



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Vilma Kokko

PURKAMIS- JA KIERRÄTYSOHJE ABB:N  
REX640-SUOJARELEELLE

Projektityö

Tekniikka  
2023

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Vilma Kokko
Opinnäytetyön nimi	Purkamis- ja kierrätysohje ABB:n REX640-suojareleelle
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	73 + 25 liitettä
Ohjaaja	Irma Hyry

---

Opinnäytetyö keskittyy kiertotalouteen sekä tuotteen elinkaaren loppuvaiheen toimintoihin. Osana yrityksen kiertotalousstrategiaa ja asiakkaan vaatimuksesta suojareleelle luodaan purkamis- ja kierrätysohjeet laitteen käytöstä poistamisen jälkeen.

Perustana purkamis- ja kierrätysohjeelle opinnäytetyön teoriaosuudessa perehdytään sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyyn sekä sitä koskevaan lainsäädäntöön ja standardeihin. Elinkaaren loppuvaiheen käsittelyn osalta selvitetään materiaalin hyödyntämismahdollisuuksia sekä jätehuoltomääräyksiä. Purkamisohjeet luodaan käytännön tekemisen ja ohjaavien asetusten perusteella. Kierrätysohjeet laaditaan suuntaa antaviksi EU-määräysten mukaisesti laajan alueellisen vaihtelevuuden vuoksi.

Keskeisimpiä havaintoja työssä on sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyn ja jätehuoltomääräysten vaihtelevuus maailmalla. Toinen merkittävä huomio on suunnittelussa ja valmistuksessa käytettyjen menetelmien vaikutus loppuvaiheen käsittelyyn. Saatujen tulosten ja johtopäätösten perusteella pohditaan mahdollisuuksia sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyn edistämiseksi sekä purettujen osien uudelleenkäyttämiseksi uusissa laitteissa.

## ABSTRACT

Author	Vilma Kokko
Title	Disassembly and Recycling Instructions for ABB's REX640 Protection and Control Relay
Year	2023
Language	Finnish
Pages	73 + 25 Appendices
Name of Supervisor	Irma Hyry

---

The thesis focuses on circular economy and the end-of-life phase of a product. As part of the company's circularity approach and customer requirements, disassembly and recycling instructions were created for the protection relay after decommissioning.

As a basis for the disassembly and recycling instructions the theoretical part of the thesis describes the handling of waste electronic and electrical equipment and the guiding legislation and standardization. Possibilities for material recovery and waste management regulations are discovered for end-of-life treatment. The disassembly instructions were created based on practical experience and related guidelines. The recycling instructions were drawn up following the EU regulations due to the wide regional variability.

One of the key findings of the thesis is the variability of the treatment of waste electronic and electrical equipment and waste management regulations around the world. Another important consideration is the impact of the design and manufacturing methods on end-of-life treatment. Based on the results and conclusions, possibilities are considered to develop the treatment of waste electronic and electrical equipment as well as reuse of disassembled parts in new products.

---

Keywords                      Circular economy, end of life, recycling, waste electronic  
and electrical equipment

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	12
2	PROJEKTIN TAUSTA, TARKOITUS JA TAVOITTEET.....	13
	2.1 Työn tausta .....	13
	2.2 Tutkittava ongelma .....	14
	2.3 Työn tarkoitus .....	14
	2.4 Työn tavoitteet.....	15
	2.5 Nykytilanne .....	15
3	TEORIATAUSTA .....	16
	3.1 Kiertotalous.....	16
	3.2 Tuotteen elinkaaren loppuvaihe.....	17
	3.3 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu .....	19
	3.3.1 SER-kierrätys .....	19
	3.3.2 SER-lainsäädäntö.....	21
	3.3.3 Paikalliset jätehuoltomääräykset.....	21
	3.3.4 Tuottajavastuu .....	23
	3.4 EU-direktiivit .....	24
	3.4.1 Jätedirektiivi .....	25
	3.4.2 Direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (WEEE) .....	26
	3.4.3 RoHS-direktiivi.....	28
	3.4.4 REACH-asetus .....	29
	3.5 Standardit.....	30
	3.5.1 ISO 14001 .....	31
	3.5.2 IEC/TR 62635.....	32
	3.5.3 IEC 62474.....	34
	3.5.4 EN 45555 .....	35

3.5.5	EN 50419 .....	36
3.5.6	EN 50614 .....	36
3.6	Suuntaviivoja purkamisohjeelle .....	37
3.7	Tietoa suojareleestä.....	41
3.7.1	Suojareleen laitteiston muokkailtavuus.....	43
4	PROJEKTIN LÄHESTYMISTAPA JA TOTEUTUS.....	46
4.1	Asiakkaan vaatimusten selvitys .....	46
4.2	Olemassa olevat ABB:n dokumentit ja standardit.....	47
4.3	Projektin toteuttaminen .....	47
5	PROJEKTIN TUOTOKSET .....	49
5.1	Manuaali .....	49
5.2	Purkamisohjeet .....	49
5.3	Selvitys osien materiaaleista.....	51
5.4	Kierrätysohjeet.....	54
5.5	Kierrätettävyyspotentiaali .....	56
5.6	Vaaralliset aineet .....	58
5.7	Hiilidioksidipäästöt.....	61
5.8	Vaihtoehtoinen ratkaisu: takaisinottopalvelu .....	62
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	64
6.1	Projektin jatko ja keskeiset uudet ideat .....	66
	LÄHTEET .....	68
	LIITTEET .....	74

## LYHENTEET

CAS – Chemical Abstracts Service

CEN – Eurooppalainen standardisoimisjärjestö

CENELEC – Eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö

CO<sub>2</sub>-ekv – Hiilidioksidiekvivalentti

EC – European Community, Euroopan yhteisö

ECHA – European Chemicals Agency, Euroopan kemikaalivirasto

ELDS – Electrification Distribution Solutions -liiketoimintayksikkö

ELY – Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

EN – Eurooppalainen standardi

EPD – Environmental Product Declaration, Tuotteen ympäristöseloste

EU – Euroopan unioni

EY – Euroopan yhteisö (käytössä ennen vuotta 2009)

EWG – European Waste Catalogue, Euroopan jäteluettelo

HMI – Human-Machine Interface, Käyttöliittymä

IEC – International Electrotechnical Commission, Sähköalan kansainvälinen standardisointijärjestö

ISO – International Organization of Standardization, Kansainvälinen standardisointijärjestö

PC – Polycarbonate, Polykarbonaatti

PC-ABS – Polykarbonaatti-akrylonitriilibutadieenistyreeni

RCR – Recycling rate, kierrätysaste

R<sub>cyc</sub> – Recyclability rate, kierrätettävyyssaste

REACH - Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals, Kemikaalien rekisteröinti, arviointi, hyväksyntä ja rajoittaminen

RoHS – Restriction of Hazardous Substances, Vaarallisten aineiden rajoittaminen

SCIP – Substances of Concern In articles as such or in complex objects (Products), Huolta aiheuttavat aineet esineissä

SER – Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu

SVCH – Substances of Very High Concern, Erityistä huolta aiheuttavat aineet

TR – Tekninen raportti

WEEE – Waste of Electrical and Electronic Equipment, Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu

## TERMIT

Direktiivi - Unionin lainsäädäntöinstrumentti, joka velvoittaa jäsenvaltioita saavuttamaan direktiivissä määritellyt tavoitteet

Elinkaari – Tuotteen tai palvelun vaiheet aina raaka-aineiden hankinnasta tuotteen käytöstä poistamiseen asti

Jäte – Prosessissa tai käytössä syntynyt tarpeeton aine tai esine, joka poistetaan käytöstä

Kestävä kehitys – Maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuva jatkuva ja ohjattu yhteiskunnallinen muutos, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet ottaen huomioon ympäristö, ihminen ja talous

Kierrätettävyyssaste – Kierrätettävän tuotteen massan suhde tuotteen kokonaismassaan

Kierrätys – Prosessi, jossa jätemateriaali jälleenkäsitellään tuotteeksi tai materiaaliksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen

Kierrätysaste – Kierrätettyjen tuotteiden, tuotteen osien tai materiaalien massan suhde uudelleenkäsitellyn jätteen massaan

Kiertotalous – Tuotanto- ja kulutusmalli, jossa olemassa olevat materiaalit ja tuotteet hyödynnetään mahdollisimman pitkälle uudelleenkäyttämällä, kunnostamalla ja kierrättämällä

Loppukäsittely – Prosessi, joka ei ole jätemateriaalin hyödyntämistä

Loppusijoitus – Jätteen sijoittaminen kaatopaikalle

Päästökerroin – Hiilijalanjäljen määrittämisessä käytettävä luku, joka kuvaa syntyvän päästön määrä suhteessa tuotettuun toimintaan



Skenaario – Hahmotelma tulevien tapahtumien kuvauksesta

Uudelleenkäyttö – Tuotteen tai sen osan käyttäminen uudelleen alkuperäisessä tarkoituksessa, kun se on saavuttanut yhden käyttövaiheen lopun

Uusiokäyttö – Jättemateriaalin kierrätys takaisin tuotannon raaka-aineiksi

Ympäristönäkökohta – Organisaation toimintojen, tuotteiden tai palvelujen osa, joka on tai voi olla vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa ja voi aiheuttaa ympäristövaikutuksia

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> ABB:n kiertotalousmalli .....	14
<b>Kuva 2.</b> Kiertotalous vs. lineaarinen talous .....	17
<b>Kuva 3.</b> Tuotteen elinkaari .....	18
<b>Kuva 4.</b> Erilliskeräysmerkintä .....	20
<b>Kuva 5.</b> Jätehierarkia .....	26
<b>Kuva 6.</b> Tyypillinen käyttöiän päättymisen skenaario .....	34
<b>Kuva 7.</b> REX640-suojarele ja HMI.....	43
<b>Kuva 8.</b> Moduulipaikat .....	45
<b>Kuva 9.</b> REX640-suojareleen materiaalikoostumus taulukon 5 mukaan.....	52
<b>Taulukko 1.</b> RoHS ajankohtaiset rajoitetut aineet .....	29
<b>Taulukko 2.</b> REX640-suojareleen mitat .....	42
<b>Taulukko 3.</b> REX640-suojareleen moduulit .....	44
<b>Taulukko 4.</b> Vertailutuotteen kokoonpano .....	48
<b>Taulukko 5.</b> REX640-suojareleen materiaalit .....	52
<b>Taulukko 6.</b> Kierrätysohjeet.....	55
<b>Taulukko 7.</b> Kierrätettävyyssasteen laskeminen.....	57
<b>Taulukko 8.</b> REX640-suojareleen vaaralliset aineet .....	60
<b>Taulukko 9.</b> Hiilidioksidipäästölaskennan lähtöarvot ja saadut tulokset .....	62

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Purkamis- ja kierrätysmanuaali

## 1 JOHDANTO

Vastuullisuuden ja kestävä kehityksen merkitys yritystoiminnassa kasvaa jatkuvasti ja sen myötä toimintaa tulee myös kehittää kestävämpään suuntaan. Vaatimuksia vastuullisuudesta tulee asiakkailta ja loppukäyttäjiltä mutta myös lainsäädännöstä ja tiukentuvista säädöksistä. Vastuullisuus ja kestävä toiminta ovat valttikortteja, jotka vaikuttavat myös ostopäätökseen ja palvelun valintaan yhä useammin. Monet yritykset seuraavatkin trendiä olla tavoitteiden edellä ja tehdä enemmän kuin mitä lainsäädännön puitteissa veloitetaan. Tässä opinnäytetyössä keskitytään kiertotalouteen sekä elinkaaren loppuvaiheen toimintoihin osana yrityksen lähestymistapaa kiertotalouteen.

Toimeksiantajaorganisaationa työssä toimii ABB Oy. ABB on globaali teknologia-yritys, jonka toiminta keskittyy automaatiotekniikan ja sähköistämisen toimintoihin. Toimipisteitä ABB:llä on yli sadassa maassa. Yhteensä työntekijöitä ABB:llä on 105 000, joista Suomessa toimii noin 5 000. Opinnäytetyö tehdään Vaasan toimipisteen ELDS-yksikölle, joka vastaa sähkönjakelujärjestelmien ratkaisuista.

Osana opinnäytetyötä luodaan manuaali purkamis- ja kierrätysohjeista ABB:n REX640-suojareleelle laitteen käytöstä poistamisen jälkeen. Manuaali sisältää ohjeet sekä laitteen purkamisen vaiheista että purettujen osien kierrätyksestä. Purkamis- ja kierrätysohjeet luodaan asiakkaan vaatimusten pohjalta ja niissä otetaan huomioon myös EU-vaatimukset sekä paikallisten määräysten vaihtelevuus. Ohjeiden lisäksi selvitetään purettujen osien materiaalikoostumusta sekä kierrätettävyyspotentiaalia. Opinnäytetyössä sivutaan myös vaihtoehtoja takaisinotto palvelua.

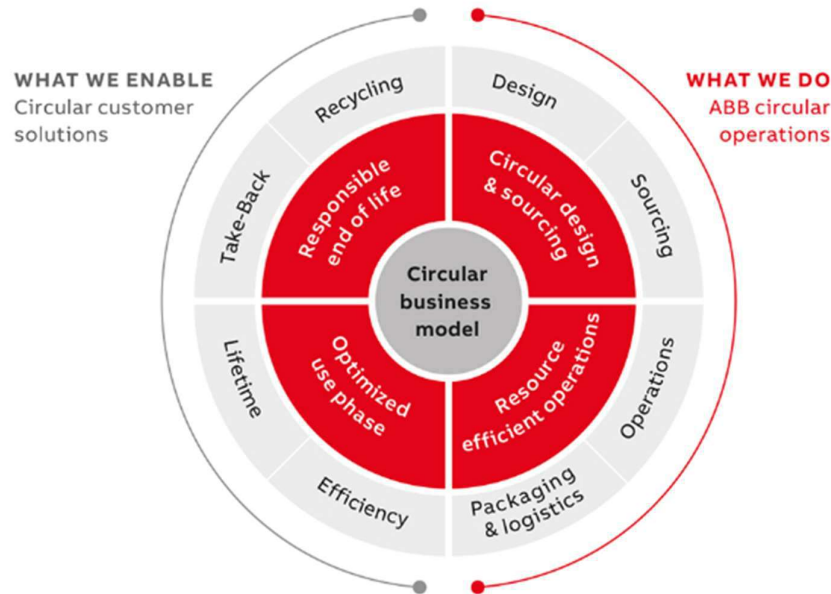
## 2 PROJEKTIN TAUSTA, TARKOITUS JA TAVOITTEET

Kasvatavat vastuullisuus- ja ympäristötavoitteet ovat saaneet yritykset olemaan yhä tietoisempia toimintansa vastuullisuudesta ja läpinäkyvyydestä, ja myös yritysten sidosryhmiltä vaaditaan samaa. Osana toiminnan kehittämistä ABB:n asiakkaalta on tullut vaatimuksena tarjota tuotteille purkamis- ja kierrätysohjeet. Tässä opinnäytetyössä luodaan purkamis- ja kierrätysmanuaali ABB:n REX640-suojareleelle.

### 2.1 Työn tausta

Opinnäytetyössä syvennyttään tuotteen elinkaaren loppuvaiheen toimintoihin. Tuotteen tullessa elinkaarensa päähän, pyritään sen materiaalit ottamaan talteen, jotta ne voidaan hyödyntää uudelleen. Sen sijaan, että tuote käsiteltäisiin jätehuoltovaiheessa sellaisenaan, voidaan purkamisella osiin parantaa materiaalien kierrätys- ja hyödyntämismahdollisuuksia. Purkamis- ja kierrätysmanuaalilla pyritään edistämään tehokkaampaa materiaalien talteenottoa ja hyödyntämistä. Opinnäytetyössä keskitytään näkökulmaan, jossa purkaminen ja kierrätys tapahtuu asiakkaan toimesta.

ABB:n lähestymistapa kiertotalouteen asettaa suunnan kestäväälle ja vastuulliselle toiminnalle. Kiertotalousstrategia sisältää toimenpiteitä elinkaaren loppuvaiheen toiminnoille luonnonvarojen säästämiseksi. Elinkaaren loppuvaiheen toimintoina ABB:n ratkaisu on tarjota asiakkaille palautuspalvelu tai elinkaaren loppuvaiheen käsittelyn ohjeet eli purkamis- ja kierrätysohjeet, jotka kuuluvat ABB:n kiertotalousmallin sektoriin ”Responsible end of life” (Kuva 1). Ratkaisujen tarkoitus on parantaa ja lisätä tuotteiden ja niiden osien asianmukaista käsittelyä ja kierrätystä. Tässä opinnäytetyössä paneudutaan purkamis- ja kierrätysohjeiden luomiseen osana vastuullista käytöstä poistamista.



**Kuva 1.** ABB:n kiertotalousmalli. <sup>1</sup>

## 2.2 Tutkittava ongelma

Opinnäytetyössä perehdytään ABB:n asiakkaan tarpeisiin suojarleen käyttöiän loppuvaiheen toimenpiteissä ja luodaan ratkaisu vastaamaan tarpeita. Asiakas haluaa itse purkaa ja kierrättää käyttöiän lopun saavuttaneen tuotteen, mutta siihen ei ole olemassa ohjeita. Työssä selvitetään suojarleen purkamisen vaihe vaiheelta osiksi sekä osien oikeellinen kierrätys. Koska maakohtainen lainsäädäntö ja jätehuoltomääräykset vaihtelevat, luodaan ohjeet EU:n säädösten mukaisesti.

## 2.3 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa ABB:n REX640-suojarleelle vaatimustenmukainen manuaali, joka kattaa ohjeet laitteen purkamiseksi sekä purettujen

<sup>1</sup> ABB Review 2022

osien kierrättämiseksi. Manuaalin pääasiallinen kohdeyleisö on ABB:n suojaileita käyttävät asiakkaat ja erityisesti näitä ohjeita edellyttävät asiakkaat sekä jätehuolto-yhtiöt, joille asiakkaat lähettävät tuotteen sen käytöstä poistamisen jälkeen.

Perimmäinen tarkoitus tämän opinnäytetyön sekä manuaalin takana on saada käytöstä poistetuille tuotteille parempi kierrätysaste ja näin vähentää syntyvän jätteen määrää. Näillä toimilla parannetaan materiaalien uusiokäyttöä noudattaen vastuullista ja kiertotalouden mukaista toimintaa.

## **2.4 Työn tavoitteet**

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda asiakkaan vaatimusten mukainen purkamis- ja kierrätysohje, joka on selkeä ja informatiivinen ja jonka avulla asiakas pystyy itse turvallisesti ja kohtuullisella vaivalla purkamaan ja kierrättämään laitteen määräysten mukaisesti.

Konkreettisen tuotoksen lisäksi tavoitteena on etsiä ratkaisuja paremman kierrätysasteen saavuttamiseksi, materiaalien kierron parantamiseksi, uusiokäytön lisäämiseksi sekä syntyvän jätteen minimoimiseksi. Opinnäytetyössä pohditaan myös kestäväen kehityksen mukaisen toiminnan kehittämistä edelleen pidemmälle.

## **2.5 Nykytilanne**

Nykyäivänä ollaan yhä tietoisempia vastuullisuudesta ja yritykset sekä heidän asiakkaansa pyrkivät kehittämään toimintaansa yhä pidemmälle vastamaan kuluttajien odotuksia sekä kestäväen kehityksen mukaista toimintaa.

ABB:llä ei ole olemassa ohjetta suojaileen purkamiseen tai kierrättämiseen. Asiakkaalta on kuitenkin tullut vaatimuksena tarjota ohjeet laitteen käsittelyyn sen käytöstä poistamisen jälkeen. Nykyinen toimintamalli laitteen ja sen osien käsittelyyn käytöstä poistamisen jälkeen ABB:n puolelta asiakkaalle on olla yhteydessä paikalliseen elektroniikkaromun käsittelyyn valtuutettuun tahoon, joka hoitaa tuotteen kierrätyksen tai loppukäsittelyn paikallisten määräysten mukaisesti.

### 3 TEORIATAUSTA

Teoriaosuudessa perehdytään alan kirjallisuuteen, tutkimuksiin, lainsäädäntöön sekä standardeihin, joilla luodaan perusta tutkimusongelmalle sekä käytännön toteuttamista varten. Suojareleen purkamisen ja kierrättämisen kannalta on tärkeää perehtyä sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin ja erityisesti sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyyn. Aiheeseen liittyy myös lainsäädännöllisiä vaatimuksia, joita tarkastellaan EU:n määräysten näkökulmasta sekä vapaaehtoisten aihetta täydentävien standardien kannalta.

