

Kalle Junnila

Maatalouden rakolattiaelementin mitoitus sekä selvitys CE-merkinnän hakemisesta

**Maatalouden rakolattiaelementin mitoitus sekä selvitys CE-
merkinnän hakemisesta**

Kalle Junnila
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Kalle Junnila

Opinnäytetyön nimi: Maatalouden rakolattiaelementin mitoitus sekä selvitys CE-merkinnän hakemisesta

Työn ohjaajat: Yliopettaja Pekka Nykyri, Oamk; Toimitusjohtaja Heikki Haho, Siikajoen Betonitukku Oy

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 31+ 1 liite

Opinnäytetyön tavoitteena oli mitoittaa maatalouden rakolattiaelementti sen harmonisoidun tuotestandardin mukaisesti sekä selvittää CE-merkinnän hakemisprosessi. Työn taustana oli Siikajoen Betonitukku Oy:n suunnitelma lisätä kyseinen elementti yrityksen tuotevalikoimaan. Lisäksi opinnäytetyön aikana suunniteltiin ja valmistettiin elementille muotti sekä testattiin elementin valmistusta käytännössä.

Tässä opinnäytetyössä mitoitettavan rakolattiaelementin malli, kuormitusluokka ja ulkomitat oli päätetty etukäteen. Elementin malliksi oli valittu moninkertainen rakolattiaelementti ja kuormitusluokaksi täysikasvuiset nautaeläimet. Materiaaleina käytettiin betonia ja terästä. Mitoitus tehtiin näiden vaatimusten pohjalta. Työn aikana elementti mitoitettiin usealla eri poikkileikkauksella ja raudoituksella. Lasketuista vaihtoehdoista valittiin sopivin. Mitoituslaskelmat laskettiin käsin erilliselle liitteelle.

Opinnäytetyössä saatiin laadittua mitoitus maatalouden rakolattiaelementille sekä selvitys CE-merkinnän hakemisesta. Työssä tehdyn mitoituksen pohjalta tehtiin elementille valumuotti, jota testattiin käytännössä. Seuraava vaihe rakolattiaelementin saamiseksi tuotantoon ovat tuotantotilojen valmistelu, muotin viimeistely sekä valutekniikan löytäminen. Näiden vaiheiden jälkeen elementin CE-merkinnän hakemisprosessi voidaan aloittaa.

Asiasanat:

Maatalousrakentaminen, betonielementti, rakolattiaelementti, ritiläpalkki, CE-merkintä

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Municipal engineering

Author: Kalle Junnila

Title of thesis: Dimensioning of Floor Slats for Livestock according to CE Marking Requirements

Supervisor: Pekka Nykyri, Oamk; Heikki Haho, Siikajoen Betonitukku Ltd.

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015

Pages: 31 + 1 appendix

The aim of this thesis was to draw up calculations and dimensioning to floor slats for livestock and to find out the requirements of the CE mark for this element. This thesis was made to a company named Siikajoen Betonitukku Ltd. The theory part of the thesis focuses on the floor slats for livestock and CE mark. The practical part of the thesis was to draw up calculations and dimensioning for floor slats for livestock. During this thesis a shuttering panel for the element was made.

The model and loading rate for the element were planned before. This element was engineered for full-grown bovine animals. The materials used in this element were concrete and steel. Calculations and dimensioning were made for several element profiles from which one was chosen for further development. Calculations were made by hand as an independent appendix not to be published with the thesis.

The results of this thesis were the calculations and dimensions for the floor slats for livestock. Shuttering panel for the element was made based on those calculations. Shuttering panel was tested in practise. The calculations and the shuttering panel will be utilized when Siikajoen Betonitukku Ltd. starts to produce this element.

Keywords:

precast concrete elements, Agricultural building, CE marking, Floor slats for livestock.

ALKULAUSE

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli mitoitaa maatalouden rakolattiaelementti ja selvittää CE-merkinnän hakemisprosessi Siikajoen Betonitukku Oy:lle. Idea opinnäytetyön aiheeseen tuli Siikajoen Betonitukku Oy:ltä, jossa olen ollut töissä opintojeni aikana. Opinnäytetyön aihe oli erittäin mielenkiintoinen, koska olen itse seurannut maatalousrakentamista jo pienestä pitäen. Työ oli haastava, koska suuntautumisenani on yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma, eikä siihen kuulu tämän alan kursseja. Opin työn aikana paljon uutta betonirakentamisesta ja elementtien suunnittelusta.

Haluan kiittää Pekka Nykyriä neuvoista ja ohjeista, koko Siikajoen Betonitukku Oy:n henkilökuntaa neuvoista ja avusta sekä yrityksen johtoa mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö. Haluan myös kiittää avopuolisoani tuesta ja kärsivällisyydestä opinnäytetyön tekemisen aikana.

Oulussa 10.2.2015

Kalle Junnila

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
2 KARJASUOJIEEN RAKOLATTIAELEMENTTI	8
2.1 Elementin mallit ja kuormitusluokat	8
2.2 Suunniteltava elementti	10
3 CE-MERKINTÄ	13
3.1 CE-merkintä lyhyesti	13
3.2 Standardin vaatimukset maatalouden rakolattiaelementin suunnitteluun	14
3.3 CE-merkinnän hakeminen maatalouden rakolattiaelementille	15
4 ELEMENTIN MITOITUS	17
4.1 Rajatilamitoitus	18
4.2 Murtorajatila	18
4.2.1 Taivutuskestävyys	19
4.2.2 Leikkauskestävyys	20
4.2.3 Ankkurointi	20
4.3 Käyttörajatila	21
4.3.1 Halkeamaleveysrajatila	22
4.3.2 Taipumarajatila	22
5 ELEMENTIN MUOTTI JA VALMISTUS	24
5.1 Elementin muotti	24
5.2 Raudoituksen valmistus	25
5.3 Elementin valmistus lyhyesti	26
6 POHDINTA	28
LÄHTEET	30

Liite 1 Rakolattielementin mitoitus

1 JOHDANTO

Karjasuojien rakolattiaelementti on navetoissa käytettävä lattiaelementti. Elementtiä käytetään navetan lattiana eläinten karsinoissa sekä käytävillä. Rakolattiaelementissä on nimensä mukaisesti rakoja, joista eläinten lietelanta sekä ravinnon ja kuivikkeen tähteet pääsevät putoamaan lietekuiluun. Rakolattiaelementtejä käytetään lämpimissä pihattonavetoissa. Rakolattiakarsinoita käytetään nautaelänten navetoissa, sikaloissa ja lampoloissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella maatalouden rakolattiaelementti sekä selvittää vaatimukset elementin CE-merkinnälle. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään maatalouden rakolattiaelementtien ominaisuuksia sekä CE-merkintää. Rakolattiaelementistä käsitellään sen malleja ja kuormitusluokkia sekä perehdytään suunniteltavaan elementtiin. CE-merkinnästä käsitellään merkintä yleisesti, maatalouden rakolattiaelementin standardin antamat vaatimukset suunnittelulle sekä merkinnän hakeminen kyseiselle elementille. Sovellusosassa mitoitetaan rakolattiaelementti rajatilamitoituksella sekä kerrotaan elementin muotista ja valmistuksesta. Opinnäytetyöhön kuuluva elementin mitoitus tehdään erilliselle liitteelle (liite 1), joka jätetään salassa pidettäväksi.

