

Betonisen parvekelaattaelementin suunnitteluperusteet

Nicholas Siilasvuo

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

SIILASVUO, NICHOLAS;
Betonisen parvekelaattaelementin suunnitteluperusteet

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Lokakuu 2020

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä yksinkertaisen itsekantavan parvekelaatan suunnitteluperusteohje A-Insinöörit Oy:lle. Työn tarkoituksena oli komponenttien tehokas ja taloudellinen käyttäminen ja suunnittelu sekä laatan halkeamatarkastelu.

Työssä esitellään erilaisia haastavia tilanteita tai esimerkkejä, joita opinnäytetyöntekijä keräsi toimiessaan harjoittelijana. Opinnäytetyössä haastateltiin Suoraman Elementti Oy:n tehtaan johtajaa Tommi Heinosta.

Opinnäytetyön tuloksena laadittiin taulukoita ja listoja, joilla helpotetaan suunnittelua. Matemaattiset laskut laskettiin eurokoodin ja kansallisten säännösten mukaisesti.

Asiasanat: elementtisuunnittelu, parveke, laatta, betoni, teräsbetoni

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences Degree Programme in Construction
Engineering

NICHOLAS SIILASVUO: Designing Self-Support Prefabricated Balcony Slabs
Bachelor's thesis 39 pages October 2020.

The purpose of this thesis was to examine balcony structures for A-Insinöörin Oy. Mathematical solutions were calculated according to Eurocode regulation and Finnish national regulations.

The thesis is divided into two parts. The first part deals with structural engineering and statistics. The second part is about block designing and using components.

As a result of this thesis, tables and charts to optimize the use of steelworks were created. Data was gathered by interviewing Tommi Heinonen, the manager of a prefabricated element factory run by Suoraman Elementti Oy.

Keywords: Element designing, balcony, slabs, concrete.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	Itsekantavat parveketornit.....	7
3	PARVEKELAATAN SUUNNITTELU	8
3.1	Suunnitteluperusteet	8
3.1.1	Suunnitteluohjeita	9
3.1.2	Teräs- ja betonimerkinnot	10
3.1.3	Työturvallisuus.....	10
3.1.4	Paloturvallisuus ja mitoitus	11
3.1.5	Esteettömyys.....	11
3.2	Mitoitus.....	12
3.2.1	Murtorajatilamitoitus	12
3.2.2	Laatan kestävyys leikkausta vastaan	14
3.2.3	Lävistysleikkautuminen laattaan	14
3.2.4	Putket	15
3.2.5	Liikuntasaumat	16
3.3	Käyttörajatila	17
3.3.1	Halkeilu.....	17
3.3.2	Taipuma	18
3.4	Käyttöikäsuunnittelu	20
3.4.1	Rasitusluokat.....	20
3.5	Lämpöliike	21
4	ELEMENTTISUUNNITTELU.....	22
4.1	Lähtötietotarpeet	22
4.2	Varustelu	23
4.2.1	Pääraudoitus	24
4.2.2	Nosto-osat	24
4.2.3	Pintakäsittely	25
4.2.4	Vedenpoisto.....	25
4.2.5	Kaide/lasitus	26
4.2.6	Työnaikainen tuenta	26
5	POHDINTA	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET.....	30
	LIITE 1 Haastattelu	31
	LIITE 2 Elementtisuunnittelun tarkistuslista	34
	LIITE 3 Betonilaatan halkeamaleveyden laskenta	37

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

BY	Betoniyhdistys RY
ESAP	elementtisuunnittelun aloituspalaveri
eurocode	euronormi, eurokoodi
FEM	finite element method, elementtimenetelmä
laatu	viranomaisten, tilaajien, rakennuttajien, suunnittelijoiden sekä rakennuksen ylläpitäjien asettamat vaatimukset rakennuksen tai rakenteen ominaisuuksille
raksi	silmukkamainen kiinnityslenkki nostoihin
RIL	Suomen rakennusinsinöörien liitto
RST	ruostumaton teräs
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu

1 JOHDANTO

Parvekelaattaelementin suunnittelussa on monia haasteita, jotka pitää ottaa huomioon hyvän ja laadukkaansa lopputuloksen saavuttamiseksi. Haasteita on raudoitteiden mahtumisessa, suojabetonoinnissa, erilaisten valmisosien tilan tarpeessa sekä aukkojen ja vedenpoiston sijoittelussa.

Opinnäyte työ on jaettu kahteen osioon. Ensimmäisessä osiossa käydään läpi rakennesuunnittelua yksinkertaisen parvekelaatan statiikkaa ja lujuusoppia. Toisessa osiossa käydään läpi parvekelaatan suunnittelua elementtisuunnittelijan näkökulmasta.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi parvekelaatan suunnittelua avustavia taulukoita: Pääraudoituksen, putkien määrien, komponenttien sijoittelun reunaehdoja ja oppaat elementtisuunnittelijalle ja rakennesuunnittelijalle.

Työn tuloksena saatuja taulukoita ei julkaista tässä työssä, koska parvekelaatan suunnittelu vaatii paljon muutakin huomioimista, mitä tässä työssä käsitellään. Tämän työn tarkoituksena ei ole antaa tyhjentävää vastausta, kuinka parvekelaatta pitää suunnitella. Opinnäytetyöni tarkoitus on avartaa parvekelaatan suunnittelussa huomioitavia asioita, koska oppaat ja ohjeet ei sitä mielestäni tee.

Opinnäytetyössä haastateltiin A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n asiantuntijoita, ja Suoraman elementti Oy:n tehtaanjohtaja Tommi Heinonen kommentoi elementtitehtaan näkökulmaa parvekelaatan valmistamisessa.

Rajaukset:

Tässä työssä käsitellään itsekantavia parvekkeitä CC2 seuraamusluokan asuinrakennuksissa, joissa tukielimenä toimii joko pieli tai pilari. *Betonielementtiparvekkeet Betoniteollisuus Elokuu 2010* määrittelee parvekkeet kolmeen ryhmään rakennemallin mukaan: itsekantavat parvekkeet, ulokeparvekkeet ja ripustetut parvekkeet. Tässä työssä näistä on rajattu ulkopuolelle ulokeparvekkeet ja ripustetut parvekkeet.

2 Itsekantavat parveketornit

Parveketorni suunnitellaan rakenneosana itsekantavaksi. Laatta sidotaan pieliin tai pilareihin. Tämä kokonaisuus sidotaan saranoin, putkin tai muilla terässidoksilla rakennuksen pääosaan. Betoniteollisuuden oppaassa Betonielementtiparvekkeet Elokuu 2010 sanotaan perustuksista tuettujen itsekantavien parvekkeiden soveltuvan kaikkiin runkojärjestelmiin.

3 PARVEKELAATAN SUUNNITTELU

3.1 Suunnitteluperusteet

Uudisrakenteita suunniteltaessa on euronormien (EN 1990-1999 Eurocodes) vaatimukset täytyttävä. Lisäksi Suomessa voimassa olevat kansalliset määräykset ovat ehdottomia.

Teräsbetonisia rakenteita suunniteltaessa on Eurocode 2:n (Design of concrete structures) perusvaatimukset täytyttävä. Nämä vaatimukset täytyvät, kun toimitaan Suomen rakennusinsinöörien liiton (RIL) tai Suomen betoniyhdistyksen (BY) toimittamien ajantasaisten suunnitteluperusteiden mukaan.

CC2-seuraamusluokkaan kuuluvat rakennukset kuvataan eurokoodin mukaan: ”keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia.” Eurokoodisto jatkaa: ”rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1.” Näin on tunnettava CC1- ja CC3-luokkiin kuuluvat rakennukset ja rakenteet, koska loput kuuluvat CC2 luokkaan.

CC1: 1–2 kerroksiset rakennukset, joissa ei oleskele ihmisiä, esimerkiksi ladot ja kevyet piharakennukset. Rakennukset eivät aiheuta merkittävää vaaraa ihmisille tai ympäristölle.

CC3: Rakennuksen kantava runko jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä, kuten

- yli 8-kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset
- konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot
- raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset
- erikoisrakenteet, kuten suuret mastot ja tornit.

3.1.1 Suunnitteluohjeita

Suomalaisista yhdistyksistä RIL (Rakennusinsinöörien liitto) ja BY (Betoniyhdistys) tekevät kehitystyötä ja kirjallisuutta suomenkielisenä suunnittelijoille

Seuraavana on lueteltuna valikoima kirjallisuutta betonisten rakenteiden suunnitteluun. Ohjeet päivittyvät vuosien saatossa. Suunnittelussa tulee aina käyttää viimeisintä ohjetta.

