

MAŽAENERGIO PASTATO SIENOS-PAMATO ILGINIO ŠILUMINIO TILTTELIO EFEKTYVUMO TYRIMAS

Donatas Aviža^{a, b}, Rita Baltušnikienė^{a, b}, Jovita Kaupienė^{a, b}

^a Panevėžio kolegija, Lietuva

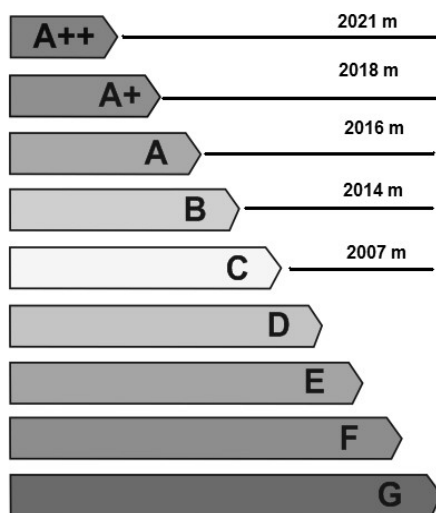
^b Kauno technologijos universitetas, Lietuva

Anotacija. Šiame straipsnyje autoriai atliko mažai energijos naudojančio gyvenamojo pastato sienos-pamato tipinio ilginio šiluminio tiltelio taikomąjį tyrimą, pagrįstą energinio ir ekonominio efektyvumo principais. Atlikus empirinį tyrimą, nustatyta, kad A+ klasės gyvenamųjų pastatų pamatinę siją ekonomiškiausia šiltinti išsisiniu XPS200 100 mm termoizoliacijos sluoksnio storiumi (T3 pozicija). Šioje pozicijoje pamato-sienos ilginis šiluminis tiltelis yra lygus 0,13 W/(mK). Metinės išlaidos dėl 1 metro tokios jungties – 0,84 €/m. Paprastas atsipirkimo laikas – 30 metų. Šiltinant storesniu sluoksniu (250 mm) pasiekiamas norminis ilginio šiluminio tiltelio dydis (0,10 W/(mK)), tačiau toks sprendimas viršija termoizoliacijos medžiagos ekonominį gyvavimo ciklą, o atsipirkimas gali siekti net iki 65 metų. Esant kitokioms pirminėms prielaidoms, šį tyrimą reikėtų patikslinti.

Raktiniai žodžiai: ilginis šilumos tiltelis; A+ energinio naudingumo klasė; pamato šiltinimas.

ĮVADAS

Pagal statybos techninį reglamentą STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ (STR, 2016) nuo 2018 m. sausio 1 d. visiems naujai statomiems daugiau kaip 50 m² šildomiems pastatams, energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A+ (žr. 1 pav.).



1 pav. Pastatų energinio naudingumo klasifikavimas į klases: A++ klasė – aukščiausia, nurodanti energijos beveik nevartojantį pastatą, G klasė nurodo energiškai neefektyvų pastatą (Aviža ir Turskis, 2014)

Lietuvoje A+ energinio naudingumo klasės pastatas priskiriamas – mažai energijos naudojančių pastatų grupei.

Remiantis norminiais reikalavimais A, A+, A++ energinio naudingumo klases pastatų (jų dalių) ilginių šilumos tiltelių šilumos perdavimo koeficientų vertės turi būti pagrįstos skaičiavimais pagal LST EN ISO 10211:2008 „Statybinių konstrukcijų šiluminiai tilteliai. Šilumos srautai ir paviršiaus temperatūros. Detalieji skaičiavimai“ (LST, 2008) reikalavimus.

Ilginis šiluminis tiltelis – tai padidintų šilumos srautų vietos atitvarų konstrukcijose. Jie ženkliai įtakoja pastato šiluminius nuostolius, konstrukcijų paviršiaus temperatūras. Netinkamai suprojektuotas

šiluminis (šalčio) tiltelis ne tik bus laidus šilumai, bet ir dėl per žemos temperatūros sudarys sąlygas kondensuotis drėgmei ir augti pelėsiui. Šilumos tiltelių vietos taip pat dažnai susijusios pastato sandarumo bandymo rezultatu (Šalčio (šilumos) tiltelių, 2017). Netinkamai suprojektuoti sienos-pamatų sujungimo mazgai didina šiluminių tiltelių įtaką ir blogina pastato sandarumo bandymo rezultatus.

