

Tommi Korpela

**NOSTURIRATAPALKKIEN KORVAUSINVESTOINNIT
SSAB EUROPE OY RAAHEN TEHTAILLA**

**NOSTURIRATAPALKKIEN KORVAUSINVESTOINNIT
SSAB EUROPE OY RAAHEN TEHTAILLA**

Tommi Korpela
Opinnäytetyö
Syksy 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennesuunnittelu

Tekijä(t): Tommi Korpela
Opinnäytetyön nimi: Nosturiratapalkkien korvausinvestoinnit SSAB Europe Oy Raahen tehtailla
Työn ohjaaja(t): Kai Kuula, OAMK
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2016
Sivumäärä: 63

SSAB Europen Raahen tehtailla nosturiratapalkkien korvausinvestoinnit muodostavat merkittävän kuluerän. Rakenteiden ikääntyessä ratapalkkien uusiminen tulee lähivuosina ajankohtaiseksi raskaasti kuormitetuissa rakenteissa. SSAB Europe näki tarpeelliseksi teettää aiheesta opinnäytetyön, jolla korvausinvestointien ennustettavuutta haluttiin parantaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa, miten ratapalkkien investointien ajoitusta tarkennetaan perehtymällä ratapalkkiston käytettävissä oleviin rakenteiden käyttöikälaskelmiin, käyttöhistoriatietoihin sekä kunnossapito- ja huoltoselvityksiin. Kohteena ovat SSAB:n valssaamon ja terässulaton nosturiradat, joihin kuuluu sekä niitattuja että hitsattuja ratapalkkeja.

Opinnäytetyössä perehdyttiin nosturiratapalkkeihin. Lisäksi selvitettiin niitattujen ja hitsattujen I-profiilien rakenneteknisiä ominaisuuksia nosturiradoilla. Lisäksi pohdittiin nosturiratapalkkien kunnossapitoa ja huoltoa sekä elinkaaren vaiheita ratapalkkien käyttöiän aikana.

Opinnäytetyössä saatiin selville mahdollisten nosturiratapalkkien tulevien korvausinvestointien uusimisvuosijakaumat SSAB:n Raahen valssaamon ja terässulaton tehdashalleilla. Opinnäytetyössä kehittyi myös uusien investointien tarkempien ajoitusten määrittämiselle Excel-taulukot. Lisäksi työssä kehittyi terässulaton ja valssaamon nosturiratapalkkien rakenneyksityiskohtien laskennalliset väsymisasteet ja vikatiedot sisältävät layout-piirustukset sekä vastaavat layout-piirustukset, jotka sisältävät ratapalkkien korvausinvestointien ajoitukset uusittavien ratapalkkien laajuudessa ja kriittisyydessä. Työssä kehittyneet dokumentit tulevat SSAB Europen kunnossapitohenkilöstön käyttöön heidän täydentääkseen niitä tulevaisuudessa suunniteltaessa seuraavia tai päivittäessä jo suunniteltuja korvausinvestointeja.

Asiasanat: nosturiratapalkki, korvausinvestointi, elinkaari, käyttöikälaskelma

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Construction Engineering, Structural Engineering

Author(s): Tommi Korpela

Title of thesis: Replacement Investments of Crane Rail Beams at SSAB Europe Oy Raahe Factory

Supervisor(s): Kai Kuula, OAMK

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2016

Pages: 63

Replacement investments of crane rail beams make up a significant expense items at SSAB Europe Raahe steel factory. Aging crane rail beams need to be rebuilt in the next few years in heavily loaded structures. Since the situation is regarded to be serious, SSAB Europe made a decision to subscribe a thesis work about this subject so it could improve the predictability of replacement investments of crane rail beams

The aim of this thesis was to map out how to schedule crane rail beams investments by getting acquainted with the use of historical data, service life calculation and maintenance statements. The targets of replacement investments are rolling mills and steel plant's welded and riveted crane rail beams.

The thesis focuses on crane rail beams in general. Features of welded and riveted steel I-beams were also investigated. In addition, the maintenance and life cycle of crane rail beams were discussed.

The main results of this bachelor's thesis were current schedules of replacement investments of crane rail beams at SSAB Europe Raahe factory's rolling mill and steel plant. Simplified planning bases to facilitate designing replacement investments was developed and will be taken to use by the personnel of SSAB Europe.

Keywords: crane rail beam, replacement investments, service life calculation, life cycle, welded and riveted steel I-beam

ALKULAUSE

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä SSAB Europen Raahen terästehtaan kanssa. Erityiskiitos kuuluu SSAB Europe Oy:stä Ville Lahtiselle kiehtovasta ja haastavasta opinnäytetyön aiheesta. Haluan myös erityisesti kiittää Toni Matinlauria ja Sauli Kalliota korvaamattomista neuvoista ja kehittävästä palautteesta, joita opinnäytetyön tekeminen vaati. Kiitän myös SSAB Europe Oy:n Pertti Maliniemeä kaikesta avusta opinnäytetyössä.

Haluan kiittää Oulun ammattikorkeakoulun lehtoria Kai Kuulaa arvokkaista näkökulmista opinnäytetyöni ohjauksessa sekä ammattimaisesta rakennetekniikan opetuksesta.

Lopuksi lämpimät kiitokset perheelleni, sukulaisilleni ja ystävilleni tukemisestani opinnäytetyön ja opintojeni ajan.

Oulussa 6. joulukuuta 2016.

Tommi Ilmari Korpela

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	10
2 RAKENTEIDEN VÄSYMINEN	12
2.1 Väsyttävä kuormitus	12
2.2 Väsymisen eteneminen	13
2.3 Hitsatun rakenteen väsyminen	14
3 NOSTURIRATAPALKIT	16
3.1 Raahan terästehtaan nosturiradat	16
3.2 Nosturiratapalkin tuenta	18
3.3 Nosturiratapalkin liikuntasaumat	21
3.4 Nosturiratapalkin jatkokset	23
3.5 Hitsatut nosturiratapalkit	24
3.6 Niitatut nosturiratapalkit	26
4 NOSTURIRATAPALKKIEN ELINKAARI	29
4.1 Elinkaaren vaiheet	29
4.1.1 Suunnittelu	29
4.1.2 Valmistus	29
4.1.3 Käyttöelinkaari	30
4.1.4 Elinkaaren päättyminen	30
4.2 Nosturiratapalkkien kunnossapito ja huolto	30
4.2.1 Nosturitarakenteiden kunnonvalvonta	31
4.2.2 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä	31
4.3 Nosturiratapalkkien tarkastus	32
4.3.1 Hitsaus-, ruuvi- ja niittiliitosten tarkastukset	33
4.3.2 Elinkaaren tarkastus- ja huoltotoimenpiteet	36
4.3.3 Erityistarkastusohjelma	40
4.4 Nosturiratapalkkien uusiminen	45

5 NOSTURIRATAPALKKIEN KÄYTTÖIKÄLASKELMAT	46
6 NOSTURIRATAPALKKIEN KORVAUSINVESTOINTIEN AJOITUS	48
6.1 Aikataulun taustaa	48
6.2 Aikataulun taustatiedot	48
6.2.1 Käyttöikälaskelmat korvausinvestointien suunnittelussa	50
6.2.2 Teräsrakennevauriot korvausinvestointien suunnittelussa	50
6.3 Aikataulun laadinta	52
6.3.1 Nosturiratapalkin korvausinvestointi vuosien 2016–2021 aikana	52
6.3.2 Nosturiratapalkin korvausinvestointi vuosien 2021–2026 aikana	53
6.3.3 Nosturiratapalkin korvausinvestointi vuoden 2026 jälkeen	53
7 TULOKSET	54
7.1 Nosturiratapalkkien korvausinvestointien aikataulu	54
7.1.1 Valssaamo	55
7.1.2 Terässulatto	55
7.2 Tulosten tarkentaminen	55
7.2.1 Taustatiedot	55
7.2.2 Siltanosturin työsykli	55
7.2.3 Nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoitusten uudelleenarviointi	56
8 YHTEENVETO	58
LÄHTEET	60
LIITTEET	63

SANASTO

Dynaaminen kuormitus

Kuormituksen suunta, suuruus, säännöllisyys ja epäsäännöllisyys vaihtelevat jatkuvasti. Staattisen kuorman lisäksi dynaaminen kuormitus on rakenteessa tapahtuvaa muuttuvaa ja vaihtelevaa jännitystä sekä värähtelyä.

Elinkaari

Rakennuksen, rakenteen tai sen osan vaiheet suunnittelusta ja tuottamisesta purkamiseen.

Kunnossapito

Halutun kohteen jatkuvaan ja turvalliseen toimintaan pyrkivä teknisten ja hallinnollisten toimenpiteiden kokonaisuus.

Käyttöikä

Rakennetun kohteen tai rakenteen ajanjakso, jonka ajaksi se on suunniteltu toimivan turvallisesti käytössä.

Korvausinvestointi

Loppuun käytetyn rakenteen tai laitteen korvaava, uusi sijoitus. Pitkävaikutteinen meno, josta odotetaan saatavan tuottoa useampina vuosina tai vuosikymmeninä.

Käyttöikämitoitus

Laskennallinen tapa arvioida rakennuksen, rakenteen tai osan suunniteltu käyttöikä.

Nosturiratapalkki

Siltanosturin nosturiradan ratapalkit ovat rakennukseen tuettuja I-palkkeja, joiden päälle asennetuilla kulkukiskoilla siltanosturit kulkevat.

Rakennetekninen kunto

Rakenteen, sen osan tai materiaalin tekninen käyttökyky perustuen lujuusarvoihin, käyttöikään, käyttökohteeseen ja -olosuhteisiin sekä siihen kohdistuvaan fyysiseen kuormitukseen.

Väsyminen

Vaihtuvasta kuormituksesta johtuva teräksen särönkasvuilmiö.

Väsytytkuormitettu rakenne

Väsytykestävyydelle mitoitettu rakenne, jossa esiintyy staattisen kuormituksen lisäksi ajan mukana ilmeneviä epäsäännöllisiä, säännöllisiä ja erisuuruisia jännitysvaihteluita.

1 JOHDANTO

Teollisuushalleissa tuotannossa tapahtuvat nostot ja siirrot suoritetaan nosturiratojen päällä kulkukiskoilla kulkevilla siltanostureilla. Siltanosturin nosturiradalla tarkoitetaan pilareihin tai rakennuksen runkoon tukeutuvaa I-palkkia, nosturiratapalkkia. Terästeollisuuden nosturiratapalkkien käyttöiät ovat todella pitkiä eikä ratapalkkeja ole uusittu valtaosassa tehtaita. Nosturiratapalkkien korvausinvestointien aikataulun suunnittelussa nähtiin SSAB Europen Raahen tehtaalla tutkimisen aiheutta investointien tullessa lähitulevaisuudessa ajankohtaisiksi.

Nosturiradat ovat dynaamisesti kuormitettuja rakenteita, joissa rakenteen jännitysvaihtelut ovat suuria. Tällaisen rakenteen mitoittaminen on haastavaa ja elinajan odote on häilyvä sekä vaikeasti arvioitavissa. Tällä opinnäytetyöllä pyritään ennustamaan jäljellä olevaa ratapalkkien käyttöikää käytettävissä olevien nosturiratojen teknisten historiatietojen avulla.

Pitkään käytössä olleen nosturiratapalkiston jäljellä olevaa käyttöikää on mahdoton arvioida ilman teknisiä historiatietoja. Elinkaaren pituuteen vaikuttaa olennaisesti ratapalkiston erilainen kuormitushistoria ja sitä seuraava vaurioiden synty. Samana vuonna rakennettujen ratapalkkien käyttöelinkaari voi erota toisistaan jopa kymmenellä vuodella nosturiradan erilaisen käyttöhistorian takia.

Opinnäytetyössä selvitetään jatkuvina palkkeina toimivien nosturiratapalkkien korvausinvestointien tarpeellisuus pilariväleittäin tuleville vuosille. Ratapalkkien investointien ajankohdat määritettiin teräksisten I-profiilien rakenneteknisen kunnan kriittisyyden perusteella. Nosturiratojen rakennetekniset kuntokartoitukset pohjautuvat tehtyihin teräsrakennetarkastuksiin ja niistä selvitettäviin vikaantumistaajuuksiin sekä käytettävissä oleviin nosturiratapalkkien käyttöikälaskelmiin ja kuormitushistoriaan. Työn tavoitteena on parantaa uusien nosturiratapalkkien investointien ennustettavuutta luomalla ajoitusten määrittämiselle yksinkertaiset ratapalkkien kuntoa havainnoivat Excel-taulukot sekä tehtaan hallien layout-piirustukset, jotka sisältävät eri halleissa sijaitsevien nosturiratapalkkien vikatiedot pilariväleittäin. Excel-taulukot ja layout-piirustukset luodaan edellä

mainittuja teknisiä tietoja hyväksi käyttäen. Nämä dokumentit jäävät SSAB Europe Oy:lle tehtyyn opinnäytetyön versioon.

Opinnäytetyössä perehdytään nosturiratapalkkeihin yleisellä tasolla. Lisäksi tarkastellaan syvemmin ratapalkkeina toimivia teräsrakenteisia hitsattuja ja niitattuja I-profiileja sekä nostureista johtuvaa rakenteiden jännitysvaihtelua ja siitä aiheutuvaa väsymistä. Työssä perehdytään myös ratapalkkien elinkaaren asioihin ja kunnonvalvontaan. Lisäksi esitetään, miten SSAB:n kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmää sovelletaan teräsrakenteiden kunnossapidossa ja miten SSAB European Raahen tehtaiden nosturiratarakenteiden kuntotarkastukset suoritetaan.

Työn tilaajana toimivalla SSAB Europe Oy:llä on Raahen tehtaalla tuotantokäytössä olevia siltanostureita yhteensä 76 kpl. Siltanostureita on valssaamalla 35 kpl, terässulatolla 35 kpl, masuunilla 2 kpl ja satamanostureita on 4 kpl. Nostoteholtaan suurimmat nosturit ja niitä kannattavat ratapalkit sijaitsevat terässulatolla ja seuraavaksi valssaamalla. Kohteen laajuuden vuoksi määriteltävät ratapalkkien korvausinvestoinnit rajataan terässulattoon ja valssaamoon.

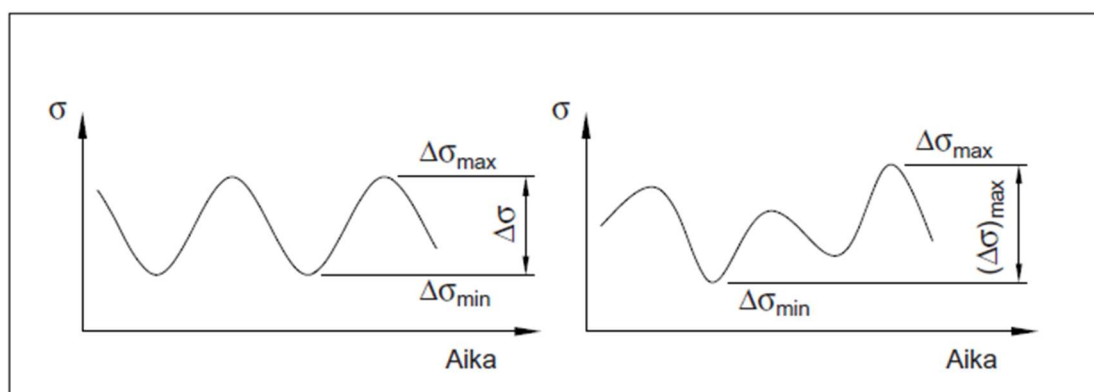
SSAB Europe Oy on yksi kolmesta ruotsalaislähtöiseen terästeollisuuskonserni SSAB:hen kuuluvasta teräsdivisioonasta. Konserniin kuuluu myös kaksi tytäryhtiötä, Ruukki Construction Oy ja Tibnor Oy. SSAB Europella yksinään on työntekijöitä runsaat 7100, joista 2700 työskentelee 500 hehtaaria pinta-alaa kattavalla Raahen tuotantolaitoksella. Raahen terästehdas perustettiin 1960-luvun alussa ja siitä tuli osa SSAB Europea tammikuussa 2014 fuusion myötä, jolloin SSAB osti Rautaruukki Oyj:n. SSAB Europe on pohjoismainen johtava terästuottaja, jonka tuotteisiin kuuluvat kvarttolevy-, nauha- ja putkituotteet. Raahen tehdas erikoistuu kuumavalssattujen levy- ja nauhatuotteiden valmistukseen sekä muihin pienempiin palvelutuotteisiin. (SSAB Europe. 2016.)

2 RAKENTEIDEN VÄSYMINEN

2.1 Väsyttävä kuormitus

Teräsrakenteiden väsyminen on vaihtelevan kuormituksen aiheuttama, etenevä prosessi, joka rakenteen riittävästä staattisesta kestävydestä riippumatta voi lopulta aiheuttaa rakenteen lopullisen murtumisen. Väsymiskestävyuden laskennassa teräksen materiaaliominaisuuksien tunteminen tulee entistä tärkeämmäksi. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 425.)

Väsyttävässä kuormituksessa kuormituksen sijainti ja suuruus vaihtelevat jatkuvasti. Kuormitus aiheuttaa rakenteeseen jännitysvaihtelun, joka voi olla kuvan 1 mukaan vakio niin suuruudeltaan kuin ajankin suhteen. Tätä kutsutaan vakioamplitudiseksi kuormitukseksi. Esimerkkinä auton pyörivät koneenosat, jotka toimivat tietyllä kierroslukualueella, kuten nokka- ja kampiakselit. Toinen vaihtoehto on kuvassa 1 esiintyvä muuttuva-amplitudinen kuormitus, joka tarkoittaa, että jännityksen suuruus ja ajoitus on alati muuttuvaa. Muuttuva-amplitudista kuormitusta tapahtuu etenkin siltanostureiden käytössä, joiden nosturiratapalkit ovat tällaisen kuormituksen kohteena. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 425.)



KUVA 1. Vakioamplitudisen ja muuttuva-amplitudisen kuormituksen kuvaajat (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 425).

Rakenteiden väsyminen korostuu eniten dynaamisesti kuormitetussa osassa rakennetta. Dynaamisesti kuormitetussa rakenteessa kuormituksen suunta, suuruus, säännöllisyys ja epäsäännöllisyys vaihtelevat jatkuvasti. Dynaamisesti kuormitetussa rakenteessa painotetaan väsymisilmiöiden hallintaa. Kuorman dynaamisuudella on merkitystä hitsaus- ja ruuviliitosten mitoituksessa sekä rakennetyypin ja rakenteen perusmateriaalin valinnassa, sillä mikäli kuorman värähtelytaajuuden ja rakenteen ominaistaajuuden todetaan olevan likellä toisiinsa, on myös jännityksen lisäys huomattava. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 425.)

2.2 Väsymisen eteneminen

Väsyminen voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri vaiheeseen seuraavasti:

- vaihe 1: alkusärön ydintymisvaihe
- vaihe 2: särön/halkeaman kasvaminen ja eteneminen
- vaihe 3: lopullinen murtuminen (RIL 167-1. 1988, 79).

Väsyminen alkaa alkuvaiheessa aiheuttaa halkeamia ja säröjä kappaleen pinnalle. Tavanomaisesta rakenteesta löytyy aina lovia, joiden pohjalla jännitysvaihtelun arvo ylittää arvon kaksi kertaa myötöraja. Tällaisessa rakenteen kohdassa teräs myötää plastisesti vuorotellen vastakkaissuuntiin jännitysvaihtelujen johdosta ja ajan myötä siihen muodostuu alkusärö. Jännityshuippujen edistessä säröjen kasvua särö etenee hiljalleen kiihtyen kohti rakenteen lopullista murtumista. (RIL 167-1. 1988, 292.)

Murtumisen tapahtuessa rakenne pettää vedetyssä kohdassa, jossa se ei enää kestä sille tulevaa maksimikuormaa. Rakenteen väsymiskestävyyteen vaikuttavat tavanomaiset syyt:

- teräsmateriaalin sitkeys
- kuormittavan voiman suuruus ja suuruuden vaihtelu
- kuorman suunnan muuttuminen ja liikkuminen kuormitettavaan rakenteeseen nähden
- kuormituskertojen määrä

- dynaamisesti kuormitetun rakenteen värähtelyn vaikutus jännityksiin
- lämpötila (korkeassa lämpötilassa heikompi väsymislujuus)
- korroosio. (Niemi 2003, 136.)

Teräksellä itsellään on korkea väsymislujuus ja jotta se saataisiin käytettyä hyödyksi, olisi edullisempaa käyttää ruuviliitoksia hitsausliitosten sijaan, sillä hitsausliitoksilla on tavallisesti heikompi väsymislujuus. Näin vältetään hitsien aiheuttamilta rakenteen väsymiskestävyyttä alentavilta alkuvioilta. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 426.)

2.3 Hitsatun rakenteen väsyminen

Hitsatuissa rakenteissa esiintyy aina pieniä alkusäröjä, jotka teräksen lujuudesta riippumatta kasvavat samalla nopeudella. Särönkasvulle alttiit paikat hitsatussa rakenteessa ovat reunahaavat sekä epäjatkuvuuskohdat, jotka itsessään myös synnyttävät uusia jännityshuippuja. Hitsaustyön laadulla ja oikeaoppisella muotoilulla voidaan kuitenkin merkittävästi kasvattaa koko teräsrakenteen väsymiskestävyyttä. Rakenteen väsymiskestävyyteen vaikuttavien tavanomaisten syiden lisäksi hitsatun rakenteen väsymiskestävyyteen vaikuttaa seuraavat asiat:

- hitsien muotoilu ja hitsaustyön laatu
- alkusäröjen suuruus
- rakenteen epäjatkuvuuskohdat
- jäännösjännitykset. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 426–427.)

Hitsaustyön erilaisilla jälkikäsittelyillä voidaan edelleen parantaa hitsatun rakenteen väsymiskestävyyttä. Jälkikäsittelyt voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: jäännösjännitysmenelmiin ja hitsigeometrian parantamiseen. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 462.)

Jäännösjännitysmenetelmät

Jäännösjännitysmenetelmillä voidaan laukaista hitsin rajaviivalla olevia jäännösjännityksiä, jotka muuten pitävät rakenteen jännityksen korkeana. Mekaanisella

kylmämuokkauksella voidaan teräksen pintakerrokseen saada aikaan puristusjäännösjännitys. Puristusjäännösjännitys estää säröjen muodostumisen sekä rajoittaa tehollista jännitysheilautelua. Muita tapoja ovat erilaiset lämpökäsittelyt ja mekaaniset muokkausmenetelmät, kuten kuulapuhallus ja vasarointi. Teräksen myötörajaa voidaan myös alentaa hetkellisesti kohottamalla lämpötilaa myöstöhehikutusta käyttäen. Siinä teräksen sisäiset jännitykset poistetaan plastisten muodonmuutosten avulla. Uusien jännitysten synnyn estämiseksi kuumennus ja jäähdytys tulee suorittaa hitaasti. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 462.)

Hitsigeometrian parantaminen

Hitsigeometrian parantamisella puolestaan tarkoitetaan hitsin rajaviivan ja perusmateriaalin eli teräksen väliin jääneiden alkusäröjen poistamista hiomalla, muotoilemalla hitsi jouheammaksi tai sulattamalla uudelleen hitsin rajapinta. Hiomista ei suositella, mikäli rakenne on alle 10 mm paksu ja sulattaminen suoritetaan joko TIG-menetelmällä tai plasmapolttimella. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 462.)

3 NOSTURIRATAPALKIT

3.1 Raahen terästehtaan nosturiradat

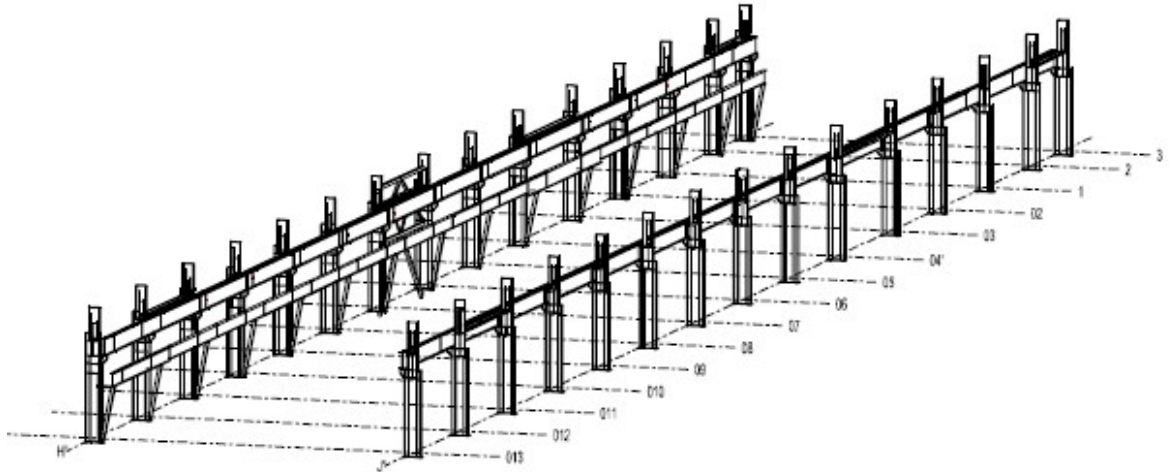
SSAB Europe Raahen tehtaiden valssaamon ja terässulaton nosturiratapalkit on tuettu ratoja kannattaviin pilareihin ja pilarikonsoleihin. Nosturiratapalkit ovat sekä hitsattuja että niitattuja I-palkkeja, jotka kannattelevat ratapalkkien päällä nosturiradan suuntaisesti kulkukiskoilla kulkevaa yhtä tai useampaa siltanosturia kuvan 2 mukaisesti.



KUVA 2. Raahen tehtaan terässulattolla toimiva siltanosturi. Nosturiratapalkit tuettu pilarikonsoleihin. (Arola 2011, 9.)

Raahen tehtaiden nosturiradoista iäkkäimmät on rakennettu vuonna 1964 ja ovat näin jo yli 50 vuotta vanhoja. Uudet ratapalkit mitoitetaan tyyppillisesti siten, että niiden suunniteltu käyttöikä on vähintään 30 vuotta. Onnistuneilla kunnossapito- ja huoltotoimilla nosturiratapalkkien käyttöelinkaarta voidaan näin ollen ylläpitää pitkään sen suunnittelussa määritellyn käyttöelinkaaren jälkeen.

Nosturiratapalkki voi suuressa teollisuusrakennuksessa olla jatkuva, monitukinen I-palkki tai pienemmässä tehdashallissa yksiaukkoinen, kaksitukinen I-palkki. Raahen tehtaan pitkät nosturiradat ovat suurilla 10–20 metrin jänneveleillä toimivia kuvan 2 ja 3 mukaisia jatkuvia ratapalkkeja. Rata voi myös päättyä sen päässä olevaan ulokkeeseen. (RIL 167-2. 1992, 330.)

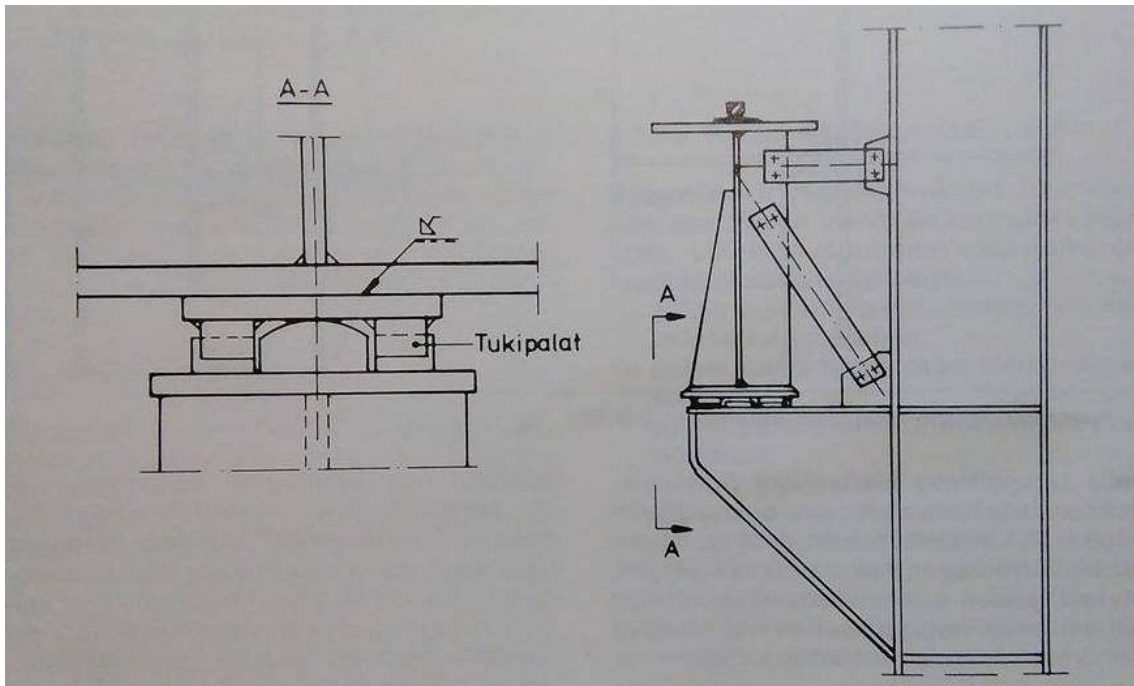


KUVA 3. Pilarikonsoleihin tuetut 208 metriä pitkät, jatkuvat nosturiratapalkit (SSAB dokumentti nro 4718509).

3.2 Nosturiratapalkin tuenta

Nosturiratapalkki tuetaan pilarin tai pilarikonsolin päälle palkin alalaipan läpi asetetuilla ruuveilla. Palkin korkeutta on mahdollista säätää vaihtelemalla palkin alle asennettavan tukilevyn paksuutta. Tukilevykiinnityksen haittoja ovat suuren tuki- ja vääntömomentin muodostuminen palkkiin. (RIL 167-2. 1992, 344.)

I-profiilin vääntö- ja tukimomentin muodostumista voidaan ehkäistä kuvassa 4 esitetyllä kiertymävapaalla liitostavalla. Ylempi osa muodostuu ratapalkin alalaippaan kiinnitettävästä laakerilevystä, johon kiinnitetään neljä tukipalaa. Alemman osan sylinteripintainen laakerilevy on kiinnitetty pilarikonsoliin ja sen päällä on kaksi tukipalaa. Yhdessä ylempi ja alempi osa muodostavat laakerilevyjen tukipaloista hahlon ja liitos estää I-profiilin alaosan siirtymisen pilariin nähden. (RIL 167-2. 1992, 344.)



KUVA 4. Nosturiratapalkin liittäminen pilarikonsoliin liitoksella, joka sallii palkin kiertymisen tuella (RIL 167-2. 1992, 344).

Sivusuunnassa ratapalkki tuetaan estämään palkin kiepahdusta. Kiepahdustuenta voidaan tehdä tukemalla ylälaippa ratapalkin hoitotasona toimivaan teräslevyyn (kuva 5), vaakaristikoon tai näiden yhdistelmään. Kiepahtamista voidaan myös ehkäistä kiinnittämällä palkki jäykästi terästukilevyn avulla uumasta tai uuman pystyjäykisteistä pilariin kuvan 5 mukaisesti.



KUVA 5. Niitattu, pystyjäykisteillä vahvistettu nosturiratapalkki. Kiepahdustuenta tehty kiinnittämällä ratapalkki uuman yläreunasta ja ylälaipasta pilariin terästukilevyllä ja ylälaipastaan hoitotasona toimivaan teräslevyyn.

Ratapalkin jäykät kiinnitykset tehdään joko ruuvi- tai hitsauskiinnityksinä tai näiden yhdistelmänä. Ratapalkki voidaan tukea kentässä uuman alareunasta ja alalaipasta diagonaaleilla kuvan 6 mukaisesti.

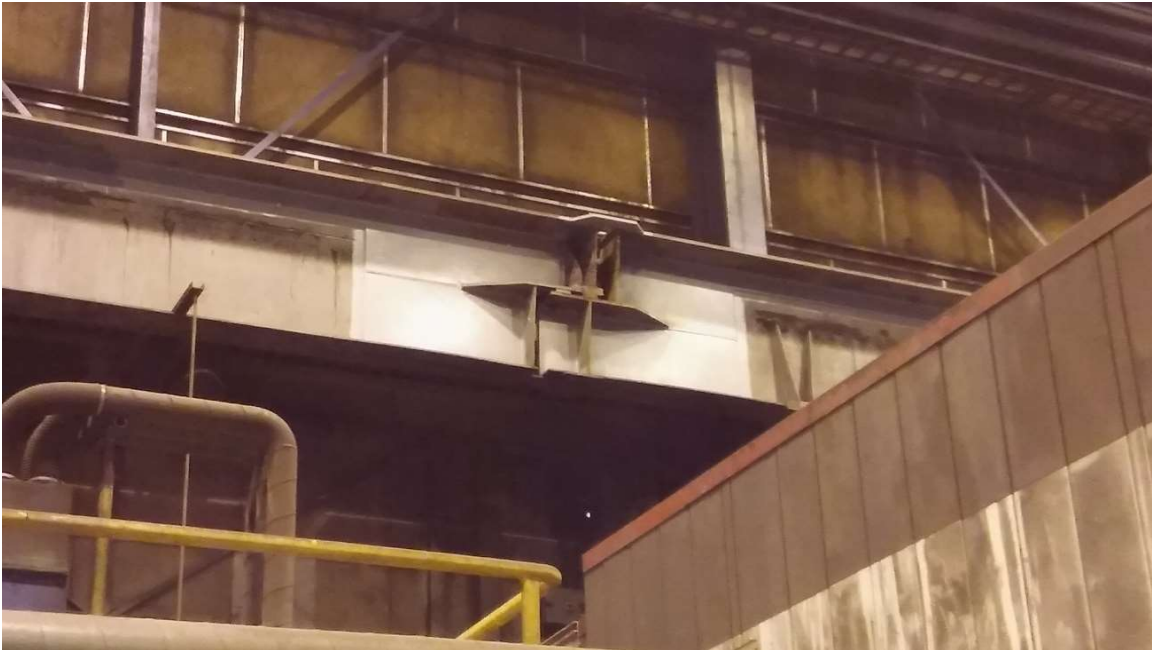


KUVA 6. Ratapalkin tuenta kiepahdukselle. Ratapalkin ylälaippa sivutuettu koko jännevälin pituudeltaan hoitotason ja vaakaturistikon jäykistysyhdistelmään. Alalaipan diagonaalit ovat jännevälin kolmannespisteissä. (SSAB dokumentti nro 4730639, 4.)

3.3 Nosturiratapalkin liikuntasaumat

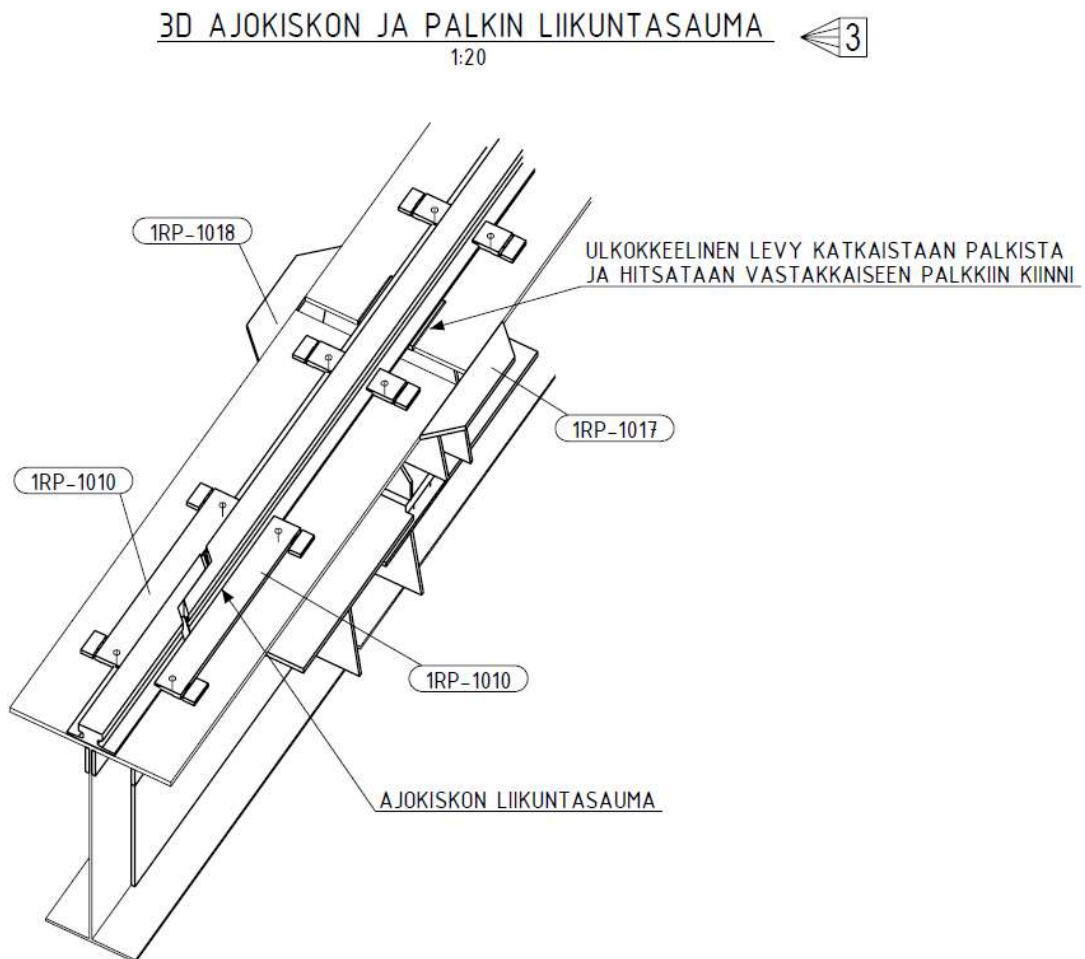
Ratapalkistojen liikuntasaumat rakennetaan hallin runkosysteemin mukaan. Teollisuusrakennuksen laajennuksessa aikaisemmin rakennetun hallin ja uuden hallin teräsrunkorakenteet sidotaan toisiinsa liikuntasauaman avulla. Halliin rakennettavan liikuntasauaman lailla rakennetaan myös ratapalkistoon liikuntasauama. Liikuntasaumalle tulee etenkin luontainen paikka aikaisemmin rakennetun hallin teräsrakenteiden ollessa niitattuja ja uusien hitsattuja.

Ratapalkit katkaistaan laipoistaan päittäin ja uumat sekä rataakisko limitetään. Ratakiskon ja ratapalkin katkaisukohtiin jätetään pieni rako lämpölaajenemisen varaksi kuvien 7 ja 8 mukaisesti ja katkaisukohtaan molemmat puolet tuetaan toisiinsa nähden liukuviksi. Ylälaipan ja uuman molemmin puolin olevat puolisuunnikkaan muotoiset teräslevyt (kuvat 7 ja 8) auttavat pitämään ratapalkin linjassa liikuntasauaman molemmin puolin.



KUVA 7. Nosturiratapalkin liikuntasauama tuen vieressä.

Siltanosturin ratakiskon liikuntasauma tehdään eri kohtaan kuin ratapalkin liikuntasauma. Ratakisko/ajokisko katkaistaan esimerkiksi kuvan 8 mukaan 45° kulmassa ylhäältä katsottuna ja limittämällä kisko. Nosturin ratakiskon liikuntasauman voi myös välttää käyttämällä ratapalkkiin nähden pituussuuntaisen liikkeen sallivia kiskonkiinnittimiä. (RIL 167-2. 1992, 339.)



KUVA 8. Nosturiratapalkin ja ylälaipalla olevan siltanosturin ratakiskon/ajokiskon liikuntasauma (SSAB dokumentti nro 0746433).

Nosturiratapalkin liikuntasauama voidaan tehdä myös katkaisemalla I-profiilin laipat ja uuma päittäin samasta kohdasta kuvan 9 mukaisesti. Ratapalkit tuetaan toisiinsa nähden liukuviksi hitsaamalla kiinnikkeet toiseen ratapalkkiin ja tekemällä toiselle puolelle ruuvikiinnityksen ruuvinreiät soikeiksi lämpölaajenemisen aiheuttaman pituussuuntaisen liikkeen sallimiseksi.



KUVA 9. Ratapalkin liikuntasauamassa I-profiilin laipat ja uuma katkaistu samasta kohdasta.

3.4 Nosturiratapalkin jatkokset

Teollisuusrakennusten nosturiratapalkit voivat olla satoja metriä pitkiä, joten on välttämätöntä, että ratapalkit toimitetaan osissa ja kootaan käyttökohteessa. Ratapalkkien palkkijatkokset tehdään poikittaisjatkoksina joko hitsaus- tai ruuvikiinnitysmenetelmin tai näiden yhdistelmänä. Ruuvikiinnitysmenetelmä on rakenteen väsymiskestävyyden kannalta edullisempi vaihtoehto. Suuret ratapalkkijatkokset voi kuitenkin olla edullisempaa tehdä hitsauskiinnityksin, päittäishitseillä. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 363; RIL 167-2. 1992, 178.)

Nosturiratapalkin jäykkä jatkos pyritään sijoittamaan ratapalkin vähiten rasitetuun kohtaan, kuten jatkuvan palkin jännevälän kolmannespisteeseen, jossa taivutusmomentti on mitätön. Tällöin jatkoskohdasta ei tarvitse tehdä niin vahvaa

kuin esimerkiksi tuella ja asennus ja -materiaalikustannukset saadaan minimoitua. Joskus on kuitenkin helpompaa tehdä palkkijatkos pilarin tai pilarikonsolin päälle, vaikka kyseisessä kohdassa olisikin suuremmat rasitukset, sillä jatkoksen rakentaminen palkin kolmannespisteeseen voi olla hankalaa. Jatkoskohdassa on taivutusmomentin lisäksi huomioitava kuormittavat leikkaus- ja normaalivoimat. Leikkausvoima huomioon ottaen taivutusmomentin sekä leikkausvoiman arvot ovat molemmat suhteellisen pieniä jatkuvan palkin jännevälin neljännespisteissä. Suunnittelijan tehtäväksi jää päättää mitä etu- ja haittatekijöitä eri sijoituspaikkojen välillä on. (RIL 167-2. 1992, 177, 339; Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 364.)

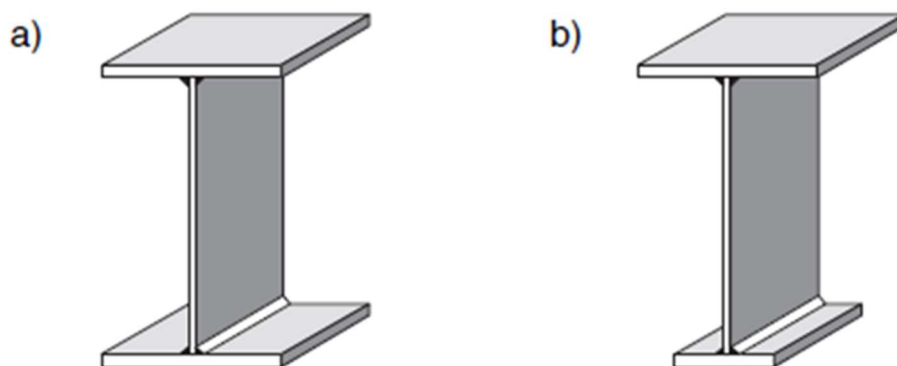
3.5 Hitsatut nosturiratapalkit

Hitsattujen I-palkkien käyttö on suositeltavaa niiden poikkileikkauksen helpon muokattavuuden ja valmistustekniikan vuoksi. Profiilimuotojen ja materiaalin lujuusluokan laajan valikoiman vuoksi päästään merkittäviin kustannus- ja painosäästöihin. Materiaalihukka vähenee valssattuihin profiileihin verrattuna ja myös vaatimukset rakennekorkeudelle on helpompi täyttää. HI-profiilien valmistuksessa saadaan optimoitua teräsmenekin minimointi sekä huomioitua kiepahdus ja palkin kantokyky halutulla tavalla. Korkeiden ratapalkkien uuman lommahtaminen estetään kuvan 10 mukaisilla uumaan hitsattavilla pysty- ja vaakajäykisteillä. (RIL 167-2. 1992, 18; RIL 167-1. 1988, 46–47.)



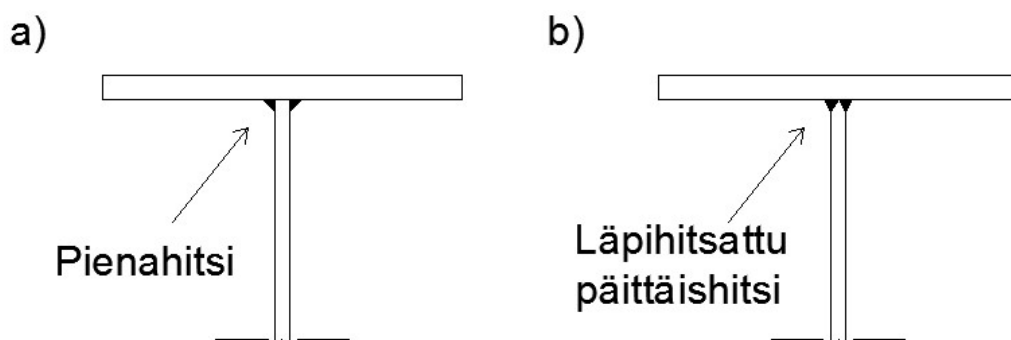
KUVA 10. Hitsatut nosturiratapalkit.

Nosturiratapalkkeina I-palkit ovat suurilla kuormilla usein kuvan 11, tapauksen b mukaisesti yhden akselin suhteen symmetrisiä, jolloin ylä- ja alalaippa ovat erikokoisia. I-profiilin kiepahtaessa puristettu laippa nurjahtaa, joten nosturiratapalkissa leveämpi ylälaippa takaa rakenteelle paremman kiepahduskestävyyden. Siltanosturista ja nostokuormasta aiheutuvien suurien kuormien vuoksi valitaan paksu alalaippa. Paksulaippainen palkki antaa paremmin tukea taivutusjännitystä vastaan. Tällaisia palkkeja kutsutaan THE-palkeiksi. (RIL 167-2. 1992, 330, 337; RIL 167-1. 1998, 46.)



KUVA 11. Hitsattujen I-profiilien poikkileikkauksia (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 11).

Ratapalkeissa hitsattujen I-profiilien väsymisvauriot esiintyvät herkimmin uuman kaulahitseissä. On syytä pohtia, minkälaiset hitsit I-profiiliin hitsataan. Esimerkiksi eurokoodi SFS-EN 1993-1-9 antaa läpihitsatulle uuman kaulahitsille (kuva 12 b) väsymisluokan 71. Pienahitsin (kuva 12 a) väsymisluokka eurokoodin mukaan on 36. Väsymisluokka on rakenneyksityiskohdan numeromerkinä sen väsymislujuudesta. Väsymisluokan kasvaessa kasvaa rakenneyksityiskohdan väsymislujuus referenssiarvona $\Delta\sigma_c$ (tässä tapauksessa) tai ΔT_c (yksikkönä N/mm^2), jolloin väsymiskestävyyskin paranee. (SSAB dokumentti nro 4731391, 15–17; SFS-EN 1993-1-9. 2008, 14.)



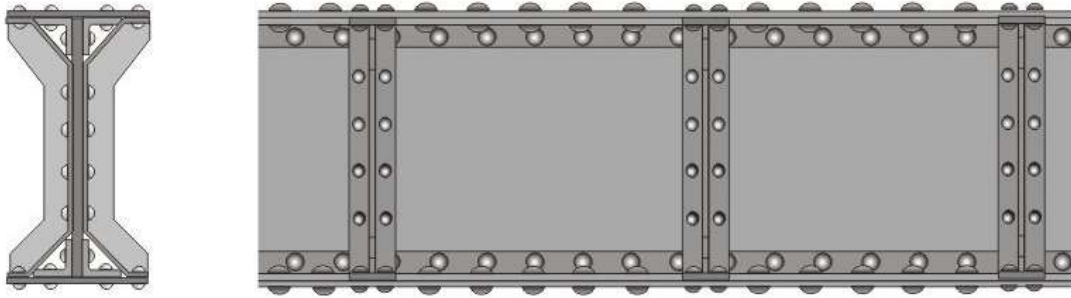
KUVA 12. Pienahitsi ja läpihitsattu päittäishitsi I-profiilien poikkileikkauksissa.

Mikäli siis uuman kaulahitsistä tehdään läpihitsattu pienahitsin asemesta, ovat väsymisvauriot huomattavasti pienemmät. Uuman ja ylälaipan sovituserheet tulevat myös mahdollisiksi pienahitsiä käytettäessä. Teräsrakennetarkastusten ja laskelmien tulokset havainnollistavat, että pienahitsiä ei suositella käytettäväksi väsytySKUORMITETUISSA rakenteissa. (SSAB dokumentti nro 4731391, 15, 17.)

3.6 Niitatut nosturiratapalkit

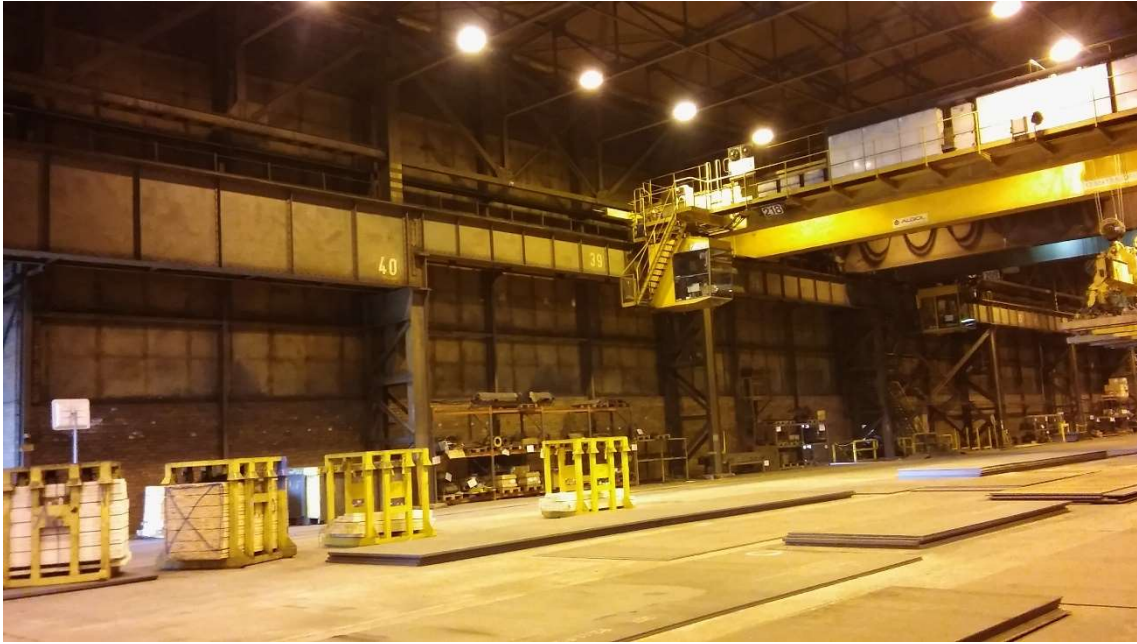
Niittien teräsmateriaali on liitettävien teräsosien materiaalia sitkeämpää sekä pehmeämpää ja joustavampaa, mikä tekee siitä helpommin muokattavaa. Esimerkiksi niitin teräsmateriaalin lujuus on St 34, kun teräspalkin materiaali on lujuutta St 37. Niitatut rakenteet valmistetaan liittämällä liitettävät teräsosat yhteen punahehkuisen raakaniitin avulla. Raakaniitin halkaisija on 3 mm pienempi kuin reikä, johon se lyödään. Raakaniitti kuumennetaan punahehkuiseksi ja lyödään niitinreikään siihen tarkoitetulla vasaralla. Niitinpää taotaan kupumaiseksi niitivasaralla. Samaan aikaan apulainen pitää vastimella niitinkantaa vastaan ja

niitti paksuuntuu ja täyttää niitinreiän tiivistäen teräsosat yhteen. Jäähtyessään niitinvarsi lyhenee kiristäen liitettävät teräsosat toisiinsa entistä tiukemmin. I-profiiliin liitettäviä teräsosia ovat kuvassa 13 näkyvät L-teräkset uuman ja ylä- sekä alalaipan kulmissa molemmin puolin I-profiilia. Tarvittaessa I-profiiliin liitetään myös pystyjäkisteet niittiliitoksin estämään uuman lommahtamista (kuva 13). (Aitta 2004, 162–163.)



KUVA 13. Tyypillinen nosturiradoilla käytetty niitattu I-profiili (Iron and Steel. 2008).

Niitattujen I-profiilien käyttö on vähenemään päin ja nykyään jo harvinaista. Eurokoodissa ei ole mainintaa niitattujen teräsrakenteiden väsymismitoituksesta. Ruuvi- ja niittiliitosten väsymistarkastelu tehdään samoilla kaavoilla ja pääperiaatteilla kuin hitsausliitosten tarkastelu, vaikka niitattujen rakenteiden väsymisilmiöön ei ole panostettu samalla tavalla kuin hitsattujen rakenteiden väsymisilmiöön (Tuovila 2011, 38; RIL 167-1. 1988, 302). Niitattujen palkkien väsymiskestävyyden tutkimiseen olisi kuitenkin aihetta, sillä niitatut I-palkit ovat käytössä vielä vuosikymmeniä vanhoissa silloissa ja teollisuusrakennusten nosturirata-palkistoissa (kuva 14).



KUVA 14. Lähetyshallin nosturiratapalkit ovat niitattuja I-palkkeja.

Teollisuuden siltanosturien nosturiratapalkkeina niitatut I-profiilit näyttävät kestävästi väsyttävää kuormitusta yhtä hyvin tai paremmin kuin hitsatut I-profiilit. Niitattujen ratapalkkien väsymisvauriot ilmenevät liitettävien teräsosien, kuten, palkein L-terästen ja niittiliitosten katkeamina. Niitattuja ratapalkkeja pystytään kunnossapitämään suhteellisen hyvin uusimalla vaurioituneet niittiliitokset ruuviliitoksilla ja vahvistamalla L-teräksiä asentamalla vahvikelevyjä.

4 NOSTURIRATAPALKKIEN ELINKAARI

4.1 Elinkaaren vaiheet

Rakenteen elinkaari kuvaa rakenteen vaiheita aina suunnittelusta purkamiseen asti. Erilaisten nosturiratarakenteiden kaikki elinkaaren vaiheet tulee kartoittaa ja suunnitella hyvin, jotta päästään vähintään rakenteiden suunnittelussa määriteltyyn käyttöikään.

4.1.1 Suunnittelu

Nosturiratapalkkien elinkaari alkaa niiden suunnittelusta. Suunnittelu alkaa kohteen tarveselvityksen jälkeen. Suunnittelussa selvitetään minkälaiselle rasiutukselle ratapalkit altistuvat. Nosturiradoilla toimivat palkit mitoitetaan tyypillisesti väsyttävälle kuormitukselle, väsymismurtumariski mielessä pitäen. Väsymismitoituksen jälkeen lasketaan suurin staattinen jännitys murtorajatilatarkastelussa. Ratapalkin tarkemmat suunnittelukriteerit määräytyvät mm. ratapalkin jännevälin, nosturin aiheuttaman kuormituksen (pystysuorat pyöräkuormat ja vaakasuorat sivuvoimat), nosturin tulevan oletustyösyklin, ympäristö- ja ilmasto-olosuhteiden sekä ratapalkin käyttöikätaavoitteen perusteella. Suunnittelun lopputuloksena saadaan nosturiratapalkkien valmistukseen vaadittavat asiakirjat. (RIL 167-2. 1992, 328, 330, 336; Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 461; Korhonen 2015, 15.)

4.1.2 Valmistus

Nosturiratapalkit voidaan valmistaa käyttäen hyväksi rakennepiirustuksia ja muita ratapalkkien toteutusasiakirjoja. On tärkeää, että valmistuksessa panostetaan ratapalkin suunnitelmien mukaisuuteen, kuten hitsien hyvään laatuun. Valmistuksen jälkeen nosturiratapalkit ja valmistukseen liittyvä dokumentaatio luovutetaan työn tilaajalle. (Korhonen 2015, 15.)

4.1.3 Käyttöelinkaari

Ratapalkkien luovutusta seuraa nosturiratapalkkien käyttöelinkaari, joka on ratapalkkien elinkaaren pitkäaikaisin vaihe. Asianmukaisen käyttöönottotarkastuksen ja onnistuneen nosturiradan koekuormituksen jälkeen ratapalkit siirtyvät yrityksen kunnossapitohenkilöstön vastuulle. Käyttöelinkaari pitää sisällään nosturiratapalkkien kunnossapitoa ja huoltoa sen käyttöiän aikana. Nosturiratapalkkien kunnossapitoon kuuluu jatkuva kunnonvalvonta ja tarpeen mukaan ohjelmoidut määräaikaistarkastukset. Kunnonvalvonnalla ja kuntotarkastustoiminnalla ehkäistään suurempia ratapalkistoon syntyviä vaurioita ja suunnitellaan korjaustoimenpiteet jo syntyneille vaurioille. (Korhonen 2015, 16–17.)

4.1.4 Elinkaaren päätyminen

Nosturiratapalkin käyttöiän tullessa täyteen lisääntyvien rakennevaurioiden ja taloudellisesti kannattamattoman kunnossapidon seurauksena nosturiratojen vastuuhenkilöt voivat päättää ratapalkin purkamisesta ja korvaamisesta uudella. Ratapalkin korvausinvestoinnin jälkeen elinkaari alkaa alusta. (Korhonen 2015, 17.)

4.2 Nosturiratapalkkien kunnossapito ja huolto

Nosturiratapalkkien ikääntyessä ja altistuessa nosturin vaihtelevalle kuormitukselle tulee niiden kuntoa ja rakenteellista kestävyyttä tutkia entistä tarkemmin. Ennalta ehkäisevä huolto sekä oikea-aikainen korjaus auttavat pitämään tuotantoprosessin käynnissä ja tehokkaana ja näin välttämään kustannuksia nostavilta työnseisauksilta. Sen sijaan suunniteltujen työnseisauksien aikana suoritetaan sellaiset kunnossapito-, huolto- ja muutostyöt, joita ei voi tehdä tuotantoprosessin ollessa käynnissä. Nosturiratapalkiston moitteeton toiminta on välttämätöntä tuotantoprosessin jatkuvuuden kannalta. Sen vuoksi rakenteiden hallittu kunnossapito ja huolto ovat entistä tärkeämpää.

Kantavien rakenteiden kuten nosturiratapalkkien suunnittelussa sovelletaan muihin rakenteisiin pitempiä käyttöikätaivoitteita. Näissä rakenteissa tapahtuu

jatkuvasti muutoksia vaikuttaen rakenteen kestävyys. Tietyt muutokset voivat vaikuttaa rakenteen ennalta määriteltyyn käyttöikänsä ja näitä muutoksia tulee erityisesti tarkkailla erilaisin seurantamenetelmin.

4.2.1 Nosturiratarakenteiden kunnonvalvonta

Kunnonvalvonnan avulla ylläpidetään nosturin ja sen ratapalkkien toimintavarmuutta. Yrityksen tai teollisuusrakennuksen oma kunnossapito- ja huoltohenkilöstö tai sen kunnossapidosta vastuulliset huolehtivat teräsrunkorakenteiden jatkuvasta kunnonvalvonnasta koko niiden eliniän ajan. Kunnontarkastusohjetta ja tarkastuslistaa apuna käyttäen tehdään silmämääräiset havainnot mahdollisista vaurioista tai vikaantumista ja näitä verrataan aikaisemmin saatujen tarkastusten tuloksiin. (Teräsrunkorakenteiden kuntotarkastusohje. 2006, 6.)

Nosturiratapalkkien ja siihen liittyvien rakenteiden kunnonvalvontaa suoritetaan pääosin huoltokierrosten yhteydessä. Kunnonvalvonta ja huoltokierrokset jaksotetaan prosessikäytössä olevien nosturiratapalkkien käyttöikänsä, vikaantumistajuuden ja käyttöikälaskelmien perusteella tapauskohtaisesti. Kunnonvalvontakierroksilla tarkastetaan ratapalkkien kunto yleisesti. Muut seurantatarkastukset suoritetaan 3–12 kk:n välein kohdistetusti rakenteen eniten kuormitetuille alueille.

Tarkastuksissa ja kohdistetuissa huolloissa varmistetaan rakenteellisen turvallisuuden lisäksi myös prosessin häiriötön toiminta. Rakenteiden kunnonvalvonnalla pyritään huolehtimaan, ettei nosturin ja sen ratapalkkien väsyminen, korrosio, kuluminen, ikääntyminen tai muu vaurioituminen aiheuta vaaraa tai heikennä nosturiratarakenteiden toimintavarmuutta. Jos tarkastuksissa havaitaan tällaisia vakavia muutoksia rakenteissa, on suositeltavaa ottaa yhteys suunnittelijaan. (Teräsrunkorakenteiden kuntotarkastusohje. 2006, 6; Nostureiden kunnossapito. 2010, 9, 11.)

4.2.2 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä

Arttu on SSAB Europan Raahen tehtailla toimiva kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä. Arttu-järjestelmä kattaa koko Raahen tuotantolaitoksen ennalta

ehkäisevinä töinä käsiteltävät kunnossapitoon liittyvät työt, kuten huollot, tarkastukset, vaihdot, puhdistukset, kunnonvalvontaan ja kalibrointiin liittyvät työt sekä erityyppiset voiteluhuollon työt. (Kunnossapidon koulutus. 3.)

Arttu antaa erinomaiset valmiudet kunnossapidon tarkempaan suunnitteluun edellyttäen, että käytettävissä on riittävästi tietoa koneiden ja laitteiden käynnistä, niille tehdyistä huoltotoimenpiteistä sekä niiden aiheuttamista kustannuksista (Kunnossapidon uudet toimintatavat. 2008, 3).

4.3 Nosturiratapalkkien tarkastus

Teräsrunkorakenteisten kantavien rakenteiden tarkastusten päätavoitteet ovat rakenteiden turvallisuus ja kustannuksia säästävä hallittu kunnossapito. Tällaisen päämäärähakuisen tarkastustoiminnan avaintekijöitä ovat erilaisten säännöllisten ja tarvittavien epäsäännöllisten tarkastusten tehokas ohjaus, aikatauluttaminen ja niitä seuraavien mahdollisten korjaustoimenpiteiden ohjaaminen (Korhonen 2015, 19). Tuotannon jatkuvuuden kannalta kriittiset rakenteet, kuten nosturiratapalkit ja niihin liittyvät rakenteet, ovat etusijalla ja mahdollisten vaurioiden ilmaantuessa laitettava seurantaan. Nosturiratarakenteiden tarkastuksissa on tutkittava seuraavia asioita:

- perusaineen viat (ratapalkin alalaippa jännevälin keskellä ja ylälaippa tuen kohdalla sekä nitattujen ratapalkkien L-teräkset)
- ratakiskojen kiinnitykset, kunto sekä sijainti laippoihin nähden (suoruus)
- palkin kiinnitykset pilareihin tai pilarikonsoleihin
- palkin sivutuennat pilareihin tai muihin rakenteisiin
- mahdolliset taipumat/siirtymät
- nosturiratarakenteiden hitsausliitokset
- nosturiratarakenteiden ruuviliitokset
- nosturiratarakenteiden niittiliitokset
- korroosiovauriot
- liikuntasaumamat
- suunnitelmien mukaisuus. (SSAB dokumentti nro 4495937, 13–14.)

4.3.1 Hitsaus-, ruuvi- ja niittiliitosten tarkastukset

Nosturiratarakenteiden hitsaus-, ruuvi- ja niittiliitosten tarkempaan tutkimiseen on myös syytä panostaa. Liitettävien teräsosien liitokset ovat useimmiten nosturiratarakenteiden väsytySKUORMITETUIMPIA ja vaurioalitteimpia rakenneosia. Seuraaviin kohteisiin ja asioihin on syytä kiinnittää erityistä huomiota.

Hitsausliitosten tarkastettavat kohdat

- sivutukien ja nosturiratapalkkien väliset hitsausliitokset
- nosturiratapalkkijatkosten hitsausliitokset
- pilarikonsolirakenteiden hitsit
- ratapalkin uuman ylä- ja alakaulahitsit laippoihin
- uuman pysty- ja vaakajäykisteiden hitsit I-profiiliin
- liikuntasauvojen hitsausliitokset.

Hitsausliitosten tutkittavat asiat

- hitsien a-mitat (esimerkiksi pienahitsien)
- suunnitelmien mukaisuus (hitsin sijainti, koko, muoto)
- pintojen ja pintavirheiden tarkastaminen (esimerkiksi reunahaava)
- roiskeiden sekä sytytysjälkien havainnointi
- säröt ja muut vauriot (kuva 15) (SSAB dokumentti nro 4495937, 11; Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 581).



KUVA 15. Silmin havaittava halkeama hitsausliitoksessa (Teräsrunkorakenteiden kuntotarkastusohje. 2006, 17).

Ruuviliitosten tarkastettavat kohdat

- sivutukien ja nosturiratapalkkien väliset ruuviliitokset
- nosturiratapalkkijatkosten ruuviliitokset
- nosturiratapalkin ja pilarin tai pilarikonsolien ruuviliitokset
- niittiliitosten korvatut ruuviliitokset
- liikuntasaumojen ruuviliitokset.

Ruuviliitosten tutkittavat asiat

- vauriot
- katkenneet ruuvit
- kireys
- suunnitelmien mukaisuus (kuva 16) (SSAB dokumentti nro 4495937, 12).



KUVA 16. Kiinnitettävissä teräsrakenneosissa rako. Ruuviliitos löysällä ja täytyy kiristää. Liitoksen kaltaista epäkeskeisyyttä myös pyrittävä välittämään. (Teräsrunkorakenteiden kuntotarkastusohje. 2006, 15.)

Niittiliitosten tarkastettavat kohdat

- ylä- ja alalaipan niittiliitokset
- L-terästen niittiliitokset (kuva 17)
- pysty- ja vaakajäykisteiden niittiliitokset I-profiiliin.

Niittiliitosten tutkittavat asiat

- vauriot
- katkenneet niitit
- suunnitelmien mukaisuus.



KUVA 17. VäsytySKUORMITETUN NIITATUN RATAPALKIN UUMAN JA YLÄLAIPAN L-TERÄKSESSÄ ON HAVAITTU SÄRÖ. RATAPALKIN PYSTYJÄYKISTEIDEN VÄLISTÄ HALJENNUTTA L-TERÄSTÄ VAHVISTAMAAN ON ASENNETTU VAHVIKELEVY MOLEMMIN PUOLIN I-PALKIN UUMAA. TERÄSVAHVIKELEVY HITSATAAN JA PULTATAAN L-TERÄKSEN ALAREUNAAN KIINNI PYSTYJÄYKISTEIDEN VÄLIIN KOKO VÄLIN PITUUDELTA. ASENNUKSEN JÄLKEEN VAHVIKELEVY SUOJAMAALATAAN. L-TERÄKSEN NIITTEJÄ ON AIEMMIN UUSITTU PAIKOIN RUUVILIITOKSILLA KUVAN VASEMMALLA PUOLELLA L-TERÄSTÄ.

4.3.2 Elinkaaren tarkastus- ja huoltotoimenpiteet

Seuraavat ohjeet perustuvat valtioneuvoston asetukseen (403/2008) työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. Ohje on laadittu teollisuuden nostureita tarkastavien henkilöiden käytettäväksi. Tarkastukset voi suorittaa niihin päteväitynyt asiantuntija. Ohjeen avulla pyritään varmistamaan teollisuusrakennusten nosturien sekä niiden ratojen turvallinen käyttö. (SSAB dokumentti nro 4718509, 5; Valtioneuvoston asetus 403/2008, 37 §.)

Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastus suoritetaan ratapalkkien asentamisen jälkeen. Tarkastus tehdään ennen kuin nosturiradalla aloitetaan normaalitoiminta. Ensimmäiseksi on tarkastettava ja todettava, että ratapalkit ja niihin liittyvät rakenteet on asennettu suunnitelmien mukaisesti. Lisäksi toleranssivaatimuksien täytyy toteutua.

Asennustarkastus ja toleranssien tarkastaminen ovat teräsrakenneurakoitsijan vastuulla. (SSAB dokumentti 4718509, 5; Valtioneuvoston asetus 403/2008, 33 §.)

Suoritetusta käyttöönottotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja. Pöytäkirjasta on käytävä ilmi tarkastuksen suorittaja ja tarkastuksen ajankohta sekä tarkastuksessa läpikäytävien asioiden toteutuminen. (SSAB dokumentti nro 4718509, 5; Valtioneuvoston asetus 403/2008, 38 §.)

Koekuormitus

Käyttöönottotarkastuksen jälkeen on suoritettava nosturiradan koekuormitus. Koekuormitus suoritetaan käyttäen yhtä siltanosturia sen maksimikuormalla. Koekuormituksessa on kaksi vaihetta.

Ensimmäisen vaiheen maksimikuorma on vähintään 1,1 x suurin sallittu kuormitus. Ensimmäinen koekuormitus tehdään siten, että nosturilla nostetaan maksimikuorma esimerkiksi nosturiradan suuntaisen A tai B-linjan puolella, kuitenkin niin lähellä nosturiratapalkkia kuin mahdollista ja ajetaan esimerkiksi pilarilinjojen väli 1–2. Tätä sanotaan dynaamiseksi koekuormaksi. Koeajon aikana seurataan nosturirataa ja siihen liittyviä rakenteita. Mikäli mitään normaalista poikkeavaa ei havaita, siirrytään toiseen vaiheeseen. (SSAB dokumentti nro 4718509, 5–6; SFS-EN 13001-2. 2014, 28.)

Toisen vaiheen maksimikuorman, niin sanotun staattisen koekuorman, vähimmäissuuruus on 1,25 x suurin sallittu kuormitus. Tällä kertaa nosturi pysyy paikallaan sen nostaessa maksimikuorman. Toinen koekuormitus tehdään siten, että nosturi ajetaan keskelle samaista pilariväliä 1–2. Tässä kohdassa suoritetaan nosto maksimikuormalla, taas kuitenkin niin lähellä ratapalkkia kuin mahdollista. Taakan puoleisesta ratapalkista mitataan pystysuuntainen siirtymä eli taipuma ja verrataan sitä laskennalliseen maksimi taipuma-arvoon. Jos mittauksella saatu taipuma on pienempi kuin laskennallinen taipuman maksimiarvo, nosturirata voidaan ottaa käyttöön. Mittausta suoritettaessa on huomioitava, että pilarit "joustavat" jonkin verran pystykuorman vaikutuksesta johtuen. Koekuormitukset määräytyvät standardin SFS-EN 13001-2 mukaisesti. (SSAB dokumentti nro 4718509, 5–6; SFS-EN 13001-2. 2014, 28.)

Määräaikaistarkastus

Määräaikaistarkastus on joka vuosi tai kohteen tarpeen mukaan suoritettava silmämääräinen tarkastus käyttöönottotarkastuksesta lähtien. Tarkastus suoritetaan kävelykierroksella molempien ratapalkkien kanssa samalla tasolla olevilla hoitotasolla (kuva 18) ja lattiatasolla. Määräaikaistarkastuksessa tarkastetaan pintapuolisesti ratapalkkien ja niihin liittyvien rakenteiden eheys. Nosturiratapalkkien kaikki tutkittavat kohdat tarkastetaan huolella, vaikka kyseessä onkin silmämääräinen tarkastus.



KUVA 18. Nosturiratapalkin vieressä oleva hoitotaso (SSAB dokumentti nro 4730639, 1).

Tarkastus kohdistuu ratapalkkeihin ja niihin liittyviin nosturiratarakenteisiin, hitsaus-, ruuvi- ja niittiliitoksiin, ratakiskoon ja sen kiinnityksiin. Kaikista ruuveista tarkastetaan kireys ja eheys. Jos ruuvi on löystynyt, se on kiristettävä. Jos ruuvi on vaurioitunut, se on vaihdettava samanlaiseen, mutta uuteen ruuviin. Hitsit tarkastetaan koko nosturiradan matkalta. Jos hitseissä havaitaan halkeamia, tarkastetaan hitsit erityistarkastuksin. Ratakiskot tarkistetaan koko hallin matkalta. Ratakiskoista tarkastetaan eheys, kuluminen ja kiinnitykset sekä kiskon sijainti laippoihin nähden. Jos kiinnityskynnet ovat irronneet, ne hitsataan takaisin paikoilleen. Mahdollinen epänormaali toispuolinen kuluminen kirjataan pöytäkirjaan.

Ratapalkkien perusteellinen tarkastaminen on haasteellista teollisuusrakennuksissa. Nosturiratapalkistoissa on luoksepääsemättömiä tai muuten haasteellisia paikkoja, joita ei ole mahdollista tarkastaa tuotantoprosessin ollessa käynnissä. Erilaiset käynnissä sekä pysähdyksissä olevat mekaaniset laitteistot ja rakenteet nosturiratapalkin ympärillä voivat tehdä kulkemisesta liian ahdasta tai estää pääsyn joihinkin ratapalkkien rakenneosien läheisyyteen kokonaan. Lisäksi tarkastamista vaikeuttavat muun muassa ratapalkkien lämpösuojaukset tuotantohalleissa, joissa käsitellään sulaa rautaa. Myös pöly, pölyäminen ja muut liat joissain kohdissa haittaavat ratapalkin kunnollista tutkimista siinä määrin, ettei sitä ole järkevää suorittaa. Osa ratapalkin tarkastusta haittaavista tekijöistä voidaan poistaa vaatimalla erikoisjärjestelyjä. Erikoisjärjestelyjä voidaan vaatia, kun kyseessä ovat mahdollisesti kantavuuden kannalta kriittisessä kunnossa olevat ratapalkit. Muuten haasteellisten ratapalkkien tutkiminen suoritetaan esimerkiksi tuotantoseisokin ja erityisesti vuosikorjausseisokin yhteydessä.

Määräaikaistarkastusta ei erikseen suoriteta sinä vuonna, kun suoritetaan laajennettu tai perusteellinen määräaikaistarkastus. Suoritetusta tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, josta on käytävä ilmi tarkastuksen suorittaja, päivämäärä ja mahdolliset havaitut vauriot. Mahdolliset vauriot kuvataan ja numeroidaan tarkastuspisteiden mukaisesti. (SSAB dokumentti nro 4718509, 6–7; Valtioneuvoston asetus 403/2008, 34 §.)

Huolto

Nosturiratapalkkien kunnossapitoon liittyy myös huoltotoimenpiteitä, kuten ratapalkkien puhdistus harjaamalla, puhaltamalla tai imuroimalla. Näillä menetelmillä ratapalkit puhdistetaan pölystä kaikkialta. Imurointi on näistä vaihtoehdoista tehokkain ja se suoritetaan tarpeen mukaan tarkastusten yhteydessä, kuitenkin ennen tarkastuksia. Ratapalkkien pinnalle korroosiosta aiheutuvat maalaustarpeet selviävät ajansaotossa. (SSAB dokumentti 4718509, 8; SSAB dokumentti nro 4719013, 8.)

4.3.3 Erityistarkastusohjelma

Erityistarkastus kohdistuu nosturiratapalkkien ja niihin liittyvien rakenteiden kuormitetuimpiin kohtiin. Erityistarkastukset ovat sellaisille nosturiratapalkkien rakenneyksityiskohdille, jotka ovat rakenteen kestävyuden kannalta kriittisessä asemassa. Jos silmämääräisessä tarkastuksessa havaitaan vaurioita tai kun käyttöikämitoituksen laskennalliset väsymisasteet tarkastelupisteissä ovat korkeat, suoritetaan erityistarkastus. Erityistarkastuksissa selviää sellaiset vauriot, joita silmin ei voi havaita. Erityistarkastukset suoritetaan seuraavia ohjeita noudattaen:

- SFS-EN 1090-1 + A1
- SFS-EN ISO 17638
- SFS-EN ISO 23278
- SFS-EN ISO 11666
- SFS-EN ISO 17640
- SFS-EN 1090-2 + A1. (SSAB dokumentti nro 4712176, 4.)

Erityistarkastuksissa tarkastettavat nosturiratapalkkien kohdat

- teräspalkin perusaine
- niittiliitokset
- ruuviliitokset
- hitsausliitokset.

Erityistarkastuksissa tutkittavat nosturiratapalkkien asiat

- teräspalkin perusaineen vauriot
- niitti-, ruuvi- ja hitsausliitosten suunnitelmien mukaisuus ja mahdolliset vauriot (SSAB dokumentti nro 4712176, 6–8).

Erityistarkastus suoritetaan NDT-menetelmiä (nondestructive testing) eli ainetta rikkomattomia menetelmiä käyttäen, joissa tutkittavaa rakennetta tai rakenneosaa ei rikota vaurioitumisen laajuuden selvittämiseksi. Erityistarkastusmenetelmät suoritetaan yleensä joko magneetti- tai ultraäänitutkimuksena. Tarkastaja valitsee erikoistarkastusmenetelmän. (SSAB dokumentti nro 4495937, 9; SSAB dokumentti nro 44715617, 3.)

Rakennesuunnittelija laatii kaikille erityistarkastuskohteille omat ohjeet. Lisäksi laaditaan erilliset ja tarkemmat pöytäkirjat ja raportit. Kaikki havaitut virheet kuvataan ja numeroidaan tarkastuspisteiden mukaisesti, kuten määräaikaistarkastuksessakin. Tarkastuspöytäkirja toimitetaan erityistarkastussuunnitelman tekijälle. (SSAB dokumentti nro 4718509, 7–8.)

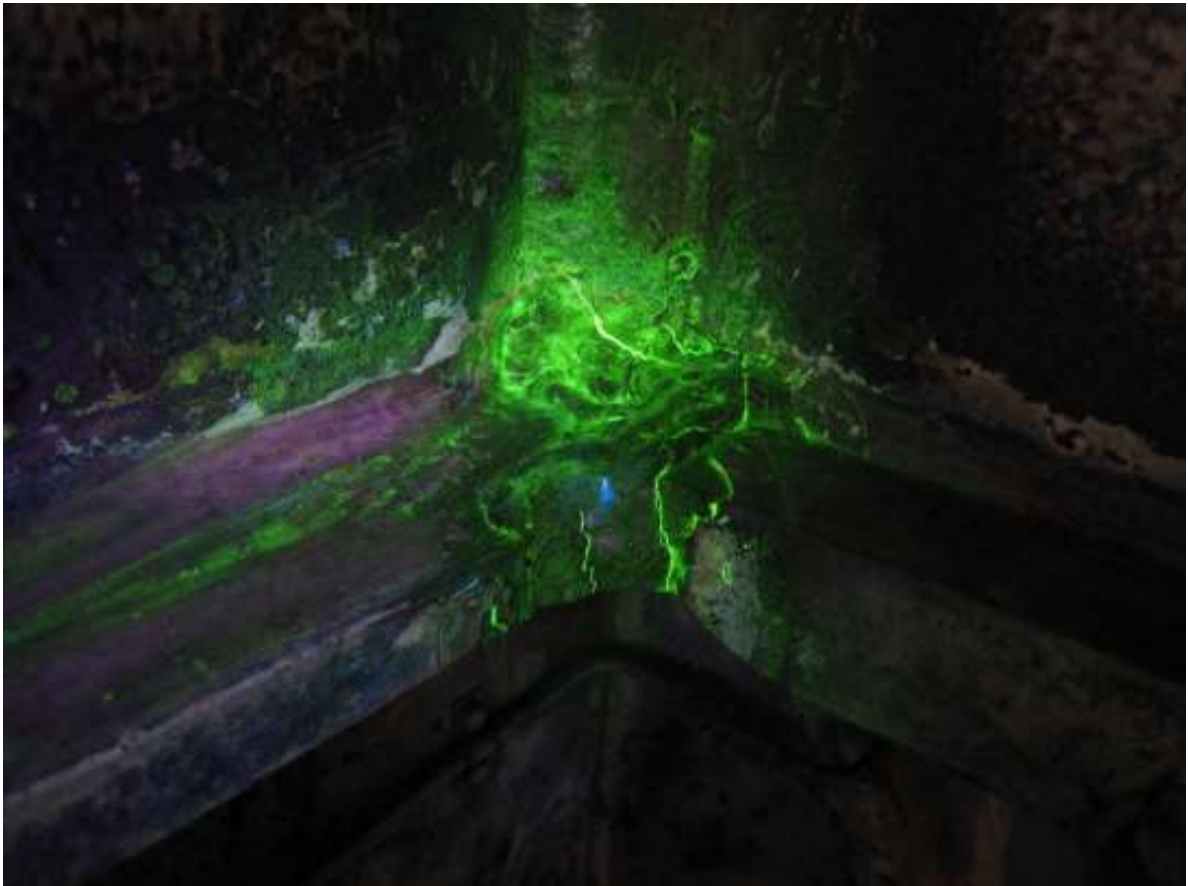
Magneettijauhetarkastus

Tarkastuksen saa suorittaa vain asiaankuuluvalla teollisuussektorilla standardin ISO 9712 tai vastaavan teknisesti samanarvoisen standardin mukaan pätevyitynyt henkilöstö. Magneettitutkimuksessa suoritetaan hitsin, ruuviliitosten ja ruuviliitoslevyn, niittiliitoksen tai palkin perusaineen tarkempi tutkimus. Tutkimuksessa selvitetään tutkittavan teräksen pinnassa ja pinnan lähellä olevat seuraavat mahdolliset vauriot:

- säröt
- halkeamat
- liitosvirheet
- huokokset. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 581; SFS-EN ISO 17638. 2009, 12.)

Magneettijauhetarkastus aloitetaan puhdistamalla hitsin tai perusaineen pinta ylimääräisestä liasta, kuten öljystä, pölystä, rasvasta, hilseestä tai mistä tahansa siihen kuulumattomasta materiaalista. Pintoja voidaan tarvittaessa hioa

(esimerkiksi hiomapaperilla) näyttämien havainnoinnin helpottamiseksi. Kun puhdistus on suoritettu, ruiskutetaan saumaan kontrastiväriä. Kontrastivärin jälkeen sauma magnetoidaan vaatimusten mukaisilla magnetointilaitteilla. Magneettijauhe levitetään magnetoinnin aikana tai ennen sitä. Liiallinen magneettijauhe tarkastelupisteessä poistetaan esimerkiksi puhaltamalla. Tämän jälkeen annetaan jauheelle riittävästi aikaa kerääntyä vikojen, kuten säröjen ympärille, jossa ne ovat havaittavissa kontrastiväriä vasten. Kuvassa 19 tarkastelupistettä valaistaan ultraviolettilampulla, jonka avulla säröt ovat helpommin havaittavissa. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 581; SFS-EN ISO 17638. 2009, 12, 26.)



KUVA 19. Magneettijauhetarkastuksessa havaitut säröt hitsissä ja perusaineessa (Arola 2011, 29).

Ultraäänitarkastus

Tarkastuksen saa suorittaa vain asiaankuuluvalla teollisuussektorilla standardin ISO 9712, EN 473 tai vastaavan teknisesti samanarvoisen standardin mukaan pätevyitynyt henkilöstö. Ultraäänitutkimuksessa suoritetaan hitsin, ruuviliitosten ja ruuviliitoslevyn, niittiliitoksen tai perusaineen tarkempi tutkimus. Tutkimuksessa selvitetään tutkittavan materiaalin sisäiset vauriot. Sisäisiä vaurioita ovat

- säröt
- halkeamat
- juurivirheet
- huokoset. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 581; SFS-EN ISO 17640. 2010, 14.)

Ultraäänitutkimus aloitetaan aina kalibroimalla mittalaite ja säätämällä se tutkittavalle materiaalipaksuudelle. Kuvassa 20 hyvän kontaktin aikaansaamiseksi, levitetään pinnalle standardin EN 583-1 mukainen kytkentäaine. Luotauspinoissa ei saa olla uria tai lovia vaan niiden on oltava tasaisia. Pinnolla ei saa myöskään olla epäpuhtauksia, kuten hilsettä ja roiskeita tai muuta likaa. Pintaa voidaan tarvittaessa hioa tasaisemmaksi. Mittalaite lähettää luotauspinnalle ääniaallon, josta se virhekohtaan tai perusaineen pintaan osuttuaan heijastuu takaisin. Äänen heijastuessa takaisin vasta perusaineen pinnasta, voidaan todeta, ettei materiaalissa ole vaurioita. Tarkastelupisteen luotauspintaa tulisi luodata useammassa kulmassa tulosten oikeellisuuden vuoksi. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 581–582; SFS-EN ISO 17640. 2010, 14, 18.)



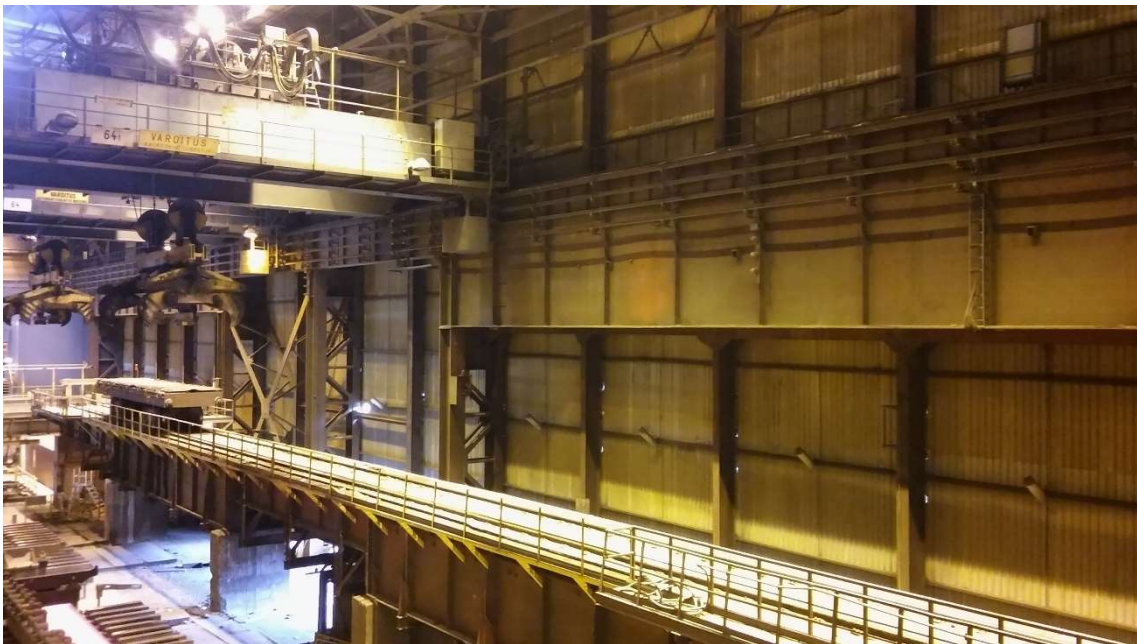
KUVA 20. Kytöntäaineen levitys luotauspinnalle (Niemi 2010, 35).

Standardin SFS-EN ISO 17640 mukaisesti ultraäänitutkimusta ei suositella käytettäväksi, mikäli materiaalin paksuus on alle 8 mm. Ultraäänitutkimuksen on huomattu toimivan parhaiten läpihitsattuja saumoja tarkasteltaessa. Tutkimus mielletään haastavaksi suorittaa ja sen vuoksi on suositeltavaa, että sen suorittaa kokenut tarkastaja. (Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010, 581–582; SFS-EN ISO 17640. 2010, 8.)

Mikäli erikoistarkastuksissa paljastuu lisävaurioita, niin päivitetään jo tehtyä korjaussuunnitelmaa. Määräaikais- ja erikoistarkastuksen jälkeen siirrytään säännönmukaiseen tarkastukseen. (SSAB dokumentti nro 4712176, 10.)

4.4 Nosturiratapalkkien uusiminen

Nosturiratojen käyttöikää ei voi jatkaa loputtomiin. Ratapalkkien uusimisessa on kyse korvausinvestoinneista. Uusimispäätös on käyttöikälaskelmien ja tarkastusten yhteistulos ja se on välttämätöntä, kun ratapalkistossa on havaittu kantavuuden kannalta kriittisiä vaurioita, tai suositeltavaa, kun ratapalkeilla ei ole jäljellä enää laskennallista käyttöikää väsymisen suhteen eli ratapalkin kestoikä on tullut täyteen. Kestoiän tullessa täyteen laaditaan tarkastus- ja kunnossapito-ohjelma, jolla varmistetaan ratapalkiston turvallinen käyttö, kunnes palkit on uusittu. Mikäli myös nosturiratapalkistoa tukevien rakenteiden laskennallinen käyttöikä on ylittynyt, on ne uusittava palkiston uusimisen yhteydessä, mieluiten väsymisen suhteen kestävämmillä rakenteilla. Tulevissa korvausinvestoinneissa niitatut ratapalkit korvataan hitsatuilla ratapalkeilla helpomman valmistustekniikan takia sekä niitattujen I-profiilien vähäisen valmistuksen ja siitä johtuvan haasteellisen saatavuuden vuoksi.



KUVA 21. Ratapalkin voi uusida jatkoskohdasta, jossa palkin korkeus muuttuu.

Mikäli käyttöikälaskelmaa ei ole tehty ja ratapalkiston vauriot kasvavat kiihtyvällä tahdilla ja korjauksia joudutaan tekemään enemmän kuin tavallisesti, määrätään käyttöikälaskelma tehtäväksi. Käyttöikälaskelmien tulokset ovat välttämättömiä ratapalkkien tarkemman korvausinvestointien suunnittelun kannalta.

5 NOSTURIRATAPALKKIEN KÄYTTÖIKÄLASKELMAT

Rakenteelle tehdään käyttöikämitoitus, kun tarkastuksissa havaitaan vaurioita, jotka kertovat mahdollisesti jostain vakavammasta rakenneviasta. Käyttöikämitoitus voidaan myös tehdä, vaikkeivat vauriot kerro vakavammasta rakenneviasta, mutta vaurioita ilmaantuu tavallista enemmän. Rakenteiden käyttöikämitoitukset ovat laskennallinen tapa arvioida jo käytössä olevan nosturiratapalkin jäljellä olevaa käyttöikää laskennallisin menetelmin väsymisen suhteen.

Tulos ilmoitetaan väsymisasteina. Väsymisaste on laskennallinen yksityiskohdan käytetty väsymisikä tietyllä tarkasteluhetkellä suhteessa rakenteen ikään, väsymisanalyysiin ja käyttöhistoriaan. Väsymisen suhteen mitoitusperusteeksi valitaan siltanosturin oletettu työsykli. Työsykli kertoo nosturin oletetun käytön tietyn mittaisella tarkastelujaksolla. Siltanosturin yksi läpiajo aiheuttaa ratapalkissa yhden jännitysvaihtelun, mutta todellista jännitysvaihtelujen määrää tietyssä pisteessä ei pystytä kuitenkaan tarkkaan määrittämään, koska täsmällisiä ajoalueita ja nostosykliden sijainteja ei ole tiedossa. Nosturin työsykli koostuu seuraavista asioista:

- nosturin tyhjääjot
- nosturin nostamat kokonaistonnimäärät
- nostojen yksittäiset keskimääräiset kuormat (esimerkiksi aihion paino)
- nostojen lukumäärät
- kuorman nosto- ja laskupaikat
- kuorman kulkema reitti. (Tuovila 2011, 49; SSAB dokumentti nro 4713811, 5.)

Nosturiratapalkkien käyttöikälaskelmat perustuvat seuraaviin taustatietoihin:

- kuvat siltanostureista, joista selviävät nostureiden pyörävälit ja pyöräkuormat
- nosturiratapalkkien ja niitä kannattelevien pilareiden rakennepiirustukset
- nosturin oletustyösykli (Tuovila 2011, 49).

Nosturiratapalkkien rakennekohtaiset käyttöikämitoitukset on järkevintä kohdistaa ratapalkiston kestävyuden kannalta kriittisimpiin rakenneosiin, kuten ratapalkin jännevälän keskelle alalaipan alapintaan, uuman kiinnityshitseille ylä- ja alalaippaan sekä ratapalkin ja sivutukien välisille liitoksille. Saadut rakenneyksityiskohtien tulokset auttavat ymmärtämään rakenneosan rakenneteknistä toimintaa sen käyttöä aikana ja erityisesti teräksen väsymistä tietyssä tarkastelupisteessä. Näin osataan varautua nosturiratapalkkien mahdollisten väsymisvaurioiden syntyyn erilaisissa tarkastelupisteissä ja ehkäistä vaurioita ennen niiden alkamista.

