

KONSTRUKCIJOS BESIRIBOJANČIOS SU GRUNTU TEMPERATŪRINĖ ANALIZĖ

Dovydas Betingis¹, Kęstutis Valančius²

¹magistrantas, ²docentas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

el. p. ¹dovydas.betingis@stud.vilniustech.lt; ²kestutis.valancius@vilniustech.lt

Anotacija. Analizuojant atitvarų šilumines charakteristikas pastebėta, jog atsiranda nesutapimų kai skirtingi mokslininkai grunte esančią temperatūrą vertina skirtingai, o tai turi didelę reikšmę atitvaroms, kurios ribojasi su gruntu. Vertinant skirtingą temperatūrą grunte, gaunami šilumos nuostoliai per atitvarą besiribojančią su gruntu yra taip pat skirtingi. Mokslininkai grunto temperatūrą vertina dviem būdais: pirmuoju atveju, kai gruntas veikiamas adiabatine apkrova tam tikrame gylyje ir antruoju, kai tam tikrame gylyje užsidedama temperatūros apkrova. Tai skatina tirti ir analizuoti abu šiuos grunto vertinimo metodus ir išsiaiškinti, kuris yra labiau tinkamas Lietuvos sąlygomis bei koks šilumos praradimas atitvaroje besiribojančioje su gruntu skirtumas galimas tarp šių metodų. Šiame darbe nagrinėjamos temperatūros konstrukcijose besiribojančiose su gruntu naudojantis THERM skaitmeninio modeliavimo programa. Gauti rezultatai parodė, jog antruoju skaitmeninio modeliavimo atveju užsidavus temperatūrinę apkrovą tam tikrame gylyje, gauta grunto temperatūra ir įšalo gylis artimas Lietuvos galiojančioje statybinėje klimatologijoje RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“.

Reikšminiai žodžiai: konstrukcija, temperatūrinė analizė, gruntas, šilumos nuostoliai.

Įvadas

Technologijom sparčiai einant pirmyn įstatymų reikalavimai tampa vis griežtesni ir pastatai statomi, kad vis labiau taupyty energiją. Prieš dešimtmetį šiluminio tiltelio problematika buvo žinoma kaip pastato fasadų trūkumas, tačiau, tam nebuvo keliami jokie reikalavimai, siekiant sumažinti jų poveikį šildymo energijos suvartojimui. Pastato atitvaros visada buvo laikomos labai svarbiu aspektu, kad palaikytų pastatų energinį efektyvumą. Igyvendinant Pastatų energinio naudingumo direktyvą (EPBD), daugumoje Europos šalių palaipsniui buvo nustatyti griežtesni šilumos izoliacijos reikalavimai ir patobulinta skaičiavimo metodika. Tam, kad šilumos izoliacija būtų efektyvi buvo atsižvelgta į šilumos srautus šiluminiuose tilteliuose. Todėl pradėta analizuoti ir stebėti pastato atitvarų šiluminių tiltelių kompleksinės vietos, kur dėl įvairių priežasčių šiluma esant temperatūros potencialui tarp patalpos ir lauko prarandama tose vietose greičiau nei standartinėse.

Šiandien dėl sugriežtėjusių reikalavimų pastatams, kurie yra mažai energijos naudojantys arba nulinės

energijos, reikalaujama tikslesnių ir patikimesnių skaičiavimų. Dėl šios priežasties šiluminiai tilteliai analizuojami ir suskirstomi į dvi pagrindines kategorijas:

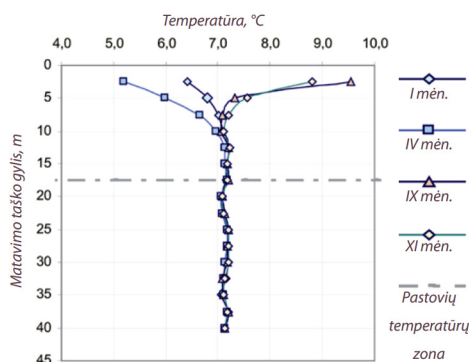
- linijiniai arba 2D šiluminiai tilteliai;
- taškiniai arba 3D šiluminiai tilteliai.

Atliekant skaitinę analizę, galima išsamiai įvertinti visus pastate esančius šiluminius tiltelius. Tačiau atliekant atitvarų, kurios ribojasi su gruntu skaitinę analizę užsienio autoriai nesutaria dėl nagrinėjamo grunto temperatūrų ir skaičiavimo metodikų (T. Theodosiou et. al., 2021; Alfonso C. et. al. 2013; Dong Chen, 2017; Ančuța Maria M. et. al. 2019). Vieni iš jų analizuoja gruntą su adiabatine apkrova, kiti su tam tikra temperatūra grunte, jų gauti rezultatai yra kardinaliai skirtingi.

Šio darbo tikslas – išnagrinėti atitvaros šilumines savybes, kai ji ribojasi su gruntu. Išsiaiškinti koks grunto temperatūros vertinimas racionalesnis tam tikrame gylyje, palyginti su Lietuvos statybinėje klimatologijoje pateiktais duomenimis ir pateikti išvadas, kuriuo grunto skaičiavimo vertinimu galima remtis norint apskaičiuoti šilumos nuostolius.

Tyrimo objektas ir metodika

Nagrinėjame darbe tyrimo objektas yra atitvara ant grunto, kuri yra veikiami temperatūrinių apkrovų. Šios atitvaros skaitmeninis 2D atvaizdavimo modelis su užsaiduotais pradiniais parametrais kuriamas THERM programoje remiantis Lietuvos mokslininkų atliktais grunto temperatūros tyrimų duomenimis (J. Giedraitienė, P. Pūtys, 2012). Šie mokslininkų tyrimo duomenys pateikti (1 pav.)



1 pav. Grunto temperatūros tyrimas
(J. Giedraitienė, P. Pūtys, 2012)

Šildomos atitvaros ant grunto bendras storis 25 cm. Ją sudaro pagrindinė laikančioji konstrukcija – keramzitbetonis, kurio storis 10 cm, medinės grindys, kurių storis 5 cm ir apšiltinima akmens vatos izoliacijos sluoksniu 10 cm.

Ši atitvara buvo sumodeliuota tam, kad būtų galima išsiaiškinti kaip sklinda temperatūra grunte sąveikaujant su mazgu ir kokios gaunamos temperatūros tam tikrame gylyje. Išsiaiškinus temperatūros sklidimą abiem atvejais ir temperatūras grunte tam tikrame gylyje, gautus rezultatus galima pritaikyti šilumos nuostolių skaičiavimams atitvarose besiribojančiose su gruntu ir gauti tikslesnius rezultatus.

Norint išsiaiškinti koks grunto skaičiavimo būdas tinkamesnis remiantis Lietuvos statybine klimatologija šiame straipsnyje analizuojami skirtingi metodai, kurių yra 2, kai grunto apkrova užsiduodama:

- adiabinė;
- užsiduota temperatūra.

Tyrimė, norėdamas išsiaiškinti, kuris skaičiavimo variantas tinkamesnis Lietuvos sąlygomis buvo pasiremta kitų Lietuvos mokslininkų pateiktais tyrimais (J. Giedraitienė et. al., 2012) bei RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“.

Nagrinėjant Vilniaus miestą pirminiai duomenys modeliui užsiduodami remiantis pateiktais (J. Giedraitienė, P. Pūtys, 2012) tyrimė, kuriame daugiamečių minimali smėlingo grunto temperatūra 12,5 metro gylyje yra 7 °C.

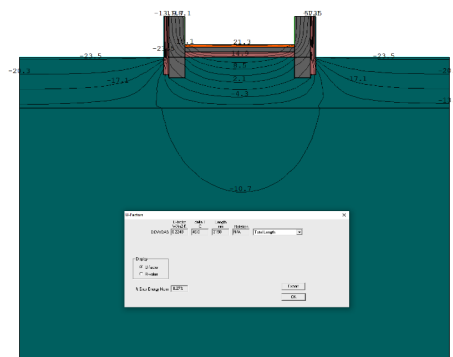
Tyrimė rašoma, jog žemės sluoksniams būdingas terminis zoniškumas – dėsninga uolienuų ir požeminio vandens temperatūros kaita vertikaliame žemės pjūvyje. Kaitos pobūdį lemia šilumą generuojantys veiksniai, kurie susiję su saulės radiacija (egzogenine šiluma) ir vidine žemės gelmių šiluma (endogenine šiluma). Nuo 12,5 metro grunto temperatūra nusistovi apie 7 °C ir temperatūros svyravimai yra minimalūs.

Rezultatai ir jų aptarimas

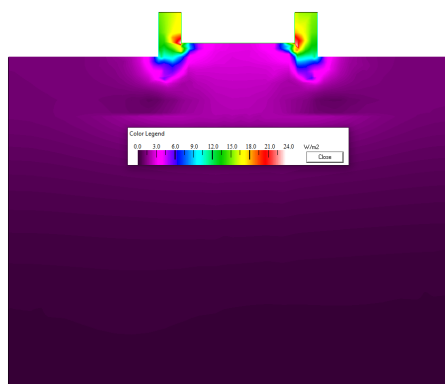
Modeliuojant pirmąjį atvejį uždedamos apkrovos mazgo viduje 22 °C, o lauke –24 °C. Smėlingo grunto gylis 12,5 metro su užsiduota adiabatine apkrova.

Gauto modelio su adiabatine grunto apkrova (2, 3 pav.) temperatūros pasiskirstyme izoterminiu pavidalu, buvo pastebėta, jog per visą užsiduotą grunto gylį temperatūra išlieka neigiama. O tai atitinkamai turi didelę reikšmę šilumos nuostolių skaičiavimams bei remiantis Lietuvos reglamentu RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“, kuriame nurodoma, jog maksimalus įšalo gylis 134 cm galimas 1 kartą per 10 metų, o 170 cm galimas 1 kartą per 50 metų neatitinka gautų rezultatų, kurie 12,5 metro gylyje yra –10,7 °C.

Modelis sugeneruojamas su temperatūros srautais (3 pav.); tam, kad lengviau būtų galima suprasti, kaip



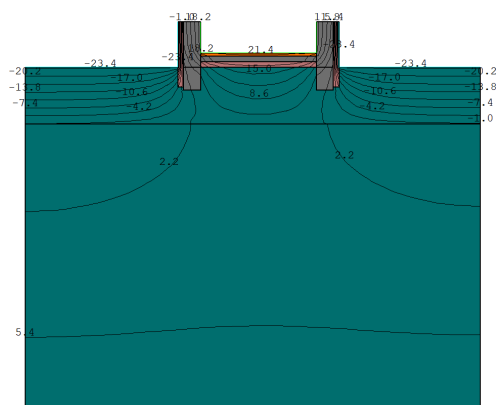
2 pav. Apskaičiuotas konstrukcinis modelis ant grunto su adiabatine apkrova



3 pav. Apskaičiuoto konstrukcinio modelio ant grunto su adiabatine apkrova temperatūrų pasiskirstymas

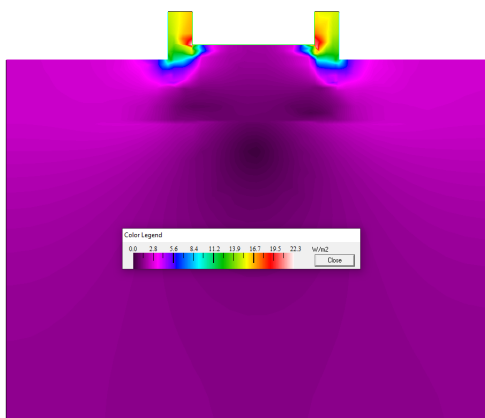
šiluma sklinda visame mazge bei, kokios yra problematinės šilumos praradimo vietos. Problematinės šilumos praradimo vietos daugiausia susidaro ties sienos ir perdangos sandūra. Šias vietas galima papildomai izoluoti ir taip išvengti šiose vietose didesnių šilumos praradimų.

Nagrinėjant antrąjį atvejį (4, 5 pav.) su grunto 7 °C temperatūros apkrova iš izoterminio sugeneruoto modelio matyti, jog jis skiriasi nuo pirmojo. Šiuo atveju įšalo gylys yra matomas, temperatūra 1,4 metro gylyje pasiekia 0 °C, o tai yra labai artimas skaičius RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“ pateikiamais duomenimis Vilniaus mieste.



4 pav. Apskaičiuotas konstrukcinis modelis ant grunto su 7 °C temperatūros apkrova

Iš sugeneruotų temperatūros srautų (5 pav.), matyti kaip šiluma sklinda visame mazge bei kokios yra problematinės šilumos praradimo vietos. Iš šių srautų galime daryti išvadą, kad šiluma sklinda vertikaliai į apačią ir į šonus.



5 pav. Apskaičiuoto konstrukcinio modelio ant grunto su 7 °C apkrova temperatūrų pasiskirstymas

Skaitmeninio modeliavimo ir analizės metu buvo nagrinėjami 2 atvejai, kai konstrukcinio mazgo ant grunto smėlinis gruntas veikiamas adiabatine apkrova ir 7 °C temperatūra 12,5 metro gylyje. Tai buvo daroma tam,

kad išsiaiškinti, kuris atvejis yra tikslesnis ir tinkamesnis remiantis Lietuvos galiojančia reglamentacija.

Gauti rezultatai parodė, jog modeliuojant mazgus ant grunto su adiabatine apkrova nėra tinkamas, kadangi neigiama temperatūra grunte išlieka dideliame diapazone ir netenkiną įšalo reglamentavimų pagal RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“. Antruoju atveju modeliuojant skaitmeninį modelį remiantis Lietuvos mokslininkų tyrimo duomenimis, kai 12,5 metro grunto gylyje vertinama 7 °C temperatūros apkrova, gaunami rezultatai artimi pateiktame Lietuvos reglamente, kuriame nurodoma 1,4 metro gylyje pasiekama 0 °C temperatūra.

Išvados

Darbe išnagrinėti du skirtingi smėlinio grunto skaičiavimo metodai Lietuvoje, kai gruntas veikiamas tam tikrame gylyje adiabatine ir temperatūrine apkrova. Skaitmeninių modelių gautos išvados:

1. Gautų modelių rezultatai parodė, jog tam tikrame smėlinio grunto gylyje veikiant adiabatine apkrova temperatūra išlieka neigiama, o tai neatitinka reglamento 156-94 „Statybinė klimatologija“ nurodyto Vilniaus miesto įšalo gylio. Tačiau antruoju atveju gauto modelio rezultatai buvo labai artimi šiame reglamente nurodyto įšalo gyliui.

2. Lietuvos klimatui atitvaros besiribojančios su gruntu, temperatūrų vertinimas tinkamesnis antrasis skaičiavimo būdas, kai tam tikrame gylyje užsiduodama temperatūros apkrova. Skaičiuojant tokiu būdu šilumos nuostolių per atitvaras besiribojančias su gruntu rezultatai bus tikslesni nei atliekant šilumos nuostolių skaičiavimus remiantis pirmuoju atveju.

3. Turint tikslius grunto temperatūros duomenis galima supaprastinti šilumos galios bei poreikių skaičiavimą naudojant k_a pataisos koeficientą savitiems šilumos nuostoliams per atitvarų elementus nustatymui.

Literatūra

- Alfonso C., Alice G., Vincenzo C. 2013. A building thermal bridges sensitivity analysis. *Applied Energy*.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.045>
- Ancuța Maria M., Levente C., Daniela Lucia M., Dan Doru M. 2019. Artificial intelligence based prediction model for the long-term heat flux losses through ground applied to large non-residential buildings. *The 12th International Conference Interdisciplinarity in Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.237>
- Barbara L., Silvia C., Michele B. 2021. Study on thermal performance of a PCM enhanced hydronic radiant floor heating system. *Energy*.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120245>
- Directive 2018/844/EU „The Energy Performance of Buildings Directive“.

- Dong Chen. 2017. Heat Loss via Concrete Slab Floors in Australian Houses. *10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22 October 2017, Jinan, China*.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.941>
- Hans J., Jan C., Hugo H. 2004. The influence of soil moisture transfer on building heat loss via the ground. *Building and environment*.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.01.004>
- J. Giedraitienė, P. Pūtys. *Požeminio vandens aktyviosios apytakos zonos hidrotermija*. Vilnius, 2012.
- J. Taminskas, K. Švedas, J. Konstantinova. *Sezoninio įšalo trukmė Lietuvoje*. Vilnius, 2005.
- LST EN 10211:2017. *Statybinių konstrukcijų šilumos tilteliai. Šilumos srautai ir paviršiaus temperatūros. Detalieji skaičiavimai*. Vilnius, 2017.
- Melissa J., Zhengen R., Tim J. P., Dong C. 2021. Water table depth data for use in modelling residential building ground-coupled heat transfer. *Cleaner Engineering and Technology*.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100096>
- RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“.
- R. Borinaga – Trevino, J. Cuadrado, J. Canales, E. Roji. 2021. Lime mud waste from the paper industry as partial replacement of cement in mortars used on radiant floor heating systems. *Journal of building engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102408>
- Stefano B., Anna C. 2018. The influence of thermal bridge calculation method on the building energy need: a case study. *73rd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association (ATI 2018)*, 12–14 September 2018, Pisa, Italy.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.056>
- Theodoros T., Katerina T., Karolos K., Christina G. 2021. Assessing the accuracy of predictive thermal bridge heat flow methodologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110437>

TEMPERATURE ANALYSIS OF PARTITION ADJACENT TO THE GROUND

D. Betingis, K. Valančius

Summary

The importance of thermal properties analysis of partitions adjacent to the ground is crucial for thermal calculations. However, different authors use different methodologies to analyse the temperature in the soil. That has importance and this affects the calculation of heat loss through the partition on the ground. In this work, the temperature of partition, adjusting to the ground is analysed in Vilnius, Lithuania in two ways. In the first created model, the ground soil temperature is analysed with an adiabatic load and in the second one with a 7 °C temperature load. The results showed that the first method is wrong because the temperature in the soil is always minus degrees Celsius but the second result was almost identical to Lithuanian regulations.