Rakenteiden ja betonirakenteiden suunnittelua käsitteleviä kirjoja:

RIL-201-1-2017 (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat)

RIL-201-2-2017 (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat)

RIL 202-2011 Betonirakenteiden suunnitteluohje

BY 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008

Teräsbetonin käyttöikä, säilyvyyttä ja laadun hallintaa käsitteleviä ohjeita:

BY 40 (Betonirakenteiden pinnat 2003)

BY 47 (Betonirakentamisen laatuohjeet 2019)

BY 51 (Betonirakenteiden käyttöikä suunnittelu 2007)

BY 54/BLY 12 Betonilattioiden käyttöikä suunnittelu 2010)

BY 65 (Betoninormit 2016)

3.1.2 Teräs- ja betonimerkinnät

Teräs- ja betonimerkinnät muuttuivat eurokoodin mukaiseen suunnitteluun siirtäessä. Vanhat merkinnät olivat kansallisen ohjeen mukaisia, eikä kansainvälisyssä maailmassa enää ole kannattavaa käyttää vanhoja merkintöjä.

Taulukossa 1. yleisimmin käytetyt teräslaadut. *RT tiedote (4.7.2017)*

Taulukossa 2. betonin lujuusmerkinnät *BY65-2016 Betoninormit* mukaan.

	Nykyinen	Vanha
Tangot	B500B	A500HW
	B700A	A700HW
	B600XA-1.4301	B600KX, AISI304
Verkot	B500A	B500K
	B600XA-1.4301	B600KX, AISI304

taulukko 1.

Betoni

	Nykyinen	Vanha
Betoni	C20/25	K25
	C25/30	K30
	C30/37	K35
	C35/45	K45
	C40/50	K50

taulukko 2.

3.1.3 Työturvallisuus

Työturvallisuusasioissa noudatetaan työturvallisuuslakia. Betonikeskuksen *Betonielementtien turvallinen asennus -opas* tiivistää ajatuksen työturvallisuudesta näin: työturvallisuus on asennetta, lainsäädäntöä ja huolehtimisvelvollisuutta.

Turvallisilla teknisillä ratkaisuilla luodaan perusta turvalliselle toiminnalle. Suunnittelussa korostuu asenne työturvallisuutta kohtaan.

3.1.4 Paloturvallisuus ja mitoitus

Noudatetaan ympäristöministeriön asetusta rakennusten paloturvallisuudesta. (28.11.2017/848)

Rakenteelle tai rakenneosalle määritetään palonkesto-aika. *By 50 Betoninormit* -kirjassa esitetään mitoitusperusteet betonirakenteiden palonkestoajan laskennalliseksi määrittämiseksi ja taulukkomitoitus eri palonkestoajoille.

Taulukkomitoitus esimerkkilaatalle: paksuus 260 mm, pituus 6 m, leveys 1 m, kaksinivelisesti päistään tuettu. Betonipeitteen nimellisarvo 30 mm, pääteräs: 10–150 B500A, asennustoleranssi +/- 5 mm.

Tutkitaan palonkesto-aikaa betonipeitteen vähimmäisarvon mukaisesti. Oletetaan, että betonipeite on 25 mm.

By50 Betoninormit 2012 -taulukon 8.3 mukaan palonkesto-aika on tavallisessa ja yhteen suuntaan raudoitettussa betonilaatassa 90 minuuttia.

3.1.5 Esteettömyys

Rakennetun ympäristön esteettömyys tarkoittaa, että kaikki käyttäjät pystyvät turvallisesti ja helposti liikkumaan kaikkiin tiloihin ja kerrostasoihin. (Esteetön 2010.) Esteetön rakentaminen ei ole kalliimpaa, koska ratkaisut voidaan tehdä suunnitteluvaiheessa.

Oven yhteydessä ei saa olla tasoeroa tai kynnystä, ellei se ole ääni-, kosteus- tai muiden vastaavien olosuhteiden vuoksi välttämätöntä. Tällöin kynnyksen tai tasoeron saa olla enintään 20 millimetriä korkea, ja kynnyksen on muotoiltava siten, että sen voi helposti ylittää pyörätuolilla ja pyörillä varustetulla kävelytelineellä. Tasoero asuntokohtaisen ulkotilan oven yhteydessä oven ulkopuolella saa olla yli 20 millimetriä, jos tasoero on kohtuudella poistettavissa ulkotilan varustelulla.

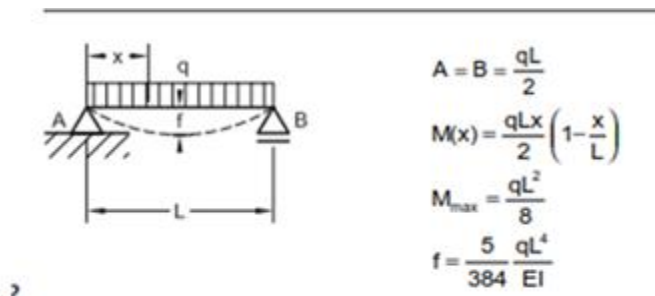
(Valtioneuvoston asetus rakennuksen esteettömyydestä (241/2017))

3.2 Mitoitus

Mitoitus esimerkkilaatalle: paksuus 260 mm, pituus 6 m, leveys 1 m, kaksinivelisesti päistään tuettu. Betonipeitteen nimellisarvo 30 mm, pääteräs: 10–150 B500A, asennustoleranssi +/- 5 mm.

3.2.1 Murtorajatilamitoitus

Kuvassa 1 on esitetty laatan rakennemalli.



kuva 1

Parvekelaatta L=6000 **HL=260**

Laatan omapaino $g_k, op = 0,26 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 6,5 \text{ kN/m}^2$

Parvekekaiteet = g_k , kaide ~ 1,5 kN/m

Hyötykuorma CC2 Asuinrakennukset A: parvekkeet $q_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$

Betoni= C35/45 pakkasenkestävä, vesitiivis, XC4, XF3

Teräs B500A, harjateräsverkko

Betonipeitteen nimellisarvo 30 mm, sallittu poikkeama +/- 5 mm

Tukivoimien ratkaisu: $qL/2$

$P_d = 1,15 \cdot g + 1,5 \cdot q$

$(1,15 \cdot 6,5 \text{ kN/m}) + (1,5 \cdot 2,5 \text{ kN/m}) = 11.23 \text{ kN/m}^2$

$$M_d = \frac{P_d \cdot L^2}{8}$$

(kaava 1)

missä

M_d = momentin laskenta-arvo

P_d = kuormituksen laskenta-arvo

L = laatan pituus/tukipisteiden etäisyys

$$M_d = \frac{11.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (6\text{m})^2}{8} = 50.52 \text{ kNm}$$

Ratkaistaan suhteellinen momentti μ

$$\mu = \frac{M_d}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (\text{kaava 2})$$

missä

$b = 1000 \text{ mm}$ (tutkittava kaista laatasta)

$d = 190 \text{ mm}$ (pääterästen tehollinen korkeus)

$f_{cd} = (C35/45) = 19.8 \text{ MPa}$ (betonin mitoituslujuus)

$$\mu = \frac{50.52 \text{ kNm}}{1 \text{ m} \cdot (0.19 \text{ m})^2 \cdot 19800 \text{ N/m}^2} = 0.071$$

Eurocode: $\mu \leq 0,372 \rightarrow \text{OK}$

Ratkaistaan puristuspuunnan suhteellinen korkeus β

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad (\text{kaava 3})$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.071} = 0.074$$

Eurocode: $\beta \leq 0,493 \rightarrow \text{OK}$

Ratkaistaan tarvittava teräsmäärä A_s

$$A_s = \beta \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (\text{kaava 4})$$

missä

$f_{yd} (\text{B500A}) = 434 \text{ N/mm}^2$ (teräksen mitoituslujuus)

$$A_s = 0,074 \cdot 190 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot \frac{19.8 \text{ N/mm}^2}{434 \text{ N/mm}^2} = 641.5 \text{ mm}^2$$

Valitaan momenttiraudoitus

Verkko 10#150 + T10 k300 = 523 mm² + 261 mm² = 784.6 mm²

784 mm² teräspinta-ala poikkileikkausmetriä kohden

Käyttöaste 82%

3.2.2 Laatan kestävyys leikkausta vastaan

Tutkitaan esimerkkilaatan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteettia. Lisätietoa löytyy kirjoista BY210 ja RIL 202-2011.

$$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot b_w \cdot d \cdot k(100\rho f_{ck})^{1/3} \quad (\text{kaava 5})$$

missä

$$V_{Ed} = 37,13 \text{ kN}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 220 \text{ mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,953$$

$$100\rho = 100 \cdot \frac{A_s}{b_w \cdot d} = 100 \cdot \frac{784,6 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm}} = 0,357$$

$$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} \cdot 1,953 \left(0,357 \cdot 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^{\frac{1}{3}} = 119 \text{ kN}$$

Mitoitusehto: $V_{Ed} < V_{Rd,c} \Rightarrow 37,13 \text{ kN} < 119 \text{ kN}$; mitoitus ok

Laatta kestää ilman erillistä leikkausraudoitusta.

3.2.3 Lävistysleikkautuminen laattaan

Lävistysmitoitusta ei tehdä toistaiseksi standardi EN 1992-1-1:n mukaan. Lävistysmitoitusta tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B4 Betonirakenteet, ohjeet kohdan 2.2.2.7:n mukaan.

Laatan betonin lävistyskapasiteetti lasketaan kaavasta 6.

$$V_c = k\beta(1 + 50\rho)udf_{ctd}$$

(kaava 6)

(B438 RakMK B4)

Laskuesimerkki:

Laatan paksuus $d = 260\text{mm}$, 2 x teräsverkko 10-150 B500A, ilman lävistysterästyttä. Betoninlujuus 21 MN/m^2 .

Pilarin halkaisija 250mm .

$$u = 1,193\text{m ja } A_u = 0,113\text{m}^2$$

$$k = 1,34$$

$$\rho = 0,002$$

$$\beta = 0,4 \text{ ilman epäkeskisyyttä}$$

$$V_c = 1,34 \cdot 0,4(1 + 50 \cdot 0,002)1,193\text{m} \cdot 0,26\text{m} \cdot 21 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 3,84\text{ MN}$$

3.2.4 Putket

Parvekelaatan sitominen ja laatan taipuman rajoittaminen putkilla muuttaa parvekelaatan statiikan monimutkaiseksi, mikä tekee käsin laskemisesta hankalaa.

Parvekelaatan putkien rasituksia tutkitaan erilaisilla FEM-laskenta ohjelmilla.

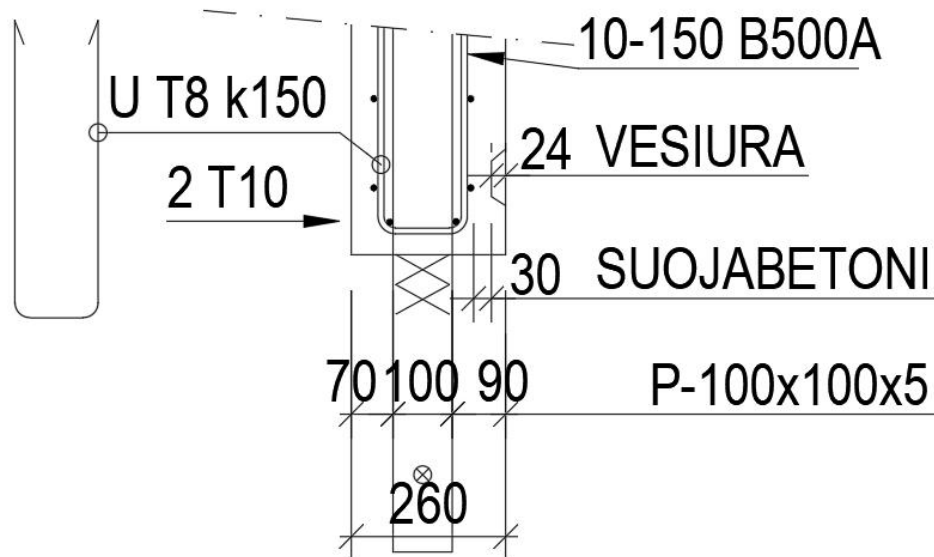
FEM eli elementtimenetelmä on tapa laskea monimutkaisia matemaattisia ongelmia. Tietokoneohjelmalla luodaan rakenteen staattinen malli ja simuloidaan rakenteeseen syntyvät rasitukset ja siirtymät.

Putkien sijoittelussa on huomioitava monia asioita:

Pielten lämpöliike aiheuttaa laattaan liikettä pystysuunnassa, jolloin liian lähelle pieltä sijoitettu putki ja laatta on pakkovoimarasituksella.

Yksittäinen putki keskellä kenttää voi saavuttaa liian suuren rasituksen taipumasta.

Suojabetoni kriteerin täytyminen: Kuvassa 2 esitetään 260 mm paksun parveke-
laatan vesiuran maksimisyvyys, jos putki on sijoitettu vesiuran kohdalle. Tällöin
vesiuran syvyydeksi jää vain 24 mm, joka saattaa pitkissä parvekelaatoissa osoit-
tautua riittämättömäksi. Parvekelaatta kupilla, joka kaataa seinää kohti ja vesiura
on putkienpäällä, niin tällöin suojabetonointi on riittämätön.



kuva 2

Tommi Heinosen kommentti: "Harjaterästen todellinen tilantarve on yksittäisellä harjaterästangolla 15 % suurempi, kuin tangon nimellishalkaisija ja ristikkäin sijaitsevissa raudituskerroksissa (verkot) voidaan käyttää 10% nimellishalkaisijaa suurempaa arvoa, koska harjat asettuvat aina jonkin verran toistensa lomaan." Suunnittelijan on siis huomioitava asennustoleranssien lisäksi terästen todellinen paksuus"

3.2.5 Liikuntasaumot

Lämpötilasta, virumisesta ja kutistumisesta aiheutuvat muodonmuutokset tulee ottaa huomioon suunnittelussa eurokoodin mukaan. Talorakenteissa lämpötilan ja kutistumisen vaikutukset voidaan jättää huomiotta, jos rakenne jaetaan liikuntasauvoilla osiin.

Parvekelaatat ovat kylmiä rakenteita ja kantava runko on lämmitetty rakenne. Kylmään rakenteeseen on tultava tällöin liikuntasauama samalle linjalle lämpimän rakenteen liikuntasauaman kanssa.

Taulukossa 3 on esitetty kylmien ja lämpimien rakenteiden liikuntasaumavälit.

	Lämmin rakenne	Kylmä rakenne
pituus	(m)	(m)
PV	25	13
Elementti	40	20

taulukko 3

(RIL 202-2011 2.3.3)

3.3 Käyttörajatila

Käyttörajatila on tila, jonka ylityttyä rakenteen käyttökelpoisuusvaatimukset eivät täyty. Esimerkkinä laatta saattaa murtorajatilassa kestää, mutta käyttörajatilassa tarkasteltuna taipuma tai halkeama kasvaa niin suureksi, ettei rakenteen käyttö ole hyväksyttävää.

Käyttörajatilassa on kolme kuormayhdistelmää ja eurokoodi EN 1990 esittää kuormitusyhdistelmiä käytettävän seuraavasti:

- ominaisyhdistelmää käytetään, kun muodonmuutos aiheuttaa esim. rakenneseosien tai pintarakenteiden halkeilua
- tavallista yhdistelmää käytetään, kun muodonmuutos aiheuttaa haittaa rakenteen käytölle
- pitkäaikaisyhdistelmää käytetään, kun muodon muutos haittaa ulkonäköä

3.3.1 Halkeilu

Halkeilun rajoittaminen (RIL 202-2011/by 61)

Taivutuksesta aiheutuva halkeilu kohdistuu aukkojen kohdalla alapintaan ja tukipintojen (jatkuva laatta/putket) kohdalla yläpintaan. Halkeilua ei pystytä kokonaan poistamaan vaan sitä voidaan rajoittaa hallitusti.

Halkeamaleveyden w_{\max} raja-arvot: rasisluokka XC4; teräsbetonirakenteet/pitkääikainen kuormayhdistelmä: 0,3 mm

Taulukossa 4 on esitetty eri laattapaksuuksille maksimikäyttömomenti, jolloin halkeama ylittää $w_{\max}= 0.3$ mm. Laatan ominaisuudet:

Betonin lujuusluokka, $f_{ck}=C35/45$

Teräs verkko = 10–150 B500A

Suojabetoni= 30 mm

Liitteessä 3 esitetty laskuesimerkki

Laatanpaksuus (mm)	Käyttötilan momentti
	Mk (kNm/m)
240	31
250	31,5
260	32,2
270	32,7
280	33,2
290	33,7
300	34,2

taulukko 4

3.3.2 Taipuma

Betonilaattaan kohdistuu taivutusrasitusta. Taivutuksesta aiheutuva taipuma otettava erityisesti huomioon parvekelasitusten takia.

