

Keinotekoista patinaa galvanoiduille pinnoille hiilidioksidin avulla

– ympäristöystävällinen metalliesikäsittely

Onko hiilidioksidi vain rasite vai voidaanko sitä käyttää hyödyksi?

Hiilidioksidi ei nykypäivänä aiheuta kovin positiivisia mielikuvia. Viime kesän kuumuudet Euroopassa toivat taas muistutuksen, että ihmisen tuottamat kasvihuonekaasut eivät ole vain tulevaisuuden huoli vaan se on akuutti ongelma. Tästä osoituksena on, että tämän vuoden heinäkuu mitattiin maailman kuumimmaksi kuukaudeksi [1], joka rikkoi edellisen ennätyksen vuodelta 2016.

Samassa kuussa pidettiin yksi isoimmista hiilidioksidin hyödyntämiskonferensseista (17th International Conference on Carbon Dioxide Utilization), jossa keskusteltiin hiilidioksidin hyödyntämisestä raaka-aineena. Esimerkkejä konferenssissa esitetyistä hyödyntämiskohteista olivat polymeerit, mineraalit, sekä useat erilaiset kemikaalit, joita voidaan tehdä hyötykäyttöön ja samalla vähentää hiilidioksidin määrää ilmakehässä. Samassa konferenssissa esitettiin artikkelin kirjoittajan toimesta tutkimusaihe: Keinotekoisien patinan valmistaminen galvanoiduille pinnoille hiilidioksidin avulla. Tutkimus on jo useamman vuoden kestänyt yhteistyöprojekti SSAB:n sekä Tampereen Yliopiston kanssa, jossa on tarkoituksena hyödyntää hiilidioksidia galvanoidun teräksen esikäsittelyssä.

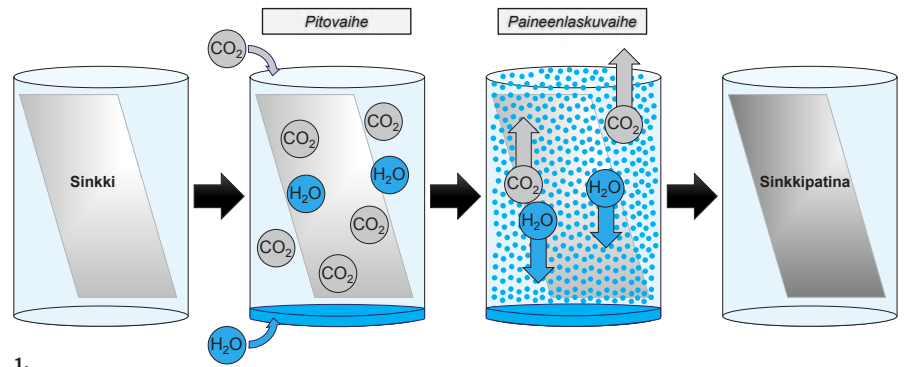
Lähteet:

[1] BBC news, <https://www.bbc.com/news/science-environment-49238745>

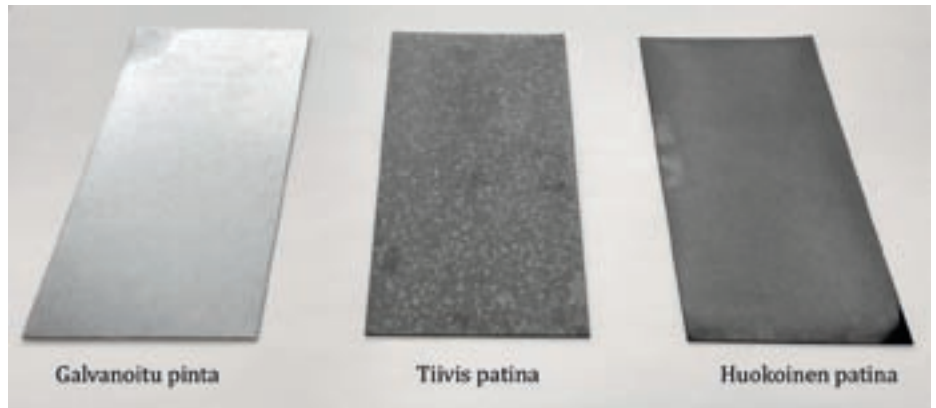
Galvanoitu teräs ja luonnollinen patina

Galvanoitu teräs on yksi yleisimmistä ulko-olosuhteissa käytetyistä rakennusmateriaaleista. Galvanoitua terästä käytetään mm. rakennusten verhouksissa, valaisinpylväissä, maantiekateissa ja kuljetuskalustoissa. Materiaalin suosio johtuu pääasiassa sen edullisuudesta, muotoiltavuudesta sekä erinomaisesta korroosionkestokyvystä. Galvanoitussa teräksessä teräksen päälle on pinnoitettu ohut suojakerros metallista sinkkiä, eli se galvanoidaan (kuumasinkitään). Teräs ja sinkki muodostavat keskenään galvaanisen parin. Korroosiota aiheuttavissa olosuhteissa (esim. kosteus ja sade) sinkki epäjalompana metallina ”uhrautuu”. Esimerkiksi jos galvanoituu teräkseen tulee syvä naarmu, sinkki syöpyy naarmun ympärillä ja sinkin korroosiotuotteet saostuvat naarmussa teräksen pinnalle ja suojaavat sitä. Teräs ja sinkki muodostavat keskenään galvaanisen parin, jolloin sinkki epäjalompana suojaa terästä myös katodisesti.

Ajan myötä galvanoidujen pintojen korroosionkestokyky paranee entisestään, kun

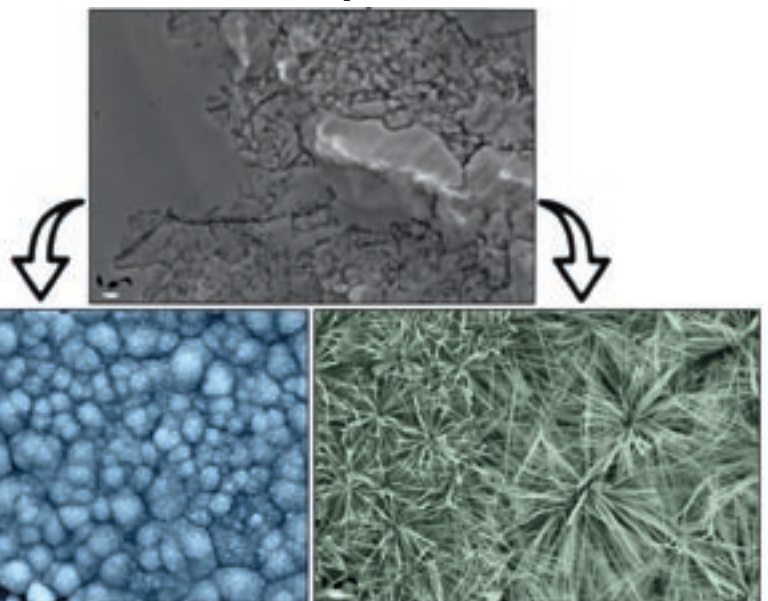


1.



2.

Galvanoitu pinta



3.

Tiivis patina

Huokoinen patina

Kuva 1: Keinotekoisien patinakäsittelyn vaiheet.

Kuva 2: Kuvat galvanoiduista teräsuhutlevyistä: Puhdas galvanoitu pinta (vasen), tiivis patina pinta (keski) ja huokoinen patina pinta (oikea).

Kuva 3: SEM kuvat näytteiden pinnoista.

sinkki reagoi kosteuden, sateen, hiilidioksidin sekä muiden ilman epäpuhtauksien kanssa muodostaen patinakerroksen materiaalin pinnalle. Patina on tumma pintakerros, joka koostuu useista erilaisista sinkin korroosiotuotteista, kuten sinkkikarbonaateista. Tiivis, hyvin kiinnittynyt ja veteen lähes liukenematon patinakerros muodostuu materiaalin pinnalle noin vuoden kuluessa ja paksunee vuosien saatossa ja antaa näin sinkkipinnoitteelle hyvän suojan. Patinoitumiskyky onkin syy siihen, miksi sinkin korroosionkesto on parempi kuin teräksellä, vaikka sinkki on epäjalompana metallina reaktiivisempi veden kanssa.