#### 3.1 Kiertotalous

Kiertotalous on toimintamalli, jossa ei jatkuvasti tuoteta ja osteta lisää tavaraa, vaan käytetään palveluja sekä hyödynnetään olemassa olevia materiaaleja ja tuotteita mahdollisimman pitkään. Hyväkuntoisia tavaroita voidaan lainata ja vuokrata sekä kierrättää eteenpäin uudelleen käytettäväksi. Viallisia tai rikkiäisiä tavaroita voidaan korjata ja kunnostaa. Tällä tavalla yhdelle tavaralle saadaan mahdollisimman monta käyttökertaa sen sijaan, että jokaisella käyttäjällä olisi oma tuotteensa. Jos tavara on niin huonokuntoinen, ettei sitä voida käyttää enää sellaisenaan, kierrätetään sen materiaalit muuta hyödyntämistä varten. <sup>2</sup>

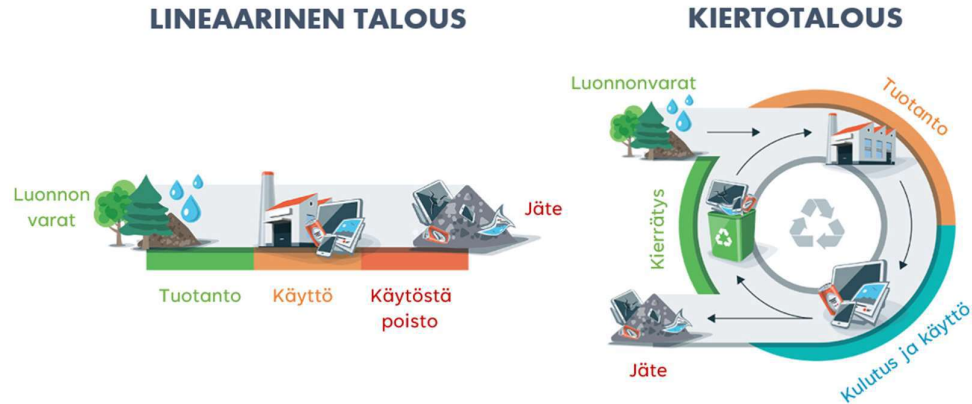
Kiertotalouden avulla pyritään kohti vastuullista tuotantoa ja kuluttamista kuvan 2 mukaisesti, pois lineaarisesta mallista, jossa tuotteen käyttöikä on lyhyt ja käytön jälkeen tuote heitetään pois ja tilalle hankitaan uusi tuote. Kiertotalouden avulla vähennetään jätteen ja kulutuksen määrää sekä käytetään raaka-aineita säästeliäämmin, mikä vähentää luonnonvarojen kulutusta merkittävästi. Kiertotalouden mukainen toiminta kuluttaa myös vähemmän energiaa ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Kiertotalouteen liitettäviä positiivisia ympäristövaikutuksia on

---

<sup>2</sup> Euroopan parlamentti 2022



muun muassa roskaantumisen väheneminen, ilmaston lämpenemisen hillintä, sekä luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojele.<sup>3 4</sup>



**Kuva 2.** Kiertotalous vs. lineaarinen talous.<sup>5</sup>

### 3.2 Tuotteen elinkaaren loppuvaihe

Elinkaaren loppuvaiheeseen eli käytöstä poistamiseen kuuluvat kaikki ne toimet, jotka liittyvät tuotteen käsittelyyn sen käyttöön päättyessä. Kierrätys on olennainen osa tuotteen elinkaaren loppuvaihetta. Se tarkoittaa toimia, joissa jäte jälleenkäsitellään tuotteiksi, tuotteiden osiksi, materiaaleiksi tai aineiksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen. Tuotteen elinkaaren loppuvaiheen käsittelyn tulee mahdollistaa tehokas kierrätys ja materiaalien talteenotto huomioiden turvallisuus- ja ympäristönäkökohdat. Kuvassa 3 on esitetty yleinen tuotteen elinkaari, josta elinkaaren loppuvaiheeseen kuuluvat sektorit kierrätys ja jäte. Muilla elinkaaren vaiheilla voi myös olla vaikutusta elinkaaren loppuvaiheen toimintoihin.<sup>6 7</sup>

<sup>3</sup> Euroopan parlamentti 2022

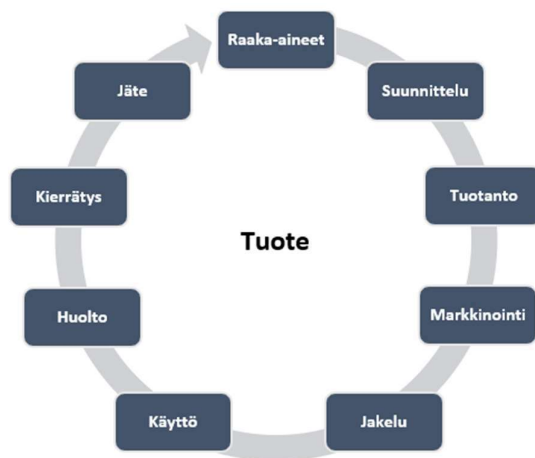
<sup>4</sup> European Parliament 2016

<sup>5</sup> Kuva tehty mukailien FPNP 2020

<sup>6</sup> REX640 EPD

<sup>7</sup> IEC/TR 62635

Elinkaaren loppuvaihe koostuu yleisellä tasolla neljästä vaiheesta, jotka ovat esikäsittely, materiaalin erotus, energian talteenotto sekä loppukäsittely. Esikäsittely sisältää toimia muun muassa vaarojen vähentämiseksi sekä hyödyntämisen valmisteluun. Osat puretaan, jos ne voidaan käyttää uudelleen tai jos ne vaativat erityistä käsittelyä, mikä mahdollistaa paremman jatkokäsittelyn. Puretut osat voidaan uudelleenkäyttää tai ne voidaan hyödyntää materiaalina eli uusiokäyttää. Materiaalien erottelussa voidaan käyttää useita eri tekniikoita kuten mekaanista, kemiallista tai termistä erottelua. Materiaalien erottelu ei kuitenkaan tarkoita laitteen purkamista, se kuuluu edelliseen vaiheeseen. Eroteltu materiaali voidaan hyödyntää uudelleen kierrätettynä materiaalina. Jäljelle jäävä kierrätykseen kelpaamaton aines voidaan hyödyntää energiana. Energian talteenotto tapahtuu yleensä lämpöä tai sähköä tuottavalla jätteenpolttolaitoksella. Viimeisenä vaihtoehtona on materiaalin loppusijoitus. Jos materiaalia ei voida käyttää uudelleen tai hyödyntää energiana, se loppusijoitetaan jätteenä kaatopaikalle. <sup>8</sup>



**Kuva 3.** Tuotteen elinkaari.

---

<sup>8</sup> IEC/TR 62635

### 3.3 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu eli SER tarkoittaa käytöstä poistettuja sähkö- ja elektroniikkalaitteita sekä niiden osia, jotka kuuluvat tuotteeseen sen käytöstä poistamisen aikana. Sähkö- ja elektroniikkalaitteita ovat kaikki ne laitteet, jotka tarvitsevat toimiakseen sähköä, akkua, paristoa tai aurinkoenergiaa. Sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin lukeutuu monenlaisia laitteita eri kategorioista, kuten kodinkoneet, kuluttajaelektroniikka, sähkötyökalut, lelut, automaattit sekä valvontalaitteet. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden skaala on siis melko laaja, kyseessä voi olla esimerkiksi sähköhammasharja, tulostin tai hengityskone. On hyvä huomioida, että tässä opinnäytetyössä käsiteltävä laite on suojarele, joka on teollisuuden sähkölaite, kyseessä ei siis ole kotitalouksien SER. Kansainvälisemmin SER tunnetaan nimellä WEEE eli Waste of Electrical and Electronic Equipment.<sup>9 10</sup>

#### 3.3.1 SER-kierrätys

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun oikeellinen kierrättäminen on erityisen tärkeää. SERiä ei saa laittaa sekajätteeseen, vaan se tulee toimittaa sille tarkoitettuun keräyspisteeseen. Sähkö- ja elektroniikkalaitteet voivat sisältää ympäristölle ja ihmisen terveydelle vaarallisia aineita, mikä aiheuttaa ongelmia jätehuollossa. Sekajätteeseen päätyessään pilaavia aineita voi päätyä kierrätettävän materiaalin sekaan ja ympäristöön. Sähkö- ja elektroniikkalaitteet sisältävät tyypillisesti arvokkaita materiaaleja, joiden hyödyntäminen säästää kallisarvoisia raaka-aineita. Jos sähkö- ja elektroniikkalaiteromua ei käsitellä oikein, voi ympäristölle ja terveydelle aiheutua haittavaikutuksia sekä arvokkaita materiaaleja menee hukkaan.<sup>11 12</sup>

---

<sup>9</sup> SER-kierrätys 2012

<sup>10</sup> Dir 2012/19/EU

<sup>11</sup> Dir 2012/19/EU

<sup>12</sup> European Commission (WEEE)

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun keräyksen, käsittelyn ja kierrätyksen tehostamisella voidaan parantaa kestävää tuotantoa ja kulutusta, säästää resursseja sekä edistää kiertotalouden mukaista toimintaa. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun tehokkaan kierrätyksen edellytyksenä on erilliskeräyksen järjestäminen. Toimiva keräys vaatii kuluttajien aktiivisuutta, jota voidaan parantaa ohjeistamalla käytöstä poistetun tuotteen palauttamisesta ja tarjoamalla vaivaton käytännön järjestely, kuten yleisiä maksuttomia keräyspisteitä.<sup>13 14</sup>

Sähkö- ja elektroniikkalaitteet tulee merkitä erilliskeräysmerkinnällä. Merkinnän tarkoitus on estää SERin päätyminen sekajätteeseen. Merkinnällä varustettu laite tulee toimittaa asianmukaiseen keräyspisteeseen. Sähkö- ja elektroniikkalaitteissa on myös merkintä, jos laite on tullut markkinoille 13.8.2005 jälkeen. Tällöin erilliskeräysmerkinnän alla on musta palkki (Kuva 4).<sup>15 16</sup>



**Kuva 4.** Erilliskeräysmerkintä.

---

<sup>13</sup> European Commission (WEEE)

<sup>14</sup> Dir 2012/19/EU

<sup>15</sup> Tukes (SER, WEEE)

<sup>16</sup> Your Europe 2022 (SER-merkintä)

### 3.3.2 SER-lainsäädäntö

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskee maakohtainen jätelaki, EU:n jätedirektiivi sekä niitä täydentävät yleiset ja paikalliset määräykset, asetukset ja säädökset. SER-lainsäädännön ensisijainen tarkoitus on vähentää syntyvän jätteen määrää sekä lisätä esineiden ja materiaalien uudelleenkäyttöä, kierrättämistä ja hyödyntämistä. Lainsäädännön tavoitteena on myös turvata luonnonvarojen kestävä käyttö, varmistaa asianmukainen jätehuolto sekä ehkäistä jätteistä aiheutuvia haittavaikutuksia.<sup>17 18</sup>

EU:n lainsäädäntöä koskien sähkö- ja elektroniikkalaiteromua käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.4 EU-direktiivit.

### 3.3.3 Paikalliset jätehuoltomääräykset

Jätehuoltomääräykset ovat paikallisia, lainsäädäntöä tarkentavia säädöksiä, joita pitää noudattaa. Kansallinen jätehuoltopolitiikka ja lainsäädäntö määrittelevät jätehuollon suunnitelman, toimintatavat, yleiset periaatteet sekä tärkeimmät kehittämiskohteet. Ne voivat koskea esimerkiksi jätteiden lajittelua, keräämistä ja kuljetusta tai roskaantumisen estämistä. Euroopan unionin jäsenmaissa vaatimukset tulevat EU:n asetuksista ja direktiiveistä. Jättemateriaalit tulee kierrättää paikallisten määräysten mukaisesti.<sup>19 20</sup>

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu on yksi nopeimmin kasvavista jätevirroista koko maailmassa ja sen määrä kasvaa jatkuvasti. Siksi sen elinkaaren loppuvaiheen käsittely on erityisen tärkeää. Jätehuoltomääräykset, lainsäädäntö ja toimintatavat

---

<sup>17</sup> Ympäristöministeriö

<sup>18</sup> Dir 2012/19/EU

<sup>19</sup> HSY

<sup>20</sup> GESP 2022

sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta vaihtelevat paljon eri maiden ja maanosien välillä. Lisäksi maan sisälläkin voi olla omia alueellisia määräyksiä, esimerkiksi Suomessa on kunnallisia jätehuoltomääräyksiä koko maata koskevan lainsäädännön lisäksi. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyn vaihtelevuus eri maiden välillä aiheuttaa merkittäviä eroja jätehuollon laatuun, turvallisuuteen sekä ympäristövaikutuksiin. Maiden välisiin eroihin vaikuttaa eniten käytettävissä olevat resurssit, paikallinen lainsäädäntö, velvoitteiden tiukkuus sekä tietoisuus ja koulutuksen taso. Maat, joilla on vakiintuneet jätehuollon järjestelmät, pääasiassa EU:n jäsenvaltiot, keskittyvät yhä enemmän kiertotalouden mukaisiin ratkaisuihin kuten korjaamiseen, uudelleenkäyttöön, materiaalin hyödyntämiseen ja jätteen syntymisen ehkäisemiseen. Monissa maissa EU:n ulkopuolella ensisijaisena tavoitteena on vasta luoda täytäntöönpanokelvolliset toimenpiteet, selkeät määritelmät, realistiset tavoitteet sekä asianmukaiset standardit ja ohjeet sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelylle.<sup>21 22</sup>

The Global E-waste Monitor eli maailmanlaajuinen sähkö- ja elektroniikkalaiteromun valvontatyökalu kokoaa vuosittain yhteen tietoa sähkö- ja elektroniikkalaiteromun maailmanlaajuisista haasteista ja vertaa niitä kansainvälisiin kestävä kehityksen tavoitteisiin. Sen avulla selvitetään maakohtaisesti ja alueellisesti tietoja sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrästä, jätevirroista ja lainsäädännöstä. Tietoja on tällä hetkellä saatavilla jo yli 90 prosentissa maista. Vuonna 2020 työkalun avulla arvioitiin, että 71 % maailman väestöstä eli noin 78 maata kuuluu jonkinlaiseen sähkö- ja elektroniikkaromua koskevan lainsäädännön tai asetuksen piiriin.<sup>23</sup>

<sup>24</sup>

---

<sup>21</sup> GESP 2020

<sup>22</sup> GESP 2022

<sup>23</sup> GESP 2020

<sup>24</sup> GESP 2022

Merkittävin sähkö- ja elektroniikkalaiteromuun liittyvä ympäristöriski on heikko kierrätys kehittyvissä maissa. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyä ja kierrätystä voitaisiin parantaa maailmanlaajuisesti muun muassa keräämällä dataa, luomalla yhtenäisiä asetuksia myös EU:n ulkopuolella, asettamalla lakisääteisiä velvoitteita, valvomalla toimintaa sekä lisäämällä tietoisuutta ja opastusta kierto-talouden mukaisen toiminnan saavuttamiseksi.<sup>25</sup>

### 3.3.4 Tuottajavastuu

Tuottajavastuulla tarkoitetaan tuottajan eli valmistajien, maahantuojien, pakkaajien ja etämyyjien velvollisuutta huolehtia tuotteensa jätehuollosta sen käytöstä poistamisen jälkeen. Jätehuollon järjestämiseen kuuluu tuotteen vastaanotto, keräys, kuljetus sekä kierrätys tai muu käsittely. Tyypillisesti tuottajavastuu hoidetaan liittymällä oman alan tuottajayhteisöön tai -rekisteriin, joka huolehtii jätehuollon järjestämisestä sekä viranomaisille raportoimisesta tuottajan puolesta.<sup>26</sup>

<sup>27</sup>

Tuottajavastuun keskeisimpiä tavoitteita on ehkäistä jätteen syntymistä, vähentää jätteiden haitallisuutta, edistää materiaalin hyödyntämistä, lisätä jätteen keräämistä, pidentää tuotteiden käyttöikä, parantaa tiedotusta sekä varmistaa asianmukainen jätteen käsittely. Tuottajavastuun periaate vie myös sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suunnittelua ja tuotantoa kestävämpään suuntaan, jotta laitteita voidaan korjata, päivittää, uudelleenkäyttää ja kierrättää helpommin, edistäen elinkaaren loppuvaiheen sujuvuutta.<sup>28 29</sup>

---

<sup>25</sup> GESP 2022

<sup>26</sup> L 17.6.2011/646

<sup>27</sup> ELY-keskus 2022

<sup>28</sup> L 17.6.2011/646

<sup>29</sup> Dir 2012/19/EU

Sähkö- ja elektroniikkalaitteet kuuluvat tuottajavastuun piiriin. Tuottajavastuusta säädetään jätelaissa 646/2011 sekä täydentävässä valtioneuvoston asetuksessa sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta 519/2014. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden koko keräys- ja kierrätysjärjestelmä perustuu tuottajavastuuseen. Tämä tarkoittaa sitä, että kunta ei järjestä jätehuoltoa, vaan tuottaja on itse vastuussa jätehuollon sekä sen kustannuksien hoitamisesta. Purkamis- ja kierrätysohjeet sekä mahdollinen takaisinotto palvelu kuuluvat laajennetun tuottajavastuun mukaiseen toimintaan ja ovat konkreettinen esimerkki siitä, miten valmistaja on mukana elinkaaren loppuvaiheen käsittelyssä.<sup>30 31</sup>

Suomessa sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tuottajavastuusta vastaa Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Muissa EU-maissa on omat tuottajarekisterit, joiden kanssa Pirkanmaan ELY-keskus tekee yhteistyötä.<sup>32</sup>

### 3.4 EU-direktiivit

Sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskee Euroopan unionin direktiiveissä asetetut vaatimukset. Sähkö- ja elektroniikkalaitteita valmistavan yrityksen on EU:n lainsäädännön mukaan varmistettava laitteiden asianmukainen käsittely käytöstä poistamisen jälkeen.<sup>33</sup>

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrä on nopeassa kasvussa myös EU:n alueella. Siksi sen asianmukainen käsittely käytöstä poistamisen jälkeen on erityisen tärkeää. EU:n säädösten tavoitteena on edistää kestävää tuotantoa ja kulutusta

---

<sup>30</sup> L 17.6.2011/646

<sup>31</sup> ELY-keskus 2023

<sup>32</sup> A 3.7.2014/519

<sup>33</sup> Your Europe 2022 (SERiä koskevat velvoitteet)



sekä hillitä sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta aiheutuvaa ympäristökuormitusta.

<sup>34</sup>

### 3.4.1 Jätedirektiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY koskee jätteiden synty-  
misestä ja jätehuollosta aiheutuvien haittavaikutusten estämistä. Jäte tarkoittaa  
käytöstä poistettua ainetta tai esinettä. Direktiivissä säädetään jätteiden luokitte-  
lusta, jätehuollon kehittämisestä, roskaantumisen torjumisesta, vaarallista jätettä  
koskevista toimenpiteistä sekä muista jätteenkäsittelyä parantavista toimista. Di-  
rektiivin tarkoitus on suojella ympäristöä ja ihmisen terveyttä sekä edistää uudel-  
leenkäyttöä, hyödyntämistä, jätteen syntymisen ehkäisemistä sekä kierrätystä. <sup>35</sup>

Jätedirektiivissä säädetty toimenpiteet ja velvoitteet perustuvat jätehierarkian so-  
veltamiseen. Jätehierarkian mukainen ensisijaisuusjärjestys määrittää vaiheet jä-  
tehuollon toiminnalle ympäristön kannalta suotuisimmalla tavalla. Jätehierarkian  
mukainen järjestys parhaimmasta huonoimpaan on jätteen ehkäiseminen, uudel-  
leenkäyttö, kierrätys, hyödyntäminen energiana ja viimeisenä vaihtoehtona lop-  
pusjoiutus (Kuva 5). <sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> European Commission (WEEE)

<sup>35</sup> Dir 2008/98/EY

<sup>36</sup> Dir 2008/98/EY



**Kuva 5.** Jätehierarkia. <sup>37</sup>

Jätedirektiiviä täydentää kullekin jätevirralle laaditut omat tarkentavat direktiivit. Sähkö- ja elektroniikkalaitteille on laadittu täydentävät WEEE-direktiivi ja RoHS-direktiivi, joita käsitellään seuraavissa kappaleissa.

### 3.4.2 Direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (WEEE)

Direktiivi 2012/19/EU eli Directive on Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) koskee sähkö- ja elektroniikkalaiteromua. Direktiivin tarkoitus on suojella ympäristöä ja ihmisen terveyttä sähkö- ja elektroniikkalaitteista syntyvästä jätteestä, materiaalin käytöstä ja jätehuollosta mahdollisesti aiheutuvilta haitallisilta vaikutuksilta. Direktiivissä säädetään toimista, joilla näitä haittavaikutuksia voidaan ehkäistä ja vähentää sekä edistää kestävää tuotantoa ja kulutusta. Tärkeim-

---

<sup>37</sup> Lakeuden Etappi 2023

piä keinoja haittavaikutusten poistamiseksi on pienentää syntyvän sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrää sekä lisätä uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Näin saadaan lisättyä jo olemassa olevan arvokkaan materiaalin käyttöä sekä vähennettyä loppukäsittelyyn päätyvän sähkö- ja elektroniikkalaiteromun määrää. Uusioraaka-aineita hyödyntämällä jo olemassa olevia resursseja ei mene hukkaan, mikä edistää kiertotalouden mukaista toimintaa.<sup>38</sup>

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun kierrätyksen toteuttaminen on laitteen tuottajan vastuulla. Kierrätyksessä tulee varmistaa toimenpiteet minimoimaan sähkö- ja elektroniikkalaiteromun päätyminen yhdyskuntajätteeksi. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun erilliskeräys ja jätteen käsittely tulee toteuttaa WEEE-direktiivin säädösten mukaisesti ja ympäristöä säästävällä tavalla. Vaaralliset ja haitalliset aineet tulee poistaa jätemateriaalista asianmukaisesti.<sup>39</sup>

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä sähkölaite on suojarahle, joka voisi ominaisuuksiensa puolesta kuulua seuraaviin direktiivin 2012/19/EU luokkiin:

1. Pienet laitteet, jotka eivät ole yhdeltäkään ulkomitaltaan yli 50 cm
2. Teollisuuden tarkkailu- ja valvontalaitteet.

Opinnäytetyössä käsiteltävä suojarahle kuuluu kuitenkin direktiivissä 2012/19/EU määriteltyyn direktiivin ulkopuoliseen kategoriaan ”suuret kiinteästi asennetut laitteistot”. Suojarahleita käytetään laajoissa suojausjärjestelmissä, jotka koostuvat useiden laitteiden kokonaisuuksista. Suojarahle onkin tyypillisesti asennettu osaksi keskijännitekojeistoa. Asennuksessa kytketään johdotuksia ja ollaan tekemisissä sähkövirran ja jännitteiden kanssa, minkä takia asennus tulee suorittaa ammatti-

---

<sup>38</sup> Dir 2012/19/EU

<sup>39</sup> Dir 2012/19/EU

henkilön toimesta. Tämän kategorian perusteluna onkin se, että laite on ammatti-henkilön kokoama, asentama ja purkama, ja että se on tarkoitettu pysyvään käyttöön osana rakennetta tietyssä tarkoituksessa, jonka voi korvata vain samaan tarkoitukseen soveltuva laite.<sup>40</sup>

