



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO

Architektūros ir statybos instituto

Statybinės šiluminės fizikos mokslo laboratorija

Kabamosios atitvaros ant gembių šilumos pralaidumo skaičiavimai

ATASKAITA

Sutarties Nr. F5-90-306 2012-10-22

**Statybinės šiluminės fizikos
laboratorijos vedėjas,
darbo vadovas:**

v.m.d., dr. R. Bliūdžius

Darbo vykdytojas:

dr. J. Ramanauskas

Kaunas – 2012

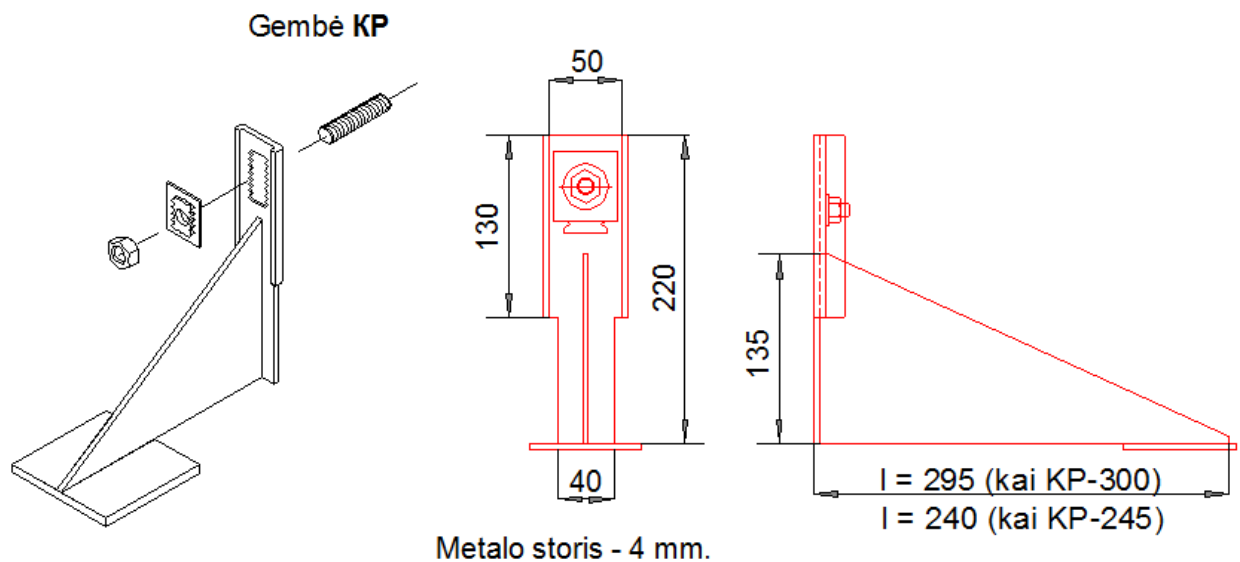
Darbo tikslas – įvertinti kabamosios konstrukcijos ant gembių įtaką sienos šilumos pralaidumui. Tvirtinimo konstrukcijos pagrindą sudaro nerūdijančio plieno gembės (1 pav.), kurios tvirtinamos prie gelžbetoninės konstrukcijos. Gembės skirtos apdailos plytų mūro sluoksniui išlaikyti vėdinamuose apšiltintuose fasaduose (2 pav.).

Pagrindinė sienos konstrukcija sudaryta iš: tuščiavidurių blokelių mūro, termoizoliacinės medžiagos, vėdinamo oro tarpo, skylėtų plytų mūro. Nustatant šilumos nuostolius per sienos konstrukciją reikia įvertinti papildomus šilumos nuostolius per nerūdijančio plieno gembes, plieno ryšius ir gelžbetoninę konstrukciją. Papildomi šilumos nuostoliai išreiškiami taškiniais ir ilginiais šiluminiais tilteliais. Tolimesniuose skaičiavimuose šiluminiai tilteliai gali būti perskaičiuoti į šilumos perdavimo koeficiento priedus, priklausomai nuo jų kiekio vienam kvadratiniam metrui sienos ploto (atitinkamai taškiniams tilteliams kiekis išreiškiamas vienetais, o ilginiams tilteliams ilgiu). Skaičiuojant šilumos nuostolius per tam tikrą sienos plotą, taškinius ir ilginius šiluminius tiltelius taip pat galima įvertinti jų vertes padauginus iš šiam plotui tenkančio taškinių tiltelių kiekio ir ilginių tiltelių bendro ilgio.

Norint įvertinti šios tvirtinimo sistemos įtaką šilumos nuostoliams per sieną reikia apskaičiuoti gembės taškinį šiluminį tiltelį, plieno ryšių taškinius šiluminius tiltelius, gelžbetoninės konstrukcijos linijinį šiluminį tiltelį.

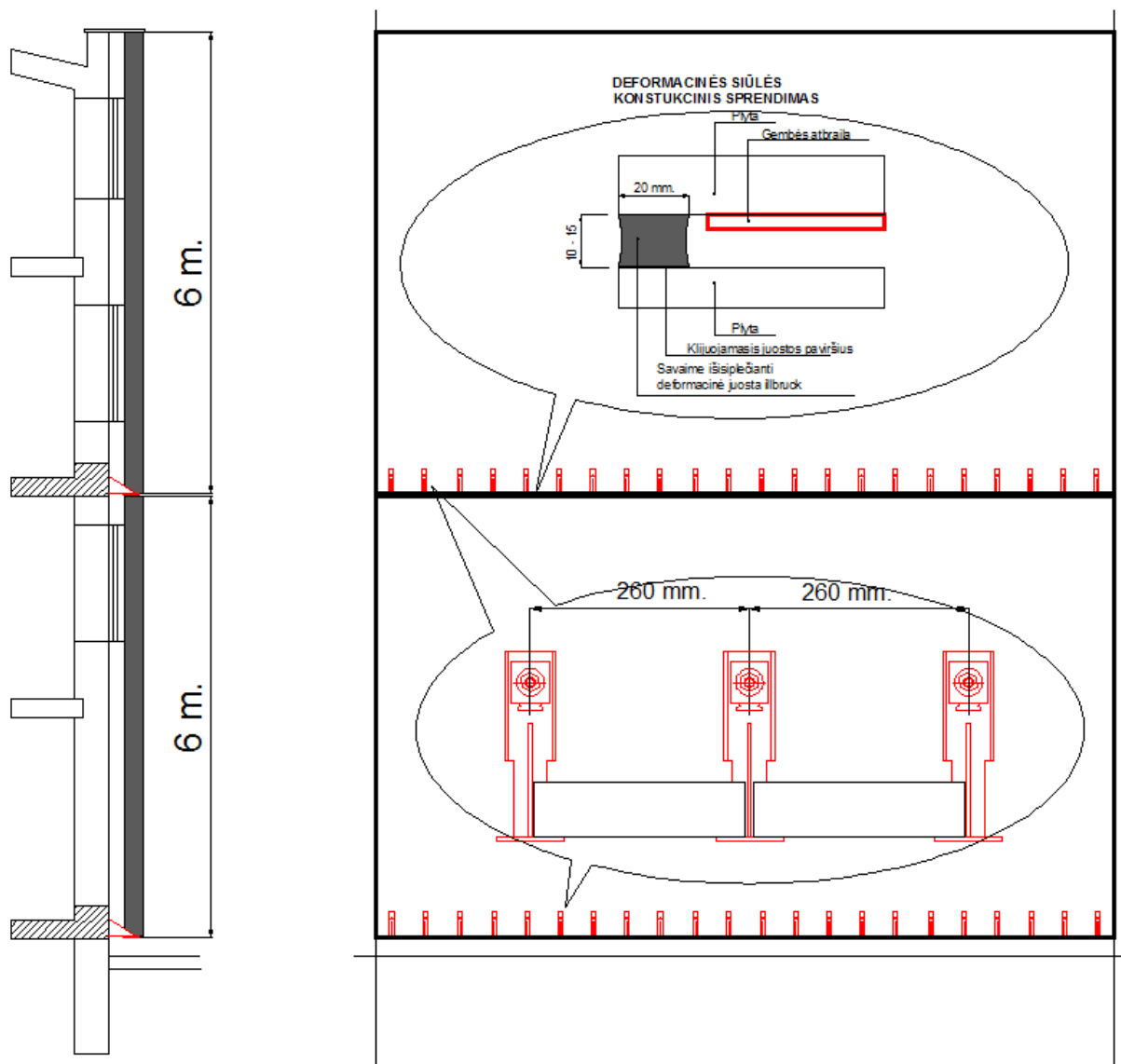
Skaičiavimai atlikti pagal standartą LST EN ISO 10211 „Statybinių konstrukcijų šiluminiai tilteliai. Šilumos srautai ir paviršių temperatūros. Detalieji skaičiavimai“.