Opinnäytetyön tilaaja on Siikajoen Betonitukku Oy, joka on vuonna 2001 perustettu perheyritys. Siikajoen Betonitukku Oy:n päätoimipaikka on Siikajoella, missä sijaitsevat betoniasema, elementtitehdas, varikko, toimisto ja soranottoaika. Yrityksellä on louhokset Pattijoella ja Limingassa. Lisäksi yrityksellä on betoniasema Limingassa sekä siirrettävä betoniasema. Siikajoen Betonitukku Oy:n päätuotteita ovat valmisbetoni, kiviaineet sekä teräsbetoniset lyöntipaalut. Betonitukun erityisalaa ovat maatalouden paikalleen valettavat laakasiilot ja liehtealtaat sekä kylmäpihattonavetoiden betonirakentaminen. Lisäksi yrityksen osaamisalaan kuuluvat tuulivoimaloiden betonointityöt.

2 KARJASUOJIEN RAKOLATTIAELEMENTTI

Maatalouden rakolattiaelementti on karjasuojiin lietekuilun tai -kaivon yläpuolelle soveltuva lattian osa (1, s. 4). Rakolattiakarsina on ollut lämpimien navetoiden yleisin karsinatyyppi 1980-luvulta lähtien. Rakolattiakarsinoissa eläimet pysyvät puhtaina, eikä niitä välttämättä tarvitse kuivittaa. Tästä syystä rakolattiakarsinat ovat vähätöisiä hoitajan kannalta. (2.) Elementissä olevista raoista eläinten lietaelanta sekä rehun ja kuivikkeiden tähteet pääsevät valumaan lietekuiluun tai -kaivoon. Tämän johdosta rakolattiakarsina on hygieenisempi verrattuna kuivitetuun karsinaan. (3.)

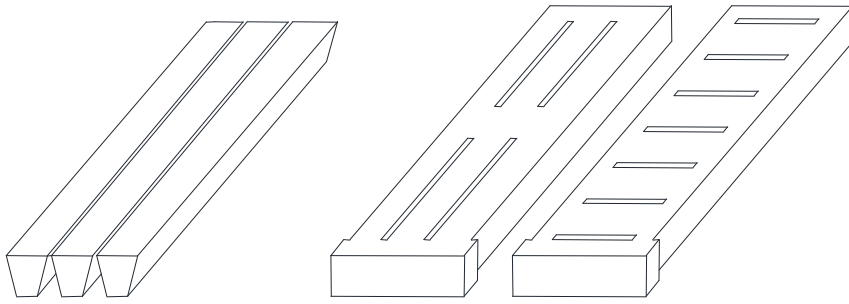
Varhaisissa rakolattiapalkeissa on ollut ongelmia palkkien laadun kanssa. Suurimmat ongelmat ovat olleet varsinkin pitkien palkkien kestävyys poikittaisia kuormia vastaan. Muita ongelmia ovat olleet palkin rakojen epätasaisuus, terävät reunat ja palkistojen kierous. Nykyään nämä asiat on otettu huomioon maatalouden rakolattiaelementin standardissa. Tästä huolimatta palkistojen laadussa eri valmistajien välillä on vieläkin epätasaisuutta. (2.)

Betoniritilöiden laatu vaikuttaa eläinten jalkojen kestävyYTEEN. Suurissa pihattonavetoissa eläimet saattavat kävellä pitkiäkin matkoja päivän aikana, joten pienetkin virheet rakolattiassa rasittavat eläinten jalkoja. Rakojen epätasaisuus, palkkien korkeus erot ja lohkeamat tulevat esille eläimen jalkavikoina ja tapaturmina. (4.)

Maatalouden rakolattiaelementit kuuluvat CE-merkinnän piiriin. Rakolattiaelementtien standardi on SFS-EN 12737 +A1. Standardi määrää käytettäville elementeille muun muassa mitat ja muodot, laskennassa käytettävät mitoituskuormat sekä taipuman ja halkeilun raja-arvot. (1, s. 7–10.)

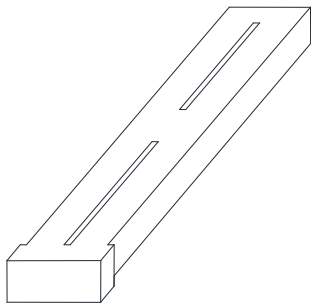
2.1 Elementin mallit ja kuormitusluokat

Betonisia rakolattiaelementtejä on useita eri malleja. Yleisimmät mallit ovat yksittäiset rakolattiaelementit sekä arinarakenteiset kasettielementit (kuva 1). Moninkertainen rakopalkkielementti on kahden tai useamman toisiinsa kiinnitetyn palkin muodostama kokonaisuus.

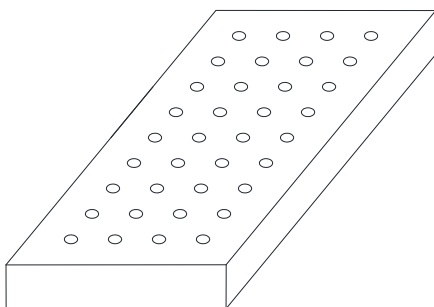


KUVA 1. Yksittäisiä ja moninkertaisia rakopalkkielementtejä

Yleisten mallien lisäksi käytössä olevia malleja ovat kaksoisrakopalkkielementti ja rei'itetty levy. Kaksoisrakopalkkielementissä (kuva 2) kaksi samansuuntaista palkkia on kiinnitetty toisiinsa muodostaen yhden elementin. Rei'itetty levyt (kuva 3) ovat rakolattioina käytettäviä levyjä, joihin on tehty säännöllinen rei'itys.



KUVA 2. Kaksoisrakopalkkielementti



KUVA 3. Rei'itetty levy

Elementit jaotellaan käyttötarkoituksen mukaan kuuteen kuormitusluokkaan: A1–A3 ja B1–B3. Kuormitusluokka valitaan karsinaan tulevien eläinten lajin ja massan mukaan. Kuormitusluokassa A mitoituskuormat ovat nautaeläimiä varten. Vasikat, joiden massa on alle 200 kg, kuuluvat kuormitusluokkaan A1. Kuormitusluokat A2 ja A3 ovat nautaeläimille, joiden massa on 200–825 kg. Kuormitusluokassa B mitoituskuormat ovat sikoja ja lampaista varten. Näihin arvoihin on huomioitu eläinten ja niiden hoitajien massa. Elementin suunnittelussa pitää ottaa huomioon myös elementin oma paino sekä muut lisäkuormat, esimerkiksi karsinoiden väliseinien, rehukourujen tai koneiden painot. (1, s. 7)

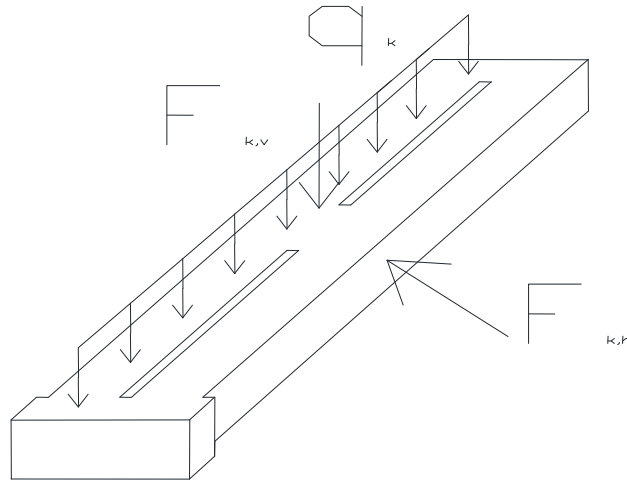
Kuormitusluokissa annetaan myös nimellimitat elementin osille, kuten palkkien ja reikien leveyksille. Elementeille annetuissa mittavaatimuksissa on otettu huomioon eläinten koko. Pienemmille eläimille raot ja palkkien leveydet ovat huomattavasti pienempiä kuin suurille eläimille. (1, s. 7.)

2.2 Suunniteltava elementti

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavaksi elementiksi on valittu moninkertainen rakopalkkielementti, jossa elementin aukot ovat poikittain elementin pituussuuntaan nähden (kuva 1). Elementin mallin valintaa varten haastateltiin paikallisia karjatilallisia. Heidän kokemuksensa ja toiveensa otettiin huomioon mallin valinnassa ja suunnittelussa.

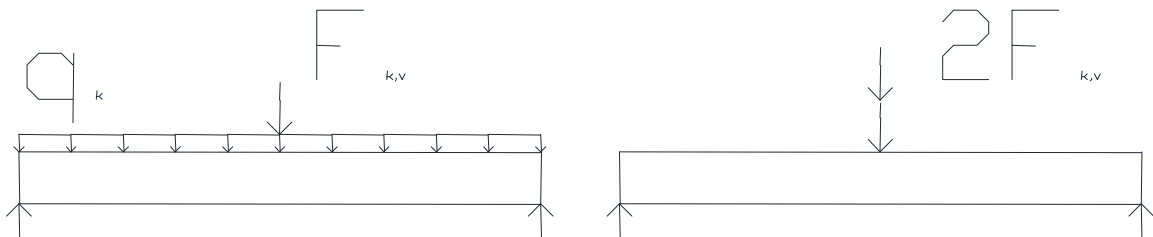
Elementti mitoitetaan täysikasvaisille nautaeläimille, joten sen kuormitusluokaksi on valittu A3 (1, s. 7). Elementin palkkien ja rakojen leveydet on kuitenkin suunniteltu niin, että se soveltuu myös nuorelle karjalle. Tämän vuoksi elementti sopii hyvin lehmille ja lihakarjan loppukasvattamoihin, joihin eläimet tuodaan noin viiden kuukauden ikäisinä vasikkakasvattamoista. Loppukasvattamossa eläin voi olla samassa karsinassa teurasikänsä asti. Tämä helpottaa eläinten hoitoa ja pienentää tautiriskiä, koska eläimiä ei tarvitse siirtää karsinoista toisiin. (5.)

Rakolattiaelementtiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon pystysuuntainen ominaisviivakuorma q_k , pystysuuntainen ominaispistekuorma $F_{k,v}$ sekä vaakasuuntainen ominaispistekuorma $F_{k,h}$ (kuva 4).



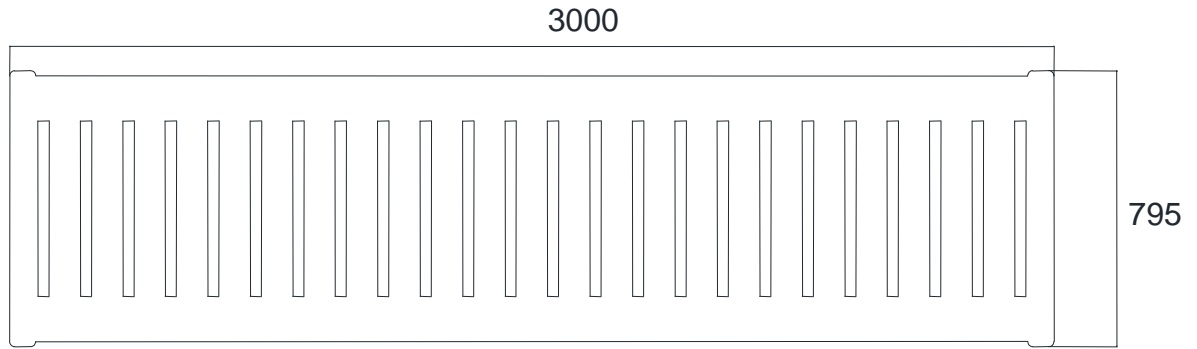
KUVA 4. Elementin kuormat

Kuormat kohdistuvat palkin epäsuotuisimpiin kohtiin. Mikäli pystysuuntaisen viivakuorman ja pystysuuntaisen pistekuorman kuormayhdistelmän vaikutus on pienempi kuin kaksinkertainen pistekuorma palkin akselin epäsuotuisimmassa kohdassa, käytetään kaksinkertaisen pistekuorman kuormayhdistelmää (kuva 5). Kuormien ominaisarvoina käytetään pystysuuntaiselle viivakuormalle q_k arvoa 5,0 kN/m, pystysuuntaiselle pistekuormalle $F_{k,v}$ arvoa 4,2 kN ja vaakasuuntaiselle pistekuormalle $F_{k,h}$ arvoa 2,5 kN. (1, s. 9.)

