



# TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
LUT School of Energy Systems  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Ville Timonen

## **Käytöstä poistettujen CCA-kyllästettyjen sähköpylväiden käsittelymahdollisuudet ja jälkimarkkinat**

Diplomityö

2017

84 sivua, 3 kuvaa, 5 taulukkoa ja 3 liitettä

Työn tarkastaja(t): Professori Mika Horttanainen  
Tutkijatohtori (Tkt) Sanni Väisänen  
Työn ohjaaja(t): Professori Mika Horttanainen  
Tutkijatohtori (Tkt) Sanni Väisänen

Hakusanat: CCA, kierrätys, kyllästetty puu, loppusijoitus, sähköpylväs, uusiokäyttö, energiahyötykäyttö

Arseenia, kromia ja kuparia sisältävä CCA-kyllästetty puu on vaaralliseksi jätteeksi luokiteltu materiaali, jota on käytetty ympäri maailman 1940-luvulta lähtien muun muassa puisten sähköpylväiden valmistamiseen. CCA-kyllästysaineen käyttö kiellettiin Euroopassa kokonaan puunsuoja-aineena 2007, jonka jälkeen materiaalin omistajilla on ollut tarve päästä eroon käytöstä poistuvasta kyllästetystä puumateriaalista.

Tämän diplomityön tarkoitus on tarkastella CCA-kyllästetyn puisten sähköpylväiden jatkokäsittelymahdollisuuksia ja jälkimarkkinoita ja löytää mahdollinen ratkaisu uusiokäyttöä, kierrättää, energiahyötykäyttää tai hävittää työn Elenia Oy:n hallinnoimia käytöstä poistuvia puupylväitä yhteistyössä työn asiakasyrityksen Fincumet Oy:n kanssa. Työ toteutettiin keräämällä tietoa tämänhetkisestä lainsäädännöstä, joka materiaalia koskee ja määrittää käytännön mahdollisuudet käsitellä CCA-kyllästettyä puuta kartoittamalla alan yrityksiä ja organisaatioita siten, että materiaali saataisiin hyödynnettyä kannattavasti.

Työn tuloksina todetaan, että uusiokäyttö- ja kierrätysmahdollisuudet tällä hetkellä ovat pieniä ja tekniikka materiaalin puhdistamiseen on vielä kehitteillä tai ei kustannustehokasta. Loppusijoituksen ei todeta olevan mahdollinen vaihtoehto korkeiden haitta-ainepitoisuuksien takia. Täten energiahyötykäytön määrittellään olevan toistaiseksi realistisin vaihtoehto käsitellä CCA-kyllästettyä puuta, mutta samalla todettiin tarve seurata kehitteillä olevien tekniikoiden ja kilpailukykyisten innovaatioiden kehitystä jatkossa tai kehittää uusia ratkaisumalleja itse.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
LUT School of Energy Systems  
Degree Programme in Environmental Technology

Ville Timonen

### **The management options and aftermarkets of decommissioned CCA impregnated power poles**

Master's Thesis

2017

84 pages, 3 figures, 5 tables and 3 appendices

Examiner: Professor, Mika Horttanainen  
Post-Doctoral Researcher, Sanni Väisänen  
Instructor: Professor, Mika Horttanainen  
Post-Doctoral Researcher, Sanni Väisänen

Keywords: CCA, impregnated wood, saturated wood, electric utility pole, power pole, reuse, recycling, disposal, waste-to-energy

Wood material that has been treated with arsenic, copper and chrome (CCA) is a material that has been used since the 1940s to manufacture utility poles, but the material has currently been classified as a hazardous waste. Its use has been banned as a wood preservative in Europe in 2007, which lead to owners of such material with a need to dispose of the decommissioned material.

The purpose of this master's thesis was to study the management options and aftermarkets of used CCA (copper, chrome, arsenate) impregnated wooden power poles in Finland, EU and OECD countries and to find a way to reuse, recycle, utilize as energy or dispose of the impregnated wooden utility poles managed by Elenia Oy Ltd in co-operation with the client company of this study Fincumet Oy Ltd. The study was carried out by collecting information on the current level of legislation concerning the material and find out whether there were practical opportunities to manage the material in a way, that it could be utilized in a beneficial way.

The results of this study indicated, that the opportunities to reuse or recycle CCA-impregnated wood were currently minimal and that the technology for remediation are still being developed or not deemed cost-effective. Disposal in a landfill is not considered plausible due to the high amount of hazardous chemicals in the material. Waste to energy was discovered to still be the most effective way manage the material for now. In addition, there will be a need to follow the development of current technologies and to look for the appearance of competitive innovations or find new ways to market the material in the future.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö käsittelee CCA-kyllästettyjen puisten sähköpylväiden jatkokäyttömahdollisuuksia ja jälkimarkkinoita Euroopassa ja sen lähialueilla. Työ on tehty tutkimuksena työn tilaajille Fincumet Oy:lle sekä Elenia Oy:lle.

Kiitos Fincumet Oy:n toimitusjohtajalle Samuli Järvensivulle sekä Teemu Tanskaselle Quux Oy:n puolelta, jotka hakivat tähän työhön tekijää Lappeenrannan teknillisen yliopiston kautta ja antoivat minulle mahdollisuuden tehdä tutkimus tästä aiheesta. Lisäksi haluan kiittää Fincumet Oy:n strategista ostajaa Marcus Suokasta ja Elenia Oy:n projekti-insinööriä Stiina Vileniusta avustamisesta tutkimuksen suorittamisen aikana tiedonkeruun ja muiden selvitysten kanssa. Kiitos Lappeenrannan teknillisen yliopiston työn ohjaajille ja tarkastajille Mika Horttanaiselle ja Sanni Väisäselle kaikista neuvoista ja kritiikistä, joiden avulla tutkimus saatiin työstettyä valmiiksi. Lisäksi haluan kiittää kaikkia edellä mainittuja henkilöitä jatkuvasta yhteydenpidosta palaverien muodossa, joiden avulla tutkimus saatiin suoritettua aikataulussa ja joissa saamani palaute sekä neuvot auttoivat saamaan tutkimuksen valmiiksi.

Lopuksi haluan kiittää vanhempiani ja ystäviäni, jotka ovat tukeneet minua opintojen ja töiden aikana henkisesti ja fyysisesti, ja täten autoitte minua pääsemään tähän pisteeseen elämässäni.

Lappeenrannassa 28.12.2017

Ville Timonen

# SISÄLLYSLUETTELO

|   |    |
|---|----|
| Symboliluettelo ja termien selitykset.....  | 1  |
| 1 JOHDANTO .....  | 3  |
| 2 TAUSTA.....   | 5  |
| 2.1 CCA-kyllästetty puumateriaali .....   | 5  |
| 2.2 Lainsäädäntö ja muu ohjeistus .....   | 8  |
| 2.2.1 Baselin yleissopimus vaarallisten jätteiden maan rajan ylittävien siirtojen ja käsittelyn valvonnasta.....                                    | 8  |
| 2.2.2 Jätelaki.....   | 9  |
| 2.2.3 Jätteensiirtoasetus .....   | 9  |
| 2.2.4 Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta.....   | 10 |
| 2.2.5 REACH-asetus .....  | 10 |
| 2.2.6 Rakentamismääräyskokoelma .....   | 11 |
| 2.2.7 Sähkömarkkinalaki .....   | 11 |
| 2.2.8 Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä ..... | 12 |
| 2.2.9 Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta .....  | 12 |
| 2.2.10 Valtioneuvoston asetus jätteistä .....   | 13 |
| 2.2.11 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista.....   | 13 |
| 2.2.12 Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta .....   | 14 |
| 2.2.13 Ympäristönsuojelulaki.....   | 14 |
| 2.3 Arseenilla käsitellyn puumateriaalin käyttö lainsäädännön rajojen puitteissa.....   | 15 |
| 2.4 Lyhyt katsaus CCA-kyllästetyn puun käsittelyyn Euroopassa ja sen ulkopuolella .   | 16 |
| 2.5 Fincumet Oy:n ja Elenia Oy:n edeltävät selvitykset.....   | 18 |
| 2.6 Olemassa oleva tekniikka kyllästetyn puun käsittelyyn .....   | 19 |
| 2.6.1 Esikäsitteleminen .....   | 19 |
| 2.6.2 CCA-kyllästetyn puun poltto.....  | 19 |
| 2.6.3 Polttotuhkan käsittely .....  | 21 |
| 3 CCA-KYLLÄSTETYN PUUMATERIAALIN KÄSITTELYN VAIHTOEHDOT.....  | 23 |
| 3.1 Uudelleenkäyttö .....   | 23 |
| 3.2 Kierrätys.....  | 24 |
| 3.3 Energiahyötykäyttö .....  | 28 |
| 3.4 Hävittäminen.....   | 30 |
| 3.5 Vaihtoehtoisia keinoja kyllästetyn puun käsittelyä varten.....  | 31 |
| 3.5.1 Biologiset puhdistuskeinot .....  | 32 |
| 3.5.2 Erinäisten kemikaalien ja liuottimien käyttö kyllästeen poistossa.....  | 34 |
| 3.5.3 Polttotekniikka.....  | 42 |
| 3.5.4 Kyllästetyn puun yhdistäminen puhtaan puun kanssa lastulevyn tuottamista varten.....  | 45 |
| 4 TIEDONKERUUN TULOSTEN TARKASTELU .....  | 47 |
| 4.1 CCA-kyllästetyn puun haitta-aineiden analyysi ja kuljetus.....  | 47 |
| 4.2 Yritys A.....   | 48 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.3 | PWS Technology .....   | 48 |
| 4.4 | Suomen käsittelymahdollisuudet .....   | 49 |
| 4.5 | Thermya-asiantuntijayrityksen puunkäsittelytekniikat .....                       | 50 |
| 4.6 | Vaarallisen jätteen polttolaitokset ja käsittely-yritykset Euroopassa.....       | 51 |
| 4.7 | Muita vastaavia raportteja CCA-kyllästetyn puun käsittelymahdollisuuksista ..... | 53 |
| 4.8 | Muut tutkitut kohteet lyhyesti .....   | 54 |
| 5   | JOHTOPÄÄTÖKSET.....  | 55 |
| 5.1 | Ratkaisumallin valinta.....  | 56 |
| 6   | YHTEENVETO .....   | 59 |
| 7   | Lähteet.....   | 60 |

Liite 1, yritys-kontaktoinnin sähköpostin pohja

Liite 2, vaarallisten jätteiden käsittelylaitoksia Euroopassa

Liite 3, Laboratoriopalveluita tarjoavia yrityksiä Suomessa

## SYMBOLILUETTELO JA TERMIEN SELITYKSET

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Adsorptio</b>          | Kiinteiden pintojen ominaisuus sitoa pintaansa kaasujen tai yhdisteiden molekyylejä, joiden kanssa aine on kosketuksessa. (Encyclopaedia Britannica 2017.)   |
| <b>CCA</b>                | Kromia, kuparia ja arsenikkia sisältävä puunsuoja-aine (Chrome copper arsenate).   |
| <b>EFTA</b>               | European Free Trade Association (Euroopan vapaakauppajärjestö) on monikansallinen järjestö, joka edistää vapaata kaupankäyntiä ja sen jäsenvaltioiden talouksien integroimista. Jäsenmaihin kuuluu Islanti, Liechtenstein, Norja ja Sveitsi. (EFTA 2017.)              |
| <b>Kelaatinmuodostaja</b> | Orgaaninen yhdiste, joka pystyy muodostamaan monimutkaisia ympyrän muotoisia yhdisteitä metalli-ionien kanssa. (Sciencedirect 2017.)   |
| <b>Kitosaani</b>          | Kitosaani on teollisesti äyriäisten kuoresta saadusta kitiinistä tuotettu luonnonpolymeeri. (Finto 2017.)  |
| <b>ELY-keskus</b>         | Suomen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus tarjoaa julkaisu-, lupa- ja neuvontapalveluja Suomen alueella. Keskuksilla on myös valvontatehtäviä ympäristönsuojeluun, vesilakiin, jätelakiin sekä näiden lupapäätöksiin liittyen. (ELY-keskus 2017.)                |
| <b>OECD</b>               | Kansainvälinen taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (The Organisation for Economic Co-operation and Development), jonka tarkoitus on edistää kansainvälistä taloudellista kasvua ja sosiaalista hyvinvointia jäsenvaltioiden yhteistyön avulla (OECD 2017.) |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>SYKE</b>             | Suomen ympäristökeskus Syke on monialainen tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka tuottaa tietoa ja palveluita ympäristöön ja kestävään toimintaan liittyvissä asioissa asiantuntijoille, päättäjille, yrityksille sekä kansalaisille. (SYKE 2017.) |
| <b>Tavoitearvo</b>      | Ilmassa oleva pitoisuus ainetta, jolla varmistetaan ihmisen terveyteen tai ympäristöön kohdistuvien vaikutusten välttäminen, ehkäiseminen tai vähentäminen. (VNa 113/2017.)  |
| <b>Tukes</b>            | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes on lupa- ja valvontaviranomainen, joka edistää tuotteiden, palveluiden ja teollisen toiminnan turvallisuutta ja luotettavuutta. (Tukes 2016.)  |
| <b>Vaarallinen jäte</b> | Jäte, joka on palo- tai räjähdysvaarallinen, tartuntavaarallinen, muuten terveydelle tai ympäristölle vaarallinen, tai omaa muun vastaavan vaaraominaisuuden. Entiseltä nimeltään ongelmajäte. (JäteL 17.6.2011/646.)                              |



## 1 JOHDANTO

Vuonna 2013 säädetyn uuden sähkömarkkinalain (9.8.2013/588) johdosta eurooppalaisilla energia-alan yrityksillä on tullut tarve uudistaa sähköjakeluverkostoaan, jotta heidän toimintansa pystyy vastaamaan lain vaatimuksiin. Laissa on lueteltu laatuvaatimuksia sähkön jakeluverkostolle, joiden mukaan muuan muassa jakeluverkon vioittuminen ei saa aiheuttaa sähköjakeluun asemakaava-alueilla yli 6 tunnin sekä haja-asutusalueella yli 36 tunnin keskeytystä, mitä muun muassa maakaapeloinnilla pyritään estämään. Kyseiset laatuvaatimukset on täyttyvä vuoden 2028 loppuun mennessä. Lain johdosta energia-alan yritykset uusivat sähköjakeluverkostojaan, jonka aikana verkostojen vanhoja sähköpylväitä poistetaan käytöstä. Sähköpylväiden puunsuojauksessa käytetyt kromi- ja arseenikyllästeet luokitellaan normaalisti vaaralliseksi jätteeksi, mikä hankaloittaa niiden käsittelyä. Vaarallisena jätteenä materiaali vaatii erillisen käsittelyluvan sekä kemikaalilainsäädännön mukaan kyseisiä aineita sisältävän puumateriaalin myynti on rajoitettu vain ammattimaiseen tai teolliseen käyttöön erinäisin rajoituksin. (Elenia 2017; TTL 2015; Tukes 2016b.)

Tämän tutkimuksen taustalla on sähköverkkoyhtiö Elenia Oy, jolla on verkostoa Kanta- ja Päijät-Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Sähkömarkkinalain vaatimusten perusteella yritys on aloittanut Elenia Säävarma-projektin, jonka aikana yritys uudistaa verkostoaan nostamalla maakaapeloidun verkon osuutta 70 prosenttiin vuoteen 2028 mennessä. Maakaapelointi sisältää vanhan verkoston purkua, jolloin ilmaverkkojen vanhat kromilla, kuparilla ja arseenilla (CCA) kyllästetyt puiset sähköpylväät on kerättävä varastoon hävitettäväksi tai uudelleenkäyttöä varten. Vuoden 2017 alkupuolella Elenia Oy on laatinut yhteistyösopimuksen metallinkierrätys- ja vaihtolava-yritys Fincumet Oy:n kanssa, joka huolehtii tästä eteenpäin kokonaisuudessaan Elenia Oy:n romumetallin kierrätyksestä. Tähän sopimukseen sisältyy Elenian vanhan sähköverkon jätemateriaalin käsittely, johon kuuluu tämän projektin tarkastelukohteena olevat CCA-kyllästetyt sähköpylväät. (Elenia 2017; Fincumet Oy 2017.)

Tämä työ keskittyy ensi kädessä tutkimaan käytännön tapoja hallita CCA-kyllästetyn puumateriaalin uusiokäyttöä, kierrätystä, energiahyötykäyttöä tai hävittämistä. Näitä vaihtoehtoja tarkastellaan tutkimalla Suomen, EU:n ja OECD-maiden alueella toimivia alan yrityk-

siä ja ottamalla yhteyttä mahdollisiin käsittelijöihin ja hyödyntäjiin. Tavoitteena on tarkastella edellä mainittujen vaihtoehtojen käytännöllisyyttä ottaen huomioon olemassa oleva lainsäädäntö, toiminnan kustannustehokkuus ja mahdollisuus suorittaa kannattavaa liiketoimintaa puumateriaalin käsittelyn puitteissa. Kustannusten arvioinnissa tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon myös kuljetuksen ja mahdollisen esikäsittelyn aiheuttamat kulut. Lisäksi teoreettisia tutkittuja keinoja hallita kyllästettyä puumateriaalia tarkastellaan mahdollisina ratkaisuna tulevaisuudessa, mutta ilman toiminnassa olevaa laitosta, niiden käytännöllisyyttä ja kustannustehokkuutta on hankala arvioida ja täten ne eivät ole työn pääkohta.

## 2 TAUSTA

### 2.1 CCA-kyllästetty puumateriaali

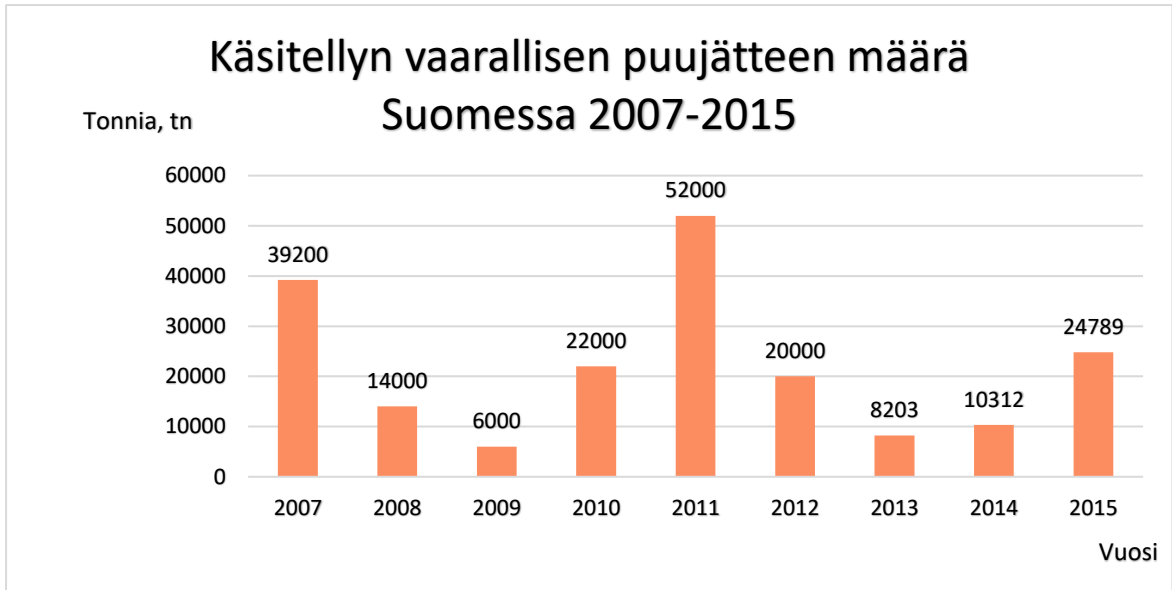
CCA (chromated copper arsenate)-kyllästeet ovat kansainvälisesti yleisessä käytössä olleita puunsuoja-aineita jo 1940-luvulta lähtien. Arseeni-, kromi ja kuparipohjaiset kyllästeet eli CCA-kyllästeet on luokiteltu myrkyllisiksi ja haitallisiksi kemikaaleiksi. Kyllästeen arseenipentoksidi on myrkyllistä hengitettynä ja nieltynä, se ärsyttää silmiä ja ihoa sekä toistuvassa altistuksessa myös hengitysteitä. Se on myös todettu olevan syöpää aiheuttava haitta-aine ihmisillä. Kromi on kyllästeessä kuusiarvoisena kromitrioksidina, joka on myrkyllistä nieltynä ja joutuessaan iholle sekä syövyttävää ja ihoa herkistävää. Myös kromitrioksididi on todettu olevan syöpää aiheuttava hengitettäessä sekä sillä on todettu olevan haittavaikutuksia hedelmällisyyteen ja sikiön kehitykseen koe-eläintutkimuksissa. Kuparisuolojen pöly voi ärsyttää silmiä, ihoa ja limakalvoja. (CCA Research 2016; TTL 2015; Tukes 2016b.)

Puuhun sitoutuessaan kyllästeen kuusiarvoinen kromi muuttuu enimmäkseen kolmearvoiseksi kromiksi, jonka terveysvaikutukset ovat vähäisemmät. Sen ei ole todettu aiheuttavan syöpää, mutta kylläste on edelleen haitallista hengitettynä ja ihoa ärsyttävä. Arseeni taas on puussa viisiarvoisena. Suurina määrinä elimistöön päästessä myrkytyksen oireina voi syntyä turvotusta, verenpaineen laskua ja sokkitila. Kyllästettyä puuta työstäessä voi muodostua pölyä, joka sisältää edellä mainittuja aineita ja on myrkyllistä. Lisäksi käytön aikana CCA-kyllästetystä puusta voi liueta arseenia, kromia ja kuparia maaperään ja vesiin, minkä takia sen käyttöä on tiukasti säännelty. Liuenneet aineet ovat monille eliöille myrkyllisiä ja kertyvät ympäristöön ja eliöihin. Keskimäärin CCA-kyllästetyssä pintapuussa on arseenia 1,8 — 2,2 kg/m<sup>3</sup>, kromia 2,1 — 2,3 kg/m<sup>3</sup> sekä kuparia 1,2 — 1,4 kg/m<sup>3</sup> puuta. Suomessa toimivan CCA-kyllästettyä puumateriaalia käsittelevän yrityksen Demolite Oy:n arvioiden mukaan sähköpölväissä on keskimäärin 1500 mg/kg pitoisuus jokaista kyllästeen haitta-ainetta eli arseenia, kuparia ja kromia. (TTL 2015; Tukes 2016b; Demolite Oy, puhelinhaastattelu 21.11.2017.)

CCA-kyllästeiden käyttö puunsuoja-aineena Suomessa tuli kielletyksi 2007 EY:n komission direktiiviin (2006/139/EY) pohjautuvalla valtioneuvoston asetuksella (787/2007). Näillä aineilla kyllästettyä puuta saa kuitenkin myydä eteenpäin ammattimaiseen tai teolliseen käyttöön tietyissä tapauksissa (Y-tunnuksen omaavat tahot), jotka on eritelty muun muassa REACH-asetuksessa. Yksityisten kuluttajien käyttöön CCA-kyllästetyn puuaineen myynti on kielletty vuodesta 2004 lähtien. Energiahyötykäyttöä ja loppusijoitusta varten tarkasteltaessa CCA-kyllästetty puuaines luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, mikä edellyttää erillisiä käsittelylupia vastaanottavalta taholta. Nykyisin valmistetut puun kyllästysaineet eivät sisällä arseenia tai kromia. Puujätteen käsittelymäärien muutoksia Suomessa vuodesta 2007 eteenpäin voi tarkastella taulukossa 1 sekä kuvassa 1. Taulukosta voi nähdä, miten vuonna 2013 voimaan tulleen sähkömarkkinalain johdosta vaarallista puujätettä, johon kyllästetyt sähköpylväät kuuluvat, käsiteltiin edeltäviin vuosiin verrattuna huomattavasti enemmän. Tämän voi nähdä vuoden 2015 vaarallisen puujätteen määristä, jotka olivat yli kaksinkertaistuneet vuoteen 2014 verrattuna. Kasvun odotetaan jatkuvan tulevana vuosina, mikä tekee tilanteesta ongelmallisen ja lisää tarvetta löytää vaihtoehtoja puujätteen käsitteilyä varten. Vaikka vaarallisen puujätteen osuus puujätteen kokonaismääriin verrattuna on pieni, niin materiaalin haitallisuus tekee siitä vakavasti otettavan kohteen. (Tilastokeskus 2017; TTL 2015; Tukes 2016b.)

Taulukko 1 Puujätteen käsittely Suomessa 2007-2015 (Tilastokeskus 2017.)

| <b>Vuosi</b> | <b>Vaarallinen puujäte, tonnia/vuosi</b> | <b>Normaali puujäte, tonnia/vuosi</b> |
|--------------|--|---------------------------------------|
| <b>2007</b>  | 39 200                                   | 12 457 800                            |
| <b>2008</b>  | 14 000                                   | 23 370 300                            |
| <b>2009</b>  | 6000                                     | 17 772 000                            |
| <b>2010</b>  | 22 000                                   | 21 162 000                            |
| <b>2011</b>  | 52 000                                   | 22 126 000                            |
| <b>2012</b>  | 20 000                                   | 19 728 780                            |
| <b>2013</b>  | 8203                                     | 2 918 205                             |
| <b>2014</b>  | 10 312                                   | 3 099 018                             |
| <b>2015</b>  | 24 789                                   | 2 923 480                             |



Kuva 1 Puujätteen käsittely Suomessa 2007-2015 (Tilastokeskus 2017.)

CCA-kyllästetty puu voidaan lisäksi luokitella käytöstä poistetun puumateriaalin eli kierrätyspuun luokkien mukaan A, B, C tai D VTT:n ohjeistuksen perusteella. Luokan A ja B puu kuuluvat puuperäisten biopolttoaineiden standardin SFS-EN ISO 177225-1 alle, missä A on puhdasta puumateriaalia ja luokka B kemiallisesti käsiteltyä puuta, joka ei sisällä orgaanisia halogenoituja yhdisteitä tai raskasmetalleja. Luokkaan C kuuluu orgaanisia halogenoituja yhdisteitä ja raskasmetalleja sisältävä puu, joka ei sisällä puunkyllästeaineita. C-luokan puun laatuvaatimukset määritellään kierrätyspolttoaineiden standardin SFS-EN 15359 sisällä. CCA-kyllästetyt sähköpylväät taas kuuluvat puunkyllästysaineilla käsitellynä puuna luokkaan D, joka on vaarallista jätettä. Esimerkin CCA-kyllästeillä käsitellyistä vihertävistä puupylväistä voi nähdä kuvassa 2. (VTT 2014.)



