



Juha Mäkelä

TERÄSBETONIPILASTERIEN RAKENTAMINEN LAANILAN EKOVOIMALAITOKSELLA

TERÄSBETONIPILASTERIEN RAKENTAMINEN LAANILAN EKOVOIMALAITOKSELLA

Juha Mäkelä
Opinnäytetyö
Syksy 2012
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma, rakennusalan työnjohto

Tekijä: Juha Mäkelä

Opinnäytetyön nimi: Teräsbetonipilasterien rakentaminen Laanilan ekovoimalaitoksella

Työn ohjaaja: Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2012

Sivumäärä: 22 + 3

liitettä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Laanilan ekovoimalaitoksen jätebunkkeriin rakennettavat teräsbetonipilasterit. Pilasterit rakennettiin tukemaan teräsbetonista väliseinää jätteiden painosta syntyvää painetta vastaan. Työssä esiteltiin myös pääperiaatteet ekovoimalaitoksen toiminnasta. Tavoitteena oli hyvän tehtäväsuunnitelman kautta onnistua vaativassa rakennustyössä sekä karsia ongelmat ennen niiden syntyä.

Työ toteutettiin laatimalla tehtäväsuunnitelma ja käyttämällä sitä työn kuluessa. Työtä dokumentoitiin valokuvin. Materiaalina käytin RT-kortistoa sekä valmista tehtäväsuunnitelmapohjaa. Rakentamisen vaiheet selitettiin omissa kappaleissaan ja havainnollistettiin kuvien avulla.

Työn aikana ja sen valmistuttua huomasin, että tehtäväsuunnitelmasta oli paljon hyötyä. Ennen työn alkamista tehdyillä suunnitelmilla nopeutettiin päätöksien tekoa työn aikana. Vaikeisiin nostotöihin varatulla kalustolla nopeutettiin työtä sekä varmistettiin turvalliset nostot.

Asiasanat: pilasteri, bunkkeri, ekovoimalaitos

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	3
2 LAANILAN EKOVOIMALAITOS	4
2.1 Yleistä	4
2.2 Poltettava jäte	4
2.3 Polttoprosessi	4
2.4 Jätebunkkeri	5
2.5 Valvomo	7
3 PILASTEREIDEN RAKENTAMINEN	8
3.1 Rakenne	8
3.2 Tartuntojen poraus ja injektointi	9
3.3 Raudoittaminen	11
3.4 Lankalämmitys	12
3.5 Muottityöt ja betonointi	14
3.6 Viimeistely	16
3.7 Kustannukset ja aikataulu	16
4 TYÖTURVALLISUUS	18
4.1 Yleistä	18
4.2 TR-mittaus	18
5 POHDINTA	20
LÄHDELUETTELO	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kahden teräsbetonipilasterin rakentaminen Laanilan ekovoimalaitoksen jätebunkkeriin. Pilasterit rakennettiin tukemaan jätebunkkerin teräsbetonista väliseinää suuresta jätemäärästä tulevaa painetta vastaan. Lisäksi tässä työssä kerrotaan jätebunkkerin ja koko jätteenpolttolaitoksen toiminnasta sekä annetaan yleistietoa betonirakentamisesta.

Pilastereiden rakentamisesta laadittiin tehtäväsuunnitelma ja rakentamista dokumentoitiin valokuvilla. Pilastereiden rakentamisen työvaiheisiin kuuluivat harjaterästartuntojen asennus, pilastereiden raudoitus, muottityöt ja betonointi.

Työskentelin ekovoimalaitoksen työmaalla lähes vuoden Lemminkäinen Talo Oy:llä työnjohtoharjoittelijana. Valitsin pilasterien rakentamisen opinnäytetyön aiheeksi, koska kokonaisuutena työmaa oli todella mielenkiintoinen ja pilastereiden tekemisessä tulivat hyvin esiin betonirakentamisen perusasiat sekä hie- man erikoisemmat työolosuhteet varsinkin pilasterien muodon ja sijainnin takia.

2 LAANILAN EKOVOIMALAITOS

2.1 Yleistä

Oulun Energia rakennuttaa Oulun Laanilaan jätteenpolttolaitoksen. Laitos sijaitsee Kemiran tehdasalueella lähellä Kuusamoon johtavaa tietä. Rakennustyöt käynnistyivät heinäkuussa 2010, ja voimalaitos otetaan virallisesti käyttöön elokuussa 2012. Jätettä laitoksessa poltetaan ensimmäisen kerran saman vuoden huhtikuussa. Ekovoimalaitos tulee tuottamaan höyryä Kemiran prosesseihin sekä sähköä ja kaukolämpöä Oulun Energialle. (1.)

Valmistuttuaan laitos tulee pienentämään nykyisen Ruskon kaatopaikan ympäristövaikutuksia merkittävästi. Kaatopaikan kasvu rajoittuu huomattavasti kun jätteenpolton alettua Ruskoon kertyvä jätemäärä putoaa 100 000 tonnista 40 000 tonniin. Laitos pystyy polttamaan 120 000 tonnia jätettä vuodessa. Suunnitelmien mukaan puolet poltettavasta jätteestä tulisi Oulun alueelta ja loput muualta Pohjois- ja Itä-Suomesta. Laitos tulee myös vähentämään Ruskon kaatopaikalla muodostuvia metaani-kasvihuonekaasupäästöjä lähes 90 %. (1.)