Taipumaan vaikuttavia tekijöitä on paljon, ja usein ne ovat ajasta ja toisistaan riippuvia, minkä takia taipuman arvioiminen on vaikeaa. Tärkeimmät tekijät ovat:

- betonin vetolujuus
- viruma
- kimmokerroin.

Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan Osa 8: Taipuma

Eurokoodi EN 1992-1-1 ei anna selkeitä ohjeita hyväksyttävälle taipumalle tai kuormitusyhdistelmälle, jolla taipuma tulisi tarkastella. Yleisenä ohjeena tode-

taan: ”Rakenteen ulkonäköä ja yleistä käyttökelpoisuutta voi huonontaa, kun pal-
kin, laatan tai ulokkeen laskettu taipuma pitkäaikaiskuormien vallitessa ylittää jän-
nemitan jaettuna luvulla 250”.

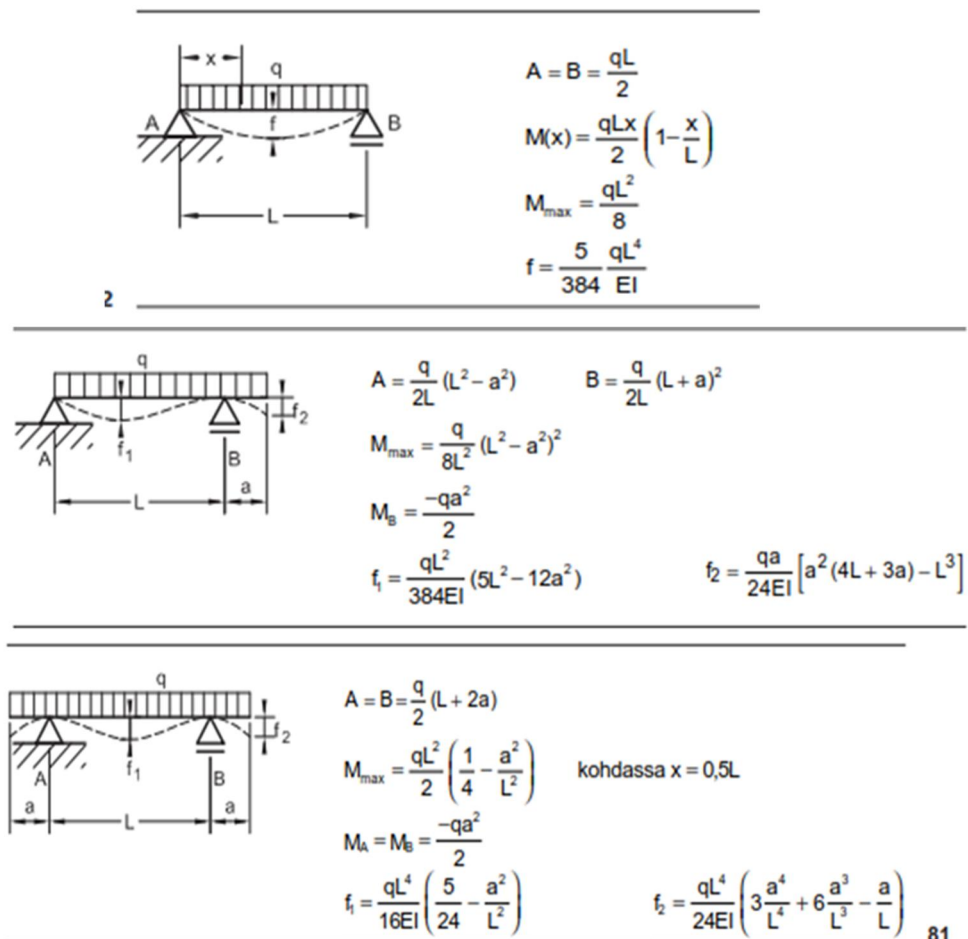
Sallittu taipuma: $L/250$

TAIPUMA 2-nivelinen kannatin, tasainen kuormitus

$$f = \frac{5Fl^3}{384EI} \cdot \frac{qL^2}{EI}$$

(kaava 7)

Kuvassa 3 on esitetty yleisimmät rakennemallit ja niiden tukivoimat, kenttä- ja tukimomentit sekä taipuman ääriarvot.



Kuva 3

Taipumaan voidaan vaikuttaa rakennuksen runkoon yleensä holviin sidotuilla put-
killa, kasvattamalla laatan korkeutta, yläpinnan teräksillä ja jänneväliä pienentä-
mällä.

3.4 Käyttöikäsuunnittelu

Käyttöikäsuunnittelulla tarkoitetaan rakenteiden kestävyuden suunnittelua säilyvyyden osalta. Käyttöikäsuunnittelussa on tunnettava vauriomekanismien ja niiden aikariippuvuuksien tuntemista.

Käyttöikään liittyvät vaatimukset voidaan selvittää BY 65:n mukaan taulukkomitoituksella tai laskennallisella mitoituksella. Taulukkomitoitusta voidaan käyttää elementeille, joiden suunnittelukäyttöikä on joko 50 tai 100 vuotta.

Tarkempaan suunnitteluun on syytä käyttää julkaisua BY 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille 2016.

Parvekelaatan vauriomekanismeja:

- pakkasrasitus
- kosteusrasitus
- lämpöliike

3.4.1 Rasitusluokat

Parvekelaattaan kohdistuu kosteus- ja pakkasrasitusta. Parvekelaatan lasitus pienentää kosteusrasitusta ja pakkasrasitusta.

BY 65 Betoninormit 2016:n mukaan suositeltavat rasitusluokat parvekkeelle ovat XC4 ja XF3. Vaihtoehtoisesti by68 suosittaa laatan yläpintaan XC4 ja XF3 ja alapintaan rasitusluokkia XC3 ja XF1.

XC3; Kohtalaisen kostea

XC4; Jaksollinen kastuminen ja kuivuminen; parvekelaatat

XF1; Kohtalainen vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita;

XF3; suuri vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita; sateelle ja jäätymiselle alttiit vaakasuorat rakenteet.

3.5 Lämpöliike

Parvekelaatoille aiheutuu rasituksia muodostavaa lämpöliikettä rakennuksen kantavan rungon ollessa +20°C ja ulkoilman lämpötila vaihtelu +40°C – (-40°C). Tällöin rakenteen laajenemista tapahtuu 20°C asteen verran ja kutistumista 60°C asteen verran.

Alla olevissa taulukoissa (taulukko 5 ja taulukko 6) on esitetty 12-kerroksisen rakennuksen pieliä tai pilareiden pituuden muutos +40°C – (-40°C) -arvoilla.

Lämpöliike +20C - (-40C)		TALVI		
		kr	l korkeus (mm)	Δl (mm)
lämpötilakerroin	teräs/betoni	1	3000	-2,16
α	0,000012	2	6000	-4,32
lämpötila muutos	C	3	9000	-6,48
Δt	-60	4	12000	-8,64
		5	15000	-10,8
		6	18000	-12,96
Δl=αΔt		7	21000	-15,12
		8	24000	-17,28
		9	27000	-19,44
		10	30000	-21,6
		11	33000	-23,76
		12	36000	-25,92

taulukko 5

Lämpöliike +20C - (+40C)		KESÄ		
		kr	l, korkeus (mm)	Δl (mm)
lämpötilakerroin	teräs/betoni	1	3000	0,72
α	0,000012	2	6000	1,44
lämpötila muutos	C	3	9000	2,16
Δt	20	4	12000	2,88
		5	15000	3,6
		6	18000	4,32
Δl=αΔt		7	21000	5,04
		8	24000	5,76
		9	27000	6,48
		10	30000	7,2
		11	33000	7,92
		12	36000	8,64

taulukko 6

4 ELEMENTTISUUNNITTELU

Elementtisuunnittelu aloitetaan yleensä elementtisuunnittelun aloituspalaverilla (ESAP). ESAP:ssa hankeen tilaaja, urakoitsija, elementtitehtaan edustaja, rakennesuunnittelija ja elementtisuunnittelija käyvät projektin läpi. Palaverin tarkoituksena on saavuttaa elementtisuunnittelun osalta mahdollisimman paras lopputulos, niin taloudellisesti kuin laadullisesti.

Liitteessä 2 on elementtitehtaiden yhdessä koostama tarkastuslista tehtaan näkökulmasta onnistuneeseen lopputulokseen. Tämä lista on koottu VABE Oyn ja Suoraman elementti Oy:n omista listoista.