Kuva 2 Esimerkki CCA-kyllästetyistä puupylväistä (NPIC 2014.)

## **2.2 Lainsäädäntö ja muu ohjeistus**

Tässä luvussa käsitellään lainsäädäntöä ja sopimuksia, jotka koskevat CCA-kyllästetyn puumateriaalin käsittelyä jätteenä ja tuotteena ja täten on tärkeää huomioon käsiteltäessä materiaalia Suomessa paikallisesti sekä kansainvälisesti. Relevantteihin lainkohtiin kuuluvat yleinen jätelainsäädäntö, siihen liittyvät sopimukset ja muu vaarallisia aineita koskevat säädökset kuten REACH-asetus, materiaalin kuljetukseen liittyvä lainsäädäntö, rakennusmateriaaleja koskevat säädökset sekä muut itse diplomityön taustalla vaikuttavat säädökset. Suurin osa alla esitellystä materiaalista on saatavilla myös Suomen lainsäädäntöön liittyvissä tietokannoissa (Finlex).

### **2.2.1 Baselin yleissopimus vaarallisten jätteiden maan rajan ylittävien siirtojen ja käsittelyn valvonnasta**

Vuonna 1989 kansainvälinen yhteisö laati Baselin sopimuksen vaarallisten jätteiden kansainvälisen siirtämisen hallinnasta, joka tuli voimaan 1992. Vuoden 2017 kesään mennessä 186 maata on ratifioinut kyseisen sopimuksen. Sopimus määrittelee tapoja vähentää vaarallisen jätteen tuottoa ja jätteen hallintaa sekä ohjeita, rajoituskeinoja ja systeemeitä jätteen siirtämisestä maiden välillä. Sopimuksen mukaan vaarallista jätettä, kuten CCA-kyllästettyjä sähköpylväitä, ei tule siirtää Baselin sopimuksen ulkopuoliseen maahan tai valtioon, joka on kieltänyt jätteen tuonnin maahan. Jätteiden siirtoa varten maasta vievän ja vastaanottavan, sekä kautta kuljetettavien valtioiden on ilmoitettava jätteen siirrosta sekä myös annettava kirjallinen hyväksyntä toiminnalle. Suomi on ottanut sopimuksen sisällön käyttöön rajoittamalla vaarallisen jätteen loppusijoittamista Suomen ulkopuolelle, poikkeuksena ne EFTA-maat (European Free Trade Association), jotka ovat jäseniä Baselin yleissopimuksessa. Lisäksi jätteen tuonti Suomeen loppusijoittamista varten on sallittua vain, jos kotimaisen yhdyskuntajätteen käsittely ei siitä häiriidy. Vaarallisen ja muun jätteen siirto energiahyötykäyttöä varten OECD-maiden ulkopuolelle on myös kielletty, mutta jätteen tuontia tai kauttakulkua Suomen kautta ei ole rajoitettu. (A 45/1992; Basel Convention 2017.) (EFTA 2017.)

### **2.2.2 Jätelaki**

Suomen eduskunnan säätämän jätelain (17.6.2011/646) tarkoitus on "ehkäistä jätteistä sekä jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista". Jätelain artikla 6 määritelmän mukaisesti CCA-kyllästetty puumateriaali luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, entiseltä nimeltään ongelmajäte, kyllästeen haitallisuuden takia. Artikla 16 määrää, että vaarallinen jäte on pakattava ja merkittävä sekä siitä on annettava tarpeelliset tiedot kaikissa jätehuollon vaiheissa, jotta sen siirtoa ja ominaisuuksia voidaan seurata. Tämä tulee ottaa huomioon, jos sähköpylväitä tullaan käsittelemään jätteenä. Lisäksi luku 12 käsittelee jätteen siirtoa kansainvälisesti, mikä voi olla yksi vaihtoehto sähköpylväiden käsittelyssä, jos Suomen sisäpuolelta ei löydy kannattavia vaihtoehtoja. Luvussa 12 määritellään, että jätteensiirtoasetuksen säädösten lisäksi kotimaista jätettä voi siirtää ulkomaille loppukäsittelyä varten vain, jos Suomessa ei ole teknisiä tai taloudellisia edellytyksiä jätteen käsittelyä varten, jäte käsitellään ympäristönsuojelun kannalta paremmin kuin Suomessa tai on samalla edullisempaa tai kyseessä on uuden käsittelymenetelmän kokeilu. Luvun 13 artikla 121 määrittää lisäksi, että vaarallisesta jätteestä on laadittava siirtoasiakirja sitä luovuttaessa loppusijoitusta varten. (JäteL 17.6.2011/646.)

### **2.2.3 Jätteensiirtoasetus**

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (1013/2006) käsittelee menetelmiä ja valvontajärjestelmiä jätteiden siirrosta EU:n jäsenvaltioiden välillä yhteisön alueella tai kolmansien maiden kautta. Asetuksen artikla 36 on rajoittava tekijä kyllästettyjen sähköpylväiden käsittelyssä jätteenä, sillä kyseinen kohta kieltää vaarallisen jätteen viennin yhteisöstä OECD:n ulkopuolisiin maihin. Suomessa ympäristökeskus SYKE ja valtion ympäristöhallinto valvoo jätteen kansainvälistä siirtoa ja jättesiirtolupien käsittelyä ja myöntämistä. Jokaisella EU-maalla on omat vastuviranomaisensa jätteensiirtolupien ja -ilmoitusten käsittelyä varten, joiden yhteystiedot ovat saatavilla muun muassa Euroopan komission sivuilla. Jätteen vienti maasta ilman lupaa voi johtaa rikoslaissa säädettyyn rangaistukseen. (A 1013/2006/EY; European Commission 2017b; Ymparisto.fi 2017a.)

#### **2.2.4 Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta**

Vaarallisten aineiden kuljetusta säättävän lain (2.8.1994/719) tarkoitus on ehkäistä ja torjua vaarallisten aineiden kuljetuksesta mahdollisesti aiheutuvia vahinkoja ja vaaroja ihmisille ja ympäristölle. Lain alle kuuluu vaarallisten aineiden kuljetus tien päällä, rautatiellä ja rai-deliikenteessä, ilma-aluksessa sekä vesiteitse. Suomessa lain noudattamisesta vastaa Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, tullit, poliisi, rajavartiolaitos, turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes, Säteilyturvakeskus ja työsuojeluviranomaiset. Vaarallisten aineiden kuljetusta varten on haettava VAK-hyväksyntä, joka tunnetaan Euroopassa myös ADR-ajolupana. Suomessa Trafi on kyseisiä lupia myöntävä taho. ADR nimikkeenä pohjautuu Euroopan laajuiseen ADR-sopimukseen "The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road", joka ratifioitiin Genevassa ja tuli voimaan 29.1.1968. Rautatiellä kuljettaessa vastaava sopimus on RID (International Carriage of Dangerous Goods by Rail) sekä vesitse kuljettaessa IMDG (International Maritime Dangerous Goods). Kuljettaessa vaarallista jätettä Suomessa tai ulkomaille, on materiaalin omistajan käytettävä sopivan luvan omaavaa kuljetusyriytystä tai -palvelua. CCA-kyllästetty puu on kuitenkin poikkeus tässä tapauksessa, sillä vaikka materiaali on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi, sitä varten ei tarvita ADR-ajoluvan omaavaa toimitsijaa. Tähän on syynä todennäköisesti se, että kylläste on tiiviisti sitoutunut puumateriaaliin, ja kiinteänä materiaalina kuljettaessa haitta-aineiden irtoamisen todennäköisyys on pieni. (L 2.8.1994/719; Tukes, sähköpostiviesti 24.11.2017; Unece 2017.)

#### **2.2.5 REACH-asetus**

REACH-asetus (1907/2006) on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Asetus velvoittaa yrityksiä olemaan tietoinen käyttämistään kemikaaleista ja niiden ominaisuuksista, noudattamaan niistä annettuja määräyksiä, arvioimaan toimintaansa riskienhallinnan kautta ja edistää kemikaalien turvallista käyttöä toiminnassaan. Asetuksen liite XVII asettaa rajoituksia vaarallisten aineiden valmistukselle, markkinoinnille ja käytölle, mikä tekee asetuksesta tärkeimmän rajoittavan tekijän CCA-kyllästettyjen sähköpylväiden uusiokäytössä. Liitteen kohta 19 käsittelee arseeniyhdisteiden käytön rajoituksia, mihin tässä raportissa tarkasteltavien kyllästettyjen sähköpylväiden kyllästeaine kuuluu. Sähköpylväitä saa luovuttaa vain ammattimaiseen tai



teollisuuskäyttöön mm. rakennusten tukirakenteiksi, aidoiksi tai edelleen sähköpylväiksi. Kiellettyihin käyttökohteisiin sisältyvät asuinalueet, maatalouskäyttö tai muut alueet, joissa materiaali voi joutua kosketukseen ihmisten tai eläinten kanssa. Puun sisältämistä kemikaaleista on myös tiedotettava markkinoille saattaessa ja puu merkittävä selvästi seuraavasti: "Vain ammattimaiseen ja teollisuuskäyttöön, sisältää arseenia". Lisäksi nippuina markkinoille saattaessa puussa on merkittävä seuraavasti: "Puuta käsiteltäessä käytettävä käsi-  
neitä. Hengityssuojainta ja silmäsuojusta käytettävä puuta leikattaessa tai työstettäessä. Syntynyt puujäte on käsiteltävä ongelmajätteenä käsittelyluvan saaneessa laitoksessa". (A 1907/2006/EY.)

### **2.2.6 Rakentamismääräyskokoelma**

Suomen rakentamismääräykset sisältävät ohjeita ja säännöksiä maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä asetukseen. Rakenteiden lujuutta käsittelevän osio B:n kohta B10 määrittelee relevanttia lainsäädäntöä kantavia rakenteita sekä tarkemmin puurakenteita koskien. Kyseistä kokoelmaa voidaan soveltaa nykyisessä muodossaan vuoteen 2018 asti, jolloin rakentamista koskevat asetukset on tarkoitus uudistaa maankäyttöön ja rakentamislain muutokseen liittyvän lain 958/2012 määräämänä. Kyseinen laki uudistaa vaatimuksia rakenteiden tekniin vaatimukseen liittyen, jotka on eritelty lain pykälän 117 kohtien a-g mukaan. Kyllästettyjen sähköpylväiden on läpäistävä nämä lainsäädännön vaatimukset ottaen huomioon rakennuskohde, jotta materiaalia voisi käyttää rakennuksissa. Relevantteihin kohtiin kuuluvat mm. kosteusluokka, sallittu materiaalin taipuma, jännitys ja niin edelleen. Lisäksi ulkomaille myytäessä on otettava huomioon vastaanottavan maan omat rakentamista koskevat säännökset edellä mainittujen kohtien osalta, mitkä voivat vaikuttaa kyllästetyn puun käyttöönottoon. Näiden ominaisuuksien todentaminen on todennäköisesti joko vastaanottavan yrityksen tai materiaalin hallinnoijan vastuulla. (Edilex 2017; L 958/2012)

### **2.2.7 Sähkömarkkinalaki**

Suomen eduskunnan laatiman sähkömarkkinalain (9.8.2013/588) tarkoitus on varmistaa edellytykset sähkön toimitusvarmuuden, kilpailukykyisen hinnan ja kohtuullisten palveluperiaatteiden turvaamiselle loppukäyttäjille kansallisilla, alueellisilla sekä EU:n sähkön sisämarkkinoilla. Sähköalan yritysten, kuten Elenia Oy:n, tehtäviin täten kuuluu huolehtia asiakkaidensa ja verkon käyttäjien sähkönhankintaan liittyvistä palveluista sekä edistää

sähkön tehokasta ja säästäväistä käyttöä. Lain luku 6 ja sen artikla 51 määrittää sähkön jakeluverkon toiminnan laatuvaatimuksia, jossa mm. kohdissa 1 ja 2 määrätään, että jakeluverkon vioittuminen ei saa aiheuttaa sähkönjakeluun asemakaava-alueilla yli 6 tunnin sekä haja-asutusalueella yli 36 tunnin keskeytystä. Kyseinen laki on täten ensisijainen liikkeelle-paneva tekijä diplomityön projektin taustalla, sillä Elenia Oy uudistaa jakeluverkostoon maakaapeloidulla verkostoaan tämän lain velvoittamana. Maakaapeloinnin johdosta vanhoja sähköpylväitä kerätään varastoon uudelleen käyttöä varten, jonka lisäksi huonokuntoiset pylväät hävitetään. (Elenia 2017; L 9.8.2013/588.)

### **2.2.8 Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä**

Valtioneuvoston asetus (113/2017) määrittelee tavoitearvoja ilmaan päästettävien arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuuksille. Koska arseeni on CCA-kyllästeissä vaikuttava aine, on tämä asetus tärkeä huomionkohde polttolaitoksille, jotka polttavat CCA-kyllästettyä puuta. Arseenille määriteltynä tavoitteena on, ettei sen pitoisuus ilmassa ylitä  $6 \text{ ng/m}^3$  ilmaa kalenterivuoden keskiarvona mitattuna. Tavoite on pitää asetuksessa määriteltyjen aineiden pitoisuudet ilmassa tavoitearvojen alapuolella käyttäen parasta käyttökelpoista tekniikkaa sekä noudattaen ympäristösuojelulain säädösten mukaisia käytännön periaatteita. Lisäksi kuntien viranomaisten on huolehdittava ilmanlaadun seurannasta yhteistyössä ELY-keskusten ja Ilmatieteen laitoksen kanssa. (VNa 113/2017.)

### **2.2.9 Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta**

Valtioneuvoston päätös (14.2.2013/151) ympäristösuojelulain ja jätelain pohjalta määrittelee jätteen polttoon laitoksessa liittyviä säännöksiä, joissa kyllästetyn puun kaltaiselle vaaralliselle jätteelle on omat vaatimuksensa. Asetuksen artikla 6 on määrittää, että vaarallisesta jätteestä on oltava tiedot sen fyysisistä ominaisuuksista, kemiallisesta koostumuksesta ja muut oleelliset tiedot sen soveltumisesta polttoon. Lisäksi on oltava tiedossa aineet, joiden kanssa ko. jätettä ei saa sekoittaa ja muut varotoimet. Artikla 7 määrittää vaatimuksia vaarallisen jätteen vastaanotolle. Ensi kädessä jätelaissa määritelty jätteen siirtoasiakirja vaarallisesta jätteestä tulee tarkastaa, kun jätettä vastaanotetaan polttolaitoksessa. Lisäksi jätteestä tulee ottaa edustavia näytteitä. Näitä kohtia ei tarvitse noudattaa, kun jäte on syntynyt toiminnanharjoittajan toiminnassa ja poltetaan jätteen syntypaikalla. Artiklan 9 mu-

kaan jätteen poltossa lämpötilan on noustava vähintään 850 °C kahden sekunnin ajaksi jätteen riittävän palamisen takaamiseksi sekä vähintään 1100 °C, jos siellä poltettavan vaarallisen jätteen halogenoitujen orgaanisten aineiden pitoisuus on yli 1% kloorina ilmaistuna. Lopuksi asetuksen liitteessä 3 määritellään, että polttolaitosten kokonaispäästöjen keskiarvot arseenille, kromille ja kuparille eivät saa ylittää 0,5 mg/m<sup>3</sup> vähintään 30 minuutin tai enintään kahdeksan tunnin näytteenottoajan kuluessa. Asetuksen kohtien noudattaminen on itse polttolaitoksen vastuulla, mutta myös jätteen haltijan on hyvä olla niistä tietoinen. (VNa 14.2.2013/151.)

### **2.2.10 Valtioneuvoston asetus jätteistä**

Valtioneuvoston asetuksesta jätteistä (19.4.2012/179) säädetään jätelain nojalla jätteen ominaisuuksista, jätehuollon vaatimuksista, kirjanpidosta ja muusta kohteista tarkemmin. Kyseinen asetus luokittelee liitteen 4 jäteluettelon mukaisesti arseeni- ja raskasmetallipitoiset jätteet vaaralliseksi jätteeksi. Asetuksen mukaan jätteeseen on merkittävä tunnistee turvallisuu den ja jätehuollon kannalta tarpeellisten tietojen osalta. Liitteen 4 mukaan CCA-kyllästetty puumateriaali voidaan luokitella seuraavien jättekoodien alle, jotka myötäilevät Euroopan jättekoodilistaa (EWC, European Waste Code): 17 02 04 (lasi, muovi ja puu, jotka sisältävät vaarallisia aineita tai ovat niiden saastuttamia) sekä 19 12 06 ja 20 01 37 (puu, joka sisältää vaarallisia aineita). Asetus myös täsmentää vaarallisen jätteen pakkaukseen liittyviä muita määräyksiä seuraavasti: pakkauksen on oltava tiivis ja uudelleen suljettava ja sen on ke stettävä kuormitusta ja rasitusta. Pakkauksen materiaalit eivät myöskään saa reagoida vaarallisen jätteen kanssa siten, että jätteestä aiheutuisi vaaraa. Kyllästettyjä sähköpylväitä siirtäessä varastosta jätehuollon piiriin materiaali kuuluu pakata tiiviisti asetuksen mukaisesti. (VNa 19.4.2012/179.)

### **2.2.11 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista**

Valtioneuvoston säädöksessä (2.5.2013/331) määritetään asetuksia kaatopaikan hallintaa varten ympäristönsuojelu- ja jätelakiin pohjaten. Vaarallista jätettä varten on määritelty tiettyjä vaatimuksia kaatopaikan pohja- ja pintarakenteille, mikä rajoittaa mahdollisia loppusijoituskohteita kyllästetyillä sähköpylväille. Kaatopaikan pohjarakenteen vedenläpäisevyys- K on oltava  $\leq 1,0 \times 10^{-9}$  m/s sekä maakerroksen pohjarakenteen paksuus  $\geq 5$  m. Asetuksen artiklan 32 liitteessä 3 asetetaan myös vaarallisen jätteen hyväksymiselle kaato-

paikalle raja-arvoja. Muun muassa arseenia saa jättemateriaalissa olla 25 mg/kg, kromia 70 mg/kg sekä kuparia 100 mg/kg kuiva-ainetta. CCA-kyllästetty puupylvääseen on sitoutunut useimmiten moninkertainen määrän näitä raskasmetalleja raja-arvoihin verrattuna, jonka johdosta pylväitä ei voida suoraan sijoittaa kaatopaikalle. Kestopuuteollisuus ry:n tietojen mukaan CCA-kyllästetty puupylväs voi sisältää keskimäärin jopa 1500 mg/kg arseenia, kuparia ja kromia, minkä takia materiaalin omistajan on huolehdittava, ettei sitä vahingossa sijoiteta kaatopaikalle sellaisenaan. (Demolite Oy 2017; VNa 2.5.2013/331.)

### **2.2.12 Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta**

Valtioneuvoston asetus (685/2015) käsittelee vaarallisiksi lueteltujen kemikaalien käsittelyä ja varastointia. Elenia Oy:n varastoimat CCA-kyllästetyt sähköpylväät sisältävät raskasmetalleja ja täten kuuluvat tämän lain valvonnan ja sen valvojan organisaation Tuukesin alle. Tämän johdosta materiaalin pitkäaikaista varastointia ja käsittelyä varten on haettava lupa. Lisäksi materiaali on pidettävä erillään niin, etteivät muut pääse siihen käsiin eikä se pääse kosketukseen muiden aineiden tai ympäristön kanssa. Elenia Oy varastoi uusiokäyttöön soveltuvia pylväitä lyhytaikaisesti yrityksen kierrätyspisteillä, mutta materiaalia ei käsitellä kyseisillä pisteillä millään lailla. (Elenia 2017; VNa 685/2015.)

### **2.2.13 Ympäristönsuojelulaki**

Suomen eduskunnan säätämä ympäristönsuojelulain (27.6.2014/527) tarkoitus on muun muassa ehkäistä ympäristön pilaantumista ja vaaraa, vähentää päästöjä, edistää kestävää toimintaa, torjua ilmastonmuutosta ja tehostaa ympäristövaikutusten arviointia. Laki määrittelee luvussa 4 ja lain liitteen 1 taulukoissa 1 sekä 2 tilanteita, joihin liittyvä toiminta voi aiheuttaa ympäristön pilaantumista ja täten vaatii ympäristöluvan. Muun muassa taulukon 1 kohta 13 kuvailee jätteen ammattimaista käsittelyä, jossa yli 10 tonnia vaarallista jätettä vuorokaudessa käsittelevän laitoksen on haettava ympäristölupa. Lisäksi vaarallisten jätteiden uudelleenkäyttö, kierrätys tai muu käsittely talteenottamalla, regeneroimalla tai muuten jalostamalla materiaalin haitta-aineita vaatii ympäristöluvan. Kyseisiä lupatietoja voidaan käyttää etsimään CCA-kyllästetyille sähköpylväille sopivia käsittelykohteita ja auttamaan materiaalin omistajaa olemaan tietoinen, missä tapauksessa heidän toimintansa vaatii ympäristöluvan hakemista. (YSL 27.6.2014/527.)

### **2.3 Arseenilla käsitellyn puumateriaalin käyttö lainsäädännön rajojen puitteissa**

CCA-kyllästettyä puumateriaalia koskeva lainsäädäntö on laaja, jonka johdosta materiaalin käsittely säädösten puitteissa voi olla hankalaa. Tämän takia muun muassa Tukes, SYKE ja ympäristöministeriö laativat vuonna 2012 yhteisen näkemyksen kyseisen puumateriaalin soveltamisesta, jonka sisältämä ohjeistus pätee edelleen. Ensi kädessä REACH-asetuksessa on määritelty ohjeita ja rajoituksia CCA-kyllästeillä käsitellyn puun uudelleenkäyttöä varten, joiden nojalla vanhaa puumateriaalia on mahdollista hyödyntää. Rajoitusten nojalla puuta voidaan luovuttaa ammattimaiseen tai teollisuuskäyttöön Y-tunnukset omaaville ta-hoille, jos materiaalin joutuminen ihokosketukseen ihmisen kanssa on epätodennäköistä muun muassa seuraavanlaisissa kohteissa (Tukes 2012.):

- rakennusten tai teollisuustilojen kantavat rakenteet sekä siltarakenteet
- vesistön kanssa kosketuksissa olevat rakenneosat kuten laiturit (pois lu-kien toistuvaan ihokosketukseen mahdollistavat osat ie. kaiteet)
- karja-aitauksien puupylväät, liikenteen ohjaus- ja törmäysturvalaitteet, liikeväylien aidat, meluaidat sekä lumivyörysuojat
- perustusten ja maan tukirakenteet
- sähkönsiirto sekä valaisin- viestintäpylväät
- maanalaisten raiteiden ratapölkyt

Rakennuskäyttöön luovutettavien sähköpylväiden tulee omata riittävät lujuus- ja säily-yyssominaisuudet, jotka on määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa "B2 Kantavat rakenteet" sekä "B10 Puurakenteet". Markkinoille luovutettava arseeniyhdistel-mällä käsitelty puumateriaali on myös merkittävä REACH-asetuksen liitteen XVII ohjei-den mukaisesti. Lisäksi suositellaan, että puutavaran vastaanottajalle toimitetaan käyttöoh-jeet, joissa tarkennetaan puun sallitut käyttötarkoitukset sekä rajoitukset, terveys- ja ympä-ristöhaittojen ehkäisemistä koskevat ohjeet puun varastoinnin, työstön ja käytön aikana sekä ohjeet syntyvän jätteen keräykseen ja käsittelyyn liittyvistä velvollisuuksista. (Tukes 2012.)

EY:n tuomioistuimen ennakkopäätösten perusteella on mahdollista määrittää, että kyllästetty puumateriaali ei ole jätettä, jos sitä voi ilman muuntamistoimia soveltaa uudelleenkäyttöä varten. Toinen vaihtoehto on poistaa puusta lahot osat, kyllästetty puumateriaali, eristeet tai kiinnikkeet, jonka johdosta puu voidaan soveltaa uudelleenkäyttöä varten eikä sitä enää pidetä jätteenä. Kyseistä muuntamistoimea harjoittava ammattimainen toiminnanharjoittaja tarvitsee tähän ympäristöluvan. Uudelleen käytettäväksi sähköpylväät soveltuvat täten periaatteessa ilman muuttotoimia sähkönjakeluverkkoon sellaisenaan tai muuhun kierrätyskäyttöön, kun käyttökelvottomat osat poistetaan materiaalista. Muuten käytöstä poistettu tai poistuva materiaali luokitellaan jätteeksi. (Tukes 2012.)

Jätepuuna arseenilla kyllästetty puumateriaali luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, jonka takia sen käsittelyä varten tarvitaan ympäristönsuojelulaissa määritelty ympäristöluva. Kyseisen luvan omaavia tahoja ovat vaarallisen jätteen polttolaitokset tai esikäsitelypaikat, jossa jätettä varastoidaan ennen sen siirtämistä hyödyntämistä tai loppusijoitusta varten. Jätteen käsittelyssä jokaisen osapuolen on pidettävä kirjaa jätteen määrästä, varastoinnista, kuljetuksesta ja toimituspaikasta sekä jätteen luovutuksesta on laadittava siirtoasiakirja. Vaarallista jätettä vietäessä ulkomaille on haettava lupa Suomen ympäristökeskukselta sekä kauttakuljetus- ja vastaanottomaiden viranomaisilta EU:n jätteesiirtolain mukaisesti. Jätteenä käsiteltäessä CCA-kyllästetty puumateriaali on merkittävä jätelainsäädännön jäte luettelon tunnistekoodilla 17 02 04, 19 12 06 ja 20 01 37 valtioneuvoston jätettä koskevan asetuksen 179/2012 mukaisesti. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista määrittää tarkasti vaarallisen jätteen kaatopaikalle hyväksyttävän jätteen ominaisuudet, jonka perusteella CCA -kyllästetyn puumateriaalin sijoittamisen kaatopaikalle kielletään Suomessa ja Euroopassa kokonaan CCA-kyllästeen korkeiden haitta-ainepitoisuuksien takia. (Tukes 2012.)