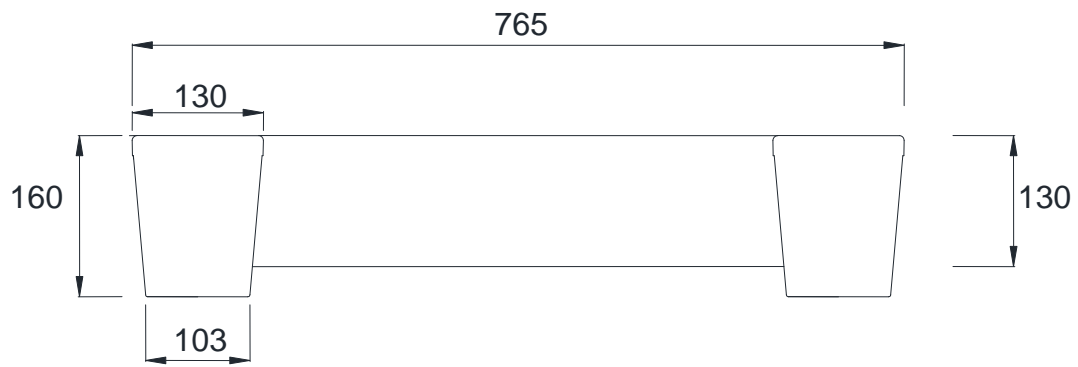


KUVA 5. Elementin kuormitusvaihtoehdot

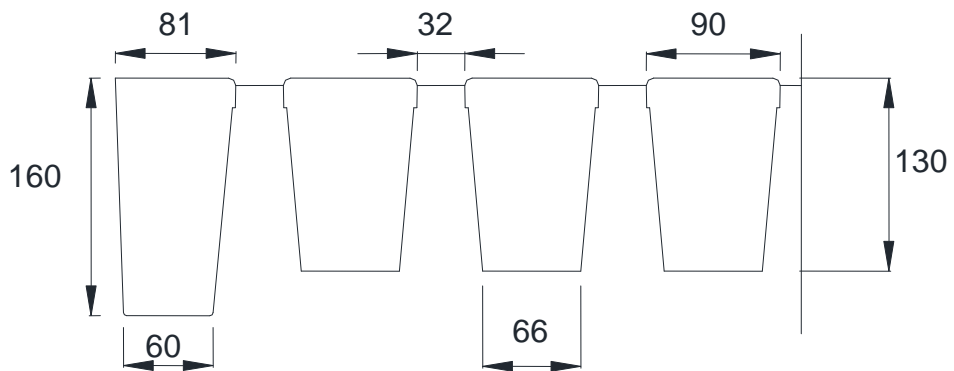
Elementin pituudeksi on valittu 3 000 mm, leveydeksi 795 mm (kuva 6) ja korkeudeksi 160 mm. Sen sivukulmissa on 15 mm:n ulokkeet, jotka jättävät myös vierekkäin asennettujen elementtien väliin tarvittavat raot (kuva 6). Elementin pituussuuntaan nähden sivuilla olevat palkit ovat yläpinnasta 130 mm leveitä ja 160 mm korkeita (kuva 7). Elementin keskellä poikittain pituussuuntaan nähden olevat palkit ovat yläpinnasta 90 mm leveitä ja 130 mm korkeita. Elementin päätien leveys yläpinnassa on 81 mm ja korkeus 160 mm (kuva 8).



KUVA 6. Suunniteltavan elementin yläpinta



KUVA 7. Suunniteltavan elementin läpileikkaus päädystä



KUVA 8. Läpileikkaus elementin sivulta

3 CE-MERKINTÄ

CE-merkintä on pakollinen suurelle osalle rakennustuotteita. Rakennustuotteissa CE-merkintä on valmistajan antama vakuus siitä, että tuote täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Maatalouden rakolattialle on laadittu harmonisoitu tuotestandardi, jonka perusteella elementin suunnittelu ja CE-merkinnän hakeminen tehdään.

3.1 CE-merkintä lyhyesti

CE-merkintä osoittaa, että tuote on testattu harmonisoidun tuotestandardin vaatimalla menetelmällä ja on standardin mukainen. (6.) Harmonisoitu tuotestandardi tarkoittaa eurooppalaisen standardisomisjärjestön laatimaa tuotestandardia. Standardi määrittää tuotteilta selvitettävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset ja CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot. Harmonisoituja tuotestandardeja saa Suomen Standardisomisliitolta SFS ry:ltä. (7.)

CE-merkinnän tavoitteena on parantaa tuotteiden vertailukelpoisuutta, luoda tuotteille toimivat sisämarkkinat Euroopassa ja päästä eroon kansallisista päällekkäisistä viranomaisten hyväksymismenettelyistä. Rakennustuotteiden suunnittelijat ja kuluttajat voivat helposti vertailla tuotteita, kun niiden ominaisuudet ilmoitetaan samalla tavalla. (6.) CE-merkintä tuli pakolliseksi suureen osaan rakennustuotteista heinäkuussa 2013. Tämän jälkeen valmistajat eivät ole saaneet myydä tuotteita, jotka kuuluvat jonkin harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan, jos niillä ei ole CE-merkintää. Rakennustuotteiksi luetaan rakennuskohteen kiinteäksi osaksi tulevat tuotteet, kuten betonielementit, kantavat teräsrakenneosat, rakennesahatavara ja kiviaines. (7.)

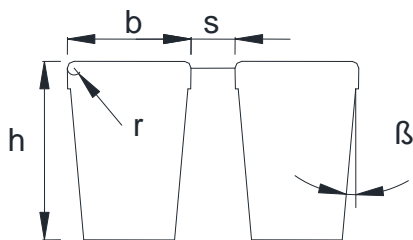
CE-merkittyä tuotetta saa tuoda markkinoille jokaisessa Euroopan maassa ilman erillistä maakohtaista tuoteselvitystä (6). Suomessa CE-merkin käyttöä valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. CE-merkintä kiinnitetään tuotteeseen, kun sovellettavan harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen arvioinnin ETA:n arvioinnit on täytetty. Merkintää ei haeta viranomaisilta. Usein CE-merkinnän varmentamiseen tarvitaan kolmas osapuoli eli niin sanottu ilmoitettu laitos. CE-merkinnässä ilmoitettavat asiat vaihtelevat suuresti eri

tuotteiden välillä. (7.) Pelkkä CE-merkintä ei yksistään takaa tuotteen soveltuvuutta rakennuskohteessa (6), vaan tuotteen käytettävyys on tutkittava tapauskohtaisesti (8).

3.2 Standardin vaatimukset maatalouden rakolattiaelementin suunnitteluun

Maatalouden rakolattiaelementeille laaditussa standardissa (SFS-EN 12737 +A1) on annettu vaatimukset rakolattiaelementtien materiaalien ominaisuuksille, geometrialle sekä mitoituskuormille. Luvussa 3.2 käsitellään standardin antamia vaatimuksia maatalouden rakolattiaelementille kuormitusluokassa A3, johon tässä työssä suunniteltava elementti kuuluu.

Elementin geometrialle on annettu tarkat mitat ja toleranssit. Elementin mitat riippuvat elementin kuormitusluokasta eli siitä, mitä ja minkä ikäisiä eläimiä varten elementti on tarkoitettu. Mitoissa tärkeimpiä ovat palkin leveys (b), aukonleveys (s) ja elementin pituus (l). Kuormitusluokassa A3 palkin leveyden (b) tulee olla 70–180 mm ja aukonleveyden (s) 30–40 mm. Palkkien sivupintojen kaltevuuksien (β) tulee olla $\geq 5^\circ$, jotta lietelanta voi virrata tehokkaasti lietekuiluun. Elementin yläpinnoissa ei saa olla teräviä kulmia. Kulmien pyöristyssäteen (r) tulee olla $\leq 5\text{ mm}$ (kuva 9). (1, s. 7.)