2.2 Poltettava jäte

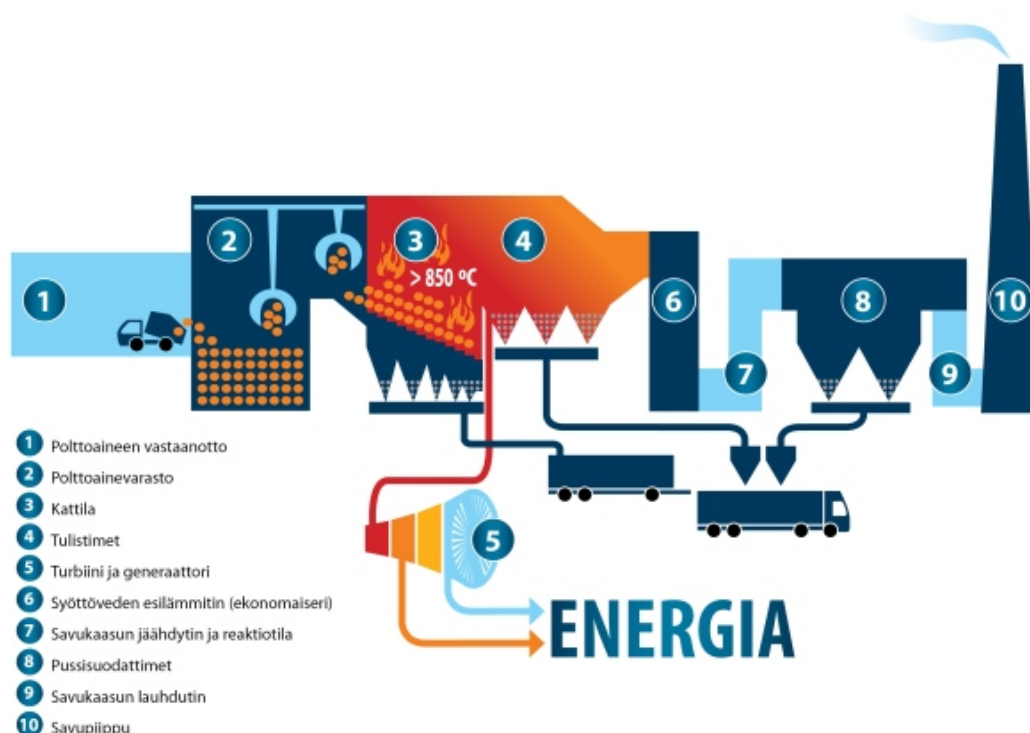
Laanilan ekovoimalaitoksessa polttoaineena käytetään kotitalouksissa ja yrityksissä syntyvää polttokelpoista sekajätettä. Laitoksen valmistuminen muuttaa jätteiden lajittelua jonkin verran. Ennen omiin kierrätysastioihin lajitellut muovijätteet voidaan nyt laittaa sekajätteen eli poltettavan jätteen joukkoon. Polttokelpoiseen jätteeseen ei edelleenkään saa laittaa vaarallista jätettä, lasia eikä metallia. Myös pahvin ja paperin omat keräyspisteet säilyvät. (1.)

2.3 Polttoprosessi

Poltettavat jätteet tuodaan ekovoimalaitokselle normaaleilla jäteautoilla suoraan keräyspaikoilta eikä niitä varastoida ulos missään vaiheessa. Ennen voimalaitoksen käyttöönottoa jätettä on kuitenkin paalutettu Ruskon kaatopaikalla varastoon. Jäteautot ajavat sisään vastaanottorakennukseen, jossa sijaitsee ovet

jätebunkkeriin. Autot peruuttavat oville ja kippaavat jätteet bunkkeriin. Jätettä sekoitetaan bunkkerissa olevilla isoilla kahmarikauhoilla ja niillä jätettä myös nostetaan polttokattilaan puolen tunnin välein. Jäte palaa kattilassa yli 850 asteen lämpötilassa. Kattilan putkistoissa oleva vesi höyrystyy syntyvän lämmön avulla ja syntynyt höyry hyödynnetään sähkön ja kaukolämmön tuotantoon sekä Kemiran prosesseihin. (1.)

Seuraavasta kuvasta näkyy voimalaitoksen toimintaperiaate. Kuvaan on numeroitu 10 toiminnan kannalta oleellisinta osaa, aina jätteen tuonnista savukaasujen puhdistukseen asti.



Kuva 1. Ekovoimalaitoksen toimintakaavio. (1.)

2.4 Jätebunkkeri

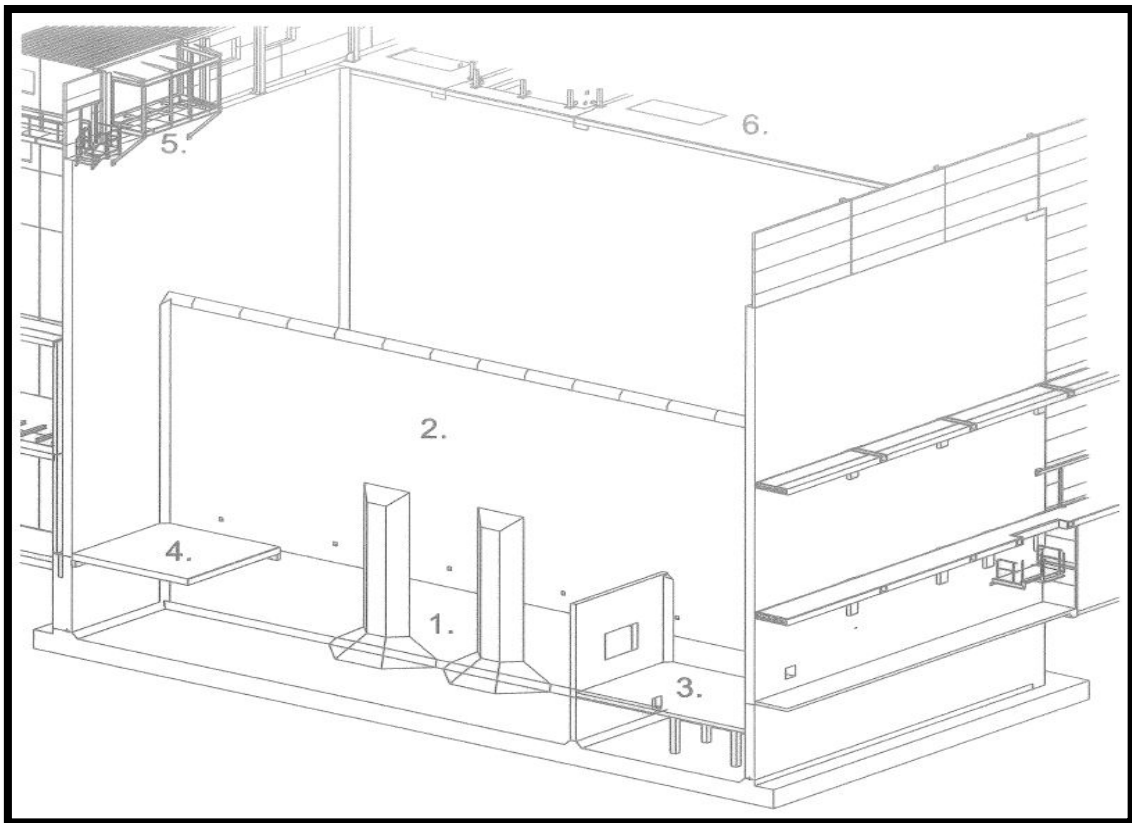
Jätebunkkeri, eli voimalaitoksen polttoainevarasto, on rakennettu teräsbetonista käyttämällä liukuvalumenetelmää. Muottipinta-alaa bunkkerissa on 6040 m², betonia 1250 m³ ja raudotteita yli 110 000 kg. Bunkkeri on noin 36 m leveä ja 26 m korkea, josta ylin 21 metrin osuus on valettu liukuvalulla. Bunkkerin pohja on 4,5 m maanpinnan ja vastaanottorakennuksen lattian alapuolella. Bunkkeri on jaettu 12 m korkealla väliseinällä kahteen osaan. Pienempään osaan kipa-

taan jätteet ja toinen osa toimii isompana varastona. Pienemmässä osassa on myös jätteiden murskain sekä huoltotaso. Tilavuutta bunkkerilla on yhteensä noin 9000 m³ ja seinät ovat 500 mm paksut.