Luotettavien laskennallisten tulosten saavuttamisen vuoksi tulisi olla tarkat tiedot nosturin käyttöhistoriasta, mahdollisista rakenteisiin tehdyistä muutoksista sekä kuormien ja materiaalivirtojen muuttumisesta (Tuovila 2011, 49). On huomioitava, jos todellinen käyttö on ollut oletettua rasittavampaa, myös rakenteen väsyminen on suurempaa ja päinvastoin (SSAB dokumentti nro 4713811, 9). Todellisuudessa arvioitua suurempi väsyminen johtaa käyttöä lyhenemiseen ja arvioitua vähäisempi käyttöä pitenemiseen. Käyttöikälaskelma on syytä tehdä uudestaan, mikäli huomataan, että rakenteet väsyvät arvioitua nopeammin. Tehdyt käyttöikälaskelmat osoittavat, että ratapalkeilla ei ole normeihin ja standardeihin perustuvaa laskennallista varmuutta käytön aikaisille kuormille. (SSAB dokumentti nro 4731391, 17.)

Nosturiratapalkkien laskennallisen käyttöänsä päätyttyä tehtävät toimenpiteet ovat hyvin pitkälti riippuvaisia siitä, mitä rakenteille on tapahtunut niiden käyttöänsä aikana. Käyttöänsä päätyttyä rakennesuunnittelija ohjeistaa radan tarkastuksen, jatkokäytön sekä mahdolliset muut jatkotoimenpiteet. (SSAB dokumentti nro 4718509, 10.)

6 NOSTURIRATAPALKKIEN KORVAUSINVESTOINTIEN AJOITUS

6.1 Aikataulun taustaa

Projektityöskentelyyn kuuluu suurelta osin työn aikataulutus. Hyvä ja realistinen aikataulutus antaa hankkeelle erinomaiset lähtökohdat työn toteutukseen. Aikataulusuunnittelun päätavoitteena on saada selkeä kuva siitä, ketkä tekevät työn, missä ja milloin työ tehdään sekä miten työ tehdään. Aikataulutukselle perinteistä on erilaisten työvaiheiden ajoitus. Projektin eri työvaiheiden paras mahdollinen yhteensovitus takaa laadukkaan ja kustannustehokkaan lopputuloksen. (Elomaa 2012, 8.)

6.2 Aikataulun taustatiedot

SSAB Europen opinnäytetyöpalaverissa nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoitukset arvioitiin ratapalkkien käyttöhistorioiden sekä koottujen teräsrakennetarkastusten ja käyttöikäkaskelmien pohjalta.

Kootut nosturiratapalkkien tarkastukset ja niistä ilmenevät vauriot taulukoitiin lukumäärällisesti Excel-tilukoon halleittain (liite 2/1). Liite 2/1 esittää myös ratapalkkeihin tehtyjen käyttöikäkaskelmien määrän pilarivälein suhteessa koko linjaan tehtyihin käyttöikäkaskelmien määrään.

Valssaamon (liite 2/2–3) ja terässulaton (liite 2/4–5) nosturiratapalkeille tehtyt käyttöikäkaskelmien tulokset, tarkastukset ja havaitut vauriot on rinnastettu Excel-tilukoon halleittain havainnollistamaan ratapalkkien rakenneteknistä toimintavarmuutta näissä taustatiedoissa esitetyissä laajuuksissa. Excel-tilukko pitää sisällään käyttöikäkaskelmien saadut väsymisasteet käyttöikäkaskelmissa kohdistetuille nosturiratapalkin rakennetyiskohdille, jotka esitetään yhtenäisellä koodituksella samassa kyseisessä tilukossa ja valssaamon sekä terässulaton layout-piirustuksissa. Väsymisasteet on jaoteltu niiden kriittisyyden mukaan ratapalkkien käyttöikäkaskelmissa todetuissa laajuuksissa, pilarivälin tarkkuudella. Tehtyt teräsrakennetarkastukset ja mahdolliset havaitut vauriot on se-

litetty sanallisesti samoissa, liitteissä 2/2–5 esitetyissä taulukoissa käyttöikä-laskelmien tuloksien rinnalla ratapalkin rakenneteknisen kunnon yhteenvedon helpottamiseksi.

Käyttöikä-laskelmissa saadut rakenneyksityiskohtien väsymisasteet on merkattu muiden niitattujen rakenteiden vikatiетоjen, kuten, L-terästen vahvistusten ja niittiliitosten uusimisten mukana nosturiratapalkit sisältäviin layout-piirustuksiin valssaamosta ja terässulatosta. Vikatiedot on esitetty liitteessä 4 valssaamon ja terässulaton layout-piirustuksissa vikatiетоjen laajuudessa pilarivälin tarkkuudella yhtenäisellä koodituksella. Ratapalkkien korvausinvestointien ajoitukset näiden taustatiетоjen pohjalta ovat suuntaa antavia, sillä tarkkojen ajoitusten määrittäminen vuosien päähän oli käytännössä mahdotonta. Kaikki edellä mainitut liitteet on jätetty pois julkisesta versiosta tilaajan pyynnöstä.

Valssaamon ja terässulaton nosturiratapalkkien pitkiin käyttöihin katsoen kaikkien ratapalkkien käyttöiät ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Muutamassa hallissa ratapalkit on uusittu 20 vuoden sisään ja näiden ratapalkkien uusimisajoi-tukset arvioidaan viimeistään 10 vuoden päästä uudestaan. Muuten hallien rata-palkkien korvausinvestointien suunnittelussa ratapalkkeja ei erityisemmin eri-tellä toisistaan käyttöikä-perusteella.

Ratapalkkien käyttöhistoria on korvausinvestointien suunnittelussa suuressa roolissa. Suurta kuormitushistoriaa seuraavat rakenteiden vaurioitumiset ja rakenneosien kasvavat väsymisasteet. Ratapalkin tarkan korvausinvestoinnin ajoituksen vuoksi onkin suositeltavaa suorittaa käyttöikä-tarkastelu vähintään käyttöikä-laskelmien ja teräsrakennevaurioiden yhteistarkasteluna. Kaikilla nosturiradoilla tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä käyttöikä-laskelmia on tehty vain vaurioituneimmille nosturiratapalkkeille. Insinööri-aikana käyttöikä-laskelmia määriteltiin tehtäväksi useampaan halliin ratapalkkien kuntokartoituksen selvittämiseksi. Muihin suuren vikaantumistaajuuden omaaviin nosturiratapalkkis-toihin määriteltiin myös selvitettäväksi palkiston kuormitushistoria. Vähäisen kuormituksen ja merkityksettömien vikojen omaaville nosturiratarakenteille jat-ketaan normaalia tarkastustoimintaa.

6.2.1 Käyttöikälaskelmat korvausinvestointien suunnittelussa

Ratapalkkien käyttöikälaskelmien vaikutus on korvausinvestointien suunnittelun kannalta merkittävä. Korvausinvestointien kriittisyyteen vaikuttavat väsymisasasteiden saadut tulokset. Ratapalkki on edullisella puolella käyttöikä sen rakenneosien väsymisastelukemien ollessa alle 100 %. Ratapalkin tekniset epävarmuudet kasvavat ja käyttöikä alkaa lähestyä loppuaan laskennallisten käyttöasteiden väsymisen suhteen noustessa yli 100 %:n. Nosturiratapalkin rakenneyksityiskohtien väsymisasteet määriteltiin muodostuvan kriittisiksi niiden ollessa yli 250 %. Tällöin on suositeltavaa laittaa ratapalkki erilliseen tarkastusohjelmaan, jolla sen käyttöikää jatketaan, kunnes palkistot uusitaan. Käytännön kokemusten perusteella vaurioita alkaa esiintyä väsymisasteiden noustessa 300 %:iin. Käyttöasteet väsymisen suhteen jaoteltiin seuraavasti:

- > 100 %, ratapalkin väsymisaste ei ylittynyt, käyttöikä on jäljellä.
- 100–250 %, ratapalkin väsymisaste ja käyttöikä lievästi ylittynyt
- > 250 %, ratapalkin väsymisaste ja varma käyttöikä selvästi ylittynyt.

Ratapalkkien korvausinvestointien ajoituksessa yli 250 %:n väsymisasteen omaavien ratapalkkien rakenneosien johdosta pilarivälin vahvistus tai korvausinvestointi työssä määriteltiin suoritettavaksi 0–5 vuoden aikana nykyhetkestä.

6.2.2 Teräsrakennevauriot korvausinvestointien suunnittelussa

Ratapalkkien korvausinvestointien ajoitukseen vaikuttavat huomattavasti eri ratapalkkien vikaantumistaajuudet ja niiden vakavuus. Kriittisten vaurioiden tultua havaituiksi palkeille on tehty käyttöikälaskelma jäljellä olevan käyttöiän selvittämisen helpottamiseksi. Ratapalkeilta puuttui käyttöikämitoitus, kun teräsrakennetarkastusten perusteella palkeilla on todettu olevan kohtuullinen toimintavarmuus. Nosturiratarakenteissa esiintyy seuraavia eri vakavuusasteen vaurioita, jotka täytyy erityisesti huomioida ratapalkkien uusien investointien ajoituksessa.

Hitsattujen ratapalkkien vauriot

Nosturiratapalkkien vaurioiden vakavuutta ja merkittävää rakenteen väsymistä edustavat eritoten hitsatuissa ratapalkeissa havaittavat hitsien ratkeamat. Ratkeamat tulee korjata välittömästi ratkeaman pituudesta riippumatta. Huomattavalle väsytytkuormitukselle altistuneen ratapalkin ratkeamiin syntyy herkästi uusia ratkeamia alkuperäisen viereen, vaikka vanhat korjattaisi. Tämä johtuu rakenteen laajasta väsymisestä ja korkeista väsymisasteista. Mikäli ratkeamaa ei aluksi huomata, voi ratkeamasta myös levitä uusia säröjä moneen eri suuntaan.

Niitattujen ratapalkkien vauriot

Niitatuissa ratapalkeissa katkeilevat niitit ja L-terästen repeäminen kertovat korkeista väsymisasteista näissä tarkastelupisteissä. Näiden vaurioiden juurisyy on nosturin suurten jännitysvaihteluiden ja korkean leikkausjännityksen yhteisvaikutus I-profiilissa.

Nosturiratarakenteiden vauriot

Nosturiratapalkkien yhteinen vakava väsyttävä tekijä on rataiskun virheellinen sijainti ratapalkin päällä. Rataiskun epäkeskisyys palkin päällä vaikuttaa huomattavasti käyttöikäkalkelmien tuloksiin ja siihen tulee kiinnittää erityisesti huomiota. Eurokoodin SFS-EN 1993-6 mukaan rataiskun keskilinja ei saa poiketa sen alla olevan I-profiilin uumasta kuin puolella uuman ainevahvuudesta. (SFS-EN 1993-6. 2010, 19.)

Yleisesti ottaen vähemmän vakavia vikaantumisia on erinäisten kiinnitysten ruuviliitosten löystyminen. Ruuviliitosten löystymisestä johtuvaa vikaa ei voi kuitenkaan täsmällisesti arvioida. Ruuviliitosten löystyminen voi johtua tärinästä palkistossa ja puutteellisesta liitoksen lukituksesta.

Rakenteiden vikaantuminen voi johtua monesta tekijästä tai muun muassa erilaisista rakenteellisista vioista, kuten lommoista rataiskossa. Rataiskun epätaisuus aiheuttavat voimakkaita iskuja nosturiratapalkissa siltanosturin ajassa sen yli. Jatkuvat nosturin iskut rataiskoon ja sen aiheuttama sivuttaiskuorma näkyvät tukijäkisteiden liitosten repeämissä. Tällaisia tapauksia voivat olla esimerkiksi vaakaturistikon sauvojen ja ratapalkin laippojen liitosten katkeaminen.

6.3 Aikataulun laadinta

Saatujen taustatietojen avulla tarkkoja nosturiratapalkkien uusimisvuosia ei pystytty määrittämään vuoden tarkkuudella. Investointien ajoitukset arvioitiin karkeasti 5 vuoden aikasykleittäin ja niiden tarkempi ajankohta selviää sille määritetyn vuosijakauman aikana. Uusimisvuosien ajoituksessa päädyttiin alustavasti seuraaviin vuosijakaumiin:

- v. 2016–2021
- v. 2021–2026
- v. 2026–.

Tulevaisuudessa kasvavat ja dokumentoitavat investointien suunnittelun taustatiedot parantavat korvausinvestointien optimointia. Tällöin myös uusimisvuosien ennuste tarkentuu.

6.3.1 Nosturiratapalkin korvausinvestointi vuosien 2016–2021 aikana

Mikäli nosturin oletustyösyklit olivat nosturiratapalkkeja keskimääräistä kuormittavammat, olivat myös ratapalkit jatkuvasti kovemman väsyttävän kuormituksen alla ja rakenteiden väsymisasteet todennäköisemmin ylittäneet rakenteiden kestoiän. Jos rakenteiden väsymisasteet ylitti 250 %, voitiin todeta, että ratapalkistoissa ilmeni erilaisia vaurioita enemmän, kuin jos väsymisasteet eivät olisi ylittäneet kestoikää. Väsymisasteiden ylitykset eivät kuitenkaan suoraan korreloi vaurioiden tai vikojen synnyn kanssa. Tämä johtuu käyttöikälaskennan epävarmuuksista kuormitushistoriatiedoissa ja myös mahdollisista erilaisista rakenteellisista vioista nosturiradalla. Mikäli vakavia, kantavuuden kannalta kriittisiä vaurioita silti ilmaantuu ja korjauksia on jouduttu tekemään paljon, tällaisissa tapauksissa ratapalkki laitetaan erilliseen tarkastusohjelmaan, jolla ratapalkin käyttöikää jatketaan sen uusimiseen asti. Nosturiratapalkiston kriittisimpien pilarivälien korvausinvestointien ajoitukset arvioitiin karkeasti 0–5 vuoden päähän vuodesta 2016 lähtien. Nämä ratapalkit ovat etusijalla ja mahdollisesti uusittava tai suoritettava ratapalkin käyttöikää jatkava pilarivälin vahvistus jo parin vuoden sisään.

6.3.2 Nosturiratapalkin korvausinvestointi vuosien 2021–2026 aikana

Kun käyttöikämitoituksen laskennalliset käyttöasteet väsymisen suhteen tarkastelupisteissä ovat 100–250 % ja tarvittavien korjauksien määrä pysyy kohtuullisena, niin korvausinvestoinnit määriteltiin suoritettavaksi 5–10 vuoden päähän nykyhetkestä. Näin tehtiin myös, mikäli käyttöasteet väsymisen suhteen nousivat lähelle 100 %:a useammassa kohtaa hallin ratapalkistoissa.

6.3.3 Nosturiratapalkin korvausinvestointi vuoden 2026 jälkeen

Ratapalkkien korvausinvestoinnit ajoitetaan automaattisesti yli 10 vuoden päähän, kun ratapalkit on uusittu viimeisen 20 vuoden sisällä tai kun ratapalkkien tarkastuksissa ei havaita vaurioita ollenkaan tai vakavia vaurioita kerta toisensa jälkeen. 10 vuoden päästä hallin ratapalkkeihin tehdään uudelleenkatselmus ratapalkkien mahdollisesti lisääntyneisiin vikatietoihin ja käyttöikään perustuen. Uudelleenkatselmuksessa nosturiratojen rakennetekninen kunto ja mahdolliset korvausinvestoinnit määritetään uudestaan tuleville vuosille.

Toisaalta ratapalkkien korvausinvestoinnit määrättiin alustavasti suunniteltavaksi uudestaan kymmenen vuoden päästä, vaikka palkeille määrättiin tehtäväksi käyttöikälaskelma, kuormitushistorian selvitys tai nosturiratarakenteiden määräaikaistarkastus. Edellä mainituista selvitys- ja vikatiiedoista saadaan lisätietoa ratapalkkien rakenteellisesta kunnosta ja investoinnin ajoitus voidaan tarvittaessa suunnitella uudelleen. Näin voidaan tehdä myös, mikäli palkiston vauriot joko kasvavat tai vähenevät suhteessa määriteltyyn kohtuuteen. Tämä koskee kaikkia nosturiratapalkkeja.