KUVA 9. Rakopalkkielementin poikkileikkauksen geometria

Elementin korkeudelle ei ole annettu nimellismittoja. Mittapoikkeamat valmiissa elementeissä saavat olla pituudelle (Δl) +0–10 mm, korkeudelle (Δh) ± 3 mm, palkin leveydelle (Δb) ± 3 mm ja aukoille (Δs) ± 3 mm. Raudoitettujen betonielementtien yläpinta saa poiketa elementin päiden yläpintoja yhdistävästä viivasta korkeintaan 5 mm. (1, s. 8.)

Standardissa elementin mitoituskormiksi on annettu pysty- ja vaakasuuntainen pistekuorma sekä pystysuuntainen viivakuorma. Kuormien osavarmuuslukuna murtorajatilassa käytetään arvoa 1,25 ja käyttörajatilassa arvoa 1,0. Käyttörajatilamitoituksessa elementin ominaiskuormista aiheutuvan pinnan halkeamien suurin leveys ei saa ylittää arvoa $0,20 c/c_{\min}$, jossa c on uloimmalle raudoitukselle valittu betonipeite ja c_{\min} on standardin mukaisesti valittu betonipeite. Halkeamien leveyksille on annettu myös maksimiarvo, joka on 0,25 mm. Tehtaalta lähtevien elementtien halkeamaleveydet eivät saa ylittää arvoa 0,1 mm. Elementin mitoitustaipuma ei saa ylittää arvoa $L/250$, missä L on teoreettinen jänneväli. Taipuman maksimiarvo on 12 mm. (1, s. 11.)

Rakolattiapalkin valmistusmateriaaleina käytetään betonia ja terästä. Raudoitetun betonin lujuusluokaksi vaaditaan vähintään C35/45. Betonia tehdessä tulee kiinnittää erityistä huomiota kiviaineksiin, jotka voivat tulla liukkaiksi kavioiden tai sorkkien alla. Betonin osavarmuusluvun tulee olla 1,5 ja teräksen 1,15. Materiaalien osavarmuuksia voidaan kuitenkin tarvittaessa pienentää soveltamalla standardin EN 13369:2004 liitettä C. (1, s. 10.)

3.3 CE-merkinnän hakeminen maatalouden rakolattiaelementille

Ensimmäinen vaihe hankittaessa CE-merkintää tuotteeseen on tarkistaa, kuuluuko tuote minkään harmonisoidun tuotestandardin piiriin (7). Seuraavat vaiheet tehdään harmonisoidun tuotestandardin määräämällä tavalla. Standardien liitteet antavat ohjeet CE-merkintä menettelylle. Menettelytapoja voi olla useita. Valmistaja valitsee kyseiselle tuotteelle sopivimman menettelytavan standardin antamien ohjeiden mukaan. Standardien liitteissä on myös ohjeet vaatimusten mukaisuuden osoittamiseen sekä työnjakoon, mikäli tuotteen ominaisuuksien ja valmistuksen laadunvalvonnassa on käytettävä kolmatta osapuolta.

Maatalouden rakolattiaelementti kuuluu harmonisoidun tuotestandardin piiriin ja sen standardi on SFS-EN 12737 +A1. Koska tuote kuuluu harmonisoidun tuotestandardin piiriin, CE-merkintä on pakollinen (7). Maatalouden rakolattiaelementtien standardin liite Y antaa CE-merkintämenettelyyn kolme vaihtoehtoa. Ensimmäinen menettelytapa koskee varastotuotteita ja luetteloissa esitettyjä tuotteita. Toinen menettelytapa koskee tuotteita, joiden ominaisuudet valmistaja

ilmoittaa ja kolmas menettelytapa koskee tuotteita, joihin ei voida soveltaa kahta aiempaa menettelytapaa. Standardin liitteessä ZA käsitellään tuotteen olennaisia ominaisuuksia, vaatimuksenmukaisuuden osoittamismenettelyä sekä vaatimuksenmukaisuuden arvioinnin tehtävien työnjakoa. Rakolattiaelementtien vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettely on 2+, jolloin tuotteen ominaisuuksien ja valmistuksen laadunvalvonnassa on käytettävä ilmoitettua laitosta eli kolmatta osapuolta. (1.)

Vaatimusten mukaisuuden arvioinnissa valmistajan tehtäviin kuuluu alkutestaus, tehtaan sisäinen valvonta sekä tehtaalta otettujen näytteiden lisättestaus. Alkutestauksessa testataan betonin puristuslujuus, teräksen vetomurtolujuus ja myötölujuus, korroosionkestävyys, yksityiskohtien suunnittelu sekä tarvittaessa palonkestävyys. Ilmoitetun laitoksen tehtäviin kuuluu tehtaan sisäisen laadunvalvonnan varmentaminen. Kolmas osapuoli käyttää pohjana alkutestauksesta saatuja tuloksia. (1.)

Rakolattiaelementin valmistuksesta on tehtävä tehtaan tuotannon valvonnan laatukäsikirja eli FPC-dokumentti (Factory Production Control). Dokumentti kertoo yrityksen organisaatiosta sekä kuvaa tehtaan sisäistä laadunvalvontaa ja tuotteen vaatimuksien mukaisuuden osoittamiseen käytettäviä menetelmiä. FPC-dokumentti sisältää kirjallisia ohjeita, tuotannon prosessikuvauksen, suunnitellut säännöt ja tarkastukset ja vaatimusten täyttämistä kertovat tallenteet. Siikajoen Betonitukku on jo tehnyt vastaavanlaisen dokumentin koskien betonisten lyöntipaalujen valmistusta. (9.)

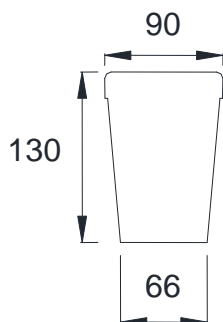
4 ELEMENTIN MITOITUS

Opinnäytetyössä suunniteltavan rakolattiaelementin mallista johtuen elementin osat on mitoitettu erikseen. Elementin osia ovat sivuttaiset palkit sekä pituus-suuntaiset palkit (kuva 10).

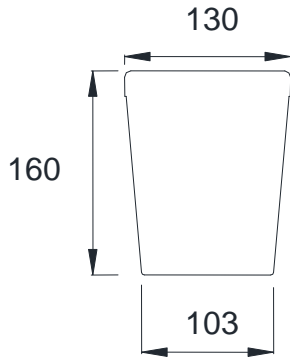


KUVA 10. Elementin osat

Elementin poikkileikkauksen mittoihin päädyttiin kokeilemalla eri arvoja mitoituksen aikana. Mitoituslaskelmat on tehty erilliselle liitteelle, joka jätetään salassapidettäväksi. Elementin ulkomitat oli päätetty ennalta, joten sivusuuntaisten palkkien korkeutta ei voitu muuttaa. Palkkien yläpinnan leveys haluttiin mahdollisimman pieneksi, mikä aiheutti vaatimuksia sivuttaisten palkkien korkeuden suhteen. Elementin palkkien poikkileikkauksen mitoissa päädyttiin arvoihin, jotka on esitetty kuvissa 11 ja 12. Arvot ovat ilmoitettu millimetreinä.