Jätebunkkerin kaikkiin nurkkiin on betonivalun yhteydessä tehty viisteet. Nurkkakohdat eivät siis ole 90-asteisia. Pohjalle on myös tehty viistetyt ”jalkalistat”. Viisteiden avulla jätettä ei kerry nurkkakohtiin ja ne myös tukevat rakennetta.

Bunkkerin rakentamiseen käytettävän betonin tuli olla vesitiivistä sekä sulfaatin-, suolarasituksen ja pakkasenkestävää. Suunnitelmiin merkityt betonin rasitusluokat olivat XC3, XC4, XD1, XF3, XA1. (Liite 2.)

Seuraavassa kuvassa on esitetty jätebunkkerin rakenne 3D-kuvana. Kuvassa ei näy etummaista seinää, jossa olevista ovista jäte kipataan bunkkeriin. Numeroiden selitykset: 1. Rakennettavat tukipilasterit, 2. Bunkkerin väliseinä, 3. Murskain, 4. Huoltotaso, 5. Valvomo ja ohjaintila, 6. Syöttösuppilotas. (2.)



KUVA 2. Jätebunkkerin 3D-kuva. (2.)

Jätebunkkerin katossa on 2 kappaletta kiskojen päällä liikkuvia kahmarikauhoja. Kauhat pystyvät nostamaan useita tonneja jätettä kerrallaan. Alla olevassa kuvassa näkyy toinen oranssi kahmarikauha. Kuva on otettu syöttösuppilotasolta bunkkeriin päin. Kuvan alareunassa erottuvat myös ovet, joista jäteautot kip-
paavat jätteet bunkkeriin.



Kuva 3. Jätteiden nostamiseen käytettävä kahmarikauha. (3.)

2.5 Valvomo

Laitoksen 7. kerroksessa sijaitsee voimalaitoksen valvomo. Tässä tilassa prosesseja valvotaan ja säädetään. Valvomosta on rakennettu uloke bunkkerin puolelle. Tältä ulokkeelta ohjataan kahmarikauhoja sitä varten valmistetuilta ohjaintuoleilta. Ohjaintilan seinät ja lattia ovat lasia hyvän näkyvyyden takia. Tarkoituksena kuitenkin on, että kahmarikauhat syöttävät jätettä poltettavaksi osittain automatiikan avulla.

3 PILASTEREIDEN RAKENTAMINEN

3.1 Rakenne

Kahden rakennettavan pilasterin tarkoituksena on tukea betonista väliseinää jätteiden muodostamaa painetta vastaan. Pilastereiden muodolla on tässä kohteessa suuri merkitys. Jätebunkkerissa ei tulisi olla pintoja tai nurkkia, joihin voi keräytyä jätettä. Tämä tarkoittaa, että pilastereiden jokainen sivu sekä ylä- ja alaosa tulee olla viistetty. Pilastereissa ei siis ole yhtään suoraa kulmaa, joka josaltaan luo lisähaastetta varsinkin muottityölle.

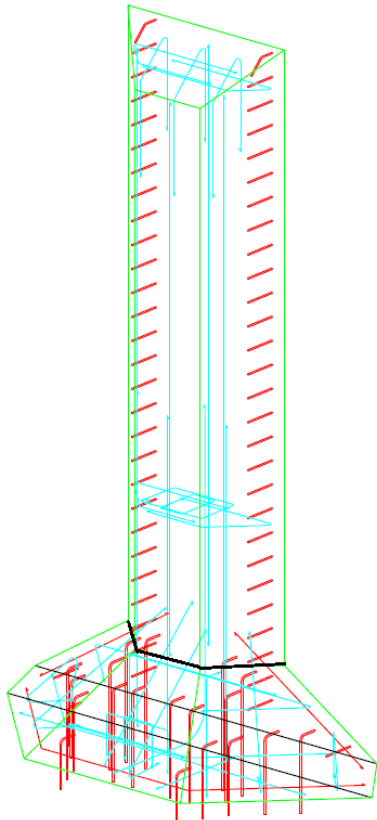
Pilastereiden viistetyt muodot ottavat myös paremmin vastaan mahdolliset iskut raskaista kahmarikauhoista. Iskujenkestävyys on tärkeää, sillä pinnan rikkoutuessa pilastereiden raudoitteet tulevat helpommin esille ja kemikaaleille alttiissa ympäristössä ne alkavat helposti ruostua. Tästä syystä pilastereiden raudoitteiden betonisuojapeitteen arvo oli määrätty vähintään 50 mm paksuksi. Väliseinää vasten olevalla osalla suojapeitteeksi riitti normaalimpi 25 mm.

Pilasterin alaosa, eli jalka, on leveämpi ja syvempi kuin korkea yläosa. Jalan alaosan leveys väliseinää vasten olevalla osalla on 5600 mm ja korkeus 1200 mm. Jalan syvyys keskellä on 1900 mm. Jalka pienenee ylöspäin. Jalan yläosassa leveys on 2400 mm ja syvyys 700 mm. Yläosa jatkuu näillä mitoilla vielä 7700 mm ylöspäin. Pilasterit kohoavat ylöspäin bunkkerin pohjalta noin 4,5 m maanpinnan alapuolelta.

Pilasterit otetaan kiinni väliseinään ja bunkkerin pohjalaattaan sadoilla harjaterästartunnoilla, jotka ankkuroidaan kiinni porattuihin reikiin kemiallisella 2-komponenttisella injektiomassalla. Seinien tartunnat ovat suoria, 16 mm paksuja ja 450 mm pitkiä harjaterästappeja. Pohjalaattaan tulevat tartunnat ovat 20 mm paksuja ja 85–1800 mm korkeita L:n muotoisia harjateräksiä. Tartunnat teetettiin valmiiksi rauditus aliorakoitsijalla, joka myös toimitti ne työmaalle.