4.1 Lähtötietotarpeet

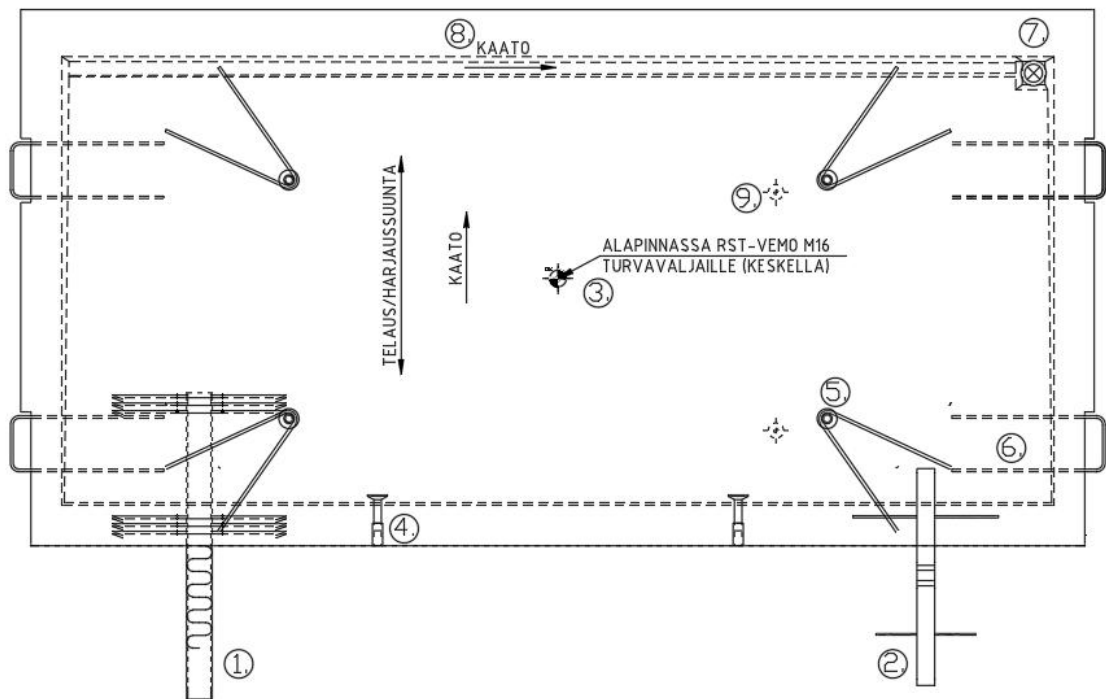
Alla esitetyssä taulukossa 7 on esitetty yleisempiä lähtötietotarpeita onnistuneelle parvekelaattasuunnittelulle. Alla oleva kaavio on koottu käyttäen hyväksi *RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje Tekstiosa* ja *RIL- 229-2-2013 Mallipiirustukset ja -laskelmat* kirjoja, *RT-103087 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18* sekä A-Insinööreillä tehtyjen projektien pohjalta.

Keneltä?	Mitä tietoa
RAK	Raudoitekaavio
LVIS	Reikätiedot
S	Sähkösuunnitelmat
ARK/RAK	Suunnitelmat kerrospohjista ja leikkauksia.
ARK/RAK	Parvekeleikkaukset
ARK	Tiedot pintamateriaaleista ja -käsittelyistä
ARK/RAK	Tiedot parvekekoroista
ARK	Suunnitelmat ovi- ja ikkunaliitosdetaljeista.
ARK	Suunnitelmat parvekkeiden vedenpoistosta.
ARK	Pelastustie/pelastusajoneuvon nostopaikka ja pelastussäde.
ARK	Parvekelaattojen korkeusasema.
TILAAJA	Varmistettava elementtitehdas/-tehtaat, koska tehtailla voi olla omista järjestelmistä johtuvia rajoituksia elementeille.
URAKOITSIJA	Nosturin sijainti ja nostokapasiteetit -> elementtien maksimipainot.

taulukko 7

4.2 Varustelu

Elementti varustellaan arkkitehtisuunnittelun, rakennesuunnittelun, urakkamateriaalien ja ESAP:issa sovittujen päätösten mukaisesti. Kuvassa 4 esitetty yleisimpiä komponentteja parvekelaatassa.



Kuva 4 yleisistä varusteista parvekelaatalle

1. Putki, lisäraudoite ja eristetäyttö
2. Parvekesarana
3. Kiinnityspiste turvavaljaille laatan alapinnassa
4. Käsittely nosto-osa
5. Asennus nosto-osa
6. Sidontapiste pieliin
7. Parvekekaivo (Sisäpuolinen vedenposto)
8. Kaatava ura vedenpoistolle
9. Seuraavan kerroksen elementtien tuenta pisteet

4.2.1 Pääraudoitus

Parvekelaatan pääraudoituksena käytetään yleensä verkkoja 8-150 B500A tai 10-150 B500A ja lisäraudoituksena tarvittava määrä harjaterästankoja.

Viistetyissä parvekkeissa, joiden tukipinta-alue on epäsymmetrinen, käytetään rakennesuunnittelijan määrittämää erikoisraudoitusta. Viistetyssä laatasta on huomioitava tarpeellinen määrä teräksiä tuelle ja mahdollinen lisäleikkausraudoitus.

4.2.2 Nosto-osat

Elementtisuunnittelija valitsee rakennesuunnittelijan ohjeistuksella parvekelaat-toihin sopivat nosto-osat. Elementtisuunnittelija määrittää nosto-osien riittävän nostokapasiteetin suhteessa laatan painoon ja sijoittaa nosto-osat painopisteen mukaisesti.

Parvekelaatoissa käytetään yleensä käsittely- ja asennusnosto-osia. Käsitte-lynosto-osat ovat yleensä RST sisäkierrehylsyjä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää nostolenkkejä, mutta nämä on katkaistava ennen asennustyötä.

Parvekelaatan asennusnosto tehdään yleensä neljällä sisäkierrelaatta-ankku-rilla.

Nosto-osien kapasiteetit ja sijainti määritetään nosto-osan valmistajan ohjeen mukaisesti. Suorat nostot ovat mahdollisia nostopuomilla ja nelipistenostot puo-milla tai tasauslevyllä.

Nostossa on huomattava käytettävä nostokulma, joka on yleensä maksimissaan 60°, ja nostoraksien pituus 6 metriä. Nosturin ja käytettävien raksien ominaisuu-det on tarkistettava projektikohtaisesti.

Viitaten Tommi Heinosen haastatteluun on nelipistenostoista hyvä informoida työmaan nostoista vastaavaa edustajaa sekä selkeästi merkata ne elementti-kaavioon.

4.2.3 Pintakäsittely

Pintakäsittelyt määräytyvät arkkitehdin tai tilaajan määrittelemällä tavalla.

Yläpintaan käytetään monesti hienopestyä pintaa vesiurien rajaamalla alueella. Yläpinnan liittyminen esimerkiksi kaidelasituksiin on hyvä huomioida.

Alapinnan käsittelyssä käytetään yleensä maalausalausta käsittelyä, telattua tai harjattua.

Heinosen mukaan telapinta parvekelaatan alapinnassa on haastava saada tasa-laatuiseksi

4.2.4 Vedenpoisto

Betoniteollisuus Ry suosittaa parvekkeissa käytettävän ensisijaisesti sisäpuolista vedenpoistojärjestelmää, missä vesi johdetaan laatasta olevien kaivojen kautta hallitusti maahan asti vedenpoistoputkin.

Ulkopuolista vedenpoistoa (ns. ulosheittäjät) ei tulisi käyttää. Perusteena on ulosheittäjien aiheuttama korkea paikallinen kosteusrasitus alapuolisille rakenteille sekä siitä aiheutuva julkisivun epätasainen likaantuminen.

Elementtisuunnittelu.fi listaa vedenpoistossa tarkastettaviin asioihin seuraavasti:

- riittävä kallistus laatan yläpinnassa 1:80, vedenpoistourissa 1:100
- kaivojen oikea sijoitus ja asennus työmaalla ja elementtitehtaalla

Vedenpoistojärjestelmästä riippumatta laatan yläpinta muotoillaan siten, että vettä ei missään olosuhteissa pääse kerääntymään parvekkeelle. Laatan yläpinta on tasainen vedenpoistouria lukuun ottamatta.

4.2.5 Kaide/lasitus

Kaide ja lasituksessa olisi hyvä varmistaa kaidevalmistajan kiinnitystapa ja mahdolliset lisävahvistukset. Yleisimmät asennustavat on parvekelaatan päälle tai parvekelaatan otsaan kiinnitys, myös ripustettavia kaidelasituksia käytetään.

4.2.6 Työnaikainen tuenta

Laatta sidotaan yleensä holviin/seinälinjalle ja laatasta olevat kiinnityspisteet sidotaan rakennesuunnitelmien mukaisesti. Alapuolisten elementtien tuennassa on luonnollisesti huomioitava laatasta aiheutuvat rasitukset.

Elementtisunnittelu.fi mukaan elementit on kiinnitettävä mahdollisimman pian muuhun rakennuksen runkoon. Nostoapuvälineet saadaan irrottaa elementistä vasta, kun elementti on kiinnitetty tai tuettu valmistajan ja suunnittelijan ohjeiden mukaisesti paikoilleen.

Seuraavaa kerrosta varten laattaan sijoitetaan kiinnityspisteet pielen tai pilarin elementtitukia varten. Sisäkierteisten valuankkurien materiaalin määrittää rakennesuunnittelija. Sijoittelussa on huomioitava elementtitukien riittävä asennuskulma.

5 POHDINTA

Parvekelaattojen suunnittelussa on tärkeää vedenpoiston yhdistäminen laattaan liittyviin komponentteihin, suojabetonoinnin säilyminen raudoituksissa, sekä halkeama leveyden hallitseminen laatan pinnoissa.

Esimerkkilaattana käytetty kuusi metrinen laatta on hankala saada pysymään käyttörajatilan asettamissa rajoissa halkeamaleveyden puolesta ilman putkikannattimia. Tästä syystä on hyvä optimoida putkikannakkeiden käyttö taloudelliseksi ilman, että putkien käytöstä aiheutuu muita ongelmia, kuten liian lähelle tukipistettä asemoitu putkikannatin.

Rakennesuunnittelijan pitäisi parvekelaattaa suunnitellessa selvittää minkälainen vedenpoisto laatussa on, koska tämä vaikuttaa suoraan laatan dimensioihin ja puristus- ja vetovoimaparien muuttumiseen.

Kokonaisuutena opinnäytetyön tekeminen oli hankalaa oppaita ja ohjeita tulkittaessa. Monet ohjeet vedenpoistosta olivat ristiriidassa keskenään tai eivät soveltuneet parvekelaattojen suunnitteluun.

Suojabetonoinnin saavuttamiseksi on mahdollista käyttää ruostumattomia teräsosia. Ruostumattoman teräksen käytössä on kuitenkin huomioitava hinta. Esimerkkinä K-Rauta Oy:n hyllynpäähintana $\varnothing 10$ mm B500B 6 m harjaterästanko on 4,5 € ja ruostumattomana $\varnothing 9$ mm B600XA-1.4031 6 m on 23,90 €.

Halkeama leveyden pitäminen sallituissa rajoissa pitkillä jänneväleillä on myös hankalaa ilman putkikannakkeita. Taulukossa 4 havaitaan, kuinka pieni vaikutus laatan paksuntamisella on halkeama leveyteen.

Opinnäytetyössä tehtyjen putkikannakointien simuloiminen FEM-laskennalla osoittautui haastavaksi, osin vanhempien suunnittelijoiden erimielisyydestä siitä miten putkikannakkeet vaikuttavat staattiseen malliin sekä lämpöliikkeestä aiheutuvat pakkovoimat ja niiden simuloiminen.

Elementtisuunnittelussa haasteena on lähtötietojen selventäminen, koska monesti tilaaja ei ole määrittänyt suunnittelun alussa vielä elementtitehdasta. Tästä aiheutuu suunnittelussa huomiotavaksi, että mitään komponenttia ei olisi syytä määrittää tietyn komponenttivalmistajan tuotteeksi.

Elementtien suunnittelu perustuu materiaalien ominaisuuksiin, jolloin komponenttien määrittäminen tiettyyn komponenttitoimittajaan voi aiheuttaa taloudellisia kustannuksia kaikille osapuolille niin suunnittelulle, tehtaalle kuin tilaajalle.

Haastattelun kysymykset valikoituivat suunnitteluun kohdistuneiden reklamaatioiden perusteella, sekä käytännössä havaittujen puutteiden avulla.

Haastattelun vastauksissa tuli esille, että suunnitelmissa oli puutetta suojabetonoinneissa, vaikka suunnittelija on ne suunnitelmiin kirjannut. Tämä johtunee siitä, että suunnittelu on ollut vajavaista. Tähän on syytä kiinnittää huomiota, siten että kaikki teräkset mallinnetaan täysin ja todellinen tilantarve selviää.

Haastattelussa tuli useasti esille, ettei suunnittelijan tehtävä ole määrittää tiettyä komponentti toimittajaa. Suunnittelijan tulee suunnitella elementit ja niiden komponentit materiaaliominaisuuksiin perustuen ja tuotteiden käytöstä vastaa tehdas ja tavarantoimittaja. CE- merkinnät ja muut standardointimenetelmät eivät tällöin olisi suunnittelijan vastuulla.

LÄHTEET

Betonelementtiparvekkeet Betoniteollisuus Ry Lokakuu 2010
Elementtisuunnittelu.fi

http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_8_Tai-puma.pdf

http://vabe.fi/wp-content/uploads/2018/09/VaBe_Elementtisuunnittelun_tarkistuslista_1.5.pdf

RIL-201-1-2017 (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat)

RIL-201-2-2017 (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat)

RIL 202-2011 Betonirakenteiden suunnitteluohje

RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje Tekstiosa

RIL- 229-2-2013 Mallipiirustukset ja -laskelmat

by 40 (Betonirakenteiden pinnat 2003)

by 47 (Betonirakentamisen laatuohjeet 2019)

by 51 (Betonirakenteiden käyttöikä suunnittelu 2007)

by 54/BLY 12 Betonilattioiden käyttöikä suunnittelu 2010)

by 65 (Betoninormit 2016)

by 210 (Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008)

Rakentamisien yleiset laatuvaatimukset: RYL: Runko, Maalaus

Maankäyttö- ja rakennuslaki (RML)

Suomen rakentamismääräyskokoelma

www.eurocodes.fi

Finlex

LIITTEET

Liite 1. Haastattelu

Liite 2. Elementtisuunnitelijan tarkistuslista

Liite 3. Betonilaatan halkeamaleveyden laskenta

Haastattelu tehtiin Suoraman Elementti Oy:n tiloissa 12.3.2020. Haastattelussa oli läsnä Tommi Heinonen (Suoraman Elementti Oy:n tehtaanjohtaja), Jan-Erik Kivinen (A-Insinöörit Oy:n elementtisuunnittelun projektipäällikkö) ja Nicholas Siilasvuo (RI (AMK)-opiskelija)

Kysymykset

Kysymyksiä elementtitehtaan edustajalle:

1. Suojabetoni. Aiheuttaako putkien lisäraudoitus haasteita? Kuinka vesiuraturat putkien kohdalla aiheuttavat haasteita?
2. Aiheuttaako kaivot ja niiden sijoittelu ongelmia tuotannolle?
3. Pintakäsittelyt. Onko jotain mikä on ongelmallista tai aiheuttaa reklamaatioita keskimääräistä enemmän?
4. Nostoelimien sijoittelu. Mikä on tehtaan käytäntö? esimerkiksi käytetäänkö puomia?
5. Epäsymmetrisen parvekelaatan suunnittelussa huomioon otettavia asioita; viisteet. Kuinka elementti mitoitetaan, jotta muotilla ymmärretään mitä on kuvaan piirretty?
6. Mikä kuvissa on eniten väärin?

Vastaukset

1. Suojabetoni. Aiheuttaako putkien lisäraudoitus haasteita? Kuinka vesiuraturat putkien kohdalla aiheuttaa haasteita

Heinosen mukaan pelkkä lisäraudoitus saadaan usein limitettyä verkko-terästysten kanssa, eikä aiheuta ongelmaa. Muu raudoitus putkien ympärillä aiheuttaa haasteita laatoissa, joiden paksuus on 280 mm tai alle. Varsinkin 100x100 RST putkien alueella haastetta saavuttaa 35 mm betonisuojapeite, jos kaatava vesiura on putkien puolella.

Heinonen mainitsee erityisesti, että harjaterästen todellinen tilantarve on yksittäisellä harjaterästangolla 15 % suurempi, kuin tangon nimellishalkaisija ja ristikkäin sijaitsevilla raudoituskerroksissa (verkot) voidaan käyttää 10% nimellishalkaisijaa suurempaa arvoa, koska harjat asettuvat aina jonkin verran toistensa lomaan. Tällöin, jos suunnittelija suunnittelee nimellispaksuuksilla, on usein jo tehtaan asennustoleranssi käytetty.