Siekiant suprojektuoti A+ klasės energinio naudingumo pastatą, būtina jame apskaičiuoti ilginius šiluminius tiltelius. Vidutiniškai pastate yra 8 vietos, kur galimi nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius (žr. 1 lentelę). Sudėtingesniuose objektuose, suprantama, jų skaičius gali būti dar didesnis.

1 lentelė

Norminės ilginių šilumos tiltelių vertės (STR, 2016)

Ilginiai šiluminiai tilteliai	Ilginių šiluminių tiltelių šilumos perdavimo koeficientų $\Psi_{(A+)}$ ($W/(m^2 \cdot K)$) vertės
Tarp pastato pamatų ir išorinių sienų	0,10
Aplink langų angas sienose	0,05
Aplink išorinių įėjimo durų angas sienose	0,05
Tarp pastato sienų ir stogo	0
Fasadų išoriniuose ir vidiniuose kampuose	0
Balkonų grindų susikirtimo vietose su išorinėmis sienomis	0,01
Tarp perdangų, kurios ribojasi su išore, ir sienų	0
Stoglangių, švieslangių ir kitų skaidrių atitvarų angų perimetru	0,05

Šiame tyrime toliau bus nagrinėjamas mažoenergetinio gyvenamojo pastato tipinis cokolio mazgas, keičiant pamatinės sijos apšiltinimo medžiagos storį. Sumodeliuoti sienos-pamato ilginiai šiluminiai tilteliai bei nustatytas ekonomiškiausias ištisinio pamatinės sijos apšiltinimo storio variantas.

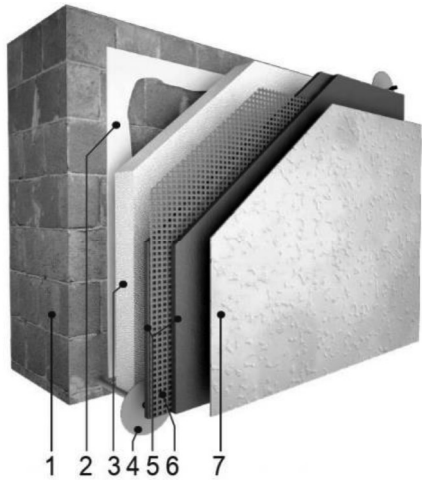
TYRIMO MODELIS

Atliekant pastato sienos-pamato ilginio šiluminio tiltelio efektyvumo skaičiavimus parinktas A+ energinio naudingumo klasės gyvenamasis pastatas. Tyrimo modelį sudaro dviejų komponentų (išorės sienos ir pamato) sandūra. Buvo tirti šeši cokolio apšiltinimo variantai.

Sienos detalė ir sluoksniai nurodyti 2 lentelėje. Siena – dvisluoksnis mūras apšiltintas neoporos plokštėmis EPS70N. Sienos šilumos perdavimo koeficientas $U=0,11 W/(m^2 \cdot K)$.

2 lentelė

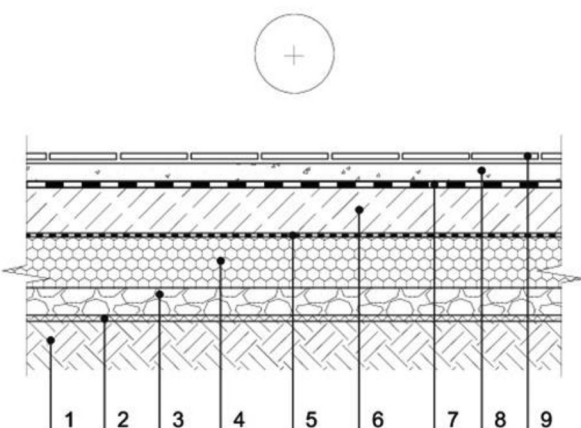
Sienos detalė su sluoksnių pavadinimais ir storiais (ST, 2013)