Pilasterit rakennettiin suunnitelmien mukaisesti kahdessa osassa. Pilasterien jalkaosat betonoitiin ensin. Jalkaosan tekeminen ensin helpotti varsinkin muottityötä sekä telineiden tekoa yläosan raudoittamista ja muotitusta varten.

Alla olevassa kuvassa on merkattu punaisella lattiatartunnat sekä reunimmaiset seinätartunnat. Sinisellä on merkattu raudoitteiden, esimerkiksi hakasten ja pystyterästen asennuseriaate. Mustalla viivalla on merkitty jalan ja yläosan työsauma.



Kuva 4. 3D-kuva pilasterista. (4.)

3.2 Tartuntojen poraus ja injektointi

Pilastereiden rakentaminen aloitettiin merkkamalla pilastereille asennettavien tartuntateräksien paikat. Työn suoritti mittamies. Yhteensä pilasteriin tuli 278 kpl tartuntoja, 230 kpl seinään ja 48 bunkkerin pohjalaattaan. Seinätartuntojen reiät oli määrätty 150 mm syviksi ja pohjalaatan reiät 400 mm syviksi. Reikien koko seinässä 20 mm ja pohjassa 25 mm. Bunkkerin huoltotasolle ajettiin kuukulkija, jolta yllettiin suorittamaan merkkaukset, poraukset ja injektointi korkealle seinälle. Reikien merkkauksen ohella mittamies merkkasi seinään valukorot, muottien pystylinjat sekä pilasterin jalan ääri viivat bunkkerin pohjalaattaan.

Poraukset suoritettiin ensin seinälle. Porauksen jälkeen reiän tarpeellinen syvyys varmistettiin ja reikä puhdistettiin puhdistuspumpulla ja harjalla käyttöohjeen mukaan. Huolellisen puhdistuksen jälkeen voitiin tartuntateräs injektoida reikään.

Injektointimassaksi oli määrätty HILTI HIT-HY 150MAX (liite 3). Massa puristettiin reikään käsikäyttöisellä puristimella. Massaa pitää tulla reikään sen verran, että sitä pursuaa hieman reiästä pois kun tartunta työnnetään rauhallisesti reikään. Terästä kannattaa myös hieman pyörittää työnnettäessä. Kaikki reiät porattiin ja puhdistettiin ensin, minkä jälkeen tartunnat asennettiin.

Pohjalaattaan tartunta asennettiin heti kun yksi reikä oli porattu. Syynä tähän oli se, että laatan päällä oli työvaiheen alkaessa vettä ja jäätä, jota saattoi mennä reikään jos se oli kauan auki. Lisäksi alaspäin olevaan reikään menee helpommin muutakin likaa. Laattaa imuroitiin vesi-imurilla ja kuivattiin kaasutoholla. Lisäksi reikien puhdistuksessa käytettiin vielä imuria.



KUVA 5. Asennettu seinätartunta

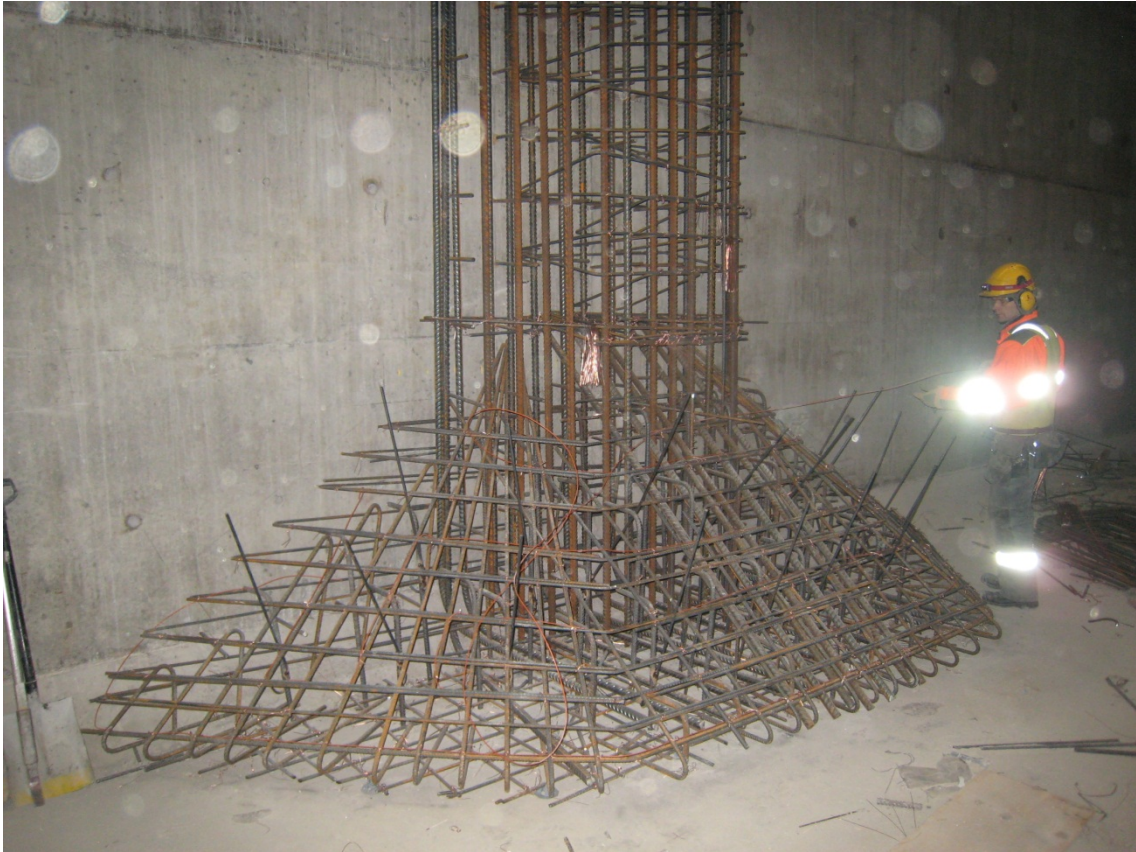
Seinätartuntojen asennuksessa käytettiin kuukulkijaa (kuva 6), jotta ylettiin tarpeeksi korkealle. Kuukulkija ajettiin bunkkerin huoltotasolle (Ks. kuva 2.)