Detaljeissa esitetyt raudoitukset ovat usein puutteellisia kokonaisuuden kannalta. Jolloin detaljiin ei ole piirretty raudoituksia kokonaan vaan todellisuudessa raudoituksia suunnitellaan usein päällekkäin.

Suunnitelmat, joiden mukaan tehtäessä suojapeitevaatimusta eu käytännössä saada toteutumaan, aiheuttaa tehtaalle reklamointi tarpeen ja vastuasiat siirtyvät ilman asiallista reklamointia tehtaalle. Tämä taas ei ole tehtaan liiketoiminnan kannalta järkevää ja aiheuttaa kustannuksia.

Tommi Heinonen ehdottaa putkien alueella vesiuran tehtäväksi siten että kaadetaan kupilla ensin etureunaan, josta johdetaan kaatavilla vesiurilla takaisin seinänpuoleiselle reunalle, jolloin ei tarvittaisi putkien alueella kaatavaa vesiuraa.

2. Aiheuttaako kaivot ja niiden sijoittelu ongelmia tuotannolle?

Käytettäisiin aina vakio-osia ns. varastotuotteita, muidenkin kuin kaivojen osalta. Tällä saavutetaan kustannustehokkuutta, koska ei tarvitse tilata erikoistuotteita

Kaivojen sijoittelussa on syytä noudattaa kaivovalmistajan ohjeita. Syy tähän on, että jos suunnittelija soveltaa vastoin valmistajan ohjeita, pitää tällöin elementtitehtaan tilata parvekelaattaan erikoisosa.

Kaivojen ja muiden komponenttien määrittäminen suunnittelijan taholta tiettyyn toimittajaan ei ole tehtaan tai tilaajan kannalta suotavaa taloudellisesti. Osalla tehtaista saattaa olla komponentti toimittajan kanssa sopimus tuotteista ja tällöin suunnittelijan päätös valita tietty valmistaja voi aiheuttaa tarpeettomia kuluja tehtaalle tai tilaajalle.

3. Pintakäsittelyt. Onko jotain mikä on ongelmallista tai aiheuttaa reklamaatioita keskimääräistä enemmän?

Telapinta parvekelaatan alapinnassa on haastava saada tasalatuiseksi. Tommi Heinonen suosittelee tähän vaihtoehtoiseksi käsittelytavaksi harjattua pintaa. Heinonen perustelee omaan kokemukseen uudiskohteissa ja on havainnut telapintaiset laatat usein laikukkaiksi ja pinnan tasaisuudessa havainnut selkeää nystermää.

Heinonen muistuttaa myös että, teräshiertopintaan BY 40 Betonirakenteiden pinnat/Luokitus ohjeet antaa valtavan toleranssin pinnan laatuun.

4. Nostoelimien sijoittelu. Mikä on tehtaan käytäntö? Käytetäänkö puomia?

Heinonen kertoo saavansa paljon suunnitelmia, joista puuttuu käsittely nostoelimet laatan kyljestä. Tähän on syytä kiinnittää huomiota, koska parvekelaatat valetaan muottiin yleensä aina väärinpäin. Tällöin elementin nostaminen muotista osoittautuu hankalaksi.

Nostoelimet on sijoitettava painopisteen mukaan, jotta nostot saadaan tehtyä suorassa.

Tommi Heinonen kertoo, ettei puominkäyttö elementtitehtaalla ole ongelma ja puominkäyttö on päivittäistä. Hän muistuttaa, ettei työmaalla ole välttämättä nostoihin tarvittavaa kalustoa automaattisesti. Nelipistenostoista on työmaalle kerrottava aktiivisesti, jotta asennusnostot sujuvat turvallisesti ja määräysten mukaisesti

5. Epäsymmetrisen parvekelaatan suunnittelussa huomioon otettavia asioita; viisteet. Kuinka elementti mitoitetaan, jotta muotilla ymmärretään mitä on kuvaan piirretty?

Mitoitus olisi hyvä sitoa esimerkiksi suorakaiteen muotoiseen muottiin, josta otetaan mitat tarvittaviin viisteisiin. Tällöin elementin päämitat saadaan tarkasti tehtyä. Osamitoitus myös lähtökohtaisesti suorakaiteen reunoista.

Jokaisesta suorakaiteesta poikkeavasta muodosta olisi syytä tehdä detalji, josta pääsee vedenpoiston korkoihin kiinni.

6. Mikä kuvissa on eniten väärin?

Tommi Heinosen mukaan suojapeitteen toteuttaminen annettujen ohjeiden mukaan. Suunnitelmissa on esitetty terästyksset vajavaisesti ja ei todelliseksi, jolloin toteutus jää suojapeitteen puolesta vajaaksi tai vaatii toimia prosessin jatkamiseksi.

Lukusuunta parvekelaatoissa on myös huomioitava, koska parvekelaatta tehdään ns. väärinpäin eli parvekelaatan todellinen yläpinta on muotista vasten.

Alla on esitetty elementtitehtailta saatuja ohjeita ja edellytyksiä tuotantokelpoisille suunnitelmille:

1. Elementtitunnus: Kaikkien elementtitunnusten ja kappalemäärien oltava selkeästi näkyvissä etusivulla. Ohjeet elementtien tunnusteluun www.elementtisuunnittelu.fi.
2. Tarkastajan allekirjoitus. (TR15 vaatimus)
3. Layout: Piirustus laadittu tulostettavaksi vähintään A3-koossa (suositus)
4. Luettavuus: Mitat on oltava selkeästi luettavissa. Mittaviivoina tulee käyttää perusviivamitoitusta. Jonomitoituksia ei saa käyttää tai sovittava erikseen käytöstä.
5. Lukusuunta: Lukusuunta yleensä muottiin päin. POIKKEUKSIA: Ohutrap-pauselementeissä eriste asennetaan muotin pohjalle, kun taas paksurappauselementeissä betoni valetaan muottia vasten ja eriste asennetaan vasta sen jälkeen. Parvekelaatta piirretään yleensä väärinpäin, koska vedenpoistomuotoilu tehdään muotin pohjalle.
6. Mitat (päämitat): Päämitat oltava selkeästi luettavissa suunnitelmasta.
7. Mitat (aukot ja varaukset): Mitat tulee olla esitettyinä ilman ristiriitaisuuksia esim. varaukset suhteessa raudoituksen ja sähköjen sijaintiin huomioitava. Jonomitoituksia ei saa käyttää. Mitoitetaan muotin reunasta, ei esim karmeista.
8. Pintamerkinnot: Piirustuksessa oltava selkeästi merkittynä elementtien pintojen laatuvaatimukset sekä pääkuvassa, että tekstiosiossa esim. THI-A ja MUO-A. kts. by 40 Betonirakenteiden pinnat /Luokitusohjeet.
9. Reunat ja viisteet: Kuvissa tulee esittää reunojen käsittely mm. viisteet ja pyöristykset sekä näkyviin jäävät päädyt. Parvekelaatoissa ja suorakaidepilareissa suosittelemme viisteen käyttöä. Muutoin näkyvissä nurkissa kynäpyöristystä ($r=3\text{mm}$).
10. Paino: Kokonaispaino esitettävä piirustuksessa mahdollisimman tarkasti. Nostolenkkien paikat suunniteltava siten, että elementtiä pystytään nostamaan suorassa.
11. Pinta-ala: Elementin pinta-ala laskettuna (brutto ja netto). Betonin tilavuus esitettynä ja laskettuna.
12. Betoniluokat: Kaikki erilaiset betonit esitettävä (sisäkuori ja ulkokuori).