Galvanoidun teräksen pinnat usein maalataan parantamaan sen korroosionkestoa entisestään sekä ehostamaan materiaalin esteettisyyttä. Puhdas metallinen sinkki on kuitenkin hankala materiaali maalata huonon maalin tarttuvuuden takia, minkä vuoksi sinkkipinnat täytyy aktivoida ennen maalausta. Monissa tapauksissa riittävä aktivointi on odottaa luonnollisen patinan muodostumista sinkin pintaan ennen sen maalaamista, jolloin maalin tarttuvuus on parempi. Nykyisin tämä menetelmä on varsin harvinainen, koska patinakerroksen kasvamisessa kestää vuosia ja nykypäivänä halutaan yleensä asentaa galvanoitu teräs jo valmiiksi maalattuna käyttökohteeseen tai vaihtoehtoisesti maalata se heti työmaalla. SSAB maalaa teräkset teollisesti heti galvanoinnin jälkeen käyttäen kemiallista esikäsitelyä, joka muodostaa maalin tarttuvuutta parantavan konversiopinnoitteen.

Entä jos kemiallisten esikäsitelyjen sijaan voisimme mukailla luonnollisen patinan kaltaista rakennetta, tehdä sen vain murto-osassa luonnollisen patinan muodostumisajasta sekä samalla hyödyntää hiilidioksidia valmistusprosessissa? Näin voisimme kehittää ympäristöystävällisen esikäsitelyn, jossa kemikaalien käyttämisen sijaan voisimme vähentää ilmakehän hiilidioksidi taakkaa. Tähän tavoitteeseen pyrimme tutkimusprojektissamme, josta on tarkoitus valmistua myös väitöskirja ensi vuoden aikana.

Keinotekoinen patina

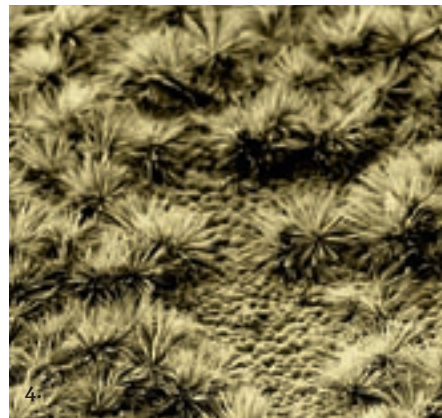
Keinotekoisella patinalla tarkoitetaan sinkin päälle muodostettavaa patinakerrosta, jonka ominaisuudet joko vastaavat tai ovat paremmat kuin luonnollisella patinalla. Keinotekoisien patinan valmistaminen tapahtuu myös huomattavasti lyhyemmässä ajassa. Tällä hetkellä menetelmällä voidaan muodostaa patinakerros alle tunnissa ja mahdollisuuksia on vielä huomattavasti lyhyempiinkin valmistusaikoihin. Luonnollisen patinan sekä nykyisten esikäsitelyjen tapaan, keinotekoisien patinan on tarkoitus parantaa jälkikäteen pinnoitettavan maalin tarttuvuutta sekä lisätä galvaanisen teräksen korroosionkestävyyttä entisestään.

Keinotekoisien patinan sekä luonnollisen patinan muodostumisprosessi on hyvin samankaltainen. Molemmissa patinoitumisprosesseissa on tärkeimpinä lähtöaineina vain galvanoitu teräsohutelvy, vesi ja hiilidioksidi. Erona luonnollisen ja keinotekoisien patinan muodostumisessa on vain hiilidiok-

sidin määrä sekä katalyyttiliuos, jota voidaan käyttää keinotekoisien patinan muodostumisen nopeuttamiseen.

Luonnollinen patina muodostuu, kun ohutlevyn pinnalle sataa ensin vettä, johon liuennot hiilidioksidi reagoi sinkin kanssa erilaisiksi sinkkikarbonaatti yhdisteiksi. Ohutlevyn pinnalla oleva vesi lopuksi kuivuu, kunnes sen päälle sataa taas uudemman kerran. Tämä syklinen sade-kuivumisprosessi toistuu useasti vuosien aikana, mikä johtaa lopullisen patinakerroksen muodostumiseen. Luonnollisen patinan tasaisuus ja koostumus vaihtelevat paljon, koska näihin vaikuttavat sade-kuivumisprosessin määrä ja laatu sekä ilman koostumus. Luonnollisen patinakerroksen laatuun vaikuttaa myös meri- tai teollisuusalueiden läheisyys niissä olevien suola- ja sulfaattipitoisuuksien vuoksi.

Keinotekoisien patinan valmistamisessa yritetään saavuttaa tasainen patinakerros huomattavasti nopeammassa ajassa käyttämällä hallittuja olosuhteita sekä suurempaa hiilidioksidipitoisuutta. Luonnollinen patina muodostuu normaaleissa ulko-olosuhteissa, jossa hiilidioksidia on vain noin 0,04 % ilma-



Kuva 4: SEM kuva tiiviin- ja huokoisien patinan yhdistelmästä (kuva otettu 54 asteen kulmassa pinnasta).

kehästä. Keinotekoisien patinan valmistamisessa puolestaan käytetään 10 000–200 000 kertaisia hiilidioksidipitoisuuksia ilmakehään verrattuna.

Keinotekoisien patinan valmistusprosessi

Keinotekoisien patinan muodostuminen on havainnollistettu kuvassa 1. Prosessissa ohutelvy asetetaan ensin reaktiokammioon. Seuraavaksi kammio paineistetaan hiilidioksidilla ja lämmitetään, minkä jälkeen kammioon lisätään vesi sekä mahdollinen katalyyttiliuos. Käytetty paine ja lämpötila nostetaan riittävän korkeaksi siten, että hiilidioksidi muuttuu ylikriittiseen tilaan. Ylikriittinen hiilidioksidi voidaan mieltää tilaksi, jossa hiilidioksidi käyttäytyy sekä nesteen että kaasun tavoin. Ylikriittisessä tilassa hiilidioksidilla on riittävän korkea tiheys, että se pystyy liuottamaan vettä pienessä määrin, koska tiheys ja liukenevuus ovat toisistaan riippuvia ominaisuuksia. Hiilidioksidin liuennot vesi pystyy myös kulkeutumaan kaikille reaktiokammioon ylikriittisestä tilasta johtuen. Käsitelyn ensimmäisessä vaiheessa,

eli pitovaiheessa, kammio pidetään staattisissa olosuhteissa 30–60 minuuttia veden ja katalyyttiliuoksen lisäämisen jälkeen. Pitovaiheessa sinkin pintaan muodostuu jo osittain karbonaattirakennetta.

Pitovaihetta seuraa paineenlaskuvaihe, jossa hiilidioksidi poistetaan kammioista halutusti. Paineenlaskuvaiheen aikana hiilidioksidin tiheys laskee ja siten myös veden liuotuskyky. Tämä johtaa veden tiivistymiseen erittäin pieniksi pisaroiksi kaikkialla kammiossa, johon vesi oli liuennot pitovaiheen aikana. Hiilidioksidia sisältävien pienien vesipisaroiden tullessa kosketuksiin metallisen sinkin kanssa alkaa reaktio, joka tuottaa nopeasti lisää sinkkikarbonaattiyhdisteitä. Kun kaikki hiilidioksidi on poistettu kammioista, levy vielä lopuksi puhdistetaan ja kuivataan.

Keinotekoinen patina koostuu kahdesta erilaisesta sinkkikarbonaattiyhdisteestä. Kuvasta 2 nähdään kahden erilaisen patinarakenteen ero verrattuna käsittelemättömään galvanoituun pintaan. Kuvassa 3 on pyyhkäisyelektronimikroskooppi (SEM) kuvat samojen näytteiden pintarakenteista. Ensimmäinen rakenteista on tiivis patina, joka on vedetön sinkkikarbonaatti ($ZnCO_3$). Rakenteen tarkoitus on parantaa korroosionkestoa estämällä sateen ja muiden epäpuhtauksien pääsyä metallisen sinkin pinnalle. Toinen rakenne on huokoinen patina, joka muodostuu neulamaisesta sinkkihydroksidikarbonaateista ($Zn_x(CO_3)_y(OH)_z$). Pinnasta kasvavien neulasten tarkoituksena on toimia maalintarttumista edistävänä rakenteena johtuen pinnan ominaispinta-alan kasvusta. Mitä enemmän pinnassa on pinta-alaa mihin maali voi tarttua, sitä enemmän myös maalin mekaaninen tarttuvuus paranee. Muutteleamalla käsitelyolosuhteita, rakenteita voidaan muodostaa hallitusti galvanoidulle pinnalle joko erikseen tai yhdessä. Optimaalisen pintarakenteen saadaan muodostettua, kun galvanoidun teräsohutelvyn pinnalle saadaan kattavasti molempia rakenteita, jotta sekä korroosionkesto että maalintarttuvuus paranevat. Kuvasta 4 nähdään kyseinen yhdistelmä rakenne.

