on esitetty suorittava prosessin osa, ja uloimpana sinisellä on markkinan tarve ja kriteerit uudelleent valmistukselle.



Kuvio 11. MC-teollisuusvaihteen IAPV-kuvaaja.

IAPV-kuvaajan avulla uudelleent valmistusprosessia voi kuvata sekä sisäiselle että ulkoiselle asiakkaalle. Sisäinen asiakas, kuten tuotanto, ymmärtää, mitkä tuotteen ja prosessin osat osallistuvat uudelleent valmistukseen. Ulkoinen asiakas, esim. ulkomyyjä, ymmärtää lisäksi, mitä argumentteja käyttää uudelleent valmistuksen myynnissä.

Työn edetessä, asiakashaastatteluja käytäessä ja yrityksen sisäisiä prosesseja haastatellessa suurimmat haasteet todettiin liittyvän markkinointiargumentteihin, joilla uudelleent valmistetun vaihteen hinta perustellaan, sekä prosessikuvaukseen. Vaikka prosessi itsessään on yksinkertainen, on siiloutuneeseen ja vahvoja rajapintoja sisältävään teollisuusorganisaatioon tällaisen jalkauttaminen

verrattain haastavaa niin, että kukin prosessin osa tuntee oman tehtävänsä lisäksi edellisen ja seuraavan funktion tehtävät ja prosessista saadaan suoraviivainen. Asiakaskommunikaatiossa pätevät samat ongelmat. Myyjän tulee olla tietoinen prosessista, mutta myös uudelleentuloisuuden tuomista lisäarvotekijöistä, joiden avulla palvelu voidaan myydä asiakkaalle.

Kehitysehdotus markkinointimateriaalin tuotantoon on käyttää osiossa seitsemän esitettyjä argumentteja, mutta myös esittää ne asiakkaalle niin, että uudelleentuloisuus ei jää vain korkealentoiseksi palvelukonseptiksi vaan asiakas ymmärtää, mitä hyötyjä hänelle palvelulla ollaan tuottamassa. Argumentit ovat esitetty kohdassa 7.3. Samalla asiakaslupaus tulee olla linjassaan palveluntuottajan, eli tässä tapauksessa yrityksen tuotannon kykyjen kanssa. Prosessi tulee olla määritetty niin, että luvattu hinta ja toimitusaika toteutuvat, mutta samalla asiakkaan tulee ymmärtää liittyvät epävarmuustekijät kuten mahdollinen tarkastuksessa huomattava vika, joka johtaa siihen, että tuote ei sovi uudelleentuloistettavaksi. Kriteerit ovat esitetty kohdassa 7.5.

Kehitysehdotuksena huoltoon toimitettujen, mutta syystä tai toisesta romutettavien vaihteiden osien hyödyntämistä tulisi kartoittaa tarkemmin. Tämä voidaan tehdä yhdessä vaihdehuoltoa tekevien kokoonpanotehtaiden kanssa, ja sopia esimerkiksi muutaman kerran vuodessa tehtaalle palautettavien osien lähetyksestä.

Uudelleentuloisuuden lisääminen osaksi tilaus-valmistusprosessia integroimalla se yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään on järkevää. Ehdotus on tehdä integraatio niin, että myynti voi heti tilausta kirjattaessa määrittää, että kyseisen tilauksen vaihde on uudelleentuloistettava tuote, jolloin automaattisesti osaluettelon luova konfiguraattori palauttaa osaluettelolle ja varaa vain uudelleentuloistuksessa aina vaihdettavat osat: Laakerit ja tiivisteet. Purkuvaiheessa mahdollisesti muiden vaihtokuntoisten osien lisääminen lopulliselle osaluettelolle voi tapahtua esimerkiksi suunnittelun tai ideaalitalanteessa kokoonpanijan toimesta perustuen vaihteen alkuperäiseen osaluetteloon. Tällöin prosessista saadaan mahdollisimman virtaviivainen.