## **2.4 Lyhyt katsaus CCA-kyllästetyn puun käsittelyyn Euroopassa ja sen ulkopuolella**

CCA-kyllästetyn puun käsittelyä Euroopassa säätelee kappaleissa 2.2. sekä 2.3 esitellyt lainkohdat ja säädökset. CCA-kyllästettyä ei enää käytetä puunsuojaukseen Euroopassa ja olemassa olevaa kyllästeellä käsiteltyä materiaalia saa kierrättää vain rajoitetusti raken-

nusmateriaalina tai vastaavana tai hyötykäyttää energiana. Euroopan ulkopuolella tilanne on kuitenkin erilainen. Afrikassa CCA-kyllästettyä käytetään edelleen puunsuojaukseen runsaasti ja täten kyllästettyä puuta valmistetaan ja käytetään Afrikan mantereella huomattavia määriä. Käytöstä poistuva kyllästetty puumateriaali sijoitetaan kuitenkin useimmiten suoraan kaatopaikoille, joten materiaalin uusiokäyttömahdollisuudet alueella ovat rajalliset. Lisäksi CCA-kyllästettyä puuta varten on omat laatumääräyksensä, jotka puumateriaalin on täytettävä ennen käyttöönottoa. Etelä-Afrikassa näitä standardeja ovat "South African National Standards" SABS, "Third Party Product Certification" SATAS sekä "South African National Accreditation System" SANAS. Edellä mainitut standardit ovat kansainvälisen valtuutusjärjestön "International Accreditation Forum" IAF:n akkreditoimia. Afrikan alueen valtiot ovat jäseniä Baselin sopimuksessa, mutta vaaralliseksi luokitellun materiaalin siirtolupien hankkiminen alueen kehitysmaihin voi olla hankalaa ja kannattamatonta. Kuljetusetäisyyksien lisäksi vietävä puumateriaali olisi hyväksyttävä paikallisten standardien mukaisesti, jonka lisäksi CCA-kyllästetyn puumateriaalin laajan käytön takia ulkopuolelta tulevalle kierrätysmateriaalille ei välttämättä ole käyttöä paikallisen tuotannon takia. (SAWPA 2017.)

USA ja Kanada ovat myös merkittäviä CCA-kyllästettyä puuta käyttäviä valtioita. Kyseisen materiaalin valmistus asuinaluekäyttöön on lopetettu vuodesta 2003 eteenpäin molemmissa maissa kuten Euroopassa, mutta olemassa olevat rakennukset saivat jäädä paikalleen. CCA-kyllästettyä puuta saa kuitenkin edelleen valmistaa ja käyttää teollista, kaupallista ja osittain maanviljelyn käyttöä varten. Tällä hetkellä USA:n ympäristönsuojelusta vastaava organisaatio EPA (United States Environmental Protection Agency) on arvioimassa kaikkien arseenia ja kromia sisältävien yhdisteiden käyttöä, joka saattaa johtaa säästösten muuttumiseen myös CCA-kyllästetyn puun käytön kanssa. Sekä USA että Kanada ovat Baselin sopimuksen jäseniä ja maihin on mahdollista tuoda CCA-kyllästettyä puuta toistaiseksi, kunhan sopimuksen ehtoja noudatetaan. Ongelmana kyseisten maiden kanssa ovat kuljetusetäisyydet sekä maiden omat laatukriteerit materiaalin hyväksymiselle, jonka lisäksi kyllästetyn puun kotimaisen valmistuksen ja käytön takia alueen ulkopuolelta tulevalle kierrätysmateriaalille ei välttämättä ole käyttöä. (EPA 2016; EPA 2017; Government of Canada 2017; NPIC 2015.)

## 2.5 Fincumet Oy:n ja Elenia Oy:n edeltävät selvitykset

Diplomityön asiakkaana toimiva Fincumet Oy on teettänyt vuonna 2016 selvityksen Creocca Oy:n kautta käytetyn, kyllästetyn puun vientimahdollisuuksista EU:n, OECD-maiden sekä kolmansien maiden alueelle. Selvityksessä todennettiin, että EU:n sisämarkkinoilla puupylväiden vienti voidaan toteuttaa kuin kotimaassa, kunhan myynnistä tehdään ilmoituslomake viranomaisille. Entistä Ekokem Oy:tä, nykyistä Fortum Waste Solutions Oy:tä sekä Demolite Oy:tä käytettiin esimerkkeinä viennistä muihin maihin, Ruotsi Ekokemille sekä Saksa Demolitelte. Creoccan mukaan markkinat ovat kuitenkin hiljentyneet ja materiaalin käsittelyhinnat laskeneet. OECD-maihin vienti taas toteutuu normaalin vientimenettelyn tavalla. Kotimaassa pylväiden myynti taas voidaan suorittaa normaalin kauppataivan mukaisesti, kunhan materiaaliin liittyvä lainsäädäntö, kuten REACH-asetus, otetaan huomioon. Kolmansiin maihin taas CCA:lla ja kreosootilla kyllästettyjen pylväiden vienti on kielletty edellä mainitun lainsäädännön mukaan. Lisäksi vientiä Venäjän puolelle selvitettiin erikseen, mutta tämä todettiin tällä hetkellä kannattamattomaksi prosessiksi puupylväille vaadittujen sertifikaattien, tuoterekisterin todistuksen hankinnan sekä käyttöluvan hankinnan vaikeuksien takia. Sen sijaan ensi kädessä suositeltiin EU-alueen markkinoita. Creocca Oy suosittelee myös logistiikan kannalta keskitettyä sijaintia, josta puupylväitä voidaan toimittaa eteenpäin. Pylväät voidaan myös lajitella tarvittaessa pituuksien ja kunnon mukaisesti. Tämän lisäksi Fincumet on ollut yhteydessä kanadalaisen jätteenkäsittelyyrityksen Enerkemin kanssa. Enerkem oli tuomassa Hollantiin tekniikkaa, jolla painekyllästettyä (CCA)-puuta käsiteltäisiin rouhimalla pintakerros kyllästeaineineen puusta ja puhdistettaisiin mahdollisuuksien mukaan, minkä jälkeen ydinpuu voitaisiin hyötykäyttää materiaalina. Hollannin päässä toimintaan tarkoitettu käsittelylaitos ei kuitenkaan saanut lupaa käsitellä CCA-puuta, joten projekti jouduttiin keskeyttämään toistaiseksi. (Fincumet Oy 2017.)

Elenia Oy on itse lisäksi luokitellut varastossa olevat kyllästetyt sähköpylväät kolmeen luokkaan niiden kunnan mukaan. Luokan 1 sähköpylväät ovat hyvässä kunnossa ja niitä voi mahdollisesti käyttää edelleen sähköpylväinä. Luokan 2 pylväitä voidaan soveltaa tois-sijaiseen käyttöön, kuten maarakentamiseen ja muihin tukirakenteisiin. Luokan 3 materiaali taas on huonokuntoista, eikä sitä voida todennäköisesti uusiokäyttää. Viimeisen luokan



materiaali voidaan täten luokitella suoraan jätteeksi ja tulee hävittää lainsäädännön mukaisesti. Pylväät on otettu käyttöön alun perin 60- ja 90-luvun välillä, jonka takia niiden kunto jo odotettu käyttöikä voi vaihdella. Keskimääräinen odotettu käyttöikä materiaalille on 40-50 vuotta, mutta riippuen käyttöolosuhteista, materiaalin kunto voi olla vaihtelevaa. Suurin osa pylväistä viedään suoraan purkamisen jälkeen Fortum Waste Solutions-yrityksen toimesta poltettavaksi tai väliaikaiseen varastointiin. (Elenia 2017.)

## **2.6 Olemassa oleva tekniikka kyllästetyn puun käsittelyyn**

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti kirjoitushetkellä käytössä olevia tekniikoita ja käytäntöjä luvussa 2.1. esitellyn CCA-kyllästetyn puun kaltaisen vaarallisen materiaalin käsittelyssä. Vaarallisena jätteenä materiaalin käsittelyä rajoittaa luvussa 2.2 esitelty lainsäädäntö, jonka mukaan määrätään tarve muun muassa hankkia sopiva ympäristöluvan CCA-kyllästetyn puun käsittelyä varten. Tällä varmistetaan, että käsittelevä taho noudattaa tarpeellisia käytäntöjä turvaamaan ympäristön ja ihmisten hyvinvointi. Kyllästetyn puun polttolaitoksen on taas noudatettava jätteen poltossa, savukaasujen puhdistamisessa sekä sivutuotteiden loppusijoittamisessa tai hyötykäytössä tiukkoja rajoja, jotta toiminnan päästöt ilmaan, maahan tai vesistöön eivät ylitä määrättyjä raja-arvoja.

### **2.6.1 Esikäsitely**

Useimmiten kiinteät jätteet kuten kyllästetty puu revitään, murskataan tai haketetaan pienemmiksi palasiksi. Tähän prosessiin käytetään useimmiten raskaita silppureita, myllyjä tai puujättemurskaimia. Pienemmässä palakoossa oleva materiaalin poltto-ominaisuudet ovat parempia, mikä auttaa myös haitta-aineiden irtoamisessa materiaalista. Puumassasta voidaan myös seuloa polttoon kuulumattomat materiaalit, kuten rautapitoiset metallit magneettien avulla, jotka voidaan kierrättää tai käyttää muihin tarkoituksiin. (European Commission 2006.)

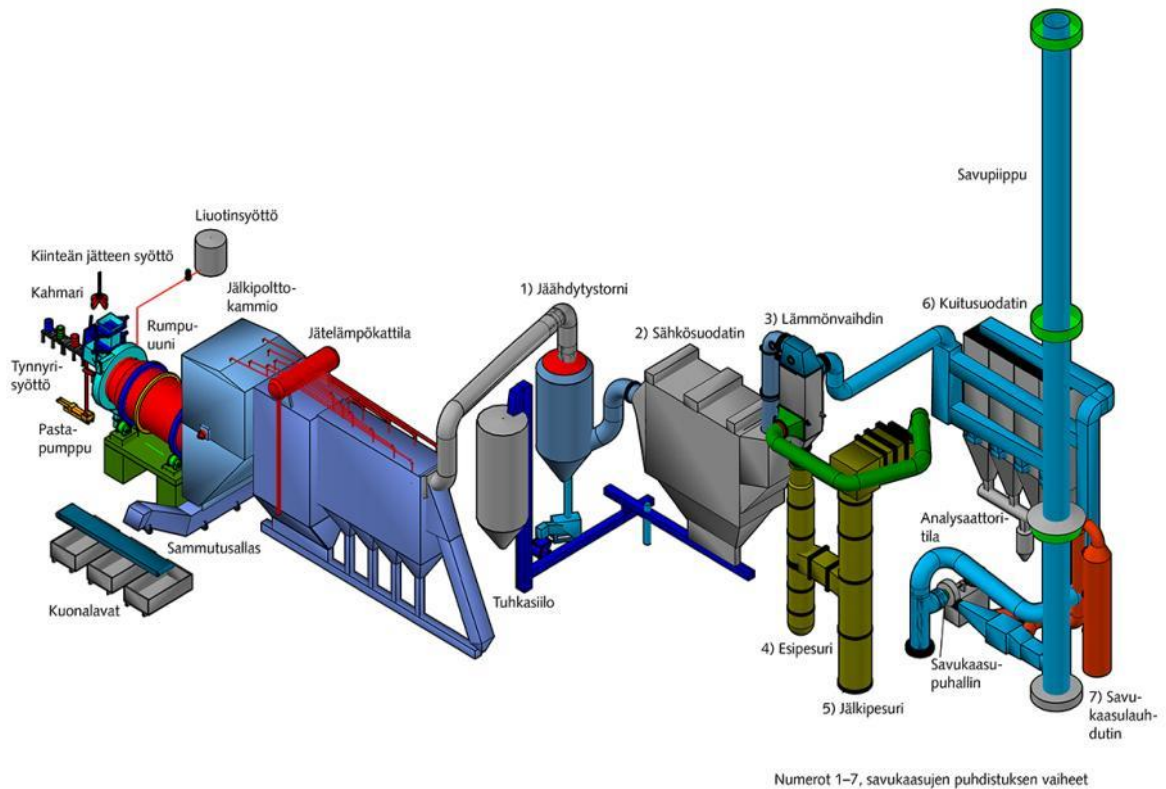
### **2.6.2 CCA-kyllästetyn puun poltto**

CCA-kyllästetyn puumateriaalin poltosta syntyvää tuhkaa on käsiteltävä varovaisesti, sillä se sisältää myrkyllisiä arseeni-, kromi- ja kupariyhdisteitä. Puuhun sitoutunut kromi ja kupari jäävät enimmäkseen tuhkaan, mutta kolmasosa arseenista haihtuu poltossa savukaasu-

jen mukana. Lisäksi kupari katalysoi poltossa kloorattujen dioksiinien sekä furaanien muodostumista. Tämän takia poltossa syntyvät savukaasut on puhdistettava huolellisesti, jotta ilmaan päästettäessä savukaasut eivät ylitä direktiivin 2004/107 ilmassa olevista tietyistä päästöistä tai valtioneuvoston asetuksessa jätteenpoltosta (14.2.2013/151) määriteltyjä raja-arvoja. (TTL 2015; (Tukes 2014.)

Suomessa entinen Ekokem Oy, nykyiseltä nimeltään Fortum Waste Solutions Oy ja Kestopuuteollisuus Oy, toiselta nimeltään Demolite Oy tarjoavat palveluita maan kyllästetyn puun vastaanottoa, uusiokäyttöä ja hävittämistä varten. Fortum ja Demolite uusiokäyttävät vastaanottamaansa materiaalia mahdollisuuksien mukaan tai hyödyntävät energiana. (Fortum Waste Solutions 2017a; Demolite Oy 2017.)

Fortum Waste Solutions Oy:n laitoksissa käsitellään monenlaisia jätteitä käyttäen modernia tekniikkaa ja on täten hyvä esimerkki olemassa olevasta tekniikasta jätteiden käsittelyssä. Yhtenä esimerkkinä voidaan käyttää yrityksen Riihimäen käsittelyalueella käyttämää korkealämpötilapolttolaitosta, jossa jätteitä poltetaan 12-metrisessä rumpu-uunissa keskimäärin 1300 °C lämpötilassa vähintään 30 minuuttia. Tämän lisäksi savukaasut viipyvät uunissa ja jälkipalotilassa pitkään. Savukaasujen on oltava vähintään kaksi sekuntia polttokammiossa orgaanisten yhdisteiden polttamiseksi. Rumpu-uunit ovat yleensä kallistettu alaspäin kohti jälkipolttokammiota, jotta rumpuun syötetty poltettava jäte siirtyisi eteenpäin pyörimisliikkeen avulla. Polton jälkituotteena syntynyt kuona ja tuhka kerätään jälkipolttokammion jälkeen talteen vesipohjaisella tuhkanpoistolla ja käytetään mahdollisuuksien mukaan maanrakennusmateriaalina. Savukaasut puhdistetaan jäähdyttämällä pesuriliuosvedellä, partikkelit poistetaan kaksikenttäisellä sähkösuodattimella, happamat kaasut pestään kahdessa pesurissa sekä mahdolliset dioksiinit ja metallinen elohopea poistetaan kemikaalien ja kuitusuodattimen avulla. Lopuksi savukaasujen vesi lauhdutetaan ja siitä saatava energia otetaan talteen. Fortum omistaa vastaavia laitoksia Suomen lisäksi Ruotsissa ja Tanskassa. Laitoksen prosessikuvauksen voi myös nähdä kuvasta 3. (Fortum Waste Solutions 2017b; European Commission 2006.)



Kuva 3 Korkealämpötilapolttolaitos (Fortum Waste Solutions 2017b.)

### 2.6.3 Polttotuhkan käsittely

Kuten ylempänä mainittiin, kyllästetyn puun poltossa syntyvä tuhka sisältää runsaasti kylästeessä olevia kupari- ja kromiyhdisteitä sekä osittain arseeniyhdisteitä, jotka eivät haihtuneet savukaasujen mukana. Polttoprosessin ja savukaasujen puhdistuksen sivutuotteina syntyvä tuhka kerätään talteen yleensä omille lavoilleen ja voidaan varastoida siiloihin tai muihin säiliöihin. Haitta-aineita voidaan pestä tuhkasta pois, jonka jälkeen jäänyttä puhdistettua käyttökelpoista materiaalia voidaan käyttää muun muassa rakennusmateriaalina hiekan tai soran sijaan. Mahdollisia rautapitoisia metalleja voidaan poistaa tuhkasta edelleen magneettien avulla suoraan tuhkan keräyksen jälkeen. Muita kuin rautapitoisia metalleja voidaan erottaa tuhkasta pyörrevirtaerottimella, jossa pyörivä käämi saa aikaan magneettisen kentän metalleissa, jolloin ne lentävät ulos materiaalivirrasta. Metallit voidaan tämän jälkeen mahdollisesti kierrättää uudelleen. Tuhkasta voidaan myös seuloa turhan isot partikkelit pois. (European Commission 2006.)

Tämän lisäksi on useita muita puhdistuskeinoja tuhkan käsittelyä varten, mutta vaarallises- ta jätteestä muodostunutta tuhkaa, joka sisältää raskaita metalleja kuten CCA-kylläste, kä- sitellään useimmiten sitomalla ne johonkin kiinteään aineeseen, josta ne eivät pääse liuke- nemaan ympäristöön. Yleisesti käytettyjä keinoja ovat sementtikiinteytys, jossa tuhka ja savukaasujen jäänteet sekoitetaan sementtimassan, minkä jälkeen kiinteä massa loppusijoi- tetaan kaatopaikalle tai joissain tapauksissa käytetään täytemateriaalina. Tämän lisäksi tuhkaa on mahdollista happokäsitellä, missä liukenevat raskaat metallit, kuten kupari, voi- daan liuottaa happopitoiseen seokseen ja eritellä muusta tuhkamassasta. (European Com- mission 2006.)

### **3 CCA-KYLLÄSTETYN PUUMATERIAALIN KÄSITTELYN VAIHTOEHDOT**

Tässä luvussa esitellään diplomityön tavoitteena olevan tehtävän eli CCA-kyllästettyjen puisten sähköpylväiden jatkokäytön mahdollisuuksien tarkastelun toteutus jaoteltuna Euroopan jätehierarkian mukaisiin osioihin, jotka ovat jätteen synnyn ehkäisyn jälkeinen uusiokäyttö, kierrätys, energiahyötykäyttö sekä lopulta hävittäminen loppusijoittamalla kaatopaikalle. Tämän jälkeen luvussa 4 tarkastellaan tiedonkeruun tuloksia tarkemmin. Tutkimus suoritettiin keräämällä aluksi taustatietoa materiaalin ominaisuuksista, taustalla olevasta lainsäädännöstä ja muista tällä hetkellä vaikuttavista tekijöistä, jonka jälkeen kerättiin tietoa CCA-kyllästetyn puumateriaalin käsittelystä luvussa 2.3 esiteltyjen käyttömahdollisuuksien mukaisista kohteista. Tiedonkeruun pohjalta saatuja tuloksia vertaillaan luvussa 4, minkä pohjalta tehdään arvio tämänhetkisistä ratkaisumahdollisuuksista työn tavoitteet huomioiden.

Diplomityössä käytetyn taustamateriaalin tiedonkeruu on suoritettu verkkohauilla tieteellisistä ja teknisistä tietokannoista kuten ScienceDirect, SCOPUS sekä FreePatentsOnline ja alan organisaatioiden sivuilta. Työssä tarkasteltuja yrityksiä ja organisaatioita on kartoitettu verkkohaun ja yritysrekisterien kautta, joiden jälkeen potentiaalisia kandidaatteja lähesyttiin liitteessä 1 esitetyn sähköpostin ja puhelinhaastattelujen kautta. Työn aikana otettiin yhteyttä etu- ja kattojärjestöihin, tutkimusinstituutteihin, energia-, jätteenkäsittely ja rakennusalan yrityksiin sekä valtion viranomaisiin.

#### **3.1 Uudelleenkäyttö**

Tässä kappaleessa tarkastellaan vaihtoehtoja uusiokäyttää Elenia Oy:n sähköpylväitä alkuperäiseen käyttötarkoitukseensa muissa puissa sähköpylväitä käyttävissä yrityksissä. Esimerkkinä tästä on Elenia itse, sillä yritys hyödyntää paikoittain sähkönjakeluverkoston uudistamisen myötä varastoimiaan sähköpylväitä muissa osissa verkostoaan. Euroopan alueella markkinoidessa sellaisenaan sähköpylväät olisivat toissijaisia tuotteita, sillä ne ovat olleet markkinoilla tuotteena kerran aikaisemmin. Tämän johdosta ne eivät kuulu muun muassa EU:n rakennustuotteiden sääntelyn eli "Construction Products Regulation (CPR)"

alle, mutta niihin luonnollisesti sovelletaan jokaisen valtion omaa lainsäädäntöä ja vaatimuksia sähköpylväille. Materiaalin myyminen muualle sähköpylväinä voi olla haastavaa, sillä markkinoille on nykyään tullut runsaasti ympäristöystävällisemmällä kyllästeillä käsiteltyä puumateriaalia, kuten kuparisuola-yhdisteet (Scanpole 2017). Näiden käyttöön ei sisälly yhtä paljon lainsäädäntöä ja rajoituksia, kuin CCA-kyllästetyn puun kanssa. Euroopassa luvussa 2.2. esitelty CCA-kyllästetyn puun käyttöä rajoittava lainsäädäntö on johtanut alan yrityksiä poistamaan kyseistä haitalliseksi luokiteltua materiaalia käytöstä ja korvaamaan sitä muilla tuotteilla, joiden käsittelyyn ei sisälly yhtä paljon rajoitteita, mikä luonnollisesti vähentää yritysten kiinnostusta käyttää sitä toiminnassaan. Muun muassa Vattenfall on siirtymässä sähköverkoissaan kupari-suola-yhdisteillä käsiteltyihin sähköpylväisiin ja samalla hyödyntäen vanhat CCA- ja kreosoottipylväänsä kaukolämmön tuotannossa polttolaitoksissa. Yritys ei kuitenkaan halua myydä sähköpylväitään eteenpäin, sillä materiaalin jatkokäyttöä olisi hankalaa seurata jälkikäteen. Väärinkäytön riski voi olla mahdollisesti suuri alueilla, jossa ympäristölainsäädäntöä ja REACH-asetusta ei seurata yhtä tiukasti kuin EU-alueella, mikä on yritysvastuun kannalta hankala kohta. (European Commission 2017a; Vattenfall, sähköpostiviesti 6.11.2017.)

## 3.2 Kierrätys

Tässä kappaleessa tarkastellaan vaihtoehtoja käyttää CCA-kyllästettyä puuta toissijaiseen käyttötarkoitukseen eli muuna kuin sähköpylväinä erinäisten yritysten ja organisaatioiden kautta. Tähän sisältyy luvussa 2.3 esiteltyjä vaihtoehtoja käyttää sähköpylväitä rakennusmateriaalina tai muuna kierrätysmateriaalina. Kyllästettyä puumateriaalia on mahdollista soveltaa teoriassa kierrätystä varten, sillä se on käsittelemätöntä puumateriaalia huomattavasti paremmin lahoa ja muuta kulumista kestävä materiaali. Baselin sopimuksen mukaan Suomesta on mahdollista viedä vaarallista jätettä uusiokäyttöä varten OECD-maihin, joiden jäseniin kuuluu suuri osa maailman valtioista. Tämän perusteella teoreettiset markkinat materiaalille ovat laajat. Lisäksi CCA-kyllästettyä puuta voidaan markkinoida tuotteena toissijaista kierrätyskäyttöä varten, jolloin sitä ei pidettäisi jätteenä. Kierrätyskäyttö kuitenkin vaatisi useimmiten materiaalin muokkaamista käyttötarkoituksesta riippuen muun muassa sahaamalla, minkä yhteydessä syntyvä puupöly sisältäisi huomattavia määriä arseenia, kuparia ja kromia, mikä tekisi toiminnasta siitä terveydelle vaarallista työtä. Kysei-

nen toiminta vaatisi täten käsittelevältä yritykseltä ympäristöluvan vaarallisen materiaalin käsittelyä varten. Erillisten lupien hankkiminen yhden kierrätysmateriaalin käyttöä varten on mahdollinen este monelle rakennusalan yritykselle, jotka mieluummin käyttävät puhdasta puumateriaalia toiminnassaan. Muun muassa Suomen rakennusalan yritysten etujärjestö Rakennusteollisuus ry on todennut, että ympäristöluvan hankkimisen pakko vaaralliseksi lueteltujen materiaalin hyödyntämisessä on usein se päällimmäinen syy, mikä on estänyt yrityksiä kierrättämästä vastaavaa materiaalia toiminnassaan. (Basel Convention 2017; Rakennusteollisuus ry, puhelinhaastattelu 11.10.2017; Tukes 2012.)

Lisäksi rakennusmateriaalina markkinoitessa kyllästetty puu luokitellaan ensimmäistä kertaa markkinoille tulevana tuotteena, jonka johdosta se sen kuuluu EU:n rakennustuotteiden sääntelyn eli "Construction Products Regulation" (CPR) alle. Tämä tarkoittaa, että tuotteena sen on läpäistävä jokaiseen rakennuskohteeseen liittyvät rakennusmääräykset muun muassa materiaalin lujuutta, kosteusluokkaa sekä jännitystä koskien. Kyseiset parametrit tulisi olla tiedossa ennen hyötykäyttöä, mikä vaatisi tutkimuksia edellä mainittujen vaatimusten täyttämistä varten. Kyllästettyjen puupylväiden vaihtelevan iän takia yksittäiset tutkimukset eivät pakosti riitä, vaan voi olla tarpeellista tehdä useita tutkimuksia erikuntoisten sähköpylväiden soveltuvuuden toteamiseksi. Lisäksi jokaisen maan rakennusmääräykset voivat poiketa toisistaan tarpeeksi, että erillisten tutkimusten tekeminen joka kerta voi olla tarpeellista, mikä hankaloittaa kyllästetyn puun markkinointia rakennusmateriaalina entisestään. (European Commission 2017a; OECD 2017; Rakennusteollisuus ry, puhelinhaastattelu 25.10.2017.)