KUVA 11. Sivuttaisen palkin poikkileikkaus



KUVA 12. Pituussuuntaisen elementin poikkileikkaus

Elementtiin tulevan raudoituksen laatu oli valittu jo aikaisemmin. Raudoituksessa käytetään hitsattavaa terästä. Betonipeite valittiin standardin antamien vaatimusten mukaan.

4.1 Rajatilamitoitus

Elementin mitoitus perustuu rajatilamitoitukseen. Rajatilamitoituksessa rakenteen käyttäytymistä tarkastellaan rakenteiden toimintamallien avulla murtorajatilassa ja käyttörajatilassa. Murtorajatiloja ovat tilanteet, joissa rakenteen sortuminen tai sitä edeltävä tilanne aiheuttaa vaaraa henkilöiden turvallisuudelle tai omaisuudelle. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi palkkien ja laattojen taivutus- ja leikkausmurto. Käyttörajatilassa tarkastellaan tilanteita, joissa rakenteen tai rakenne osien normaali toiminta häiriintyy. Käyttörajatapausta koskevat tilanteen haittaavat ihmisten mukavuutta tai heikentävät rakenteen ulkonäköä tai säilyvyyttä. Nämä tilanteet eivät kuitenkaan ole haitaksi rakenteen välittömälle turvallisuudelle. Käyttörajatilassa tarkastellaan esimerkiksi palkin halkeamaleveysrajatila ja taipumarajatila. (10, s. 18–25.)

4.2 Murtorajatila

Murtorajatilassa tarkastellaan palkin taivutuslujuutta, leikkauslujuutta sekä ankurointia. Mitoitusarvot on laskettu käyttämällä annettuja mitoituskuormia. Murtorajatilassa osavarmuuslukuna kaikille kuormille käytetään arvoa 1,25. Seuraamusluokaksi valitaan CC2, jolloin kuormakerroin $K_{FI}=1,0$. Materiaaleille käytetään

tetään pienennettyjä osavarmuuslukuja, koska elementti on suunniteltu tehdas-tuotantoon. (1.)

Taivutusmomentti jänteen keskellä saadaan kaavasta 1.

$$M_{Ed} = 1.25 K_{FI} \left(g_k \frac{L^2}{8} + F_{k.v} \frac{L}{4} \right) + 1.25 K_{FI} q_k \frac{L^2}{8} \quad \text{KAAVA 1.}$$

Leikkausvoima tuella saadaan laskettua kaavasta 2.

$$V_{Ed} = 1.25 K_{FI} \left(g_k \frac{L}{2} + F_{k.v} \frac{L-a}{L} \right) + 1.25 K_{FI} q_k \frac{L}{2} \quad \text{KAAVA 2.}$$

joissa

K_{FI} on seuraamusluokasta riippuva kuormakerroin

g_k rakenteen painon aiheuttama ominaiskuorma

$F_{k.v}$ hyötykuorman aiheuttama pystysuuntainen paino rakenteen keskelle

q_k hyötykuorman aiheuttama tasainen ominaiskuorma

L elementin pituus

a leikkausvoiman etäisyys tuen sisäreunasta

4.2.1 Taivutuskestävyys

Elementin taivutuskestävyyteen vaikuttavat käytettävän betonin lujuusluokka, raudoituksen laatu sekä poikkileikkauksen mitat. Mitoitusyhtälössä taivutuskestävyyden tulee olla suurempi kuin taivutusmomentin. Taivutusmitoituksessa laskettiin suhteellinen momentti. Sen perusteella tarkistettiin, onko poikkileikkaus riittävä ottamaan vastaan taivutusmomentin eli onko suhteellinen momentti pienempi kuin tasapainoraudoituksen mukainen suhteellinen momentti. Molemmis-sa palkeissa edellä mainittu ehto täyttyi, joten palkit voitiin suunnitella normaali-raudoitettuna. Palkeista laskettiin tehollisen puristusvyöhykkeen korkeus, jonka avulla saatiin myös mekaaninen raudoitussuhde. Näillä arvoilla pystyttiin laske-maan vaaditut raudoitusten pinta-alat. Palkkien yläpintojen leveydet haluttiin pitää mahdollisimman pienenä. Tämä aiheutti ongelmia, koska palkkien sivujen

kaltevuuksille oli annettu rajat standardissa. Palkkien leveyden ja korkeuden välille piti löytää suhde, jossa lujuus saatiin riittäväksi ja raudoitukselle riittävä betonipeite. Tehollista korkeutta ei voitu kasvattaa pelkästään lisäämällä palkin korkeutta, koska silloin palkin alalaita olisi kaventunut liikaa, eikä raudoitusta olisi saatu mahtumaan. Sivusuuntaisten palkkien korkeutta ei voitu kasvattaa, koska elementin korkeus oli tilaajan määräämä.

4.2.2 Leikkauskestävyys

Leikkausvoima syntyy lähes aina taivutusmomentin kanssa. Leikkausvoima on suurimmillaan tukien läheisyydessä (10, s. 151.) Palkit ovat mitoitettu leikkausvoiman maksimiarvoille. Elementti on suunniteltu toimimaan ilman erillistä leikkausraudoitusta. Ilman erillistä leikkausraudoitusta palkista laskettiin leikkauskestävyyden perusarvo.

Leikkauskestävyyden perusarvo saatiin kaavasta 3.

$$V_{Rd,c0} = \frac{0.18}{\gamma_c} b_w d k \left(100 p_L \frac{f_{ck}}{MPa} \right)^{\frac{1}{3}} MPa \quad \text{KAAVA 3.}$$

missä

γ_c on betonin osavarmuusluku

b_w uuman leveys

d tehollinen korkeus

k korkeustekijä

p_L tehollinen raudoitusala

f_{ck} betonin lujuusluokka

4.2.3 Ankkurointi

Ankkuroinnin mitoituksella varmistetaan, että raudoitukseen kehittyy mitoitusole-
tuksien mukainen voima. Ankkurointi mitoitus tehdään taivutetuissa palkeissa

yleensä tukialueella.(10, s. 153.) Raudoitukseen kohdistuva voima saadaan kaavasta 4.

$$F_{Ed} = V_{Ed} \frac{d}{z} \quad \text{KAAVA 4.}$$

missä

V_{Ed} on leikkausvoima

d tehollinen korkeus

z sisäinen momenttivarsi

Seuraavaksi laskettiin ankkurointipituuden perusarvo käyttämällä hyväksi raudoituksen jännitystä. Toteutuvaa ankkurointipituutta verrattiin saatuun ankkurointipituuden perusarvoon.

