

# MATTORAUDOITTEELLA AIKATAULUT JA KUSTANNUKSET KURIIN

Casper Ålander, diplomi-insinööri  
kehityspäällikkö, Celsa Steel Service Oy  
casper.alander@celsa-steelservice.com



1  
Artikkelin valokuvat: Celsa Steel Service Oy

*Mattorauδοitteella saadaan suuretkin alueet raudoitettua nopeasti ja vaivattomasti. Aikataulusäästön rinnalla menetelmän muita etuja ovat raudoituksen tarkkuus/laatu, optimaalinen teräsmäärä sekä raudoitustyön helpottuminen myös ergonomisesti.*

Saksassa 1990-luvun alussa kehitetyn Bamtec raudoitusjärjestelmän tehokkuus perustuu suunnittelun ja valmistuksen automatisointiin. Laatan voima-suureet ja raudoitustarpeet laatan eri pisteissä lasketaan elementtimenetelmällä. Saatua tietoa käytetään puoliautomaattisen raudoituksen CAD-sovelluksen lähtötietona. CAD-sovellus tuottaa optimoidun raudoituksen, mattorauoituksen valmistuksen tarvitsemat ohjaustiedot sekä työmaalla käytettävät selkeät mattorauδοitteiden asennuskaaviot.

## MATTORAUDOITE SUORAAN RULLALTA

Rullalle pakattu mattorauδοite on Pohjoismaissa uusi raudoitusmenetelmä, jonka asennus muistuttaa kokolattiamaton asennusta. Järjestelmä on saksalainen patentti, jolle käytetään rekisteröityä nimeä Bamtec®.

Bamtec mattorauδοite koostuu samansuuntaisista enintään 15 m pitkistä betoniteräksistä. Ne on hitsattu erikoiskoneella noin 1,5 m jaolla oleviin ohuisiin teräsvanteisiin siten, että betoniterästen väli ja sijainti ovat raudoitussuunnitelman mukaiset.

Mattorauδοite räätälöidään kohteen mukaan. Te-

räsmäärä voidaan optimoida niin, että se on momenttikäyrän mukainen maton eri pisteissä. Laatan muodot ja aukot huomioidaan maton valmistuksessa. Työmaalla tehtävä työ jää sen ansiosta mahdollisimman vähäiseksi.

Yksittäisen mattorauδοitteen enimmäispaino on noin 1,5 tonnia. Asennuksessa matto nostetaan laatan reunalle asennusvälikkeiden/tukien päälle, avataan pakkaussiteet, kohdistetaan ja suunnataan matto ja rullataan se auki. Tavallisesti avaamiseen riittää jalkavoimat.

Yhden maton asennus kestää noin 10 minuuttia maton koosta ja muista ominaisuuksista riippuen. Kolmen miehen ryhmä asentaa helposti 20-30 tonnia mattoja päivässä.

Teknisesti Bamtec -menetelmä tarkoittaa sitä, että kaikki tangot tulevat vaivatta täsmälleen oikeisiin paikkoihin. Ergonomisesti raudoitustyö kevenee oleellisesti ja vähentää raudoitajien selkä- ja lihaskuormitusta.

Raudoitusmateriaalina Bamtec mattorauδοitteissa käytetään tavallista hitsattavaa betoniterästä A500HW. Kaikki tankokoot (8-32 mm) ovat mahdollisia, mutta samaan mattoon sopii parhaiten lähellä toisiaan olevia tankopaksuuksia, esimerkiksi 10, 12 ja 16 mm teräksiä. Tankoväli voi matossa vaihdella portaattomasti alueella 50-300 mm. Enintään 16 mm tankopaksuuksilla käytetään kieppimateriaalia. Tätä paksimmat tangot syötetään matto-koneelle valmiiksi leikattuna.