Darbas atliktas naudojantis trimačio temperatūrinio lauko skaičiavimo programa HEAT3, kuri atitinka šiems skaičiavimams keliamus reikalavimus pagal standartą LST EN ISO 10211 (<http://www.buildingphysics.com/index-filer/ISOValidation.htm>).



1 pav. Nerūdijančio plieno gembė.

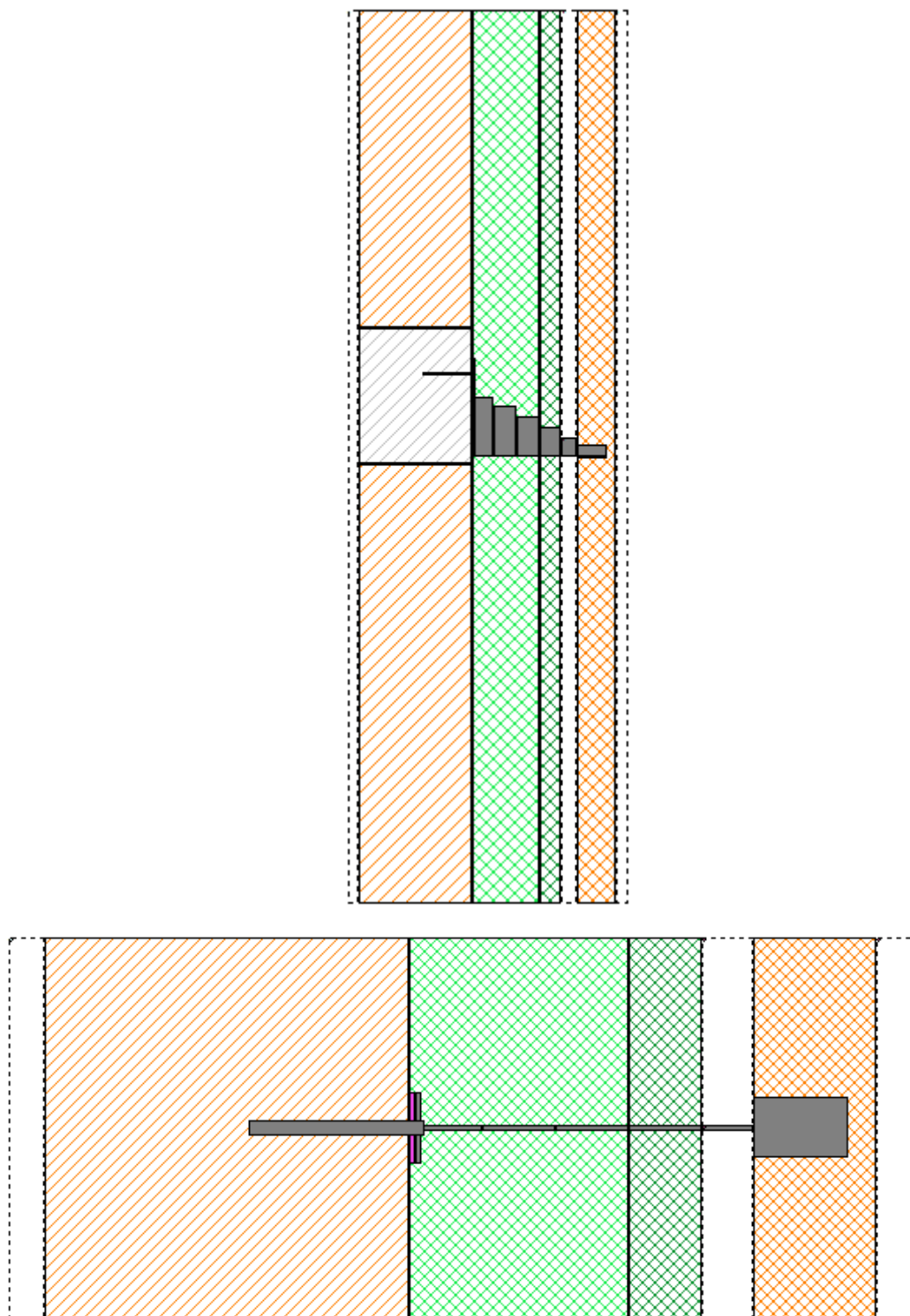
SKAIČIAVIMO SCHEMA



2 pav. Tvirtinimo sistemos skaičiuojamoji schema

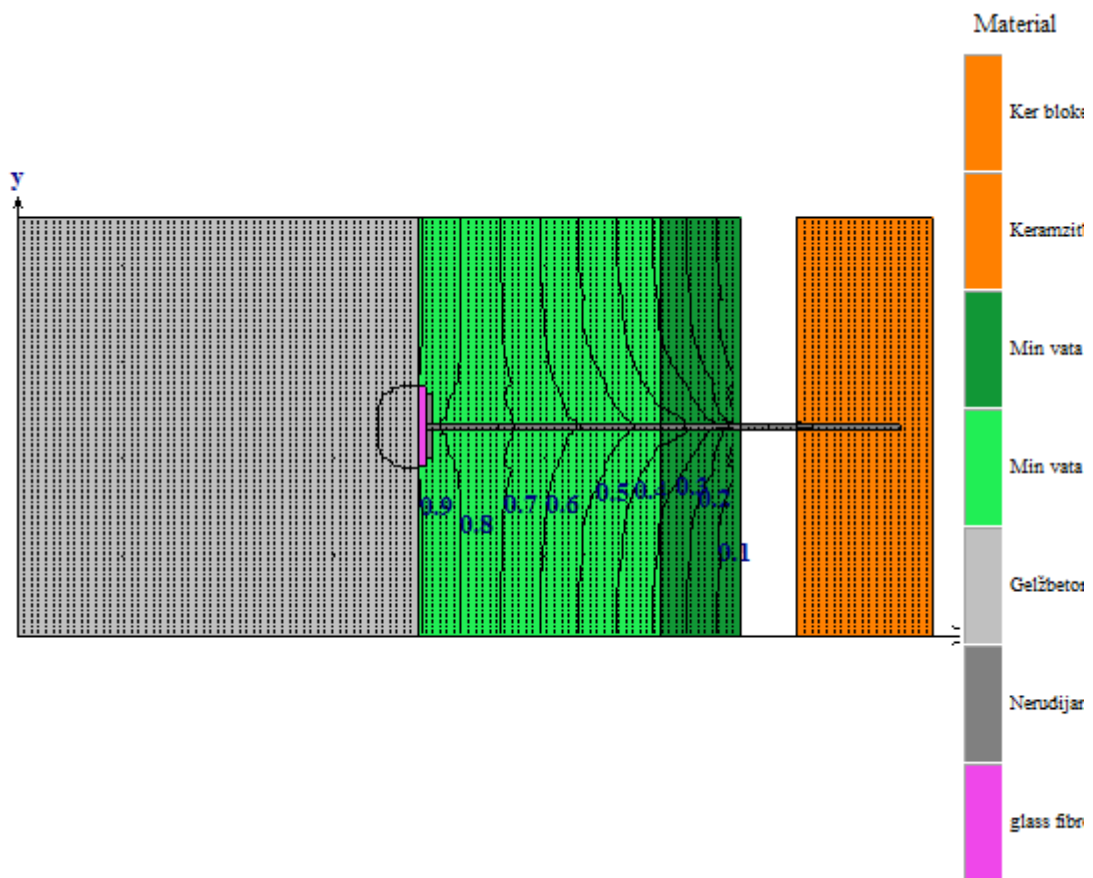
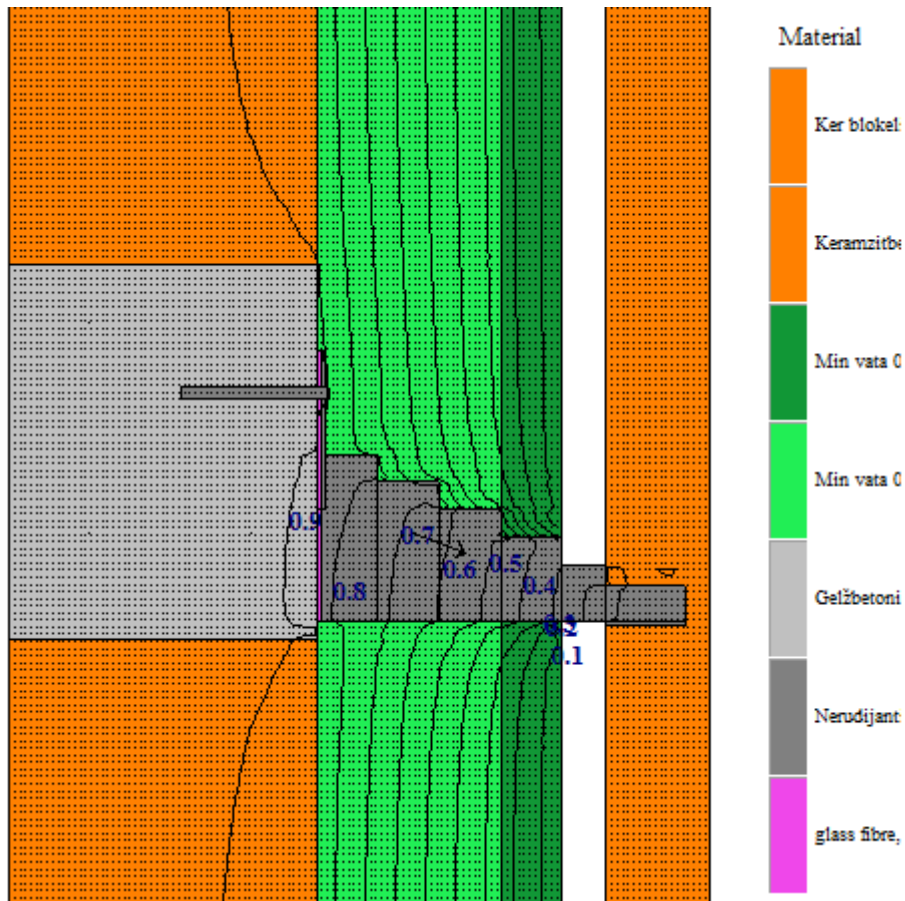
Atliekant skaičiavimus, pasirenkamas atsikartojantis elementas, kuris nubraižomas trimatėje koordinatinių sistemoje trimačio temperatūrinio lauko skaičiavimo programoje HEAT3. Šilumos srautų skaičiavimui aplinkos sąlygos paprastai priimamos su vieno laipsnio temperatūrų skirtumu, paprastai išorėje priimamas 0 °C, o viduje 1 °C.

Sienos fragmentas nubraižytas x; z ir x; y koordinatinių ašyse parodytas 3 pav.



3 pav. Sienos fragmento brėžiniai $x; z$ ir $x; y$ koordinačių ašyse

Toliau 4 pav. pavaizduoti šiose ašyse gautų temperatūrinių laukų pavaizduotų izotermomis pavyzdžiai.



4 pav. Temperatūrinių laukų pavaizduotų izotermomis pavyzdžiai

Sienos detalė 1 variantas

Sienos detalę sudaro (5 pav.):

- Skylėtų plytų mūras su cementiniu skiediniu (85 mm storio), kurio projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė bus lygi $\lambda_{ds} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;
- Vėdinamas oro tarpas (35 mm storio);
- Termoizoliacinė medžiaga PAROC WAS 25t (50 mm storio), kurios projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė bus lygi $\lambda_{ds} = 0,034 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (deklaruojamoji šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_D = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$);
- Termoizoliacinė medžiaga PAROC eXtra (150 mm storio), kurios projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė bus lygi $\lambda_{ds} = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (deklaruojamoji šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_D = 0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$);
- Tuščiavidurių blokelių mūras „Porotherm“, kurio projektinę šilumos laidumo koeficiento vertę priimam $\lambda_{ds} = 0,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Gembė (4 mm storio nerūdijančio plieno) tvirtinama prie perdangos gelžbetoninės konstrukcijos, kurios aukštis 305 mm (projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_{ds} = 2,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Gembė prie sienos tvirtinama 12 mm skersmens nerūdijančio plieno inkaru, kuris į sieną įgilinamas 110 mm. Nerūdijančio plieno $\lambda_{ds} = 17 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$).
- Išorinio ir vidinio paviršiaus šiluminės varžos priimtos: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ir $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (siena su vėdinamu oro tarpu).

Atstumas tarp tvirtinimo elementų (gembių) ašių 260 mm horizontalioje plokštumoje ir 6 m vertikalioje plokštumoje. Norint apskaičiuoti šios sienos šilumos perdavimo koeficientą reikėtų skaičiuoti atsikartojantį elementą, t.y. $260 \times 6000 \text{ mm}$, arba prie sienos be tvirtinimo elementų apskaičiuoto šilumos perdavimo koeficiento pridėti šiluminius tiltelius.



5 pav. 1 varianto sienos skaičiuojamoji schema

Toje vietoje, kur sienos konstrukciją sudaro tik termoizoliacinė medžiaga ir blokelių mūras, jos šilumos perdavimo koeficientas būtų $U = 0,1511 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Gelžbetonio konstrukcijos įtaka sienos šilumos perdavimui įvertinama ilginiu šiluminiu tilteliu išreikšti vienam tiesiniam metrui gelžbetoninės konstrukcijos perimetro Ψ , $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Skačiuojamas sienos fragmentas ($2000 \times 1000 \text{ mm}$) su gelžbetonio detale.

Gelžbetonio perdangos ilginis šiluminis tiltelis $\Psi = 0,0085 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Gembių įtaka šilumos perdavimui įvertinama taškiniais šiluminiais tilteliais χ , W/K , priklausomai nuo jų kiekio atitinkamam atitvaros plotui.

Skaičiavimuose trikampė gembės dalis pakeista laiptuota figūra: termoizoliacinėje medžiagoje 50 mm pločio juostos su didesniu aukščiu (nepalankesnis variantas).

Tvirtinimo inkaras, kurio skersmuo 12 mm pakeistas kvadrato formos skerspjuvio detale (10 mm storio).

Apskaičiuojant tvirtinimo elemento (gembės) taškinį šiluminį tiltelį, reikia skaičiuoti detalę, vertikaloje plokštumoje priimant atstumus iki simetrijos ašių, o vertikaloje plokštumoje po 1 m nuo tvirtinimo detalės, t.y. 2000 mm aukščio detalę ($260 \times 2000 \text{ mm}$).

Gembės taškinis šiluminis tiltelis $\chi = 0,0148 \text{ W}/\text{K}$.

Jeigu gembės su betono siena susilietimo vietoje panaudosime 4 mm storio stiklo audinio plokštelę, kurios šilumos laidumo koeficientas $\lambda_{ds} = 0,23 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, gembės taškinis šiluminis tiltelis bus $\chi = 0,0142 \text{ W}/\text{K}$.

Apdailos mūro sluoksnis su blokelių mūro sluoksniu papildomai sujungti 4 mm skersmens nerūdijančio plieno ryšiais $5,5 \text{ vnt.}/\text{m}^2$. Jų įtaka šilumos nuostoliams įvertinama taškiniais šiluminiais tilteliais χ , W/K , priklausomai nuo jų kiekio atitinkamam atitvaros plotui.

Skaičiavimuose ryšio pjūvis pakeičiamas į kvadratinį su 4 mm kraštine. Ryšis po 60 mm įgilintas į apdailos ir laikančios sienos mūrą. Skačiuojama detalė $420 \times 420 \text{ mm}$.

Ryšio taškinis šiluminis tiltelis $\chi = 0,0007 \text{ W}/\text{K}$. Vienam kvadratiniam metrui šilumos perdavimo koeficiento pataisa bus $\Delta U = 0,004 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Apskaičiuojant sienos šilumos perdavimo koeficientą reikia prie sienos fragmento be tvirtinimo detalių ir gelžbetonio konstrukcijos apskaičiuoto šilumos perdavimo koeficiento ($U = 0,1511 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) pridėti gelžbetonio konstrukcijos ilginį šiluminį tiltelį išreikštą vienam tiesiniam metrui gelžbetoninės konstrukcijos perimetro ($\Psi = 0,0085 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) gembių taškinius šiluminius tiltelius priklausomai nuo jų kiekio skaičiuojamam sienos plotui ($\chi = 0,0148 \text{ W}/\text{K}$) ir ryšių taškinius šiluminius tiltelius priklausomai nuo jų kiekio skaičiuojamam sienos plotui ($\chi = 0,0007 \text{ W}/\text{K}$).

Sienos fragmentui $260 \times 6000 \text{ mm}$ šilumos perdavimo koeficientas būtų lygus:

- sienos fragmento be tvirtinimo detalių ir gelžbetonio konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,1511 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- gelžbetonio konstrukcijos ilginį šiluminį tiltelį išreikštą vienam tiesiniam metrui gelžbetoninės konstrukcijos perimetro $\Psi = 0,0085 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ dauginam iš sienos fragmento pločio (0,26 m) ir dalijam iš sienos fragmento ploto (1,56 m);
- gembių taškinį šiluminį tiltelį $\chi = 0,0148 \text{ W}/\text{K}$ dauginam iš jų kiekio 1 m^2 (0,64 vnt./ m^2);
- ryšių taškinį šiluminį tiltelį $\chi = 0,0007 \text{ W}/\text{K}$ dauginam iš jų kiekio 1 m^2 (5,5 vnt./ m^2);

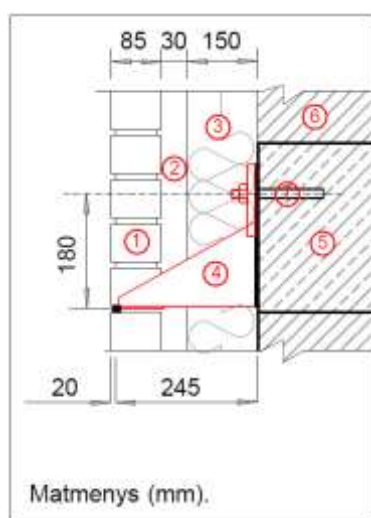
$$U = 0,1511 + 0,0085 \cdot 0,26 / 1,56 + 0,0148 \cdot 0,641 + 0,0007 \cdot 5,5 = 0,170 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Sienos detalė 2 variantas

Sienos detalę sudaro (6 pav.):

- Skylėtų plytų mūras su cementiniu skiediniu (85 mm storio), kurio projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė bus lygi $\lambda_{ds} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;
- Vėdinamas oro tarpas (30 mm storio);
- Termoizoliacinė medžiaga PAROC WAS 25t (50 mm storio), kurios projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė bus lygi $\lambda_{ds} = 0,034 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (deklaruojamoji šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_D = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$);
- Termoizoliacinė medžiaga PAROC eXtra (100 mm storio), kurios projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė bus lygi $\lambda_{ds} = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (deklaruojamoji šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_D = 0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$);
- Tuščiavidurių blokelių mūras „Porotherm“, kurio projektinę šilumos laidumo koeficiento vertę priimam $\lambda_{ds} = 0,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- Gembė (4 mm storio nerūdijančio plieno) tvirtinama prie perdangos gelžbetoninės konstrukcijos, kurios aukštis 305 mm (projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda_{ds} = 2,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Gembė prie sienos tvirtinama 12 mm skersmens nerūdijančio plieno inkaru, kuris į sieną įgilinamas 110 mm. Nerūdijančio plieno $\lambda_{ds} = 17 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$).
- Išorinio ir vidinio paviršiaus šiluminės varžos priimtos: $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ir $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (siena su vėdinamu oro tarpu).

Atstumas tarp tvirtinimo elementų (gembių) ašių 260 mm horizontalioje plokštumoje ir 6 m vertikaloje plokštumose. Norint apskaičiuoti šios sienos šilumos perdavimo koeficientą reikėtų skaičiuoti atsikartojantį elementą, t.y. $260 \times 6000 \text{ mm}$, arba prie sienos be tvirtinimo elementų apskaičiuoto šilumos perdavimo koeficiento pridėti šiluminius tiltelius.



VARIANTAS 2

- 1 - Skylėtų plytų mūras su cementiniu skiediniu (tankis $1700 \text{ kg}/\text{m}^3$) - 85 mm.
- 2 - Vėdinamas oro tarpas - 30 mm
- 3 - PAROC WAS 25t (50mm) + UNS 37z (100mm) - 150 mm.
- 4 - Gembė KP (nerūd. pl. pagal EN 10088-1 1.4304 arba 1.4401) - L-245 mm.
- 5 - Monolitinė arba surenkama gelžbetoninė konstrukcija (C 20/25) - 250mm.
- 6 - Tuščiavidurių blokelių mūras Porotherm (tankis $880 \text{ kg}/\text{m}^3$) - 250 mm.
- 7 - Cheminis inkaras Fischer R (klijų kapsulė RM 12 ir sraigtavaržtis iš nerūdijančio plieno RGM 12x160 A4). Sraigtavaržčio įgilinimas į betoną - 110 mm.

65 pav. 2 varianto sienos skaičiuojamoji schema

Toje vietoje, kur sienos konstrukciją sudaro tik termoizoliacinė medžiaga ir blokelių mūras, jos šilumos perdavimo koeficientas būtų $U = 0,1899 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Gelžbetonio konstrukcijos įtaka sienos šilumos perdavimui įvertinama ilginiu šiluminiu tilteliu išreikšti vienam tiesiniam metrui gelžbetoninės konstrukcijos perimetro Ψ , $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Skačiuojamas sienos fragmentas ($2000 \times 1000 \text{ mm}$) su gelžbetonio detale.

Gelžbetonio perdangos ilginis šiluminis tiltelis $\Psi = 0,0135 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Gembių įtaka šilumos perdavimui įvertinama taškiniais šiluminiais tilteliais χ , W/K , priklausomai nuo jų kiekio atitinkamam atitvaros plotui.

Skaičiavimuose trikampė gembės dalis pakeista laiptuota figūra: termoizoliacinėje medžiagoje 50 mm pločio juostos su didesniu aukščiu (nepalankesnis variantas).

Tvirtinimo inkaras, kurio skersmuo 12 mm pakeistas kvadrato formos skerspjuvio detale (10 mm storio).