4.3 Käyttörajatila

Käyttörajatilassa tarkastellaan palkin taipumarajatilaa sekä halkeamaleveysrajatilaa. Käyttörajatilassa osavarmuusluku on 1,0 kaikille kuormille. Käyttörajatilassa käytetään kolmea kuormitusyhdistelmää. Yhdistelmä valitaan tarkasteltavan rajatilan perusteella. Yhdistelmiä ovat ominaisyhdistelmä, tavallinen yhdistelmä ja pitkäaikainen yhdistelmä. Ominaisyhdistelmää käytetään palautumattomille rajatiloille, kuten jännitysrajatilat ja halkeaman muodostumisrajatila. Tavallista yhdistelmää käytetään palautuville rajatiloille, kuten tartunta- ja ankkurijännerekkenteiden halkeilu- ja halkeamaleveysrajatilalle. Pitkäaikaista yhdistelmää käytetään pitkäaikaisille vaikutuksille ja ulkonäköseikoille, kuten halkeamaleveysrajatilalle ja taipumarajatilalle. Käyttörajatilassa yhdistelykertoimet kuormille ovat $\psi_0 = 1,0$, $\psi_1 = 0,5$ ja $\psi_2 = 0,3$.

Ominaiskuormien yhdistelmä saadaan kaavasta 5.

$$M_{Ek} = g_k \frac{L^2}{8} + F_k \frac{L}{4} + q_k \frac{L^2}{8} \quad \text{KAAVA 5.}$$

Tavallistenkuormien yhdistelmä saadaan kaavasta 6.

$$M_{Ef} = g_k \frac{L^2}{8} + \psi_2 F_k \frac{L}{4} + \psi_1 q_k \frac{L^2}{8} \quad \text{KAAVA 6.}$$

Pitkäaikaisten kuormien yhdistelmä saadaan kaavasta 7.

$$M_{EQP} = g_k \frac{L^2}{8} \psi_1 F_k \frac{L}{4} + \psi_2 q_k \frac{L^2}{8} \quad \text{KAAVA 7.}$$

missä

g_k on rakenteenpainon aiheuttama ominaiskuorma

q_k hyötykuorman aiheuttama ominaiskuorma

F_k rakenteen painon aiheuttama pistekuorma palkin keskelle

4.3.1 Halkeamaleveysrajatila

Halkeamaleveyden rajatilaa tarkasteltaessa lasketaan ensin taivutusmomentin arvot ominaiskuormien yhdistelmällä eri ajankohtina. Palkin halkeilumomentit lasketaan palkin kuormitushistorian kannalta kriittisinä ajankohtina. Tästä voidaan tarkistaa, onko palkki haljennut. Palkki on haljennut, jos taipumamomentti-taivutuskuormitus on suurempi kuin halkeilumomentti. Jos palkki on haljennut, voidaan halkeamaleveystarkastelu tehdä joko taulukkomitoituksena tai suoran laskennan avulla.

Tässä työssä palkki todettiin halkeavaksi ja laskennassa käytettiin suoraa laskutapaa. Suorassa laskennassa laskelmalliseen halkeamaleveyteen päästään laskemalla ensin palkin tehollinen korkeus ja rauditusala. Näillä arvoilla saadaan laskettua venymäero ja halkeamaväli. Halkeamaleveys saadaan laskettua venymäeron ja halkeamavälin avulla. Mitoitusehtona halkeamaleveydelle oli annettu standardissa maksimiarvo 0,25 mm.

4.3.2 Taipumarajatila

Rakenteen taipuma ei saa haitata sen tarkoituksenmukaista toimintaa tai ulkonäköä. Liiallinen taipuma saattaa aiheuttaa esimerkiksi pinnoitteiden vaurioitumista. Taipuman mitoitus voidaan tehdä arvioimalla taipumaa laskennallisesti tai rajoittamalla palkin jännemitan ja korkeuden suhdetta. Mikäli laskenta antaa

taipumalle liian suuret arvot, on rakennetta muutettava. Standardissa taipumalle annetaan maksimiarvo 12 mm.

Tämän rakolattiaelementin taipuman mitoituksessa käytettiin laskennallista arviointia. Taipuman mitoituksessa laskettiin halkeiluaste sekä halkeamattoman tilan, täysin haljenneen tilan, osittain haljenneen tilan sekä kutistuman aiheuttamat kaarevuudet. Näistä saatiin arvot, joilla voitiin laskea kuormituksen sekä kutistuman aiheuttamat taipumat. Palkin kokonaistaipuma saatiin näiden summasta.

5 ELEMENTIN MUOTTI JA VALMISTUS

Opinnäytetyössä suunniteltavalle maatalouden rakolattiaelementille valmistettiin muotti ja raudoituspöytä. Muottia testattiin valamalla muutama rakolattiaelementti.

5.1 Elementin muotti

Rakolattiaelementin muotin materiaaleina käytettiin muovia ja terästä. Elementin mitat koneistettiin mittatarkasti kolmeen eri muoviosaan. Muoviosien koneistus tilattiin Liminkalaiselta Jahotec Oy:ltä. Koneistamista varten elementistä luotiin 3D-malli, jonka mukaan muoviin jyrsittiin elementin muodot. Koneistetut muoviosat pultattiin kiinni teräksiseen kehikkoon (kuva 13).



KUVA 13. Muotin kehikko, jonka sisään asennetaan koneistetut muoviosat

Kehikon molemmissa päissä on kiinnikkeet, joiden avulla muottia voidaan siirrellä sekä pyörittää vaakatasossa akselinsa ympäri. Muotti keskitetään tärypöydälle pöydässä olevien ohjareiden avulla. Pöydässä on kolme sähkökäyttöistä moottoritäryntä. Muotin kehikko sekä tärypöytä on suunniteltu ja valmistettu Siikajoen Betonitukku Oy:n pajalla (kuva 14).

Muotti on suunniteltu niin, että muotilla voidaan valaa erimittaisia rakolattiaelementtejä vaihtamalla muotin muovisia päätyosia. Elementin pituusmittaa muu-

tettaessa muutetaan sivuttaisten palkkien määrää sekä päädyissä olevien palkkien leveyksiä. Tämä on huomioitu elementin geometriaa suunniteltaessa. Elementin sivuttaisten palkkien ja rakojen leveydet on suunniteltu niin, että samoilla leveyksillä voidaan valmistaa yleisimpiä rakolattiaelementtien pituusmittoja. Suunniteltaessa on huomioitu myös, että päädyissä olevien palkkien leveydet eivät mene liian leveiksi tai kapeiksi elementin mittaa muutettaessa.



KUVA 14. Elementin muotti ja nostopalkki

5.2 Raudoituksen valmistus

Elementin raudoitukselle on tehty valmis hitsauspöytä. Hitsauspöydässä on paikat kaikille elementtiin tuleville raudoille. Pöydässä olevat hahlot keskittävät määrämittaan katkotut raudat tarkasti oikeaan kohtaan toisiinsa nähden (Kuva 15). Hitsauksen jälkeen rauditus voidaan nostaa yhtenäisenä kappaleena pois hitsauspöydältä. Myös hitsauspöytä on suunniteltu ja valmistettu Siikajoen Betonitukku Oy:n pajalla.



KUVA 15. Hitsauspöytä, joka keskittää elementin raudoituksen tarkasti oikeaan kohtaan toisiinsa nähden

5.3 Elementin valmistus lyhyesti

Elementin valmistuksen ensimmäisessä vaiheessa muotti puhdistetaan ja öljytään, jotta elementti irtoaisi muotista valun jälkeen. Öljyämisen jälkeen muotin sisään asennetaan raudoitus. Raudoitus keskitetään suunniteltuun kohtaan muovisten korokkeiden avulla. Betonointi tapahtuu kerroksittain muotin ollessa tärypöydällä. Valun jälkeen muotin päälle kiinnitetään paksu vanerilevy. Valettu muotti siirretään haluttuun kohtaan, jossa se käännetään ylösalaisin. Muotti lasjetaan alas ja vanerin kiinnikkeet aukaistaan. Muotti nostetaan ylös, jolloin valmis elementti jää vanerin päälle. Betonielementti jätetään kovettumaan alapuoli ylöspäin (kuva 16) . Lastausvaiheessa kovettunut elementti käännetään oikeinpäin.



KUVA 16. Valmiit rakolattiaelementit jätetään kovettumaan pohja ylöspäin

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella maatalouden rakolattiaelementti sille tehdyn harmonisoidun tuotestandardin mukaisesti. Työn tilaajana oli Siikajoen Betonitukku Oy. Työhön kuului myös selvittää CE-merkinnän hakemisprosessi ja vaatimukset.

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli noin vuoden mittainen projekti. Työn tekeminen alkoi keväällä 2014 ja päättyi keväällä 2015. Työn ensimmäisessä vaiheessa tutustuin maatalouden rakolattiaelementin tuotestandardiin sekä perehdyin elementin mitoitukseen. Minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta elementtien mitoituksesta, joten käytin paljon aikaa asiaan perehtymiseen ja harjoitteluun. Laskuharjoituksissa ja itse elementin mitoituksessa suurena apuna oli by 211 betonirakenteiden suunnittelun oppikirja -osa 1. Mitoituksen valmistuttua syksyllä 2014 aloitimme elementin muotin valmistuksen. Muottiin kuuluvat muoviosat tilattiin Keski-Euroopasta ja niiden toimitusaika oli noin kaksi kuukautta. Tällöin aloitin aineiston keräämisen opinnäytetyön teoriaosuutta varten sekä opinnäytetyön kirjoittamisen. Testasimme muottia ja valutekniikkaa valamalla muutaman elementin jouluna 2014.

Tein elementin mitoituksen usealla erilaisella poikkileikkauksella ja raudoituksella ennen kuin löysin mielestäni sopivimman rakenteen. Elementin malli ja ulkomitat olivat tilaajan määräämiä. Mitoitin rakenteen poikkileikkauksen näiden vaatimusten perusteella. Suunnittelussa huomioin, että rakenteen valmistus olisi sujuvaa ja materiaalien käyttö olisi mahdollisimman tehokasta. Mielestäni suunnittelemani rakenne ja etenkin sen raudoitus on melko yksinkertainen ja helppo valmistaa.

Elementin tuotekehittelyssä on vielä työtä, joka voidaan tehdä vain kokeilemalla eri vaihtoehtoja ja tapoja käytännössä. Elementin betonointiin ja pinnan tekoon täytyy löytää nopea ja kustannustehokas tapa. Betonin annostelua muottiin pitää kehittää. Annostelun täytyy tapahtua tarkasti, jotta betonia tulisi juuri oikea määrä joka kohtaan. Tällöin elementin pinnan hierto nopeutuisi, koska ylimääräistä betonia ei tarvitsisi siirtää pois. Muotin testausvaiheessa yksi ongelma oli

elementin irrottaminen muotista. Muottiin on suunniteltu muutos, joka mahdollistaisi paineilman käytön apuna elementin irrotuksessa. Elementin tuotantotilojen tulee olla riittävän tilavat, jotta elementtejä ja muottia pystytään siirtämään. Elementit vaativat paljon tilaa kovettumisvaiheessa, koska niitä ei silloin voida pinota päällekkäin.

Opinnäytetyössä tekemääni mitoitusta maatalouden rakolattiaelementille ja selvitystä CE-merkinnän hakemisesta kyseiselle elementille voidaan käyttää hyväksi, kun Siikajoen Betonitukku Oy lisää maatalouden rakolattiaelementit tuotevalikoimaansa. Saatujen tietojen ja kokemusten pohjalta tuotekehittelyä on hyvä jatkaa eteenpäin.

LÄHTEET

1. SFS-EN 12737 +A1. 2007. Precast concrete products - Floor slats for livestock. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
2. Ritiiläpalkit. Farmit Website Oy. Saatavissa: <http://www.farmit.net/kotielain/lihanauta/tuotantoymparisto/kasvattamon-peruskorjaus/ritiilapalkit>. Hakupäivä 14.10.2014.
3. Betoniritiilat. Mestarifarmi. Saatavissa: <http://mestarifarmi.fi/tuotteet/2012-02-17-10-36-23/betoniritilat>. Hakupäivä 14.10.2014.
4. Kivinen, Tapani – Koskimäki, Olavi – Laitinen, Kaija – Lehtinen, Jarmo – Manninen, Esa – Pitkäranta, Jouni – Tertsunen, Sirpa 2002. Pihatön lypsytjärjestelmät. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts17.pdf>. Hakupäivä 15.10.2014.
5. Naudanlihantuotanto Suomessa. Atria. Saatavissa: <https://www.atriatuottajat.fi/atrianauta/lihanautatila/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 15.10.2014.
6. CE-merkintä. 2013. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/ce-merkinta>. Hakupäivä 17.10.2014.
7. CE-merkintä rakennustuotteisiin 2013 mennessä. 2011. Suomen standardisoimisliitto SFS. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/files/307/ce-merkinta2013.pdf>. Hakupäivä 4.9.2014.
8. CE-merkintä. 2013. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/CE-merkki/>. Hakupäivä 17.10.2014.
9. PKY-laatu, FBC-järjestelmä, AC-luokat ja CE-merkintä. Saatavissa: <http://www.pkylaatu.fi/blogi/fpc-jarjestelma-ac-luokat-ja-ce-merkinta>. Hakupäivä 17.10.2014.

10. Nykyri, Pekka 2013. By 211 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja - osa 1.
Helsinki: BY-koulutus Oy.