7 TULOKSET

Liitteissä 2 ja 4 on esitetty Excel-taulukko ja rakenneyksityiskohtien väsymisasteet sekä ratapalkkien vikatiedot sisältävät layout-piirustukset halleista. Näiden dokumenttien avulla ratapalkkien korvausinvestointien tarpeellisuus lähivuosille pystytään määrittämään tarkemmin pilariväleittäin. Nosturiratojen pilarilinjäväljen rakennetekninen kunto ja tarvittava uusimisvuosijakauma on helpompi selvittää yksilöimällä pilarivälit niiden vikaantumistaajuuden ja laskennallisen jäljellä olevan käyttöiän perusteella. Näin vältetään turhaan uusimasta ratapalkkeja liian laajalta alueelta. Jatkuvan, monitukisen I-palkin kriittisten jänneväljen viereisiä rakenteellisesti hyvässä kunnossa olevia ratapalkkeja ei ole taloudellisesti kannattavaa uusia vaurioituneempien ratapalkkien mukana liian aikaisin. Pitkällä ajanjaksolla täsmälliset korvausinvestointien ajoitukset tarkoittavat yritykselle merkittäviä kustannuksia säästäviä kulueriä.

Kaikki ratapalkkien korvausinvestointien ajoitukset merkitään Excel-taulukkoon, jota päivitetään, kun nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajankohtien suunnitteluun perustuvat selvitys- ja vikatiedot lisääntyvät. Investointitaulukkoa päivitetään myös, kun määritetään uudet korvausinvestointien ajankohdat kasvavien selvitys- ja vikatiетоjen avulla tai kun ratapalkin investointi on tehty. Uudet tiedot päivitetään myös liitteessä 5 esitettyihin tuloksena saatuihin erillisiin layout-piirustuksiin. Kuvista selviävät ratapalkkien korvausinvestointien ajankohdat niiden laajuudessa ja kriittisyydessä layout-piirustuksen muodossa.

7.1 Nosturiratapalkkien korvausinvestointien aikataulu

Nosturiratapalkkistojen linjoja palkkien pituussuunnassa kuvaavat kirjaimet. Ratapalkkeja kannattavia tukia kuvataan poikittaissuunnan numeroiduilla pilarilinjajoilla. Uusittavat ratapalkit jatketaan näiden pilarien eli tukien kohdalta tai niiden lähetyviltä, kuten jänneväljen kolmannespisteistä. Kuvien avulla havainnollistetaan eri ajankohdin uusittavia ratapalkkeja. Nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoituksissa päädyttiin seuraaviin tuloksiin SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaiden valssaamalla ja terässulatolla.

7.1.1 Valssaamo

SSAB Europe Oy:n tehtaan valssaamon nosturiratapalkkien korvausinvestointien suunnitellut aikataulut on tilaajan tahdosta jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

7.1.2 Terässulatto

SSAB Europe Oy:n tehtaan terässulaton nosturiratapalkkien korvausinvestointien suunnitellut aikataulut on tilaajan tahdosta jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

7.2 Tulosten tarkentaminen

7.2.1 Taustatiedot

Taustatiedot korvausinvestointien ajoitukseen olivat melko rajalliset, sillä historiaselvityksessä löytyi dokumentointia teräsrakennetarkastuksista vasta vuoden 2013 syksyiltä lähtien. Dokumentointia on edelleen mahdollista parantaa määrämällä ratapalkkien kunnonvalvonta- ja kunnossapitohenkilökuntaa pitämään tarkkaa kirjaa tehdyistä tarkastuksista ja korjauksista ja merkitsemällä ne hallien layout-piirustuksiin ratapalkkien todellisiin tarkastus- ja korjauskohteisiin jatkuvan palkin jännevälillä tarkkuudella. Tarkastusten ja korjausten tarkempi dokumentointi tarkentaa myös yhteenvetoa käyttöikäkaskelmien tulosten kanssa ratapalkin rakenneteknisestä kunnosta.

Käyttöikäkaskelmia oli yleisesti ottaen niukasti, verraten hallien laajuuteen ja hallissa havaittuihin vaurioihin sekä tehtyihin korjauksiin. Nosturiratapalkkien korvausinvestointien suunnittelun tarkentamiseksi on tärkeää saada pitkältä ajankaksolta tietoa ratapalkkien käytöstä, ilmaantuneista vaurioista sekä käyttöikäkaskelmien tuloksista.

7.2.2 Siltanosturin työsykli

Nosturiratapalkkien kuormitushistorioiden tarkka selvitys on erittäin työlästä. Nosturin työsyklejä historiatiedoissa ei ole taltioitu tarkasti tai ollenkaan, eivätkä

työsyklit vastaa aina toisiaan tuotantomäärien ja -prosessien muuttuessa. Käyttöikälaskelman tekijät ovat määrittäneet nosturin todellisimman työsyklin yhdessä tuotantoprosessin hyvin tuntevien työntekijöiden kanssa. Käyttöhistorian epätarkkuus lisää epävarmuuksia ratapalkiston rakenneteknisten arvioiden laadinnassa. Käyttöikälaskennan perusteena tyydytäänkin käyttämään lähinnä todellisuutta vastaavaa siltanosturin oletustyösykliä.

Siltanosturien työsykliä erilaisesta ratapalkkeihin kohdistuvasta kuormituksesta ja sitä seuraavista rakenteiden vaurioiden synnyistä olisikin syvemmän tarkastelun aiheita. Myös käyttöikälaskennan epävarmuus vähenisi tarkemman kuormitushistorian selvityksen avulla. Tarkoin selvitetystä ratapalkkien kuormitushistorioista ja sitä kautta vähenevistä epävarmuuksista käyttöikämitoituksessa sekä teräsrakennevaurioiden syvempien tarkastelujen yhteenvedoista voitaisiin johdonmukaisesti päätellä syntyviä vaurioita ratapalkkien erilaisissa tarkastelupisteissä pelkästään kuormitus syklien perusteella. Nosturiratojen kunnonvalvonta ja huoltotoimien keskittäminen arvioitaviin vaurioiden syntypisteisiin helpottuu ja työn tehokkuus paranee. Näin ratapalkkien suunniteltu käyttöikä saataisiin maksimoitua ja kaiken tämän kautta myös nosturiratapalkkien jäljellä olevan eliniän ennuste tarkentuu. Vastaavaan tarkempaan suunnitteluun vaadittaisiin kuitenkin todella paljon vertailua eri ratapalkkien taustatietojen kanssa, jossa tarkemman selvityksen taloudellinen kannattavuus kyseenalaistuu.

7.2.3 Nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoitusten uudelleenarviointi

Nosturiratapalkkien käyttöelinkaaren aikana tapahtuu siltanosturin aiheuttamia jännitysvaihteluita, jotka aiheuttavat ratapalkkeissa hiljalleen kasvavia muutoksia vaikuttaen ratapalkin tekniseen toimintavarmuuteen. Ikääntyminen, kuluminen, väsyminen, korrosio ja muut teräksisiä I-profiileita kuormittavat olosuhteet aiheuttavat ratapalkistossa ennen pitkään vaurioita tavalla tai toisella.

Ratapalkkien merkittävästä vaurioitumisesta kertovat uudet selvitetty taustatiedot kertovat, että on suositeltavaa suorittaa korvausinvestointien ajankohtien uudelleenarviointi. Tällaiset muutokset voivat muun muassa johtua nosturin todellisen työsyklin muuttuessa oletettua kuormittavammaksi tuotantoprosessin

muutoksien takia. Tämän vuoksi jo määriteltyjen korvausinvestointien ajoitukset on syytä tarkastaa säännöllisesti ja suorittaa tarpeen mukaan uudelleenarviointi, jotta pysytään ajan tasalla nosturiratojen toimintavarmuudesta. Toisaalta rata-palkin uusimisen ajankohdan uudelleenarviointia voidaan edelleen lykätä, kun ratapalkit säilyvät rakenneteknisesti moitteettomassa toimintavarmuudessa.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä tarkemmin nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoitusten suunnitteluun. Tavoitteeksi muodostui ajoittaa ratapalkkien mahdolliset korvausinvestoinnit saatuihin taustatietoihin perustuen, kuten ratapalkkien kriittisten rakenneyksityiskohtien käyttöikälaskelmiin ja perehtyen eri hallien siltanosturien käyttöhistoriatietoihin sekä ratapalkiston historiaselvityksiin rakenteiden vikaantumistaajuudesta. Pitkille käyttöiälle suunnitellut nosturiradat lähestyvät elinkaarensa loppua ja ratapalkkien uusiminen tulee lähitulevaisuudessa ajankohtaiseksi. Ratapalkkien huomattavien kustannuksien vuoksi investointien ennustettavuuteen haluttiin tehdä parannusta.

Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä terästeollisuuden nosturiratapalkkeihin yleisellä tasolla. Työssä syvennyttiin myös erikseen nosturiratapalkkeina käytettäviin hitsattuihin ja niitattuihin I-profiileihin sekä niitä rasittavaan väsyttävään kuormitukseen. Lisäksi opinnäytetyössä perehdyttiin ratapalkkien elinkaariajatteluun ja kunnossapitoon SSAB Europe Oy:n Raahen terästehtaalla. Lopuksi selvitettiin ratapalkkien korvausinvestointien ajoituksiin johtaneita tuloksia sekä kuinka niitä voidaan hyödyntää Raahen tehtailla. Insinööriyössä riitti haasteita oikeellisten lähtö- ja taustatietojen keräämisen kanssa.

Insinööriyössä koottiin ajoitusten täsmällisempään suunnitteluun tarvittavat rakennetekniset selvitys- ja vikatiedot yhteen. Näiden taustatietojen avulla tulokseksi saatiin laadittua yksinkertaiset suunnittelupohjat tulevien ratapalkkien korvausinvestointien ajoitusten määrittämistä varten. Investointien ennustettavuutta voidaan edelleen parantaa täydentämällä suunnittelupohjia tulevaisuudessa lisääntyvillä taustatiedoilla. Lisäksi työssä luotiin erilliset layout-piirustukset, joihin on merkitty saatavilla olevat käyttöikälaskelmien tulokset ja ratapalkkien poikkeileikkausten viat halleittain. Layout-piirustukset luotiin muokkaamalla käytettävissä olevia valssaamon ja terässulaton valmiita layout-piirustuksia.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin määriteltyä nosturiratapalkkien investointien ajankohdat ratapalkiston rakenteellisen kunnon kriittisyyden perusteella 5 vuoden aikasykleittäin. Näitä tuloksia havainnollistamaan kehittyivät myös

layout-piirustukset, joihin on merkitty uudet ratapalkkien korvausinvestoinnit niiden suunnitellussa laajuudessa, ajankohdassa ja kriittisyydessä. Insinööriyön tuloksena syntyneet korvausinvestointien suunnittelua havainnollistavat valsaamon ja terässulaton layout-piirustukset ja Excel-käyttöiset suunnittelupohjat tulevat SSAB Europen kunnossapitohenkilöstön käyttöön.

Päättötyön aihealueet olivat minulle suurelta osin uutta asiaa. Opin valtavasti nosturiratapalkeista ja niiden korvausinvestointien valmistelusta. Ratapalkkien korvausinvestoinnit olivat harvinainen ja sopivan haastava aihe käsiteltäväksi. Aihe ei ollut kovin yksiselitteinen, eikä aiheesta löytynyt suoraan verrattavissa olevaa materiaalia. Tämä lisäsi mielenkiintoani opinnäytetyötä kohtaan ja halua oppia uutta. Nosturiratapalkkien kaltaisista pitkäaikaisista rakennusalaan liittyvistä korvausinvestoinneista ja niiden aikatauluttamisesta tulisi tehdä tutkimusta enemmänkin.

LÄHTEET

Aitta, Seppo 2004. Siltojemme historia. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Arola, Vesa-Pekka 2011. Nostureiden kunnossapito ja tarkastukset VNA 403/2008 mukaisesti. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28384/Arola_Vesa-Pekka.pdf?sequence=1. Hakupäivä 6.5.2016

Elomaa, Pekka 2012. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu. Opinnäytetyö. Turku: Turun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/49418>. Hakupäivä 21.3.2016.

Hitsatut Profiilit EN 1993 -käsikirja. 2010. Ruukki. Hämeenlinna: Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <https://software.ruukki.com/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=1-3-1-2>. Hakupäivä 28.1.2016.

Iron and Steel. 2008. Bristol: University of the West of England. Saatavissa: <http://fet.uwe.ac.uk/conweb/commercial/ironandsteel/section5.htm>. Hakupäivä 15.5.2016.

Korhonen, Jussi 2015. Teollisuuden teräsrakenteiden elinkaaren hallinta. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikka. Saatavissa: <http://herkules.oulu.fi/thesis/nbnfioulu-201511052116.pdf>. Hakupäivä 29.1.2016.

Kunnossapidon koulutus, ehkäisevä kunnossapito. PowerPoint-diasarja. SSAB. Yrityksen sisäinen lähde.

Kunnossapidon uudet toimintatavat. 2008. PowerPoint-diasarja. Ruukki. Yrityksen sisäinen lähde.

Matinlauri, Toni 2016. Esimerkki nosturiradan liikuntasaumasta. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Tommi Korpela. 18.5.2016.

Niemi, Erkki 2003. Levyrakenteiden suunnittelu. Tekninen tiedotus 2/2003. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

Niemi, Pekka 2010. Jälkikäsitteilytekniikka: valukappaleen tarkastusmenetelmät. Valuatlas & Tampereen ammattiopisto. Saatavissa: http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/jalkikasittely_tao/jk_01.html. Hakupäivä 6.5.2016.

Nostureiden kunnossapito. 2010. PowerPoint-diasarja. Ruukki. Yrityksen sisäinen lähde.

RIL 167-1. 1988. Teräsrakenteet I. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 167-2. 1992. Teräsrakenteet II. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

SFS-EN 13001-2. 2014. Nosturit. Yleissuunnittelu. Osa 2: kuormitukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 1993-1-9. 2008. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-9: Väsyminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 1993-6. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 6: Nosturia kannattavat rakenteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 17638. 2009. Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauhetaarkastus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 17640. 2010. Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Tekniikat, tarkastustasot, arviointi. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SSAB dokumentti nro 0746433. Yrityksen sisäinen lähde.

SSAB dokumentti nro 4495937. Yrityksen sisäinen lähde.

SSAB dokumentti nro 4713811. Yrityksen sisäinen lähde.

SSAB dokumentti nro 4718509. Yrityksen sisäinen lähde

SSAB dokumentti nro 4730639. Yrityksen sisäinen lähde.

SSAB dokumentti nro 4731391. Yrityksen sisäinen lähde.

Teräsrunkorakenteiden kuntotarkastusohje. 2006. VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/KuntoTark_24-10-2006.pdf. Hakupäivä 13.2.2016.

Tuovila, Jukka 2011. Teollisuusrakennusten teräsrunkojen käyttöiän arviointi laskennallisin menetelmin väsymisen suhteen. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikka.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. 403/2008. Helsinki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>. Hakupäivä 3.3.2016.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Nosturiratapalkkien korvausinvestointien suunnittelun taustatiedot, Excel-
taulukot

Liite 3 Nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoitukset, Excel-taulukko

Liite 4 Valssaamon ja terässulaton nosturiratapalkkien vikatiedot, layout-piirustukset

Liite 5 Valssaamon ja terässulaton nosturiratapalkkien korvausinvestointien ajoitukset, layout-piirustukset