Apskaičiuojant tvirtinimo elemento (gembės) taškinį šiluminį tiltelį, reikia skaičiuoti detalę, vertikaloje plokštumoje priimant atstumus iki simetrijos ašių, o vertikaloje plokštumoje po 1 m nuo tvirtinimo detalės, t.y. 2000 mm aukščio detalę ($260 \times 2000 \text{ mm}$).

Gembės taškinis šiluminis tiltelis $\chi = 0,0175 \text{ W}/\text{K}$.

Jeigu gembės su betono siena susilietimo vietoje panaudosime 4 mm storio stiklo audinio plokštelę, kurios šilumos laidumo koeficientas $\lambda_{ds} = 0,23 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, gembės taškinis šiluminis tiltelis bus $\chi = 0,0167 \text{ W}/\text{K}$.

Apdailos mūro sluoksnis su blokelių mūro sluoksniu papildomai sujungti 4 mm skersmens nerūdijančio plieno ryšiais 5,5 vnt./ m^2 . Jų įtaka šilumos nuostoliams įvertinama taškiniais šiluminiais tilteliais χ , W/K , priklausomai nuo jų kiekio atitinkamam atitvaros plotui.

Skaičiavimuose ryšio pjūvis pakeičiamas į kvadratinį su 4 mm kraštine. Ryšis po 60 mm įgilintas į apdailos ir laikančios sienos mūrą. Skačiuojama detalė $420 \times 420 \text{ mm}$.

Ryšio taškinis šiluminis tiltelis $\chi = 0,0009 \text{ W}/\text{K}$. Vienam kvadratiniam metrui šilumos perdavimo koeficiento pataisa bus $\Delta U = 0,005 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Apskaičiuojant sienos šilumos perdavimo koeficientą reikia prie sienos fragmento be tvirtinimo detalių ir gelžbetonio konstrukcijos apskaičiuoto šilumos perdavimo koeficiento ($U = 0,1899 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) pridėti gelžbetonio konstrukcijos ilginį šiluminį tiltelį išreikštą vienam tiesiniam metrui gelžbetoninės konstrukcijos perimetro ($\Psi = 0,0135 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) gembių taškinius šiluminius tiltelius priklausomai nuo jų kiekio skaičiuojamam sienos plotui ($\chi = 0,0175 \text{ W}/\text{K}$) ir ryšių taškinius šiluminius tiltelius priklausomai nuo jų kiekio skaičiuojamam sienos plotui ($\chi = 0,0009 \text{ W}/\text{K}$).

Sienos fragmentui $260 \times 6000 \text{ mm}$ šilumos perdavimo koeficientas būtų lygus:

- sienos fragmento be tvirtinimo detalių ir gelžbetonio konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,1899 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- gelžbetonio konstrukcijos ilginį šiluminį tiltelį išreikštą vienam tiesiniam metrui gelžbetoninės konstrukcijos perimetro $\Psi = 0,0135 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ dauginam iš sienos fragmento pločio (0,26 m) ir dalijam iš sienos fragmento ploto (1,56 m);
- gembių taškinį šiluminį tiltelį $\chi = 0,0175 \text{ W}/\text{K}$ dauginam iš jų kiekio 1 m^2 (0,64 vnt./ m^2);
- ryšių taškinį šiluminį tiltelį $\chi = 0,0009 \text{ W}/\text{K}$ dauginam iš jų kiekio 1 m^2 (5,5 vnt./ m^2);

$$U = 0,1899 + 0,0135 \cdot 0,26 / 1,56 + 0,0175 \cdot 0,641 + 0,0009 \cdot 5,5 = 0,208 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Išvada

Apskaičiavus vėdinamo plytų mūro fasado tvirtinimo sistemos plieninėmis gembėmis įtaką termoizoliacinėms sienos savybėms gauti rezultatai parodo, kad ši sistema padidins sienos šilumos perdavimo koeficientą maždaug $0,019 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Rezultatas gautas įvertinus papildomus šilumos nuostolius per gelžbetoninę perdangą, plieninę gembę ir papildomus ryšius. Stiklo pluošto tarpinės panaudojimas tarp gembės ir betono didelės įtakos šilumos nuostoliams nedaro (gembės taškinį šiluminį tiltelį sumažina maždaug 4-5 %).

Conclusion

Based on the ventilated brick facade mounting system with steel brackets impact on thermal insulation properties of the wall to get the results show that this system will increase the wall heat transfer coefficient of about $0,019 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. The result obtained by an evaluation of the additional heat losses through the concrete slab, steel bracket and additional links. Glass fiber gaskets between the use of brackets and concrete high heat losses do not affect (brackets spot thermal bridge by approximately 4-5%).