Lainsäädännön rajoituksista huolimatta CCA-kyllästettyä puuta on kuitenkin kierrätetty erinäisissä projekteissa, joiden käyttö täytti vaaditut kriteerit. Suomessa yksi esimerkki tämän materiaalin käytöstä on CCA-kyllästettyjen puhelinpylväiden käyttö Lapin tiepiirissä Raittijärven polun pitkospuiden alus- ja telapuina vuosina 2008-2009. Puumateriaalia käytettiin tuotteena rakennuskäyttöön ja täten sille ei vaadittu ympäristösuojelulain mukaista lupaa. Korkein hallinto-oikeus määräsi Euroopan Unionin tuomioistuimen lausunnon perusteella vuonna 2013 toiminnan olleen lainsäädännön rajoitusten sisällä ja se toimi täten esimerkkitapauksena vastaavanlaisille rakennusprojekteille. Toinen vastaava esimerkki on korkeimman hallinto-oikeuden tekemä päätös vuonna 2001 Turussa yksityisen henkilön

rakentaman laiturin toimenpideluvasta. Laiturin rakentamiseen oli käytetty CCA-kyllästettyjä sähköpylväitä, joka olisi nykyisen REACH-asetuksen mukaan kiellettyä toimintaa. Laiturin rakentaminen oli kuitenkin suoritettu ennen tämän kiellon toimeenpanoa vuonna 2007, jonka johdosta rakenne voitiin jättää paikoilleen ja sen käyttö sallittiin käyttöön loppuun asti. Tämän lisäksi Vapo Oy on myöntänyt käyttäneensä CCA-kyllästettyä puuta nimeltä mainitsemattoman hallin rakentamisessa aluspuina pieninä määrinä. Edellä mainitut esimerkit ovat kuitenkin sisältäneet vain pieniä määriä kyllästettyä puuta projektien koon perusteella, mikä ei riittävä ratkaisu tämän tutkimuksen kannalta. (KHO 2013; KHO 2015; Vapo, puhelinhaastattelu 8.11.2017.)

Laajamittaisempaa kierrätyskäyttöä edustaa Australiassa oleva Kennedy's Timber-niminen puunkierrätykseen erikoistunut yritys, joka on kierrättänyt vanhoja sähköpylväitä tukirakenteiksi ja aidoiksi Australiassa. Australian lainsäädännön mukaan CCA-kyllästettyä puuta voi käyttää edelleen asutuksen ulkopuoliseen käyttöön, joten materiaalia käytetään edelleen runsaasti rakentamisessa. Tämän johdosta käytöstä poistuvalla materiaalilla on kierrätysmahdollisuuksia paikallisesti. Australia on jäsenmaa Baselin sopimuksessa ja OECD-maana Suomesta on periaatteessa mahdollista viedä vaarallista jätettä Australiaan kierrätystä varten. Suomen ja Australian välinen etäisyys ja kierrätettävän materiaalin määrä ovat kuitenkin mahdollista toimintaa rajoittava tekijöitä, sillä kuljetuskustannukset voivat nopeasti nousta korkeammiksi kuin kierrätyksestä saatavat mahdolliset tulot. (Kennedy's Timber 2017; NSW Government 2016.)

CCA-kyllästetyn puun sopivuus kierrätysmateriaaliksi on myös hankalaa kyllästeaineen haitta-ainepitoisuuksien takia. Tämän johdosta puumateriaalin käsittelyyn liittyen on tehty useita tutkimuksia, joissa selvitetään mahdollisuuksia puhdistaa puumateriaalia tai eristää kyllästekemikaaleja puusta, sillä puhtaalle puumateriaalille olisi huomattavasti helpompaa löytää hyödyntämiskeinoja. Tällaisiin metodeihin voi kuulua muun muassa erinäiset biologiset puhdistuskeinot, kemikaalien käyttö kyllästetyn puun liuottamisessa sekä erinäisten polttotekniikoiden käyttö. Luku 3.5 käsittelee tarkemmin muutamia lähivuosina tehtyjä tutkimuksia, jotka sovelsivat edellä mainittuja keinoja CCA-kyllästetyn puun käsittelyssä. Ongelmana tämän kanssa on, että puhdasta tai kevyesti käsiteltyä puujätettä on markkinoilla runsaasti, mihin suuri osa puun kierrätysalan yrityksistä keskittyvät. Taulukossa 2 voi



nähdä, että jättekoodilla 19 12 06 EU-maat veivät vuonna 2013 noin 203 000 tonnia vaarallista puujätettä käsiteltäväksi sekä jättekoodilla 17 02 04 noin 174 000 tonnia jätesekoitusta, jossa oli puun lisäksi lasia ja muovia. Samalla taulukossa 3 esiteltyjä muita puujätteitä, koodilla 19 12 07 varustettuna, vietiin moninkertainen määrä käsiteltäväksi, yhteensä 1 227 070 tonnia. Nämä tilastot eivät kuitenkaan kerro, mihin tarkoitukseen puuta vietiin. Rakennusalan yrityksillä ja organisaatioilla ei tiedonkeruun aikana ollut tietoa CCA-kyllästetyn puun käytöstä suuremmissa mittakaavassa tai kiinnostusta sen käyttöön. Haitta-aineita sisältävälle vaaralliselle CCA-kyllästetylle kierrätyspuulle ei mahdollisesti ole tarpeeksi kannattavia kierrätysmarkkinoita vielä, vaan sen sijaan energiahyötykäyttö vaikuttaa olevan edelleen suosittu ja kannattava vaihtoehto. (Eurostat 2017.)

Taulukko 2 Top 20 vaarallista jätetyyppiä, joita EU-maat veivät muualle 2013 tonneina (1000 kg) (Eurostat 2017.)

| Export  | Top 20 Hazardous LoW codes  |         |
|---------|---|---------|
| LoW     | Description   | Total   |
| 170503* | Soil and stones containing dangerous substances   | 551 910 |
| 100207* | Solid wastes from gas treatment containing dangerous substances   | 461 078 |
| 170505* | Dredging spoil containing dangerous substances  | 432 998 |
| 160601* | Lead batteries  | 286 049 |
| 191211* | Other wastes (including mixtures of materials) from mechanical treatment of waste containing dangerous substances | 221 852 |
| 191206* | Wood containing dangerous substances  | 203 179 |
| 130703* | Other fuels (including mixtures)  | 175 266 |
| 170204* | Glass, plastic and wood containing or contaminated with dangerous substances                                      | 173 460 |
| 190304* | Wastes marked as hazardous, partly stabilised   | 166 464 |
| 130205* | Mineral-based non-chlorinated engine, gear and lubricating oils   | 163 390 |
| 190204* | Premixed wastes composed of at least one hazardous waste  | 161 259 |
| 170605* | Construction materials containing asbestos  | 157 169 |
| 160104* | End-of-life vehicles  | 103 140 |
| 100308* | Salt slags from secondary production  | 91 214  |
| 190113* | Fly ash containing dangerous substances   | 86 429  |
| 190205* | Sludges from physico/chemical treatment containing dangerous substances   | 82 028  |
| 190107* | Solid wastes from gas treatment   | 72 352  |
| 060101* | Sulphuric acid and sulphurous acid  | 70 704  |
| 161001* | Aqueous liquid wastes containing dangerous substances   | 67 741  |
| 190813* | Sludges containing dangerous substances from other treatment of industrial waste water                            | 64 902  |

Source: Eurostat

Taulukko 3 Top20 ei-vaarallista jätetyyppiä, joita EU-maat veivät muualle 2013 tonneina (1000 kg) (Eurostat 2017.)

| Export LoW | Top 20 Non-hazardous LoW codes Description  | Total   |
|------------|---|---------|
| 191210     | Combustible waste (refuse derived fuel)   | 2477061 |
| 191212     | Other wastes (including mixtures of materials) from mechanical treatment of wastes other than those mentioned in 19 12 11 | 1243649 |
| 191207     | Wood other than that mentioned in 19 12 06  | 1227070 |
| 200301     | Mixed municipal waste   | 583493  |
| 190112     | Bottom ash and slag other than those mentioned in 19 01 11  | 569322  |
| 190805     | Sludges from treatment of urban waste water   | 266815  |
| 170504     | Soil and stones other than those mentioned in 17 05 03  | 245743  |
| Mix        | Mix of 2 or more codes  | 221648  |
| 030310     | Fibre rejects, fibre-, filler- and coating sludges from mechanicalsSeparation   | 216511  |
| 170107     | Mixtures of concrete, bricks, tiles and ceramics other than those mentioned in 17 01 06                                   | 143466  |
| 170506     | Dredging spoil other than those mentioned in 17 05 05   | 136300  |
| 150102     | Plastic packaging   | 122751  |
| 191204     | Plastic and rubber  | 110137  |
| 191006     | Other fractions other than those mentioned in 19 10 05  | 88647   |
| 030305     | De-inking sludges from paper recycling  | 71042   |
| 191209     | Minerals (e.g. sand, stones)  | 68421   |
| 030311     | Sludges from on-site effluent treatment other than those mentioned in 03 03 10  | 53304   |
| 030307     | Mechanically separated rejects from pulping of waste paper and cardboard  | 48511   |
| 100214     | Sludges and filter cakes from gas treatment other than those mentioned in 10 02 13  | 45244   |
| 170508     | Track ballast other than those mentioned in 17 05 07  | 44361   |

Source: Eurostat

### 3.3 Energiahyötykäyttö

Tässä kappaleessa tarkastellaan CCA-kyllästetyn puun hyödyntämistä energiana eli puu-materiaalin polttamista ja polton seurauksena syntyneen lämpöenergian talteenottoa ja hyö-tykäyttöä energiana lähialueen asutusta tai teollista toimintaa varten. Kappaleen tulokset perustuvat tiedonhakuun muun muassa Suomen ympäristöhallinnon verkkopalveluista sekä kyselyihin energia-alan ja jätteenkäsittelyalan yrityksiltä. Tällä hetkellä paikallisia esi-merkkejä kyseisestä toiminnasta edustaa kierrätysyritys Demolite Oy, joka ottaa Suomessa vastaan CCA-kyllästettyä puuta ja kuljettaa sitä vientilupansa mukaan Saksaan Egger-yrityskonsernin polttolaitokselle EGGER Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co.KG. Lisäk-si Fortum Waste Solutions Oy on toinen kyllästetyn puun käsittelypalvelua tarjoava yritys, joka käsittelee kyseistä materiaalia Riihimäen toimipisteessään sekä tarvittaessa lähettää sitä Ruotsin laitoksiinsa energiahyötykäyttöä varten. Polttoa varten on oltava tiedossa lain-säädännön mukaiset tiedot poltettavan materiaalin fyysisistä ominaisuuksista sekä kemial-lisesta koostumuksesta, jotka on tarvittaessa analysoitava ennalta käsin akkreditoidussa

laboratoriossa. Suomen ulkopuolelle viettäessä CCA-kyllästetystä puusta on tehtävä jätteen siirtoluvan hakemus jätteen siirtoasetuksen ohjeiden mukaisesti, jonka lisäksi toiminnasta on myös ilmoitettava sekä lähettävän että vastaanottavan valtion vastuuviranomaisille ja käytettävä asianmukaisia jätekoodeja. Kyseisten viranomaisten yhteystiedot ovat saatavilla muun muassa Euroopan komission sivuilla. Jätettä siirtäessä on myös huomioitava kuljetuksen järjestäminen käsittelylaitokseen, jos käsittelypalvelua tarjoava yritys ei itse huolehdi kuljetuksesta. Euroopan alueella on muutamia vaarallista jätettä käsitteleviä yrityksiä, joista osa ottaa vastaan myös CCA-kyllästettyä puuta. Lista kyseisistä laitoksista on nähtävissä liitteessä 2. (Demolite Oy 2017; Ymparisto.fi 2017a.)

Jätteen siirtoluvan hankkiminen, fyysisten ominaisuuksien ja kemiallisen koostumuksen analysointi sekä kuljetuksen järjestäminen ovat oma kustannuseränsä itse materiaalin käsittelykustannusten lisäksi. Näistä kuljetuskustannukset nousevat nopeasti suurimmaksi kuluuräksi CCA-kyllästettyjen sähköpylväiden suuren määrän takia, mikä kasvaa polttolaitoksen etäisyyden kanssa nopeasti. Demolite Oy:n ja Tukes'in vaarallisten aineiden kuljetuksesta vastaavan yksikön tietojen mukaan kyseisen materiaalin kuljetusta varten ei tarvita ajolupaa vaarallisia aineita varten eli VAK-ajolupaa, joten materiaalin omistajalla on mahdollista kilpailuttaa kuljetuspalveluita suhteellisen vapaasti jätteen tai puumateriaalin kuljetukseen erikoistuneiden yritysten kesken. Kemiallisten ominaisuuksien tutkimista varten taas on käytettävä akkreditoitua laboratoriota tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. CCA-kyllästetyn puun haitta-aineiden analysointia varten parhaiten soveltuva paikallinen yritys on Fortum Waste Solutions, joka vaarallisen jätteen käsittelyn lisäksi tarjoaa laboratoriopalveluja. Tämän lisäksi Suomessa toimii useita muita laboratoriopalveluita tarjoavia yrityksiä, joita on listattu tarkemmin liitteeseen 3, minkä sisältö käsitellään tarkemmin raportin luvussa 4. (Fortum Waste Solutions 2017c; Demolite Oy 2017.) (Tukes 2017.)

Edellä mainittujen yritysten lisäksi Suomessa on kolme yritystä, joilla on lupa käsitellä CCA-kyllästetyn puun kaltaista vaarallista jätettä. Riikinvoiman Riikinnevan ekovoimalaitoksella on ympäristölupa käsitellä kyllästettyä puuta, mutta kyseinen materiaali vaatisi laitoksen pesurilaitteiston käynnistämistä vain yhtä jätejätettä varten, joten sen käsittely ei ole heille kannattavaa. Lisäksi Riikinvoiman kapasiteetti on täynnä yhdyskuntajätettä, jota se ottaa vastaan Riikinvoiman omistamilta toimijoilta. (Riikinvoima, puhelinhaastattelu

24.10.2017.) Myös Tammervoima omaa ympäristöluvan tätä toimintaa varten, mutta yrityksen polttolaitoksen kapasiteetti on täynnä yhdyskuntajätettä, joten heillä ei ole tällä hetkellä mahdollisuutta vastaanottaa muuta materiaalia (Tammervoima, puhelinhaastattelu 24.10.2017). Vaarallisen jätteen käsittelystä yrityksen toiminta-alueella vastaa Pirkanmaan jätehuolto, joka toimittaa kyllästettyä puuta Demolitelle. Lopuksi Vantaan Energia omaa ympäristöluvan, jonka perusteella heillä on lupa käsitellä 40 000 tonnia painekyllästettyä puuta muun jätteen seassa vuosittain, mutta kyseisen jätteen vastaanotto erikseen ei ole sallittua (Vantaan Energia, sähköpostiviesti 27.10.2017.).

Suomen rajojen sisällä tapahtuvan kyllästetyn puun käsittelyn kapasiteettia on myös tarkoitus lisäksi nostaa tulevaisuudessa Hämeenlinnan Karanojaan suunnitteilla olevalla lämpölaitoksella, jonka on tarkoitus aloittaa toimintansa vuonna 2019. Demolite Oy:n ja Kiertokapula Oy:n suunnittelema laitos käyttäisi kyllästettyä puuta polttoaineenaan, josta syntyvä lämpö otettaisiin talteen sekä syötettäisiin Hämeenlinnan kaukolämpöverkkoon. Suunniteltu varastointi- ja käsittelykapasiteetti kyllästetylle puulle on 30 000 tonnia. Lisäksi alueelle halutaan rakentaa laajennettu jätteidenkäsittelyalue vastaanotto- ja loppusijoituspaikoinen. Kyseinen laitoksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma on jätetty nähtäväksi vuoden 2017 alkupuolella ja odottaa päätöksenteko- ja lupamenettelyjä. Valmistuessaan laitos lisääisi kotimaista käsittelykapasiteettia huomattavasti, mutta tällä hetkellä ja tulevina vuosina varastoitujen sähköpylväiden käsittely vaatii olemassa olevia ratkaisuja. (Ymparisto.fi 2017b.)

### **3.4 Hävittäminen**

Tässä kappaleessa esitellään vaihtoehtoja loppusijoittaa tai muuten hävittää Elenia Oy:n kyllästettyjä sähköpylväitä siinä tapauksessa, jos hyväksyttäviä uusiokäyttö-, kierrätys- tai energiahyötykäyttömahdollisuuksia ei löydetä. Suomessa tai muualla Euroopan alueella kyllästettyä puumateriaalia ei sijoiteta kaatopaikoille kyllästeen haitta-aineiden korkean pitoisuuden takia puumateriaalissa, ellei haitta-aineita saada poistettua materiaalista ensin. Kuitenkin Euroopan ulkopuolella CCA-kyllästetyn puun loppusijoitus on edelleen mahdollista. Muun muassa Etelä-Afrikan puunsuojaus-alan yritysten etujärjestön (SAWPA) sivuilla saatavan tiedon ja sähköpostitiedostelujen mukaan Afrikassa CCA-kyllästetty puu

on yleisessä käytössä ja käytöstä poistuva materiaali hävitetään useimmiten loppusijoittamalla kaatopaikalle. CCA-kyllästetyn puumateriaalin vienti jätteenä on kuitenkin kiellettyä maihin, jotka eivät kuulu Baselin sopimuksen piiriin jäsenmaana tai ovat kieltäneet sen tuonnin kyseiseen maahan. Suomen ratifioimassa Baselin sopimuksessa lisäksi kielletään jätteen vienti Euroopan yhteisön ulkopuolelle loppusijoitusta varten, lukuun ottamatta Euroopan vapaakauppajärjestön (EFTA) jäsenmaita, jotka ovat jäseniä Baselin sopimuksessa. Mahdollinen loppusijoittaminen on siis tapahduttava Euroopan rajojen sisäpuolella. Lisäksi loppusijoittaminen ei ole kestävän toiminnan periaatteiden mukaista sekä kaatopaikalle sijoittamisen kautta materiaalista ei voida saada hyötyä. Kehitysmaihin voi olla myös hankalaa saada vientilupia, vaikka kyseiset valtiot olisivatkin osa kauppaja jätteesiirtosopimuksia. Toiminnan eettisyyden lisäksi puumateriaalin käytön seuranta ja läpinäkyvyyttä voi olla vaikeaa seurata, ottaen huomioon erot lainsäädännössä ja seurantajärjestelmien tasossa sekä mahdollisen korruption vaikutus kaupalliseen toimintaan. (Basel Convention 2017; SAWPA, sähköpostiviesti 3.11.2017.)

### **3.5 Vaihtoehtoisia keinoja kyllästetyn puun käsittelyä varten**

Tässä luvussa esitellään esimerkkejä tutkimuksista ja patenteista, joita on tehty CCA-kyllästetyn puun käsittelyyn ja mahdolliseen uusiokäyttöön liittyen. Tutkimusartikkeleita ja patenteja on huomioitu vuodesta 2004 eteenpäin, jolloin kyseistä materiaalia ei saanut enää vapaasti saattaa yksityisten kuluttajien käyttöön. Suurin osa artikkeleista käsittelee laboratoriotason tutkimuksia biologisista, kemiallisista ja fyysisistä käsittelykeinoista muutamien poikkeuksin, sillä CCA-kyllästetyn materiaalin laajamittainen käsittely vaatii omat käsittelylupansa, joiden hankkimista kuvailluilla keinoilla ei välttämättä ole haluttu tai kyetty koettamaan. Toinen mahdollinen syy on rahoituksen puute suuremman käsittelytoiminnan aloittamista varten. Tämän lisäksi laboratoriotason tutkimuksen työstäminen kaupallisesti sovellettavaan palveluun voi vaatia useita lisätutkimuksia ja prosessin jalostamista, ennen kuin sitä voidaan käyttää kustannustehokkaasti, minkä takia toimivia tekniikoita ei ole vielä markkinoilla. Tämän lisäksi puhdistusprosessien jälkituotteiden käsittely tulee vaatimaan omat käsittelyprosessinsa, mihin itse esitellyissä tutkimuksissa ei keskitytty.

### 3.5.1 Biologiset puhdistuskeinot

#### **Kyllästeaineen imeyttäminen adsorption kautta**

Vuonna 2008 The Open Waste Management Journal-julkaisun artikkelissa esiteltiin tutkimus siitä, miten käyttää erinäisiä kustannustehokkaita aineita, joita syntyy maanviljelyn ja teollisuuden prosesseissa CCA-kyllästetyn puun puhdistamisessa adsorption kautta. Muun muassa aktivoitua hiiltä, puunkuorta, hiivaa, hedelmien kuoria jne. käytettiin tutkimuksessa, jossa kyllästettyä puuhaketta käsiteltiin kyseisten materiaalien kanssa. Tutkimuksessa CCA-kyllästettyä puuhaketta liuotettiin 200 ml säiliössä puhdistetun veden sekä tutkittavan imeytysaineen kanssa eri määrissä 6 tunnin sekä 1-10 päivän aikana huoneenlämmössä. Liuotuksen jälkeen puuhake suodatettiin nesteestä, kuivattiin sekä jauhettiin sahanpuruksi, jonka haitta-ainepitoisuudet tutkittiin lopuksi. Tutkimuksessa selvisi, että kuparia oli helppoa poistaa puusta, kun taas kromi oli kaikista vastustuskykyisin ainesosa kyllästeessä irrottaa puusta. Kuparin poistossa parhaiksi puhdistusmateriaaleiksi havaittiin muun muassa leipomohiiva, tammen kuori ja omenan kuoret, joilla päästiin noin 60% poistomäärään. Arsenia saatiin eniten poistettua appelsiinien kuorien, aktiivihiilen ja puuhiilen avulla. Kuitenkin vaarallisena jätteenä pidettävien adsorptiomateriaalien jälkikäsittely ei sisällynyt tutkimuksen tuloksiin. Tämän johdosta voitiin päätellä, että erinäisten biologisten sivutuotteiden käyttö kyllästetyn puun puhdistamisessa on mahdollista, mikäli samalla kehitetään keino käsitellä adsorptiomateriaalit turvallisesti. Tässä muodossa tutkitun prosessin haitta-aineet on ainoastaan siirretty toiseen materiaaliin. (Kartal et al. 2008, 11-17)

#### **Kyllästeaineen poisto bakteerien avulla**

Toisessa Bioresource Technology-julkaisussa vuonna 2012 esiteltiin artikkeli, jossa käsiteltiin vuonna 2011 tehtyä tutkimusta kaksivaiheisesta prosessista raskasmetallien poistamisesta kyllästetystä puusta bakteerien avulla. Prosessissa käytettiin muun muassa *Lactobacillus bulgaricus*- ja *Streptococcus thermophilus*-bakteereita, joiden tuottamien orgaanisten happojen arvioitiin kykenevän poistamaan haitta-aineita puusta. Laboratoriotutkimuksessa kyllästettyä, kuivattua puuhaketta ja bakteeriviljelmiä haudottiin ravinneseoksen kanssa 300 ml säiliössä 4 päivän ajan, jonka jälkeen puuhake erotettiin seoksesta linkoamalla. Tämän jälkeen prosessi toistettiin vielä kerran. Tutkimuksen tuloksena 93% kuivatun puuhakkeen kuparista, 86,5% kromista ja 97,8% arsenista saatiin poistettua ja sitoutet-

tua kasvualustaan. Tutkimuksessa ei käsitelty kuitenkaan, miten puusta erotetut raskasmetallit voitaisiin käsitellä jälkikäteen. Kyseistä prosessia on mahdollista soveltaa suuremmissa kaavassa, mutta se vaatii todennäköisesti lisätutkimuksia ja prosessin optimointia. (Chang et al. 2012, 477-480.)

### **Kyllästeaineen poisto sieni-organismien avulla**

Vuonna 2005 USA:ssa julkaistu patentti (Pat. U.S. 6972169) Free Patents Online-sivulla kuvaili keinoa poistaa CCA-kyllästetyn puun haitta-aineita sienien avulla. Prosessissa kyllästettyä puuhaketta haudottiin CCA:ta luonnostaan sietävän sienen (*Meruliporia incrassata* tai *Antrodia radiculosa*), kasvualustan sekä ravinneseoksen kanssa pimeässä, ilmastetussa ja lämpimissä olosuhteissa 20-35 °C lämpötiloissa. Kasvualustana käytettiin muun muassa sahanpurua, riisinkorsia tai maissinruokojäätettä ja ravinneseoksena maissinvaleluvesiä, maissijauhoa tai vehnäleseitä. Sienimassan johdosta arviolta 20% jätteenpuumassan kuivapainosta tulisi kadota noin 10 viikon jälkeen. Patentissa ei kuitenkaan määritelty lopullisia poistomääriä haitta-aineille, joten lisätutkimuksia aiheesta vaaditaan.

Lisäksi vuonna 2009 The Open Waste Management Journal-julkaisun artikkelissa esiteltiin edelliseen verrattuna täydennettyä tutkimusta, jossa CCA-aineita poistettiin kyllästetystä puusta sieni-pohjaisella uuttomenetelmällä. Laboratoriotutkimuksessa kyllästettyä puumateriaalia oli haketettu 15-25mm kokoiseksi ja mädätetty kuparia sietävän ruskolahosienen (*Antrodia vaillantii*) avulla yhteensä 49 päivän ajan, jonka tuloksena huomattava määrä arseenia ja kromia saatiin poistettua mädätetystä puumateriaalista, mutta kuparin hävitys oli alle 18%. Tämän johdosta useita orgaanisia happoja, kuten sitraattia, maitohappoa, omenahappoa sekä viinihappoa tutkittiin prosessin tehostamiseksi ja näiden todettiin olevan tehokkaita kuparin poistamisessa yhdessä sienimassan kanssa. Lopputuloksena oli yhdistetty kemiallinen käsittely liuottamalla ja sitomalla haitta-aineita ensin sitraattihappoliuokseen, jota seurasi 28 päivän pituinen kiinteän materiaalin mädätysprosessi sienien avulla. Yhdistetyn prosessin avulla saatiin poistettua 87% kuparista, 80% kromista sekä 100% arseenista puumateriaalista. Jälkituotteiksi jääneen mädätetyn puun ja liuokseen sitoutuneiden haitta-aineiden hävittäminen on kuitenkin sivuutettu myös tässä tutkimuksessa. Tutkimukset kuitenkin osoittivat, että kaksiosainen puhdistusprosessi sienimassan ja happojen

avulla on tehokas vaihtoehtoinen keino kyllästeiden poistossa puumateriaalista. (Sierra-Alvares 2009, 1885-1891.)