Sienos tipas	Eil. Nr.	Sienos sluoksnių pavadinimas	Storis, mm
	*	Kalkių ir smėlio tinkas	15
	1	Akyto betono blokeliai (500 kg/m^3)	250
	2	Klijų sluoksnis	5
	3	Neoporos plokštės (EPS70N)	250
	4	Plastikinės smeigės	-
	5	Armuotas tinkas	5
	6	Armavimo tinklas	
7	Apdailos tinkas		

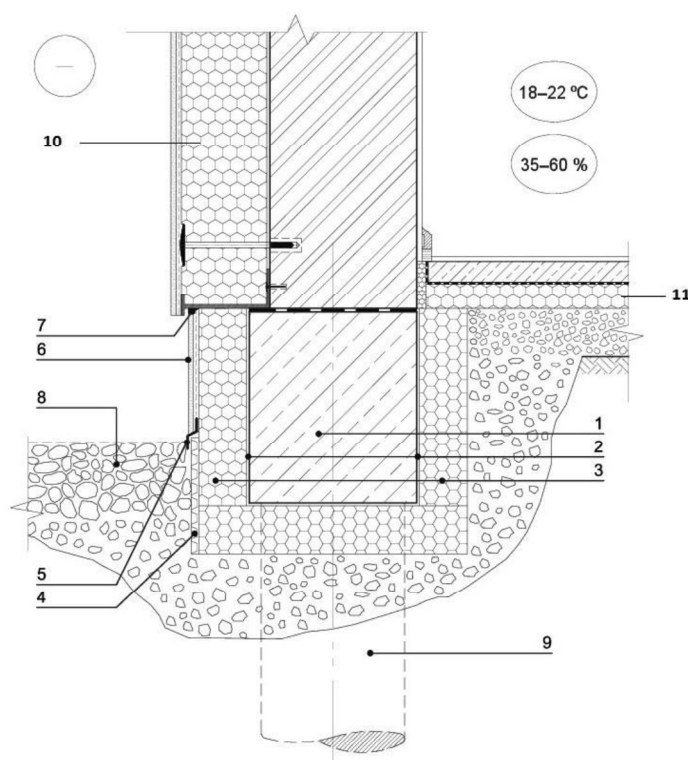
A+ klasės pastatui parinkta tipinė grindų ant grunto detalė (žr. 3 lentelę). Grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas – 0,12 W/(m²·K).

3 lentelė

Grindų detalė su sluoksniais pavadinimais ir storiais (ST, 2013)

Sienos tipas	Eil. Nr.	Sienos sluoksnių pavadinimas	Storis, mm
	1	Sutankintas gruntas	-
	2	Geotekstilė	-
	3	Išlyginta ir sutankinta skalda	80
	4	Polistireninis putplastis (EPS100)	250
	5	Skiriamasis sluoksnis	-
	6	Armuoto betono sluoksnis	65
	7	Hidroizoliacija	-
	8	Išlyginamasis sluoksnis	25
	9	Plytelių danga	

Pamatinės sijos (žr. 2 pav.) apšiltinimui parinkta ekstruzinio polistireninio putplasčio XPS200 plokštė, kurios deklaruojamas laidumo koeficientas yra $\lambda_D = 0,033$ W/(m·K).



2 pav. Cokolio detalė ST 2124555837.01:2013: 1- pamatinė sija; 2- ištinis klijų sluoksnis; 3 - ekstruzinis polistireninis putplastis (XPS200); 4- vėdinimo ir drenavimo membrana; 5- apsauginis profiliuotis; 6 - colokio apdaila; 7- elastinė mastika; 8 – vėdinama ir drėnuojama nuogrinda; 9 – polis; 10 - polistireninis putplastis (EPS70N); 11- polistireninis putplastis (EPS100) (ST, 2013)

Taigi, cokolis šiltintas nuo 50 mm iki 250 mm storio ekstruzinio polistireninio putplasčio (XPS200) sluoksniu. Modeliuota kuris ilginis šiluminis tiltelis yra efektyviausias ekonomiško požiūriu.

