

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / korjausrakentaminen ja rakennustuotanto

Jonathan Kiiski

BETONINEN SÄHKÖPYLVÄS

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

RAKENNUSTEKNIikka

Jonathan Kiiski	Betoninen sähköpylväs
Opinnäytetyö	27 sivua + 5 liitesivua
Työn Ohjaaja	lehtori Juha Karvonen
Toimeksiantaja	Hannu Boren, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Tammikuu 2010	
Avainsanat	betoni, paalu, sähkötolppa

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan betonista valmistettuun sähkötolppaan. Tutkimuksen tavoitteena on saada selville, onko tällä tuotteella tulevaisuutta Suomen markkinoilla. Betonista valmistettua sähkötolppaa verrataan muista materiaaleista valmistettuihin markkinoilla oleviin sähkötolppiin. Tavoitteena on myös ottaa kantaa eri materiaaleista valmistettujen sähkötolppien hyviin sekä huonoihin puoliin.

Betonista valmistettujen sähkötolppien valmistusta on ruvettu harkitsemaan ja tutki-  
maan, koska ennen puissa käytetty CCA-kylläste kiellettiin Suomessa vuonna 2006. Tämän myötä puisten sähkötolppien elinkaari lyhenee, ja tavoitteena olisi saada markkinoille tuote jonka elinkaari olisi vähintään 50 vuotta. Materiaalin tulee myös kestää ympäristön aiheuttamia rasituksia kuten suuria lämpötilavaihteluita, sadetta ja tuulta.

Betoni on tässä tapauksessa mainio materiaali kestävyytensä vuoksi, ja lisäksi Suomessa on paljon asiantuntemusta sekä kokemusta materiaalista. Betoni on myös ympäristöystävällinen ja kustannustehokas materiaali. Pylväitä valmistettaisiin muottiva-  
luna ja niiden pystytyksessä voitaisiin käyttää samoja laitteita kuin puusta valmistettu-  
ja sähkötolppia pystyttäessä.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

Jonathan Kiiski	Concrete Electricity Poles
Bachelor's Thesis	27 pages + 5 pages of appendices
Supervisor	Juha Karvonen , Senior Lecturer
Commissioned by	Hannu Boren, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
January 2010	
Keywords	concrete, pole, electricity pole

This thesis is about electric poles made of concrete. The target of the research is to explore if this product has a future in Finland. The concrete electric pole was compared with other electric poles different materials on the market. The aim was also to evaluate the good and the bad sides of the different materials.

The reason for study of concrete electric is that, CCA-saturation, earlier used in wooden poles, has been forbidden in Finland since 2006. Therefore the electric pole's life cycle has been shortened. An aim is to get a product on the market which should have a life cycle of at least 50 years. The material should also resist stress caused by the environment such as large temperature variations, rain and wind.

Concrete is in this case a suitable material because of its durability and a lot of expertise and experience of the material is available in Finland. Concrete is also an environment-friendly and cost-effective product. The poles could be made by moulding them into casts and they could be installed with the same devices as are used with wooden poles.

## ALKUSANAT

Kiitän Kymenlaakson ammattikorkeakoulua ja Hannu Borenia mahdollisuudesta toteuttaa tämä mielenkiintoinen opinnäytetyö. Lisäksi haluan kiittää Lujabetoni Oy:ssä työskentelevää Jorma Ilkkaa, jolta sain paljon lisätietoja betonisen sähköpylvään kokoa suunnitellessa. Kiitokset myös Kymenlaakson ammattikorkeakoulun lehtori Juha Karvoselle hyvistä neuvoista ja työn ohjauksesta.

Suurkiitos myös Porvoon Energia Oy:lle josta olen saanut opastusta työhön liittyen.

Suurkiitos myös teille, jotka olette auttaneet matkan varrella, mutta joita en nyt mainitnut mainita.

Porvoossa 2.4.2010

Jonathan Kiiski

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1 JOHDANTO .....	6
1.1. Tutkimuksen kohde .....	7
1.2. Tavoitteet .....	7
2. SÄHKÖLINJOJEN RAKENTAMINEN SUOMESSA.....	8
2.1 Suomen sähköverkko.....	8
2.2 Taustat .....	9
2.3 Merkitys.....	9
2.4 Materiaalit .....	9
2.4.1 Puu .....	9
2.4.1.2 Puupylvään vahvuudet .....	12
2.4.1.3 Puupylvään heikkoudet .....	12
2.4.2 Teräs .....	13
2.4.2.1 Teräspylväät sekä -mastot .....	13
2.4.2.2. Teräksen vahvuudet .....	14
2.4.2.3. Teräksen heikkoudet .....	14
2.4.3 Komposiitti.....	15
2.4.3.1. Komposiitin vahvuudet .....	16
2.4.3.2 Komposiitin heikkoudet .....	16
2.4.3 Betoni.....	17
2.4.3.1 Betonin vahvuudet .....	17
2.4.3.3 Betonin heikkoudet .....	19
3. BETONISTA VALMISTETTU SÄHKÖTOLPPA.....	20
3.1 Tolppa yleisesti .....	20
3.2 Betonitolpan asennus.....	21
3.3 Betonin kierrätys .....	22
3.4 Betonin kuljetus .....	23
3.5 Betonipylvään käyttöikä .....	24
4. TUTKIMUSTULOKSET .....	24
5. YHTEENVETO.....	25
LÄHTEET .....	26
LIITTEET	

Liite 1. Betonista valmistettuja sähkötolppia

Liite 2. SWOT- analyysi eri pylväsmateriaaleista

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on betonista valmistettu sähköpylväs. Työn tarkoituksena on selvittää, onko kyseisellä tuotteella tulevaisuutta Suomen sähköpylväsmarkkinoilla. Työn pyrkimyksenä on myös saada kyseiselle sähköpylväälle hinta-arvio, jota verrataan jo käytössä olevan puupylvään hintaan. Työn tutkimuksissa otetaan myös kantaa muista materiaaleista tehtyihin vastaaviin pylväisiin sekä tutkitaan materiaalien hyviä ja huonoja puolia.

Työtä tehdessä olen ollut yhteydessä Loviisassa sijaitsevan Lujabetoni Oy:n tehdaspäällikköön, jonka kanssa olemme saaneet pylväälle hinta-arvion. Kustannusarvion lisäksi on selvitetty pylvään mahdollinen käyttöikä sekä sen kierrätyskustannukset. Kierrätyskustannuksen arvioinnissa olen kääntynyt Haminassa toimivan Sakki Oy:n tarjouslaskijan Teuvo Sinisalonen puoleen.

Työtä tehdessäni olen pyrkinyt ottamaan aiheesta mahdollisimman paljon selvää alan ammattilaisilta, jotta työstä tulisi mahdollisimman kattava. Olen ollut yhteydessä sähköyhtiöihin ja kysellyt niistä neuvoja sekä mielipiteitä kyseisestä aiheesta. Betonista valmistettuja sähkötolppia käytetään muun muassa Australiassa, Venäjällä sekä Keski-Euroopassa.