Pintarakennennäytteille tehdyt alustavat adheesio- ja korroosiotestit tukevat oletettuja ominaisuuksia. Adheesiotestit osoittavat pintarakenteen parantavan adheesiota. Pintarakenteet ovat myös hyvin maalattavia ja maali ympäröi neularakenteen lisäten maalintarttumispinta-alaa.

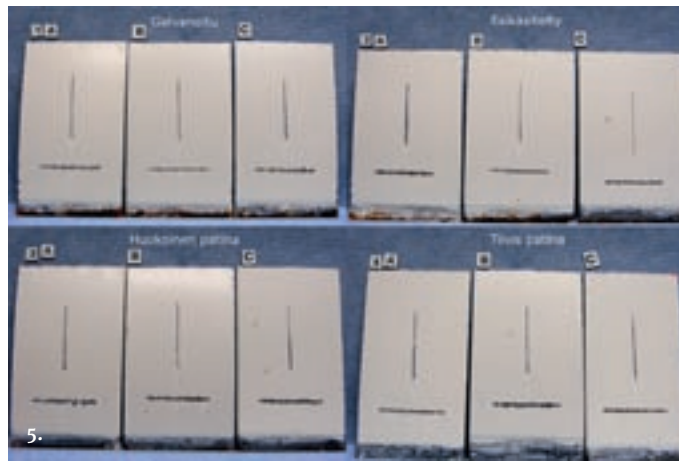
Kosteudenkestotesteissä (QCT-testit) pintarakenteet ovat osoittaneet parempaa korroosionkestoa puhtaisiin galvanointipintoihin verrattuna. Myös nopeutetuissa korroosiotesteissä (ACT-testit) pintarakenteet suoriutuivat hyvin. Molemmat korroosiotestit tehtiin polyesteri-melamiinipohjaisille maalatuille näytteille. ACT testien patina-näytteet olivat yhtä kestäviä myös SSAB:n nykyiseen esikäsitelyyn verrattuna (kuva 5). Alustavat korroosiotestit ovat siis osoittaneet keinotekoisien patinan olevan potentiaalinen esikäsitelymenetelmä. Lisätarkastuksia suoritetaan parhaillaan pintarakenteiden pidempiaikaisen kestävyuden varmistamiseksi.

Huolimatta siitä, että alustavat testit ovat osoittaneet lupaavia tuloksia, niin menetelmän kehittämistä on vielä haasteita. Toisitaiseksi käsittely toteutetaan batch-tyyppi-

senä prosessina, jossa levy käsitellään yksi kerrallaan kammiossa. Lopullisen käyttökohteen kannalta on kuitenkin välttämätöntä kehittää menetelmää siten, että levyt saataisiin käsiteltyä jatkuvatoimisena prosessina. SSAB:n sinkitys- ja maalauslinjastolla sinkitty teräs kulkee nopeasti prosessista toiseen, johon batch-tyyppinen prosessi on hankala toteuttaa. Jatkuvatoiminen prosessi on tällä hetkellä tutkimuksen alla ja testit ovat osoittaneet mahdollisuutta huomattavasti nykyistä nopeampaan prosessointiin.

Keinotekoisien patinan ominaisuudet sekä valmistusmenetelmän ympäristöystävällisyys osoittavat, että sillä olisi käyttöä galvanoidun teräksen maalaus-esikäsitteilynä. Menetelmän kehittäminen vaatii kuitenkin lisää tutkimusta ennen kuin sitä voitaisiin harkita pysyväksi osaksi SSAB:n tuotantoprosessia. Vaikka keinotekoinen patinan valmistus ei tulisi täysin korvaamaan nykyisiä esikäsitteilymenetelmiä, sen käyttö voisi olla tukena muiden esikäsitteilyjen ohella.

Nykymaailmassa painotetaan jatkuvasti kestävä kehityksen ja ilmakehän hiilidioksidin määrän vähentämisen roolia, koska



Kuva 5: ACT-testien jälkeiset tulokset maalulle galvanoidulle, esikäsitellylle sekä huokoiselle- ja tiivispatina-rakente levyille.

ne ovat jo välttämättömiä haasteita yhteiskunnalle. Näiden asioiden ratkomien vaatii kuitenkin myös sitä, että uusien menetelmien ympäristöystävällisyys ei myöskään huononna nykyisten tuotteiden laatua. Tämän vuoksi on elintärkeää pystyä panostaa uusin innovointien tutkimukseen ja kehitykseen riittävässä määrin, jotta näihin tavoitteisiin

voidaan päästä. SSAB pyrkii panostamaan kestävään kehitykseen ja ympäristöystävällisyyteen kaikilla tuotannon osa-alueilla, josta myös tämä tutkimusprojekti toimii esimerkkinä.