SKAIČIAVIMO METODOLOGIJA

Remiantis standarto LST EN ISO 10211:2008 „Statinių konstrukcijų šiluminiai tilteliai. Šilumos srautai ir paviršiaus temperatūros. Detalieji skaičiavimai“ (LST, 2008) reikalavimais, ilginio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficientas buvo skaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$\psi = L_{2D} - U_1 \cdot l_1 - U_2 \cdot l_2; \quad (1)$$

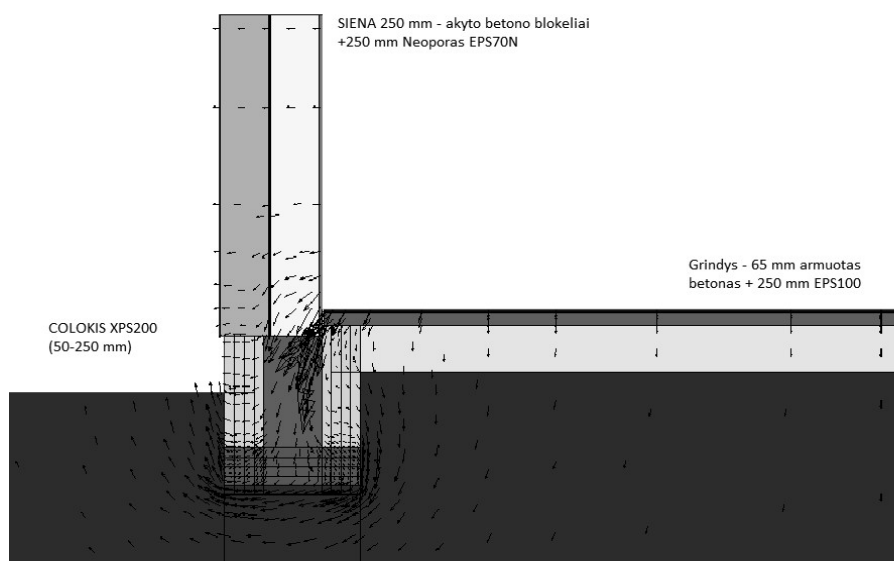
čia: Ψ – sienos-pamato ilginio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficientas $W/(m \cdot K)$; ; L_{2D} – linijinio šiluminio tiltelio savitieji šilumos nuostoliai, nustatyti skaičiuojant dvimatį temperatūrinį lauką komponentui, kuris skiria dvi aplinkas (vidų ir išorę); U_1 – sienos šilumos perdavimo koeficientas apskaičiuotas vienmačiame temperatūriniame lauke, kuris skiria dvi aplinkas; L_1 – dvimačio geometrinio modulio ilgis, kuriam paskaičiuota šilumos perdavimo koeficiento U_1 vertė; U_2 – grindų ant grunto šilumos perdavimo

koeficientas apskaičiuotas vienmačiame temperatūriniame lauke, kuris skiria dvi aplinkas; L_2 – dvimačio geometrinio modulio ilgis, kuriam paskaičiuota šilumos perdavimo koeficiento U_2 vertė.

Linijinio šiluminio tiltelio savitieji šilumos nuostoliai L_{2D} skaičiuojami pagal (2) formulę:

$$L_{2D} = \frac{\Phi_{lj}}{(\theta_i - \theta_e)}; \quad (2)$$

čia Φ_{lj} – sienos-pamato ilginio šiluminio tiltelio šilumos srautas, apskaičiuotas THERM 7.4 programa (žr. 3 pav.), W/m ; θ_i – išorės lauko temperatūra, K ; θ_e – vidaus temperatūra, K .



3 pav. Sienos-pamato šilumos srautas (THERM 7.4 programa)

Šilumos nuostoliai (Q) ir metinės išlaidos (I) dėl sienos-pamato ilginio šiluminio tiltelio poveikio skaičiuojami pagal (3) ir (4) formules:

$$Q = \psi \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot 24 \cdot t \quad (3)$$

$$I = Q \cdot E \quad (4)$$

Čia: formulių (3) ir (4) nariai pateikti 3 lentelėje.