KUVA 6. Toisen pilasterin seinätartunnat asennettu

3.3 Raudoittaminen

Toisen pilasterin tartuntojen ollessa asennettu voitiin jalkaosaa alkaa hetimiten raudoittamaan. Työkohteeseen siivottiin ennen raudoituksen aloitusta hyvin. Raudoituksen teki aliurakoitsija, ja he tekivät pajalla kaikki tarvittavat lenkit ja hakaset valmiiksi. Valmiit osat nostettiin bunkkerin pohjalle kurottajalla, jonka piikkien tilalle vaihdettiin jatkopuomi, koska muuten alas ei yletty turvallisesti. Raudoituksen työjärjestystä jouduttiin alussa miettimään, koska lukuisten tartuntojen takia rauditus tuli nopeasti hyvin ahtaaksi. Lisäksi muottien kiristämiseen käytettävät terästangot (kuva 7) piti hitsata ennen raudoituksen valmistumista, koska raudoituksen välit kävivät ahtaaksi. Raudoituksen valmistuttua se tarkastettiin ja sidontalankojen päät taiteltiin raudoituksen sisään. Raudoituksen suojaetäisyyksien tarkistamisessa käytettiin laudasta tehtyä ns. kehikkoa, joka vastasi pilasterin muotoa. Kuljettamalla kehikkoa raudoituksen edessä nähtiin helposti jos suojaetäisyys kävi liian pieneksi.



KUVA 7. Pilasterin jalkaosan raudoitus valmiina

3.4 Lankalämmitys

Työn tekemisen aikana lämpötilat laskivat välillä reilustikin pakkasen puolelle. Bunkkerissa ei kuitenkaan ollut niin kylmä kuin ulkona, joka osaltaan helpotti työtä. Vaikka varsinkin pilasterien jalkaosat olivat melko massiivisia, katsottiin silti tarpeelliseksi käyttää lisälämmitystä betonin jäätyminen estämiseksi. Lämmitys tehtiin käyttämällä vastuslankoja, jotka liitetään betonilämmitysmuuntaajaan. Vastuslankaa nimitetään monesti porkkanalangaksi sen oranssin värin takia.

Koska betoni tuottaa lämpöä kuivuessaan, asennetaan langat varsinkin paksuissa rakenteissa yleensä vain valun ulkopintaan, koska se jäähtyy nopeammin. Näin tehtiin nytkin. Langat katkottiin noin 17 m pätkiksi ja sidottiin 30 - 40 cm välein kiepeille raudoituksen sisälle (kuva 8). Lankojen sitomisessa tulee olla erittäin huolellinen. Sitomisessa ei tulisi käyttää rautalankaa, mieluiten käytetään lämmityslangasta katkottuja pätkiä tai nippusiteitä. Vastuslangan suoja-

kuori ei ole kovin paksu, ja tämän takia sen rikkoutuessa aiheutuu helposti oikosulku langan sisuksen koskiessa raudoitukseen. Oikosulun sattuessa lanka palaa yleensä poikki, eikä tietenkään toimi enää. Monesti on syytä asentaa jonkun varalanka, jotka voidaan kytkeä päälle jonkun langan rikkoutuessa.

Lankalämmityksessä voidaan käyttää noin 5 - 30 m lankoja. Mitä pidempi lanka, sen heikommin se lämpiää ja lyhyellä päinvastoin. Käytettäessä lyhyitä, 5 - 10 m mittaisia lankoja, on syytä kytkeä ne muuntajaan puolivirralla, eli vaiheen ja nollan väliin, jotta ne eivät lämpiä liikaa.

Lankalämmityksessä tarvitaan vastuslankaa, paksumpaa ja monisäikeistä kytkentälankaa, liittimiä, eristysteippiä, lämmitysmuuntaja, runkokaapelia, haaroitusliittimiä sekä pihtiampeerimittari. Lämmityslankarullasta katkaistaan halutun mittainen pätkä, ja sen molempiin päihin kytketään esimerkiksi huppuliittimillä kytkentälanka. Liitoskohdan päälle kannattaa vielä sitoa teippiä suojaamaan liitosta. Kun lämmityslanka on sidottu raudoitukseen, kytkentälankojen päät yhdistetään muuntajasta tuleviin runkokaapeleihin haaroitusliittimien avulla. Lankaa asentaessa pitää olla huolellinen, ettei suojakuori rikkoudu, ja että lankojen liitoskohta jää betonin sisään. Myös kytkentälangan ulostuonnin paikka kannattaa miettiä, ettei se rikkoudu muottitöiden aikana. Turvallisin paikka tuoda kytkentälanka ulos raudoituksesta on yleensä sama paikka mistä betoni valetaan muottiin. Näin lanka ei esimerkiksi litisty muottien väliin asennustöiden aikana.



KUVA 8. Oransseja vastuslankoja yläosan raudoituksessa

3.5 Muottityöt ja betonointi

Muottityöt aloitettiin heti tartuntojen poraamisen jälkeen tekemällä muottielementtejä. Pilastereiden muodon takia muottienkin piti olla monimuotoisia, joten kirvesmiehet tekivät erilaisia sapluunoita työpöydälle, joiden avulla tiettyjen osien muottielementeistä saatiin aina samanlaisia. Mittamiehen avustuksella tehtyjen sapluunojen avulla levyjen muotoon leikkaaminen kävi nopeasti.

Muotit valmistettiin normaalista 1200 mm x 1200 mm x 12 mm havuvanerista, jota tyypillisesti käytetään betonivaluissa, joille ei ole asetettu korkeita ulkonäkövaatimuksia esimerkiksi sileyden kannalta. Muotit jäykistettiin pystysuunnassa olevilla 2 x 4 tuuman lankuilla noin 300 mm välein. Näiden lankkujen päälle tulivat vaakaan samanlaiset lankut muottilukkotankojen molemmin puolin.

Suunnitelmien mukaisesti pilasterin jalkaosat muotitettiin ja betonoitiin ensin, joka tottakai oli työteknisesti järkevää. Betonointia varten alaosaan muottiin tehtiin kaksi 200 mm x 200 mm kokoista reikää, joista voitiin täryttää betonia ja näin varmistua betonin leviäminen jalan joka osaan. Reiät tehtiin alaosaan keskivaiheille ja ne suljettiin sopivalla levyn palasella valun edetessä.

Betonointi suoritettiin sekä jalan ja yläosan kohdalla vuorotellen pilastereiden välillä. Näin tekemällä betonoinnin nousukorkeus pystyttiin pitämään tarpeeksi pienenä, noin 0,4 m kerrallaan. Muottia tarkkailtiin koko valun ajan, varsinkin alaosaa sinne kohdistuvan paineen takia. Yläosaa betonoitaessa betonipumpun letku pudotettiin mahdollisimman alas muottiin, jotta betonimassan pudotuskorkeus ei olisi liian suuri. Maksimipudotuskorkeutena voidaan pitää noin 1,5 m. Tätä korkeammalta pudotettaessa massa voi erottua. Erottumisella tarkoitetaan massan veden ja kiviaineksen "irtaantumista" toisistaan. Tällöin betonin rakenne ei toimi kuten sen kuuluisi. Lisäksi pinnasta ei tule siisti. (5.)