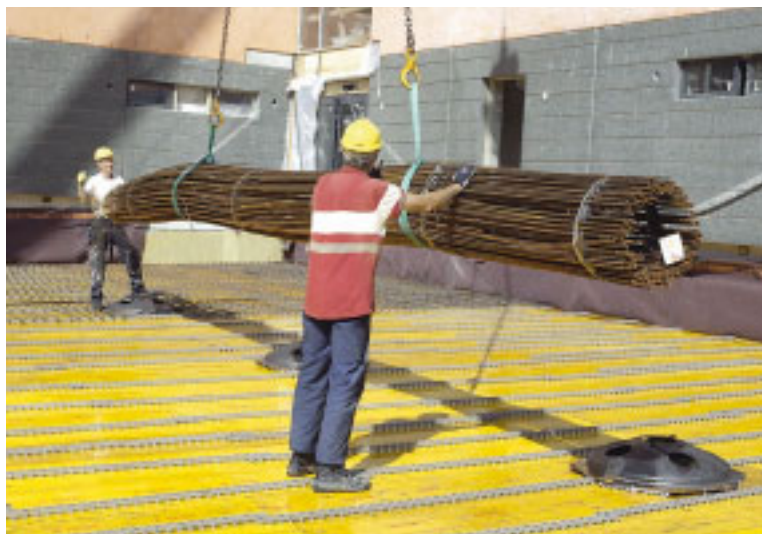
2  
Märta Koivisto

1, 2  
Bamtec® mattorauδοitteiden automaattinen valmistuskone. Bamtec mattorauδοite koostuu samansuuntaisista enintään 15 m pitkistä betoniteräksistä. Mattorauδοite räätälöidään aina kohteen mukaan.

3



4







5

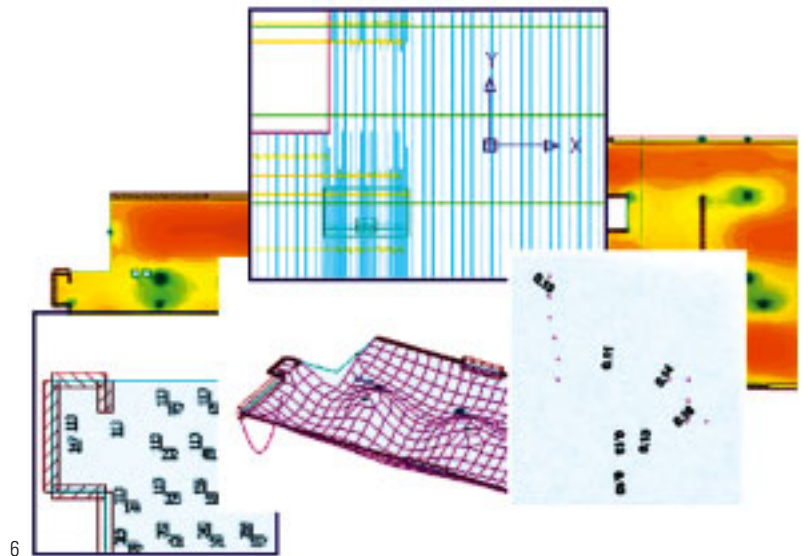
3 Bamtec matoraudoitteiden asennus urheiluhallin paalutetussa alapohjassa Espoossa.

4 Bamtec matoraudoitteiden asennus pihakannessa Helsingissä.

5 Bamtec matoraudoitteiden asennus kerrostalokorttelin alapohjassa.

6 Kantavien rakenteiden optimoitu Bamtec matoraudoitus suunnitellaan tarkoitukseen kehitetyillä FEM- ja CAD-sovelluksilla.

