

EKSPERTARVAMUS

Käesolev ekspertarvamus on koostatud _____ tellimusel. Arvamuse eesmärk on anda hinnang päikesepaneelide paigaldamise võimalikkuse kohta olemasoleva hoone katusele vastavalt _____ I poolt koostatud päikeseelektrijaama projektis „_____ päikeseelektrijaam“, töö nr ENP2305, esitatud päikesepaneelide asendiskeemile hoone katusel (vt Pilt 1). Lisaks on käesolevas töös kasutatud _____ poolt koostatud hoone ehitustehnilises ekspertiisis „Üksikeluhoone katuse kandekonstruktsiooni ehitustehnilise ekspertiisi aruanne“, töö nr _____, esitatud lähteandmeid, kontrollarvutuste tulemusi ja ekspertiisi järeldusi. Hoone asukoht on Harju maakond, Rae vald, Rae küla, _____ kinnistu.



Pilt 1. Päikesepaneelide asendiskeem hoone katusel.

Päikesepaneelidega on planeeritud katta ca 62 m² hoone kelpkatuse kagu- ja edelapoolsete viilude pindalast. Päikesepaneelidest tulenev täiendav summaarne (paneelid koos aluskarkassiga) normatiivne omakaal katustele on arvestatud 12,0 kg/m² = 0,12 kN/m².

Hoone katus on vastavalt ekspertiis esitatud andmetele ehitatud monoliitpuidust koostatud sarikatest ristlõikega 50x150 mm ja need on paigaldatud sammuga ca 600 mm. Sarikatel on vahetoetused toolvärgiliinil, mille postid on ristlõikega 100x100 mm ja horisontaaltalad ristlõikega 100x100 mm. Harjajoonel on sarikad toetatud harjatalale ristlõikega 75x250 mm, harjatalal on otsapiirkondades toetused puitpostidele ristlõikega 100x100 mm. Katuse roodud on moodustatud liittaladest 2x50x150 mm. Liitesõlmedes on kasutatud ehitusnurgikuid jaa naelühendusi. Puitmaterjali tugevusklass on käesoleva töö kontrollarvutustes võetud C22, kuigi ekspertiisis on arvestatud tugevusklassiga C24. Käesoleva töö koostaja hinnangul ei ole katuse ehitusel kasutatud tugevsorteeritud C24 puitelemente, sest puuduvad sellekohased visuaalsed markeeringud elementidel, lisaks viitab madalamale tugevusklassile ka oksakohtade hulk puidus.

Sellest tulenevalt on käesoleva arvamuse koostanud ekspert võtnud kontrollarvutustes puitmaterjali tugevusklassiks C22.

Hoone katus on soojustamata, puistevillaga on soojustatud vahelae pealne osa. Sarikate ülapinnale on paigaldatud aluskate, tuulutusliistud, katte alusroovid ning katteks on katusekivid. Vahelaetalade vahele ja peale on paigaldatud ca 300 mm puistevilla, alapinnale aurutõke, hõre laudis ning siseviimistlusplaadid. Katuse piirdekonstruktsiooni normatiivseks omakaaluks ilma sarikate omakaaluta on arvestatud sarnaselt ekspertiis välja toodule 0,60 kN/m², mis on realistlik ja selle väärtusega on ka käesolevas töös arvestatud.

Hoone katuseviilude kaldenurk on ca 20 kraadi, seega lumekoormuse kujutegur on arvutuslikult võetud $\mu_1=0,80$. Harjumaal on vastavalt lumekoormuse standardis esitatud skeemile lumekoormuse normsuuruseks maapinnal 150 kg/m². Eelnevast tulenevalt on normatiivne lumekoormus üldosas $q_k=120 \text{ kg/m}^2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$.