Työssä on myös pyritty miettimään itse pylvään pystytystä eri maaperäolosuhteisiin ja samalla miettimään pylväälle eri asennusvaihtoehtoja. Pylvästä täytyy voida käyttää kaikkialla luonnossa maaperästä riippumatta.

### 1.1. Tutkimuksen kohde

Tutkimuksen kohteena on betonista valmistettu sähkötolppa. Sähkötolpan pituudeksi on suunniteltu 11,5 metriä. Sähkötolppa on ontto sisältä, jotta saadaan painoa vähennettyä. Painon ollessa pienempi säästetään asennuskustannuksissa.

### 1.2. Tavoitteet

Tavoitteena on selvittää ja tutkia, onko betonista valmistettu sähkötolppa halvempi kuin vastaava puusta valmistettu sähkötolppa elinkaarikustannuksiltaan. Tutkimuksella halutaan selvittää myös betonista valmistetun sähkötolpan kappalehinta sekä verrata sen vahvuuksia, heikkouksia ja mahdollisuuksia Suomen markkinoilla. Tavoitteena on myös selvittää kyseisen sähkötolpan elinikä ja pohtia mahdollisia ympäristöuhkia, jotka heikentäisivät kestävyyttä. Tavoitteena on myös verrata nykyisen puutolpan ympäristövaikutuksia suhteessa betoniseen sähkötolppaan.

## 2. SÄHKÖLINJOJEN RAKENTAMINEN SUOMESSA

### 2.1 Suomen sähköverkko

Sähköverkon pääasiallinen tehtävä on siirtää sähkövoimaloissa tuotettu sähkö kotiin sähkön käyttäjille. Sähköä siirretään pääasiallisesti koteihin tolppien varassa olevia avojohtoja pitkin. Sähköä siirretään myös koteihin maakaapeleiden avulla, mutta niille ei ole yhtä suurta tarvetta kuin tolppien varassa oleville sähköjohtoille. Maahan kaivettuja johtoja on myös vaikeampi ja kalliimpi korjata vian sattuessa kuin avojohtoja. (Janhunen 2010. )

Suomessa käytettävät sähköverkot jaetaan kolmeen eri verkkoryhmään: suuri-, keski-, ja pienjänniteverkkoon. Suurjänniteverkot ovat yhteydessä sähkövoimaloihin ja huolehtivat sähkönjaosta pitkillä etäisyyksillä. Suurjänniteverkko on sähköverkoston runkoverkko, jonka jännite on 110-400kV. Keskijänniteverkko toimii sähkönsiirtäjänä suurjänniteverkosta 1-70kV:n jännitteellä jakelumuuntajille, jotka sijaitsevat pienjänniteverkon yhteydessä. Jos kyseessä on esimerkiksi pienempi sähkönvoimalaitos, ne käyttävät usein tätä jänniteverkkoa. Pienjänniteverkko vastaa sähkön jakamisesta kotitalouksiin 100-1 000V:n jännitteellä. Kotitalouksille, liikerakennuksille sekä virastoille johdettava sähkö muunnetaan keskijännitteestä 230/400 volttiin ennen sen toimitusta. Suomessa on noin 400 sähköä tuottavaa voimalaitosta ja noin kolme miljoonaa sähkön käyttäjää. Suomesta on sähköyhteyksiä muihin Skandinavian maihin ja Venäjälle. (Sähköverkko 2010.)

Jo 1960-luvun loppupuolella suurin osa Suomesta oli sähköistetty ja 1980-luvulle tultaessa koko Suomi oli sähköistetty. Suomessa sähköntoimitus on varmaa ja kaikki saavat sähköä. Sähköä käytetään päivittäin sitä ajattelematta, kuten ruuanlaittamisessa, televisionkatselussa sekä siivotessa. Sähköverkko on siis suuri ja merkittävä osa suomalaista yhteiskuntaa. Kuvissa 1 ja 2 esitellään Suomessa käytettäviä sähkötolppia. (Sähköverkko 2010.)



## 2.2 Taustat

Sähkötolppia on ollut käytössä niin kauan kuin sähköäkin. Suurin osa käytössä olevista sähkötolpista on eri tavoin kyllästettyjä puutolppia. Osa ennen käytetyistä kyllästysaineista on nykyään kiellettyjä esim. ympäristövaikutuksien takia. Sen takia on ruvettu suunnittelemaan vastaavia tolppia eri materiaaleista kuten betonista, komposiitista sekä teräksestä. Jokaisella materiaalilla on hyvät ja huonot puolensa.

## 2.3 Merkitys

Sähkötolppien keskeisin merkitys on kannatella sähkö- sekä puhelinlankoja. Ne ovat osa kaupunkia, maaseutua ja erämaata. Niitä on monia erimuotoisia, pituisia ja värisiä, mutta mikä niistä on ympäristöystävällisin sekä halvin tuotanto-, asennus- ja elinkaarikustannuksiltaan? Juuri tämän takia on syytä tutkia, onko nykyisen tavallisen puisen sähkötolpalle löytynyt kilpailija, betonista valmistettu sähkötolppa.

## 2.4 Materiaalit

### 2.4.1 Puu

Puusta on tehty tolppia sekä rakennuksiin, laitureihin sekä ratapölkkyihin esim. rautatienväylien alle. Ajat ovat muuttuneet ja tilalle haetaan uusia materiaaleja korvaamaan puusta valmistettuja tuotteita. Puuta on ennenkin käytetty esimerkiksi maanrakennustöissä paalutuksessa. Paaluilla parannetaan huonosti kantavan maaperän kantokykyä. Myös paalutustöissä on ruvettu käyttämään muista materiaaleista valmistettuja paaluja, joilla ei ole puun tapaan niin rajallista kestävyyttä ja jotka eivät kärsi lahoamisesta. (Iivari Mononen 2010.)



Kuva 1. 0,4 kV. Amka-johto. Vuodelta 2009. Rautalampi, Ihalaiskylä 3.12.09

Kuvaaja: Petri Mäki



Kuva 2. 20 kV+0,4 kV. Tasokulmaorsi. Latvan päälle asennettava malli. Vuodelta 2009. Pieksämäki, Ihalaiskylä 3.12.09 Kuvaaja: Petri Mäki

#### 2.4.1.1 Puupylvään valmistus

Puupylvään valmistus aloitetaan siten, että tuotantolaitoksella pylväät kuoritaan ja lajitellaan lasertekniikkaa hyödyntäen eri standardien ja asiakasvaatimusten mukaisesti. Kuorta voidaan käyttää energianlähteenä esim. tuotantolaitoksen omassa lämpövoimalassa, jolloin säästetään lämmitysaineen hankkimiskustannuksissa. Sen jälkeen puutolpat normaalisti kuivataan ilmavissa taapeleissa. Puutolpat kuivuvat noin 8 - 10 kuukautta. Nykyisin käytetään myös alipaine- tai lämminilmakuivaamoja, joissa kaato- tuore puutolppa kuivuu noin 7 - 10 vuorokaudessa. Sen jälkeen se on valmis kyllästettäväksi. Ennen kyllästysprosessia puutolpat sorvataan eli niistä poistetaan ns. nilakerros ja niistä tulee tasapintaisia. (Iivari Mononen 2010.)