7 Logistiikkarakennuksen saumattoman maanvaraisen laatan keskeinen Bamtec rauditus.



6

### MATTORAUDOITUKSEN SUUNNITTELU

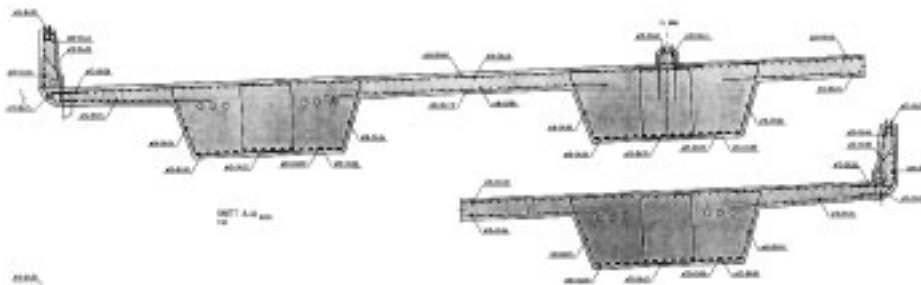
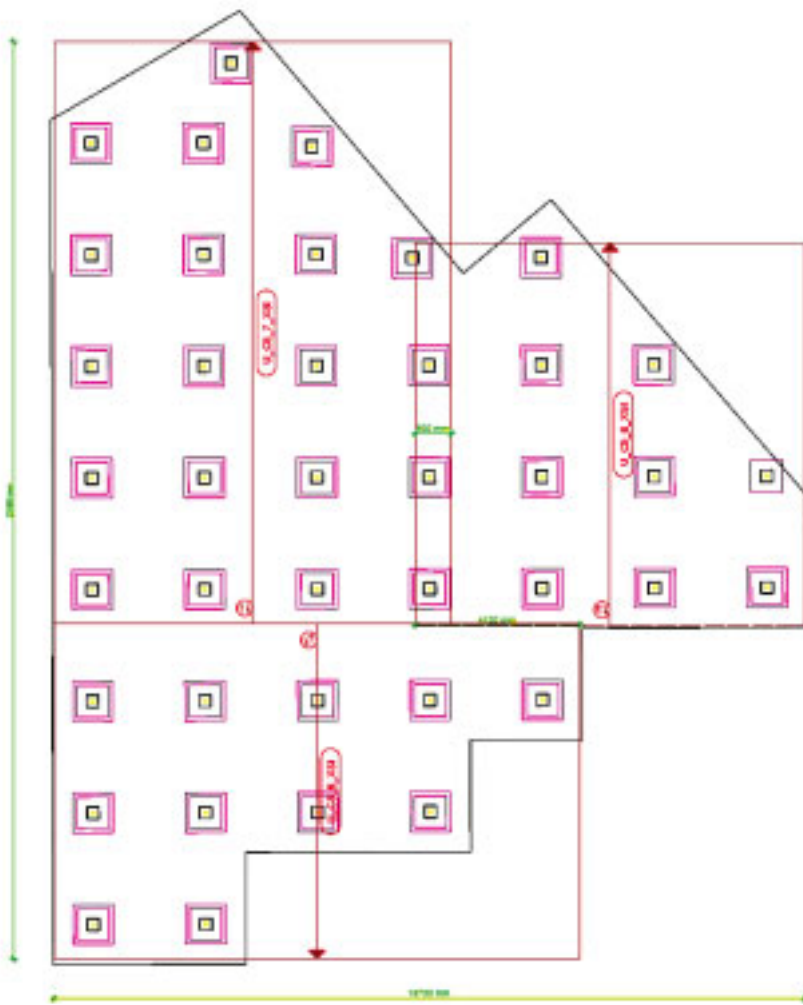
Bamtec matoraudoitteet ovat yleensä isoja. Esimerkiksi 13 x 20 m matto peittää 260 m<sup>2</sup> kokoisen alueen. Kantavilla laatoilla raudoitustarve ei näin suurella alueella yleensä ole vakio. Optimoitu matoraudoitus voidaan tehdä mahdollisimman tarkkaan staattisen laskelman mukaiseksi.

Optimaalisen raudoituksen suunnitteluun tarvitaan kehittyneitä suunnitteluohjelmia. Eräs vaihtoehto on yhdistelmä ruotsalaisen *Structural Design Software AB:n FEMdesignBamtec ohjelmasta* ja saksalaisen *Sofistik AG:n Autocad sovelluksesta SoficadBamtec*. FEM-laskennassa määritellyt terästarpeet laatan eri pisteissä määrittävät Autocad-sovelluksessa puoliautomaattisesti raudoituksen määrän (yksittäisten tankojen paksuus ja pituus sekä tankojaot) laatan eri pisteissä.