### **3.5.2 Erinäisten kemikaalien ja liuottimien käyttö kyllästeen poistossa**

#### **Elektrodialyyttinen ja -kineettinen käsittely oksaalihapon kanssa kyllästeaineen poistossa**

Water, Air, and Soil Pollution-julkaisussa vuonna 2004 esiteltiin Suomen ja Portugalin välillä yhteistyössä tehtyä tutkimusta sähkövirran käytöstä CCA-kyllästeen poistossa puumateriaalista. Tutkimuksessa puuhaketta inkuboitiin laboriotestissä oksaalihapossa, jonka lisäksi materiaalin läpi johdettiin 40 mA sähkövirta laboratorio-oloissa 14 päivän ajan. Tuloksina havaittiin, että tällä metodilla kuparia ja kromia saatiin siirrettyä puumateriaalista pois merkittävä määrä. Arseenin määrään sähkövirralla ei kuitenkaan ollut vaikutusta. (Sillanpää et al. 2004, 27-39.) Lisäksi vuonna 2010 Journal of Hazardous Materials-julkaisussa esitellyssä artikkelissa 0,8% oksaalihappoa sekä 30V tasavirtaa ja vaihtovirtaa käytettiin kyllästeen haitta-aineiden poistoon. Tutkimuksessa puumateriaalia käsiteltiin 6 tunnin sekä 7 päivän aikana. Parhaimmat tulokset saatiin kolmivaiheisella prosessilla, jossa aluksi puuta esikäsiteltiin oksaalihapolla, jota seurasi käsittely elektrokineettisesti sähkövirran avulla ja lopuksi jälkikäsitteily. Tämän seurauksena 67% kuparista, 64% kromista ja 81% arseenista saatiin poistettua. Ilman oksaalihappoa sähköä kului 0,36 kWh/kg puuta ja oksaalihapon kanssa 2,36 kWh/kg sähköön lisääntyneen johtumiskyvyn takia. Lopulta todettiin, että lisätutkimuksilla prosessia olisi mahdollista optimoida. Tutkimukset esittelevät mielenkiintoisen keinon käyttää sähköä ja happoa haitta-aineiden puhdistamisessa, mutta on samalla potentiaalisesti kallis vaihtoehto muille perinteisille puhdistuskeinoille kulutetun sähköenergian takia. (Isosaari 2010, 869-876.)

#### **Kyllästeaineen poisto kelatiinmuodostajien kanssa**

Bioresource Technology-julkaisussa ilmestynyt kolmas artikkeli vuonna 2010 käsittelee arseenin, kromin ja kuparin poistoa CCA-kyllästetystä puusta biohajoavilla kelaatinmuodostajilla SS-EDDS- ja NTA-hapoilla ja vertailivat niitä etyleenidiamiinitetraetikkahapon (EDTA) kanssa, joka on yksi yleinen raskaiden metallien sitoutusaine maaperän puhdistuksessa. Eritasoisia pH-arvoja ja stoikiometrisiä suhteita aineiden määrissä käytettiin tut-



kimuksessa. Kyllästetty puumateriaalia haketettiin noin 30mm kokoisiksi paloiksi ja kuivattiin 60 °C kaksi viikkoa, jotta CCA-kylläste oli varmasti sitoutunut puuhun. Tutkimuksessa 2 g kyllästettyä puuta käsiteltiin 50 ml sentrifuugissa kelaatinmuodostaja-aineen kanssa, jonka jälkeen massaa ravistettiin 6 tuntia. Näytteitä lämmitettiin 75 °C vesikylvyssä ennen poistoa, minkä jälkeen niitä lingottiin 10 min 8000 rpm:n nopeudella ja epäpuhtaudet poistettiin Whatmanin No. 42 suodattimella. Laboratoriotestien perusteella todettiin, että haitta-aineiden poisto riippuu kelaatinmuodostajan pH-arvosta ja matalampi pH-arvo paransi kylläste-aineiden liukenemista. Tutkimuksessa suositeltiin, että 75°C lämpötilassa, pH-arvolla 4 ja hapon ja CCA-kyllästetyn puun suhteilla 10:1 kromia ja arseenia saatiin irrotettua parhaiten. Tulosten perusteella haitta-aineita irrottaminen puusta vaihteli pH-arvojen sekä puhdistusaineiden määrästä riippuen. Keskimäärin 60-100% kuparia, 40-90% kromia sekä 50-100% arseenia saatiin poistettua prosessissa. Kuitenkin happoihin liuenneiden haitta-aineiden käsittelyä ei havainnollisesti myöskään tässä tutkimuksessa. Kyseinen metodi voi olla yksi vaihtoehto kyllästetyn puun puhdistuskeino, mutta lisätutkimuksia laajemman tason kokeista ja prosessin jälkituotteiden käsittelystä tarvitaan, ennen kuin sitä voitaisiin harkita kaupalliseen käyttöön. (Ko et al. 2010, 1528-1531.)

### **Kyllästeaineen imeyttäminen kitiinin ja kitosaanin avulla**

Bioresource Technology-tiedelehden julkaisussa 2004 esitelty tutkimus käsitteli kitiinin ja kitosaanin käyttöä CCA-kyllästeen haitta-aineiden imeyttämisessä puusta. Kyseisiä materiaaleja tutkittiin mahdollisesti halvempina vaihtoehtoina kemiallisten puhdistuskeinojen tilalle, sillä kitiiniä voidaan erottaa suoraan äyriäisten kuoresta ja kitosania valmistaa kitiinistä. Laboratoriotutkimuksessa CCA-kyllästettyä sahanpurua altistettiin ionisoimattomassa vesiliuoksessa kitiinille 1, 5 sekä 10 päivän sekoittimessa 27 °C lämpötilassa. 10 päivän puhdistuksen aikana 74% kuparista, 62% kromista sekä 63% arseenista saatiin poistettua sahanpurusta kitiinin avulla. Kitosaanin kanssa taas vain 57% kuparista, 43% kromista sekä 30% arseenista saatiin poistettua sahanpurusta. Kitiiniin tai kitosaaniin imeytyneiden haitta-aineiden käsittelyä tutkimuksessa ei kuitenkaan selvitetty. Puhdistuksessa käytetty materiaali on mielenkiintoinen vaihtoehto ja tulokset ovat kohtuullisia, mutta eivät riittäviä puun uusiokäyttöä ajatellen, sillä puumateriaaliin jäi jäljelle jopa yli puolet haitta-ainepitoisuuksista. Lisäksi myös tämän prosessin lopputuotteeksi jää haitta-aineita sisältä-

vää materiaalia, jota on edelleen käsiteltävä vaarallisena jätteenä. (Kartal & Imamura 2004, 389-392.)

### **Kyllästeaineen poisto oksaalihapolla ja natriumoksaalilla**

Waste Management-julkaisun nro. 26 artikkelissa käsiteltiin vuonna 2005 Japanissa tehtyä tutkimusta kaksiosaisesta uuttoprosessista, jossa muun muassa oksaalihappoa ja natriumoksaalia käytettiin pH-arvolla 3,2. Tämän käsittelyn todettiin poistavan 100% arseenista ja kromista sekä 95,8% kuparista noin tunnin oksalaattihappo- ja 3 tunnin natriumoksaaliti-käsittelyn jälkeen. Kun pH:ta nostettiin 11,2 toisessa vaiheessa, todettiin kuparin poistumisen olevan minimaalista, joten pH-arvon todettiin olevan tärkeä osa prosessia. Kyseinen prosessi tämän perusteella potentiaalinen ratkaisu CCA-kyllästeen poistossa puumateriaalista, mutta ilman lisätutkimuksia on vaikea arvioida metodin toimivuutta käytännössä. (Kakitani et al. 2005, 453-458.)

### **Kyllästeaineen poisto oksaalihapon avulla**

Vuonna 2006 Journal of Environmental Quality-julkaisun artikkelissa tutkittiin yksiosaista tapaa poistaa haitallisia metalleja sahanpurusta ja hakkeesta, jota olisi käsitelty CCA-kyllästeellä. Puumateriaalia käsiteltiin 0,125 moolisella oksaalihapolla, jonka pH:ta oli säädetty arvoon 3,2 natriumhydroksidilla eli suolalla. Arviolta 20 ml/1 g puumateriaalia käsittelyainetta käytettiin prosessissa noin 75 °C lämpötilassa. Kuuden tunnin käsittelyn jälkeen noin 90 % kromista, kuparista ja arseenista oli saatu poistettua puusta. Lisäksi käsittelyaineet ovat suhteellisen halpoja ja helposti saatavia, mikä tekee tästä metodista varteenotettavan vaihtoehdon kyllästetyn puun puhdistamisessa. (Kakitani et al. 2006, 912.)

### **Kyllästeaineen poisto puupohjaisen viinietikan avulla**

Bioresource Technology-julkaisussa esitetty neljäs artikkeli vuonna 2012 kertoi tutkimuksesta, joka käsitteli haitta-aineiden poistamista kyllästetystä puusta puupohjaisella viinietikalla. Tutkimuksessa polyesteripusseihin laitettua kuivattua ja sahanpuruksi jauhettua CCA-kyllästettyä puuta liuotettiin 100 ml laseissa, jotka sisälsivät viinietikkaa ja ionisoimatonta vettä sisältävässä liuoksissa. Prosessin aikana laseja ravistettiin 24, 36 ja 48 tunnin ajan 20, 40 sekä 60 °C lämpötiloissa, jonka jälkeen sahanpuru pestiin ionisoimattomassa vedessä ja kuivattiin. Laboratoriossa tehtyjen kokeiden perusteella parhaimmillaan 95,7%

kuparista, 92,7% arseenista ja 86,3% kromista saatiin poistettua viinietikalla käsitellystä puumateriaalista. Lopputuotteiden käsittely ei sisällynyt tutkimukseen. Tällä tutkimuksella todistettiin, että on myös mahdollista käyttää luonnonmukaisia aineita kyllästetyn puun käsittelyssä synteettisten kemikaalien sijaan, mikäli puhdistusprosessin jälkituotteet saadaan käsiteltyä tai hävitettyä turvallisesti. (Choi et al. 2012, 328-331.)

### **Kyllästeaineen poisto vetyperoksidin avulla**

Waste Management-kirjassa vuonna 2006 julkaistu artikkeli käsitteli keinoa poistaa CCA-kyllästettyä puumateriaalista ja eritellyn liuoksen uudelleenkäyttöä uuden puun kyllästämisessä. Artikkelissa esiteltiin vetyperoksidi  $H_2O_2$  aineena, jota on mahdollista käyttää sekä poistamaan haitta-aineita kyllästetystä puumateriaalista, että käsittelemään kyllästeainetta poiston jälkeen uuden kyllästeaineen valmistamiseksi. Tämä jälkimmäinen keino ei kuitenkaan ole enää relevanttia, sillä CCA-kyllästettyä ei enää käytetä puunsuoja-aineena. Laboratoriotutkimusta varten kyllästettyä puuta kuivattiin  $105\text{ }^\circ\text{C}$  lämmössä yön yli, jonka jälkeen materiaali jauhettiin noin 1 mm kokoiseksi materiaaliksi. Puumateriaalia käsiteltiin nestemäisessä vetyperoksidiseoksessa neljässä eri lämpötilassa  $30\text{--}90\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötiloissa, viidessä eri konsentraatiossa 0,62-10% välillä sekä seitsemässä aikavälissä 0,5-6 tunnin jaksoissa. Nesteen ja puumateriaalin suhde pidettiin tasaisena 15:1 jatkuvasti. Testien jälkeen näytteet tyhjiösuodatettiin ja kiinteät jäänteet tislattiin. (Cooper & Kazi 2006, 182-188.)

Tulosten mukaan kupari oli helpointa poistaa, jota seurasi kromi ja viimeisenä arsenikki. Poistamistehokkuus havaittiin lisääntyvän odotetusti korkeammilla käsittelyajoilla, lämpötiloilla sekä  $H_2O_2$  -pitoisuuksilla, joista tehokkain poistuminen toteutui 2 tunnin käsittelyllä  $90\text{ }^\circ\text{C}$  ja 2,5%:lla nestemäisellä  $H_2O_2$  -seoksella. Tällöin kuparia saatiin poistettua noin 98%, kromia 85% ja arseenia 78%. Samalla 10%-liuoksen käyttö kahden tunnin käsittelyllä ja alennetussa lämpötilassa vähensi vetyperoksidin reaktiota itse puun kanssa, tehden siitä jatkokäyttöä ajatellen hyödyllisempää. Lisäksi  $50\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa kuuden tunnin käsittelyn jälkeen tuloksena 93-95% kromia, 94-96% kuparia ja 96-99% arseenia saatiin poistettua puusta. Lopuksi ehdotettiin, että erilaisten kyllästysprosessien takia olisi kuitenkin järkevintä karsia kyllästetty osa puuta pois materiaalista, puhdistaa kylläste hakkeesta ja samalla uudelleenkäyttää puhdas puumateriaali. Näitä toimenpiteitä noudattaen olisi teo-

reettisesti mahdollista saada suurempi hyöty kyllästetystä puusta yksinkertaisella keinolla, jos sitä saataisiin sovellettua käytännössä. (Cooper & Kazi 2006, 182-188.)

### **Pilottivaiheen koe kyllästeineen poistossa rikkihapon avulla**

Vuonna 2009 Journal of Hazardous Materials-julkaisussa esitelty tutkimus rikkihapon  $H_2SO_4$  käytöstä CCA-kyllästeen poistoon tarkoitukseen havainnoi, että kolmivaiheinen, 2 tuntia/vaihe kestävä liuotusprosessi  $75\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa käyttäen 0,2 molaarista rikkihappoa toimi kiitettävästi haitta-aineiden poistamiseen. Jopa 99% arseenia ja kuparia sekä 86% kromia saatiin poistettua tällä metodilla. Itse puhdistusvaiheen arvioitiin maksavan 115 US\$/tonni ie. 97,8 euroa/tonni kyllästettyä puuta. (Janin et al. 2009, 136-145.) Tämän lisäksi edellä mainitun artikkelin kirjoittajat olivat jättäneet patentin (Pat. CA WO/2009/124387) kyseisistä menetelmistä Free Patents Online-palvelun kautta 2009. Tutkimusten pohjalta saatiin jatkoa Separation and Purification Technology-julkaisussa 2012 esitellyssä pilotti-tason kokeessa, jossa oli rakennettu 80 l tankkireaktori, missä käytettiin rikkihappoa puhdistamaan CCA-kyllästettyä puujätettä. Testi koostui kolmesta kahden tunnin vaiheesta  $75\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa, joiden välissä oli kolme puhdistusvaihetta. Testin tuloksena 99,5% arsenikista, 95,7% kromista ja 99,6% kuparista saatiin poistettua puuhakkeesta. Prosessin sivutuotteet käsiteltiin ja haitta-aineet poistettiin massasta saostamalla. Tutkimuksessa annettiin myös karkea arvio prosessin hinnalle liuottamisen, puhdistamisen sekä saostamisen kanssa, joka oli yhteensä noin 250 US\$/tonni ie. 212,5 euroa/tonni kyllästettyä puuta. Lisäksi artikkelissa esitettiin, että kokonaishintaa oli mahdollista vähentää liuottamisvaiheessa. Nämä koeversiot osoittivat, että prosessia on mahdollista soveltaa käytännössä kyllästetyn puun puhdistamiseen kustannustehokkaasti. (Janin, A. et al. 2011, 90-95.)

### **Pilottivaiheen tutkimus CCA-kyllästeiden poistamiseen puumateriaalista rikkihapon avulla**

Journal of Hazardous Materials-julkaisussa oli esitelty vuonna 2013 myös toinen pilottivaiheeseen edennyt tutkimus kyllästetyn puun puhdistamisessa. Tutkimuksessa oli käytetty rikkihappoa kuparipohjaisten kyllästeiden liuottamiseen erityyppisistä puuhakkeista. Pilotivaihetta varten oli rakennettu 130 litran 316-tyypin ruostumattomasta teräksestä valmistettu reaktoritankki, joka oli pinnoitettu korroosiota vastaan. Puuhaketta käsiteltiin rikkiha-

possa kaksi tuntia kolme kertaa, jota seurasi kolme 7 minuutin puhdistusvaihetta. Tulokse-  
na keskimäärin 97,5% arseenista, 87,9% kromista ja 96,1 % kuparista saatiin poistettua  
CCA-käsitellystä puusta. Tämän johdosta puumateriaalia ei enää pidettäisi jätteenä Sivu-  
tuotteena syntynyt jätevesi käsiteltiin saostamalla sitä rautakloridin  $\text{FeCl}_3$  kanssa, jonka  
lisäksi nesteen pH-arvo nostettiin 7-7,2 kohdalle natriumhydroksidin NaOH avulla. Tällä  
keinolla yli 93% haitta-aineista saatiin poistettua jätevedestä. (Coudert et al. 2013, 277-  
285.)

Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin koko prosessin kustannuksia, mikä sisälsi käyttökustan-  
nuksia, epäsuoria kustannuksia sekä mahdollinen tuotto puhdistetun puun myynnistä käyt-  
tären elokuun 2006 hintatietoja. Talousarviossa käytettyjä lukuja voi tarkastella taulukossa  
4. Talousarviossa käytettiin vastavirta-liuotuslaitoksen mallia 100 000 tonnin vuositason  
kapasiteetilla. Tällä tarkoitetaan prosessia, jossa puhdistuksessa muodostuneet jätevedet  
käytetään uudelleen puhdistusvaiheissa. Työpanokseen sisällytettiin laitteiston käyttö ja  
sen valvonta. Epäsuoriin kustannuksiin taas sisältyi hallinnolliset kulut, yleiskustannukset,  
vakuutukset, verot ja kehityskustannukset. Pääomakustannuksiin taas kuului laitteiston  
hankinta puhdistusprosessia varten 15 vuoden takaisinmaksuajalla ja 4% vuotuisella korol-  
la. Nykyisillä hintatiedoilla lasketut kustannukset saattavat poiketa edellä mainituista, var-  
sinkin sähkön ja polttoaineiden hinnan sekä työntekijöiden palkkauksen ja hallinnoinnin  
kohdalla. (Coudert et al. 2013, 277-285.)

Prosessin mahdollisia tuloja taas laskettiin vertaamalla puhdistetun puun mahdollista  
myyntiä raakapuun käyttöön lämmön ja sähkön yhteistuotannossa, jonka lisäksi puumate-  
riaalin kyllästämättömän sisäosan myynti rinnastettiin puumateriaalin myyntiin puulauto-  
jen tuotantoa varten. Näistä tuloista lopulta vähennettiin kyllästetyn puujätteen käsittely-  
kustannukset. Tämän pohjalta arvioitiin, että puhdistusprosessin ja jälkituotteiden käsitte-  
lyn ja myynnin jälkeen oli mahdollista päästä noin 53,7 US\$/tonni ie. 45,6 euron/tonni tu-  
loihin tai johtaa 35,5 US\$/tonni ie. 30,1 euron/tonni loppukustannuksiin riippuen puumate-  
riaalista. Lisäkustannukset selitettiin karkeamman puunäytteen tarvitsemasta lisäkäsittelys-  
tä. Kyseinen tutkimus on täten laajempaa toteutuskelpoisuutta lähestyvä vaihtoehto kylläs-  
tetyn puun hyötykäyttöä varten. Prosessia käyttäen olisi mahdollista käsitellä CCA-  
kyllästettyä puuta paikallisessa laitoksessa ja myydä sen lopputuotteita muun muassa ener-

giantuotantoa varten sekä tehdä mahdollisesti liikevoittoa, mikäli esitellyn kaltainen uusi hinta-arvio saataisiin laadittua ottaen huomioon nykytekniikka ja hintataso sekä mahdollinen rahoittaja projektille löytyisi. (Coudert et al. 2013, 277-285.)

Taulukko 4 Puhdistusprosessin talousarvio (Coudert et al. 2013, 277-285.)

| <b>Kustannuksia</b>                 |            |         |                     |            |           |                |
|-------------------------------------|------------|---------|---------------------|------------|-----------|----------------|
|                                     | US\$/tonni | €/tonni |                     | \$/yksikkö | €/yksikkö | Yksikkö        |
| <b>Rikkihappo</b>                   | 80         | 67,7    | <b>Sähkö</b>        | 0,05       | 0,04      | kWh            |
| <b>Rautakloridi</b>                 | 500        | 423,3   | <b>Polttoaine</b>   | 2,84       | 2,4       | GJ             |
| <b>NaOH</b>                         | 500        | 423,3   | <b>Prosessivesi</b> | 0,05       | 0,04      | m <sup>3</sup> |
| <b>Puujätteen käsittely</b>         | 100        | 84,7    | <b>Työpanos</b>     | 25         | 21,2      | h              |
| <b>Tulot</b>                        |            |         |                     |            |           |                |
|                                     | US\$/tonni | €/tonni |                     |            |           |                |
| Puhdistetun puuhakkeen myynti       | 30         | 25,4    |                     |            |           |                |
| Kyllästämättömän puun myyntitulot   | 70         | 59,3    |                     |            |           |                |
| Tulot käsittelyn ja myynnin jälkeen | 0-53,7     | 0-45,6  |                     |            |           |                |

### **Tutkiva analyysi käytöstä poistetun CCA-kyllästetyn puun jatkokäytöstä happoseosten ja mikroaaltojen avulla sekä vaikutus USA:ssa liiketoiminnan kannalta**

Natural Resources-julkaisussa vuonna 2016 esiteltiin USA:n Lousianan yliopiston maatalouskeskuksen (Louisiana State University Agricultural Center) tutkimus CCA-puun jatkokäyttömahdollisuuksista, keskittyen puumateriaalista happokäsittelyllä eroteltuun CCA-kyllästeeseen. Tutkimuksessa huomautettiin, miten happokäsittely on hidas runsaasti tilaa ja liuotinaineita vaativa prosessi, jonka johdosta sitä ei pidetty kustannustehokkaana. Seuraavaksi esiteltiin uusi vaihtoehto kyllästeen poistamiselle, jossa oksaalihappoa yhdistettiin joko etikkahappoon tai fosforihappoon, minkä todettiin olevan tehokas yhdistelmä kyllästeen poistossa. Yhdistettyä happoseosta sekä puumateriaalia käsiteltiin mikroaaltojen avulla reaktorisäiliössä yhden vaiheen käsittelyprosessissa. Minimissään 2,75% fosforihappoa ja 0,5% etikkahappoa 130 °C lämpötilassa tarvittiin sitomaan haitta-aineita happoseokseen ja poistamaan 100% arseenista, 96,7% kromista sekä 98,6% kuparista. Tämä prosessi on tutkimuksen mukaan ainutlaatuinen verrattuna muihin kierrätysprosesseihin, sillä se vaatii vain keskimäärin 10-30 minuutin reaktioaikoja poistaakseen kyllästeaineita liki täydellisesti. Lopputuotteena jäljelle jäävästä nestemäisestä puusta voidaan tutkimuksen mukaan valmistaa pihkamaista liima-ainetta tai eristemateriaalia. Lisäksi puusta eritelty kylläste-happoseos voidaan muokata uudelleen käytettävästi kyllästeeksi tai eritellä metallin seek-

sesta ja myydä ne eteenpäin, jos sopivat markkinat kyseisille tuotteille onnistutaan löytämään. (Vlosky et al. 2016, 544-557.)

Yliopisto teetti samalla markkinatutkimuksen, jossa tarkasteltiin kyllästetyn puun käyttöä kierrätetyn "vihreän" CCA-kyllästeen lähteenä, josta voitaisiin valmistaa suihkutettavaa eristemateriaalia rakennuksia varten. Suihkutettava eriste on mahdollinen vaihtoehto perinteiselle lasivilla-eristeelle, jossa erillisestä kanisterista suihkutetaan eristemassaa eristettävään pintaan, jonka jälkeen se leviää ja kuivuu tiiviiksi, eristäväksi massaksi. Lisäksi materiaali on paremmin biohajoava kuin perinteinen vaahtoeiste. Nestemäinen puu voi täten olla varteenotettava, ympäristöystävällinen vaihtoehto kyseisen eristemassan valmistusprosessissa. Tutkimuksessa otettiin yhteyttä 443 USA:n sisällä toimiviin puumateriaali kyllästäviin sekä 883 sähköpylväiden tuottaviin yrityksiin postitse. Kirjekyselyssä tiedusteltiin sähköpylväiden tuotannosta, myynnistä sekä materiaalin mahdollisesta kierrätyksestä ja loppukäsittelystä sekä mielenkiinnosta käyttää yritysten tuottamaa käytöstä poistettua materiaalia suihkutettavan eristeen raaka-aineena. Noin 29% puuta käsittelevistä ja 12% sähköpylväitä valmistavista yrityksistä vastasi tutkimukseen hyväksyttävästi. Tutkimuksen pohjalta noin 60% kyselyyn vastanneista puunkäsittelyalan yritysten sekä sähköpylväiden tuottajista oli kiinnostunut myymään käytettyjä sähköpylväitä raaka-aineena uusille tuotteille, mikä ennustaa suurta potentiaalista markkina-aluetta tämänkaltaisille vaihtoehtoisille kierrätystuotteille. (Vlosky et al. 2016, 544-557.)

Lisäksi vuonna 2010 USA:ssa jätetty ja 2011 julkaistu patentti (Pat. U.S. 8043399) Free Patents Online-sivustolla käsitteli edellä mainitun kaltaista prosessia CCA-kyllästetyn puun käsittelyä varten mikroaaltojen ja erinäisten happoseosten avulla, kuten rikkihappo, typpihappo, oksaalihappo tai muurahahaishappo. Vähintään yhden hapon seoksessa tuli olla mineraalihappo, kuten fosfori- tai rikkihappo ja happoseoksen suhde puumateriaalin 1:1, 5:1, 30:1 tai 40:1. Happoseosta ja kyllästettyä puuhaketta lämmitettiin mikroalloilla 70-200 °C lämpötiloissa, mikä liuotti haitta-aineita puumateriaalista ja satoi niitä happoseokseen. Prosessin johdosta yli 99% arseenista, kromista ja kuparista saatiin poistettua puusta. Tämän jälkeen puusta eroteltu happo-haitta-aineliuos saostettiin muuan muassa kalsiumhydroksidin avulla mahdollista uudelleenkäyttöä varten kyllästeenä ja jäljelle jäänyt puumateriaali nesteytettiin. Nesteytys tapahtui mikroaaltojen sekä fenolien, glykolien

tai etyleenikarbonaatin avulla 80-190 °C lämpötiloissa, kestäen arviolta 8-180 minuuttia. Patentissa arvioitiin, että prosessia voidaan käyttää kyllästettyyn puuhun, jonka CCA-pitoisuudet ovat arviolta 0,5-35% välillä. Lisäksi esiteltiin vaihtoehto erottaa kyllästetty puuosio käsittelyä varten höyläämällä ja käyttämällä kyllästämätön sydänpuu puupohjaisen komposiittien valmistukseen. Mikroaaltoja ja happoja käyttämällä on mahdollista erottaa haitta-aineita puumateriaalista alemmissa lämpötiloissa kuin normaaleissa polttotekniikoissa nopeasti sekä ilman, että haitta-aineita pääsee haihtumaan ilmaan, mikä tekee kyseisestä tekniikasta mielenkiintoisen vaihtoehdon kyllästetyn puun puhdistamista varten. (Pat. U.S. 8043399)

### **3.5.3 Polttotekniikka**

#### **Arseenin poistaminen pyrolyysin kaasuvaiheessa**

Vuonna 2004 Management of Environmental Quality: An International Journal-julkaisussa esitellyssä tutkimuksessa kyllästettyä puuta poltettiin ja tutkittiin mahdollisuuksia ottaa talteen kyllästeen arseeni kiinteässä muodossa. Prosessissa kyllästettyä puuhaketta lämmitettiin matalassa lämpötilassa ilman hapettavaa ainetta laboratoriotiloissa ja kokeellisessa laitoksessa käyttäen typpikaasua. Lämpötilojen mittaussväli oli 100-500 °C ja niistä havaittiin, että keskimäärin 400 °C jälkeen puun arseenipitoisuus laskee nopeasti. (Hata et al. 2004, 502-508.) Myös Sydneyn yliopistossa tehty tutkimus 2006 metallien hallinnasta kyllästetyn puun poltossa havainnoi, että yli 500 °C polttolämpötila lisää arseenin haihtumista puusta ja liukoisuutta tuhkassa, mikä tukee edeltävää tutkimusta. Tutkimuksissa kuvailtu metodi pitää polttolämpötilaa matalana voitaisiin mahdollisesti sovittaa normaaliin poltto-prosessiin, helpottaen arseenin poistoa puusta ennen savukaasujen puhdistusprosessia. (Rogers et al. 2006, 500-505.)

#### **Arseenin poistaminen polton savukaasuista kuumasuodatuksella**

Vuonna 2016 Fuel 181-julkaisun artikkeli käsitteli toista metodia poistaa arseenipäästöjä kyllästetyn puun polttoprosessissa. Tutkimuksessa arseenin käyttäytyminen kyllästetyn puun polttovaiheessa oli mallinnettu ChemSheet-laskentaohjelmalla. Laskennan pohjalta havaittiin, että 99,6% arseenista oli mahdollista poistaa savukaasuista kuumasuodatuksella, missä kaasua viilennettiin 260 °C kondensaatiolämpötilan alle, jonka jälkeen tiivistynyt



tuhkaan kondensoitunut arseeni voitiin tämän jälkeen kerätä talteen. Koska arseeni on kylästetyn puun poltossa haitallisin osa syntyneissä savukaasuissa, sen poistaminen kuvatulla tavalla on potentiaalinen lisävaihe kaasujen käsittelyssä, jos esitelty mallinnus saadaan säilytettyä polttoprosessiin käytännössä. (Kramb et al. 2016, 319-324.)

### **Arseenin poistaminen mineraalien avulla polttovaiheessa tuhkaan**

Vuonna 2004 Journal of Environmental Quality-julkaisun artikkelissa esiteltiin tutkimus mineraalipohjaisten imeytysaineiden kyvystä sitoa CCA-kyllästetyn puun poltossa syntyviä metalliyhdisteitä tuhkaan. Erityisesti alkalipohjaisten mineraalien huomattiin reagoivan kyllästeaineen metalleihin. Muun muassa kalkki- ja soodatuhkaa sekoitettiin ja poltettiin kyllästetyn puuhakkeen kanssa leijupolttotekniikkaa käyttävässä polttolaitoksessa. Kalsiumpohjainen imeytysaine tuotti lupaavia tuloksia arseenin, kromin ja kuparin sitomisessa, sitoen 80% arseenista ja kromista ja vähentäen arseenin liukoisuutta polton jälkeen 200 mg/l:sta vain 0,1 mg/l:aan sekä kuparin huuhtoutumista 100 mg/l:sta vain 1 mg/l:aan. Natriumpohjaiset aineet taas sitoivat haitta-aineita tuhkaan alle 750 °C:ssa, mutta tuottaen helposti liukenevaa tuhkaa. Lisäämällä polttoprosessiin kyseisiä aineita, voi CCA-kyllästetyn puun savukaasujen käsittely helpottua merkittävästi. Tämä prosessi kuitenkin johtaa haitta-aineiden kertymiseen tuhkaan entistä enemmän, mikä on käsiteltävä polttoprosessin jälkeen. (Iida et al. 2004, 184-192.)

### **CCA-puujätteen ja yhdyskuntajätelietteen yhteinen lämpökäsittely arseenipäästöjen hallintaa varten polttoprosessissa**

Vuonna 2007 Åbo Akademi:n teknisen osaston toimesta julkaistu tutkimus käsitteli CCA-kyllästetyn puun arseenipäästöjen hallintaa lämpökäsittelemällä CCA-puuta kunnallisen jätevesilietteen kanssa. Arseenin oli havaittu haihtuvan kokonaan lämpökäsittelyssä savukaasujen mukana, joten tutkimuksessa tarkasteltiin simuloinnin avulla, että voiko näitä päästöjä sitoa polttoprosessissa lietteen kanssa sekoittamalla CCA-puumateriaalia ja lietettä polttokammiossa. Alustavasti oletettiin, että lietteen kalsium voisi sitoa arseenia itseensä, mutta tutkimuksen perusteella havaittiinkin kalsiumin reagoivan lietteestä samalla löytyvän fosforin kanssa. Sen sijaan havaittiin, että on mahdollista sitoa arseenia rautaan, magnesiumiin tai alumiiniin. Varsinkin rautaa pidettiin lupaavana sitoja-aineena. Rautasulfaatti hajoaa rauta- ja rikkioksideiksi poltossa, jolloin rauta voi sitoa arseenia ja kalsium

riikkiä, ellei se sitoudu fosforiin. Jätevesiliete sisältää kaikkia näitä aineita, joten liete voi näiden avulla vähentää arseenipäästöjä ilmaan. Prosessia varten polttolämpötilan tulisi kuitenkin olla alle 900 °C ja lietteen osuus noin 20 paino-%, jotta arseeni jäisi kokonaan pohjatuuhkaan. Normaalisissa polttolämpötilassa 1300 °C taas lietteen vaikutus arseenin määrään olisi matalampi, 82%—100%. Mahdollisessa käytännön kokeessa on otettava kuitenkin huomioon, että jätevesiliete lisää vettä ja muita lietteessä olevia aineita, kuten rikkiä polttoprosessiin. Näitä tekijöitä tulisi täten kompensoida tuhkan ja savukaasujen puhdistuksessa sekä polttolämpötilan ylläpitämisessä hyväksyttävällä tasolla. Kaiken kaikkiaan prosessi on mielenkiintoinen vaihtoehto, joka voisi alentaa CCA-kyllästetyn puujätteen savukaasujen puhdistuskustannuksia. (Sipilä et al. 2007.)

### **Polttovaiheen paineen nosto ja muutokset**

Vuonna 2011 *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*-julkaisun artikkelissa tutkittiin CCA-kyllästetyn puun käsittely korkeassa paineessa ja sen vaikutuksesta haitta-aineiden käsittelyyn polttovaiheessa. Laboratoriotutkimuksessa havaittiin, että korkea paine lisää arseenin pidättymistä puumateriaalissa, kun taas korkeampi lämpötila vähentää sitä 390 °C asti hieman, jonka jälkeen arseeni poistuu puusta huomattavasti nopeammin. Nämä tulokset tukevat aikaisempia 2004 ja 2006 tehtyjä tutkimustuloksia arseenin käyttäytymisestä polttoprosessissa. Tutkimus nostattaa mahdollisuuksia muuntaa perinteistä polttoprosessia, joilla saataisiin aikaan paremmat poltto-olosuhteet haitta-aineille. (Cuyper & Helsen 2011, 111-122.)

### **CCA-kyllästetyn puun lämpökemiallinen käsittely Chartherm-prosessilla**

Vuonna 2010 *Waste Management*-kirjassa julkaistussa tutkimuksessa käsiteltiin Thermyanin ranskalaisen konsulttiyrityksen Chartherm-prosessia, joka oli lämpökemiallinen prosessi CCA-kyllästetyn puun käsittelyä varten. Prosessissa yhdistettiin materiaalin poltto matalassa lämpötilassa ja suodattaminen. Matalaa polttolämpötilaa käyttävä tekniikka kehitettiin vaihtoehtona perinteisille vaarallisen puujätteen polttotekniikoille, joiden todettiin tuottavan myrkyllisiä savukaasuja sekä häiritsevän poltto-olosuhteita, kun CCA-kyllästettyä puuta poltetaan muun jätteen seassa. Lisäksi korkean polttolämpötilan todettiin olevan tehoton estämään kaasumaisen arsenikin pääsy ilmaan. Matalan lämpötilan pyrolyysiprosessissa ei käytetä hapettavia aineita, mikä vähentää raskasmetallien vapautumista

ilmaan ja mahdollistaa niiden keräämisen polton jäännösmateriaalista. Chartherm-prosessi sisälsi puumateriaalin esikäsitellyn murskaamalla, jota seuraa poltto matalassa lämpötilassa. Polton aikana puumateriaalia syötettiin polttokammion päältä ja samalla polton aikana syntyneitä hiiltä kerätään polttokammion pohjalta jatkuvalla syötöllä. Puun lämmitys tapahtui käyttämällä kuumaa reagoimatonta kaasua. Lämpötilat vaihtelivat 370-390 °C kammion pohjalla ja noin 60 °C kammion päällä. Alhaalta ylöspäin liikkuva kaasuvirta tuomukanaan puun hajoamisessa syntyvää raskasmetallipitoista kaasua, joka noustessaan tiivistyy kosketuksessa puumateriaaliin jatkuvasti. Metallit jäävät lämmityksen aikana syntyneeseen hiilimäiseen jäännökseen ja muut palavat kaasut nousevat polttokammion päältä, jonka jälkeen ne puhdistetaan vesipesurilla ja poltetaan jälkikäteen energiana, jota käytetään prosessin toiminnassa. Hiilimäinen jäännös viilennetään ja tiivistetään jauheeksi, jonka jälkeen puhdas hiili erotetaan haitta-aineista keskipakovoimaa käyttävällä erotusprosessilla. Chartherm-prosessia verrattiin lopuksi ideaaliseen kaasutusprosessiin, jolla voidaan käsitellä puuta samalla tavalla. Tuloksena todettiin, että energiankäytön kannalta molemmat prosessit olivat samantasoisia, mutta perinteinen kaasutus ei vaikuta arseenipitoisuuksiin mitenkään, eikä tarjoa mahdollisuutta materiaalin talteenottoon. Lopuksi todettiin, että prosessin optimointia varten tarvittiin lisätutkimuksia jokaisen vaiheen toiminnasta eri olosuhteissa, jotta muun muassa prosessin energiatehokkuutta saataisiin parannettua. Chartherm-prosessi on mielenkiintoinen vaihtoehto CCA-kyllästetyn puun käsittelyssä, mutta tutkimuksessa ei selvitetty erikseen haitta-aineiden erottelun tehokkuutta puumateriaalista ja polttojäännöksestä, joten sen käytännöllisyyttä on vaikea arvioida. Lisäksi kyseisen yrityksen on nykyään osa ranskalaista Areva-konsernia, jonka toiminta keskittyy tällä hetkellä vain ydinvoimaan, joten Chartherm-prosessin toimivuudesta ei ole lisätietoja. (Areva, sähköpostiviesti 9.11.2017; Bosmans et al. 2007, 705-713)

#### **3.5.4 Kyllästetyn puun yhdistäminen puhtaan puun kanssa lastulevyn tuottamista varten**

Vuonna 2004 Forest Products Journal Vol 54-julkaisussa USA:ssa tuotettu tutkimus tarkasteli mahdollisuuksia kierrättää CCA-kyllästettyjä sähköpylväitä liimaamalla kyllästettyä puumateriaalia käsittelemättömään neitseelliseen puuhun lastulevyn valmistamiseksi. Eri-tasoisia osuuksia käsitellyn ja käsittelemättömän puun välillä tutkittiin 100:0, 75:25 sekä 50:50 suhdelukujen välillä. Tuloksena oli, että 50% osuus kyllästettyä puuta ja kyllästä-

töntä puuta oli optimaalinen ratkaisu, ottaen huomioon valmistetun lastulevyn fysikaaliset, mekaaniset ja kulumista vastustavat ominaisuudet. CCA-kyllästetyn puun todettiin vähentävän lastulevyn kulumista huomattavasti ilman, että levyn fysikaaliset tai mekaaniset ominaisuudet heikentyivät. (Li et al. 2004, 89-94.)

Lisäksi vuonna 2009 Forest Products Journal Vol. 59-julkaisussa USA:ssa tehtiin samantyylinen tutkimus kyllästetyn puun liimausmahdollisuuksista neitseelliseen puuhun ilman lisäkäsittelyä kyllästeellä ja kyllästeen kanssa. Ilman lisäkäsittelyä yhdistetty lastulevy reppytyi helpommin, mutta oli kestävämpi viiltelyä vastaan. Uudelleenkäsitelty lastulevy taas oli vastustuskykyisempi laminoinnin poistumista vastaan. Kyseiset tutkimukset esittävät mielenkiintoisen vaihtoehdon kyllästetyn puun kierrätykselle, mutta käytännössä yhdistetyn lastulevyn valmistus ja käyttöönotto voi olla hankalaa nykyisen tiukemman lainsäädännön ja laatuvaatimusten takia. Aihe vaatii lisätutkimuksia mahdollisesti EU-alueen sisällä USA:n lisäksi, jotta sen käyttömahdollisuuksia nykyään voidaan arvioida uudelleen. (Piao et al. 2009, 31-39.)

## 4 TIEDONKERUUN TULOSTEN TARKASTELU

Tässä kappaleessa esitellään tiedonkeruun ja yhteydenottojen pohjalta kerättyjä tuloksia tarkemmin. Tiedonkeruun tulosten tarkastelussa keskitytään yrityksiin ja organisaatioihin, joiden vastausten pohjalta saatiin huomionarvoista tietoa CCA-kyllästetyn puun käsittelytapoihin ja -mahdollisuuksiin liittyen sekä esitellään tarkemmin muita käsittelytoimintaan liittyviä käytännön vaiheita, kuten haitta-aineiden analysoinnin tarve sekä materiaalin kuljettaminen. Tuloksia lisäksi pohjustetaan luvussa 2 esiteltyjen taustatekijöiden avulla. Osa tuloksista ja niiden yksityiskohdista, kuten luvuissa 4.2 sekä 4.6, on kuitenkin salattu kilpailusyistä ja yksityiskohdat on jätetty asiakasyrityksen haltuun.

### 4.1 CCA-kyllästetyn puun haitta-aineiden analyysi ja kuljetus

Mahdollista uusiokäyttöä tai energiahyötykäyttöä varten kyllästetyn puun omistajan on oltava tietoinen materiaalin haitta-ainepitoisuuksista. Tämä on tärkeää varsinkin polttolaitoksille, joiden on tiedettävä haitta-aineiden pitoisuudet puumateriaalissa, sillä jätteenpoltoa koskeva lainsäädäntö määrittää tarkkoja raja-arvoja polton ilmanpäästöille erinäisille aineille. Näitä aineita ovat muun muassa arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, nikkeli ja polysykliset aromaattiset hiilivedyt, joille määritetään raja-arvoja valtioneuvoston asetuksissa jätteen polttamisesta 14.2.2013/151 sekä asetuksessa 113/2017. Käytännössä tämä tarkoittaa, että CCA-kyllästetyn puumateriaalin omistajan on käytettävä akkreditoitua laboratoriopalvelua, joka kykenee analysoimaan epäorgaanisia raskasmetalleja sekä orgaanisia haitta-aineita. Suomessa Fortum Waste Solutions tarjoaa laboratoriopalveluita jätteenkäsittelyn lisäksi, jonka johdosta yritys on kattavin palveluntarjoaja paikallisten jätteenkäsittelyyritysten joukossa. Yrityksen sivuilla ei kuitenkaan ole lueteltu tarkkoja hintoja analyysipalveluille, joten tarkkoja arvioita toiminnan kustannustehokkuudesta on vaikea arvioida. Muita mahdollisia laboratoriopalveluita tarjoavia tahoja ovat muun muassa Metla, Nab Labs, Ositum ja SYKE, jotka kykenevät analysoimaan epäorgaanisia ja orgaanisia haitta-aineita. Lista muista Suomessa olevista laboratoriopalveluita tarjoavista yrityksistä on myös näkyvillä liitteessä 3. (Fortum Waste Solutions 2017c; VNa 113/2017; VNa 14.2.2013/151.)

Vaarallisten aineiden kuljetusta varten on yleisesti haettava VAK-hyväksyntä, toiselta nimeltään ADR-ajolupa (Carriage of Dangerous Goods by Road), joka koskee teitä pitkin kuljetettavaa materiaalia. Vesitse, lentäen tai raiteita pitkin on olemassa omat vastaavat luokituksensa, jotka määrittävät laissa vaarallisten aineiden kuljetuksesta (2.8.1994/719). CCA-kyllästetty puu luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi ja siihen sovelletaan vaarallisen jätteen lainsäädäntöä, mutta poikkeuksellisesti Demolite Oy:n sekä Tukes:in antamien tietojen mukaan tämän materiaalin kuljetusta varten ei tarvitse käyttää ADR-ajoluvan tai vastaavan omaavaa kuljetuspalvelua. Materiaalin omistaja voi täten vapaasti kilpailuttaa itselleen sopivimman vaihtoehdon Euroopassa toimivista kuljetusyrittäjistä, joilla on kokemusta jätemateriaalin tai puutavaran kuljetuksesta. (Demolite Oy, puhelinhaastattelu 21.11.2017; Tukes, sähköpostiviesti 21.11.2017; Tukes 2017.)

## **4.2 Yritys A**

Yritys A on Euroopassa toimiva yritys, jonka palveluihin kuuluu muun muassa yleisen jätteenkuljetuksen ja kierrätys. Vaarallisten jätteiden käsittelyn palveluihin kuuluu yrityksen CCA-kyllästeellä käsitellyn puumateriaalin käsittelyprosessi, jonka tarkoitus on erottaa kyllästeen haitta-aineita puumateriaalista liuottamalla. Prosessin lopputuloksena saadaan aikaiseksi vaarattomaksi luokiteltavaa puumateriaalia, jonka yritys toimittaa alueen kaatopaikoille loppusijoitusta varten. Puhdistusprosessi ei siis kykene täysin poistamaan CCA-kyllästettyä puumateriaalista. Yrityksen verkkosivu mainostaa toistaiseksi, että prosessin tarkoitus on välttää materiaalin loppusijoittamista, mutta tilanne on ilmeisesti muuttunut. Lisäksi yritys totesi, että he eivät tällä hetkellä pysty vastaanottamaan vaarallista jätettä Suomesta käsiteltäväksi, sillä toiminnan vaatiman jätteesiirtoluvan ja muiden dokumenttien järjestäminen ei ole heille kannattavaa. Tarkemmat tiedot yrityksestä on salattu kilpailusysteistä ja yksityiskohdat on jätetty asiakasyrityksen haltuun.

## **4.3 PWS Technology**

Kanadassa toimiva PWS Technology on yritys, joka on jakautunut kolmeen alayksikköön. PWS Consulting tarjoaa asiantuntijapalveluita markkinoinnissa ja PWS Natural Products

markkinoi Iso-Britannian ja Kanadan tutkimuskeskuksissa kehitettyä yrityksen uuttamisteknikkaa alkoholittomien ja alkoholillisten juomien tuottamiseen. Kolmas yksikkö PWS Heavy Industry markkinoi yrityksen teollisuudelle tarjottuja palveluita, johon sisältyy yrityksen patentoimat CCE-MultiContactor - tekniikka erilaisten kemiallisten aineiden uuttamista ja eristämistä varten, sekä puupohjaisten polttoaineiden suolanpoistoa varten kehitetty Hogwash-tekniikka. CCE-prosessi käyttää kemikaaleja liuottamaan ja erottamaan kiinteästä materiaalista haluttuja ainesosia, minkä lopputuotteina ovat puhdas, kiinteä materiaali ja liuokseen sitoutunut aines. Alun perin CCE-tekniikka kehitettiin Australiassa uuttamaan mehua hedelmistä. Yrityksen asiantuntijayksikkö on kehittänyt tekniikasta menetelmiä käsitellä biomassaa, kaivosmateriaalia, öljyistä hiekkaa, ydinjätettä sekä jäteöljyjä varten. Hogwash-tekniikka kehitettiin alun perin Kanadassa suolapitoisessa nesteessä kuljetetun puumateriaalin puhdistamiseen. Kyseisiä tekniikoiden jatkokehitys on toistaiseksi siirretty yrityksen Australian toimipisteeseen, jossa niitä on tarkoitus kehittää tekniikka poistaa CCA-kyllästettyä puumateriaalista. Yritys tutkii myös mahdollisuuksia hyötykäyttää puusta eroteltua CCA-kyllästettyä materiaalina uudestaan. Mahdolliselle kaupallisen version käyttöönotolle tai prosessin kustannuksille ei kuitenkaan toistaiseksi pystytty antamaan arviota, joten tilanteen kehittymistä on seurattava tulevinä vuosina. (PWS Technology 2017; PWS Technology, sähköpostiviesti 31.11.2017.)

#### **4.4 Suomen käsittelymahdollisuudet**

Suomessa on olemassa kyllästetyn puun käsittelyyn liittyvien palveluiden tarjoavia yrityksiä ja polttolaitoksia, jotka on esitelty raportin luvuissa 2.6 sekä 3.3. Tunnetuin alan yritys Suomessa on Fortum Waste Solutions, jonka kapasiteetti CCA-kyllästetyn puun käsittelylle on 40 000 tonnia vuodessa. Yrityksen tietojen mukaan heidän paikallinen käsittelykapasiteettinsa Suomessa on täynnä, joten yritys vie materiaalia poltettavaksi muun muassa Ruotsiin omistamiinsa polttolaitoksiin. Fortum on Pohjoismaiden alueella ainoa vaarallisia puujätteitä kansainvälisesti käsittelevä yritys, sillä yritys omistaa tai on ostanut muita alan yrityksiä itselleen Suomen lisäksi muun muassa Ruotsissa ja Tanskassa. Fortumin lisäksi CCA-kyllästetyn puun käsittelijänä Suomessa toimii Demolite Oy, joka tunnetaan myös nimellä Kestopuuteollisuus ry. Demoliten mukaan heidän nykyinen kapasiteettinsa on maksimissaan 5000 tonnia vuodessa, mutta kaikki vastaanotettu materiaali viedään hak-

keena Saksaan poltettavaksi EGGER-konsernin Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co.KG - polttolaitokselle. Yksityisten asiakkaiden ja kuntien jätehuoltoyritysten vastaanottama kyllästetty puujäte tuodaan Suomessa joko Demolite Oy:n tai Fortumin käsiteltäväksi. Näiden yritysten lisäksi CCA-kyllästetyn puun käsittelyluvan Suomessa omistaa Riikinvoima, Tammervoima sekä Vantaan Energia. Kyseisten polttolaitosten polttokapasiteetti on kuitenkin täynnä yhdyskuntajätettä, joten heidän ei ole toistaiseksi mahdollista tai kannattavaa ottaa vastaan CCA-kyllästettyä puuta. Tarkemmat tiedot näiden yritysten laitosten tilasta esiteltiin luvussa 3.3. Tämän takia käsittelymahdollisuuksien etsiminen Suomen rajojen ulkopuolelta on tarpeellista, kunnes suunniteltu Hämeenlinnan Karanojan polttolaitos valmistuu (Ymparisto.fi 2017b). Käyttökelpoisille sähköpylväille on kuitenkin tarpeellista hakea uusiokäyttömahdollisuuksia myös tämän jälkeen. (Demolite Oy 2017; Waste Solutions 2017a; Riikinvoima, puhelinhaastattelu 24.10.2017; Tammervoima, puhelinhaastattelu 24.10.2017; Vantaan Energia, sähköpostiviesti 27.10.2017)

#### **4.5 Thermya-asiantuntijayrityksen puunkäsittelytekniikat**

Ranskassa toimi vuoteen 2012 asti Thermya-nimisen asiantuntijayritys, joka oli kehittä-mässä kahta polttotekniikka nimiltään Torspyd ja Chartherm puujätteen käsittelyä varten. Thermyan Torspyd ja Chartherm-pyrolyysiprosessien tarkoitus oli valmistaa kuivaa, energiatehokasta biohiiltä polttamalla puuta. Näistä kahdesta Chartherm-prosessia markkinoi-daan mahdollisena ratkaisuna CCA-kyllästetyn puun puhdistamiseen, sillä prosessin aikana mahdolliset haitta-aineet kaasuuntuvat puusta ja tiivistyvät kiinteään jäännökseen. Tar-kempi kuvaus prosessin toiminnasta on nähtävillä raportin luvussa 3.5.3. Thermya kuiten-kin lopetti toimintansa itsenäisenä yrityksenä 2012, jolloin sen omistus siirtyi kahdelle eri yritykselle. Thermyan Torspyd-pyrolyysiprosessin omistus siirtyi ranskalaisen LMK Ener-gy-nimisen kierrätysalan yrityksen alle, joka keskittyy uusiutuvan energian tuottamiseen puumateriaalista. Kyseistä prosessia ei kuitenkaan LMK:n tietojen mukaan ole käytetty CCA-kyllästetyn puun käsittelyyn, mutta yritys ilmaisi mielenkiintoa kyseisen mahdolli-suuden testaamiseen tulevaisuudessa. Thermya kokonaisuudessaan siirtyi kuitenkin rans-kalaisen Areva-konsernin alle ja kyllästetyn puun käsittelyprosessi Chartherm on tietyvästi Arevan omistuksessa. Kyseinen yritys on kuitenkin toistaiseksi lopettanut uusiutuvan ener-gian ja biotekniikan toimintansa ja on keskittynyt tarjoamaan palveluita ydinvoimaan liit-



tyen. Tämän takia on epätodennäköistä, että Chartherm-prosessia tullaan näkemään kaupallisena ratkaisuna kyllästetyn puun käsittelyssä toistaiseksi. Tilannetta on kuitenkin kannattavaa valvoa lähitulevaisuudessa muutosten varalta. (LMK Energy 2017a; LMK Energy, sähköpostiviesti 27.10.2017; Areva, puhelinhaastattelu 9.11.2017)

#### **4.6 Vaarallisen jätteen polttolaitokset ja käsittely-yritykset Euroopassa**

Yritys B on yksi monista Saksassa toimivista jätteenkäsittely-yrityksistä, joilla on lupa polttaa vaarallista jätettä. Yritys erikoistuu puupohjaisten materiaalien käsittelyyn, johon sisältyy jätteen polttaminen. Yrityksen polttolaitoksen kapasiteetti CCA-kyllästetylle puulle on noin 20 000 tonnia puuta vuodessa. Puumateriaali haketetaan paikan päällä ja poltetaan, jonka jälkeen prosessin aikana tuotettu energia otetaan talteen ja hyödynnetään paikallisesti kaukolämpönä. Yritys tarjoaa lisäksi materiaalin kuljetuspalvelua Euroopan alueella. Kattavan palvelukokonaisuuden takia yritys on vartenotettava vaihtoehto CCA-kyllästetyn puun energiahyötykäyttöä varten Euroopan alueella, jos paikallinen käsittelykapasiteetti ei ole riittävä.

Yritys B asettaa asiakkailleen monia vaatimuksia tuotavan jätteen osalta, joita jätelainsäädäntö linjaa heille. Jätteen omistajan on hankittava jätteesiirtolupa ja ilmoitettava toiminnasta molempien maiden viranomaisille käyttäen sopivia jättekoodeja. CCA-kyllästetyn puun kanssa voidaan käyttää joko koodia 17 02 04 tai 19 12 06 puulle, joka sisältää vaarallista materiaalia. Suomessa jätteesiirtolupia valvova vastuuviranomainen on SYKE ja Saksassa ympäristövirasto UBA. Tämän lisäksi Yritys B vaatii kuvamateriaalia pylväistä todentaakseen materiaalin aidoksi. Tuotava jäte ei myöskään saa sisältää yli 1 % verran paperia, tekstiiliä, lasia, mineraalikomponentteja, metallia tai muovia, mikä johtaa materiaalin hylkäämiseen polttoprosessista. Lopuksi yritykselle on toimitettava akkreditoidun laboratorion tekemä analyysi jätemateriaalin haitta-ainepitoisuuksista. Kyseisten haitta-aineiden tarkat määrät voi nähdä taulukossa 5 raja-arvoineen. Edellä mainittujen kriteerien täytyessä yritys voi ottaa vastaan eurooppalaisten asiakkaiden kyllästettyä puuta. Tarkemmat tiedot myös tästä yrityksestä on salattu kilpailusystä.

Taulukko 5 Yritys B, haitta-aineiden raja-arvot

| Haitta-aine                 | Raja-arvo, mg/kg |
|-----------------------------|------------------|
| Kadmium                     | 100              |
| Elohopea                    | 1                |
| Kloori                      | 1000             |
| Pentakloorifenoli, PCP      | 100              |
| Polykloorattu bifenyyl, PCB | 50               |
| Polykloorattu terfenyyl     | 50               |

Tämän lisäksi Euroopan alueella toimii vähintään kolme muuta CCA-kyllästettyä puuta vastaanottavaa polttolaitosta. Näistä ensimmäinen on luvussa 4.4. mainittu EGGER-konsernin polttolaitos, jonne Demolite Oy vie kyllästettyä puut energiahyötykäyttöä varten. Tämän lisäksi Iso-Britannian alueella toimii kaksi laitosta, joista ensimmäinen on paikallinen jätteenkäsittely-yritys Trackwork. Yritys on aloittanut toimintansa ratapuiden käsittelyssä ja on laajentanut toimintaansa muun muassa CCA-kyllästetyn puumateriaalin käsittelyyn (Trackwork 2017). Trackwork ei kuitenkaan tarjoa kuljetuspalvelua materiaalille, joten jätteen omistajien on tuotava materiaali suoraan Trackworkin polttolaitokselle (Trackwork, puhelinhaastattelu 16.11.2017.) Myös espanjalaisen Tradebe-konsernin Iso-Britanniassa sijaitseva polttolaitos voi ottaa vastaan 5000 tonnia CCA-kyllästettyä puuta vuodessa, mutta kyseinen materiaali on tuotava heille valmiiksi haketettuna arviolta 1 m<sup>3</sup> kokoisissa säilytyspusseissa (Tradebe 2017; Tradebe, sähköpostiviesti 20.11.2017). Lopuksi ranskalainen Seche Environnement on yksi jätteenkäsittely-yritys, joka ei tällä hetkellä tarjoa CCA-kyllästetyn puun käsittelypalveluita, mutta on tiedustelujen perusteella kiinnostunut mahdollisuuksista hyötykäyttää sitä materiaalina tulevaisuudessa (Seche Environnement, sähköpostiviesti 17.11.2017). Luettelo Euroopan vaarallisen jätteen polttolaitoksista on nähtävissä liitteessä 2. Harva näistä yrityksistä kuitenkin tarjoaa palveluitaan paikallisen kielen lisäksi englanniksi, mikä voi johtua siitä, että toiminta on mitoitettu ensikädessä vain lähialueen tarpeiden täyttämiseen. Lisäksi harva laitos vastasi kyselyissä ja kertoi käsittelykapasiteetistaan, jos tietoa ei yrityksen sivuilla ole ilmoitettu.

## **4.7 Muita vastaavia raportteja CCA-kyllästetyn puun käsittelymahdollisuuksista**

CCA-kyllästetyn puumateriaalin käsittelymahdollisuuksista on tehty useita vastaavia tutkimuksia vuosien varrella. Vuonna 2011 Metsätutkimuslaitos Metla julkaisi raportin puutuotteiden kierrätyksestä, jossa käsiteltiin normaalin puujätteen kierrätysmahdollisuuksien lisäksi CCA-kyllästettyä puuta. Raportissa todettiin CCA-kyllästetyn puun olevan jo vuonna 2011 vakava jäteongelma. Jätteen polttaminen ja energiahyötykäyttö olivat tarkasteluaikana laajasti käytössä oleva keino hyödyntää puujätettä. Samalla raportti kuitenkin arvioi, että tulevaisuudessa lainsäädännön kiristymisen johdosta polttaminen energiaksi ei olisi enää hyväksyttävä vaihtoehto, vaan uusiokäyttöä ja kierrätystä suosittaisiin. Lisäksi vuoden 2017 tehdyn Energiateollisuus ry:n selvitysten mukaan Suomen polttokapasiteetti on riittämätön käytöstä poistuvan CCA-kyllästetyn puumateriaalin käyttöön, jota varten on rakennettava lisää polttokapasiteettia. Lisäksi Energiateollisuus ry ehdotti, että nykyisiä varastointiaikoja pylväsmateriaalille pidennettäisiin kolmesta vuodesta esimerkiksi kuuteen vuoteen, jolloin materiaali ehdittäisiin hyödyntää kotimaisilla markkinoilla. (Energiateollisuus ry, sähköpostiviesti 21.9.2017; Metla 2011.)

Uudessa-Seelannissa tehtiin tutkimus vuonna 2013 CCA-kyllästetyn puun käsittelystä käyttäen paikallisia jätteenkäsittely- ja ympäristöalan yrityksiä vertailukohtana. Nimikkeellä "Treated Timber Waste Minimisation Project" esitetty raportti käsitteli neljän eri yrityksen mahdollisia ratkaisuja uusiokäyttöä, kierrättää tai hävittää 5000 tonnia CCA-kyllästettyä puuta liuottamalla kemikaaleilla, kaasuttamalla metaaniksi tai valmistamalla biohiiltä pyrolyysillä. Lupaavista analyyseistä huolimatta lopputuloksina todettiin kuitenkin, että esitellyt keinot vaativat lisätutkimuksia tai jalostamista, jotta niistä saataisiin kustannustehokkaita, kannattavia ratkaisuja. Kyseinen raportti on saatavilla valtion ympäristövaltuuston "Environment Canterbury" sivujen dokumenttikirjastosta. (Environment Canterbury 2013.)

## 4.8 Muut tutkitut kohteet lyhyesti

Edellisissä luvuissa esiteltyjen kohteiden lisäksi tiedonkeruun aikana otettiin yhteyttä muihin tahoihin. Näihin kohteisiin kuuluivat muun muassa muut kattojärjestöt rakennus- ja puunkäsittelyteollisuudella sekä energia-alalla. Kyseisiltä tahoilta saatiin yksittäisiä kommentteja, mutta keskimäärin kattojärjestöiden kautta ei saatu suosituksia tahoista, jotka voisivat käsitellä CCA-kyllästettyä puuta. Materiaalin käyttö vaikutti olevan rakennusalan yrityksille myös suhteellisen tuntematonta. Euroopan rakennusalan kattojärjestö EBC ehdotti kuitenkin, että rakennusmateriaalina markkinoidessa CCA-puun rakennustekniset ominaisuudet tulee tiedostaa ja tarpeen mukaan tutkia, ennen kuin sitä voidaan hyödyntää tuotteena. Lisäksi tiedustellessa Afrikan tilannetta yleisellä tasolla Etelä-Afrikan puunkäsittelyalan kattojärjestö SAWPA huomautti, että CCA-kyllästettyä puuta käytetään mantereella runsaasti ja materiaali täytyisi hyväksyttää paikallisten kriteerien mukaan. (EBC, sähköpostiviesti 12.10.2017; SAWPA, sähköpostiviesti 3.11.2017.)

Yksittäisten yritysten haastatteluissa esille nousi muun muassa energia-alan yritys Vattenfall, joka ilmoitti olevansa myymättä käytöstä poistuvia sähköpylväitään, sillä materiaalin jatkokäyttöä ei voida seurata tarpeeksi tarkasti. Varsinkin Euroopan ulkopuolella materiaalin käytön seuranta voi vaikeutua lainsäädännön ja muiden käytäntöjen erojen takia, mikä vaikeuttaa yritysvastuun periaatteiden mukaista toimintaa. Italiassa on toiminut jätteenkäsittely-yritys nimeltään Servizi Gorlier, joka mainostaa verkkosivuillaan kierrättävänsä kyllästettyä puuta puutuotteiden raaka-aineiksi. Tiedonkeruun aikana yritykseen ei kuitenkaan saatu yhteyttä esillä olevien yhteydenottokeinojen kautta, joten toiminnan tilasta ei voitu saada selvyyttä. Suomesta peräisin oleva yritys Ekogrid on taas alkanut markkinoida 2017 puhdistusprosessia kreosotilla pilaantuneeseen maaperään. Kysyttäessä kyseistä prosessia ei kuitenkaan ei tietojen mukaan voitu soveltaa puumateriaaliin. Suomalainen St1 ilmoitti myös ottavansa mielellään puujätettä vastaan biopolttoaineiden valmistusta varten, jos CCA-kyllästettyä puumateriaalia varten löydetään kustannustehokas puhdistusprosessi, jonka lopputuotteena on käyttökelpoista puhdasta puumateriaalia. St1 ei itse voi käyttää vaarallista puujätettä toiminnassaan, joten kyseistä yritystä ei voi pitää mahdollisena käsitelyratkaisuna. (Ekogrid, sähköpostiviesti 17.10.2017; Servizi Gorlier 2017; St1, puhelinhaastattelu 4.10.2017; Vapo, puhelinhaastattelu 8.11.2017.)

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityön taustatietojen ja haastattelujen perusteella voi havaita selvästi, että tilanne CCA-kyllästettyjen puisten sähköpylväiden käsittelymahdollisuuksien kanssa on hankala uusiokäytön ja kierrätyksen kannalta. Materiaalien uusiokäyttö ja kierrätys ovat hankalaa nykyisen Euroopassa vallitsevan lainsäädännön tuloksena, mikä on johtanut kiinnostuksen puutteeseen kyseisten käsittelymuotojen kanssa. Sähköpylväiden uusiokäyttö samaan käyttötarkoitukseen ei vaikuta todennäköiseltä ratkaisulta Euroopan sisällä, sillä lainsäädäntö ohjaa sähköpylväiden käyttäjiä hävittämään tätä käytöstä poistuvaa materiaalia omasta käytöstään ja siirtymään muun tyyppisiin ympäristölle ystävällisempiin materiaaleihin, joiden käyttöön ei liity yhtä rajoittavia säädöksiä ja joiden uudelleenkäyttö on kannattavampaa. Toisin sanoen, jotta CCA-kyllästetyn puumateriaalin uusiokäyttö tai kierrätys saataisiin kannattavammaksi, tulisi nykyistä lainsäädäntöä muuttaa tai jollain muulla tavalla kannustaa kierrätysalaa panostamaan kyseiseen toimintaan.

REACH-asetus sallii arseenilla kyllästetyn puumateriaalin rajallisen uusio- ja kierrätyskäytön sähköpylväiden lisäksi muun muassa rakennus- tai kierrätysmateriaalina. Tämänkaltaiseen toissijaiseen käyttöön markkinoidessa materiaalin on kuitenkin täytettävä erilaisia laatuvaatimuksia, joita varten puumateriaali on ensin testattava. Rakennusmateriaalina käytettäessä kyllästettyjen puupylväiden tarvitsee täyttää paikalliset ja kansainväliset rakennussäädökset, joilla varmistetaan materiaalin soveltuvuus kyseiseen käyttöön. Tällaisia vaatimuksia ovat vaatimukset materiaalin kosteudensiedolle, lujuudelle, kuormitukselle ja niin edelleen. Puupylväiden vaihtelevan iän takia nämä ominaisuudet eivät pakosti ole samoja varastoidun materiaalin kesken, jolloin voi olla tarpeellista tehdä useita eri tutkimuksia lajiteltujen sähköpylväiden kuntoluokkien ja arvioidun iän mukaan.

Lisäksi sähköpylväiden käyttö rakenteissa vaatii todennäköisesti materiaalin muokkaamista rakentajan tarpeen mukaan, mikä puolestaan vaatii ympäristöluvan toimijalta materiaalin haitta-aineiden ja vaarallisuuden takia. Erillisen luvan hankkiminen yhden materiaalin kierrätyskäyttöä varten tekee toiminnasta hankalaa alan yrityksille, mikä on todennäköisesti yksi pääasiallinen este toiminnalle. Ympäristöluvan hankinta ei ole tarpeellista, jos CCA-kyllästettyjä sähköpylväitä käytetään sellaisenaan tai kun materiaalista on poistettu suurin

osa haitta-aineista, jolloin sitä ei enää luokitella vaaralliseksi jätteeksi. Kuten luvusta 3.5. näkee, useita tutkimuksia on tehty vuosien mittaan CCA-kyllästetyn puumateriaalin puhdistusta varten. Kuitenkin huolimatta siitä, että lupaavia tuloksia on onnistuttu tuottamaan laboratorio- tai pilottitason tutkimuksissa, eivät nämä tutkimukset ole edenneet kaupalliseen toimintaan. CCA-kyllästetyn puun puhdistustekniikoiden kehitys on tulosten perusteella edelleen joko kesken, kuten PWS Technology-yrityksen tapauksessa, tai niiden kaupallistamisesta on luovuttu toistaiseksi toiminnan taloudellisen kannattamattomuuden tai puhdistusprosessien tehottomuuden takia. Kyllästävä puujätteen suuri määrä Suomessa sekä Euroopan alueella verrattuna vaarallisten puujätteen määrään taulukoiden 1, 2 ja 3 tietojen perusteella tarkoittaa, että puujätettä käsittelevillä yrityksillä on kannattavampaa keskittyä materiaaliin, jonka kanssa ei tarvitse huomioida vaarallisen materiaalin käsittelyn rajoituksia tai investoida puhdistuslaitteistoon.

CCA-kyllästettyjen puisten sähköpylväiden kuljettaminen ei vaadi erillisiä kuljetuslupia vaarallisille aineille, mikä yhdessä Suomen jäsenyyden kanssa Baselin sopimuksessa sekä OECD-maiden yhteistyöjärjestössä antaa teoriassa mahdollisuuksia viedä materiaalia Euroopan sisällä ja sen ulkopuolelle käsiteltäväksi suhteellisen vapaasti. Baselin sopimuksessa viennin rajoituksena on kuitenkin, että jätettä saa viedä käsiteltäväksi vain, jos oman maan käsittelymahdollisuudet ovat riittämättömät ja vientimaassa materiaali saada käsiteltyä yhtä hyvin kuin maassa, josta se lähetettiin. Tämä vaikeuttaa CCA-kyllästetyn puun vientiä Euroopan ulkopuolelle, jossa lainsäädäntö ei välttämättä ole yhtä tiukka, kuten Afrikan alueelle, jossa suurin osa alueesta koostuu kehitysmaista. Lisäksi sekä Afrikassa että Pohjois-Amerikassa CCA-kyllästettyä puuta on kaupallisesti edelleen käytössä, minkä takia kyseisillä alueilla ei ole suurta tarvetta käytöstä poistetulle kierrätysmateriaalille. Tilanne voi kuitenkin muuttua USA:ssa, jossa arseeni- ja kromipohjaisten kyllästeiden käyttö on ollut uudelleenarvioinnin alla vuoden 2015 lopusta lähtien. (EPA 2016.)

## **5.1 Ratkaisumallin valinta**

Täten ainoa käytännön käsittelykeino toistaiseksi näyttää edelleen olevan CCA-kyllästetyn puun hyödyntäminen energiana. Luvussa 4.6. sekä liitteessä 2 esitellyistä vaarallisten jätteiden polttolaitoksista osa ottaa vastaan CCA-kyllästettyä puuta, jonka energia voidaan

hyödyntää muun muassa kaukolämpönä paikallisesti. Suurin keskittymä näille laitoksille on Saksassa, jonka lisäksi muutamissa valtioissa on yksittäisiä käsittelylaitoksia. Kunnes suunnitteilla oleva Hämeenlinnan Karanojan polttolaitos valmistuu, Suomen kapasiteetin puutteellisuuden puitteissa CCA-kyllästettyä puuta voi viedä poltettavaksi jatkossakin Fortum Waste Solutions-yrityksen Pohjoismaiden laitoksiin tai sopia jätteen käsittelystä itse suoraan eurooppalaisen polttolaitoksen kanssa. Näistä laitoksista yksi toistaiseksi kattavimman käsittely- ja hakupalvelun tarjoaja on luvussa 4.6. esitelty noin 20 000 tonnin käsittelykapasiteetin omaava Yritys B. Muihin alan tahoihin kuuluu muun muassa edellä mainitut 5000 tonnin käsittelykapasiteetin omaava Tradebe UK:n jätteenpolttolaitos, Trackwork Ltd tai Demolite Oy:n käyttämä Egger-konsernin polttolaitos.

Energiahyötykäytön lisäksi nykyisen tilanteen kannalta on myös suositeltavaa jatkaa uusien kaupallistamisvaiheeseen tulevien innovaatioiden etsimistä, jolla CCA-kyllästetyn puun uusio- tai kierrätyskäytön kustannukset saataisiin kilpailukykyiseksi polton tai minkä tahansa muun rakennusmateriaalin käytön kanssa. Toinen vaihtoehto on myös joko perustaa, löytää tai jalostaa yritysveltoinen palvelu tai tekniikka, joka voisi käsitellä suuria määriä CCA-kyllästettyä puuta ja valmistaa materiaalista hyödyllisiä tuotteita, joilla olisi merkittävää markkina-arvoa. Käytöstä poistuvien CCA-kyllästettyjen sähköpylväiden määrä vuosittain voi avata toimintamahdollisuuksia yhdelle tai muutamalle yritykselle käsitellä jatkuvasti kyllästettyjä sähköpylväitä, jos materiaalille löydetään sopiva käyttökohde. Ympäristöluvan hankkiminen ja sopiminen toiminnasta yhteistyökykyisen sahan kanssa voisi olla yksi tämän tyylinen vaihtoehto. Esitelty mekaanisesta puunjalostuksesta vastaava taho voisi muokata materiaalin jatkokäyttöä varten tai jyrsiä kyllästeellä käsitellyn pintakerroksen sähköpylvästä pois, jolloin puhdas ydinpuu voitaisiin hyötykäyttää sellaisenaan ja samalla jätteenä hävitettävän puumateriaalin määrä vähenisi. Esimerkkinä käyttökohteesta voi olla esimerkiksi luvussa 3.5.4. esiteltyt tutkimukset kyllästetyn puun yhdistämisestä puhtaaseen puumateriaaliin kestävämmän lastulevyn valmistamista varten. Tutkimuksissa kuitenkin huomautettiin, että nykyiset laatuvaatimukset rakennusmateriaaleille ja haitta-ainepitoisuuksien tasapainottaminen yhdistetyssä materiaalissa on huomattava este idean kaupallistamisessa, joka vaatii lisätutkimuksia ennen kaupallistamista. (Li et al. 2004, 89-94; Piao et al. 2009, 31-39.)

Nykylainsäädännön, laatuvaatimusten ja muiden säädösten monimutkaisuuden ja innovaatioiden puute tarkoittaa, että jatkoselvityksille ja teknologian kehityksen seuraamiselle on tarvetta jatkossa. Tätä varten olisi mahdollisesti tarve myös asiantuntijapalvelulle, joka huolehtii CCA-kyllästettyyn puuhun liittyvän tiedon yhtenäistämistä ja asiasta kiinnostuneiden tahojen valistamisesta nykyisten ja tulevien säädösten muutoksista ja uusista innovaatioista. Tämän lisäksi kyseinen palvelu voisi huolehtia puumateriaaliin liittyvien lupahakemusten, kuten jätteen siirtolupien sekä ympäristölupien, käsittelyprosessista sekä haitta-aineanalyysien välittämisestä sopiville toimijoille.



## 6 YHTEENVETO

Diplomityön tavoitteena oli kartoittaa CCA-kyllästetyn puisten sähköpylväiden jatkokäsittelymahdollisuuksia ja jälkimarkkinoita ja löytää mahdollinen ratkaisu uusiokäyttöä, kierrättää, energiahyötykäyttöä tai hävittää Elenia Oy:n sähköverkosta puretut käytöstä poistuvat puupylväät. Työn taustaosiossa käytiin läpi materiaalin ominaisuudet, siihen vaikuttava lainsäädäntö ja muu säädökset, sekä muut materiaaliin liittyvät taustaselvitykset. Itse tutkivassa osiossa selvitettiin tiedonkeruussa kontaktoitujen tahojen mahdollisuudet käsitellä CCA-kyllästettyä puuta siten, että materiaali saataisiin hyödynnettyä kannattavasti.

Tulosten perusteella CCA-kyllästetyn puumateriaalin uusiokäytölle tai kierrätykselle ei toistaiseksi ole merkittäviä vaihtoehtoja, joita voitaisiin hyödyntää kustannustehokkaasti ja samalla noudattaen lainsäädännön määräämiä rajoituksia. Hävittäminen loppusijoittamalla ei myöskään ole mahdollinen vaihtoehto, sillä haitta-aineiden pitoisuudet kyllästetyssä puussa ovat liian korkeita kaatopaikalle sijoittamista varten Euroopassa, ja lupien saaminen materiaalin viemiseksi Euroopan ulkopuolelle on epätodennäköistä. Energiahyötykäyttö todettiin täten toistaiseksi realistisimmaksi vaihtoehdoksi, jolla CCA-kyllästetystä puu saadaan käsiteltyä ja hyödynnettyä. Useita tutkimuksia on tehty kyllästetyn puumateriaalin puhdistamista varten vuosien varrella, mutta ne eivät ole toistaiseksi johtaneet käytännöllisiin, kaupallisiin sovelluksiin. Lähitulevaisuudessa on mahdollista, että saadaan kehitettyä kustannustehokas tekniikka tai muu innovaatio, jolla CCA-kyllästetystä puusta saadaan tehtyä kilpailukykyinen tuote kierrätyskäyttöön. Tätä varten on tarpeellista tehdä uusia selvityksiä ja kerätä yhtenäistä tietoa CCA-kyllästetyn puuhun vaikuttavista tekijöistä, kuten menetelmien kustannuksista ja niiden käytöstä syntyvien sekundaaristen jätteiden käsittelyvaihtoehtoista tulevaisuudessa.

## 7 LÄHTEET

A 1907/2006/EY. REACH [viitattu 25.7.2017]. Saatavilla osoitteesta: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006R1907>

A 1013/2006/EY. Jätteen siirtoasetus [viitattu 29.7.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1013>

A 45/1992. Vaarallisten jätteiden maan rajan ylittävien siirtojen ja käsittelyn valvontaa koskeva Baselin yleissopimus [viitattu 9.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: [http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1992/19920045/19920045\\_1](http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1992/19920045/19920045_1)

Areva 2017. Areva. Forward-looking energy [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.new.areva.com/>

Basel Convention. 2017. Basel Convention [viitattu 9.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.basel.int/>

CCA Research. 2016. Research on the environmental impacts of treated wood [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ccaresearch.org/>

Chang, Y-C. Choi, D. Kikuchi, S. 2012. Enhanced extraction of heavy metals in the two-step process with the mixed culture of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Elsevier: Bioresource Technology. 477-480 s. ISSN: 0960-8524 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411013472>

Choi, Y-C. Ahn, B. Kim, G-H. 2012. Extraction of chromium, copper, and arsenic from CCA-treated wood by using wood vinegar. Elsevier: Bioresource Technology. 328-331 s. ISSN: 0960-8524 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412009492?via%3Dihub>

Cooper, P. & Kazi, F. 2005. Method to recover and reuse chromated copper arsenate wood preservative from spent treated wood Elsevier: Waste Management. 182-188 s. ISSN: 0956-053X [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05000334?via%3Dihub>

Coudert et al. 2013. Pilot-scale investigation of the robustness and efficiency of a copper-based treated wood wastes recycling process. Elsevier: Journal of Hazardous Materials. 277-285 s. ISSN: 0304-3894 [viitattu 29.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389413005141>

Cuypers, F. & Helsen, L. 2011. Pyrolysis of chromated copper arsenate (CCA) treated wood waste at elevated pressure: Influence of particle size, heating rate, residence time, temperature and pressure. Elsevier: Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 111-122 s. ISSN: 0165-2370 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237011000933>

Demolite Oy. 2017. Kyllästetyn puun kierrätys [viitattu 10.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.kestopuu.fi/kierratys/>

Edilex. 2017. Rakentamismääräykset [viitattu 3.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>

EFTA. 2017. The European Free Trade Association [viitattu 12.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.efta.int/about-efta/european-free-trade-association>

Elenia Oy. 2017. Elenia. [viitattu 3.12.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.elenia.fi/>

ELY-keskus. 2017. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus [viitattu 30.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/aiheet>

Encyclopaedia Britannica. 2017. Adsorption [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.britannica.com/science/adsorption>

Energiatollisuus ry. 2017. Energiatollisuus [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://energia.fi/>

Environment Canterbury. 2013. Treated Timber Waste Minimisation Project. Milestone 5: Scenario Pilot Trials [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.ecan.govt.nz/document/download?uri=1792199>

EPA. 2016. Chromated Arsenicals (CCA) [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/chromated-arsenicals-cca>

EPA. 2017. Overview of Wood Preservative Chemicals [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/overview-wood-preservative-chemicals>

European Commission. 2006. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration [viitattu 30.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi\\_bref\\_0806.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf)

European Commission. 2017a. Construction Products Regulation (CPR) [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: [http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/product-regulation\\_fi](http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/product-regulation_fi)

European Commission. 2017b. List of competent authorities [viitattu 13.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: [http://ec.europa.eu/environment/waste/shipments/pdf/list\\_competent\\_authorities.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/shipments/pdf/list_competent_authorities.pdf)

Eurostat. 2017. Waste shipment statistics based on the European list of waste codes [viitattu 14.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_shipment\\_statistics\\_based\\_on\\_the\\_European\\_list\\_of\\_waste\\_codes#Hazardous\\_waste\\_based\\_on\\_LoW](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_shipment_statistics_based_on_the_European_list_of_waste_codes#Hazardous_waste_based_on_LoW)

Fincumet Oy. 2017. Fincumet. Less talk, more metal [viitattu 3.12.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.fincumet.fi/>

Finto. 2017. Kitosaani [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://finto.fi/ysa/fi/page/Y146951>

Fortum Waste Solutions. 2017a. Kierrätämme kaiken mahdollisen – ja mahdottoman [viitattu 10.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://wastesolutions.fortum.com/fi/palvelut/kierratysmateriaalit/>

Fortum Waste Solutions. 2017b. Prosessikuvaukset [viitattu 11.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://wastesolutions.fortum.com/fi/tietoja-meista/tietoja-toiminnastamme/prosessikuvaukset/>

Fortum Waste Solutions. 2017c. Laboratoriopalvelut ja jäteanalyysit [viitattu 23.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://wastesolutions.fortum.com/fi/palvelut/laboratoriopalvelut-ja/>

Government of Canada. 2017. Wood preservation facilities, chromated copper arsenate: chapter B [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/management-toxic-substances/publications/environmental-recommendations-wood-preservation-facilities/chromated-copper-arsenate.html>

Hata, T. et al. 2004. Capturing the arsenic fraction of CCA treated waste wood in the solid instead of in the gas phase during pyrolysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*. 502-508 s. ISSN: 1477-7835 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/14777830410553942>

Iida, K. et al. 2004. Control of Chromated Copper Arsenate Wood Incineration Air Emissions and Ash Leaching Using Sorbent Technology. *Journal of Environmental Engineering*. 184-192 s. ISSN (online): 1943-7870. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-

9372(2004)130:2(184) [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2004\)130:2\(184\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(2004)130:2(184))

Isosaari, P. Marjavaara, P. Lehmus, E. 2010. Sequential electrokinetic treatment and oxalic acid extraction for the removal of Cu, Cr and As from wood. Elsevier: *Journal of Hazardous Materials*. 869-876 s. ISSN: 0304-3894 [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389410008812>

Janin, A. et al. 2009. Optimization of a chemical leaching process for decontamination of CCA-treated wood Elsevier: *Journal of Hazardous Materials*. 136-145 s. ISSN: 0304-3894 [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409004737>

Janin, A. et al. 2011. Design and performance of a pilot-scale equipment for CCA-treated wood remediation. Elsevier: *Separation and Purification Technology*. 90-95 s. ISSN: 1383-5866 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586611005831>

JäteL 17.6.2011/646. Jätelaki [viitattu 29.7.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>

Kakitani, T. et al. 2005. Designing a purification process for chromium-, copper- and arsenic-contaminated wood. Elsevier: *Waste Management*. 453-458 s. ISSN: 0956-053X [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05001546>

Kakitani, T. et al. 2006. A novel extractant for removal of hazardous metals from preservative-treated wood waste. *Journal of Environmental Quality*. 912-917 s. ISSN (online): 1537-2537 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/35/3/912?access=0&view=pdf>

Kartal, N & Imamura Y. 2004. Removal of copper, chromium, and arsenic from CCA-treated wood onto chitin and chitosan. Elsevier: *Bioresource Technology*. 389-392 s. ISSN: 0960-8524 [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: [https://www.researchgate.net/publication/279761244\\_Removal\\_of\\_copper\\_chromium\\_and\\_arsenic\\_from\\_CCA-treated\\_wood\\_by\\_organic\\_acids\\_released\\_by\\_mold\\_and\\_staining\\_fungi](https://www.researchgate.net/publication/279761244_Removal_of_copper_chromium_and_arsenic_from_CCA-treated_wood_by_organic_acids_released_by_mold_and_staining_fungi)

Kartal, N. et al. 2008. Adsorption of Copper, chromium and arsenic from chromated copper arsenate (CCA) treated wood onto various adsorbents. *The Open Waste Management Journal*. 11-17 s. ISSN: 1876-4002. DOI: 10.2174/1876400200801010011 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://benthamopen.com/ABSTRACT/TOWMJ-1-11>

Kennedy's Timber. 2017. Kennedy's. Reclaimed & sustainable architectural timbers [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.kennedystimbers.com.au/>

KHO. 2013. KHO:2013:102 [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.kho.fi/fi/index/paatoksia/vuosikirjapaatokset/vuosikirjapaatos/1371462400719.html>

KHO. 2015. KHO:2015:54 [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.kho.fi/fi/index/paatoksia/vuosikirjapaatokset/vuosikirjapaatos/1427972009322.html>

Ko, C.-H. et al. 2010. Extraction of chromium, copper, and arsenic from CCA-treated wood using biodegradable chelating agents Elsevier: *Bioresource Technology* Vol. 101. 1528-1531 s. ISSN: 0960-8524 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852409008979>

Kramb, J. et al. 2016. Elimination of arsenic-containing emissions from gasification of chromated copper arsenate wood. Elsevier: *Fuel* Vol. 181. 319-324 s. ISSN: 0016-2361 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236116302745>

L 2.8.1994/719. Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta [viitattu 14.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940719>

L 958/2012. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120958>

L 9.8.2013/588. Sähkömarkkinalaki [viitattu 7.7.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Li, W. Shupe, T.F. Hse, T.F. 2004. Physical and mechanical properties of flakeboard produced from recycled CCA-treated wood. Forest Products Journal Vol. 54, nro. 2. 89-94 s. ISSN (online): 0015-7473 [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/9775>

LMK Energy.2017. Le Biocoal [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.lmk-energy.fr/en/nos-produits/le-biocoal/>

Metla 2011. Puutuotteiden kierrätys – Finnish Wood Research Oy:n osarahoittaman esiselvityshankkeen loppuraportti [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp191.htm>

NPIC. 2014. Chromated Copper Arsenate (CCA) Wood Preservatives [viitattu 18.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://npic.orst.edu/ingred/ptype/treatwood/cca.html>

NPIC. 2015. Regulation of CCA Treated Wood [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://npic.orst.edu/ingred/ptype/treatwood/ccareg.html>

NSW Government. 2016. CCA (Copper, Chrome and Arsenic) Treated Timber [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.health.nsw.gov.au/environment/factsheets/Pages/cca-treated-timber.aspx>



OECD. 2017. About [viitattu 19.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.oecd.org/about/>

Pat. CA. WO/2009/124387. Process for decontaminating preservative-treated wood and recovering metals from leachates. Blais et. al. Hak. CA2009/000447, 8.4.2009. Julk. 15.10.2009. 82 s. Saatavilla osoitteessa: <http://www.freepatentsonline.com/WO2009124387A1.html>

Pat. U.S. 6972169. 2005. Fungal degradation and bioremediation system for CCA-treated wood. Illman, B. Yang, V. Ferge, L. Hak. 10/273912, 18.10.2002. Julk. 6.12.2005. 8 s. Saatavilla osoitteessa: <http://www.freepatentsonline.com/6972169.html>

Pat. U.S. 8043399. 2011. Process for rapid microwave-enhanced detoxification of CCA-treated wood. Hse et al. Hak. 12/836687, 15.7.2010. Julk. 25.10.2011. 7 s. Saatavilla osoitteessa: <http://www.freepatentsonline.com/8043399.html>

Piao, C. Monlezun, C. Shupe, T. 2009a. Glue-Line Bonding Performance of Decommissioned CCA-Treated Wood. Part I: Retreated with CCA. Forest Products Journal Vol. 59 nro: 7/8. 36-42 s. ISSN (online): 0015-7473 [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://forestprodjournals.org/doi/abs/10.13073/0015-7473-59.10.31>

Piao, C. Monlezun, C. Shupe, T. 2009b. Glue-Line Bonding Performance of Decommissioned CCA-Treated Wood. Part II: Retreated with CCA. Forest Products Journal Vol. 59. nro. 10. 31-39 s. ISSN (online): 0015-7473 [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77951723119&origin=inward&txGid=2cd2253379db42c77a24848221265629>

PWS Technology. 2017. Innovation and Excellence [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.pws-technology.com/>

Riikinvoima. 2017. Riikinvoima [viitattu 24.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://riikinvoima.fi/>

Rakennusteollisuus ry. 2017. Rakennusteollisuus [viitattu 25.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/>

Rogers, J. et al. 2006. Depoiment and management of metals produced during combustion of CCA-treated timbers. Elsevier: Journal of Hazardous Materials. 500-505 s. ISSN: 0304-3894 [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389406002147>

SAWPA. 2017. South African Wood Preservers Association [viitattu 2.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sawpa.org.za/>

Scanpole. 2017. Tuotantoketju [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.scanpole.com/fi/tuotantoketju/>

ScienceDirect 2017. Chelating agents [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/chelating-agents>

Servizi Gorlier. 2017. Recycling [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.servizigorlier.com/en/recycling/>

Seche Environnement. 2017. Hazardous waste treatment and disposal [viitattu 26.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.seche-waste-treatment.com/our-expertise/hazardous-waste-treatment-and-disposal/>

Sierra-Alvares, R. 2009. Removal of copper, chromium and arsenic from preservative-treated wood by chemical extraction-fungal bioleaching. Waste Management Vol. 29. 1885-1891 s. ISSN: 0956-053X [viitattu 29.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08004339>

Sillanpää, M. et al. 2004. Copper and chromium electro-dialytic migration in CCA-treated timberwaste. Water, Air, and Soil Pollution Vol. 160. 27-39 s. ISSN (online): 1573-2932

[viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-005-3427-3>

Sipilä, J. Zevenhoven, M. Zevenhoven, R. 2007. Combined thermal treatment of CCA-wood waste and municipal sewage sludge for arsenic emissions control. Åbo Akademi University: Report 2007-1. Faculty of Technology. Heat Engineering Laboratory [viitattu 12.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://users.abo.fi/rzevenho/CCAreportVT2007-1.pdf>

St1. 2017. Uusiutuva energia [viitattu 26.11.2017] Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.st1.fi/uusiutuva-energia>

SYKE. 2017. Suomen ympäristökeskus [viitattu 19.8.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.syke.fi/fi-FI>

Tammervoima. 2017. Tammervoima [viitattu 24.10.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.tammervoima.fi/>

Tilastokeskus. 2017. Julkistukset [viitattu 25.12.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.stat.fi/til/jate/tie.html>

Trackwork. 2017. Hazardous waste wood disposal [viitattu 24.10.2017]. Saatavilla osoitteessa <http://www.trackwork.co.uk/recycling/hazardous-treated-wood-disposal/>

Tradebe. 2017. High Temperature Incinerator [viitattu 25.11.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<https://www.tradebe.com//high-temperature-incinerator>

Tukes. 2012. Arseenilla käsitellyn puutavaran käyttörajoitusten soveltaminen [viitattu 30.7.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kemikaalituotteet/biosidit/Ohjeet/Aspuuohje240412.pdf>

Tukes. 2014. Kyllästetyn ja maalatun puutavaran jätehuolto. [viitattu 10.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.tukes.fi/fi/Kuluttajille/Kemikaalit-kayttokohteittain/Kyllastetty-puu/Kyllastetyn-ja-maalatun-puutavaran-jatehuolto/>

Tukes. 2016a. Tietoa meistä [viitattu 19.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.tukes.fi/fi/Tietoa-meista/>

Tukes. 2016b. Arseenilla ja kromilla kyllästetyn puun käyttö ja hävitys [viitattu 19.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Biosidit/Biosidien-kayton-rajoitukset/Arseeni-ja-kromi/>

Tukes. 2017. VAK - Vaarallisten aineiden kuljetus [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-ja-kaasu/Vaarallisten-aineiden-kuljetus/>

TTL. 2015. OVA-ohje. Arseenipitoiset suolakyllästeet [viitattu 27.7.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ttl.fi/ova/ccakyll.html>

Unece. About the ADR [viitattu 14.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: [https://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr\\_e.html](https://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html)

Vantaan Energia. 2017. Vantaan Energia [viitattu 27.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.vantaanenergia.fi/>

Vattenfall. 2017. Vattenfall [viitattu 24.11.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://corporate.vattenfall.com/>

Vlosky, R.P., Shupe, T.F. and Mishra, A. 2016. An Exploratory Analysis of the Market Perspective on Reclaiming Chromated Copper Arsenate (CCA) from Decommissioned Preservative-Treated Wood Utility Poles. Natural Resources Vol. 7. 544-557 s. ISSN (online): 2158-7086 [viitattu 29.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://dx.doi.org/10.4236/nr.2016.710046>

VNa 113/2017. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä [viitattu 29.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170113>

VNa 14.2.2013/151. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta [viitattu 19.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130151>

VNa 19.4.2012/179. Valtioneuvoston asetus jätteistä [viitattu 30.7.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>

VNa 2.5.2013/331. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista [viitattu 29.7.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130331>

VNa 685/2015. Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta [viitattu 1.10.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150685>

VTT. 2014. Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön [viitattu 19.8.2017]. Saatavilla osoitteessa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/5097.pdf>

Ymparisto.fi. 2017a. Jätteiden kansainväliset siirrot [Suomen valtion ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu]. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskukset (ELY) sekä Aluehallintovirastot (AVI). [Julkaistu 4.9.2013, päivitetty 18.10.2017] [viitattu 29.9.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ymparisto.fi/kvjatesiirrot>

Ymparisto.fi. 2017b. Karanojan lämpölaitoksen ja alueen muut toiminnot, Hämeenlinna. [Suomen valtion ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu]. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskukset (ELY) sekä Aluehallintovirastot (AVI). [Julkaistu 28.3.2017, päivitetty 16.11.2017]. [viitattu 4.12.2017]. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ymparisto.fi/karanojanYVA>

YSL 27.6.2014/527. Ympäristönsuojelulaki [viitattu 31.7.2017]. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Liite 1, yritys-kontaktoinnin sähköpostipohjat

**Reuse, recycling and disposal opportunities of CCA impregnated wooden power poles**

Hello!

I am working on a master's thesis concerning the management and aftermarkets of used CCA (copper, chrome, arsenate) impregnated wooden power poles in Finland, EU and OECD countries. My goal is to map out companies and organizations, that would be interested in doing business with the holder of the material to reuse, recycle or dispose of the saturated wood in a way that benefits all parties involved. If your company is interested and able to receive a large quantity of saturated wood from Finland, please read on. Alternatively, if you know of any other interested parties, I would be happy to receive their contact information. I would also like to hear how you manage end-of-use wooden power poles in your country, if the material in question has been in use.

This project is done on behalf of a local company in Finland. Roughly a third of the decommissioned material can still be used as regular power poles, another third is suitable for secondary use like construction material and the final third can be considered hazardous waste due to the preservatives used, and needs to be disposed of according to EU legislation.

The utility poles are saturated with a CCA-based (copper, chrome, arsenate) preservative, which means they fall under the hazardous waste treatment legislation and REACH directive, Annex XVII for substances restricted under REACH. The restrictions state that arsenic compounds, like CCA wood preservative, can be placed on the market for professional and industrial use only, and that skin contact with human or livestock during its service life is unlikely. As long as these restrictions and instructions are kept in mind, there should be no problems in finding a satisfying solution for the matter.

If this matter is of interest to your company, I would be happy to discuss about the details with you, and forward you to the relevant people in my client company if needed.

I hope to hear from you soon,

Ville Timonen

Master's degree student, environmental engineering

Lappeenranta University of Technology (LUT)

**Links**

Elenia Oy Ltd: <http://www.elenia.com/>

Fincumet Oy Ltd: <http://www.fincumet.fi/>

Reach legislation and annex XVII: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20161011&from=EN>



## **CCA-kyllästettyjen sähköpylväiden uusiokäyttö, kierrätys, hävitysmahdollisuudet ja yritys-yhteistyö**

Hei!

Olen suorittamassa tutkimusta diplomityön muodossa käytöstä poistettujen CCA-kyllästeellä (arseeni, kupari, kromi) käsiteltyjen sähköpylväiden käsittelymahdollisuuksiin ja jälkimarkkinoihin liittyen Suomen, EU:n ja OECD-maiden alueella. Tarkoitukseni on kartoittaa yrityksiä ja organisaatioita, jotka olisivat kiinnostuneita tekemään yhteistyötä ja kannattavaa liiketoimintaa sähköpylväiden omistajan kanssa, jotta kyseinen materiaali saataisiin joko uudelleenkäytettyä, kierrätettyä tai hävitettyä. Vaihtoehtoisesti, jos teillä on tietoa muista asiasta kiinnostuneista tahoista, voin mielelläni vastaanottaa heidän yhteystietojaan.

Työstän tätä projektia paikallisen yrityksen kanssa, joka hallinnoi sähköpylväiden käsitelyä. Pylväät on luokiteltu kolmeen kuntoluokkaan, joista ensimmäiset osa voidaan kunnonsa puolesta käyttää edelleen sähköpylväinä ja toinen osa sopii toissijaiseen käyttöön, kuten rakennusmateriaaliksi. Loput pylväistä ei kunnonsa puolesta sovellu enää uudelleenkäyttöön, vaan ne luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi kyllästeaineen takia, minkä johdosta ne tulee hävittää EU-lainsäädännön mukaisesti.

Sähköpylväissä käytetyn CCA-kyllästeen takia pylväiden käsittelyyn liittyy useita lainsäädännöllisiä rajoituksia, joista yksi on REACH-asetus ja sen liite XVII, jossa luetellaan rajoituksia tietyille haitallisille kemiallisille aineille. Rajoitusten mukaan arseenia sisältävät tuotteet, kuten CCA-kyllästetty puu, voidaan mm. markkinoida vain ammattimaiseen tai teolliseen käyttöön, mikä tarkoittaa, että vastaanottaja on oltava Y-tunnuksen omaava taho, ei yksityishenkilö. Lisäksi kyseistä materiaalia ei saa käyttää kohteissa, jossa ihokosketus on todennäköistä sen sisältävien haitallisen aineksen takia. Jätteenä käsiteltäessä sovelletaan vaaralliseen jätteeseen liittyvää lainsäädäntöä. Kunhan asetuksissa määrättyjä rajoituksia noudatetaan, niin uskon, että sähköpylväille voidaan löytää sopiva sijoituskohte.

Jos tämä asia on mielestänne yrityksellenne olennaista ja teillä on resursseja käsitellä edellä määriteltyä määrää materiaalia, niin voin mielelläni keskustella asian yksityiskohdista

tarkemmin. Voin myös jakaa yhteystietojanne asiakasyritykselleni, jotta voitte sopia mahdollista sopimuksista paremmin keskenänne.

Toivottavasti kuulen teistä pian,

Ville Timonen

Diplomi-insinööriopiskelija, ympäristötekniikka

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

**Linkit:**

Elenia Oy: <http://www.elenia.fi/>

Fincumet Oy: <http://www.fincumet.fi/>

Liite 2, vaarallisten jätteiden käsittelylaitoksia Euroopassa

| Alue     | Vaarallisen jätteen käsittelylaitos tai -yritys | CCA-kyllästetyn puun käsittely | Lisätietoa  |
|----------|---|--------------------------------|---|
| Itävalta | Brantner Group                                  | Ei                             | Käsittelevät vaarallista jätettä sekä kyllästettyä puuta, mutta ei CCA-puuta                                    |
| Puola    | Sarpi Veolia                                    | Ei                             |   |
| Ranska   | Seche Environnement                             | Ei tällä hetkellä              | Kiinnostuneita CCA-puun käsittelystä  |
| Saksa    | Yritys B  | Kyllä                          | Kapasiteetti 24000 tn/vuosi, jätteen hakupalvelu Euroopan alueella  |
| Saksa    | EGGER Holzwerkstoffe Wismar GmbH & Co.KG        | Kyllä                          | Demolite Oy kuljettaa CCA-puuta ko. laitokselle   |
| Saksa    | Currenta  | Ei                             | Keskittyvät Saksan kemikaalituotannon palveluun, ei kapasiteettia CCA-puulle                                    |
| Saksa    | HerAmbiente                                     | Ei tietoa                      |   |
| Saksa    | Infraserv                                       | Ei tietoa                      |   |
| Saksa    | Remondis  | Ei tietoa                      |   |
| Saksa    | AVG Hamburg                                     | Ei tietoa                      |   |
| Saksa    | HIM   | Ei                             | Lupa on, mutta eivät polta CCA-puuta tällä hetkellä   |
| Suomi    | Fortum Waste Solutions                          | Kyllä                          | CCA-puu Riihimäen ja Ruotsin laitoksiin poltettavaksi   |
| Suomi    | Demolite  | Kyllä                          | Vievät CCA-puuta Saksaan poltettavaksi (kts. Egger)   |
| Suomi    | Riikinvoima                                     | Kyllä                          | Lupa on, mutta CCA-puun poltto kannattamatonta (kallis pesurilaitteisto), kapasiteetti täynnä yhdyskuntajätettä |
| Suomi    | Tammervoima                                     | Kyllä                          | Lupa on, mutta kapasiteetti täynnä yhdyskuntajätettä  |
| Suomi    | Vantaan Energia                                 | Kyllä                          | Sallittu kapasiteetti 40000 tn/vuosi, mutta vain muun jätteen seassa  |
| Sveitsi  | Valorec Veolia                                  | Ei tietoa                      |   |
| UK       | Trackwork                                       | Kyllä                          | Asiakkaan tuotava materiaali heille   |
| UK       | Tradebe   | Kyllä                          | Kapasiteetti 5000 tn/vuosi CCA-puuta, mutta asiakkaan tuotava materiaali heille hakeuttuna                      |

## Liite 3, laboratoriopalveluita tarjoavia yrityksiä Suomessa

| Laboratorioita                          | Sivu  | Lisätietoa   |
|---|---|--|
| Fortum Waste Solutions                  | <a href="http://wastesolutions.fortum.com/fi/palvelut/laboratoriopalvelut-ja/">http://wastesolutions.fortum.com/fi/palvelut/laboratoriopalvelut-ja/</a>                                 | Kattavat palvelut vaarallisten jätteiden analysointia varten                 |
| Labtium                                 | <a href="http://www.labtium.fi/palvelumme/biometsateollisuus/">http://www.labtium.fi/palvelumme/biometsateollisuus/</a>   | Kaikki paitsi orgaaniset yhdisteet voidaan analysoida (PCP, PCB, terfenyyli) |
| Luonnonvarakeskus                       | <a href="http://www.metla.fi/palvelut/laboratorio/labra-palvelut.htm">http://www.metla.fi/palvelut/laboratorio/labra-palvelut.htm</a>   |  |
| Nab Labs / Eurofins Environment Testing | <a href="http://www.nablabs.fi/index.php">http://www.nablabs.fi/index.php</a>   | Orgaaniset ja epäorgaaniset aineet   |
| Ositum                                  | <a href="http://www.ositum.fi/index.php?p=Kemianlaboratorio">http://www.ositum.fi/index.php?p=Kemianlaboratorio</a>   | Orgaaniset ja epäorgaaniset aineet   |
| SYKE                                    | <a href="http://www.syke.fi/fi-FI/Palvelut/Laatu_ ja_laboratoriopalvelut/Analyysipalvelut">http://www.syke.fi/fi-FI/Palvelut/Laatu_ ja_laboratoriopalvelut/Analyysipalvelut</a>         | Orgaaniset ja epäorgaaniset aineet   |
| University of Eastern Finland, UEF      | <a href="http://www.uef.fi/web/forest/laboratorioanalyysit">http://www.uef.fi/web/forest/laboratorioanalyysit</a>   | Orgaaniset ja epäorgaaniset aineet   |
| VTT Expert Services Oy                  | <a href="http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/testaus-ja-tarkastus/analytiikka">http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/testaus-ja-tarkastus/analytiikka</a>                       | Kaikki paitsi orgaaniset yhdisteet voidaan analysoida (PCP, PCB, terfenyyli) |
| WSP Suomi                               | <a href="http://www.wsp-pb.com/fi/WSP-Finland/Palvelumme/Palvelualueemme/Laboratoriopalvelut/">http://www.wsp-pb.com/fi/WSP-Finland/Palvelumme/Palvelualueemme/Laboratoriopalvelut/</a> |  |