Työstövaiheessa puutolpan mitat tarkastetaan, tolpat muokataan tilaajan valitsemiin mittoihin ja niihin tehdään tilaajan vaatimat poraukset, merkinnät ja muut vaativat työt. Tämän jälkeen valmistusprosessissa on edessä kyllästysvaihe eli ns. lahosuojaus. Ennen käytetty CCA-kylläste on nykyään kielletty ja sen sijaan käytetään usein kreosoottikyllästystä. (Iivari Mononen 2010.)

Kreosootti on kivihiilitervan tisle, jota on käytetty puunsuojaukseen yli 150 vuoden ajan. Kreosoottikyllästys tehdään Rüping- prosessilla. Uudessa kreosoottikyllästysprosessissa pylväät esilämmitetään 50–70 asteen lämpötilaan ennen kyllästystä. Kyllästyksen jälkeen on pylväiden tiikumattomuus varmistettava jälkikäsitelyssä, joka suoritetaan alipaineen ja kuumen vesihöyryn avulla. Kreosoottikyllästetyt pylväät takaa- vat mahdollisimman pitkän käyttöiän vaativimmissakin olosuhteissa. (Iivari Mononen 2010.)

Toinen käytössä oleva kyllästysmenetelmä on C-suolakyllästys. Suolakyllästyksessä käytetyn kyllästysaineen vaikuttavana aineena on kupari (CuO). Suolakyllästys tehdään Bethell-prosessilla. Kyllästyksessä puun solukosta vedetään ilmaa pois alipaineen avulla ja sen jälkeen kylläste saatetaan puun sisään kyllästysnesteen ollessa yli- paineessa. Prosessin lopuksi on vielä lopputyhjäksi kutsuttu vaihe, jolla ylimääräinen kyllästysaine imetään pois. Kyllästyksessä käytetään CuO-pohjaista kyllästettä, joka antaa kestopuulle vihreän värin. Samalla suolakyllästeellä kyllästetään sekä A- että AB-luokkaa, ja ainoastaan kyllästeen väkevyys eroaa eri kyllästysluokissa. Kromi- ja

arsenipitoisen kyllästeen käyttö lopetettiin 1.9.2006. Jos painekyllästetystä puusta halutaan ruskeaa, suolakyllästyksen lisätään ruskeaa pigmenttiä. (Hämeen ympäristökeskus, 2010.)

#### 2.4.1.2 Puupylvään vahvuudet

Puupylvään vahvuuksiin kuuluu ehdottomasti sen edullinen hinta, asennettuna n.130–210 €/kpl. Puuta on yleisesti hyvin Suomessa ja myös kilpailua ja osaamista, mikä pitää hinnat alhaisina. Puutavaraa kuljettavat pääasiassa yksityiset pienyrittäjät ja näin ollen logistiikkakustannukset ovat alhaisia. Puun erinomainen käsiteltävyys on myös sen vahvoja puolia sähkötolppana: siihen on helppo kiivetä pylväskengillä esim. huoltotöiden tai vikatilanteen sattuessa. Puutolppiin on koko ajan kehitteillä uusia kyllästysaineita ja menetelmiä joilla päästään pidempään elinikään. Lujuuslajittelun ansijosta päästään pidempiin jänneväleihin. Puupylväillä eliminoidaan kaikki tapaturmat tarikoilla ja laadukkailla lahontarkastusmenetelmillä. Lisäksi puupylvään asennus on helppoa sekä tasaisella pellolla että maastossa, koska puu materiaalina on kevyttä ja kestävä asennusvaiheessakin. Puupylvästä ei myöskään tarvitse maadoittaa, koska se ei johda sähköä. (Liite 2/1.)

#### 2.4.1.3 Puupylvään heikkoudet

Puusta valmistettujen sähkötolppien suurin heikkous on niiden käyttöikä, joka riippuu puun lahoamisesta. Ne vaihtelevat 30–50 vuoteen maaperän, kyllästeen ja kyllästyksen onnistumisen mukaan. Lahoaminen alkaa puun kosteuden ollessa vähintään 20 % puun kuivapainosta. Puun kuivuessa tai ilman ollessa pakkasen puolella sienirihmastot eivät kuitenkaan kuole, vaan jatkavat kasvuaan kosteuden ja lämpötilan tultua sopiviksi. Sopiva lämpötila tälle ilmiölle on noin +5...+30 °C. Lämpötilan lisäksi lahottaj sienet tarvitsevat happea, joten pylvään vedessä tai syvällä maassa oleva osa ei lahoa. (Sähköenergialiitto 1996, 5 – 10.)

Pylvään sijainti vaikuttaa huomattavasti lahoamisen edellytyksiin. Hiekkamaassa lahoaminen on nopeampaa kuin tiukassa savimaassa, koska hiekkamaassa on lahoamisprosessiin tarvittavaa happea. Pylvään valoisampi puoli lahoaa helpommin kuin var-

jossa oleva puoli, koska olosuhteet lahoamiselle ovat suotuisammat. (Sähköenergialiitto 1996, 5 – 10.)

Puupylvääseen kohdistuneet mekaaniset vauriot saattavat joiltakin osin nopeuttaa pylvään kunnan heikkenemistä. Tällaisia vaurioita ovat muun muassa tikankolot, pulttien kiinnkohdat sekä pylvääseen kohdistuneet kolhaisut esimerkiksi maatalouskoneista. Mekaanisesti aiheutuneet vauriot lahottavat pylvästä suhteessa vähemmän kuin maanrajassa tapahtuva lahoaminen. (Sähköenergialiitto 1996, 5 – 10.)

#### 2.4.2 Teräs

Teräksestä valmistetaan sähköpylväitä Suomessa. Monet teräksestä valmistetuista sähköpylväistä ovat voimajohtoja kannattelevia sähköpylväitä. Kyseessä on tuolloin esimerkiksi 110 kV:n pylväs tai suurempi. Pienempiä teräksestä valmistettuja pylväitä ovat esimerkiksi valaisinpylväät, mutta 11 - metrisinä sähkötolppina niitä ei juuri käytetä. (Janhunen 2010.)

##### 2.4.2.1 Teräspylväät sekä -mastot

Pylväs- sekä mastorakenteet muodostavat teräsrakentamisessa oman erikoisalansa, jolle on luonteenomaista rakenteiden suhteellinen keveys, usein suuret sarjat valmistuksessa ja erikoistuminen sekä suunnittelussa, valmistuksessa että asennuksessa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 1977, 364 – 372.)

#### 2.4.2.2. Teräksen vahvuudet

Teräksestä valmistetuilla 11 - metrisellä sähkötolpilla päästäisiin melko pitkiin jänneväleihin, koska ne ovat lujia. Lisäksi voidaan arvioida, että kuumasinkityllä teräspylväällä on pitkä käyttöikä, jopa 60 vuotta. Teräs on helppo kierrättää, ja sen uusiokäyttö on yleistä. Voidaan myös päätellä, että teräspylväät olisivat kevyitä, joten voitaisiin käyttää nykyisiä koneita pystytyksessä ja logistiikkakustannuksetkin pysyisivät alhaisina. (Liite 2/4.)

#### 2.4.2.3. Teräksen heikkoudet

Teräksen huonoja puolia on muun muassa sen alttius korroosiolle esimerkiksi iskujen aiheuttamista naarmuista asennusvaiheessa. Asennusvaiheessa teräksestä valmistetulla sähkötolpalla tulisi myös olla jonkinlainen perustus korroosion eli ruostumisen estämiseksi. Huonona puolena mainittakoon myös teräksen hintakehitys. (Liite 2/4.)

Kuvassa 3 on esimerkki teräksestä valmistetusta sähköpylvästä



Kuva 3. Teräksestä valmistettu sähköpylväs.

### 2.4.3 Komposiitti

Komposiitti on erittäin kevyttä ja kestävää; siksi sitä käytetään valaisinpylväiden rakentamisessa mm. Tehomet Oy:llä. Pohjoismaiden suurin valaisinpylväiden valmistaja Tehomet Oy sai 28.3.2006 Pariisissa pidetyillä alan erikoismessuilla palkinnon innovatiivisesta komposiittiturvapylväsratkaisustaan. Pylvään ontelorakenteen ja sen sisälle sijoitettujen pyöröteräksien avulla tuotteella on korkea energiansitovuus törmäys-tilanteessa. Virallisissa törmäyskokeissa tuote onkin saavuttanut korkeimman turvallisuusluokan uuden EN 12767:2005-standardin mukaan. Materiaali on ympäristöystävällinen, pitkäikäinen, kevyt, vahva sekä törmäysystävällinen, mutta silti tuotteen kustannukset pysyvät kilpailukykyisinä. Ulkonäöllisesti pylvästä voidaan muunnella ympäristöön sulautuvaksi erilaisilla dekoratiivisilla ratkaisuilla. (Tehomet Oy 2010.)



Kuva 4. Tehomet, komposiitista valmistettu valaisinpylväs



Kuva 5. Komposiitista valmistettu sähköpylväs Englannissa

#### 2.4.3.1. Komposiitin vahvuudet

Komposiitit mahdollistavat keveyden, lujuuden ja turvallisuuden samassa rakenteessa. Saman vahvuinen komposiitti on jopa 80 % kevyempi kuin teräs ja 60 % kevyempi kuin alumiini. Komposiitilla on hyvä korroosionkestävyys, ja se voidaan tarpeen mukaan valmistaa eristäviksi tai johtaviksi. Koska komposiitilla on erinomainen muokattavuus ja muovailtavuus sekä hyvä kemiallinen kestävyys, suurien rakenteiden valmistus yhtenä kokonaisuutena on mahdollista. (Helsingin yliopisto 2010.)

#### 2.4.3.2 Komposiitin heikkoudet

Miksi komposiittivalmisteisia pylväitä ei käytetä sähkötolppina? Kävin keskustelussa 23.2.2010 Porvoon Energian suunnittelupäällikkö Kari Janhusen kanssa asiasta. Tulimme siihen tulokseen, että komposiittipylvään valmistamiskustannukset sekä



käyttö taajama-alueilla perustuksineen tulisi niin kalliiksi, ettei se olisi kannattavaa. (Janhunen 2010.)

Komposiitin hyviä puolia on, että se on hyvin kestävä, mutta toisaalta kestävyys on sekä hyvä että huono ominaisuus. Useat komposiittien valmistusaineet eivät maadu kaatopaikoilla, joten niiden kierrätys on tärkeää. Komposiitin käyttäminen toisen rakennusaineen kanssa ja sen liittäminen siihen voi myös olla hankalaa. Suurin syy siihen, miksi sähkötolppia ei valmisteta komposiitista, ovat suuret valmistuskustannukset. (Helsingin yliopisto 2010.)

### 2.4.3 Betoni

Betonista valmistetaan Suomessa pilareita ja paaluja esimerkiksi Lujabetonin tehtaalla Loviisassa. Betonisia sähkötolppia ei valmisteta Suomessa missään.

Betoni on eniten käytetty rakennusmateriaali maailmassa. Tämä on mahdollista, koska valmistusteknologia on yksinkertainen ja raaka-aineiden saatavuus hyvä. Betonista valmistetaan mm. rakennuksen runkoja ja julkisivuja, siltoja, patoja, teitä ja muita infrarakenteita, pihakiviä, putkia, harkkoja sekä taideteoksia. (Betoni 2010.)

#### 2.4.3.1 Betonin vahvuudet

Betoni on kivipohjaisena materiaalina kestävä, luja ja vähän huoltoa vaativa. Betonirakennukset säästävät massiivisina ja tiiviinä energiaa koko elinkaaren ajan. Betonilla saadaan asuntoihin hyvä ääneneristävyys ja paloturvallisuus. (Betoni 2010.)

Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviaines. Betonin raaka-aineet otetaan maaperästä. Kiviaines on paikallista eikä vaadi yleensä pitkiä kuljetusmatkoja. Betonin kiviainesta on saatavissa rajattomasti lähes kaikkialla. Sementti valmistetaan pääasiassa kalkkikivestä, joka on yksi maapallon yleisimmistä kivilajeista. Betoniteollisuus pystyy käyttämään raaka-aineena muun teollisuuden muuten jätteeksi meneviä sivutuotteita, kuten lentotuhkaa, masuunikuonaa ja silikaa.

Koko elinkaaren aikaisilta ympäristökuormituksiltaan betoni on erittäin ekotehokas rakennusmateriaali. Betoni on yksi taloudellisimmista rakennusmateriaaleista. Betonista voidaan toteuttaa rakenteisiin pitkiä jännevälejä, joiden ansiosta tiloja voi suunnitella joustavasti. Betoni on muovailtava materiaali, jonka väriä, muotoa ja pintakäsittelyä voidaan varioida tarpeen mukaan. (Betoni 2010.)

### 2.4.3.3 Betonin heikkoudet

Betonin heikkouksiin voidaan luokitella sen paino. On kyse minkälaisesta kappaleesta tahansa se painaa paljon. Siksi voidaan myös olettaa, että betonista valmistettujen sähköpylväiden kappalekohtaiset logistiikkakustannukset olisivat suurempia kuin esimerkiksi puusta valmistettujen pylväiden.



Kuva 6. Europolen valmistamia betonipylväitä.



Kuva 7. Europolen valmistamia betonipylväitä.

### 3. BETONISTA VALMISTETTU SÄHKÖTOLPPA

#### 3.1 Tolppa yleisesti

Betonista valmistettuja sähkötolppia ei ole käytössä Suomessa, mutta esim. Australiassa ne ovat yleisiä. Tolpat ovat usein onntoja keskeltä, koska sähkötolppien paino halutaan pitää pienenä. Suomeen suunnitellun tolpan pituuden tulisi olla 11.5 metriä. Vastaavan puutolpan pituus on 11 metriä, mutta betonista valmistettu sähkötolppa asennetaan puoli metriä syvempään maahan, jolloin sen asennussyvyys olisi noin 2,5 metriä maanpinnan alapuolella. (Ilkka 2009.)