7







### MATTORAUDOITUKSEN ASENNUSKAAVIO

Optimoidun Bamtec maton sisältämää raudoitusta olisi vaikeaa, joskus ylivoimaistakin asentaa irtotangoista. Myös asennusteho olisi heikko, koska tankojen paksuus, pituus ja sijainti muuttuvat taivutusmomenttien mukaisesti.

Kuvassa 8 on esitetty erään kohtuullisen monimuotoisen laataston alapinnan x-suuntaisia tankoja sisältävien mattojen asennuskaavio.

Bamtec raudoitteiden asennuskaaviot tehdään yleensä, kuten kuvan 8 tapauksessa, siten että vain yhden raudoituserroksen samansuuntaiset tangot ovat näkyvissä. Näin kaaviosta tulee mahdollisimman selkeä. Jos laatan ala- ja yläpinta ovat kahteen suuntaan raudoitettuja, tulee siis neljä erillistä asennuskaaviota. Asennuskaaviot tehdään lisäksi yleensä valualueittain tai lohkoittain, mikä edelleen parantaa niiden havainnollisuutta.

### BAMTEC RAUDOITUKSEN KÄYTTÖKOHEET :

- **Sillat**

Bamtec raudoitusta on Tanskassa ja Norjassa käytetty menestyksellisesti silloissa jo vuosia. Silloissa, kuten muissakin rakenteissa, Bamtec mattoraudoituksen hyötyjä ovat nopea asennus ja sen ansiosta rakennusajan merkittävä lyhentymisen sekä vähäinen työvoiman tarve. Jo pelkän jako-raudoituksen toteuttaminen Bamtec tekniikalla voi tuoda merkittävän aikataulusäästön.

Hitsaaminen vähentää betoniterästen väsymislujutta, betoninormien (B4) mukaan 60 %. Tämän takia hitsaamista ei Suomessa ole käytetty siltarakenteiden toimivassa raudoituksessa.

Bamtec mattoraudoitteessa ohut teräsnauha on kiinnitetty automaattikoneella betoniteräsiin vastuspistehitsausmenetelmällä, joka kuluttaa vähän energiaa. Kevyt hitsi vähentää teräksen väsymislujutta enintään 20 %. Väsymislujuus ei siten yleensä ole autoliikenteen silloissa mitoitettava. A500HW teräksestä tehdyn Bamtec raudoituksen väsymislujuus ylittää kyseisen vähennyksen jälkeenkin hieman esimerkiksi EC2:n hitsaamattoman

8

Esimerkki paalulaatan valualueen Bamtec raudoituksen asennuskaaviosta.

9, 10

10 Bamtecilla raudoitettu sillan kansi (Spydeberg bru, Norja).



11  
Bamtec raudoituksen käyttö sillan kannessa (Länsiväylän Finnoonjoen silta, Espoo).

12  
Bamtec raudoituksen käyttö rakennuskorttelin maanvaraisessa alapohjassa (Herttoniemi, Helsinki).

13  
Bamtec raudoituksen ja UFO-lävistysvahvikkeen käyttö paalujenvaraisessa eristetyssä alapohjassa (DFDS logistiikkakeskus, Vantaa).



11  
betoniteräksen väsymislujuuden suositusarvoparametreihin perustuvan ominaisarvokäyrän.

Bamtec raudoituksen väsymislujuus on otettu huomioon Tiehallinnon "Sillan-suunnittelun Täydentävissä Ohjeissa 2008" seuraavasti: "Bamtec matoraudoitteen väsymislujuuden laskennassa käytetään betoniterästankojen halkaisijoilla 12...20 mm kertoimen  $k_2$  arvona 0,8 tavanomaisen hitsejä sisältävän raudoitteen kertoimen  $k_2 = 0,4$  sijasta."

Ensimmäinen Bamtec siltakohde Suomessa oli *Länsiväylän Finnoonjoen sillat*. Siinä noin 20 % raudoituksesta tehtiin Bamtecilla. Raudoitusaikataulu nopeutui selvästi.

#### • Maanvaraiset laatat

Suuret maanvaraiset laatat kannattaa tehdä saumattomina (By45/BLY7 kohta 2.6). Tällöin vältetään saumat, jotka ovat maanvaraisten laattojen ongelmakohtia. Saumattomat mv-laattaratkaisut ovat yleistymässä Suomessa, osin juuri Bamtec raudoituksen ansiosta.

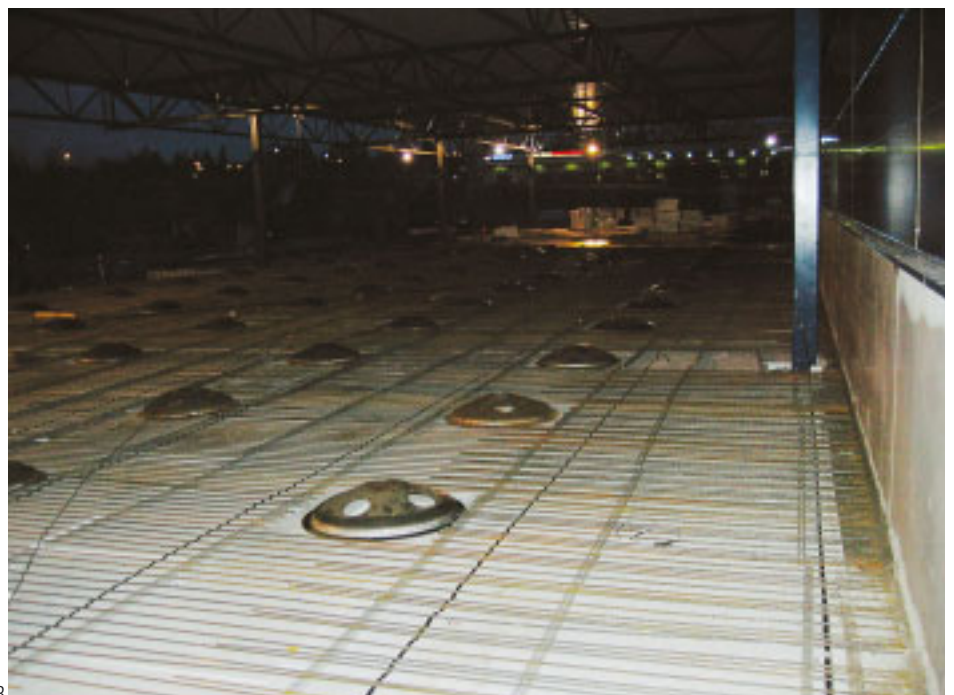
Ohuen saumattoman laatan raudoitus varastoverkoilla aiheuttaa ongelmia verkkojen limijatkoskohdissa, joissa raudoituskerroksen paksuus kasvaa suureksi (esim. 10 mm verkoilla helposti 60 mm paksuksi). Lisäksi verkkoraudoituksella limijatkosiin uppoaa terästä noin 20 %. Irtotankojen käyttö on puolestaan hidasta. Bamtec raudoituksella hyödynnetään sekä nopea asennus että irtoraudoituksen edut, eli pitkät teräkset (15 metriin saakka) ja harvat samaan tasoon menevät limijatkokset.

Kun saumaton laatta optimoidaan sopivan ohueksi, se voidaan raudoittaa yhdellä keskeisellä Bamtec raudoituserroksella. Se on myös kustannuksiltaan kilpailukykyinen ratkaisu.

Saumattoman maanvaraisen laatan paksuus on tyypillisesti 80...120 mm, yleensä 100 mm. Halkeilun hallintaan tarvittavan raudoituksen ansiosta sen momenttikapasiteetti on suuri, joten ohuellakin laatala saadaan varsin hyvä pistekuorman kestävyys. (Lisää aiheesta: Betoni 1/2009 sivut 32...37).

#### • Paalulaatat

Paalulaatat ovat Bamtec raudoituksen tyypillisiä käyttökohteita. Yleinen hyötykuorma paalulaatoilla on 10 kN/m<sup>2</sup>. Paalutusluokassa II esimerkiksi 300 x 300 paalun sallittu kuorma on 630 kN. Yksi paalu kantaa tällöin noin 30 m<sup>2</sup> alueen kuorman, mukaan lukien laatan omapainon. Paaluruudukko voi siis olla esimerkiksi 5 x 6 m. Tasapaksulla K35-2 betonista tehdyllä 250 mm laatala saadaan melko opti-







12



13



14

15



16

12, 13  
Bamtec raudoitettu paalulaatta (Logistiikkakeskus, Turku).

14, 15  
Bamtec raudoitteista työmaalla koottu seinäraudoite (maisematunneli, Norja).

16  
Kerrostalon välipohjan Bamtec raudoitus (asuntokohde, Helsinki).

17  
Kerrostalon välipohjan Bamtec raudoitus (Leppävaaran torni, Espoo).





17

maalinen rakenne, kun lävistys hoidetaan laatan sisälle valettavalla lävistysvahvikkeella UF0900/6. Näin vältetään sienivahvistuksen tarve. Paalut katkaistaan noin 50 mm laatan alapinnan tason yläpuolelle. Laatan alusta tehdään tasaiseksi. Työtekeminen hyöty on merkittävä, erityisesti silloin kun alapohja on lämmineneristetty. Paaluhattuja ei tarvita lainkaan.

Bamtecilla voi raudoittaa myös perinteisillä sienivahvistuksilla varustettuja paalulaattoja. Esimerkiksi rakenteilla olevassa noin 23 000 m<sup>2</sup> logistiikkakeskuksessa Turussa yhden lohkon raudoitus, joka irtotangoilla tehtynä veisi kuudelta asentajalta kaksi viikkoa, tehdään puolet pienemmällä miehimäärällä puolet lyhyemmässä ajassa.

#### • Seinärakenteet

Bamtec tekniikkaa voidaan hyödyntää myös levymaisissa pystyrakenteissa. Pysty- ja vaakateräsmatot rullataan auki työmaalla sopivan alustan päälle ja yksi yläpään vaakateräksestä hitsataan kiinni jokaiseen pystyteräkseen. Lisäksi tarvitaan muutamia hitsauksia elementin alareunaan. Kokoonpanohitauksen tarve työmaalla on vähäinen.

Raudoituselementin pituus on enintään 15 m. Korkeudelle rajoitus on samansuuruinen, mutta käytännössä maksimi voi olla 6 - 8 m. Enimmäispaino on 3 tonnia. Seinäpukkina voi käyttää esimerkiksi Celsan A-Balk ansasraudoitetta.

Kuten laattarakenteissa, työvoiman tarve on vähäinen: yksi raudoittaja ja kaksi apumiestä. Asennusnopeus perinteisiin menetelmiin verrattuna on valtava.

Suomessa Bamtec tekniikkaa käytetään muun muassa väestönsuojien seinissä.

#### • Kerrostalot

Kerrostaloissa massiivisella välipohjarakenteella saavutetaan useita etuja, josta ehkä merkittävin on hyvä ääneneristys. Laatan sisälle saadaan myös asennettua helposti LVIS-tekniikkaa.

Kerrostalossa Bamtec raudoituksen asennusnopeuden hyöty korostuu, kun matot asennetaan omalla monitoimityöryhmällä. Työryhmä voi esimerkiksi asentaa laatan alapinnan raudoituksen aamulla nopeasti paikalleen ja tehdä sen jälkeen LVIS-asennustöiden aikana muita työvaiheita.

#### • Pihakannet ja pysäköintitilat

Kaupunkirakentamisessa pysäköintitilat sijoitetaan usein pihakannen alle. Rakenteet ovat raskaasti kuormitettuja ja siten myös vahvoiksi raudoitettuja. Kuvassa 18 näkyy automaattisesti generoitu/optimoitu pihakannen raudoitus.

#### **MAT REINFORCEMENT CUTS SCHEDULES AND COSTS**

*Even large areas can be quickly and effortlessly reinforced using mat reinforcement. Apart from time savings, the method also offers other benefits such as precision/quality of reinforcement, optimum amount of reinforcement and easiness of reinforcement installation also in terms of ergonomics.*

*The efficiency of the Bamtec reinforcement system developed in Germany in early 1990s is based on automatic design and manufacture. The force quantities in the slab and the required reinforcement in different parts of the slab are calculated using the finite element method. The results are used as input data for the semi-automatic CAD reinforcement application, which calculates the optimum reinforcement, the control data needed for the manufacture of mat reinforcement as well as clear mat reinforcement installation schemes for site usage.*

*Mat reinforcement supplied in reels is a new reinforcement method in the Nordic countries. The installation of mat reinforcement is similar to the installation of wall-to-wall carpeting. The system is a German patent registered as Bamtec®.*

*Bamtec mat reinforcement consists of parallel reinforcement bars with a maximum length of 15 m. The bars are welded with a special welding machine to thin steel bands spaced ca. 1.5 m apart, with the spacing and the locations of the bars compliant with the reinforcement plan.*

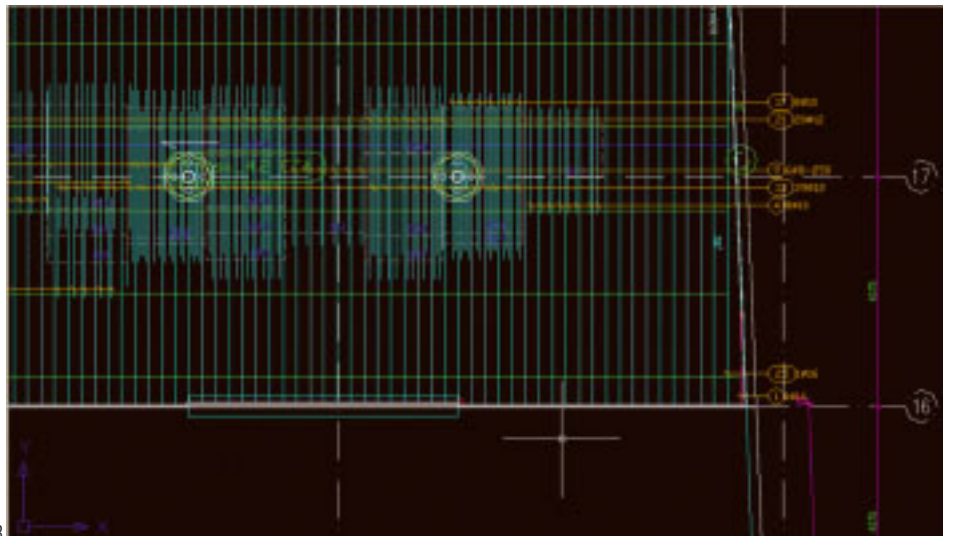
*Mat reinforcement is tailored to each application. The amount of bars can be optimised to follow the torque curve in different points of the mat. The shape of the slab as well as any openings in it are taken into account in the manufacture of the mat. This minimises work on the site.*

*In technical terms, Bamtec method ensures that all the bars are placed in exactly the right location without any problems. In terms of ergonomics, reinforcement work becomes essentially lighter and reduces back and muscle stress for the workers.*

*The applications of Bamtec reinforcement include e.g. bridges, jointless slabs supported on ground, pile slabs, wall structures, massive intermediate floor structures in apartment buildings as well as courtyard decks and parking facilities.*

18

Esimerkki pihakannen automaattisesti optimoidusta Bamtec raudoituksesta (asuntokohde Romeo, Helsingin Lauttasaaresta).



18