Yhteenvetona uudelleenvalmistuksen käytöstä osana yrityksen palvelutarjontaa voidaan todeta, että siihen liittyy kaksi haastetta: Asiakkaiden oletetun tahtotilan muuttaminen kertataloudesta kiertotalouteen myös koneinvestoinneissa, ja yrityksen sisäisen prosessin luominen uudelleenvalmistukselle. Tuloksista on selvää, että uudelleenvalmistetun vaihteen hiilijalanjälki on uutta vaihdetta selvästi pienempi ja kaupallisesti uudelleenvalmistuksella saavutetaan parempi kate-taso. Nämä yhdistettynä asiakkaalle tuotettuun hyötyyn takuun ja hinnan kautta muodostavat uudelleenvalmistuksen kokonaisuuden, joka palvelee myös ympäristöä. Kaikki osapuolet voittaa kun ajattelu- ja toimintamallit saadaan muutettua vastaamaan kestävästä kehitystä.

## Lähteet

- Andrew, M., Ibrahim, R.N. 2013. Remanufacturing process and its challenges. Journal of mechanical engineering and sciences 4:488-495.
- Björk, P., Hautala, K., Huhtala, S., Kivioja, M., Kleimola, M., Lavi, H., Martikka, J., Miettinen. 2014. Koneenosien suunnittelu. Sanoma Pro Oy.
- City of Winnipeg. 2012. Emission factors in kg CO<sub>2</sub>-equivalent per unit. [https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012\\_Appendix\\_H-WSTP\\_South\\_End\\_Plant\\_Process\\_Selection\\_Report/Appendix%207.pdf](https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf). 17.11.2021.
- Chomkamsri, K., Pelletier, N. 29.4.2011. Analysis of Existing Environmental Footprint Methodologies for Products and Organizations: Recommendations, Rationale, and Alignment. European Commission Joint research center. <https://ec.europa.eu/environment/eusds/pdf/Deliverable.pdf>. 19.11.2021.
- Caterpillar 2012a. Caterpillar website: Circular Economy. <https://www.caterpillar.com/en/company/sustainability/remanufacturing.html>. 14.1.2021.
- Hakulinen, H. 25.11.2010. Hiilijalanjäljen laskeminen Medisize Oy:n Kontiolahden tehtaalle. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandidaatin tutkintojen opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201102081215>. 14.1.2021.
- Heikkilä, J., Palomäki, K. 23.11.2020. Rethinking manufacturing – Remanufacturing. <https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/rethinking-manufacturing-remanufacturing>. 30.11.2021.
- Hegland, D. 24.2.2020. Remanufacturing is profitable and green. <https://www.assemblymag.com/articles/84787-remanufacturing-is-profitable-and-green>. 8.1.2022.
- Joseph, T. Decision Support Framework for Remanufacturing Process Planning: A Design Science Research. University of Groningen. <https://feb.studenttheses.ub.rug.nl/21395/>. 30.11.2021.
- Karvonen, I., Jansson, K., Vatanen, S., Tonteri, H., Uoti, M., Wessmann-Jääskeläinen, H. 2015. Uudelleenvalmistus osana kiertotaloutta. VTT Technology T207. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2015/T207.pdf>. 10.11.2021.
- Kierrätyskeskus. 2021. Hiilijalanjälkilaskennan perusteet. Kierrätyskeskus. [https://www.kierratyskeskus.fi/palvelut\\_yrityksille/hiilijalanjalki-](https://www.kierratyskeskus.fi/palvelut_yrityksille/hiilijalanjalki-)

[\\_ja ymparistosaastolaskenta/lataa opas hiilijalanjalkilaskennan perusteet](#). 10.11.2021.

- Langefeld, B. 30.10.2019. Climate protection in the manufacturing sector: Challenges and solutions. Roland Berger Institute.  
<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Climate-protection-in-the-manufacturing-sector-Challenges-and-solutions.html>. 23.12.2021.
- Niemi, E. 2021. GREEF 2 – projekti. Aalto-yliopisto. <https://research.aalto.fi/fi/projects/green-factory-design-tool-kit-greef>. 02.12.2021.
- Näkki, J. 31.5.2019. Uudelleenvalmistus osana kiertotaloutta ja vähähiilisyteen pyrkimistä. Centria Bulletin – Centria ammattikorkeakoulun verkko-lehti. <https://centriabulletin.fi/uudelleenvalmistus-osana-kiertotaloutta-ja-vahahiilisyteen-pyrkimista/>. 19.11.2021.
- Pajula, T., Vatanen, S., Pihkola, H., Grönman, K., Kasurinen, H., Soukka, R. 2018. Carbon Handprint guide. VTT Technical Research Centre of Finland. [https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2021/Carbon\\_handprint\\_guide\\_2021.pdf](https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/publications/2021/Carbon_handprint_guide_2021.pdf) . 1.1.2022.
- Sea-Distances.org. 2021. SEA DISTANCES / PORT DISTANCES – Online tool for calculation distances between seaports. <https://sea-distances.org/>. 19.11.2021.
- SEW. 2005. Industrial Gear Units of the MC... Series. 11237910 / EN
- SEW Eurodrive Oy. 2021. Teollisuusvaihteratkaisut – Yksi kumppani. <https://www.sew-eurodrive.fi/tuotteet/teollisuusvaihteet/teollisuusvaihteet.html>. 30.11.2021.
- SKF Group. 2013. Rolling Bearings PUB BU/1 10000/1 EN. SKF Group.
- Steinhilper, R. 2008. Remanufacturing : the ultimate form of recycling. Fraunhofer IRB Verl. Stuttgart.
- Suomen YK-Liitto. 2018. Hiilidioksidipäästöt asukasta kohden. <https://www.globalis.fi/Tilastot/co2-paeaestoet-per-asukas>. 22.3.2022.
- Swalec, C. 29.6.2021. Carbonbrief –blogi: These 553 steel plants are responsible for 9% of global CO2 emissions. <https://www.carbonbrief.org/quest-post-these-553-steel-plants-are-responsible-for-9-of-global-co2-emissions> 17.11.2021.
- Teittinen, T., Salo, V. Sähköposti- ja puhelinhaastattelut. SEW Tuotanto. 10.1.2021.
- Valtanen, E. 2007. Tekniikan taulukkokirjan 15. painos. Gummerus Kirjapaino Oy.

World-O-Meters. 2016. Fossil carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions of Finland.  
<https://www.worldometers.info/co2-emissions/finland-co2-emissions/>.  
19.11.2021.

**Standardit**

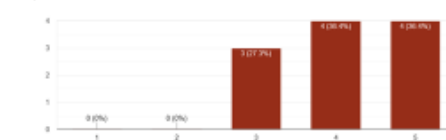
- DIN 3962-2. 1987. Tolerances for cylindrical gear teeth. DIN Standards Committee.
- DIN 3990-1. 1987. Calculation of load capacity of cylindrical gears. DIN Standards Committee.
- DIN 3991-1. 1988. Calculation of load capacity of bevel gears. DIN Standards Committee.
- AGMA 908-B89. 2020. Geometry factors for determining the pitting resistance and bending strength of spur, helical and herringbone gear teeth. American Gear Manufacturers Association.
- ANSI/AGMA 2003-B97. 2003. Rating the pitting resistance and bending strength of generated bevel, zerol bevel and spiral bevel gear teeth. American Gear Manufacturers Association.
- AGMA 2101-D04. 2016. Fundamental rating factors and calculation methods for involute spur and helical gear teeth. American Gear Manufacturers Association.
- SFS-EN 15804. 2012. Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products. Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.
- ISO 286-1. 2010. Geometrical product specifications (GPS) – ISO Code system for tolerances on linear sizes – Part 1. International organization of standardization.
- ISO 14026. 2017. Environmental labels and declarations – Principles, requirements and guidelines for Communication of footprint information. International organization of standardization.
- ISO 14040. 2006. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. International organization of standardization.
- ISO 14063. 2010. Environmental management – Environmental communication – Guidelines and examples. International organization of standardization.
- ISO 14067. 2018. Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification. International organization of standardization.
- SFS 3389. 1989. SFS-Käsikirja 24: Hammaspyörät. Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.

### Customer benefits

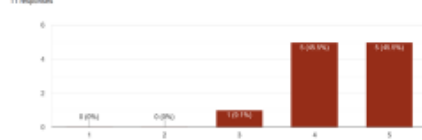
How beneficial is it having warranty for the remanufactured gear unit, which is equivalent to that of a new gear unit?  
11 responses



How important is it that the remanufactured unit looks brand new?  
11 responses



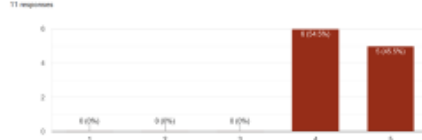
How beneficial is a fixed, pre-agreed price for remanufacturing?  
11 responses



How beneficial would it be for the Eurodrive to be able to configure remanufacturing in SCE and SARGRM?  
11 responses



How beneficial do you find a pre-agreed delivery time of 4 weeks, for example?  
11 responses



Scale 1-5, where:  
1 = No perceivable benefit  
5 = Extremely beneficial

### Base information

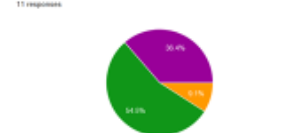
What portion of your equipment repairs are pre-planned?  
11 responses



Estimate how many gear units are repaired or serviced in your area in 1 year  
11 responses



What portion of your equipment repairs are extremely urgent to fix breakdowns?  
11 responses



Estimate how many MC gear units are in service in your sales area  
11 responses



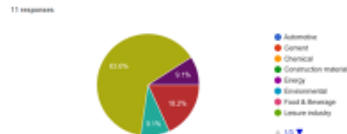
Are you familiar with the remanufacturing concept?  
11 responses



Do you feel the need for additional training on remanufacturing services?  
11 responses



Which industry is most prominent in your sales area?  
11 responses



Do you already have a customer utilizing remanufacturing services provided by SEWT?  
11 responses

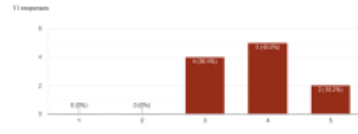


Do you stock spares for critical gear units?  
11 responses



### Purchase decision

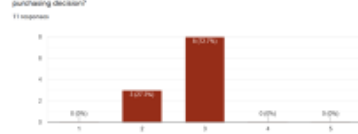
Is your purchasing decision influenced by existing contracts with suppliers?  
11 responses



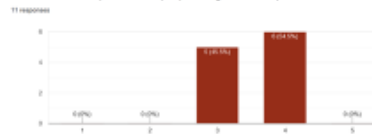
Are repair or remanufacturing services provided by the OEM preferred?  
11 responses



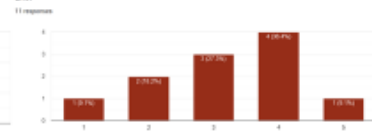
Do 'green values, such as carbon foot print or continuous development affect your purchasing decision?  
11 responses



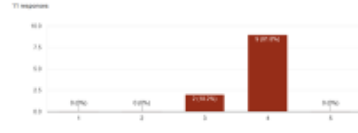
How much does delivery time influence your purchasing decision for repairs?  
11 responses



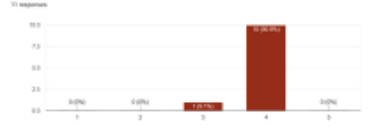
Does company policy for repairs dictate your decision to remanufacture vs. to repair a gear unit?  
11 responses



Is your purchasing decision influenced by the reputation of SEWT?  
11 responses



How much does price influence your purchasing decision for repairs?  
11 responses



Scale 1-5, where:  
1 = No effect on purchase decision  
5 = The only criteria affecting purchase decision