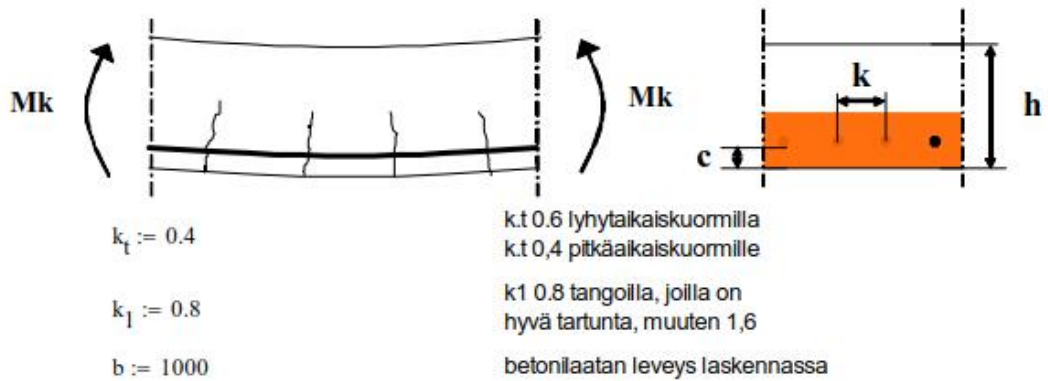
13. Rasisluokat: Rasisluokat on esitettävä. Sandwich-elementeissä molemmista kuorista erikseen. Parvekelaatassa ylä- ja alapinta.
14. Betonipeite: Betonipeite ja sen sallittu mittapoikkeama on esitettävä. Sandwich-elementeissä molemmista kuorista erikseen. Teräslaaduille omat betonipeitteet ja mittapoikkeamat.
15. Käyttöikä: Elementin käyttöikä esitettävä. Sandwich-elementeissä esitettävä kummankin kuoren osalta erikseen.
16. Teräslaadut: Harjateräs, verkot, rst, "musta", pyöröteräkset, putkipalkit, teräslaadut on esitettävä suunnitelmassa selkeästi. Käytetään SFS/Eurocode mukaisia merkintöjä.
17. Jatkospituudet: Teräslaaduittain paksuuden mukaan, myös verkkojen jatkospituus ja jatkostapa on esitettävä. Esitettävä selkeästi, jos teräksiä tai verkkoja ei saa jatkaa.
18. Verkot: Käytetään vakioverkkoja. Verkkojen suunnat (esim. pystyteräs sisempänä ja vaakateräs ulompana) esitettävä selkeästi. Maanpaine-elementeissä ja parvekelaatoissa voi käyttää vakioverkon lisäksi tarvittaessa lisäteräksiä. Tarvittaessa lisädetaljein.
19. Nosto-osat: Nostoelimet on määritelty yksiselitteisesti: tyyppi, koko, valmistaja ja sijainti. Mahdollisesti tarvittavat aputeräkset tulee esittää suunnitelmissa.
20. Toleranssit: Suunnitelmassa käytetty toleranssiluokka ja lähde.
kts. Betonikeskus Ry: Betonielementtien toleranssit 2011
21. Purku- ja siirtolujuus Esitettävä mikä on vaadittava purku- ja siirtolujuus (MN/m²) tai kuinka monta prosenttia loppulujuudesta on oltava saavutettuna.
22. Vakio-osat Elementeissä pyritään käyttämään vakioituja osia (esim. VL, SBKL, TR jne.). Suunnitelmissa esitettävä ehdottomasti myös osien tarvitsemat aputeräkset.
23. Painopiste: Esitettävä mitoitettuna ja esitettynä molempiin suuntiin. Painopisteeseen käännettyillä nosto-osilla painopiste esitettävä pystyleikkauksessa.
24. Sähkömerkinnät: Kaikki tieto löydyttävä samasta kuvasta piirustuksessa. Viitauksia ja jonomitoituksia ei saa käyttää.
25. Kuljetustuet: Esitettävä piirustuksessa esim. harjateräkset + kuljetustukipuut. Huom! Ovia-aukollisissa "mailakivissä", varmistettava elementtitehtaan toimintatapa. Osalla tehtaista palautettavia kuljetustukia.

26. Eristeet: Laatu, tyyppi, uritukset ja suojaukset esitettävä elementtikuvassa. Mikäli elementissä useita eristelaatujia tai vahvuuksia niin rajaukset esitettävä selkeästi. Parvekelaatassa villa- tai uretaani täytöt
27. Tarvikeluettelo: Paikkaansa pitävä valutarvikeluettelo esitettävä elementtisuunnitelmassa. Sovittava erikseen.
28. Rauditusluettelo: Raudoitteiden mitta- ja määräluettelo löytyy esitettävä elementtisuunnitelmassa. Huomioitava myös suojaetäisyydet, vaarnaurat ja lenkkien kotelot yms. Sovittava erikseen.
29. Piirustuksen detaljit: Kaikki detaljit ja muu sellainen tieto on löydyttävä elementtikuvasta, millä on merkitystä elementin valmistuksessa. Ylimääräisiä detaljeja ei pidä esittää kuvassa.
30. Suunnittelijan yhteystiedot Suunnittelijan koko nimi, sähköpostiosoite ja suora puhelinnumero oltava esitettyinä suunnitelmassa.
31. Revisiomerkinnot: Jokaisesta kuvaan tehdystä muutoksesta on tehtävä revisio ja kuvaan tehtävä täsmällinen merkintä kaikista muutoksista sekä merkittävä kuvaan osoitin ao. kohtaan.
32. Kuvien jakelu ja niputus: Kuvat lisätään projektipankkiin ja tuotantokuvat toimitetaan projektikohtaisesti.
33. Suunnittelun aloituspalaveri: Elementtitehtaan edustaja tulee kutsua elementtisuunnittelun aloituspalaveriin.

Laskenta tehty Matchcadillä haarukoimalla maksimi käyttötilamomenttia suhteessa halkeama leveyteen.

Betonilaatan tiedot:

- Betonilaatan paksuus, h [mm]: 300
- Betonin lujuusluokka, f_{ck} [N/mm²]: C35/45
- Käyttötilan momentti, M_k [kNm/m]: 34.2
- Teräksen halkaisija, d [mm]: 10
- Terästen keskiöetäisyys, k [mm]: 150
- Suojabetonipeite, c [mm]: 30



$$W_e = \frac{b \cdot h^2}{6} \rightarrow W_e = 1.5 \cdot 10^7 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

$$f_{cm} = 43 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ctm} := \begin{cases} 0.3 f_{ck} & \text{if } f_{ck} \leq 50 \\ \ln \left(\frac{f_{cm}}{10} \right) + 2.12 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_{ctm} = 3.21 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{cr} := \frac{W_e \cdot f_{ctm}}{1000^2} \quad M_{cr} = 48.149 \text{ kNm}$$

$$E_{cm} := 22 \frac{f_{cm}^{0.3}}{10} \times 10^3 \quad E_{cm} = 3.408 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s := 2 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$a_e := \frac{E_s}{E_{cm}} \quad a_e = 5.869$$

$$A_s := \frac{f_{ctm} \times 1000 (p)}{k} \quad A_s = 523.599$$

$$d := h - c_{bet} - 0.5 T_{teräs} \quad d = 265$$

$$r := \frac{A_s}{b d} \quad r = 1.976 \cdot 10^{-3}$$

$$a_e \times r = 0.012$$

$$k_x := a_e \times r \times \sqrt{1 + \frac{2}{a_e \times r}} - 1 \quad k_x = 0.141$$

$$x := a_e \times r \times \sqrt{1 + \frac{2}{a_e \times r}} - 1 \times d \quad x = 37.401 \quad (\text{mm})$$

$$2.5(h - d) = 87.5$$

$$h_{ceff} := \min\left(2.5(h - d), \frac{(h - x)}{3}\right) \quad \frac{(h - x)}{3} = 87.533 \quad \frac{h}{2} = 150 \quad h_{ceff} = 87.5$$

$$A_{ceff} := b \times h_{ceff} \quad A_{ceff} = 8.75 \cdot 10^4$$

$$r_{peff} := \frac{A_s}{A_{ceff}} \quad r_{peff} = 5.984 \cdot 10^{-3}$$

$$z := d - \frac{x}{3} \quad z = 252.533$$

sisäinen momenttivarsi (mm)

$$s_s := \frac{M \times 1000^2}{A_s \times z} \quad s_s = 257.136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

teräsännitys

$$\text{Del} := \frac{s_s - k_t \times \frac{f_{ctm}}{r_{peff}} \times (1 + a_e \times r_{peff})}{E_s} \quad \text{Del} = 1.751 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{De2} := \frac{0.6 s_s}{E_s} \quad \text{De2} = 7.714 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{De} := \max(\text{Del}, \text{De2})$$

$$\text{De} = 7.714 \cdot 10^{-4} \quad \text{De2} \frac{s_s}{E_s} = 9.918 \cdot 10^{-7}$$

$$k_2 := 0.5$$

taivutukselle 0,5 vedolle 1,0

$$k_3 := 3.4$$

suositusarvo 3,4

$$k_4 := 0.425$$

suositusarvo 0.425

3(3)

$$s_{rmax} := k_3 \cdot x_{bet} + \frac{(k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \Gamma_{teräs})}{r_{peff}}$$

$$s_{rmax} = 386.092$$

$$w_k := s_{rmax} \cdot De$$

Tulos

Halkeamamomentti [kNm/m]

$$M_{cr} = 48.149$$

Halkeamaleveys , [mm]

$$w_k = 0.298$$