Betoni tiivistettiin käyttämällä halkaisijaltaan 60mm tärysauvaa. Tärytin upotettiin edelliseen valukerrokseen noin 15cm syvyyteen. Tärysauvan käytön tarkoituksena on saada betoni täyttämään muotti kokonaan, ympäröidä raudoitteet joka puolelta, saada runkoaineet hakeutumaan lähemmäksi toisiaan ja poistaa massasta ylimääräinen ilma. Jos ilma ei pääse poistumaan massasta kunnolla, voi se jättää pintaan koloja. (5.)

Kuvassa numero 10 on pilasterin jalkaosan muotti valmiina. Muottilukot on kiristetty niille hitsattuihin tankoihin sekä jalan alaosa on lisätuettu betonoinnin ajaksi lankuilla.



KUVA 10. *Pilasterin jalkaosan muotti*

3.6 Viimeistely

Muottien purkamisen jälkeen pilastereiden pinta tarkastettiin. Pinnoilta havaittiin muutama kohta, jotka piti paikata. Kohdat paikattiin soveltuvalla paikkausmassalla. Lisäksi pilastereiden reunat hiottiin karkeasti hiomakivellä. Alla olevassa kuvassa pilasterit ovat valmiit.



KUVA 11. *Valmiit pilasterit*

3.7 Kustannukset ja aikataulu

Pilastereiden rakentaminen ei kuulunut alkuperäiseen urakkaan, joten se tehtiin lisätyönä. Lisätyötarjouksen laskivat Lemminkäisen vastaavamestari sekä työpäällikkö. Suurimmat kustannukset muodostuivat raudoitteista (6006,8 kg), muottityöstä (100 m²) ja betonin (28 m³) hinnasta. Lisätyötarjouksen summia ei tässä työssä esitetä.

Rakentamiselle laadittiin aikataulu siltä pohjalta, että aikaa pilastereiden teolle oli noin 3 viikkoa. Aikataulutusta vaikeutti se seikka, että bunkkerissa oli yhtä aikaa käynnissä kahmarikauhojen asennustyöt. Kauhojen asennus kattoon aiheutti työturvallisuusriskin bunkkerin pohjalla, jonka takia pilastereiden rakentaminen jouduttiin keskeyttämään aina asennusten ja koekäyttöjen ajaksi. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että useana päivänä saimme työskennellä pilastereiden parissa vain 4 tuntia. Tämänkin takia rakentamiselle oli varattu niinkin pitkä aika kuin 3 viikkoa.

Laadittu aikataulu oli karkea. Tartuntojen asennusten tarvitsema aika oli vaikea arvioida, joten aikataulua tarkennettiin kun työt olivat edenneet päivän. Aikataulu piti kuitenkin suhteellisen hyvin paikkansa. Työt venyivät neljännelle viikolle kuitenkin parilla päivällä, muottien purkamisen, siivouksen ja pilastereiden reunojen viimeistelyn osalta.

Lemminkäinen			Lemminkäinen Talo Oy / Toimintajärjestelmä Viikkosuunnitelmalomake																	
Työmaa			Laanilan Ekovoimalaitos																	
Tehtävä			Jätebunkkerin pilasterit																	
TEHTÄVÄ	TEKIJÄ	RESURSSI	vko 1					vko 2					vko 3							
			MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE			
NRO 1 & 2 MITTAUS	OMA	MITTAMIES	x																	
NRO 1 TARTUNTOJEN PORAAUS + ASENNUS	OMA	2 RAM	x	x	x															
NRO 2 TARTUNTOJEN PORAAUS + ASENNUS	OMA	2 RAM		x	x	x														
NRO 1 ALAOSAN RAUDOITUS	ALIU	2 RAM																		x
NRO 2 ALAOSAN RAUDOITUS	ALIU	2 RAM																		x
MUOTTIEN VALMISTELU				x	x	x														
NRO 1 ALAOSAN MUOTTAUS	OMA	2RAM								x	x									
NRO 2 ALAOSAN MUOTTAUS	OMA	2RAM								x	x									
NRO 1 & 2 ALAOSAN BETONOINTI												x								
NRO 1 & 2 TELINEET	ALIU	3RAM																		
NRO 1 YLÄOSAN RAUDOITUS																				
NRO 2 YLÄOSAN RAUDOITUS																				
NRO 1 YLÄOSAN MUOTTAUS	OMA	2RAM																		
NRO 2 YLÄOSAN MUOTTAUS	OMA	2RAM																		
NRO 1 & 2 YLÄOSAN BETONOINTI																				
TELINEIDEN PURKU																				x
MUOTTIEN PURKU + SIIVOUS																				x

KUVA 11. Laadittu aikataulu

4 TYÖTURVALLISUUS

4.1 Yleistä

Jätteenpolttolaitoksella jokaista siellä työskentelevää ja myös vain käymässä olevaa henkilöä koski samat turvallisuussäännöt. Säännöt olivat samat riippumatta yrityksestä tai yrityksen kotimaasta. Säännöt koskivat pääasiassa henkilökohtaisia suojavälineitä, telineitä ja nostimia. Turvallisuutta valvottiin työnjohdon kautta normaalisti päivittäin sekä viikoittaisella TR-mittauksella.

Työmaalla olevilla tuli olla koko ajan käytössä kypärä, suojalasit, turvakengät, kunnollinen työvaatetus huomioväreillä sekä työhanskat. Kuulosuojaimet tuli olla koko ajan mukana. Henkilön laiminlyödessä turvavarusteiden käytön saatiin hänet jopa parin varoituksen jälkeen poistaa kokonaan työmaalta.

Nostimia käytettäessä työntekijän tuli aina käyttää turvavaljaita, jotka oli kytketty nostimeen. Nostimia ei myöskään saanut käyttää alle 18-vuotias tai henkilö, joka ei ollut saanut koulutusta nostimen käyttöön. Myös katolla työskennellessä tuli käyttää turvavaljaita, jos putoamissuojausta ei oltu hoidettu kaiteilla.