Nykyisillä puisilla sähkötolpilla on Suomessa lukuisia vihollisia kuten tikka, palokärki, madot ja hyönteiset, jotka tuhoavat tolppia heikentäen niiden kestävyyttä ja elinikää. Sen takia on ruvettu suunnittelemaan sekä harkitsemaan muista materiaaleista valmistettuja vastaavia tolppia, jotka ajaisivat saman asian mutta halvemmalla. Vastaavia materiaaleja ovat teräs, komposiitti ja betoni. Betoni on Suomessa paljon käytetty materiaali ja suomalaisilla on siitä paljon osaamista, joten se nousi suosikiksi tähän tutkimukseen. Betoni on kova ja kulutusta kestävä materiaali ja halpa elinkaarikustannuksiltaan. (Rocla Power Poles –esite 2010.)

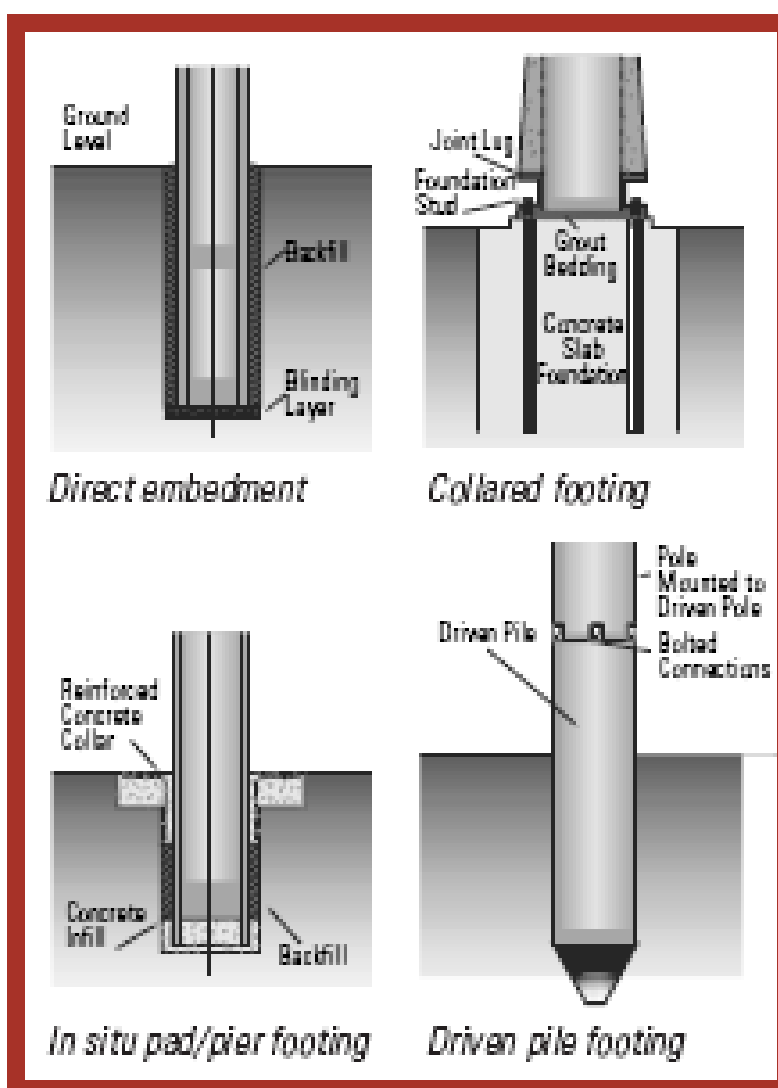
Kyiseisiä tolppia valmistettaisiin muottitöinä noin 10 000 kpl/vuosi. Jännevälinä näillä tolvilla olisi 100 metriä ja sitä käytettäisiin 20kV:n sähköjohdoille.

Materiaalina pylväässä olisi terästä noin 15 kg/m, ja betonina käytettäisiin C40/50. Tolppaan käytettävä betoni kestää pieniä kolhuja ja kosketusta, siksi käytetään näin korkeaa lujuusluokkaa olevaa betonia. (Ilkka 2009.)

Australiassa betonista valmistettuja sähköpylväitä tekee esimerkiksi Rocla Duraspunn Power Poles. Se takaa tuotteelleen vähintään 50 vuoden käyttöiän, joka varmasti pitäisi paikkansa Suomenkin olosuhteissa. Kyiseisiä betonitolppia ei myöskään tarvitse suojata maaleilla tai muilla kyllästeillä. (Rocla Power Poles –esite 2010.)

### 3.2 Betonitolpan asennus

Betonipylväs asennetaan maahan periaatteessa samalla tavalla kuin puupylväs paitsi, että betonipylvästä käytettäessä upotussyvyuden tulisi olla 2,5 metriä, kun puupylväällä se on 2 metriä. Suurimmassa osassa maaperää ei tarvitse käyttää kalliimpia betoniperustuksia. Jos maaperä, johon betonipylväs tulee pystyttää, on esimerkiksi kalliota tai muuta kovaa materiaalia, betonipylväälle valetaan joko perustukset betonista tai se kiinnitetään suoraan kallioon siihen tarkoitettulle jalustalle. Jos taas maaperä on liian pehmeää, betonipylväälle lyödään sitä varten oleva paalu maahan niin syväälle, kuin on tarve, ja kiinnitetään itse betonipylväs siihen. Täten säästytään rakentamasta pylväälle perustuksia, jonka päälle se muuten pystytettäisiin. (Kuva 8.)



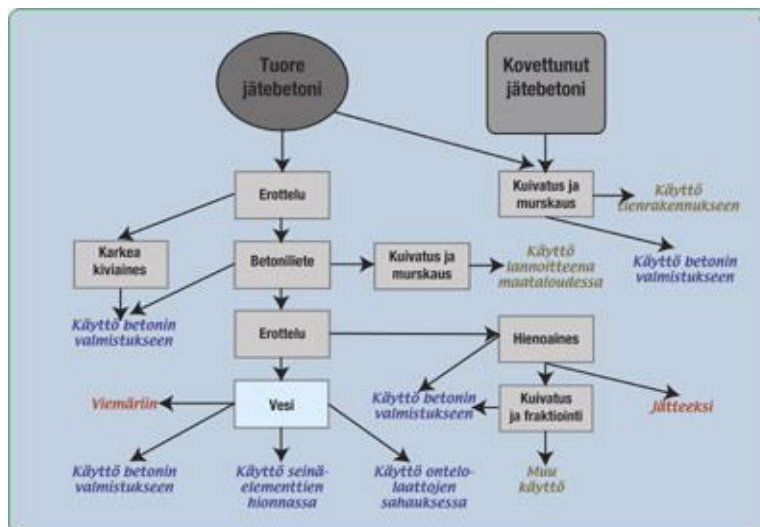
Kuva 8. Esimerkkejä betonipylvään asentamistavoista

### 3.3 Betonin kierrätys

Betonin valmistuksessa kaikkea betonia ei aina päästä käyttämään, minkä vuoksi syntyy ns. ylijäämäbetonia. Ylijäämäbetoni pestään, jolloin siitä erottuu karkea kiviaines ja lietevesi. Ylijäämäbetonia syntyy myös betoniautojen rumpujen, betonisekoittimien ja betonikuljettimien pesuvedestä. Vesi pyritään kierrättämään takaisin prosessiin joko sellaisenaan tai sekoitettuna vesijohtoveteen. (Betoni 2010.)

Ympäristöhaittoja betonitehtailta pois johdettavasta vedestä ei synny, ja betonilietettä voidaan käyttää jopa maanparannusaineena esimerkiksi peltojen happamuuden vähentämiseksi. Pesuvedestä eritelty kiviaines voidaan käyttää esimerkiksi maanrakennustöissä teiden rakentamiseen. (Betoni 2010.)

Betonimursketta käytetään laajasti rakentamisessa. Hyvänä esimerkkinä betonin kierrätyksestä on Lohjan Rudus, joka on kehittänyt betonin kierrätystä jo vuodesta 1992. Tavoitteena Lohjan Ruduksella oli kehittää tuote, joka olisi yhtä hyvä tai parempi kuin vastaava kiviaines maanrakennustöissä. Nyt tuote on valmis ja nimeltään Betoroc-murske. Tuote antaa maarakenteelle 2 – 3. kertaa paremman kantavuuden kuin vastaava kiviaines, minkä vuoksi se on myös ekologinen ja taloudellinen tuote. Rakentaita voidaan ohentaa jopa 40 %. (Betoni 2010.); (Kolumbus 2010.)



Kuva 9. Betonin kierrätys

### 3.4 Betonin kuljetus

Niin kuin muussakin betonin valmistusvaiheissa myös kuljetuksissa panostetaan ympäristöystävällisyyteen ja turvallisuuteen. Päivittäin maanteitä pitkin kuljetetaan suuria määriä betonia eri muodoissa: betonielementtejä, valmisbetonia jne. Vuosittaiset kuljetusmäärät ovatkin noin 10 miljoonaa tonnia, joka vastaa 700 000 kuormaa. Vastavasti rautateitse tai vesitse ei kuljeteta läheskään niin paljon betonia. Ympäristöystävällisyyttä ajatellen meno-paluuasteja käytetään mahdollisimman tehokkaasti eli luontoa kuormitetaan mahdollisimman vähän.

Taulukossa 1. on esitelty betoniteollisuuden keskimääräiset kuljetukset vuodessa.

Taulukko 1. Betonikuljetukset

Tuote	milj. tuote-m <sup>3</sup>	milj. tonnia	kuormia (kpl) 1)
Betonielementit	1,0	2,4	85 000
Paalut, ratapölkkyt, putket, kaivonrenkaat	0,3	0,7	25 000
Pihakivet ja -laatat	0,25	0,6	30 000
Betoniharkot	0,35	0,7	35 000
Kevytsoraharkot	0,45	0,3	15 000
Valmisbetoni	2,5	6,0	500 000
Yhteensä	4,85	10,7	690 000

- 1) Elementtikuorman keskikooksi on arvioitu 28 tonnia, betonituotekuorman 20 tonnia ja valmisbetonikuorman 5 m<sup>3</sup>

Nykyisin monet rakennusyhtiöt ovat ottaneet käyttöön 4D-suunnittelun, jossa myös ajankäyttö on huomioitu tarkasti. Tämä mahdollistaa elementtien ja muiden betonituotteiden mahdollisimman tarkan tilausajankohdan. Näin työmaalla tiedetään jo hyvissä ajoin mahdollisista varastointi- sekä vastaanottotoimenpiteistä. Kuljetuksia voidaan toimittaa työmaille myös yöllä jos kuorma on ns. valmiskuormapukeilla, jolloin myös liikenne on rauhallisempaa kuin päivällä. (Betoni 2010.)

### 3.5 Betonipylvään käyttöikä

Betonisen sähköpylvään käyttöikäksi on arveltu vähintään 50 vuotta. Tämä riippuu kuitenkin pylvään sijoituspaikasta ja sen alttiudesta ympäristön aiheuttamille rasituksille kuten tuulelle, lumelle ja pakkaselle. Betoni ei myöskään ole alttiina luonnon pieneläimille kuten oraville, tikoille ja palokärjille. Lahoamisriskiä ei myöskään ole. On selvää, että pylvästä tulisi tutkia tasaisin väliajoin ja suorittaa lujuus- sekä puristuskokeita, joilla varmistettaisiin uuden tuotteen kestävyys ja kehitys. (Rocla Power Poles – esite 2010.)

## 4. TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimuksen betonisen sähköpylvään hinnasta sekä koosta tein yhteistyössä Lujabetoni Oy:n tehdaspäällikön Jorma Ilkan ja Hannu Borenin kanssa. Mallina 11,5-metriseksi betonipylväälle käytettiin australialaisen Rocla-yhtiön valmistamia betonisia sähköpylväitä, jotka toimisivat hyvin myös Suomen olosuhteissa.

Perusolettamukset betonipylvään koosta on, että se olisi kartion muotoinen ja keskeltä onto, jolloin painoa saataisiin vähennettyä. Pituutta pylväälle tulisi 11,5 metriä, jolloin upotussyvyys olisi 2,5 metriä ja maan päälle jäävä osa sama kuin nykyisillä puupylväillä, eli 9 metriä. Pylvään halkaisija tulisi olla päästä 225 - 270 mm ja tyvestä 390 - 435 mm jolloin pylvään keskimääräiseksi halkaisijaksi jäisi noin 300 mm. Betonin lujuusluokkana käytettäisiin C40/50:tä. Tuotantomäärä olisi noin 10 000 pylvästä/vuosi.

Materiaalikustannukset ovat noin 30 €/metri ja myyntihinnaksi tehtaalta, kaikkine kustannuksineen, muodostuisi 50 €/metri. Tarkemmilla laskelmilla varmasti päästäisiin vielä luotettavampiin tuloksiin, mutta suuruusluokka ei siitä huolimatta varmasti paljoa muuttuisi. Tuotantomäärän kasvattamisella olisi merkittävämpi vaikutus pylvään kustannuksiin. Ajan myötä hinta varmasti vähän tippuisi kilpailun ja valmiiden tuotantolinjojen jo ollessa olemassa, mutta koska tämä on uusi tuote ja valmiita tuotantolinjoja ei ole, hinta olisi tämä.



Hinnaksi yksittäiselle betoniselle sähköpylväälle tulisi noin 600 €/kpl, mutta valmistuksen aloitettua ja myynnin päästessä kunnolla käyntiin se voisi vähentyä 100–150 €. Tämä on kuitenkin suhteellisen paljon enemmän, jos verrataan nykyiseen puupylväeseen, jonka hinta-arvo vaihtelee 120–210 €/kpl, kyllästystavan mukaan. Kyseinen pylväs on suunniteltu 100 metrin jännevälillä. Jos jänneväliä pidennettäisiin ja tolppien kokoa sekä ilmajohtojen kestävyyttä suurennettisiin, betonisten sähkötolppien käyttö voisi olla kannattavampaa. Kierrätyskustannuksista keskustelin Sakki Oy:n tarjouslaskijan Teuvo Sinisalon kanssa. Kierrätyskustannuksien hinnaksi noin 1 000 kg painavalle betonipylväälle tulisi noin 15 €, joka on todella edullista.

## 5. YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön ja siihen liittyneiden tutkimusten perusteella voidaan todeta, ettei betonisia valmistettujen sähkötolppien valmistus vielä kannata. Pylvään hinta olisi yksinkertaisesti liian suuri puupylväeseen verrattuna, vaikka betonipylvään elinkaari olisikin noin 20 vuotta pidempi. Tulevaisuudessa asiaa varmasti myös tutkitaan uudestaan ja lopputulos saattaa olla eri. On myös mahdollista, että betonista valmistettuja tolppia ostettaisiin ulkomailta Suomeen. En usko sen olevan yhtään edullisempi ratkaisu, kun että niitä ruvettaisiin valmistamaan Suomessa betonitehtailla.

Betoni on suomalaisille tuttu materiaali, joten täällä on paljon ammattitaitoa ja osaamista. Uusi tuote toisi myös uusia työpaikkoja ja työllistäisi monia tämänhetkisiä työntömiä. On selvää, että tuotteelle olisi saatava kilpailijoita eri valmistajilta, jolloin myös hinta varmasti laskisi.

On myös mahdollista, että nykyistä puupylvään pystytystä maahan ruvetaan kehittämään esimerkiksi erilaisilla muoteilla, johon puupylväs asetetaan. Maassa olevaa puupylvään osa suojattaisiin. On myös mahdollista, että puupylväälle valmistettaisiin perustukset betonista, jolle se pystytettäisiin siten, ettei puupylvästä tarvitsi upottaa maahan. Näin estettäisiin puupylvään lahoaminen tyvestä ja pidennettäisiin puupylvään käyttöikä. On myös selvää, että tarkemmilla pylvään mitoituslaskelmilla päästäisiin tarkempaan kustannusarvioon, mutta pylvään hinta ei siitä huolimatta paljoa laskisi.

## LÄHTEET

Betoni 2010. Saatavissa:

<http://www.betoni.com> [viitattu 25.2.2010]

<http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kestävä+kehitys/Kierrätys/> [viitattu 25.2.2010].

Sähköverkko 2010. Saatavissa:

<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkoverkko> [viitattu 22.2.2010]

Helsingin yliopisto 2010. Saatavissa:

<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/komposiitit/ominaisuuksia>. [viitattu 23.2.2010].

Hämeen ympäristökeskus 2010, Ympäristösuojeluvirasto. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=113409&lan=sv> [viitattu 23.2.2010].

Iivari Mononen 2010. Saatavissa:

[www.iivarimononen.fi](http://www.iivarimononen.fi) [viitattu 23.2.2010].

Ilkka, J. Lujabetoni Oy. Sähköpostiviesti. 27.10.2009.

Janhunen, K. Porvoon Energia. Keskustelu. 23.2.2010.

Kolumbus 2010. Saatavissa:

[http://www.kolumbus.fi/~hraty/rym/betonin\\_kierratys.htm](http://www.kolumbus.fi/~hraty/rym/betonin_kierratys.htm) [viitattu 25.2.2010].

Rocla Power Poles –esite 2010. Saatavissa:

[www.rocla.com.au/Drawings/PowerPoles\\_Brochure\\_-\\_technical\\_info.pdf](http://www.rocla.com.au/Drawings/PowerPoles_Brochure_-_technical_info.pdf) [viitattu 23.2.2010].

Suomen rakennusinsinöörien liitto 1977. Teräsrakenteet. Jyväskylä: K.J. Gummerus.

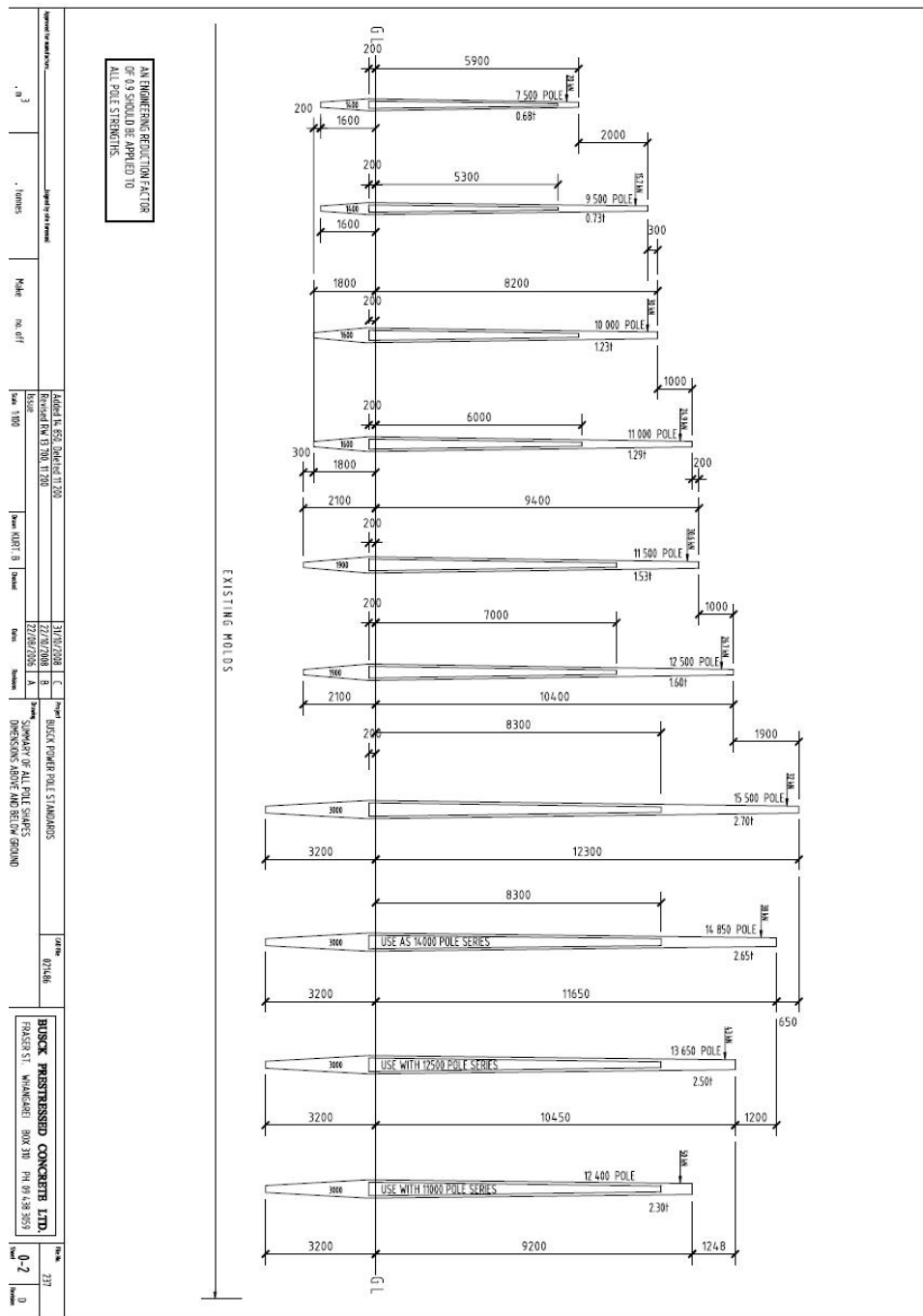
Sähköenergialiitto Ry 1996 Verkostosuositus RJ 33:96. Puupylväiden lahoisuustarkastus ja lujuu-  
den määrittäminen, Sener.

Tehomet 2010. Saatavissa:

<http://www.tehomet.fi/uutiset.php?start=64> [viitattu 23.2.2010].

Busck Prestressed Concrete 2010. Saatavissa

<http://www.busck.co.nz/dnn/Portals/0/Documents/pole%20summary%20landscape.pdf> [viitattu 25.2.2010].



Kuvassa Busk Prestested Concrete:n malleja betonista sähkötolpista.

## 2. PYLVÄSMATERIAALI SWOT-ANALYYSI

Liite 2/1

### Puupylväs

<p><b>Vahvuudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hinta-arvio 130 - 210 €/kpl.</li><li>- Edullinen logistiikka.</li><li>- Edullinen paino-lujuussuhde.</li><li>- Vikatilanteessa voidaan kiivetä pylväs-kengillä.</li><li>- Rakentaminen on edullista. Kestää kovaa käsittelyä rakentamisvaiheessa.</li></ul>	<p><b>Heikkoudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Suuri vaihtelu käyttöiässä (30 - 50 v), joka riippuu kyllästeestä, maaperästä ja kyllästyksen onnistumisesta → vaatii laadukkaan lahotarkastuksen.</li><li>- Kierrätyskustannukset biosidisillä aineilla.</li><li>- Laho- ja tikkaongelmia.</li><li>- Suuria pylväitä saatavilla vain rajallinen määrä → miten päästään maksimijännäväleihin isoilla johdoilla?</li></ul>
<p><b>Mahdollisuudet</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Uudet kyllästysaineet ja –menetelmät.</li><li>- Pylväiden lujuuslajittelu → pidempi jänneväli.</li><li>- Puolipuhaiden pylväiden käyttö.</li><li>- Nykyistä tarkempi ja laadukkaampi lahotarkastus.</li><li>- Yhdistelmä rakenteet (esim. betoni- tai teräsjalca)</li></ul>	<p><b>Uhat</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- CCA jo kielletty – miten käy kreosootin?</li><li>- Uudet kyllästysaineet ja –menetelmät kalliita</li><li>- Isojen (4- ja 5-luokan) pylväiden saatavuus on huono.</li></ul>

## Betonipylväs

<p>Vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinta-arvio 300 €/kpl.</li> <li>- Maksimaalinen jänneväli.</li> <li>- Pitkä käyttöikä, yli 50 vuotta.</li> <li>- Pylväsmateriaali tarkastetaan vasta käyttöönsä lopulla.</li> </ul>	<p>Heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Raskas, paino 700 – 1 200 kg/kpl →kallis logistiikka, järeämmät koneet, kallio- ja kulmapylväissä järeämmät tyvituet ja harustukset, kallistuneet pylväät kallistuvat suuren oman paino vuoksi yhä lisää, koska johtimien harustava vaikutus ei välttämättä enää riitä.</li> <li>- Vaatii suuremman upotussyvyyden (min 2,5 metriä) ja/tai erillisen perustuksen, jotta kallistuneiden pylväiden määrä voidaan minimoida.</li> <li>- Betonin rapautuminen.</li> <li>- Teräsbetonin kierrätys on kallista. Betoni pulveroidaan ja teräs metallikeräykseen.</li> <li>- Ei mahdollista nousta pylväskengillä viikatilanteessa.</li> <li>- Maadoitus?</li> <li>- Iskun- ja konekäsittelyn kestävyys?</li> </ul>
<p>Mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurilla johdoilla on mahdollisuus päästä pitkiin jänneväleihin, jolloin betonipylvään käyttö voi olla kannattavaa.</li> </ul>	<p>Uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonin valmistus kolmanneksi suurin hiilidioksidilähde.</li> </ul>

## Komposiittipylväs

<p>Vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maksimaalinen jänneväli.</li> <li>- Pitkä käyttöikä, yli 60 vuotta.</li> <li>- Pylväsmateriaali tarkastetaan vasta käyttöönsä loppuvaiheessa.</li> <li>- Kevyt: paino 70 - 200 kg/kpl →edullinen logistiikka, voidaan käyttää nykyisiä koneita, mikäli kestävät metallikourien rouhaisut.</li> </ul>	<p>Heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinta-arvio min 600 €/kpl.</li> <li>- Kierrätys. Tällä hetkellä ainoa mahdollisuus käyttää täytemateriaalina maarakentamisessa.</li> <li>- Ei mahdollista nousta pylväskengillä viikatilanteessa.</li> <li>- Maadoitus?</li> <li>- Iskun- ja konekäsittelyn kestävyys on huono.</li> </ul>
<p>Mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurilla johdoilla on mahdollisuus päästä pitkiin jänneväleihin, jolloin komposiittipylvään käyttö voi olla kannattavaa.</li> <li>- Tulevaisuudessa käytöstä poistuneiden pylväiden energiakäyttö.</li> </ul>	<p>Uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lasikuidun ja hartsin hintakehitys kalliimpaan suuntaan..</li> </ul>

## Teräspylväs

<p>Vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maksimaalinen jänneväli.</li> <li>- Pitkä käyttöikä, yli 60 vuotta.</li> <li>- Hinta-arvio 300 €/kpl.</li> <li>- Kierrätyskustannuksia ei synny.</li> <li>- kevyt, paino 70 - 300 kg/kpl</li> </ul> <p>→edullinen logistiikka, voidaan käyttää nykyisiä koneita, mikäli kestävät metallikourien rouhaisut.</p>	<p>Heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ei mahdollista nousta pylväskengillä vi- katilanteessa.</li> <li>- Maadoitus?</li> <li>- Iskun- ja konekäsittelyn kestävyys (kor- roosiosuoja).</li> </ul>
<p>Mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suurilla johdoilla on mahdollisuus pääs- tä pitkiin jänneväleihin.</li> </ul>	<p>Uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teräksen hintakehitys kalliimpaan suun- taan.</li> </ul>