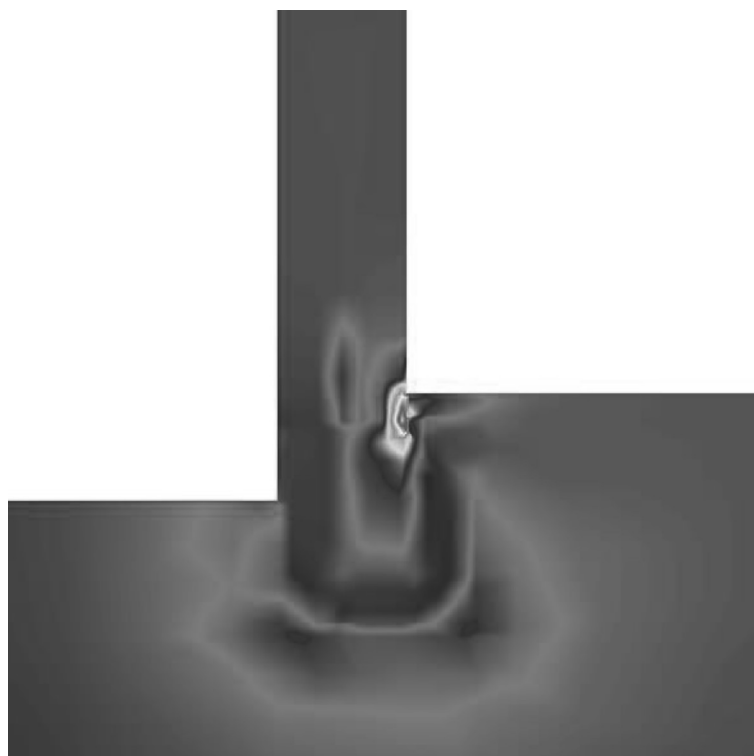
Parinkto modelio techniniai-ekonominiai rodikliai

Rodiklio pavadinimas ir matavimo vienetai	Skaitinė vertė
Pamato perimetras l, metrais	1,0
Lauko temperatūra žiemą θ_e , laipsniais	0,6
Vidaus temperatūra žiemą θ_i , laipsniais	20
Šildymo sezonas t, dienomis	220
Šildymo laikas per parą, valandos	24
Šildomų grindų plotas, m ²	150,0
Grindų perimetras, m	50,0
Pamatinės sijos (rostverko) plotis, m	0,30
Šiluminės energijos kaina, E (CŠT), €/kWh	0,061
Ekstruzinio polistireninio putplasčio (XPS200) kaina, €/m ³	105,0

Toliau skaičiavimams buvo parinktas tas pats modelis (sienos-pamato mazgas), keičiamas tik apšiltinimo medžiagos storis (6 pozicijos nuo 0 mm iki 250 mm).

TYRIMO REZULTATAI

Pagal sudarytą modelį, THERM 7.4 programine įranga buvo atlikti ilginių šiluminių tiltelių simuliaciniai skaičiavimai. Jų rezultatai pateikti 4 paveiksle ir 5 lentelėje.



4 pav. Sienos-pamato ilginių tiltelių modeliavimas THERM 7.4 programa

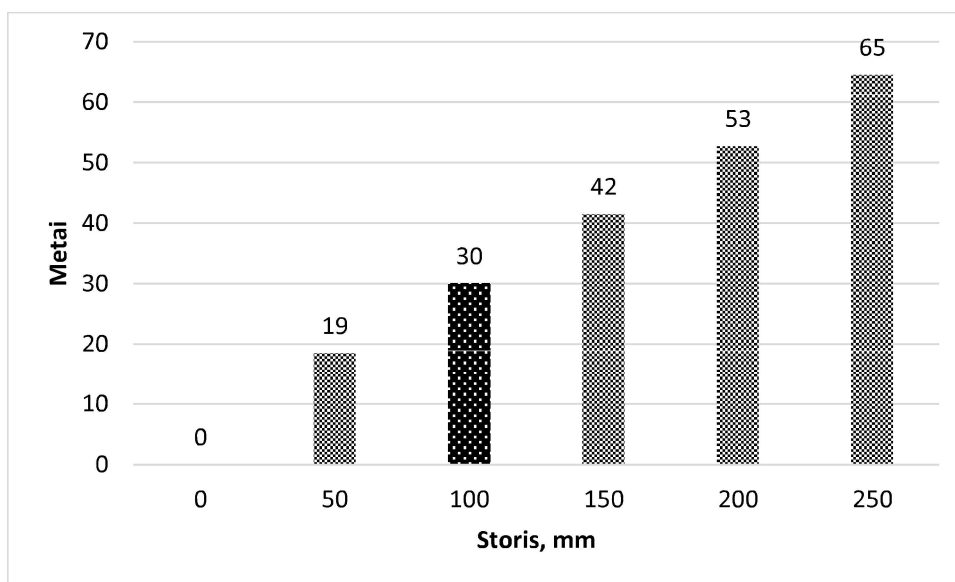
Pagal gautus ilginių šiluminių tiltelių rezultatus, buvo apskaičiuoti metiniai šiluminiai nuostoliai, išlaidos ir sutaupymai (žr. 5 lentelė).

5 lentelė

Sumodeliuoti ilginiai šiluminiai tilteliai, šiluminiai nuostoliai per šildymo sezono laikotarpį, išlaidos ir sutaupymai

Tiltelio numeris	Apšiltinimo (XPS200) storis, mm	Ilginis tiltelis ψ , W/(mK)	Šiluminiai nuostoliai, kWh/m	Išlaidos, €/m	Sutaupymai, €/m
T1	0	0,23	23,56	1,44	0
T2	50	0,16	16,12	0,98	0,45
T3	100	0,13	13,82	0,84	0,59
T4	150	0,12	12,36	0,75	0,68
T5	200	0,11	11,15	0,68	0,76
T6	250	0,10	10,22	0,62	0,81

Atlikus ekonominį vertinimą, nustatytas kiekvieno ilginio tiltelio paprastas atsipirkimo laikas (žr. 5 pav.).



5 pav. Paprastas atsipirkimo laikas

Atlikus modelio simuliaciją, nustatyta, kad efektyviausia sienos-pamato jungtis atitinka T3 poziciją, kadangi paprastas atsipirkimo laikas (30 metų) sutampa su ekonominiu termoizoliacijos gyvavimo ciklu, kuris irgi yra lygus 30 metų. Pats blogiausias variantas – T6 pozicija, kai atsipirkimas siekia net 65 metus.

IŠVADOS

1. Atlikus empirinį tyrimą, nustatyta, kad ekonomiškiausia A+ klasės gyvenamųjų pastatų pamatinę sieną šiltinti ištisiniu 100 mm XPS200 termoizoliacijos sluoksnio storiumi (T3 pozicija). Šioje pozicijoje pamato-sienos ilginis šiluminis tiltelis yra lygus 0,13 W/(mK).
2. Metinės išlaidos dėl 1 metro tokios jungties – 0,84 €/m. Paprastas atsipirkimo laikas – 30 metų.
3. Šiltinant storesniu sluoksniu (250 mm) pasiekiamas norminis ilginio šiluminio tiltelio dydis (0,10 W/(mK)), tačiau toks sprendimas viršija termoizoliacijos medžiagos ekonominį gyvavimo ciklą, o atsipirkimas gali siekti net iki 65 metų.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Aviža, D.; Turskis Z. (2014). An empirical analysis of correlation of floor's thermal isolation layer thickness with time of payback. *Journal of Civil Engineering and Management* 20(5): 760–766.
- LST. (2008). LST EN ISO 10211:2008 „Statinių konstrukcijų šiluminiai tilteliai. Šilumos srautai ir paviršiaus temperatūros. Detalieji skaičiavimai“. Vilnius, 2008.
- ST. (2013). ST 2124555837.01:2013 „Atitvarų šiltinimas polistireniniu putplasčiu“ Vilnius, 2013.
- STR. (2016). STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“. Vilnius, 2016.
- Šalčio (šilumos) tiltelių projektavimas. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-09-21 d.]:
<http://energinissertifikavimas.lt/silumostilteliu-projektavimas-55>.

Summary

Study on linear wall- foundation thermal bridge efficiency in low-energy buildings

In this article, the authors carried out a research on a typical linear wall-foundation thermal bridge of a low-energy residential building, based on the principles of energy and economic efficiency. The empirical study showed that the most economical way to heat the foundation of a A + class residential building is with a continuous insulation thickness of 100 mm XPS200 (T3 position). In this position the linear wall-foundation thermal bridge is equal to 0,13 W/(mK). The annual cost per 1 meter of this connection is 0.84 €/m. The simple payback period is 30 years. By heating the foundation with 250 mm insulation thickness layer, the standard linear thermal bridge size (0.10 W/(mK)) is achieved, however this solution exceeds the economic life cycle of the material, and the payback can reach 65 years. Under other preconditions, the research shall be reviewed.