Terästelaineiden pystytyksiin kiinnitettiin paljon huomiota. Telineet tuli tarkastaa viikoittain ja tarkastuspäivä merkitä telineessä olevaan telinekorttiin. Jos teline oli käyttökiellossa, se piti ilmetä telikortista ja telineelle pääsy piti estää.

4.2 TR-mittaus

TR-mittaus on menetelmä, jonka avulla havainnollistetaan työmaan turvallisuustasoa. Turvallisuustaso ilmaistaan prosenttilukuna. Lyhenne TR tulee sanoista talonrakennus. Maa- ja vesirakennustyömailla on käytössä oma, MVR-mittari.

TR-mittauksessa käydään läpi työmaata ja kirjataan ylös oikein ja väärin olevat asiat. Merkintöjä tehdään työskentelystä, telineistä ja kulkusilloista, koneista ja välineistä, putoamissuojauksesta, sähköstä ja valaistuksesta, järjestyksestä ja jätehuollosta sekä pölyisyydestä. Merkinnät kirjataan omaan TR-lomakkeeseen tukkimiehen kirjanpidolla. (Liite 4). Mittauksen jälkeen oikein- ja väärinmerkinnät

lasketaan ja lomakkeesta löytyvällä laskukaavalla lasketaan saavutettu turvallisuusaste.

Pilastereiden rakentamisen aikana TR-mittaus ehdittiin tehdä kolme kertaa. Kohteessa turvallisuudesta huolehdittiin tarkasti, ja tästä syystä väärinmerkintöjä kertyi vain muutama. Huomautuksia kirjattiin suojalasiensa käytöstä ja huonosta järjestyksestä. Työtapatuomilta vältyttiin.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli Laanilan ekovoimalaitoksen jätebunkkeriin rakennettavien pilastereiden työvaiheet. Työssä pyrin myös kertomaan pääpiirteet kokolaitoksen toiminnasta.

Pilastereiden rakentamisessa oli tuttua pääperiaatteet betonirakentamisesta. Pilastereiden koko, sijainti ja muoto tekivät työvaiheista kuitenkin normaalia hankalammat. Laitimastani tehtäväsuunnitelmasta oli hyötyä työn edetessä, koska monet asiat oli jo valmiiksi suunniteltu sekä mahdollisia ongelmia ja niiden ratkaisuja oli listattu. Kaikki työvaiheet saatiin vietyä läpi ilman suuria ongelmia. Pilastereista tuli suunnitelmien mukaiset ja siistin näköiset.

Työn edetessä huomasin, että nostotöiden hyvällä ennakkosuunnittelulla oli yllättävänkin iso merkitys. Tässä kohteessa nostotyöt olivat normaalia vaikeampia. Ainoa nostoväline mitä oli järkevä käyttää oli kurottaja. Lisäksi kohde oli ahtaassa ja syvässä paikassa. Kurottajaan hankittu jatkopuomi oli erittäin tärkeä töiden etenemisen kannalta. Hitaasti sujuvat materiaalien siirrot ja nostot olisivat syöneet paljon varsinaiseen työn tekemiseen varattua aikaa muutenkin tiukasta aikataulusta. Hyvällä ja huolellisella nostotyöskentelyllä parannettiin myös työturvallisuutta ja tapaturmilta vältyttiin.

Suuri merkitys töiden onnistumiselle oli myös käytetyissä telineissä. Telineiden tekoon käytettiin tarpeeksi aikaa ja kirvesmiesten ja raudoittajien kanssa varmistettiin, että telineet olivat heidän mielestään hyvät työn suorittamiseen. Telineisiin kannattaa rakennustyömailla panostaa. Hyvät kulkureitit ja tukevat työskentelytasot nopeuttavat työn sujumista, vaikka telineiden tekoon käytettäisiin hieman enemmän aikaa.

Kokonaisuutena pilasterien rakentaminen oli mielestäni mielenkiintoista ja sain työstä paljon kokemusta. Varsinkin raudoituskuvien lukemisessa harjaannuin paljonkin.

LÄHTEET

1. Laanilan ekovoimalaitos. 2012. Oulun Energia. Saatavissa:
http://www.arjestaenergiaa.fi/jatteesta_energiaa/laanilan_ekovoimalaitos/energiantuotanto Hakupäivä 21.3.2012
2. Bunkkerin Väliseinäpilasterit 3D- ja sijaintipiirustus. A-Insinöörit. 2012.
3. Kahmarikauha. 2012. Oulun Energia. Saatavissa:
http://www.arjestaenergiaa.fi/jatteesta_energiaa
4. Bunkkerin Väliseinäpilasterit, mitta ja raudituspiirustus. A-Insinöörit. 2012.
5. Paikallavalurakentaminen .Betoniteollisuus Ry. 2012. Saatavissa:
<http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/betonityot/betonointi>
Hakupäivä 20.9.2012

LIITTEET

- Liite 1 Betonin rasitusluokkataulukko
- Liite 2 HILTI HIT-HY 150 MAX ankkurointimassa
- Liite 3 TR-mittauslomake

BETONIN SIDEAINHEET		RASITUSLUOKAT																	
		Ei korroosio- tai syöpymisriskiä	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatusrasitus				Aggressiivinen kemiallinen ympäristö		
							Merivesi			Muun kuin meriveden kloridit									
			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Sallitut sementtilaadut	Kaikki standardin SFS-EN 197-1 mukaiset sementit	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	I II/A-S II/B-S II/A-D II/A-V II/B-V II/A-LL II/A-M II/B-M ⁴⁾ II/A II/B	2)	2)	
Suurimmat sallitut seosainelisäykset (% sementistä), kun käytetty sementti on CEM I	silika	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1)	11	1)	11	3)	3)	
	lentotuhka	45	45	45	45	30	45	30	30	45	30	30		30		45			
	kuona	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375		375		375			

1) Katso kohdan 4.1.1.5 vaatimukset
 2) Sulfaattipitoisessa ympäristössä käytetään sulfaatinkestävää sementtiä
 3) Vaatimukset arvioidaan tapauskohtaisesti
 4) Kalkkikivijauheen enimmäismäärä sementissä on rajoitettu 15 %:iin

Injektiomassa HIT-HY 150 MAX

Luotettava nopeasti kovettuva ankkurointimassa betoniin



Edut

- Yksi vahvimista, nopeasti kovettuva injektiomassa betoniin-nityksiin, joihin vaaditaan ETA-hyväksyntä
- Asennussyvyys voidaan optimoida 4 - 20 kertaa tangon halkaisi-jasta sovellustarpeen mukaan
- Nopea kovettumisaika lisää tehokkuutta: suunnitellut kuormi-tusarvot saavutetaan jo 30 minuutissa (20°C)
- Toimii kuin valettu, uusimman ETA hyväksynnän mukainen jälki-asennettu rauditus
- Huippuyhteensopiva eri kemiallisten ankkureiden ympäristö-, terveys- ja turvallisuusstandardien kanssa