Aaretti Kaleva,
Materiaalitekniikka, Tampereen yliopisto,
TRY:n pintakäsittelyasiantuntijaryhmän puolesta

Teräskohteet pärjäsivät RIL-kisassa

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RILin tunnustuspalkinto – RIL-Palkinto 2019 – on myönnetty 14-kerroksiselle Lighthouse Joensuulle. Toiselle sijalle ylsivät Helsingin Telakkaranta – Euroopan kemikaalivirasto sekä Tikkurilankosken padon purkaminen ja kosken kunnostaminen.

Kansanedustaja, diplomi-insinööri Juha Sipilä korosti valintaperusteissaan, että Lighthouse Joensuu edustaa maailman korkeimpana terästankojäkisteisenä puurakennuksena ja Suomen korkeimpana puukerrostalona insinööriosaimisen uraauurtavimpaa kärkeä. Kohdetta ja sen pystyssä pitäviä teräsrakenteita on esitelty Teräsrakenne-lehdessä 1/2019. Joensuun Lighousen arkkitehtisuunnittelusta on vastannut Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto ja rakennesuunnittelusta A-Insinöörit. Kohteen on urakoinut Rakennustoimisto Eero Reijonen.

Toiselle sijalle yltäneistä kemikaaliviraston uusi toimitalo, jota on esitelty Teräsrakenne-lehdessä 4/2018, edustaa korkeataasoista suomalaista teräsrakenneosaimista. Skanskan projektinjohtourakkana toteuttamassa mittava hanke sisältää niin uudis- kuin korjausrakentamista. Erikoisuutena hankkeessa on esimerkiksi se, että kahdeksankerroksisen toimistorakennuksen viisi ylintä kerrosta on toteutettu suojellun Puutyöpaja-rakennuksen päälle. Puutyöpajan päälle sijoitettua uutta rakennusmassaa tukevat teräsluotopilarit, jotka lävistävät vanhan rakennuksen katon. Rakenne on erittäin vaativa, koska vain osa pilareista ulottuu ylimmästä alimpaan kerrokseen. Myös vanhat välipohjat on tuettu osin pilareihin.

Euroopan kemikaaliviraston rakennuksen arkkitehtisuunnittelusta on vastannut L-Arkkitehdit ja rakennesuunnittelusta Swe-



co. Uudisosan teräsrungon on toimittanut detaljisuunnittelun ja asennuksen sisältäneellä tuoteosakaupalla JPV-Engineeringin, jolle teräsrungon suunnittelun on tehnyt SS-Teracon. JPV-Engineering on hyödyntänyt valmistuksessa terästukkuri BE Groupin hankinta- ja esivalmistuspalveluita.

Palkittavat valinnut Juha Sipilä kertoo vierailleen kaikissa kohteissa ja saneensa niistä hyvän ja perusteellisen kuvan. Hän on painottanut valinnoissa RIL-Palkinnon sääntöjen mukaisesti hankkeiden korkealaatuisuutta, laadukasta ja innovatiivista suomalaista rakennusinsinööritaitoa ja -osaamista. Lisätietoja ril.fi ja skanska.fi. -**ARA**

Kuva 1: Euroopan kemikaaliviraston (ECHA) uudessa toimitalossa on teräsrungon lisäksi terästä mm. julkisivun corten-pinnoitteessa. Myös vanhan puutyöpajan uudistamisessa teräsrakenteilla on tärkeä rooli. ECHA on Helsingin keskustaa elävöittävän uuden Telakkarannan maamerkki.

Kuvat 2 ja 3: Joensuun Lighthouse on 14-kerroksinen opiskelija-asuntotalo, jonka puuelementtirunko pysyy pystyssä teräksisillä jännetangoilla. Rakennus seisoo Pielisjoen rantapenkalla tukevasti SSAB:n toimittamien teräspaalujujen päällä. Kuvat on otettu talvella 2019.

Valokuvat: Arto Rautio,
havainnekuva: L Arkkitehdit Oy