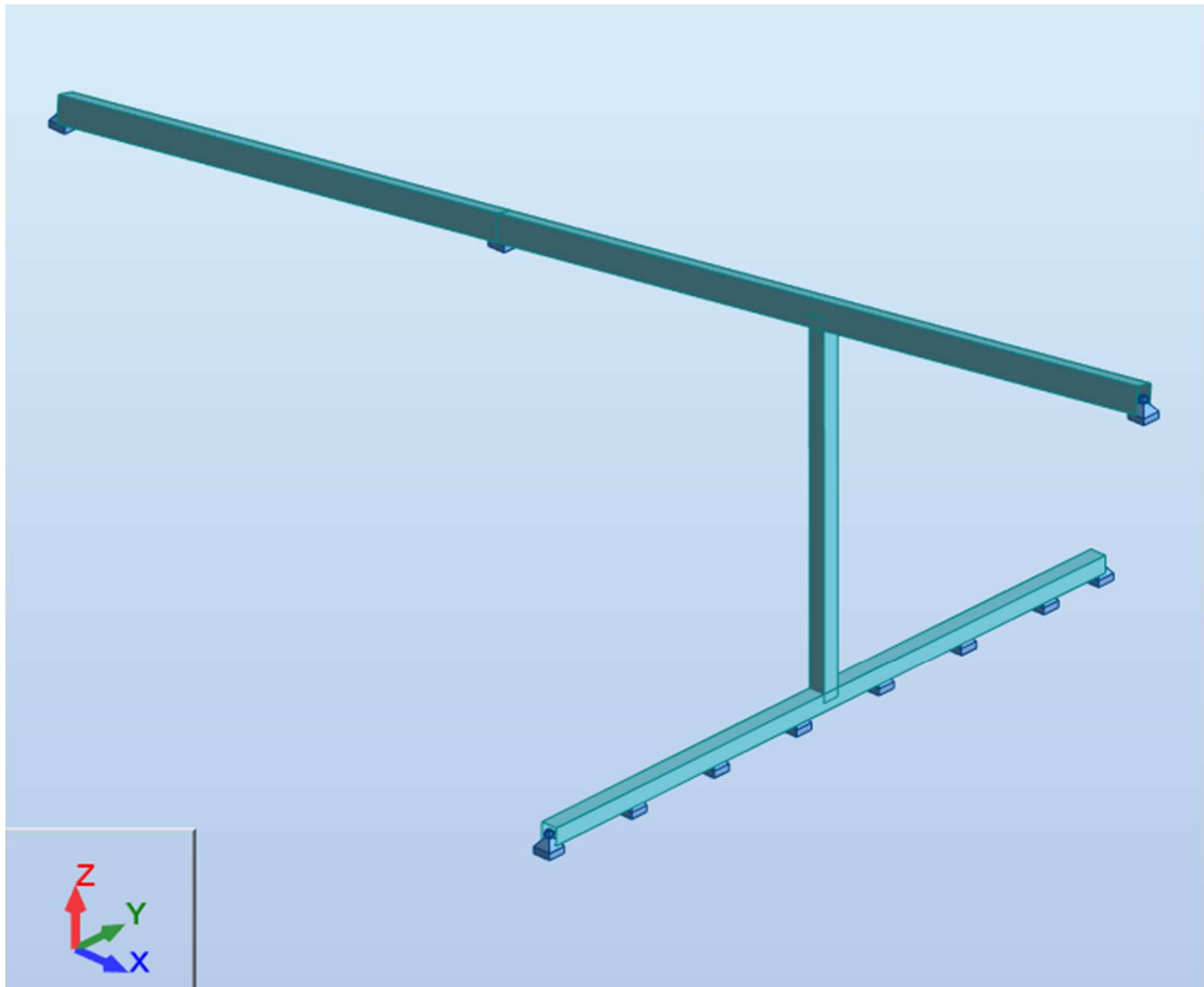
Hoone kandetarindid ja katusekate on heas seisukorras. Visuaalne ülevaatus viidi läbi ekspertarvamuse koostaja poolt 05.05.2023 töö tellija poolt edastatud ja ekspertiis esitatud pildimaterjali põhjal, millest lähtuvalt tarindite puudulikule kandevõimele või visuaalselt ebaloomulikele siiretele, sealhulgas niiskuskahjustustele viitavaid tunnuseid ei täheldatud. Sellest tulenevalt järeldab arvamuse koostaja, et hoone projektijärgne kandevõime ja stabiilsus on eksploatatsioonis tagatud.

Katuse kandetarindite kontrollarvutused on teostatud tänapäeval kehtivaid standardeid (EVS-EN) ja norme arvesse võttes.