Käsittely- ja kovettumisajat

Alusmateriaalin lämpötila	Käsittelyaika T_{gel}	Kovettumisaika T_{fix}
40°C	2 min	30 min
30°C	3 min	30 min
20°C	5 min	30 min
5°C	8 min	60 min
0°C	20 min	120 min
-5°C	40 min	240 min
-10°C	180 min	720 min

Käyttökohteet

- Rakenneterästen ankkurointi (teräspalkit yms.)
- Teräsvarusteiden ankkurointi (esim. portaikot, terästatot)
- Kaiteiden ankkurointi
- Rakenteelliset liitokset jälkiasennetuilla raudoituksilla
- Rakenteiden korjaus/vahvistaminen jälkiasennetuilla raudoituksilla

Pohja materiaali

- Betoni (halkeillut), Betoni (halkeilematon)



RAKENNUSLIKE	
TYÖMAAN NIMI	
TYÖNRO	
MITTAAJA	
PÄIVÄYS	



KOHDE	OIKEIN	YHT.	VÄÄRIN	YHT.
1. TYÖSKENTELY				
2. TELINEET, KULKUSILLAT JA TIKKAAT				
3. KONEET JA VÄLINEET				
4. PUTOAMIS-SUOJAUS				
5. SÄHKÖ JA VALAISTUS				
6a. JÄRJESTYS JA JÄTEHUOLTO				
6b. PÖLYISYYS				
	OIKEIN YHTEENSÄ		VÄÄRIN YHTEENSÄ	

TR-TASO = $\frac{\text{OIKEIN (KPL)}}{\text{OIKEIN + VÄÄRIN (KPL)}} \times 100 = \text{---} \times 100 = \text{---} \%$

HUOMAUTUKSET	VASTUUHENKILÖ	KORJATTU PVM

TR-mittauskohteen	Havaintojen määrä	Hyväksymisperusteet
1. TYÖSKENTELY • suojausten käyttö ja nokinotto	• yksi jokaisesta työntekijästä	• käyttää aina lypää, silmiensuojaimia, turvajalkineita, heijastavaa varoitusvaas tetausta sekä tarvittaessa muita suojaamia • ei ota ilmeisvää riskiä (esim. putoamisvaara, virallisen laitteen käyttö, sammutusvälineiden puole tulityössä) • käyttää aina henkilökohtaisia putoamis-suojaimia puominestimen henkilönostokorissa tai jos putoamiskorkeus on yli 2 m, runkovaivassa asennustyötä tekeville ja avustavilla työntekijöillä otava vaajat käytössä (päälle puettuina tai välittömässä läheisyydessä)
2. TELINEET, KULKUSILLAT JA TIKKAAT • rakennusaikaiset kulkusillat ja portaat • siirrettävät telineet • kiinteän telineen kotoaväli • työpukit ja tikkaat	• yksi jokaisesta erillisestä rakenteesta ja väli-erästä • kiinteät telineet: yksi kuukauden työaika- ja putoamissuojauksesta yhteensä, yksi perintemäärästä, yksi rungon lujuudesta, yksi nousuteistä	• kulkute asennuksen, kaiteet ja katot tarvittaessa • telineen perustus ja tuenta riittävä, rakenteen osien liitosliikkeitä (tarkastettu), telineessä oikokalmillinen nousutie ja työaika- kunnossa, yli 2 m korkeasta telineestä kaiteet ja jalakallat • työpukit ja tikkaat ohjat ja tukevat, työpukissa molemminpuoliset nousutiet tai putoamisvaarallisella puolella ohi astumisen estävä rakenne • A-tikkaat rakennustyöhön soveltuvat ja max sallittu työskentelykorkeus 1 m, väkivuovaatimukset täyttyvillä A-tikkailla (alatuokpaikki tms.) kuitenkin max 2 m
3. KONEET JA VÄLINEET • rakennusahat, kaasuhitsauslaitteet, hitsakoneet, esimentti-akit, betonisillat, henkilönostimet, ajoneuvurusiirit, rustausvälineet, betonipumppuautot	• yksi jokaisesta laitteesta	• perustus ja tuenta • sijoituspaikka • rakenne ja varustus, kunto • säädetyt tarkastukset tehty • kaikissa hiomakoneissa kohdepoisto
4. PUTOAMISSUOJAUS • tasojen vapaat reunat, kun putoamiskorkeus on 2 m • portaiden vapaat reunat • aukot • kaivannot	• yksi jokaisesta erillisestä reunasta • yksi jokaisesta aukosta • yksi koroosta kohdan portaiden reunoista • yksi kaivannosta	• tukevat kaiteet, kaikissa putoamissuoja-kaiteissa 3 jonoetta tai verkkokaide • jalat nimeniävät aukot suojattu • aukku-suojat nimeniävät ja siilytämättä catetty • pääty putoamisvaaralliole aluocle estetty • kaivannon eortuminen estetty
5. SÄIKÖ JA VALAISTUS • työpaikan keinovalaistus • ruudun yleinen keinovalaistus kulkuteitä painottaen • rakennusaikaiset sähkökokeukset (≥16A) ja -kaapelit	• yksi jokaisen työpaikan valaistuksesta • yksi ruudun yleisvalaistuksesta	• keinovalaistus riittävä turvalliseen liikkumiseen ja laadun kannalta (jos päivänvalo riittää ei havaintoa tehdä) • sähkökokeukset ja kaapelit ejoitettu ja suojattu tarkoituksen mukaisesti (tarvittaessa ripustettu)
6. JÄRJESTYS JA JÄTEHUOLTO 6. a • ruudun yleisjärjeetye • työpaikan järjestys • jätteet • kiinteiden telineiden työtasojen järjestys 6. b • ruudun pölyisyys	• yksi ruudun yleisjärjeetye • yksi jokaisesta työpisteestä • yksi jokaisesta jätteestä • yksi telineen työtasosta • yksi ruudun pölyisyydestä	• ruudussa ja telineen työtasolla ei jätettä, järjestys hyvä liikkumisen ja tavaroitten eirron kannalta • työpisteessä järjestys hyvä turvallisuuden ja laadun kannalta • jätteiden nuppi lisää jätettä, jätteet lajiteltu tarvittaessa • ei työvälineiden kuulunustunista selvästi näkyvää pölyä