### 3.4.3 RoHS-direktiivi

Euroopan unionin direktiivi 2011/65/EU eli RoHS (Restriction of Hazardous Substances) koskee vaarallisia aineita sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. RoHS-direktiivissä rajoitetaan tiettyjen vaarallisten aineiden käyttöä ja siinä käsitellään myös sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyä. Direktiivin tarkoitus on vähentää jätteiden haitallisuutta sekä suojella ympäristöä ja ihmisen terveyttä. RoHSia sovelletaan kaikissa sähkö- ja elektroniikkalaitteissa, ja laitteiden valmistajilla, maahan-tuojilla ja jakelijoilla on velvollisuus noudattaa direktiiviä.<sup>41 42</sup>

RoHS:ssa rajoitetut aineet on esitetty taulukossa 1. Näiden aineiden sallittu enimmäispitoisuus homogeenisessä eli tasakoosteisessa materiaalissa on 0,1 painoprosenttia. Poikkeuksena on kadmium, jonka korkein sallittu pitoisuus on 0,01 painoprosenttia. Joidenkin käyttötarkoitusten osalta on tehty poikkeuksia, joihin rajoitukset eivät päde. Poikkeus on voimassa väliaikaisesti ja se voidaan myöntää esimerkiksi, jos rajoitettua ainetta ei voida korvata.<sup>43 44</sup>

---

<sup>40</sup> Dir 2012/19/EU

<sup>41</sup> Dir 2011/65/EU

<sup>42</sup> Tukes (RoHS)

<sup>43</sup> Tukes (RoHS)

<sup>44</sup> Dir 2011/65/EU

**Taulukko 1.** RoHS ajankohtaiset rajoitetut aineet. <sup>45</sup>

Aine	Lyhenne	Sallittu pitoisuus p-%
Lyijy	Pb	0,1
Elohopea	Hg	0,1
Kadmium	Cd	0,01
Kuudenarvoinen kromi	Cr(VI)	0,1
Polybromibifenyylit	PBB	0,1
Polybromidifenyylieetterit	PBDE	0,1
Bis(2-etyyliheksyyli)ftalaatti	DEHP	0,1
Butyylibentsyyliiftalaatti	BBP	0,1
Dibutyyliftalaatti	DBP	0,1
Di-isobutyyliftalaatti	DIBP	0,1

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskevalla lainsäädännöllä on saatu tehokkaasti edistettyä vaarallisten aineiden määrän vähentämistä uusissa sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Kuitenkin koska vanhat sähkö- ja elektroniikkalaitteet sisältävät rajoitettuja kemikaaleja, tulee sähkö- ja elektroniikkalaiteromussa esiintymään vaarallisia aineita vielä vuosien ajan. <sup>46</sup>

### 3.4.4 REACH-asetus

REACH on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1907/2006, joka koskee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyjä ja rajoituksia. Asetuksen tarkoitus on suojella ympäristöä ja ihmisen terveyttä kemikaaleista aiheutuvilta riskeiltä. REACH-asetuksen avulla pyritään varmistamaan kemikaaleista aiheutuvien

---

<sup>45</sup> Dir 2011/65/EU (Konsolidoitu 2020)

<sup>46</sup> Dir 2012/19/EU

riskien hallintaa koko niiden elinkaaren ajan. Asetuksen tavoitteena on myös parantaa kilpailukykyä sekä kehittää vaihtoehtoisia menetelmiä aineiden vaarojen arvioimiseksi.<sup>47</sup>

REACH-asetusta sovelletaan kaikkiin kemiallisiin aineisiin sellaisenaan, seoksissa tai esineissä. REACH-asetus koskee sekä kemikaalin että tuotteen valmistajia, maahantuojia ja jakelijoita EU:n alueella. Yrityksen tulee toimittaa tiedot rekisteröimällä aine Euroopan kemikaalivirastolle ECHA:lle. Haitallisimpien aineiden käyttö vaatii erillisen luvan ja joidenkin aineiden käyttöä EU rajoittaa kokonaan, koska mahdolliset riskit ovat liian suuret.<sup>48</sup>

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden osalta REACH-asetuksen soveltamisala menee osittain päällekkäin RoHS-direktiivin kanssa. REACH koskee kaikkia kemiallisia aineita ja se sisältää myös RoHS-direktiivissä rajoitetut aineet. Tämän opinnäytetyön kannalta RoHS-direktiivi on olennaisempi, sillä se ottaa huomioon haitalliset aineet nimenomaan sähkö- ja elektroniikkalaitteissa sekä sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyssä ja jätehuollossa.<sup>49</sup>

### 3.5 Standardit

Standardeissa määritellään sähkö- ja elektroniikkalaitteilta vaadittavia teknisiä yksityiskohtia ja yhteisesti sovittuja suosituksia. Niissä asetetaan vähimmäisvaatimukset koskien turvallisuutta ja luotettavuutta, ja ne toimivat perustana riskien- ja laadunhallinnalle sekä sertifiointille. Standardit sisältävät ohjeita, suuntaviivoja, sääntöjä tai määritelmiä, joita käytetään sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suunnit-

---

<sup>47</sup> A 1907/2006

<sup>48</sup> Tukes (REACH)

<sup>49</sup> European Commission 2014

telussa, valmistuksessa, asentamisessa, testaamisessa, ylläpidossa ja korjaamisessa. Standardien käyttö lisää tuotteen laatua, luotettavuutta, turvallisuutta sekä yhteentoimivuutta.<sup>50 51</sup>

ISO eli International Organization for Standardization on vuonna 1947 perustettu laaja kansainvälinen standardisointijärjestö, joka laatii standardeja globaaleihin haasteisiin kaikille markkinoille, mutta laajimmin standardeja käytetään teollisuuden aloilla.<sup>52 53</sup>

IEC eli International Electrotechnical Commission on vuonna 1906 perustettu johdettava maailmanlaajuinen organisaatio, joka valmistelee ja julkaisee kansainvälisiä sähkötekniisiä standardeja.<sup>54</sup>

CEN eli the European Committee for Standardization sekä CENELEC eli the European Committee for Electrotechnical Standardization ovat Euroopan standardisointijärjestöjä, jotka laativat ja julkaisevat eurooppalaisia standardeja perustuen tieteeseen, tekniikkaan, tuloksiin sekä usein myös EU-direktiiveihin ja IEC-standardeihin. CEN ja CENELEC laativat eurooppalaiset yhtenäiset EN-standardit (European Standards).<sup>55 56 57</sup>

### **3.5.1 ISO 14001**

ISO 14001:2015 on kansainvälinen standardi ympäristönhallintajärjestelmistä. Standardissa määritellään vaatimuksia ja niiden soveltamista ympäristönsuojelun

---

<sup>50</sup> IEC 2023 (Understanding standards)

<sup>51</sup> SFS (Standardien hyödyt)

<sup>52</sup> Valmistajat

<sup>53</sup> ISO (About us)

<sup>54</sup> IEC 2023 (Who we are)

<sup>55</sup> European Commission (Key players in European Standardisation)

<sup>56</sup> CEN-CENELEC 2023

<sup>57</sup> SESKO 2023

tason parantamiseksi ja kestäväen kehityksen tukemiseksi organisaatioissa. Ympäristöjärjestelmän avulla yritys voi parantaa ympäristövaikutusten huomioon ottamista ja kehittää ympäristöriskien hallintaa, osoittaa vastuullisuutta sekä parantaa kilpailukykyä.<sup>58 59</sup>

Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyssä voidaan seuraavien määritelmien mukaisesti hyödyntää ympäristöhallinnan standardia. Standardissa on määritelty tarkasteltavaksi ympäristönäkökohdaksi toiminta, jossa jätteen käsittelyyn sisältyy uudelleenkäyttö, kunnostus, kierrätys sekä loppusijoitus. Ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella myös elinkaaren näkökulmasta. Organisaation tulee määritellä standardin puitteissa toiminnastaan aiheutuvat merkittävimmät ympäristönäkökohdat. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromun kannalta tällaisia ympäristöriskejä voi olla esimerkiksi epäpuhtaan jätteen syntyminen, vaarallisen jätteen keräys sekä kemikaalien käyttö, jotka voivat vakavimmillaan aiheuttaa maaperän ja ympäristön saastumista.<sup>60 61</sup>

### **3.5.2 IEC/TR 62635**

IEC/TR 62635 tekninen raportti käsittää ohjeet valmistajien ja kierrättäjien toimitamia elinkaaren loppuvaihetta koskevia tietoja varten sekä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kierrätettävyyssasteen laskemiseksi. Teknisen raportin tarkoitus on parantaa sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyä ja kierrätettävyyttä. Tavoitteena on myös varmistaa tuotteen elinkaaren loppuvaiheen turvallisuus ympäristön ja ihmisen terveyden kannalta.<sup>62</sup>

---

<sup>58</sup> SFS 2015

<sup>59</sup> SFS (ISO 14000)

<sup>60</sup> SFS 2015

<sup>61</sup> Pro Riskienhallinta

<sup>62</sup> IEC/TR 62635



Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kierrätettävyyssaste riippuu tuotteen osista ja materiaaleista sekä sen käsittelystä kierrätysprosessissa. Näiden tietojen keräämiseksi ja ohjeiden laatimiseksi, teknisen raportin kolme keskeisintä näkökohtaa ovat:

1. Kuvaus tuotteen elinkaaren loppuvaiheen periaatteista mukaan lukien soveltamisala, termit ja määritelmät sekä esimerkkikuvaus sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyprosessista yleisellä tasolla.
2. Kuvaus tuotteen tärkeimmistä tiedoista elinkaaren loppuvaiheen kannalta valmistajille ja kierrättäjille. Valmistajilla tulee olla tietoa loppukäyttäjän kierrätysprosesseista ja kierrättäjällä osien materiaaleista ja erityisistä toimenpiteistä.
3. Kuvaus menetelmistä kierrätettävyyden ja hyödynnettävyyden laske-  
miseksi.<sup>63</sup>

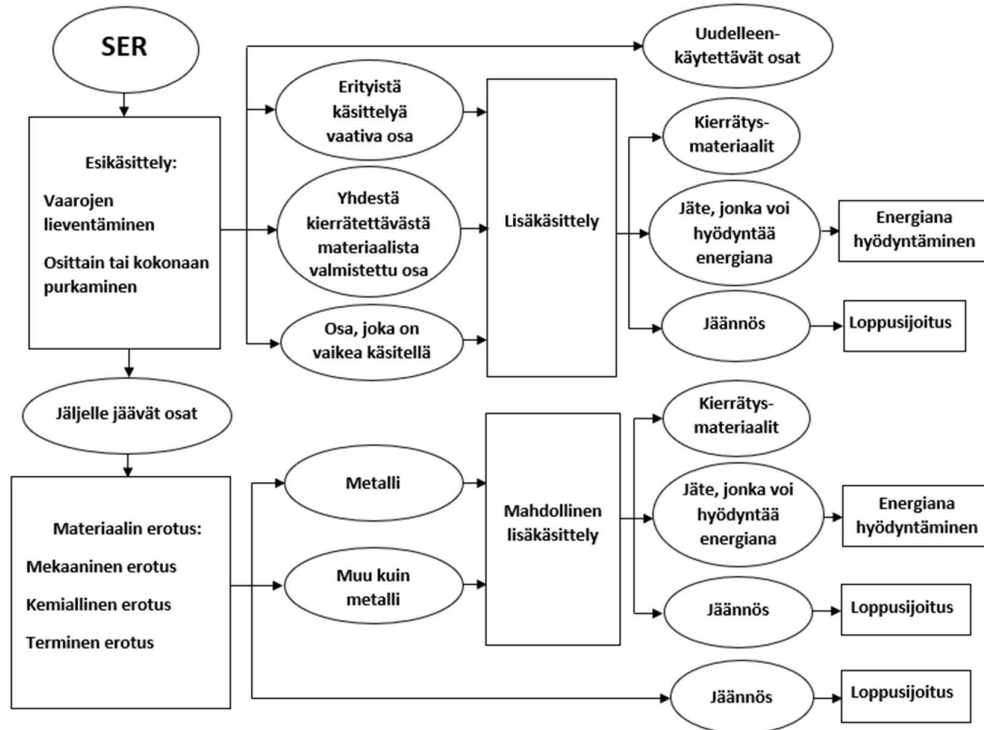
Teknisessä raportissa käsitellään olennaisena osana elinkaaren loppuvaiheen käsittelyn skenaarioita. Skenaario elinkaaren loppuvaiheen käsittelystä on kuvaus prosessista tuotteen käytöstä poistamisen jälkeen ja sitä vastaavasta kierrätettävyyspotentialista. Skenaarion avulla voidaan arvioida tuotteen ja sen materiaalien kierrätettävyyttä sekä hyödynnettävyyttä. Skenaarion tulee vastata tyypillistä menettelyä mahdollisimman todenmukaisesti. Loppuvaiheen käsittelyyn vaikuttaa siinä käytetyt tekniikat, paikalliset määräykset ympäristönsuojelusta ja jätteenkäsittelystä sekä kierrätysmateriaalien tarve markkinoilla. Elinkaaren loppuvaiheen käsittelyn skenaarion tulee sisältää tiedot käytetystä käsittelyprosessista mukaan lukien purkamisen sekä tuotteen kierrätettävyyss- ja hyödynnettävyyssasteista.<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> IEC/TR 62635

<sup>64</sup> IEC/TR 62635

Kuvassa 6 on esitetty yleinen käyttöiän päättymisen skenaario perustuen teknisen raportin kuvaan 2: End-of-life treatment generic scheme. Skenaario koostuu tyypillisistä käsittelyn vaiheista tuotteen käytöstä poistamisen jälkeen, mutta tuotteesta ja prosessista riippuen skenaario voisi myös sisältää lisävaiheita tai siitä voisi puuttua jokin kuvassa esitetty vaihe.



**Kuva 6.** Tyypillinen käyttöiän päättymisen skenaario.

### 3.5.3 IEC 62474

IEC 62474 -standardi koskee materiaalien ilmoitusta sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa. Standardi sisältää tiedot koskien mitkä aineet, aineryhmät ja materiaaliluokat on sisällytettävä materiaaliselostukseen. Standardin soveltamisalaan ei kuulu prosessikemikaalit, tuotteen käytön aikaiset päästöt sekä pakkausmateriaalit. Standardin tarkoitus on kerätä ja tarjota dataa materiaalikoostumuksesta, helpottaa materiaalitietojen siirtoa ja käsittelyä sekä mahdollistaa materiaaliselos-

tukseen tai muuhun tekniseen tietoon perustuva raportointi. Standardissa asetetaan pakollisia ja vapaaehtoisia vaatimuksia aineiden ja materiaalien ilmoittamisesta. Organisaatiot voivat käyttää näitä materiaalitietoja omassa suunnitteluprosessissaan sekä koko elinkaaren aikana parantaakseen tuotteensa elinkaaren loppuvaiheen käsittelyä.<sup>65 66</sup>

### 3.5.4 EN 45555

EN 45555 on standardi energiaan liittyvien tuotteiden kierrätettävyyden ja hyödynnettävyyden arvioimisesta ja yleisistä menetelmistä. Standardissa tarkastellaan elinkaaren loppuvaiheen käsittelyä, jotta komponenttien, materiaalien ja aineiden poistaminen ja talteenotto laitteesta olisi helpompaa sen käytöstä poistamisen jälkeen. Standardi käsittelee myös kriittisten raaka-aineiden kierrätettävyyttä. Huomioon ei oteta keräystä, kuljetusta, varastointia tai muuta ennen kierrätystä tapahtuvaa toimintaa. Standardissa luodaan skenaarioita tuotteen elinkaaren loppuvaiheesta, jotta tarvittavien prosessien ja vaiheiden kuvauksen pohjalta voidaan laatia menetelmiä tuotestandardien kehittämiseksi.<sup>67</sup>

Tuotteen mahdollisuudet kierrätykseen ja hyödyntämiseen riippuvat suunnittelusta ja ominaisuuksista, kuten materiaali koostumuksesta, rakenteesta ja koosta sekä jätevirran käsittelyssä käytetyistä tekniikoista. Tuotteen suunnittelulla voidaan vaikuttaa elinkaaren loppuvaiheeseen ja hyödyntämisen mahdollisuuksiin ja sujuvuuteen. Tuotteen kierrätettävyyden arviointi perustuu tuotekohtaisiin, teknologisiin, ajallisiin sekä maantieteellisiin seikkoihin. Elinkaariarvioinnin lopun ske-

---

<sup>65</sup> IEC 2023 (IEC 62474)

<sup>66</sup> SFS-EN IEC 62474

<sup>67</sup> SFS-EN 45555

naariossa on otettava huomioon relevantit standardit ja alan käytännöt, sovellettavat määräykset, terveys- turvallisuus- ja ympäristönäkökulma sekä tuotteen erityiset ominaisuudet. <sup>68</sup>

### **3.5.5 EN 50419**

EN 50419 -standardi koskee sähkö- ja elektroniikkalaitteiden erilliskeräysmerkintää. Standardin tarkoitus on minimoida sähkö- ja elektroniikkalaiteromun päätyminen sekajätteeseen, helpottaa erilliskeräystä ja jätteenkäsittelyä, lisätä tiedon- saantia laitteesta ja valmistajasta sekä edistää ympäristön kannalta parhaita ratkaisuja. Standardia sovelletaan sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin, ja soveltamisalaan kuuluu jätteen keräys, käsittely, talteenotto sekä loppusijoitus. <sup>69</sup>

### **3.5.6 EN 50614**

EN 50614 -standardi koskee sähkö- ja elektroniikkalaiteromun uudelleenkäytön valmistelun vaatimuksia. Standardin piiriin kuuluu WEEE-direktiivin mukaiset sähkö- ja elektroniikkalaitteet, jotka on määritelty opinnäytetyön kappaleessa 3.3 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu. Standardi koskee kuitenkin vain sähkö- ja elektroniikkalaiteromua, eli käytöstä poistettuja sähkö- ja elektroniikkalaitteita, joista on tullut jätettä. Standardin tarkoitus on määritellä käsittelytoimenpiteet sähkö- ja elektroniikkalaiteromun uudelleenkäytön valmistelulle. Standardi ei koske keräystä ja logistiikkaa. Standardin avulla voidaan myös määrittää kierrätys- ja hyödyntämisasteet sähkö- ja elektroniikkalaiteromulle. On hyvä huomioida, että tämän standardin soveltamisalaan ei kuulu teollisuuden valvonta- ja ohjauslaitteet, jotka ovat osa teollisuuden ohjausjärjestelmää toteuttaen turvatoimintoja. <sup>70</sup>

---

<sup>68</sup> SFS-EN 45555

<sup>69</sup> SFS-EN 50419

<sup>70</sup> SFS-EN 50614

### 3.6 Suuntaviivoja purkamisohjeelle

Tällä hetkellä EU:lla on direktiivi 2000/53/EY ainoastaan romuajoneuvojen käytöstä poistamisen jälkeisestä käsittelystä ja purkamisesta. Direktiiviä ollaan parhaillaan uudistamassa ja sen avulla säädetään jo suunnitteluvaiheessa romuajoneuvojen ja niiden osien purkamisesta, uudelleenkäytöstä sekä kierrättämisestä. Muita EU-direktiivejä ei ole olemassa suoraan purkamisohjeisiin liittyen. Aihetta kuitenkin sivutaan useassa asiakirjassa, kuten EU:n direktiivissä koskien sähkö- ja elektroniikkalaiteromua, EU:n ekosuunnitteludirektiivissä sekä IEC/TR 62635 teknisessä raportissa ja niiden tarkoituksena vahvistavat myös toimintaa kohti helpompaa purkamista.<sup>71 72</sup>

EU:n direktiivissä 2012/19/EU koskien sähkö- ja elektroniikkalaiteromua todetaan, että sähkö- ja elektroniikkalaiteromun purkamista, uudelleenkäyttöä ja hyödyntämistä voitaisiin helpottaa kiinnittämällä huomiota sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suunnitteluun sekä valmistajien ja kierrättäjien yhteistyöhön. Myös puhuttaessa tuottajavastuusta vahvistetaan samalla sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suunnittelua ja tuotantoa sellaiseen suuntaan, joka helpottaa elinkaaren loppuvaiheen käsittelyä mukaan lukien purkamisen.<sup>73</sup>

EU:n ekosuunnitteludirektiivissä 2009/125/EY säädetään energiaan liittyvien tuotteiden ekologista suunnittelua koskevista vaatimuksista, joiden avulla edistetään kyseisten tuotteiden uudelleenkäyttöä ja hyödyntämistä. Direktiivin tarkoitus on edistää kestävästä kehityksestä ekologisen tuotesuunnittelun avulla. Ekologisessa suunnittelussa otetaan huomioon ympäristönäkökohdat tuotteen koko elinkaaren aikana, mikä parantaa ympäristönsuojelua ja energiatehokkuutta. Panostamalla

---

<sup>71</sup> Dir 2000/53/EY

<sup>72</sup> Euroopan komissio

<sup>73</sup> Dir 2012/19/EU

suunnitteluun, voidaan parantaa luonnonvarojen ja materiaalien kestäväää käyttöä, kun otetaan huomioon materiaalitehokkuus koko tuotteen elinkaaren aikana. Suunnitteluratkaisujen avulla voidaan vaikuttaa esimerkiksi tuotteen materiaalien valintaan ja osien kiinnitysmekanismeihin, joilla on olennainen merkitys purkamisvaiheen sujuvuuteen sekä arvokkaiden raaka-aineiden talteen saamiseksi.<sup>74</sup>

Kierrätyksen ja uudelleenkäytön helpottamiseksi jo suunnitteluvaiheessa huomioidaan tuotteiden kierrätettävyys ja siihen vaikuttavat tekijät, kuten raaka-aineiden käyttö, kunnossapito, käyttöiän lopun vaiheet, syntyvän jätteen laatu ja määrä, uudelleenkäytön mahdollisuudet, käyttöiän pidentäminen sekä purkamisen. Tuotteen purkamista varten tulisi tarjota tiedot komponenttien lukumäärästä, käytetyistä materiaaleista sekä purkamiseen kuluva ajasta ja siihen tarvittavista välineistä. Materiaalien erottelua tulisi käsitellä arvokkaiden materiaalien kierrätettävyuden sekä vaarallisia aineita sisältävien komponenttien ja materiaalien osalta. Lisäksi tulisi pohtia standardikomponenttien käyttöä sekä osien materiaalikoostumuksen vaikutusta kierrätykseen. Kierrätykseen sopivat komponentit ja materiaalit voitaisiin merkitä yhteisillä koodeilla niiden tunnistamisen helpottamiseksi.<sup>75</sup>

Komission asetus 2019/2021, joka perustuu EU:n ekosuunnitteludirektiiviin, koskee elektronisten näyttöjen ekologista suunnittelua. Asetuksen liitteessä 2 käsitellään laitteiden materiaalitehokkuusvaatimuksia ja osana niitä määritellään tarkemmin toimenpiteistä purkamista varten. Vaatimuksia, joista voisi olla hyötyä purkamisohjeille ovat liitteen 2 kohdat 1) Purkamisen, kierrätyksen ja hyödyntämisen mahdollistava suunnittelu sekä 5) Korjauksen ja uudelleenkäytön mahdollistava suunnittelu. Kohdan 1) sisältöön kuuluu, että valmistajien ja maahantuojien

---

<sup>74</sup> Dir 2009/125/EY

<sup>75</sup> Dir 2009/125/EY

on varmistettava liitos-, kiinnitys- tai tiivistystekniikoiden soveltuvuus purkamiseen niin, etteivät ne estä osien poistamista yleisesti saatavilla olevilla työkaluilla. Valmistajan tulisi myös tarjota purkamisohjeet, joista selviää purkamisvaiheiden järjestys sekä purkamiseen tarvittavat työkalut ja tekniikat. Lisäksi tulisi varmistaa tiedon vapaa saatavuus purkamisesta sekä vaarallisia aineita sisältävistä komponenteista. Kohta 5) sisältää edellytyksiä varaosien saatavuudesta sekä korjaus- ja huoltotietojen tarjoamisesta. Korjaus- ja huoltotietojen tulisi sisältää laitteen tunnistetiedot, tiedot komponenteista, luettelo tarvittavista välineistä, kytkentäkaaviot sekä niin sanottu räjähdysnäkökuva laitteesta.<sup>76</sup>

IEC/TR 62635 teknisessä raportissa käsitellään purkamista osien ja materiaalien uudelleenkäytön kannalta. Purkamista suositellaan, jotta laitteen osat voitaisiin uudelleenkäyttää tai kierrättää mahdollisimman tehokkaasti. Teknisen raportin mukaan valmistajan tulisi tarjota kierrättäjälle tiedot osista tunnistamisen ja purkamisen helpottamiseksi sekä elinkaaren loppuvaiheen toimintojen optimoimiseksi. Tällaisia tietoja ovat muun muassa osien tunnistetiedot, massa sekä sijainti laitteessa, ja ne tulee toimittaa jokaisesta irrotetusta osasta. On myös suositeltavaa tarjota tiedot koskien purkamisprosessia, kuten purkamisen vaiheita sekä siihen tarvittavia välineitä. Lisäksi tulisi olla mahdollista irrottaa osat tuotteesta säilyttäen niiden toiminnallinen eheys. Tämä pitäisi ottaa huomioon jo tuotesuunnitteluvaiheessa. Valmistajan tulee myös ottaa huomioon vaarallisia aineita sisältävät sekä erityiskäsittelyä vaativat osat, jotta elinkaaren loppuvaiheen käsittely voidaan toteuttaa mahdollisimman optimaalisesti. Tarvittaessa valmistajan tulee ilmoittaa toimenpiteistä, jotka tulee suorittaa ennen tuotteen purkamista, jotta kierrättäjä voisi toteuttaa purkamisen asianmukaisesti ja mahdollisimman turvalisesti.<sup>77</sup>

---

<sup>76</sup> A 2019/2021

<sup>77</sup> IEC/TR 62635

IEC/TR 62635 teknisen raportin mukaan tuotteen osien materiaalikoostumus vaikuttaa purkamisen tarpeellisuuteen seuraavasti. Jos tuotteessa on osia, jotka on valmistettu vain yhdestä kierrätettävästä materiaalista, on purkamisesta hyötyä. Yhdestä materiaalista koostuvat osat on helppo käsitellä, koska niille ei todennäköisesti tarvitse tehdä muuta jatkokäsittelyä, vaan ne kelpaavat kierrätykseen sellaisenaan. Jos taas osa koostuu useammasta materiaalista, oletetaan, ettei osien pidemmälle purkaminen parantaisi loppuvaiheen käsittelyn tehokkuutta, koska tällaiset osat voidaan käsitellä kokonaisena eri erottelumekanismilla. Tällaisia osia ovat esimerkiksi piirilevyt, joita on hankala eikä välttämättä kovin turvallista purkaa manuaalisesti pidemmälle ja joiden komponentit saadaan tehokkaasti eroteltua murskaamalla ja kemiallisella erottelulla.<sup>78</sup>

RoHS Guide -sivulta löytyi myös selkeä rakenne purkamis- ja hyödyntämisohjeille. Sen mukaan sähkö- ja elektroniikkalaitteiden valmistajien tulisi laatia purkamisohjeet ja suositukset, jotka sisältävät toimenpiteet helppoon purkamiseen, haitallisten aineiden poistamiseen sekä materiaalien talteenottoon. Ohjeiden tulisi sisältää purkamiseen tarvittavat työkalut ja laitteet, purkamisen vaiheet, paristojen poistaminen, materiaalien käsittely sekä suositukset hyödyntämisestä ja uudelleenkäyttöä varten. Samoja asioita siis, kuin edeltävissä direktiiveissä ja standardissa, mutta nimenomaan koskien sähkö- ja elektroniikkalaitteita.<sup>79</sup>

Tiedustelin asiaa myös Pirkanmaan ELY-keskukselta, joka vastaa Suomessa sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tuottajavastuusta sekä raportoinnista. ELY-keskuksen mukaan tällä hetkellä ei ole tekeillä tai suunnitteilla direktiiviä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden purkamisesta.<sup>80</sup>

---

<sup>78</sup> IEC/TR 62635

<sup>79</sup> RoHS Guide 2023

<sup>80</sup> Virtanen, T. 2023



Vaikka direktiiviä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden purkamiselle ei ainakaan vielä ole, niin edellä kerrotuista aiheeseen liittyvistä dokumenteista saa hyvin näkökulmaa asialle. Niissä toistuu paljon samoja teemoja, kuten suunnittelun merkitys, materiaalitietojen saatavuus sekä purkamisohjeiden pääasiallinen sisältö. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden purkamiselle olisi kuitenkin hyödyllistä saada oma EU-direktiivi, sillä prosessiin liittyy riskejä, joita voitaisiin ehkäistä yhdenmukaisilla ja turvallisilla menetelmillä.

### **3.7 Tietoa suojareleestä**

Suojarele on laite, jonka tehtävä on havainnoida epätavallinen toiminta sähköverkossa ja poistaa käytöstä ne sähköjärjestelmän elementit, joissa vika ilmenee. Suojareleen tärkein tehtävä on suojata ihmistä vahingoilta ja onnettomuuksilta takaamalla turvallinen sähköverkon toiminta. Vikatilanteessa suojarele estää lisävaurioiden syntymisen laitteelle, ja jäljellä olevat toimivat järjestelmän osat jatkavat toimintaa normaalisti säilyttäen katkeamattoman ja vakaan sähkönjakelun.<sup>81</sup>

Purkamis- ja kierrätysmanuaali tehdään ABB:n REX640-suojareleelle. REX640-suojarele kuuluu ABB:n Relion-tuoteperheeseen. REX640 on edistysellinen ja monikäyttöinen suojarele, ja sitä käytetään sähkönjakelujärjestelmien ja teollisuussovellusten suojauksessa ja hallinnassa. REX640-suojareleet valmistetaan Vaasassa ja niitä myydään maailmanlaajuisesti. Suojareleeseen on saatavilla valmiita sovelluspaketteja sekä moduuleja, jotka määrittelevät suojareleen toiminnan ominai-

---

<sup>81</sup> Horowitz, S. H. & Phadke, A. G. 2014

suuksia ja laajuutta. Täyden muokkailtavuuden ansiosta REX640 mukautuu sähköverkon kehittyviin suojausvaatimuksiin. REX640-suojarele on suunniteltu tukemaan sähköasemien lisääntyvää digitalisaatiota.<sup>82 83 84</sup>

REX640-suojarele koostuu itse releestä sekä HMI:stä (Human-Machine Interface) (Kuva 7). HMI on releen lisävaruste, jonka avulla suojarelettä voi ohjata ja valvoa sekä säätää sen asetuksia. HMI voi olla fyysinen tai internetin kautta ohjattava käyttöliittymä. REX640-suojareleen fyysisessä käyttöliittymässä on värillinen kosketusnäyttö. HMI yhdistetään releen kanssa, jolloin ne muodostavat toimivan kokonaisuuden. Taulukossa 2 on esitetty REX640-suojareleen mitat.<sup>85</sup>

**Taulukko 2.** REX640-suojareleen mitat.<sup>86 87</sup>

Suure	Arvo	
	Rele	HMI
Leveys	304,0 mm	212,5 mm
Korkeus	264,8 mm	177,5 mm
Syvyys	242,2 mm tai 254,1 mm tai 274,0 mm	57,6 mm
Massa	6,9...9,3 kg	1,5 kg

<sup>82</sup> ABB 2023

<sup>83</sup> REX640 Leaflet

<sup>84</sup> REX640 EPD

<sup>85</sup> REX640 Product guide

<sup>86</sup> REX640 Product guide

<sup>87</sup> REX640 EPD



**Kuva 7.** REX640-suojarele ja HMI.

### 3.7.1 Suojareleen laitteiston muokkailtavuus

Suojarele voi toimia hyvin eri tavoilla riippuen tuotteesta sekä siihen valituista lisäominaisuuksista. Suojareleen toimintaa voidaan säädellä laitteiston moduulien valinnalla sekä muuttamalla ohjelmointia. Erityisesti REX640-suojarele on laajasti muokattavissa haluttujen ominaisuuksien perusteella. Tämä on olennaista opinäytetyön kannalta, sillä purkamisohjeet vaihtelevat hieman riippuen suojareleeseen valituista moduuleista.

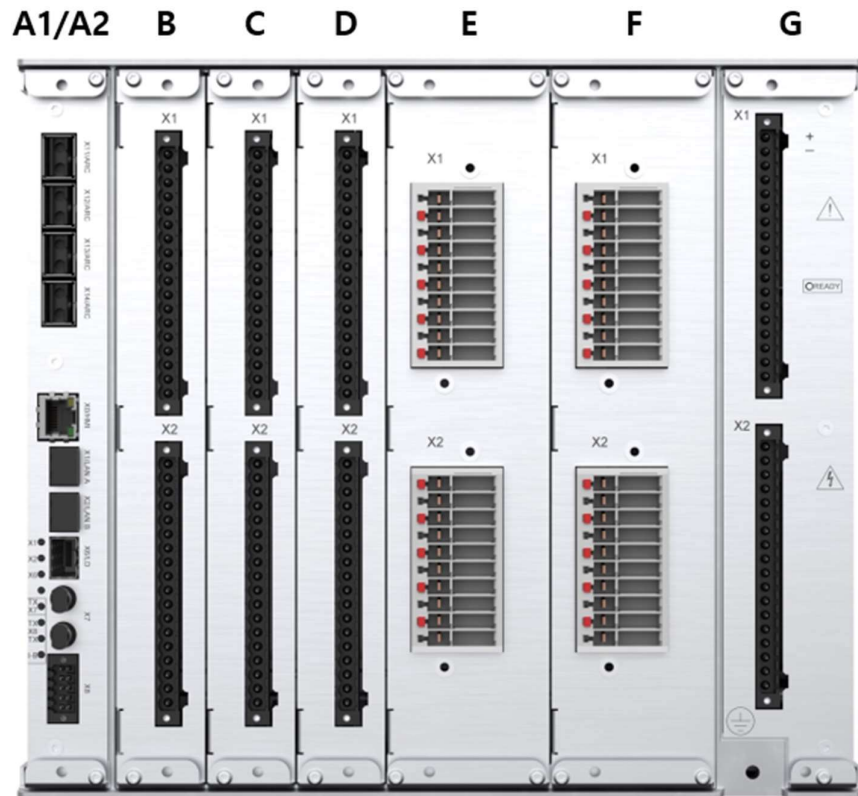
REX640-suojareleessä on seitsemän paikkaa moduuleille, A-G (Kuva 8). Jotkut moduulipaikoista ovat pakollisia ja jotkut valinnaisia. Tämä tarkoittaa sitä, että pakollisessa moduulipaikassa on aina oltava jokin taulukossa 3 esitetyistä moduuleista. Valinnaiset moduulipaikat voivat olla tyhjänä tai niihin voidaan valita haluttu moduuli lisäämään suojareleen toimintoja. REX640-suojareleen laitteisto koostuu

enimmillään kahdeksasta moduulista ja vähimmillään neljästä pakollisesta moduulista. Jos moduulipaikka ei ole käytössä eli se jää tyhjäksi, asennetaan siihen metallilevy.<sup>88</sup>

**Taulukko 3.** REX640-suojareleen moduulit.

Moduuli	Moduulipaikka							
	A1	A2	B	C	D	E	F	G
ARC1001	X							
COM1001		X						
COM1002		X						
COM1003		X						
COM1004		X						
COM1005		X						
BIO1001			X	X	X			
BIO1002			X	X	X			
BIO1003						X		
BIO1004						X		
RTD1001				X	X			
AIM1001						X	X	
AIM1002						X	X	
SIM1001						X	X	
PSM1001								X
PSM1002								X
PSM1003								X
x=pakollinen, x=valinnainen								

<sup>88</sup> REX640 Technical manual



Kuva 8. Moduulipaikat.<sup>89</sup>

---

<sup>89</sup> REX640 EPD

## 4 PROJEKTIN LÄHESTYMISTAPA JA TOTEUTUS

Projektia lähdettiin suunnittelemaan, sillä ABB:n asiakkaalta on tullut vaatimuksena tarjota ohjeet suojareleen purkamiseen ja oikeelliseen kierrättämiseen tai vaihtoehtoisesti muuhun jatkokäsittelyyn, mikäli materiaaleja ei voi kierrättää.

### 4.1 Asiakkaan vaatimusten selvitys

Projektia varten tulee selvittää asiakkaan vaatimukset manuaalia varten. Vaatimukset perustuvat kasvaviin kestävän kehityksen tavoitteisiin ja vastuullisemman toiminnan harjoittamiseen. Asiakas haluaa yksityiskohtaiset ohjeet tuotteen elinkaaren loppuvaiheen käsittelyyn suositelluista toimista, tarkoituksena mahdollinen komponenttien ja materiaalien talteenotto sekä asianmukainen kierrätys.

Asiakas on listannut vähimmäisvaatimuksensa manuaalin sisällöstä. Manuaalin tulee sisältää värilliset kuvat tärkeimmistä osista ja komponenteista sekä purettavien osien piirustukset. Manuaalissa raportoidaan jokaisen osan materiaali ja niiden massa kilogrammoina. Kierrätysprosessin helpottamiseksi erotellut materiaalit luokitellaan asianmukaisten kansainvälisten standardien mukaisesti. Manuaalissa kuvataan yksityiskohtaisesti jokainen purkamisen vaihe pääkomponenttien osalta, käyttäen mahdollisimman turvallisia ja vähän vaurioittavia menetelmiä. Vaiheiden ohjeet varustetaan valokuvilla tai havainnollistavilla piirustuksilla. Kierrätettävistä sekä kierrätykseen kelpaamattomista materiaaleista tulee ilmoittaa niiden massat kilogrammoina. Kierrätykseen kelpaamattomien materiaalien ja komponenttien osalta tulee selvittää niiden asianmukainen käsittely sekä tämän jätteen prosenttiosuus koko laitteen massaan nähden. Purkamisen aikaiset ympäristö- ja turvallisuuskysymykset on osoitettava manuaalissa. Manuaalista tulisi selvittää myös laskelmat purkamisesta aiheutuvasta energiankulutuksesta sekä purkamisprosessissa syntyvistä hiilidioksidipäästöistä (kg CO<sub>2</sub>-ekv).

Manuaalia luodessa on otettava huomioon myös asiakkaalle purkamisesta aiheutuva työmäärä. Purkaminen ei saisi olla liian työläs ja aikaa vievä prosessi asiakkaalle, vaan sen tulisi toteutua kohtuullisella vaivalla. Tätä varten ohjeiden tulee olla selkeät ja vaihe vaiheelta helposti seurattavat.

#### **4.2 Olemassa olevat ABB:n dokumentit ja standardit**

Tärkeimpiä materiaaleja, joita lähdin hyödyntämään manuaalin luomisessa, on ABB:n olemassa olevat dokumentit. Suojareleelle ei ole olemassa purkamis- tai kierrätysohjeita, joten tehtäväni oli ensin kerätä relevanttia tietoa aiheeseen liittyvistä ja REX640-suojarelettä käsittelevistä dokumenteista.

Jotta sain käsityksen REX640-suojareleen teknisistä tiedoista ja asennuksesta, tutustuin tekniseen manuaaliin sekä asennusmanuaaliin. Purkamisohjeisiin sain käsityksen italian kielisestä manuaalista, joka käsitteli kojeiston purkamista. Kojesto on suuri kokonaisuus ja sen purkaminen tapahtuu hyvin eri tavalla kuin suojareleen, mutta ohje auttoi hahmottamaan manuaalin mahdollista rakennetta sekä purkamisvaiheiden kuvausmenetelmiä. EPD eli Environmental Product Declaration on REX640-suojareleen ympäristöseloste, jossa käsitellään tuotteen elinkaariarviointia. EPD:stä sain tietoa muun muassa vertailutuotteen käyttämisestä, elinkaaren loppuvaiheen toiminnoista sekä kierrätettävyyspotentialista. Myös EU-direktiivit ja standardit, joita käsitellään kappaleissa 3.4, 3.5 ja 3.6 antoivat tietoa, suuntaa ja ideoita manuaalin luomista varten.

#### **4.3 Projektin toteuttaminen**

Projektin aikana sain ohjausta ja tietoa ABB:n ELDS-yksikön sisäiseltä ohjausryhmältä. Ohjausryhmän asiantuntemus keskittyi materiaalituntemukseen, vastuullisuuteen, kemikaaleihin sekä tuotejohtoon. Tapasimme kahden viikon välein tarkoituksena käydä opinnäytetyötä läpi. Sain ohjausryhmältä työtäni varten pa-

lautetta, kehitysehdotuksia, tiedonlähteitä sisäisiin tietokantoihin sekä näkökulmaa yrityksen tarpeista ja toiveista. Ohjausryhmän toimesta järjestettiin käytännön osuuden toteuttaminen ABB:n tiloissa ja sain käyttööni tarvittavat välineet.

Osana opinnäytetyötä pääsin purkamaan REX640-suojareleen laboratorio-olosuhteissa. Purkamistilaisuuden tarkoituksena oli kerätä tiedot laitteen purkamisen vaiheista ja järjestyksestä, käytettävistä työkaluista ja tekniikoista sekä tarvittavista suojarusteista. Purkamisen yhteydessä valokuvasin suojareleen osat ja punnitsin niiden massat manuaalia varten. Purkamistilaisuuksia pidettiin kaksi, ensimmäisellä kerralla purettiin rele ja toisella HMI. Kolmas tilaisuus järjestettiin osien ja materiaalien massojen punnitsemista varten.

Kuten teoriaosuudessa kerrotaan, REX640-suojareleen laitteisto voi koostua erilaisista moduulien yhdistelmistä. Valitut moduulit ja niiden määrä vaikuttaa releen purkamiseen, sillä kaikkia moduuleja ei pureta samalla tavalla. Lisäksi moduulipaikan ollessa tyhjänä, moduulin paikalla on vain metallinen kansilevy, mikä vähentää purkamisvaiheita. Koska erilaisia moduulien yhdistelmiä on useita, käytettiin purkamistilanteessa vertailutuotetta mahdollisimman kattavalla kokoonpanolla. Vertailutuotteessa, jota käytetään myös manuaalissa, releen laitteiston kaikki moduulipaikat ovat täynnä eli moduuleja on kahdeksan (Taulukko 4).

**Taulukko 4.** Vertailutuotteen kokoonpano.

<b>Moduulipaikka</b>	<b>Moduuli</b>
A1	ARC1001
A2	COM1002
B	BIO1001
C	BIO1002
D	RTD1001
E	AIM1001
F	AIM1001
G	PSM1003



## 5 PROJEKTIN TUOTOKSET

### 5.1 Manuaali

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi purkamis- ja kierrätysohje ABB:n REX640-suojareleelle (Liite 1). Manuaali alkaa turvallisuusohjeilla ja -huomioilla. Alussa kerrotaan myös tuotteen perustiedot ja muita oleellisia ominaisuuksia manuaalin kannalta. Ennen purkamisohjeita luetellaan suositeltavat turvavarusteet sekä tarvittavat työkalut ja välineet. Manuaalissa kuvataan purkamisprosessi vaihe vaiheelta kirjallisten ohjeiden ja kuvien avulla. Purkamisvaiheiden jälkeen manuaalissa käsitellään tuotteen materiaalisältöä, kierrätettävyyspotentiaalia sekä purkamisesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Lopussa on koottuna vielä lista kaikista tuotteen puretuista osista sekä tiedot niiden materiaaleista, kierrätyksestä sekä massoista.

Manuaalista tuli asiakkaan vaatimusten mukainen asiakirja, jonka avulla asiakas pystyy itse purkamaan ja kierrättämään laitteensa sen käytöstä poistamisen jälkeen selkeiden ohjeiden avulla turvallisesti ja suositusten mukaisesti.

Opinnäytetyön loppuun liitetty purkamis- ja kierrätysmanuaali on tämän opinnäytetyön tuloksena syntynyt tuotos, eikä se ole virallinen ABB:n asiakirja. Manuaalin sisältö saattaa muuttua vielä tämän opinnäytetyön julkaisun jälkeen.

### 5.2 Purkamisohjeet

Yksi työn tärkeimmistä tavoitteista oli luoda REX640-suojareleen purkamisohjeet asiakkaalle. Tässä kappaleessa on esitetty ohjeet pääpiirteittäin. Tarkat ohjeet löytyvät liitteen 1 kappaleesta 4 Disassembly procedure. Purkamisohjeet on jaettu pääpiirteittäin kolmeen osaan, jotka ovat releen purkaminen, moduulien purkaminen sekä HMI:n purkaminen. Nämä osat on jaettu edelleen pienempiin välivaiheisiin, joissa kuvataan tarkasti purkamisen kulku.

Releen purkaminen alkaa moduulien irrotuksella, jonka jälkeen relerungosta poistetaan kaikki irrotettavat osat, jotka eritellään manuaalin kappaleessa 4.1. Useimmat moduulit puretaan samalla tavalla ja niistä pitää irrottaa vain metallilevy, joka on muutamalla ruuvilla kiinni. Kaksi moduuleista on kuitenkin monimutkaisempia ja niiden purkaminen osiin on myös hieman työläämpää. Samankaltaisten yksinkertaisten moduulien osalta manuaalissa on yksi yleispätevä ohje, kun taas kahdelle monimutkaisemmalle moduulille on omat yksityiskohtaisemmat ohjeet. Moduulien purkamisohjeet löytyvät manuaalin kappaleesta 4.2.

HMI:n purkaminen on esitetty manuaalin kappaleessa 4.3. Purkamistilaisuudessa tuli vastaan ongelma. Kun HMI:stä oli saatu poistettua kaikki irrotettavat osat, jäi jäljelle alumiinikotelo sekä elektroninen näyttö. Näyttö on kiinnitetty alumiinikoteloon tiukasti liimalla, joten sitä ei saanut irrotettua käytössä olevilla työkaluilla ja menetelmillä. Selvitin asiaa tuotesuunnittelusta, ja selvisi, että näiden osien irrotus purkamisvaiheessa vaatisi joko näytön rikkomisen tai kuuman lämpötilan käyttämistä liiman irrottamiseksi. Tämä ei ole järkevää, sillä purkamisen tulee olla mahdollisimman turvallista ja helppoa. Jäljelle jäävä osa voidaan käsitellä erottelumenetelmillä melko tehokkaasti purkamisen jälkeen, jolloin iso osa materiaaleista saadaan otettua talteen. Se, että osia ei voida irrottaa purkamisvaiheessa vaikuttaa kierrätysasteeseen heikentävästi, sillä nyt alumiini on yhden kierrätettävän materiaalin sijasta lisäkäsittelyä vaativaa materiaalia. Tämä on kehityskohde, jossa olisi mahdollisuuksia parantaa osien erottelua ja nostaa siten kierrätysastetta.

Tiedustelin jäljelle jäävän osan kierrätyksestä Pirkanmaan ELY-keskukselta. Sain vastaukseksi, että suojarleen ja sen osien kohdalla sovelletaan valtioneuvoston asetuksen 519/2014 liitettä 3. Liitteessä 3 käsitellään sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelyn vähimmäisvaatimuksia. Käsittelyn vaatimuksia on uudelleenkäytön edistäminen sekä vaarallisten tai haitallisten aineiden, seosten ja komponenttien poistaminen SERistä. Tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi piirilevyt, akut sekä nestekidenäytöt koteloineen. HMI:n näyttö on nestekidenäyttö ja se on kiinni

kotelossa ja koska kaikki muut osat saatiin irrotettua, lienee purkamisprosessi riittävä jatkokäsittelyä varten.<sup>90 91</sup>

### 5.3 Selvitys osien materiaaleista

ABB ei itse valmista tuotteiden osia tai komponentteja, vaan ne tulevat eri toimittajilta. ABB suorittaa tuotteiden loppukokoonpanon toimittajilta ostetuista osista, osakokoonpanoista ja valmiista moduuleista.<sup>92</sup>

Opinnäytetyössä tarkasteltavan tuotteen eli REX640-suojareleen asennusmanuaalin mukaan tuotteessa käytetyt materiaalit ovat tyypillisiä sähkö- ja elektroniikkalaitteille ja kaikki sen osat ovat kierrätettäviä.<sup>93</sup>

Taulukossa 5 ja kuvassa 9 on esitetty REX640-suojareleen materiaalit ja niiden massa kilogrammoina sekä painoprosentteina. Taulukossa esitetään rele ja HMI erikseen. Tarkemmat tiedot releen ja HMI:n osista sekä niiden materiaaleista löytyy manuaalin kappaleesta 8. List of all parts (Liite 1). Tiedot osien materiaaleista sain ABB:n tietokannasta. Osien massat mittasin purkamisen yhteydessä tarkkuusvaa'alla. Näiden tietojen perusteella alla on koottu taulukko ja ympyrädiagrammi laitteen materiaalikoostumuksesta.

---

<sup>90</sup> Virtanen, T. 2023

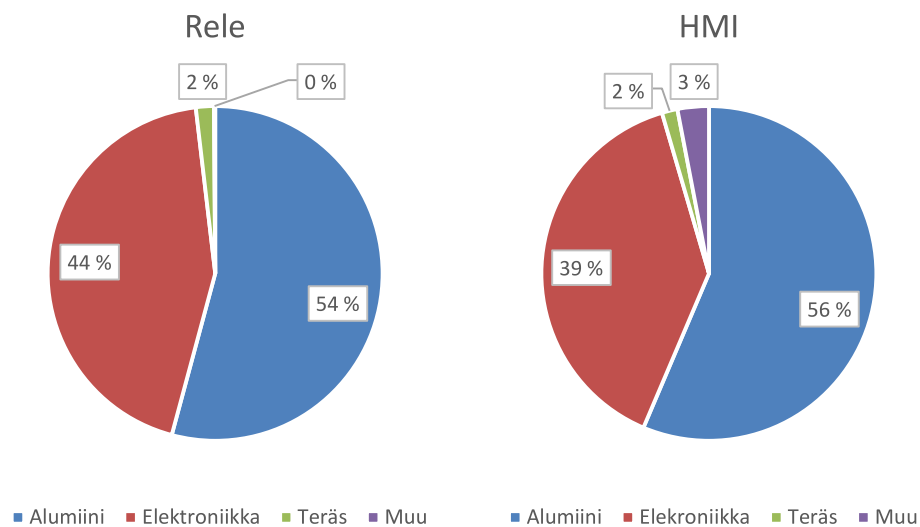
<sup>91</sup> A 3.7.2014/519

<sup>92</sup> REX640 EPD

<sup>93</sup> REX640 Installation manual

Taulukko 5. REX640-suojareleen materiaalit.

Laite	Materiaali	Puretaan	Massa kg	Paino-%
Rele	Alumiini	Kyllä	4,68	54
	Elektroniikka	Kyllä	3,80	44
	Teräs	Kyllä	0,15	2
	Muu	Kyllä	0,01	0
	Yhteensä		8,64	100
HMI	Alumiini	Kyllä	0,12	56
		Ei	0,63	
	Elektroniikka	Kyllä	0,22	39
		Ei	0,30	
	Teräs	Kyllä	0,02	2
	Muovi (PC)	Kyllä	0,003	0
	Muu	Ei	0,04	3
	Yhteensä		1,33	100



Kuva 9. REX640-suojareleen materiaali koostumus taulukon 5 mukaan.

Kuten taulukosta ja diagrammeista voi huomata, suurin osa suojareleestä ja HMI:stä koostuu alumiini- ja elektroniikkaosista. Terästä, muovia ja muuta materiaalia on vain pieni osa laitteesta. HMI:n osalta materiaalisältö on esitetty niin, että alumiini ja elektroniikka on eroteltu kokonaan, vaikka viimeistä osaa ei voi

purkaa enää pidemmälle. Osa koostuu suurimmaksi osaksi alumiinista ja siinä on myös elektroniikkaa ja lasia. Osa kierrätetään sähkö- ja elektroniikkalaiteromuna, joten nämä materiaalit saadaan talteen erottelumenetelmillä myöhemmässä vaiheessa. Tämän kyseisen osan materiaalien massat sain ABB:n tietokannasta.

Sekä rele että HMI koostuvat suurimmaksi osaksi alumiinista ja sitä onkin yli 50 % koko laitteen massasta. Alumiiniosiin sisältyy releen ja HMI:n kotelot eli perusrakenteet, metallilevyjä sekä muita metalliosia.

Elektroniikkaosia on releessä ja HMI:ssä toiseksi eniten, kummassakin noin 40 %. Elektroniikkaosat koostuvat pääosin erilaisista piirilevyistä. Piirilevyt sisältävät useita komponentteja ja materiaaleja, jotka vaativat asianmukaisen erottelun ja talteenoton. Pohjana piirilevyssä on laminaatiksi kutsuttu levy, esimerkiksi lasikuituvahvisteinen epoksihartsilevy. Piirilevyt sisältävät arvometalleja, kuten kuparia, kultaa, hopeaa ja palladiumia. Lisäksi niissä käytetään usein erilaisia pinnoite-, kovetus-, palonesto- ja eristemateriaaleja parantamaan ominaisuuksia. Piirilevyt kierrätetään sähkö- ja elektroniikkalaiteromuna juuri siksi, että ne sisältävät paljon erilaisia materiaaleja ja kemikaaleja, jotka vaativat erityistä käsittelyä, jotta materiaalit saadaan otettua talteen ja kemikaalit käsiteltyä oikein. Tyypillisesti piirilevyt murskataan ensin hienojakoiseksi ja sitten niistä erotellaan arvometallit ja muut aineet kemiallisesti tai sulattamalla. Elektroniikkaosiin kuuluu piirilevyjen lisäksi johdot. Johtojen kierrätysohjeet vaihtelevat alueellisesti ja ne lajitellaan alueesta riippuen SERinä, metallina tai jopa vaarallisena jätteenä.<sup>94 95</sup>

Muita materiaaleja sekä releessä että HMI:ssä on vain muutama prosentti. Teräsosien osuus laitteessa on 2 % ja niihin kuuluu pieniä osia, kuten ruuvit, mutterit,

---

<sup>94</sup> Eduljee, G. H. & Harrison, R. M. 2019

<sup>95</sup> Printtivalmiste 2020

prikat sekä kiinnikkeitä ja välikappaleita. Muovia on laitteessa alle 1 prosentti. Pienet muoviosat koostuvat polykarbonaatista sekä PC-ABS-muovista. Muun materiaalin osuus koko laitteessa on noin 1 % ja siihen kuuluu silikonivalmisteiset osat, liimat ja tiivistemateriaalit.

#### 5.4 Kierrätysohjeet

Kierrätysohjeet puretuille osille ja materiaaleille on laadittu EU:n lainsäädännön ja määräysten mukaisesti. Koska kierrätysohjeet ja jätehuoltomääräykset vaihtelevat alueellisesti, manuaalissa käytetään ohjeistuksena jätekoodeja ja kehoitetaan tarkistamaan paikalliset jätehuoltomääräykset oikeellisen kierrättämisen varmistamiseksi.

Jätteiden tunnistamisessa ja kategorisoinnissa käytetään Euroopan jäteluettelon koodeja eli EWC-koodeja. EWC-koodi koostuu kuudesta numerosta, jotka kertovat jätteenimikkeen laadun. Kolmiosaisen koodin ensimmäinen luku kertoo jätteen pääkategorian ja kaksi viimeistä osaa tarkentaa jätelaatua. Jäteluettelossa määritetään yleisimmät sekä vaaralliset jätteet. Vaarallisia aineita sisältävät jätteet on merkitty \*-symbolilla. Luettelossa vaarallisella aineella tarkoitetaan esimerkiksi kemikaalilaissa määriteltyjä vaarallisia aineita, otsonikerrosta heikentäviä aineita, raskasmetalleja tai muita terveydelle haitallisia aineita.<sup>96 97</sup>

Manuaalin oli aluksi tarkoitus sisältää kierrätysohjeet jätelajien mukaan materiaaleille ja osille, mutta työn edetessä manuaaliin päädyttiin jättämään vain Euroopan jättekoodit vaihtelevien määräysten vuoksi. Taulukossa 6 on kuitenkin havainnollistamisen vuoksi kerrottu myös mihin jätelajiin osa tai materiaali voisi kuulua.

---

<sup>96</sup> Eurostat 2010

<sup>97</sup> A 179/2012

Alla on esitetty lista jäteluettelon kategorioista ja EWC-koodeista, joita käytetään tässä opinnäytetyössä. Listassa kerrotaan kyseisten jätteiden pääkategoriat, välikategoriat sekä jättekoodit:

- 16 Jätteet, joita ei ole mainittu muualla luettelossa
- 16 02 Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden ja muiden laitteiden jätteet
- 16 02 13\* Muut kuin nimikkeissä 16 02 09 – 16 02 12 mainitut, vaarallisia osia sisältävät käytöstä poistetut sähkö- ja elektroniikkalaitteet
- 16 02 16 sähkö- ja elektroniikkalaitteista ja muista laitteista poistetut osat
- 19 Jätehuoltolaitoksissa syntyvät jätteet
- 19 12 Jätteiden mekaanisessa käsittelyssä (kuten lajittelussa, murskaamisessa, paalauksessa ja pelletoinnissa) syntyvät jätteet
- 19 12 02 Rautametalli
- 19 12 03 Ei-rautametalli
- 19 12 04 Muovi ja kumi
- 19 12 12 Lajittelujäännökset sekä jätteiden mekaanisessa käsittelyssä syntyvät jätteet (eri materiaalien seokset mukaan luettuina).

On huomioitavaa, että jäteluettelossa on useita kategorioita, jotka voisivat kuvaukseltaan sopia tietyille materiaalille. Opinnäytetyössä EWC-kategoriat on valittu katsoen sopivimmaksi elinkaaren loppuvaiheen käsittelyn näkökulmasta. Ohjeet EWC-kategorioille saattaa muuttua manuaalin viralliseen versioon.

**Taulukko 6.** Kierrätysohjeet.

Osa/materiaali	Kierrätys	EWC koodi
Alumiini	Metalli	19 12 03
Teräs	Metalli	19 12 02
Elektroniikka	SER	16 02 13* 16 02 16
Polykarbonaatti	Muovi	19 12 04
PC-ABS	Muovi	19 12 04
Silikoni	Energiajäte	19 12 12

## 5.5 Kierrätettävyysspotentiaali

Kierrätettävyyssaste tarkoittaa kierrätettävän tuotteen massan suhdetta tuotteen kokonaisuudessaan, kun taas kierrätysaste on kierrätettyjen tuotteiden, tuotteen osien tai materiaalien massan suhde uudelleenkäsitellyn jätteen massaan. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kierrätys- ja kierrätettävyyssasteeseen käyttöään lopussa vaikuttaa kaksi päätekijää. Ensimmäisenä on tuotteen suunnittelu ja sen ominaisuudet, kuten koko, rakenne, materiaalikoostumus sekä valmistuksessa käytetyt tekniikat. Edellä mainitut ominaisuudet vaikuttavat laitteen purettavuuteen. Toisena tekijänä on elinkaaren loppuvaiheen toimien toteutus eli skenaario. Kierrätettävyyssasteen laskemiseksi sovelletaan tietoja tuotteen suunnittelusta, käyttöään lopun skenaariorista sekä tuotetietoja.<sup>98</sup>

IEC/TR 62635 teknisessä raportissa on määritelty Eurooppaa koskeva tyypillinen elinkaaren lopun skenaario ja sen yhteydessä on laskettu kierrätysasteet ( $R_{CR(i)}$ ) eri materiaaleille perustuen Ranskalaisen yliopiston tekemään tutkimukseen. Kierrätysasteet on laskettu osille, jotka 1) vaativat erityiskäsittelyä, 2) koostuvat yhdestä kierrätettävästä materiaalista, 3) ovat vaikeasti käsiteltäviä sekä 4) menevät erotteluprosessiin. Jos osa koostuu yhdestä kierrätettävästä materiaalista, sen kierrätysaste on korkeampi kuin lisäkäsittelyä vaativilla osilla. Tällainen osa voidaan kierrättää sellaisenaan, kun taas useasta materiaalista koostuva osa vaatii erotteluprosessia tai muuta lisäkäsittelyä. Yhtä kierrätettävää materiaalia sisältävistä osista saadaan siis enemmän materiaalia talteen kuin sekakoosteisista materiaaleista. Teknisen raportin kierrätysasteiden avulla voidaan laskea tuotteelle kierrätettävyyssaste ( $R_{cyc}$ ).<sup>99</sup>

---

<sup>98</sup> IEC/TR 62635

<sup>99</sup> IEC/TR 62635



Tuotteen kierrätettävyyssaste lasketaan seuraavan kaavan mukaisesti.

$$R_{cyc} = \frac{\text{kierrätettävien massojen summa}}{\text{tuotteen kokonaismassa}} \cdot 100 \% = \frac{\sum(m_i \cdot RCR_{(i)})}{m_{EEE}} \cdot 100 \%$$

Suojareleen kierrätettävyyssasteen laskemiseksi täytyy selvittää purettujen osien massat ja kierrätysasteet IEC/TR 62635 teknisen raportin liitteen D taulukoista. Kertomalla materiaalien massat niille määritellyillä kierrätysasteilla saadaan kierrätettävän massan määrä materiaaleille, ja kun kierrätettävien massojen summa jaetaan koko laitteen massalla, saadaan laitteen kierrätettävyyssaste. Kierrätettävyyssaste lasketaan erikseen releelle ja HMI:lle. Taulukossa 7 esitetään kaikki oleelliset tiedot laitteen kierrätettävyyssasteen laskemiseksi.

**Taulukko 7.** Kierrätettävyyssasteen laskeminen.

Laite	Materiaali tai osa	Yhtä kierrätettävää materiaalia	Kierrätysaste RCR <sub>(i)</sub> (%)	Massa m (kg)	Kierrätettävä massa m (kg)
Rele	Alumiini	Kyllä	95	4,68	4,45
	Teräs	Kyllä	95	0,15	0,14
	Piirilevy	Ei	17	3,80	0,65
	Muovi PC-ABS	Kyllä	94	0,003	0,003
	Silikoni	Ei	0	0,005	0
	<b>Yhteensä</b>				
HMI	Alumiini	Kyllä	95	0,12	0,11
	Alumiini	Ei	91	0,63	0,57
	Teräs	Kyllä	95	0,02	0,02
	Piirilevy	Kyllä	17	0,20	0,03
	Johdot	Ei	24	0,02	0,005
	Muovi PC	Ei	94	0,003	0,003
	Näyttö	Ei	17	0,30	0,05
	<b>Yhteensä</b>				
PC=polykarbonaatti, ABS=akryylinitriilibutadienistyreeni (ABS-muovi)					

Sijoittamalla saadut luvut yllä esitettyyn yhtälöön, saadaan kierrätettävyyssasteen tulokseksi releelle 61 % ja HMI:lle 60 %.

$$Kierrätettävyyssaste_{rele} = \frac{\sum(m_i \cdot RCR_{(i)})}{m_{EEE}} \cdot 100\% = \frac{5,24 \text{ kg}}{8,64 \text{ kg}} \cdot 100\% = 61 \%$$

$$Kierrätettävyyssaste_{HMI} = \frac{\sum(m_i \cdot RCR_{(i)})}{m_{EEE}} \cdot 100\% = \frac{0,80 \text{ kg}}{1,33 \text{ kg}} \cdot 100\% = 60 \%$$

## 5.6 Vaaralliset aineet

Purkamisessa ja kierrätyksessä tulee ottaa huomioon mahdolliset haitalliset tai vaaralliset aineet laitteen osissa. Purkamisen tulee olla turvallista, ettei tapaturmia pääse aiheutumaan ihmisen terveydelle tai ympäristölle vaarallisista aineista johtuen. Vaarallisia aineita sisältäviä osia sähkö- ja elektroniikkalaitteissa ovat tyypillisesti esimerkiksi akut, kondensaattorit, johdot, vastukset sekä juotokset. Tällaiset osat saattavat vaatia erityisiä toimenpiteitä ennen purkamista tai sen aikana. Vaarallisia aineita sisältäviä osia ei voi kierrättää sellaisenaan, vaan ne käsitellään jätehuoltovaiheessa erikseen vaarallisena jätteenä. Vaarallinen jäte on jätelain mukaan sellaista, joka kemiallisten tai muiden ominaisuuksiensa takia voi aiheuttaa haittaa tai vaaraa ympäristölle tai ihmisen terveydelle. Vaarallisten aineiden määritelmät ja määräykset ovat maakohtaisia ja ne muuttuvat, kun materiaalituntemus lisääntyy. Vaarallinen jäte tuleekin käsitellä asianmukaisella tavalla vahingon minimoimiseksi. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromulle on useissa maissa oma SER-kierrätys, jossa otetaan huomioon vaarallisia aineita sisältävän jätteen käsittely. Yleensä SER kierrätetään siis omana jätteenään eikä vaarallisena jätteenä. On hyvä huomioida, että vaatimukset vaarallisen jätteen ja SERin käsittelystä vaihtelevat

maakohtaisesti ja alueellisesti, mutta EU-maissa noudatetaan jätedirektiivin 2008/98/EY mukaisia vaatimuksia perustana jätehuollolle.<sup>100 101 102</sup>

Euroopan kemikaalivirasto ECHA ylläpitää SCIP-tietokantaa esineistä, jotka sisältävät erityistä huolta aiheuttavia aineita eli SVHC-aineita. Erityistä huolta aiheuttavat aineet ovat sellaisia, jotka ovat myrkyllisiä ihmisen terveydelle tai ympäristölle ja ne on määritelty ECHA:n ehdokasluettelossa. Tuottajien on ilmoitettava SCIP-tietokantaan tiedot EU:n markkinoille tuomistaan esineistä, jotka sisältävät ECHA:n ehdokasluettelon aineita enemmän kuin 0,1 painoprosenttia. SCIP-tietokannan ensisijainen tarkoitus on varmistaa tiedon saatavuus vaarallisista aineista sekä helpottaa jätehuoltovaihetta ja kierrätystä varmistamalla esineiden vaaratomuus. Lisäksi sen avulla edistetään vaarallisten aineiden korvaamista vaihtoehtoisilla turvallisemmilla aineilla. Elinkaaren loppuvaiheen toimien kannalta on tärkeää, että tiedot huolta aiheuttavista aineista materiaaleissa on saatavilla. SCIP-tietokanta on kaikkien saatavilla ECHA:n nettisivuilla.<sup>103 104</sup>

SCIP-tietokannasta löytyy tiedot sekä REX640-releelle että HMI:lle. Kummankin osalta on ilmoitettu REACH-asetuksen alaiset ja ECHA:n ehdokasluettelossa määritellyt vaaralliset aineet. REX640-suojarele sisältää siis pieniä määriä vaarallisia aineita, mutta normaaleissa olosuhteissa niitä ei pääse vapautumaan eikä aineiden olemassaolo vaikuta purkamisprosessiin. Ehdokasluettelon aineen tunnistaminen laitteessa mahdollistaa tuotteen turvallisen käytön sen koko elinkaaren aikana niin käytössä kuin purkamisessa sekä kierrätysvaiheessa. Aineen olemassa-

---

<sup>100</sup> IEC/TR 62635

<sup>101</sup> Stena Recycling

<sup>102</sup> Dir 2008/98/EY

<sup>103</sup> ECHA (SCIP-infografiikka)

<sup>104</sup> ECHA (SCIP)

olo on hyvä ottaa huomioon, ja siksi onkin tärkeää seurata annettuja purkamisohjeita, koska ne on laadittu niin, että laitteen ja sen osien käsittely on turvallista myös vaarallisten aineiden osalta.<sup>105</sup>

Taulukossa 8 on esitetty REACH-asetuksessa ja ECHA:n ehdokasluettelossa määritellyt vaaralliset aineet, jotka ylittävät sallitun 0,1 painoprosentin pitoisuuden.

**Taulukko 8.** REX640-suojareleen vaaralliset aineet.<sup>106 107 108</sup>

	Haitallinen aine	EC-numero	CAS-numero
<b>Rele</b>	Lyijy	231-100-4	7439-92-1
	4,4'-isopropylideenidifenoli eli Bisfenoli A (BPA)	201-245-8	80-05-7
	2-metyyli-imidatsoli	211-765-7	693-98-1
<b>SCIP-numero</b>	c94188e3-8852-44e4-86ee-71e503c92108		
<b>HMI</b>	Lyijy	231-100-4	7439-92-1
	4,4'-isopropylideenidifenoli eli Bisfenoli A (BPA)	201-245-8	80-05-7
	2-metyyli-imidatsoli	211-765-7	693-98-1
	Lyijy-titaani-zirkoniumoksidi	235-727-4	12626-81-2
<b>SCIP numero</b>	cf916357-f6aa-4784-9e78-a467011e8009		

EC- ja CAS-numeroita käytetään kemiallisten aineiden tunnistamisessa. EC-numero (European Community), suomalaisittain EY-numero (Euroopan Yhteisö), on

<sup>105</sup> ECHA (SCIP)

<sup>106</sup> ECHA 2021 (REX640 Max BOM)

<sup>107</sup> ECHA 2021 (REX640 Display)

<sup>108</sup> ECHA (Registered substances)

Euroopassa käytetty seitsemänmerkin virallinen numero kemialliselle aineelle. CAS-numero (Chemical Abstracts Service) on laajemmin maailmalla käytössä oleva kemikaalien rekisteröintinumero. SCIP-numero on esineen yksilöllinen tunnistus, joka kuvaa ECHA:lle toimitettuja tietoja esineestä jätedirektiivin mukaisesti.<sup>109 110</sup>

Kuten jo aikaisemmissa kappaleissa 3.4.3 ja 3.4.4 kerrotaan, vaarallisia tai haitallisia aineita sähkö- ja elektroniikkalaitteissa rajoitetaan RoHS-direktiivin ja REACH-asetuksen avulla. Asiakas voi pyytää yritykseltä dokumentin, jossa kerrotaan tuotteen RoHSin ja REACHin alaisista vaarallisista aineista. ABB:n tapauksessa kyseinen dokumentti on saatavilla julkisesti koko Relion-tuoteperheelle. Dokumentissa listataan vaaralliset aineet, mutta ei eritellä niitä tuotekohtaisesti.<sup>111</sup>

## 5.7 Hiilidioksidipäästöt

Asiakkaan vaatimuksena lasketaan purkamisprosessista aiheutuva energiankulutus sekä hiilidioksidipäästöt kilogrammoina hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO<sub>2</sub>-ekv). Purkamisesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä syntyy ruuvinvääntimen käytöstä. Jos ruuvien irrotus tehdään manuaalisesti ruuvimeisselillä, ei hiilidioksidipäästöjä aiheudu.

Energiankulutus kilowattitunneissa lasketaan kertomalla ruuvien kokonaiskappalemäärä yhden ruuvien irrottamiseen kuluvalle ajalle sekä ruuvinvääntimen teholla. Aika pitää muuttaa sekunneista tunneiksi, minkä takia 1,5 s jaetaan luvulla 3 600. Yhtälö jaetaan vielä tuhannella, jolloin saadaan vastaus kiloissa.

$$\text{Energiankulutus kWh} = \frac{97 \cdot (1,5 \text{ s} \div 3600) \cdot 5,4 \text{ W}}{1000} = 2,18 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}$$

---

<sup>109</sup> A 1272/2008

<sup>110</sup> ECHA December 2021

<sup>111</sup> REACH Declaration 2022

Purkamisen aikaiset hiilidioksidipäästöt lasketaan kertomalla saatu energiankulutus päästökertoimella. Päästökerroin 0,40 on saatu REX640:n ympäristöselostuksesta ja se on tyypillinen luku Euroopassa.

$$\begin{aligned} \text{Hiilidioksidipäästöt } kg \text{ CO}_2\text{ekv} &= 2,18 \cdot 10^{-4} \text{ kWh} \times 0,40 \text{ kg CO}_2\text{ekv/kWh} \\ &= 8,73 \cdot 10^{-5} \text{ kg CO}_2\text{ekv} \end{aligned}$$

Laskujen tuloksena saadaan purkamisesta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen määräksi  $8,73 \cdot 10^{-5}$  kg CO<sub>2</sub>-ekv. Kyseessä on siis hyvin pienet päästöt. Manuaalisesti ruuvaamalla hiilidioksidipäästöjä aiheutuu 0 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Tulokset ja lähtöarvot on koottu taulukkoon 9.

**Taulukko 9.** Hiilidioksidipäästölaskennan lähtöarvot ja saadut tulokset.

Ruuvien kokonaismäärä laitteessa	97 kpl
Yhden ruuvin irrottamiseen kuluva aika	1,5 s
Ruuvinvääntimen teho	5,4 W
Päästökerroin	0,40 kg CO <sub>2</sub> -ekv/kWh
Energiankulutus	$2,18 \cdot 10^{-4}$ kWh
Hiilidioksidipäästöt	$8,73 \cdot 10^{-5}$ kg CO <sub>2</sub> -ekv

## 5.8 Vaihtoehtoinen ratkaisu: takaisinottopalvelu

Takaisinottopalvelu on käyttöiän loppuvaiheen toiminto, jossa asiakas voisi lähettää käytöstä poistetun laitteen takaisin ABB:lle, jolloin ABB suorittaisi laitteen purkamisen, materiaalien talteenoton sekä kierrättämisen mahdollisimman optimaalisesti. Yhteistyö paikallisen jätehuoltoyhtiön kanssa on toinen vaihtoehto takaisinottopalvelun toteuttamiselle. Takaisinottopalvelu mahdollistaa materiaalien hyödyntämisen mahdollisimman tehokkaasti. Takaisinottopalvelun tarkoitus on tarjota asiakkaalle vaivaton tapa toimia laitteen käytöstä poistamisen jälkeen var-

mistaen samalla vastuullinen ja kestävä elinkaaren loppuvaiheen käsittely. Takaisinottoa voidaan velvoittaa, jos tuote kuuluu EU:n WEEE-direktiivin soveltamisalaan.

Takaisinottopalvelun avulla voisi olla mahdollista hyödyntää käytöstä poistettujen laitteiden osia, komponentteja ja materiaaleja uudelleen suoraan ABB:n tuotteissa. Mahdollisuutena voitaisiin pohtia myös laitteiden kunnostamista uudelleen käytettäväksi. Tämä saattaisi kuitenkin vaatia muutoksia laatustandardeihin tai jopa uutta lainsäädäntöä.

Ongelmana takaisinottopalvelussa on kuljetuksesta aiheutuvat päästöt. Elinkaaren loppuvaiheen toimintojen on tarkoitus olla nimenomaan kestävää kehitystä edistäviä. Jos tuote joudutaan kuljettamaan jopa maanosasta toiseen takaisinottopalvelun yhteydessä, herää kysymys, onko toiminta järkevää. Tähän ratkaisuna on yhteistyö paikallisen jätehuoltoyhtiön kanssa, jolloin pitkiä välimatkoja voidaan välttää. Vaikka takaisinottopalvelu saataisiinkin käyttöön suojareille, on purkamis- ja kierrätysmanuaali silti hyödyllinen työkalu elinkaaren loppuvaiheen töissä.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Projektin sisältö kattaa teoriataustaa kiertotaloudesta, elinkaaren loppuvaiheen toimista sekä sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelystä peilaten niitä aiheeseen liittyvään lainsäädäntöön ja standardeihin. Teoreettinen sisältö heijastuu käytännön toteutukseen eli manuaalin luomiseen. Manuaali on koottu kappaleen 3.6 Suuntaviivoja purkamisohjeelle huomioita mukailien ja se vastaa vaatimuksia elinkaaren loppuvaiheen käsittelystä. Manuaalissa on otettu huomioon myös jätelaki ja asianmukaisten standardien käyttö suojavarusteiden valinnassa.

Projektin tuotoksena syntynyt purkamis- ja kierrätysmanuaali vastaa asiakkaan vaatimuksia sekä ohjaavaa lainsäädäntöä. Manuaalissa huomioidaan monipuolisesti seikkoja, kuten purkamisen sujuvuus, turvalliset menetelmät, materiaali-koostumuksen vaikutus kierrätettävyyssasteeseen, vaaralliset aineet sekä kierrätyksen ja hyödyntämisen edistäminen. Manuaali sujuvoittaa elinkaaren loppuvaiheen käsittelyä.

Purkamis- ja kierrätysohje vahvistaa kiertotalouden ja kestävän kehityksen mukaisen toiminnan toteutumista. Se parantaa materiaalien talteenottoa ja hyödyntämistä sekä jättemateriaalien asianmukaista kierrättämistä. Nämä seikat vaikuttavat positiivisesti luonnonvarojen riittävyyteen sekä luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen. Purkamis- ja kierrätysohje lisää turvallisuutta suojaareleen käytöstä poistamisen jälkeisissä toiminnoissa, sillä ohje on laadittu oikean purkamistilanteen pohjalta käyttäen asianmukaisia menetelmiä ja välineitä.

Purkamisohjeita luodessa sekä lainsäädäntöön ja standardeihin tutustuessa kävi ilmi, että purkamisella on positiivista vaikutusta jätehuoltovaiheeseen. Kun osat irrotetaan laitteesta ensin sen sijaan että koko laite päätyisi murskaimeen, saadaan materiaalia talteen enemmän. Tällöin isompi osa laitteen materiaaleista voidaan uusiokäyttää eikä materiaali päädy hukkaan. Etenkin sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sisältämät arvokkaat metallit sekä haitalliset aineet on tärkeä saada eroteltua mahdollisimman tehokkaasti.



Erityisesti SER-kierrätyksen ja -lainsäädännön merkitys korostui opinnäytetyötä tehdessä, koska sähkö- ja elektroniikkalaiteromu on yksi nopeimmin kasvavista jätevirroista koko maailmassa. Erityisesti jäinkin pohtimaan tilannetta kehittyvissä maissa, joissa ehdottomasti tarvittaisiin myös yhtenäinen direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromun käsittelystä sekä standardisoituja elinkaaren loppuvaiheen toimintoja.

Yksi isoimmista haasteista opinnäytetyötä tehdessä oli laajasti vaihtelevat jätehuoltomääräykset eri alueiden välillä. Erityisesti yleisten kierrätysohjeiden laatiminen globaalin yrityksen tuotteelle vaati ottamaan huomioon määräysten suuren vaihtelevuuden. Mielestäni oli hyvä ratkaisu keskittyä pääasiassa toimintaan Euroopassa, koska EU-lainsäädäntöä sovelletaan laajasti maailmalla ja direktiivit ja asetukset asettavat perustan EU-maiden toiminnalle.

Vastaan tuli myös kysymys siitä, että jos osa koostuu kahdesta tai useammasta eri metallista, kuten alumiinista ja teräksestä, pitääkö materiaalit erotella purkamisvaiheessa, jos kummatkin materiaalit lajitellaan joka tapauksessa metallina. Metallien erottelu purkamisvaiheessa voi tehostaa jatkokäsittelyä, jossa materiaalit erotetaan esimerkiksi murskaamalla. Vaikka molemmissa tapauksissa, suoraan murskaus tai ensin purkaminen, tuloksena on materiaalien erottelu ja hyödyntäminen, on purkaminen ensin osiksi kannattavaa, koska silloin materiaalia saadaan enemmän talteen, jolloin hyödyntäminen on tehokkaampaa. Purkaminen ennen jatkokäsittelyä parantaa myös kierrätys- ja kierrätettävyyspotentiaalia.

Opinnäytetyön edetessä tuli myös ilmi suunnittelun merkitys elinkaaren loppuvaiheen toimien kannalta. Vaikka aiheen rajausta painottuu elinkaaren loppuvaiheeseen, on silti tärkeää tarkastella myös koko elinkaarta ja elinkaaren alun vaikutuksia elinkaaren loppuvaiheeseen. Opinnäytetyön konkreettisessa osassa käy selkeästi ilmi se, miten tuotesuunnittelussa tehty ratkaisu vaikuttaa purkamisen sujuvuuteen.

Projektin vaiheet voidaan jaotella karkeasti kirjallisen osuuden koostamiseen sekä käytännön työn toteuttamiseen. Käytössäni oli koko projektin ajan asiantunteva ohjausryhmä, jonka avustuksella projekti eteni sujuvasti ja sain tarvittavat välineet ja tilat käyttöön. Projekti eteni suunnitellusti ja aikataulun mukaisesti ja tavoiteltu lopputulos eli vaatimusten mukainen purkamis- ja kierrätysmanuaali saatiin aikaiseksi.

### **6.1 Projektin jatko ja keskeiset uudet ideat**

Projekti etenee opinnäytetyön jälkeen purkamis- ja kierrätysmanuaalin viimeistelyllä ja virallisen version luomisella. Tarkoitus olisi myös tuottaa muille tuoteperheen suojarieleille samanlainen purkamis- ja kierrätysohje.

Olisi hyödyllistä, jos sähkö- ja elektroniikkalaitteille saataisiin samanlainen direktiivi, kuin romuajoneuvoilla on purkamisesta käytöstä poistamisen jälkeen. Kun olisi laadittu direktiivi, jossa määritellään jo suunnitteluvaiheessa osien ja kiinnitysmekanismien vaatimukset, niin materiaaleja pystyttäisiin hyödyntämään paremmin ja kierrätysastetta saataisiin nostettua. Myös EU:n ekosuunnitteludirektiivissä on maininta, jonka mukaan valmistajien ja maahantuojaisten on varmistettava, että liitos-, kiinnitys- tai tiivistystekniikat eivät estä osien poistamista yleisesti saatavilla olevilla työkaluilla. Tämä ei täysin toteudu releen HMI:n purkamisessa ja se voisikin olla kehittämiskohde tulevaisuudessa. Esteenä liimauksen muuttamiselle on kuitenkin tuotteen tiukat laatuvaatimukset.

Kehityskohteena voisi mielestäni pohtia myös suojarieleen siirtymistä WEEE-direktiivin alaisuuteen. Suojarele voitaisiin luonteensa ja ominaisuuksiensa puolesta luokitella WEEE-direktiivin kategoriaan teollisuuden tarkkailu- ja valvontalaitteet, jolloin direktiiviä ja sen vaatimuksia voitaisiin soveltaa tuotteen osalta laajemmin. Kuulomalla direktiivin piiriin, voitaisiin parantaa suojarieleiden keräyksen, kierrätyksen ja käsittelyn laatua käytöstä poistamisen jälkeen sekä mahdollisesti lisätä osien uudelleenkäyttöä ja hyödyntämistä. Direktiiviin kuulumalla, tuottajalla on

suurempi vastuu elinkaaren loppuvaiheen toimintojen toteuttamisesta, jolloin yrityksen toimintaa voitaisiin kehittää entistä läpinäkyvämmäksi ja vastuullisemmaksi. Turvallisuussyistä laitteen käytöstä poistaminen vaatisi kuitenkin edelleen ammattihenkilön, eikä laite ole verrattavissa kuluttajaelektroniikkaan. Perusteluna direktiivin alaisuuteen siirtymiseen voisi mielestäni pitää myös sitä, että erään kilpailevan yrityksen suojareleet kuuluvat WEEE-direktiivin soveltamisalaan.

Suojareleiden osalta voisi selvittää, olisiko niiden valmistuksessa mahdollista käyttää kierrätysmateriaaleja tai kierrätettyjä osia. Jos esimerkiksi takaisinottopalvelun yhteydessä saataisiin otettua talteen käyttökelpoisia osia, voisiko niitä käyttää uudestaan samoissa tuotteissa. Opinnäytetyössä käsiteltävän tuotteen materiaaleista yli puolet on alumiinia, ja suurin osa alumiiniosista on yhtä kierrätettävää materiaalia, eli pelkkää alumiinia. Alumiini on kestävä materiaali, joten voisi kuvitella sen olevan otollinen uudelleenkäytölle. Elektroniikkaosien uudelleenkäyttö sellaisenaan tuskin on mahdollista tai turvallista, mutta niistä saadaan uusiokäyttöön arvokkaita materiaaleja.

## LÄHTEET

A 1272/2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus aineiden ja seosten luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta. Liite VI. Annettu 16.12.2008. Konsolidoitu versio 17.12.2022. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20221217&from=FI>

A 1907/2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH). Annettu 18.12.2006. Konsolidoitu versio 28.4.2020. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20200428&from=fi>

A 2019/2021. Komission asetus elektronisten näyttöjen ekologista suunnittelua koskevista vaatimuksista Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY nojalla. Liite 2. Annettu 1.10.2019. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2021&from=EN>

A 179/2012. Valtioneuvoston asetus jätteistä. Liite 4: Jäteluettelo. Finlex. Viitattu 26.3.2023. <https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6094.pdf>

A 3.7.2014/519. Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta. Finlex. Viitattu 20.1.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140519>

ABB. 2023. Protection and control REX640. <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/protection-relays/multiapplication/protection-and-control-rex640>

ABB Library. 2022. Environmental Product Declaration (EPD), REX640 Protection and Control Relay. <https://library.abb.com/d/2RCA057421>

ABB Library. 2023. Protection and control REX640, All-in-one protection for any power distribution application, Leaflet. <https://library.abb.com/d/1MRS758937>

ABB Library. 2021. Protection and control REX640, Installation manual. <https://library.abb.com/d/1MRS759115>

ABB Library. 2021. Protection and control REX640, Product guide. <https://library.abb.com/d/1MRS759144>

ABB Library. 2021. Protection and control REX640, Technical manual. <https://library.abb.com/d/1MRS759142>

ABB Library. 2022. REACH Declaration. <https://library.abb.com/d/9AKK108466A9038>

ABB Review. 2022. Circularity. Viitattu 8.4.2023. <https://new.abb.com/news/detail/91320/circularity>

CEN-CENELEC. 2023. European Standards. <https://www.cencenelec.eu/european-standardization/european-standards/>

Dir 2009/125/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista. Annettu 21.10.2009. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=EN>

Dir 2008/98/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. Annettu 19.11.2008. Konsolidoitu versio 5.7.2018. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0098-20180705&from=FI>

Dir 2000/53/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi romuajoneuvoista. Annettu 18.9.2000. EUR-Lex. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0010.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0010.02/DOC_1&format=PDF)

Dir 2012/19/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta. Annettu 4.7.2012. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=FI>

Dir 2011/65/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Annettu 8.6.2011. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2011/65/oj>

Dir 2011/65/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Annettu 8.6.2011. Konsolidoitu versio 1.3.2020. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011L0065-20200301&from=EN>

ECHA. Registered substances. <https://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals/registered-substances>

ECHA. 2021. REX640 Display. <https://echa.europa.eu/fi/factsheet/-/factsheet/49549504>

ECHA. 2021. REX640 Max BOM. <https://echa.europa.eu/fi/factsheet/-/factsheet/53163994>

ECHA. SCIP. <https://echa.europa.eu/fi/scip>

ECHA. SCIP-infografiikka. <https://echa.europa.eu/fi/scip-infographic>

ECHA. December 2021. Tools to refer to SCIP data already submitted to ECHA. [https://echa.europa.eu/documents/10162/13567/tools\\_to\\_refer\\_to\\_already\\_submitted\\_sip\\_data\\_en.pdf/50ca0226-83d4-d967-f45e-203d04717ddd](https://echa.europa.eu/documents/10162/13567/tools_to_refer_to_already_submitted_sip_data_en.pdf/50ca0226-83d4-d967-f45e-203d04717ddd)

Eduljee, G. H. & Harrison, R. M. 2019. Royal Society of Chemistry. Electronic waste management. Ebook Central. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vamklibrary-ebooks/detail.action?docID=5899842>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). 2022. Testaa, koskeeko yritystäsi tuottajavastuu. Viitattu 8.3.2023. <https://www.ely-keskus.fi/-/testaa-koskeeko-yrityst%C3%A4si-tuottajavastuu>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). 2023. Tuottajavastuu: lainsäädäntö. Viitattu 8.3.2023. <https://www.ely-keskus.fi/web/tuottajavastuu/lainsaadanto>

Euroopan komissio. Romuajoneuvot – EU-sääntöjen tarkistaminen. [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12633-Romuajoneuvot-EU-saantojen-tarkistaminen\\_fi](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12633-Romuajoneuvot-EU-saantojen-tarkistaminen_fi)

Euroopan parlamentti. 2022. Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? Viitattu 9.2.2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>

European Commission. Key players in European Standardisation. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/key-players-european-standardisation\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/key-players-european-standardisation_en)

European Commission. 2014. REACH and directive 2011/65/EU (RoHS) a common understanding. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/5804/attachments/1/translations>

European Commission. Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE). [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee_en)

European Parliament. 2016. Closing the loop. New circular economy package. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS\\_BRI\(2016\)573899\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI(2016)573899_EN.pdf)

Eurostat. 2010. Guidance on classification of waste according to EWC-Stat categories. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351806/Guidance-on-EWCStat-categories-2010.pdf/0e7cd3fc-c05c-47a7-818f-1c2421e55604>

FPNP (Fight Pollution, Not Plastics). 2020. Circular Economy What and Why. <https://fpnpindia.com/article-details/Circular%20Economy%20What%20and%20Why>

GESP (the Global E-waste Statistics Partnership). 2022. Consultation on the Methodology for Measuring the Global Progress of E-waste Legislation. [https://globalewaste.org/wp-content/uploads/2022/05/CONSUL\\_1.pdf](https://globalewaste.org/wp-content/uploads/2022/05/CONSUL_1.pdf)

GESP (the Global E-waste Statistics Partnership). 2020. The Global E-waste Monitor 2020. [https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM\\_2020\\_def\\_july1\\_low.pdf](https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf)

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). Jätehuoltomääräykset. Viitattu 29.1.2023 <https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/jatehuoltomaaraykset/>

Horowitz, S. H. & Phadke, A. G. 2014. John Wiley & Sons. Power System Relaying. Fourth Edition. Ebook Central. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vamklibrary-ebooks/detail.action?docID=7103964>

IEC/TR 62635. Guidelines for end-of-life information provided by manufacturers and recyclers and for recyclability rate calculation of electrical and electronic equipment. Geneva: International Electrotechnical Commission. 2012. 36 s.

International Electrotechnical Commission (IEC). 2023. IEC 62474 – Material Declaration for Products of and for the Electrotechnical Industry. <https://std.iec.ch/iec62474>

International Electrotechnical Commission (IEC). 2023. Understanding standards. <https://www.iec.ch/understanding-standards>

International Electrotechnical Commission (IEC). 2023. Who we are <https://www.iec.ch/who-we-are>

International Organization for Standardization (ISO). About us. <https://www.iso.org/about-us.html>

L 17.6.2011/646. Jätelaki. Finlex. Viitattu 14.1.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>

Lakeuden Etappi. 2023. Jätehuolto osana arjen kiertotaloutta. <https://www.etappi.com/jateneuvonta/jatehierarkia-ohjaa-toimintaa/>

Printtivalmiste. 2020. Piirilevyjen ABC. Viitattu 15.3.2023. <https://www.printtivalmiste.fi/piirilevyjen-abc>

Pro Riskienhallinta. Ympäristöriskit. <https://www.riskienhallinta.org/ymparistoriskit>

RoHS Guide. 2023. WEEE Compliance. Viitattu 1.3.2023. <https://www.rohsguide.com/rohs-weee.htm>

SER-kierrätys. 2012. Mitä on SER?. Viitattu 24.1.2023. <https://serkierratys.fi/fi/kuluttajille/mitae-on-ser>

SESKO. 2023. SFS-/IEC-/EN-standardit. Viitattu 15.2.2023. <https://sesko.fi/standardit/sfs-iec-en-standardit/>

SFS-EN 45555. General methods for assessing the recyclability and recoverability of energy-related products. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2019. 25 s.

SFS-EN 50419. Marking of electrical and electronic equipment (EEE) in respect to separate collection of waste EEE (WEEE). Painos 2. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2022. 12 s.

SFS-EN IEC 62474. Material declaration for products of and for the electrotechnical industry. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2019. 40 s.

SFS-EN 50614. Requirements for the preparing for re-use of waste electrical and electronic equipment. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 2020. 36 s.

Stena Recycling. Vaaralliset jätteet. Viitattu 3.4.2023. <https://www.stenarecycling.fi/palvelut/materiaalien-kierratys/vaarallinen-jate/>

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). ISO 14000 Ympäristöjohtamisen standardisarja. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/iso-14000-ymparistojohtamisen-standardisarja/>

Suomen standardisoimisliitto (SFS). Standardien hyödyt. <https://sfs.fi/standardeista/standardien-hyodyt/>

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). 2015. ISO 14001. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/394293.html.stx>

TEPA-termipankki. <https://termipankki.fi/tepa/fi/>

Tieteen kansallinen termipankki (TTP). <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Termipankki:Etusivu>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). REACH – Rekisteröinti, luvat ja rajoitukset. Viitattu 11.2.2023. <https://tukes.fi/kemikaalit/reach#cb572e19>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu – SER, WEEE. Viitattu 25.1.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkolaitteiden-vaatimuksia/sahko-ja-elektroniikkalaiteromu-ser-weee>



Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Vaaralliset aineet sähkö- ja elektroniikkalaitteissa – RoHS. Viitattu 9.2.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkolaitteiden-vaatimuksia/vaaralliset-aineet-sahko-ja-elektroniikkalaitteissa-rohs>

Valmistajat. ISO standardit. <https://valmistajat.fi/standardit/iso-standardit>

Virtanen, T. 2023. Ylitarkastaja. Pirkanmaan ELY-keskus. Sähköposti 11.4.2023

Yleinen suomalainen ontologia (YSO). <https://finto.fi/yso/fi/>

Ympäristöministeriö. Jätelainsäädäntö. Viitattu 26.2.2023. <https://ym.fi/jatelainsaadanto>

Your Europe. 2022. SER-merkintä. Viitattu 9.2.2023. [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/weee-label/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/weee-label/index_fi.htm)

Your Europe. 2022. Sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskevat velvoitteet. Viitattu 10.2.2023. [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/recycling-waste-management/weee-responsibilities/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/recycling-waste-management/weee-responsibilities/index_fi.htm)

## LIITTEET

LIITE 1. Purkamis- ja kierrätysmanuaali

---

# End-of-Life Instructions

## REX640 Protection and Control Relay

### Contents

<b>1. Construction characteristics</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Personal protective equipment (PPE)</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Tools needed</b> .....	<b>6</b>
<b>4. Disassembly procedure</b> .....	<b>7</b>
4.1. Disassembly of the relay .....	7
4.2. Disassembly of modules .....	12
4.3. Disassembly of the HMI.....	17
<b>5. Material composition</b> .....	<b>20</b>
<b>6. Recyclability potential</b> .....	<b>21</b>
<b>7. Calculation of CO<sub>2</sub> emissions</b> .....	<b>21</b>
<b>8. List of all parts</b> .....	<b>22</b>

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	1/25

# For your safety

- Ensure that no cables are connected to the device and that the device is de-energized before starting the disassembly.
- Ensure that the disassembly environment is suitable for carrying out this activity.
- Verify that all operations of disassembly are carried out by qualified personnel with adequate knowledge of the disassembly and disposal process.
- Ensure that during all operations of disassembly, the requirements are complied with regulations and laws, for the execution of the installations in accordance with the rules of good engineering and safety at work.
- Verify that the personnel conducting the disassembly activity has this instruction manual and the necessary information available for proper operation.
- Follow this manual thoroughly.
- Observe the relevant information in the manual for all actions involving the framework.



## Critical messages:

Pay special attention to the information indicated in the manual with the following symbol.

# Scope of application

The purpose of this manual is to provide specific and safe instructions for the proper disassembly of the protection relay. At the same time, this manual provides the correct instructions for an easy component recycling process to maximize it. These end-of-life instructions are intended for use by customers and recycling companies which outline the responsible recycling or disposal method of the ABB product.

You will also find information about the raw materials, weight, EWC code of each component, energy consumption and an estimation of the greenhouse gas emissions emitted during this process.

This manual does not include and describe how to de-install the product from the installation site.

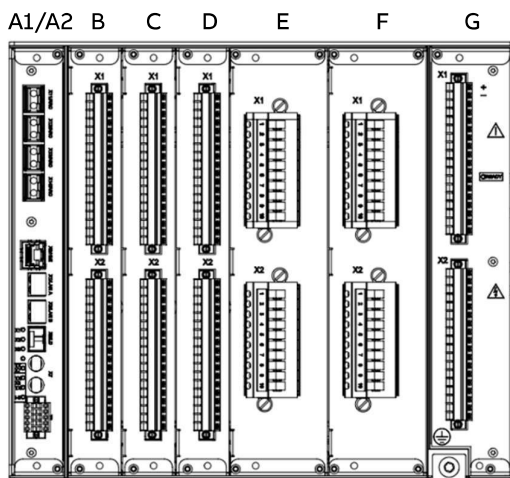


**Before disassembly, be sure to read and follow this manual**

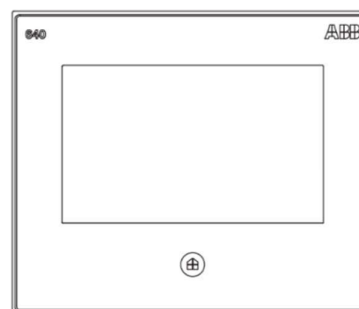
STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	<a href="#">Click or tap here to enter text.</a>	A	en	2/25

# 1. Construction characteristics

REX640 is an all-in-one protection and control relay used in advanced power distribution and generation applications with unmatched flexibility available during the complete life cycle of the device. The relay has a modular design for both hardware and software, which allows customization and modification flexibility, and adaptation to changing protection requirements. REX640 relays are used in utility, industrial, transport and infrastructure applications for protection, control, measurement, and supervision of power distribution systems. The HMI is used for monitoring and controlling the REX640 protection relay and the related processes.



Relay hardware



HMI

Table 1 Overall dimensions on REX640

Description		Value	
		Relay	HMI
<b>Width</b>		304.0 mm	212.5 mm
<b>Height</b>		264.8 mm	177.5 mm
<b>Depth</b>	With compression type CT/VT connectors	242.2 mm	57.6 mm
	With ring lug type CT/VT connectors	254.1 mm	
	With grounding bar	274.0 mm	
<b>Weight</b>	Without mounting accessories	6.9...9.3 kg	1.3 kg

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	3/25

The relay has mandatory and optional slots. A mandatory slot always contains a module, but an optional slot may be empty, depending on the configuration ordered. Due to the modular nature of the product, there is a significant variation within the REX640 in terms of disassembly. A reference configuration is therefore shown in this manual. The reference configuration is a coated version and has all module slots filled. Disassembly instructions for the HMI are also included.




Table 2 Reference configuration module information

Slot	Description	Module
	Base functionality	REX640B10NN
<b>A1</b>	ARC module	ARC1001
<b>A2</b>	Communication module	COM1002
<b>B</b>	Binary input/output module	BIO1001
<b>C</b>	Binary input/output module	BIO1002
<b>D</b>	Resistance temperature detector module	RTD1001
<b>E</b>	Analogue input module	AIM1001
<b>F</b>	Analogue input module	AIM1001
<b>G</b>	Power supply module	PSM1003

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	4/25

## 2. Personal protective equipment (PPE)





To perform disassembly activities safely, the following PPE must be used throughout the process.

No.	Name	Standard	Icon
1	Cut-protection gloves	EN388:2016 Protection levels: abrasion 4, cut resistance 3, tear resistance 4, puncture resistance 2, cut resistance B	
2	Safety footwear	EN ISO 20345:2011 Protection level: S1P	
3	Safety glasses	EN166	

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	5/25

### 3. Tools needed

The following tools are needed to perform disassembly activities.

No.	Name	Application	Icon
1	Electrical or regular screw-driver TX10	Removing of most screws	
2	Electrical or regular screw-driver TX20	Removing of grounding screws	
3	Wrench size 7 mm	Removing of relay's grounding pins	
4	Small flat head screw-driver	Lifting parts	

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	6/25

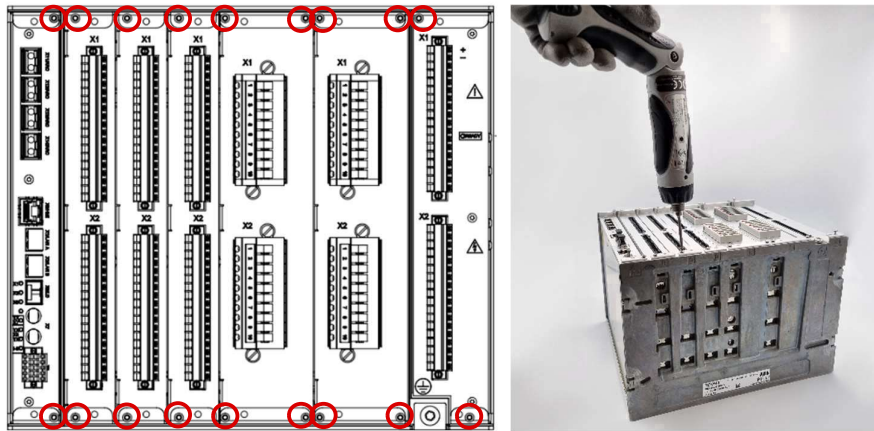
## 4. Disassembly procedure

Follow this step-by-step procedure to simplify and optimize the recycling process.

### 4.1. Disassembly of the relay

#### Removal of modules

- a) Remove the 18 screws from all modules or cover plates with TX10 screwdriver.



- b) Take the modules out one by one by lifting them from the sides. Make sure you lift them straight up, evenly from both ends, so they don't get stuck in the module guide rails. This might require some force.



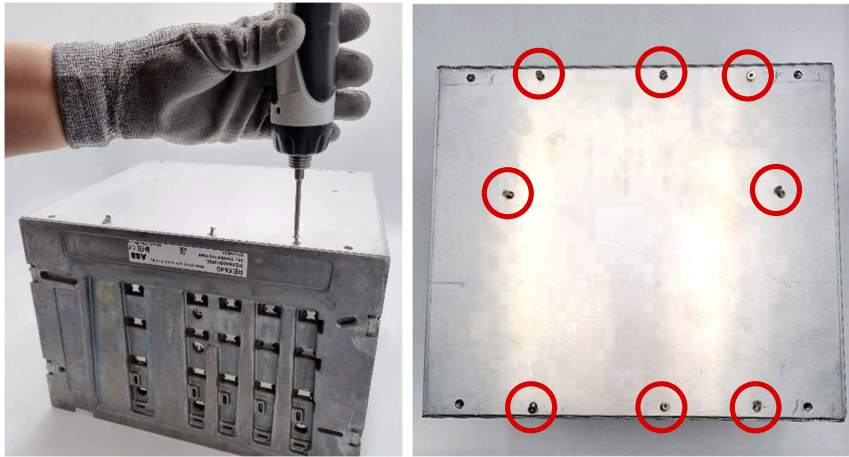
**Note!** In this reference product all the slots are filled with modules but in case of an empty module slot, remove the front cover plate and recycle it as aluminum.

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	7/25

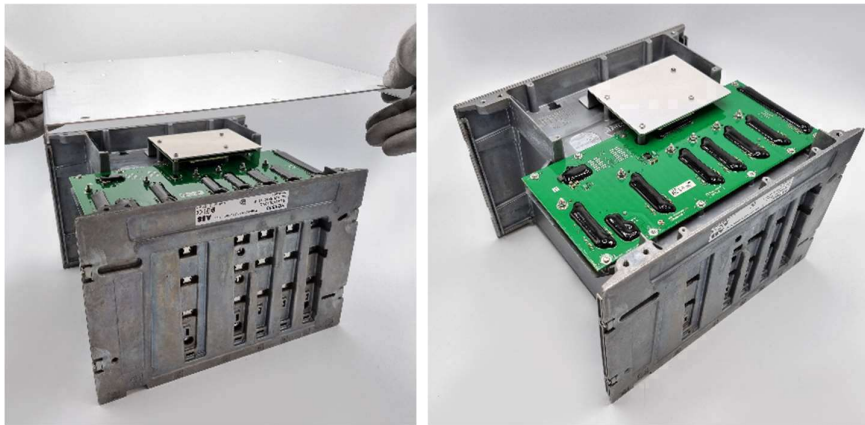


## Cover plate

- a) Turn the relay upside down and remove the 8 screws from the cover plate with TX10 screwdriver.



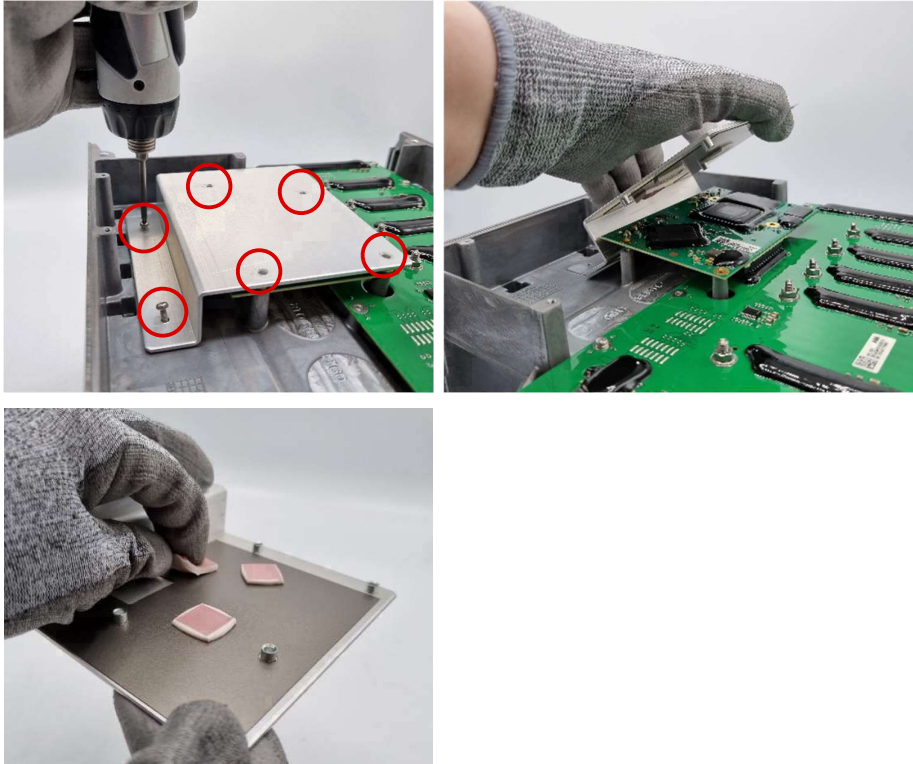
- b) Take the cover plate off by lifting it.



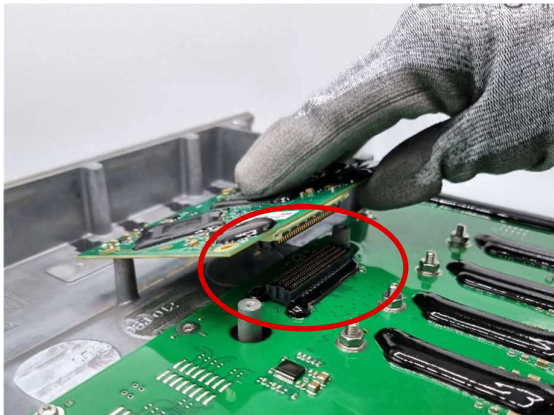
STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	<a href="#">Click or tap here to enter text.</a>	A	en	8/25

## CPU module

- a) Remove the 6 screws with TX10 screwdriver and take off the heat sink. The heat pads can be easily peeled off.



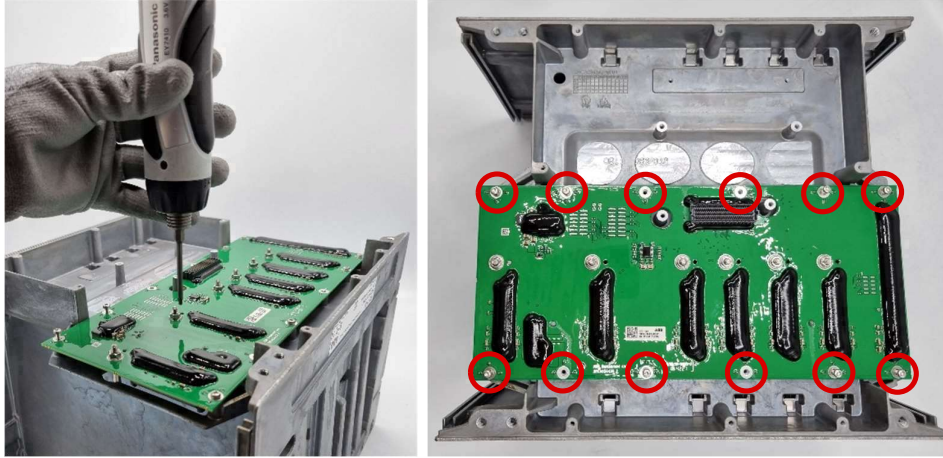
- b) CPU module is connected to the BPL module. Snap the CPU module off the connector to remove it.



STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	<a href="#">Click or tap here to enter text.</a>	A	en	9/25

## BPL module

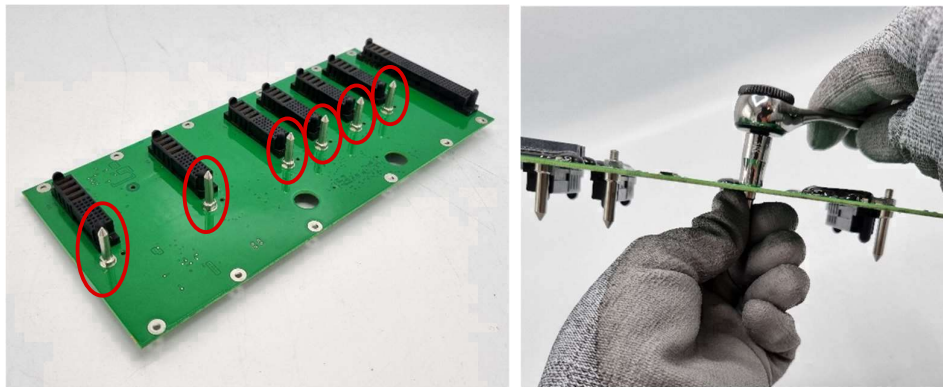
- a) Remove the 12 screws with TX10 screwdriver.



- b) Lift the BPL module to remove it.



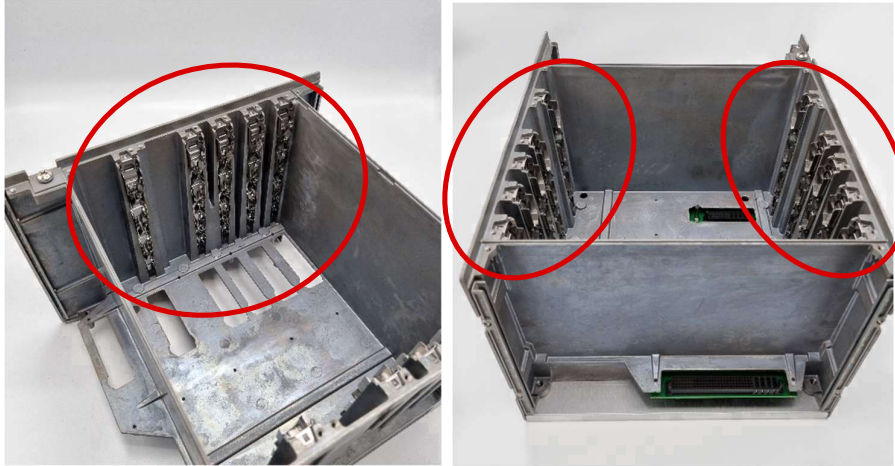
- c) Remove the 6 grounding pins from the main board with a size 7 mm wrench.



STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	10/25

## Enclosure

- a) Inside the enclosure are 10 module guide rails.



- b) The module guide rails can be removed with a small flat head screwdriver. Snap off the module guide rail from the top with the screwdriver. Then snap the module guide rail off the 3 holes on the other side of the enclosure. After that, the module guide rail comes off easily.



- c) Remove the grounding screw with TX20 screwdriver.



STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	11/25

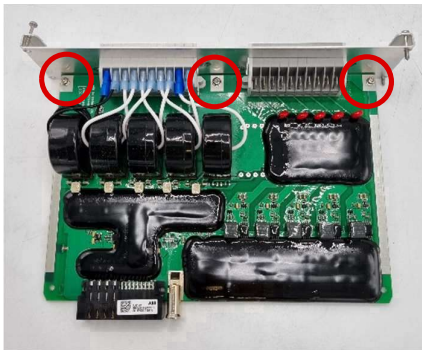
## 4.2. Disassembly of modules

### I/O modules

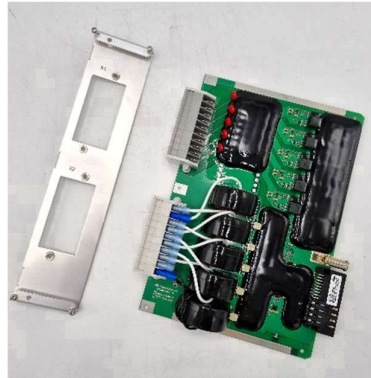
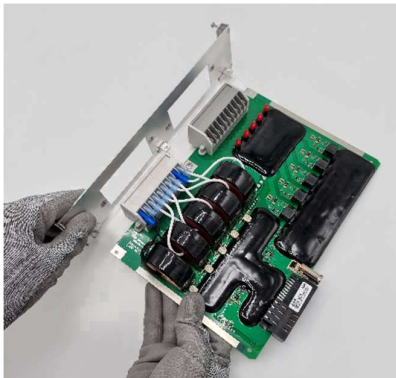


Analog input module AIM1001

- a) Remove the 3 screws with TX10 screwdriver.



- b) The metal plate can be removed.



STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	12/25

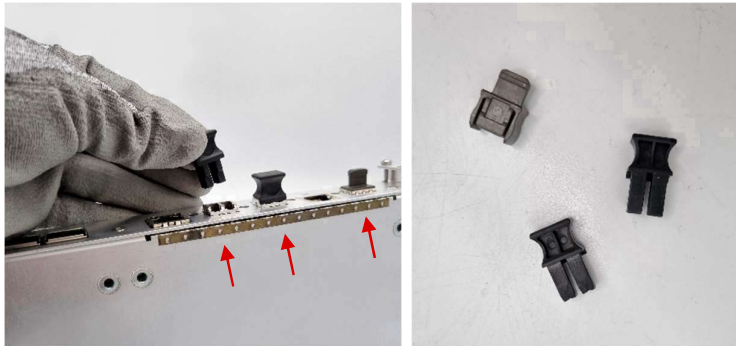
The same procedure applies to:

- BIO modules
- AIM modules
- RTD modules
- SIM modules

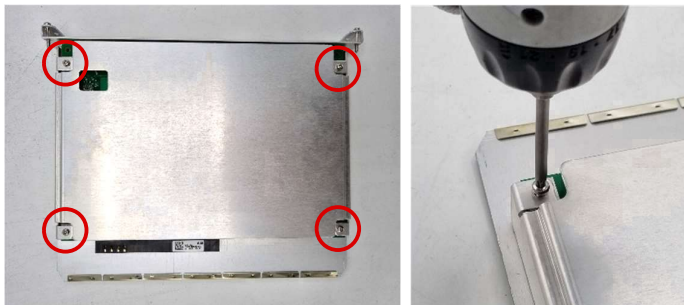
## Communication module and ARC module



a) Remove the 3 dust caps.



b) Remove the 4 screws with TX10 screwdriver.

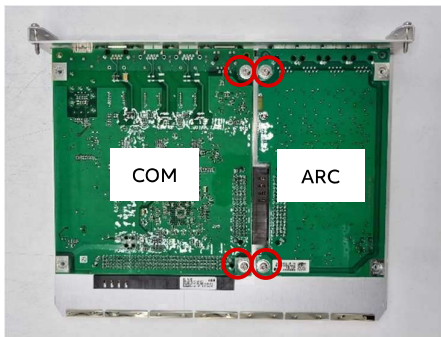


STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	13/25

c) Lift the metal plate.



d) Remove the 4 screws with TX10 screwdriver.

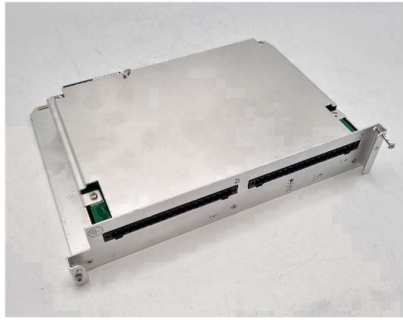


e) Lift to remove the board (COM&ARC).

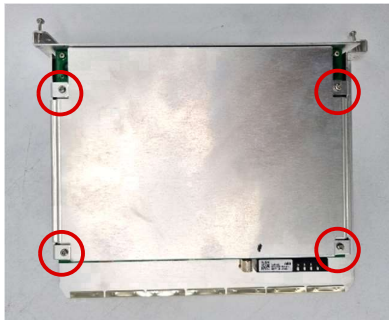


STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	14/25

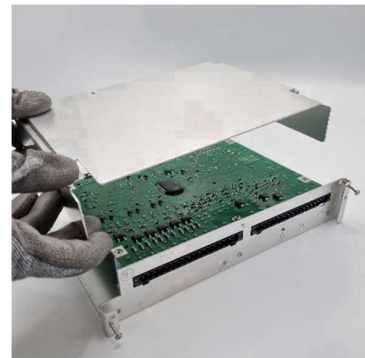
## Power supply module PSM1003



a) Remove the 4 screws with TX10 screwdriver.



b) Lift the metal plate.



c) Remove the 2 screws with TX10 screwdriver.



d) Turn the module and remove the 4 screws with TX10 screwdriver.



STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	15/25



e) Lift to remove the PSM board.



f) Remove the 3 dust caps.



g) Lift to remove the metal parts.



h) Separate the mounting clips from the heat sinks by removing the 2 screws with TX10 screwdriver.



STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	16/25

### 4.3. Disassembly of the HMI

#### Back plate

- a) Remove the 4 screws with TX10 screwdriver.



- b) Remove the grounding screw with TX20 screwdriver.

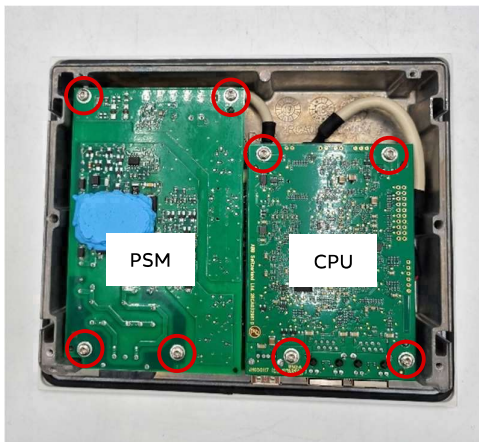


- c) Remove the back plate. This might require some force. A flat head screwdriver can be used to lift the cover from the sides.



#### PSM and CPU modules

- a) Remove the 8 screws with TX10 screwdriver.



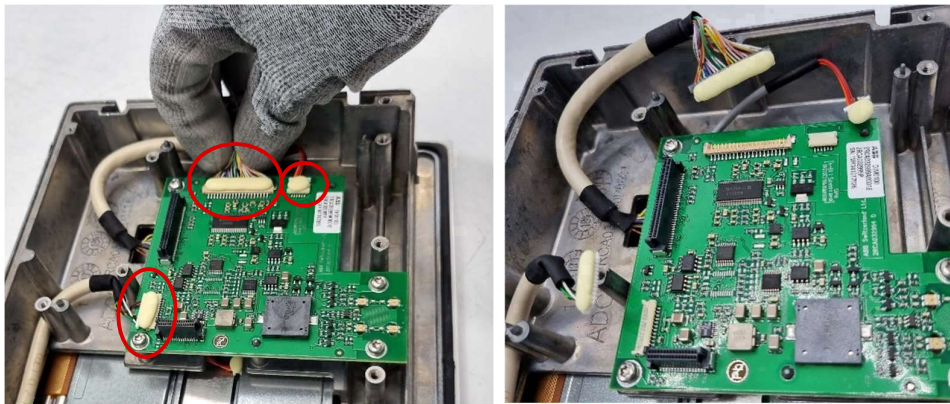
STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	17/25

b) Lift to remove the 2 modules.

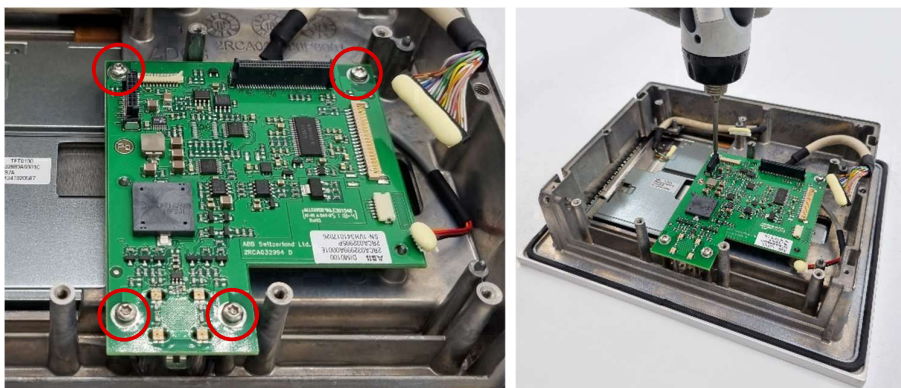


### DIM module

a) Remove the 3 cables by pulling them away from the module



b) Remove the 4 screws with TX10 screwdriver.



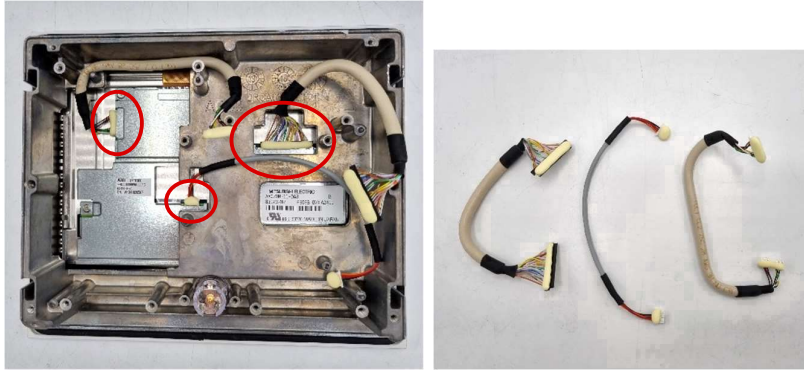
c) Lift to remove the DIM module.

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	18/25

© Copyright 2023 ABB. All rights reserved.

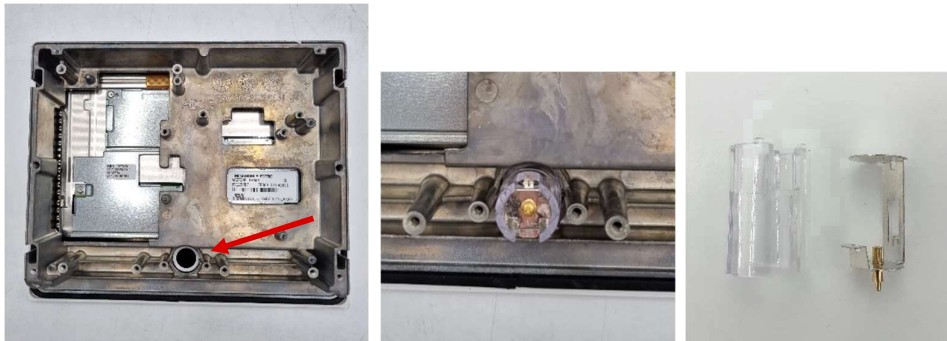
## Cables

- a) Remove the cables by pulling them away from the metal parts

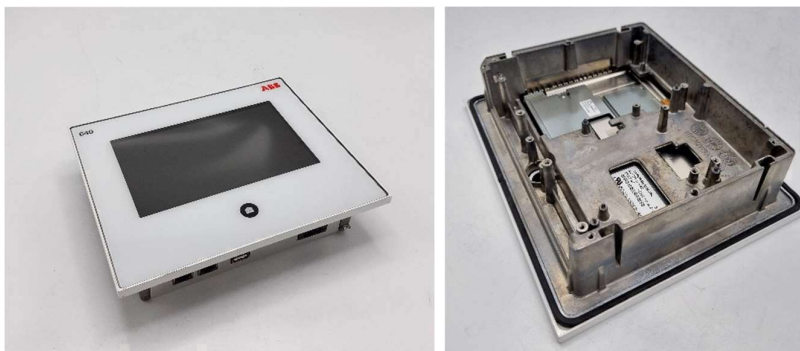


## Housing & screen

- a) Remove the light guide and the touch button contact assembly.



- b) The parts cannot be disassembled further because the screen is strongly glued to the housing.



**For safety reasons the HMI should not be disassembled further.  
Remaining part can be put in a shredding machine.**

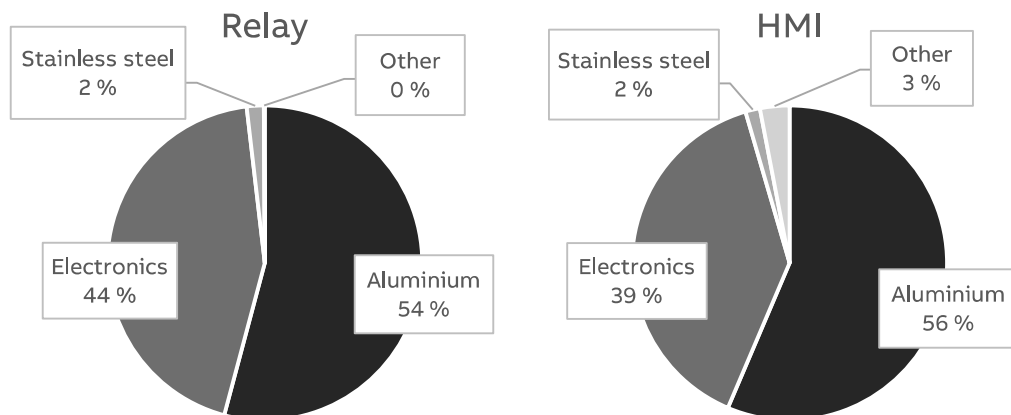
STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	19/25

## 5. Material composition

The reference configuration weighs 8.64 kg, including the maximum of 8 slots in terms of hardware. The reference product's HMI weighs 1.33 kg excluding mounting accessories. Electronics are typically composed of various plastics, copper, and precious metals.

Table 3 Material composition of the reference product

Device	Material	Dismantled	Weight kg	Weight %
Relay	Aluminum	Yes	4.68	54
	Electronics	Yes	3.80	44
	Stainless steel	Yes	0.15	2
	Other	Yes	0.01	0
	Total		8.64	100
HMI	Aluminum	Yes	0.12	56
		No	0.63	
	Electronics	Yes	0.22	39
		No	0.30	
	Stainless steel	Yes	0.02	2
	Polycarbonate	Yes	0.003	0
	Other	No	0.04	3
	Total		1.33	100



Material composition of the reference configuration and HMI

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	20/25

## 6. Recyclability potential

The recyclability potential of the reference configuration and HMI are calculated using the end-of-life scenario given by IEC/TR 62635, Annex D.3, which is representative for Europe. The dismantling of single recyclable materials is considered, which result in a higher recyclability potential. After recycling, the materials are assumed to go through energy recovery and finally, sent for residue disposal.

Table 4 Recyclability and energy recovery potential of the reference configuration and HMI

Product	Recyclability potential	Recovery potential after recycling
REX640, full relay	61 %	19 %
REX640 HMI	60 %	6 %

According to IEC/TR 62635, almost all components of the relay can be sent for recycling. However, due to the unavailability of data, the silicon-based materials are not considered recyclable and can be sent directly for energy recovery. The total weight of the silicone-based materials are 5 g, and the total weight of the reference product is 9.97 kg, which means that only 0.05 % of all the materials can be sent directly for energy recovery.

## 7. Calculation of CO<sub>2</sub> emissions

Energy consumption and the CO<sub>2</sub> equivalent emissions are calculated for the disassembly process. CO<sub>2</sub> emissions are caused by the energy consumption of the electrical screwdriver. When using manual screwdriver, CO<sub>2</sub> emissions are 0 kg CO<sub>2</sub>-eq. The energy consumption of the disassembly process is calculated using the following formula:

$$E_{\text{use}} = n_{\text{screws}} * P_{\text{screwdriver}} * t_{\text{screwing}} = 97 * 5.4 \text{ W} * 1.5 \text{ s} / 3600 = 2.18 * 10^{-4} \text{ kWh}$$

For calculating the global warming potential, an emission factor of 0.40 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh is assumed, which is representative for Europe:

$$\text{GWP} = E_{\text{use}} * \text{EF} = 2.18 * 10^{-4} \text{ kWh} * 0.40 \text{ CO}_2\text{-eq/kWh} = 8.73 * 10^{-5} \text{ kg CO}_2\text{-eq}$$

Table 5 Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions of the disassembly process

	Values
Energy consumption	2.18 * 10 <sup>-4</sup> kWh
CO <sub>2</sub> emissions	8.73 * 10 <sup>-5</sup> kg CO <sub>2</sub> -eq

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	21/25


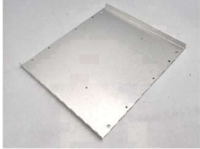



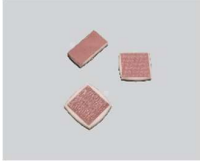
## 8. List of all parts

In the table 6 you can find listed all the parts disassembled in the instructions. Waste classification is based on EWC (European Waste Catalogue).



**Waste management regulations vary depending on the region. Check your local regulations to ensure proper recycling.**

Table 6 Component information











No.	Name	Material	EWC code	Weight [kg]	Icon
<b>Relay (coated)</b>					
1	Enclosure	Aluminum	19 12 03	3.12	
2	Cover plate	Aluminum	19 12 03	0.32	
3	CPU module	Electronics	16 02	0.07	
4	BPL module	Electronics	16 02	0.30	
5	Heat sink	Aluminum	19 12 03	0.11	
6	Thermal pads	Silicone based	19 12 12	0.003	

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	22/25








No.	Name	Material	EWC code	Weight [kg]	Icon
7	Communication module (COM1902)	Electronics	16 02	0.31	
8	BIO module (BIO1901)	Electronics	16 02	0.32	
9	BIO module (BIO1902)	Electronics	16 02	0.41	
10	RTD module (RTD1901)	Electronics	16 02	0.26	
11	AIM module (AIM 1901)	Electronics	16 02	0.78	
12	AIM module 2 (AIM 1901)	Electronics	16 02	0.78	
13	Power supply module (PSM1903)	Electronics	16 02	0.57	
14	Front plate narrow	Aluminum	19 12 03	0.09 3 pcs	
15	Front plate wide	Aluminum	19 12 03	0.10 2 pcs	
16	COM module enclosure	Aluminum	19 12 03	Part 1: 0.16 Part 2: 0.27 Total: 0.43	
17	PSM module enclosure	Aluminum	19 12 03	Part 1: 0.18 Part 2: 0.31 Total: 0.49	

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	23/25



No.	Name	Material	EWC code	Weight [kg]	Icon
18	COM module dust caps	PC-ABS	19 12 04	0.003 3 pcs	
19	PSM module dust caps	Silicone based	19 12 12	0.002 3 pcs	
20	Heat sink 1	Aluminum	19 12 03	0.007	
21	Heat sink 2	Aluminum	19 12 03	0.01	
22	Mounting clip	Stainless steel	19 12 02	0.004 2 pcs	
23	Module guide rail	Stainless steel	19 12 02	0.08 10 pcs	
24	Grounding pins	Stainless steel	19 12 02	0.03 6 pcs	
25	Screws, nuts, and washers	Stainless steel	19 12 02	0.05 80 pcs	
<b>HMI (not coated)</b>					
26	Back plate	Aluminum	19 12 03	0.12	
27	PSM module	Electronics	16 02	0.12	

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	24/25

No.	Name	Material	EWC code	Weight [kg]	Icon
28	CPU module	Electronics	16 02	0.05	
29	DIM module	Electronics	16 02	0.03	
32	Cables	Copper cables	16 02	0.02 3 pcs	
33	Light guide	Polycarbonate	19 12 04	0.003	
34	Touch button contact assembly	Stainless steel	19 12 02	0.001	
35	Housing & screen	Aluminum, electronics, glass	16 02	0.97	
36	Screws and washers	Stainless steel	19 12 02	0.02 17 pcs	

STATUS	SECURITY LEVEL	DOCUMENT ID.	REV.	LANG.	PAGE
Draft	Public	Click or tap here to enter text.	A	en	25/25