Võttes arvesse lisanduvat omakaalukoormust päikesepaneelidest ja aluskarkassist, on vastavalt ekspertiis esitatule sarikate, harjatala, harjatala toepostide ning toolvärgielementide kandevõime ja stabiilsus tagatud, seda ka sellisel juhul, kui arvestada puidu tugevusklassiks C22. Arvutuslikult on kandevõime ja läbipaine ületatud aga roodsarikatel, vastavalt ekspertiisile on kandevõime kasutusaste nendel ca 174% ja piirläbipainde osas ca 334%. **Sellest tulenevalt ei tohi ilma katuse kandekonstruktsioone tugevdamata päikesepaneele paigaldada.**

Käesoleva töö käigus on arvamuse koostaja projekteerinud lahenduse roodsarikate tugevdamiseks. Lahendus seisneb täiendavate puitelementide paigaldamisel pööningul kõikide roodsarikate alla, mille eesmärk on vähendada roodsarikate arvutuslikku sildeava ja sellest tulenevalt vähendada ka nendes mõjuvaid sisejõude ning toereaktsioone. Iga roodsarika alla tuleb paigaldada puitpost ristlõikega 100x100 mm ja selle alla omakorda horisontaalne puittala samuti ristlõikega 100x100 mm (puitmaterjalide tugevusklass C22). Horisontaaltala tuleb toetada vahetult vahelaetalade ülapinnale (selleks tuleb eelnevalt lokaalselt eemaldada puistevill talade pealt), nende suunaga risti, et koormus jaotuks ühtlasemalt vahelaele ringi. Posti asukoht roodsarika all tuleb valida nii, et see jääks sarika harjapoolse sildeava suhtes võimalikult keskele (vt ka allolev mudel). Kontrollarvutused näitasid, et pärast tugevduslahendust on ebasoodsaimas koormuskombinatsioonis roodsarikate kandevõime kasutusaste ca 85% ja läbipaine jääb samuti väiksemaks lubatud piirväärtusest (vt arvutustulemused järgmisel leheküljel). Lisapostide ja -talade ning ülejäänud puitkonstruktsioonide kandevõime ja stabiilsus on samuti piisava varuga tagatud.

Tugevduslahenduse arvutusmudel koostati järgmine:



Roodsarika kontrollarvutuse tulemused on järgnevad:

TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 4 Puittala_4

POINT:

COORDINATE: $x = 0.00$ $L = 0.000$ m

LOADS:

Governing Load Case: 4 ULS/1=1*1.20 + 2*1.20 + 3*1.50 (1+2)*1.20+3*1.50

MATERIAL C22

$gM = 1.30$

$f_{v,k} = 2.40$ MPa

$E_{0,05} = 6700.00$ MPa

$f_{m,0,k} = 22.00$ MPa

$f_{t,90,k} = 0.30$ MPa

$G_{moyen} = 630.00$ MPa

$f_{t,0,k} = 13.00$ MPa

$f_{c,90,k} = 5.10$ MPa

Service class: 2

$f_{c,0,k} = 20.00$ MPa

$E_{0,moyen} = 10000.00$ MPa

Beta c = 0.20



SECTION PARAMETERS: 100x150

$h_t = 15.0$ cm

$b_f = 10.0$ cm

$t_w = 5.0$ cm

$t_f = 5.0$ cm

$A_y = 100.00$ cm²

$I_y = 2812.50$ cm⁴

$W_y = 375.00$ cm³

$A_z = 100.00$ cm²

$I_z = 1250.00$ cm⁴

$W_z = 250.00$ cm³

$A_x = 150.00$ cm²

$I_x = 2900.0$ cm⁴

STRESSES

$\sigma_{c,0,d} = N/A_x = 1.01/150.00 = 0.07$ MPa

$\sigma_{m,y,d} = M_y/W_y = 3.96/375.00 = 10.55$ MPa

$\sigma_{m,z,d} = M_z/W_z = 0.90/250.00 = 3.61$ MPa

$\tau_{y,d} = 1.5 \cdot 1.90/150.00 = -0.19$ MPa

$\tau_{z,d} = 1.5 \cdot 8.26/150.00 = 0.83$ MPa

ALLOWABLE STRESSES

$f_{c,0,d} = 13.85$ MPa

$f_{m,y,d} = 15.23$ MPa

$f_{m,z,d} = 16.52$ MPa

$f_{v,d} = 1.66$ MPa

Factors and additional parameters

$k_m = 0.70$

$k_h = 1.08$

$k_{mod} = 0.90$

$K_{sys} = 1.00$

$k_{cr} = 0.67$



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$l_{ef} = 3.858$ m

$\lambda_{rel,m} = 0.56$

$\sigma_{cr} = 69.53$ MPa

$k_{crit} = 1.00$

BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0.85 < 1.00$ (6.19)

$\sigma_{m,y,d}/(k_{crit} \cdot f_{m,y,d}) = 10.55/(1.00 \cdot 15.23) = 0.69 < 1.00$ (6.33)

$(\tau_{y,d}/k_{cr})/f_{v,d} = (0.19/0.67)/1.66 = 0.17 < 1.00$ $(\tau_{z,d}/k_{cr})/f_{v,d} = (0.83/0.67)/1.66 = 0.74 < 1.00$ (6.13)

LIMIT DISPLACEMENTS



Deflections (LOCAL SYSTEM):

$u_{fin,y} = 0.2$ mm $< u_{fin,max,y} = L/250.00 = 17.5$ mm

Verified

Governing load case: $(1+0.8) \cdot 1 + (1+0.8) \cdot 2 + (1+0 \cdot 0.8) \cdot 3$

$u_{fin,z} = 0.8$ mm $< u_{fin,max,z} = L/250.00 = 17.5$ mm

Verified

Governing load case: $(1+0.8) \cdot 1 + (1+0.8) \cdot 2 + (1+0 \cdot 0.8) \cdot 3$

Governing load case: $1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3$

$u_{inst,y} = 0.2$ mm $< u_{inst,max,y} = L/300.00 = 14.6$ mm

Verified

Verified

Governing load case: $1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3$



Displacements (GLOBAL SYSTEM):

Section OK !!!

Lisapostide kinnitamisel roodsarika alapinnale tuleb kasutada mõlemal pool posti ehitusnurgikut ja vähemalt 3+3 kruvi kummalgi pool. Sama põhimõtet tuleb kasutada ka lisaposti kinnitamisel alumises liitesõlmes horisontaaltalale, viimane tuleb omakorda kruvidega kinnitada iga vahelaetala ülapiinnale vähemalt 1 kruviga laetala kohta.

Ekspertiisis välja toodud roodsarikate ja harjatala ühendussõlme mittevastavus nõuetele on sisuliselt õige tähelepanek, sest mitmed konstruktiivsed nõuded ei ole täidetud. Sellest tulenevalt tuleb iga roodsarika kinnitussõlmes harjatalale paigaldada täiendavad naelutusplaadid talade külgpindadele ning paigaldada 4+4 d4 naela min 50 mm kaugusele elementide otstest (4 naela harjatalas, 4 naela roodsarikas).

Pärast lisapostide paigaldamist nihkub harjasõlmes roodsarikate otsas mõjuv põikjõud lisaposti kinnitussõlme kohale (harjasõlmes jääb arvutuslikust põikjõust alles ainult ca 20% projektijärgsest), seega olukord muutub tagavara kasuks soodsamaks.

Hoone ülejäänud puitkonstruktsioonide kandevõime ja stabiilsus on piisava varuga tagatud ka pärast päikesepaneelide paigaldamist.

Eelnevat arvesse võttes on päikesepaneelide paigaldamine olemasoleva hoone katusele lähteülesande mahus eksperdi hinnangul lubatud ning katuste kandekonstruktsioonide kandevõime ja stabiilsus tagatud ainult siis, kui enne paneelide paigaldamist tugevdatatakse olemasolevaid katuse roodsarikaid eespool välja toodud lahenduse järgi.

Arvamuse koostaja rõhutab, et tegemist on ühe võimaliku tugevduslahendusega, mis aja- ja materjalikulu arvestades tundub kõige optimaalsem. Pädeva inseneri poolt on lubatud välja töötada ka alternatiivne tugevduslahendus.

Ekspertarvamuse koostaja: