

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Mindaugas Šagamogas

Vienaaukščio gyvenamojo namo šiluminio poreikio tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Saulius Sušinskas

PANEVĖŽYS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Vienaaukščio gyvenamojo namo šilumos poreikio tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Saulius Sušinskas
(data)

Recenzentas

(parašas) Prof. Žilvinas Bazaras
(data)

Projektą atliko

(parašas) Mindaugas Šagamogas
(data)

PANEVĖŽYS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Mindaugas Šagamogas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (kodas621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Vienaaukščio gyvenamojo namo šilumos poreikio tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.

Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Mindaugas Šagamogas**, baigiamasis projektas tema „Vienaaukščio gyvenamojo namo šilumos poreikio tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys

Ivadas	8
1. ŠILUMOS POREIKIO APŽVALGA	9
1.1. Dažniausiai daromos klaidos šiltinant namą:.....	9
1.1.1. Kaip išvengti klaidų šiltinant sienas.....	9
1.1.2. Stogo šiltinimo klaidos	11
1.1.3. Pamatų apšiltinimo klaidos	11
1.2. Šiltinamų konstruktyvų sprendimai	13
1.2.1. Sienų šiltinimo sprendimai	13
1.2.2. Šlaitinių stogų šiltinimo sprendimai	15
1.2.3. Pamatų šiltinimo sprendimai.....	16
2. VIENAAUKŠČIO GYVENAMOJO NAMO SIENŲ, STOGO IR PAMATŲ ŠILTINIMO MEDŽIAGŲ APTARIMAS	17
2.1. Sienų šiltinimo medžiagų įvairovė:	17
2.2. Stogų šiltinimo medžiagų įvairovė:	18
2.3. Pamatų šiltinimo medžiagų įvairovė:	18
3. TIRIAMOJI DALIS	19
3.1 Gyvenamojo namo sienų šilumos izoliacijos parinkimas.....	19
3.2 Išorinių atitvarų termoizoliacinių medžiagų daugiakriterinis vertiniamas naudojant Topsis metodą.	19
IŠVADOS.....	27
LITERATŪROS IR ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	28
PRIEDAI	30

Šagamogas Mindaugas. Vienaaukščio gyvenamojo namo šilumos poreikio tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Saulius Sušinskas: Kauno technologijos universitetas, Panevėžio Technologijų ir verslo fakultetas, Statybos katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Statybos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Išorinės pastatų atitvaros, Topsis metodas, daugiakriterinė analizė, Poliuretano plokštės SPU FR reakcija į ugnį.

Panevėžys, 2017. 42 p.

SANTRAUKA

Tyrimo aktualumas. Pastaraisiais metais Žemės globalinis atšilimas pasidarė labai opus klausimas. Todėl kiekviena šalis priėmė tam tikrus sprendinius, kurių tikslas yra sumažinti energijos suvartojimą, energijai išgauti naudoti atsinaujinančius šaltinius, mažinti į aplinką išmetamų teršalų, kaip CO₂ kiekį. Ne išimtis ir statybos sektorius. Nuo 2016-11-01 visi statomi pastatai turi atitikti A energetinio naudingumo klasę. Todėl gyvenamųjų ir negyvenamųjų pastatų statyba atsirado papildomi reikalavimai siekiant pasiekti A energetinio naudingumo klasę. Šiuo metu statybinių medžiagų rinkoje yra įvairiausių statybos termoizoliacinių medžiagų. Šis darbas ir padės pasirinkti pačias optimaliausias pamatų, išorės atitvarų ir stogo termoizoliacines medžiagas.

Tyrimo problema. Sprendžiama statybinių termoizoliacinių medžiagų su skirtingais parametrais įvairiapusiška palyginimo problema.

Tyrimo tikslas. Darbo tikslas – parengti vienaaukščio gyvenamojo namo šiluminio poreikio tyrimą taip, kad būtų palaikomi higienos normose apibrėžti gyvenamųjų patalpų mikroklimato parametrai ir statant pastatą būtų panaudotos tokios termoizoliacinės medžiagos, kurios užtikrintų pastatui A energetinio naudingumo klasę. Norint išlaikyti projektuojamo pastato mikroklimato parametrus taikomos aktyvios ir pasyvios priemonės. Pasyviosios – pastato atitvarų projektavimas, aktyviosios – pastato šildymo, vėdinimo sistemų projektavimas. Šiame darbe nagrinėjamos pasyviosios priemonės, tai yra pagrindinių pastato atitvarų, racionaliausių termoizoliacinių medžiagų parinkimas.

Tyrimo uždaviniai. Sudaryti daugiakriterinį šiltinimo medžiagų efektyvumo vertinimo modelį, panaudojant Topsis metodą. Parinkti racionaliausią termoizoliacinę medžiagą. Iširti poliuretandinės plokštės SPU FR reakciją į ugnį.

Tyrimo objektas – vienaaukštis gyvenamasis namas.

Tyrimo metodai – literatūros analizė, daugiakriterinio įvertinimo metodas Topsis, kompiuterinė programa Sistela darbų su skirtingomis medžiagomis sąnaudų sudarymui.

Šagamogas Mindaugas. Single-storey dwelling house heat demand study. Master's Final Project /
Head Assoc. dr. Saul Sušinskas: Kaunas University of Technology, Panevezys Technology and Business
Faculty

Department of Construction.

Field of Science and areas: Civil Engineering

Key words: of a building envelope, Topsis method, multiple analysis, polyurethane panels SPU FR
reaction to fire.

Panevezys, 2017. 42 p.

SUMMARY

The relevance of the study. In recent years, the Earth global warming has become a very sensitive issue. Therefore, each country has adopted a number of solutions aimed at reducing energy consumption, as energy use of renewable sources, reduce their emissions, as CO₂ emissions. No exception and the construction sector. 2016-11-01 From all constructed buildings must meet energy efficiency class. Therefore, residential and non-residential buildings emerged additional requirements in order to reach the A class energy performance. Currently, the building materials market is the wide variety of building insulation materials. This work and help to select the most optimal foundation, external envelope and roof thermal insulation materials.

Investigation problem. Deciding building insulation materials with different parameters diverse comparison problem.

The aim. The aim - to develop a one-storey residential building in the thermal demand an investigation so as to be supported by hygiene norms define residential indoor climate parameters and construction of the building would be used for the thermal insulation material to ensure a building energy performance class. In order to maintain the projected building microclimate parameters apply to active and passive measures. Cushion - building envelope design, active - building heating and ventilation systems. This paper deals with passive measures, it is the main building envelope, rational thermal insulation material selection.

Research tasks. To create multiple criteria for thermal insulation materials performance assessment model, using Topsis method. To choose the most rational thermal insulation material. Investigate polyurethane panels SPU FR reaction to fire.

The object of research - one-storey residential building.

Research methods - literature analysis, multicriteria evaluation method tops, computer program Sistela work with different materials costs conclusion.

Ivadas

Pastaruoju metu daug dėmesio skiriama vartojamai energijai taupyti. Didžiausias energijos poreikis pastatams šildyti. Statybos techniniuose reglamentuose numatyta šilumos išsaugojimo būdai, o pagrindinis iš jų – didinti šiluminę varžą, t. y. termoizoliacinį sluoksnį, arba naudoti efektyvesnes termoizoliacines medžiagas. Gaminant, projektuojant ir statant reikia žinių apie termoizoliacinių medžiagų charakteristikas.

Pastatų apšiltinimas nagrinėjamas jau daugelį metų, itin svarbiais namo vertės kriterijais tapo jo šiluminės ypatybės ir ekonomiškumas. Europos Sąjungos (ES) parlamentas yra patvirtinęs Energinio namų efektyvumo direktyvą 2010/31/EU tai svarbi tema daugelyje šalių. Naujai statomose pastatuose mažėja šilumos suvartojimas, didėja būsto kaina. Energijos išsaugojimas bus svarbus ir ateityje, juolab, kad energijos išsaugojimas, aplinkosauga tampa vis aktualesnės temos šiomis dienomis. Dėl Lietuvos klimato sąlygų beveik septynis mėnesius tenka šildyti pastatus. Todėl mūsų šalyje daug dėmesio skiriama pastatų šilumos nuostoliams mažinti. Energetinių sąnaudų mažinimas svarbus ne tik ekonominių, bet ir ekologinių požiūriu t. y. kuo mažiau kuro bus sunaudojama pastatams šildyti tuo aplinka bus švaresnė.

Dėl poreikio sutaupyti šilumos energija labai pakito naujai statomu ir atnaujinamų pastatų išorinių atitvarų konstrukcija. Sienoms, stogams, pamatams ir kitoms konstrukcijoms naudojamos įvairios šiltinamos medžiagos ir sistemos.

Tema yra aktuali, nes joje nagrinėjamos statomų pastatų įvairiausių termoizoliacinių medžiagų.

Darbo tikslas - parengti vienaaukščio gyvenamojo namo šiluminio poreikio tyrimą.

Darbo uždaviniai:

- Sudaryti daugiakriterinį šiltinimo medžiagų efektyvumo vertinimo modelį, panaudojant Topsis metodą.
- Išanalizuoti pagrindinių pastato atitvarų šiltinamojo sluoksnio įrengimo klaidas.
- Parinkti racionaliausią termoizoliacinę medžiagą.
- Iširti poliuretalinės plokštės SPU FR reakciją į ugnį.

1. ŠILUMOS POREIKIO APŽVALGA

Šiandiena vis daugiau statančių sau namus galvoja apie energinio naudingumo klasės pastatus. Tokie pastatai yra patrauklūs. Pirmiausia tai mažai energijos šildymui naudojančios pastatai, todėl išlaidos šildymui bus mažesnės. Antra, vidaus patalpų mikroklimatas bus ženkliai geresnis.

Kadangi pastatų atitvarų šiltinimas tampa vienu iš svarbiausių šilumos tausojimo priemonių, esame sukūrę visą eilę gaminių ir sprendimų, skirtų A, A+ ir A++ klasės pastatų šiltinimui.

1.1. Dažniausiai daromos klaidos šiltinant namą:

1.1.1. Kaip išvengti klaidų šiltinant sienas

Dažniausiai tik rudenį namų savininkai pradeda galvoti apie ateinančią žiemą ir susirūpina savo būsto šiluma. Daugelis jau suprato, kad išorinėse namo sienose esantys oro tarpai - tai "kaminas" aplink namą, ištraukiantis iš patalpų didžiąją dalį šilumos.

Jame kylantis į viršų sušilęs oras išneša iš patalpų apie 80 proc. per sienas netenkamos šilumos, užleisdamas vietą per įvairius nesandarumus apačioje besiskverbiamam šaltam orui. Per pastogę nespėjęs išeiti šiltas oras prisiliečia prie išorinių šaltų plytų, atiduoda joms šilumą ir šaldamas leidžiasi žemyn, kol vėl gauna šilumos nuo vidinės sienos dalies.

Toks konvekcijos ratas yra apie 20 proc. sienoms tenkančių šilumos nuostolių priežastis. Tad apšiltinus sienas iš išorės oro cirkuliacija tuščiuose oro tarpuose tik sulėtėja, bet šiluma vis tiek išeina. Kuo užpildyti "kaminą", kai namas jau pastatytas? Medžiaga turi:

- 1) 100 proc. užpildyti oro tarpus sienose ir visiškai sustabdyti oro cirkuliaciją juose, nes tik nejudantis oras yra geriausias šilumos izoliatorius;
- 2) nedidinti savo tūrio sienose, nes tai sukeltų pavojų pažeisti sienos konstrukciją;
- 3) praleisti garus, t. y. leisti sienoms "kvėpuoti";
- 4) neįgerti vandens, nepraleisti drėgmės iki vidinės sienos dalies;
- 5) turėti geras šilumines savybes;
- 6) būti stabili ir ilgaamžė.

Jeigu oro tarpus užpildysime biriomis medžiagomis:

- 1) oras nors ir lėčiau, bet cirkuliuos tarp užpildo granuliu, ištraukdamas nemažą dalį šilumos;
- 2) daugelį birių medžiagų reikia atskirti nuo išorinės sienos dalies drėgmę izoliuojančia plėvele, kurios į pastatyto namo sieną jau neįklosi;
- 3) daugelis birių medžiagų sienoje suslūgsta, ir viršuje lieka tuščias oro tarpas;
- 4) sunku sienų oro tarpą pripildyti birių medžiagų, nepažeidžiant fasado apdailos.

Daug pažangesnis būdas - oro tarpus sienose užpildyti termoputomis. Tai galima atlikti, nepažeidžiant fasado apdailos, o termoputos gerai užpildo visus tarpus ir visiškai sustabdo oro cirkuliaciją juose. Tai šiuo metu Lietuvoje siūlo padaryti ne viena firma. Kaip iš tokios technologijų, medžiagų, kokybės ir kainų įvairovės eiliniam namo savininkui išsirinkti geriausią šiltinimo variantą? Juk šiuo atveju padarytos klaidos ištaisyti dažniausiai neįmanoma.

Renkantis technologiją ir rangovą namo sienų oro tarpams pripildyti termoputomis, vertėtų rimtai įvertinti visus šiuos faktorius:

1. Termoputų ekologiškumas. Būtina įsitikinti, kad Valstybinio visuomenės sveikatos centro higieninės ekspertizės protokolu leidžiama šiltinti būtent gyvenamuosius namus, būtent šiai firmai ir būtent šiomis medžiagomis.

2. Termoputų savybės (ar neįgeria drėgmės, ar laidžios garams, ar nedidėja jų tūris sienoje, ar pakankama šiluminė varža). Jos turi būti ištirtos Lietuvoje, nes užsienio šalių išduodamuose sertifikatuose deklaruojama, kokias savybes privalo turėti termoputos, bet tai nereiškia, kad visi mūsų rangovai sugeba jas tokias pagaminti.

3. Termoputų ilgaamžiškumo ir sienų tarpų pripildymo kokybės garantijos. Kokybiškas termoputas iš gerų medžiagų gaminančios ir į sienų oro tarpus pučiančios firmos drąsiai išduoda savo klientams ilgalaikius (net 35 metų) garantinius sertifikatus, kuriuose prisiima visą atsakomybę už termoputų ilgaamžiškumą ir sienų ertmių užpildymo kokybę.

Kai kurios kitos firmos vengia bet kokios atsakomybės. Tai rodo, kad jos neįsitikinusios pučiamų medžiagų kokybe ir ilgaamžiškumu, arba iš anksto žino apie prastas jų savybes. Ar verta rizikuoti šiltinti savo namą be rimtų ilgaamžiškumo ir kokybės garantijų net ir už žemesnę kainą? Be to, derėtų iš anksto įvertinti išduodamo garantinio sertifikato patikimumą (kas, už ką ir kiek laiko atsako, rangovo pavadinimas, antspaudas, parašas, data) ir sužinoti, kam reikšti pretenzijas kilus nesklandumams.

4. Namų šiltinimo kaina. Beveik visos sienas termoputomis šiltinančios firmos skelbia į sieną įpūstų termoputų kubinio metro kainą.

Bet mažesnė kaina ne visada rodo, kad už namo šiltinimą mokėsite mažiau. Mat ją skelbiančios firmos labai dažnai nurodo klientui daug didesnę termoputų kiekį, negu realiai reikia namui apšiltinti. Aišku, neįmanoma iš anksto tiksliai apskaičiuoti, koks sienose esančių oro tarpų tūris, bet šis netikslumas neturėtų viršyti 20 proc. Be to, nerealiai maža kaina dažniausiai rodo pačių pigiausių (ir, suprantama, prasčiausių) medžiagų panaudojimą ir ribotą atsakomybę už atliktų darbų kokybę.

Verta gerai pagalvoti, ar darbus patikėt rangovui, siūlančiais pačią mažiausią kainą ir negalinčiais patvirtinti savo reklaminių šūkių apie medžiagų savybes ir ilgaamžiškumą jokiais rimtais dokumentais. Išvada - neverta akiai tikėti reklama. Geriau remtis dokumentais ir faktais ir pasitikėti ne pritaikytomis, o specialiai reikiamam tikslui sukurtomis ir laiko patikrintomis technologijomis, nes už pigią "katę maiše" dažniausiai tenka brangiai mokėti.

Tad namą šiltinti reikia rengtis jau pavasarį, neskubant, įvertinant visus šiame straipsnyje minėtus faktorius.

1.1.2. Stogo šiltinimo klaidos

Pirmiausia reikėtų žinoti, kad šlaitiniai stogai turi būti vėdinami. Vėdinamas oro tarpas turi būti įrengtas taip, kad užtikrintų pakankamą oro judėjimą nuo apačios iki pat viršaus. Tam reikia įrengti oro patekimo angas stogo karnize ir oro išėjimo angas stogo viršuje, prie kraigo. Antra labai dažna šlaitinių stogų įrengimo klaida – neteisingai naudojamos plėvelės apsaugai nuo vėjo ir hidroizoliacijai.

Paprastai stogo įrengimo klaidos pastebimos ne iškart pabaigus remonto darbus, o gerokai vėliau, kartais tik po žiemos ar net ir po kelių žiemų. Todėl labai svarbu stengtis stogo konstrukciją įrengti kruopščiai ir taisyklingai, kad netektų po metų kitų vėl remontuoti stogo. Tik teisingai įrengtas stogas bus ilgaamžis ir nereikalaus ypatingos priežiūros.

1.1.3. Pamatų apšiltinimo klaidos

Apšiltiname pamatus: penkios dažniausiai pasitaikančios klaidos

Apie blogai apšiltintus namus sakoma, kad pro sienas švilpauja vėjas, bet ar žinote, jog apie septintadalį visos šilumos netenkama dėl netinkamai apšiltintos apatinės namo dalies? Apšiltinimo klaidos ne tik paplonina piniginę, tačiau ir pažeidžia patį pastatą bei gali kilti bėdų įteisinant statinį.

Nuo šių metų lapkričio statomiems namams keliami A klasės reikalavimai. Tai reiškia, kad tokie namai turi suvartoti iki dešimties kartų mažiau energijos nei įprasti. Vadinasi, ir pats mažiausias šilumos nuotėkis netenkina reikalavimų pasyviame namui ir nepasirūpinus iš anksto, gali tekti antrą kartą atlikti tą patį darbą.

Penkios dažniausiai pasitaikančios pamatų apšiltinimo klaidos, dėl kurių išauga šilumos nuostoliai, peršąla sienos, susidaro kondensatas, kaupiasi drėgmė ir pelėsis, deformuojasi pastatas, ir pataria, kaip jų išvengti:

a) Neteisingai parenkama apšiltinimo medžiaga:

Pirmiausiai, į ką reikėtų atkreipti dėmesį renkantis apšiltinimą pamatams, tai aplinkos poveikis. Daugelis žino, kad skirtingi pamatai įrenginėjami esant skirtingam gruntui – seklieji, poliniai ar gilieji, bet nedaugelis įvertina, kad nuo grunto savybių priklauso ir apšiltinimo medžiagų pasirinkimas.

Jei gruntas sunkus, molingas ar šalia pastato yra pravažiavimo kelias, ekspertai rekomenduoja pamatus apšiltinti didesnes apkrovas atlaikančia apšiltinimo medžiaga. Jei gruntas minkštesnis, atitinkamai galima lengvinti ir apšiltinimą. Jeigu apšiltinimui renkatės polistireninio putplasčio plokštes, tai jų stipris žymimas raidėmis EPS ir skaičiumi. Kuo skaičius didesnis, tuo plokštė atlaiko didesnę apkrovimą.

b) Nepakankamas termoizoliacijos storis:

Nors statybose vis aktyviau naudojamos inovacijos, tačiau kai kurie dalykai daromi iš inercijos. Vienas iš tokių – apšiltinimui naudojamas apšiltinimo medžiagos storis. Tradiciškai pastatų pamatai apšiltinami dešimties centimetrų termoizoliacine plokšte. Tačiau nuo lapkričio įsigalioja nauji energetinio efektyvumo reikalavimai statomiems namams, todėl ir pamatai turės būti apšiltinami storiau.

Kad būtų pasiektas reikalaujamas normatyvas ir namas atitiktų reikiamą energetinę klasę, pamatų cokolio apšiltinimas turės būti dvigubinamas.

c) Paliekami šalčio tiltai:

Vis dažniau namai statomi be rūšių – taip ir pigiau, ir greičiau. Tokiems namams dažniausiai renkamos poliniai pamatai, tačiau jie turi ir trūkumų: poliai neapšiltinami, todėl per juos susidaro šalčio tiltai ir šaltis jais pakliūna į namą.

Problemą išsprendžia pakankamas apšiltinimo sistemos įgilinimas. Tokiu atveju apšiltinimo plokštė nuleidžiama vertikaliai iki nuogrindos, bet ne mažiau kaip 60 cm nuo pirmo aukšto grindų šilumos izoliacijos.

d) Nepakankama apsauga nuo drėgmės:

Pamatai yra ta namo dalis, kuri turi nuolatinę sąlytį su aplinka, vadinasi reikėtų pasirūpinti jų sandarumu. „Montuojant apšiltinimo plokštes darbininkai susiduria su dviem iššūkiais – kaip nepažeisti jų montuojant ir kaip apsaugoti nuo drėgmės ir teršalų sancaupų.

Ekspertas rekomenduoja ištisai klijuoti šilumos izoliacijos plokščių klijuojamą paviršių – taip pamatai apsaugomi nuo drėgmės. Kai atitvarų paviršiai nutepti bitumine hidroizoliacija, šilumos izoliacijai klijuoti prie jų turi būti naudojami alkidiniai arba kiti klijuoti, gerai sukimbantys su bitumine hidroizoliacija.

Klijuojant ant bituminės izoliacijos apšiltinimo medžiagą, pavyzdžiui, polistireninį putplastį, reikia žinoti, kad ši medžiaga reaguoja į bituminio glaisto skiediklius: benzina, acetoną, terpentina. Jei šie darbai vykdomi vienas po kito, reikėtų vengti šių skiediklių. Per ilgesnį laiką skiediklis išgaruoja, todėl nenorintiems jų atsisakyti rekomenduojama daryti pertrauką tarp darbų.

Grunte esančią apšiltinimo medžiagą rekomenduojama dengti gumbuota drenažine membrana, glaudžiant gumbruočią membranos pusę prie apšiltinimo medžiagos. Membrana prie apšiltinimo medžiagos tvirtinama smeigėmis, skirtomis kietam pagrindui.

e) Neteisinga apdaila:

Paskutinė pamatų apšiltinimo klaida, taip greitai namų gyventojams nepasijaus – bėdos išryškės po trejų-penkerių metų. Baigus statyti namą, pamatų apšiltinimas padengiamas dekoratyviniu tinku, o namo

aplinka tvarkoma klojant trinkelėmis. Lyjant nuo trinkelėių ištiškės vanduo aptaško pamatų apdailą ir šie sudrėksta, išsimurzina, išmušami dėmėmis, iš jų veržiasi druskos. Besikaupianti drėgmė bei teršalai sudaro palankias sąlygas augti samanoms bei kitiems mikroorganizmams.

Jis rekomenduoja prie tinkuojamų cokelių daryti tik atviras vėdinamas ir drenuojamas nuogrindas. Taip grindinio pakilimai apsaugos nuo lietaus ir tirpstančios sniego ir vanduo tekės ne link pamatų, bet tolyn nuo namo.

Jei vis tik prie pamatų neišvengiamai tenka daryti betoninių plytelių ar kitokią uždara nuogrindą,

1.2. Šiltinamų konstruktyvų sprendimai

1.2.1. Sienų šiltinimo sprendimai

Pastaruju metu vis daugiau kalbama apie energinį pastatų efektyvumą, šilumos nuostolių mažinimą ir tiek apie senų būstų modernizavimo, tiek apie energiška efektyvių naujų namų statybos sprendimus. Kad pasiektume norimą rezultatą ir gyventume šiltuose jaukiuose namuose, reikėtų atkreipti dėmesį į tinkamą būstų šiltinimą. Pradėkime nuo šilumos izoliacijos įrengimo, t.y. bendrųjų nuostatų, taikomų šilumą izoliuojančių medžiagų gaminiams.

Tačiau reikia nepamiršti, svarbus ir medžiagų atsparumas ugniai. Jos degumo klasės. Kadangi reikia rūpintis ne tik medžiagos šilumos laidumu, bet ir pastato saugumu.

Mineralinė vata gali būti skirstoma į kelias degumo klases:

- a. A1- nesudaro sąlygų gaisrui plėstis;
- b. A2 – ugnis neplinta;
- c. B – Ugnis neplinta;
- d. C – ugnis plinta vėliau kaip po 10 minučių;
- e. D – ugnis plinta, praėjus 2 – 10 minučių;
- f. E – ugnis plinta greičiau nei po 2 minučių;
- g. F – charakteristikos nenustatytos.

Šiltinant sienas reikia žinoti, kad:

- šilumos izoliacija turi priglusti prie šiltinamo paviršiaus;
- šilumos izoliacijos plokštės turi būti perstumtos viena kitos atžvilgiu;
- įrengiant dviejų sluoksnių šilumos izoliaciją, antro sluoksnio gaminiai turi uždengti po jais esančių plokščių siūles;
- plyšiai tarp šilumos izoliacijos plokščių turi būti užkamšyti (užpildyti);
- kai šilumos izoliacijos sluoksnis vėdinamose sienose įrengiamas iš universalių plokščių, būtina įrengti apsaugą nuo vėjo.

Gaminių naudojimas



1 pav. Termoizoliacinių mineralinių medžiagų panaudojimas.

Konstrukcijos	Gaminiai																						
	PAROC eXtra	PAROC eXtra plus	PAROC BLT 9	PAROC Cortex (b)	PAROC Cortex One (b)	PAROC WAB 10t	PAROC WAS 25t	PAROC WAS 35 (t, lb)	PAROC WAS 50 (t, lb)	PAROC Linio 10	PAROC Linio 15	PAROC Linio 80	PAROC CGL 20cy	PAROC ROS 30 (g)	PAROC ROS 50	PAROC ROS 60	PAROC ROB 60	PAROC ROB 80	PAROC SSB 1	PAROC GRS 20	PAROC FPS 17	PAROC Fireplace Slab 90 AL 1	
Rūsio sienos																							
Rūsio ir garažo lubos																							
Betoninės grindys ant grunto																							
Betoninės tarpaukštinės perdangos																							
Medinės grindys ant grunto ir perdangos	■	■					■																
Tinkuojamos sienos										■	■	■											
Vėdinamos sienos	■	■		■	■	■	■	■	■														
Vidaus pertvaros	■	■																					
Pirties sienos	■	■																					
Šlaitiniai stogai	■	■					■	■															
Palėpės			■																				
Plokštieji stogai														■	■	■	■	■					
Kaminai, židiniai ir kt.																							■
Konstrukcijų apsauga nuo ugnies																							■

2 pav. Termoizoliacinių mineralinių medžiagų panaudojimas pagal atskirus konstruktyvus

Reikalavimai šilumos izoliacijos įrengimui

Bendrieji reikalavimai:

1. Paroc akmens vatos gaminiai turi būti naudojami pagal paskirtį;
2. Akmens vatos gaminiai pjaustomi specialiu peiliu arba pjūklų;
3. Statybos proceso metu šilumos izoliacijos sluoksnis turi būti apsaugotas nuo kritulių bei pažeidimų.
4. Akmens vatos plokštės:
 - Turi glaudžiai priglusti prie paviršiaus;
 - Turi glaustis viena prie kitos taip, kad neliktų jokių plyšių;
 - Akmens vatos plokštės turi būti klojamos perlenkiant jas viena kitos atžvilgiu;
 - Apsaugos nuo vėjo plokštės iš akmens vatos turi perdengti universalių plokščių siūles;
5. Įrengiant šilumos izoliaciją iš kelių sluoksnių, antrojo sluoksnio gaminiai turi perdengti po jais esančias siūles.
6. Įrengiant šilumos izoliaciją karkasinėse konstrukcijose, universalių akmens vatos plokščių plotis turi būti 1,5- 2 % didesnis, nei atstumas tarp karkaso elementų.
7. Parenkant apsaugą nuo vėjo, būtina laikytis LR galiojančių priešgaisrinių reikalavimų.
8. Apsauga nuo vėjo sienoms yra parenkama pagal STR 2.01.03:2009.
9. Tinkuojamų fasadų šiltinimui skirtos plokštės Paroc Linio 10 ir Paroc Linio 15 turi atžymą ant tos pusės, kuri turi būti klijuojama prie sienos.

1.2.2. Šlaitinių stogų šiltinimo sprendimai

Stogai – svarbiausia pastato atitvarinė dalis, turinti didelę įtaką pastato šilumos nuostoliams ir energijos vartojimo efektyvumui. Sumažinus šilumos nuostolius per stogo konstrukciją, suvartojama mažiau energijos visam namui šildyti.

Lietuvoje dažniausiai gyvenamieji pastatai statomi su mansardomis, todėl šilumos izoliacinis sluoksnis tokiose konstrukcijose montuojamas tarp gegnių. Mažiausias šiltinamosios izoliacijos storis tarp gegnių – 200 mm. Jei gegnės žemesnės, jos paaukštinamos atitinkamo storio lentą prikaland ant gegnės. Iš šiltosios pusės, t. y. iš pastato vidaus, ant gegnės tvirtinama vandens garų izoliacija (kartu ir oro barjeras), paprastai tam naudojama 200 mikronų storio polietileno plėvelė. Prie gegnės apačios ant pritvirtintos polietileno plėvelės prikalami mediniai tašeliai ar metaliniai profiliuočiai, ant kurių bus tvirtinama lubų apdaila (gipskartonio plokštės, medinės dailylentės ar pan.). Tarpas tarp tašelių ar profiliuočių užpildomas 50 mm storio šiltinamąja izoliacija.

Pagal hidroizoliacijai naudojamą medžiagą skiriami du šlaitinio stogo įrengimo būdai: kai hidroizoliacijai naudojama vandens garams laidži plėvelė (dar vadinama difuzine) ir vandens garams mažai laidži plėvelė. Šlaitiniuose stoguose su vandens garams mažai laidžia hidroizoliacija vėdinamas oro tarpas turi būti įrengtas tarp hidroizoliacinės plėvelės ir apsaugos nuo vėjo plokštės. Vėdinamo oro tarpo aukštis

apskaičiuojamas, tačiau visais atvejais turi būti ne mažesnis kaip 50 mm. Stogui vedinti karnize ir kraige turi būti įrengtos vedimo angos pagal STR 2.05.02:2008 („Statinių konstrukcijos. Stogai“ reikalavimus).

Vėdinamas oro tarpas turi būti įrengtas virš difuzinės plėvelės. Jo aukštis – ne mažesnis kaip 50 mm. Be to, turi būti užtikrintas oro judėjimas šiame tarpe: karnize (stogo apačioje) ir kraige (stogo viršuje) šis oro tarpas turi susisiekti su lauko oru. Virš hidroizoliacijos sluoksnio išilgai gegnės kalama lenta, ant jos skersine kryptimi – grebėstai, ant kurių tvirtinama čerpių ir banguotų lakštų dangos. Visų šių sluoksnių svarba yra didelė, todėl bet kuri klaida padidina sąnaudas. Kad į stogą pro kraigą nepatektų lietaus vandens, sniego ar teršalų, į jį reikia dėti specialius įdėklus. Šlaitinių stogų, apšiltintų mineraline vata ar polistireniniu putplasčiu, dangoms gali būti naudojamos keraminės ir cementinės čerpės, skardos, lakštai su užkaitinėmis jungtimis, banguotieji cemento lakštai, mediniai gontai ir kt.

Statant energiškaai efektyvų, pasyvų namą su šlaitiniu stogu, jo konstrukcija iš esmės niekuo nesiskiria nuo tradicinio namo stogo konstrukcijos. Tik energiškaai efektyvaus namo stogo šiltinamosios izoliacijos storį reikia padidinti, kad ji atitiktų pasyvių namų reikalavimus. Be to, vandens garų izoliacijos (užtvoros) sluoksnis turi būti įrengtas taip, kad užtikrintų patikimą stogo konstrukcijos sandarumą. Padidintas sandarumas užtikrina, kad pastatų konstrukcijos bus energiškaai efektyvios.

1.2.3. Pamatų šiltinimo sprendimai

Tinkamai ir protingai atliktas šiltinimas padeda išvengti pamatų konstrukcijos deformacijos, atsirandančios dėl peršalusio grunto. Visi darbai skirstomi į keletą pagrindinių konstruktyvų:

- **Pirmiausia – hidroizoliacija.**

Šiltinant pamatus iš išorės, pirmiausia įrengiamas hidroizoliacinis sluoksnis. Dažniausiai pamatai padengiami hidroizoliacine mastika, ją kruopščiai užtepant mažiausiai dviem sluoksniais, skirtingomis kryptimis arba naudojamos prilydomos.

- **Šiltinamasis sluoksnis.**

Pamatų šiltinimo medžiagą nuolat veikia grunto slėgis ir drėgmė, tad pravartu naudoti tokią, kuri, užpilant gruntą, jį sutankinant ar jam nusėdant, nebūtų deformuojama ir nuo drėgmės neprarastų savo termoizoliacinių savybių. Klasikinis polistirenas tinka, tačiau jis neatlaiko didesnių apkrovų, į jį įsiskverbia dirvožemio dalelės ir augalų šaknys. Mineralinė vata taip pat nelabai tinka, mat sugeria drėgmę, ją tenka izoliuoti nuo išorės poveikio (mineraline vata geriausia pamatus šiltinti iš vidaus, kur drėgmės mažiau).

2. VIENAAUKŠČIO GYVENAMOJO NAMO SIENŲ, STOGO IR PAMATŲ ŠILTINIMO MEDŽIAGŲ APTARIMAS

2.1. Sienų šiltinimo medžiagų įvairovė:

Tinkuojamas fasadas (EPS):

Ši šiltinimo sistema naudojama naujų ir modernizuotinių pastatų išorinėms sienoms šiltinti. Šios sistemos degumo klasė yra B-s1, d0. Tad pagal gaisrinės saugos taisyklių „Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai“ nuorodas, ji tinka pastatams, atspariems I iržemesnio laipsnio ugniai, šiltinti. Kai ši šiltinimo sistema yra A2-s2, d0 degumo klasės, ji gali būti naudojama aukštiems ir labai aukštiems pastatams (kai pastato aukščio aukšto grindų altitudė daugiau nei 26,5 m).

Sistemos naudojimo kategorija	Naudojimo sąlygų, susijusių su sistemos atsparumo smūgiams reikalavimai, apibūdinimai.
I	Lengvai pasiekiamos atitvarų dalys, neapsaugotos nuo smūgių ir netinkamo naudojimo.
II	Nepasiekiamos atitvarų dalys, neapsaugotos nuo smūgių spiriant arba metant daiktus, kurių atstumas nuo grindų ar žemės paviršiaus apriboja smūgio stiprumą. Taip pat pasiekiamos atitvarų dalys, kai mažanetinkamo naudojimo tikimybė.
III	Atitvarų dalys, kurių atstumas nuo grindų ar žemės paviršiaus užtikrina apsaugą nuo smūgių spiriant arba metant daiktus. Taip pat atitvarų dalys, kai labai mažą jų netinkamo naudojimo tikimybė.

Degumas

Polistireninis putplastis yra labai degus. Veikiamas daugiau nei 100 °C temperatūra, putplastis minkštėja, traukiasi ir pagaliau lydosi. Terminio irimo produktai užsidega, tik tiesiogiai susilietę su paviršiais ar erdvėmis, kurių temperatūra 450-500 °C.

Poliuretano plokštės:

Plokščių savybės:

- Šilumos laidumo koeficientas λ_D reikšmė 0,023 W/mK;
- Tankis – 30 kg/m²;
- Plokštės padengtos glotnia, pilka, dujoms nepralaidžia kraft popieriaus ir metalo folijos daugiasluoksne danga.

Reakcija į ugnį:

- A1 pagal RD 19/12/1997;
- 1 klasė;

Atliktas degumo testas, gauti rezultatai pateikti 1 priede.

2.2. Stogų šiltinimo medžiagų įvairovė:

Šiltinant šlaitinius stogus dažniausiai naudojamos labiausiai paplitusios izoliacinės medžiagos – mineralinė vata ir polistireninis putplastis. Tačiau jau yra ir alternatyvų, viena iš kurių – celiuliozės vata. Besiūlis šiltinimo sluoksnis slėginiais aparatais suformuojamas iki suspaustos pagalvės konsistencijos ir faktiškai nepalieka jokių galimybių atsirasti šalčio tilteliams per lakštų ar ritinių sandūras. „Vaikščiojant“ gegnėms, celiuliozės vata turi savybę vėl prisiglausti prie konstrukcijos. Konstrukcijoje atsiradusi drėgmė greitai pasišalina. Pavyzdžiui, +15 °C ir aukštesnėje temperatūroje 10 cm sudrėkęs sluoksnis išdžiūsta per 3–4 dienas.

Paruošti stogą šiltinti šia izoliacine medžiaga nėra sudėtinga. Tiesiog reikia suformuoti uždara ertmę tarp difuzinės plėvelės viršutinėje gegnių pusėje ir garo izoliacinės plėvelės vidinėje gegnių pusėje. Tada kas 20–30 cm sutvirtinti garo plėvelę tašeliais ar profiliuočiais, prie kurių ateityje bus galima tvirtinti apdailą. Už sutvirtintos garo plėvelės galima pūsti celiuliozės vatą, technologines skylės užklijuojant specializuota juosta.

2.3. Pamatų šiltinimo medžiagų įvairovė:

Geriausia medžiaga – ekstruzinis (sutankintas) polistireninis putplastis (XPS), kurio poros, skirtingai nei klasikinio putplasčio, yra uždaros, jų struktūra vientisa, o plokštės paviršiuje susiformuoja vandenį atstumianti plėvelė (tad šiltinant pastatą iš išorės, nebūtina papildomai kloti hidroizoliacinės plėvelės). Šitaip plokštė tampa atspari drėgmei ir labai mažai laidū šilumai, jos šilumos laidumo koeficientas, nelygu jos storis, – 0,033–0,037 W/mK. Be to, ekstruzinis polistirenas labiau atsparus grunto slėgimui, tad jį labai paranku kloti įrengiant horizontalų pamatų apšiltinimą, saugantį nuo įšalo. Tyrimais įrodyta, kad net po 300 sušalimo ir atšilimo ciklų drėgmės kiekis ekstruziniame polistireniniame putplastyje iš esmės nedidėja.

3. TIRIAMOJI DALIS

Vienaaukščių gyvenamųjų pastatų išorinėms atitvaroms šiltinti gali būti panaudotos įvairiausios medžiagos. Pasirenkant termoizoliacines medžiagas dažniausiai atsižvelgiama į šiuos kriterijus: šilumos laidumo koeficientas, medžiagos atsparumas ugniai, medžiagos kaina ir medžiagos įrengimo kaštai.

Šiame darbe bus nagrinėjamos termoizoliacinės medžiagos, kurios bus naudojamos šiltinti pamatus, stogą ir sienas. Sienų ir stogo šiltinimui yra analizuojamos šios termoizoliacinės medžiagos: polistireninis putplastis EPS 100, mineralinė vata, poliuretano plokštės. Pamatų šiltinimui bus nagrinėjamos šios šiltinamosios medžiagos: polistireninis putplastis EPS 80 ir ekstrudinis polistirenas (xps).

3.1 Gyvenamojo namo sienų šilumos izoliacijos parinkimas

Norint išsiaiškinti kokia medžiaga efektyviausia šildant namo sienas, atliekamas šilumos laidumo bei kainų palyginimas. Lentelėje pateikti duomenys apie šilumos izoliacijos medžiagas.

2 lentelė. Pagrindiniai lyginamieji termoizoliacinių medžiagų rodikliai

Izoliacijos tipas	Šilumos laidumo koeficientas	Medžiagos storis	Medžiagos kaina	Darbų kaina įrengiant 100 m ²
Vienaaukščio gyvenamojo namo išorės sienų šiltinimas.				
Polistireninis putplastis (EPS 100)	0,035 W/(m·K)	370 mm	33 €/m ³	7751,00 €
Mineralinė vata (Paroc Extra)	0,036 W/(m·K)	350 mm	29 €/m ³	2034,00 €
Poliuretano plokštės	0,022 W/(m·K)	150 mm	55 €/m ³	6800,00 €
Vienaaukščio gyvenamojo namo stogo šiltinimas				
Polistireninis putplastis (EPS 100)	0,035 W/(m·K)	450 mm	33 €/m ³	4034,00 €
Mineralinė vata (Paroc Extra)	0,036 W/(m·K)	400 mm	29 €/m ³	4855,00 €
Poliuretano plokštės	0,022 W/(m·K)	200 mm	55 €/m ³	6500,00 €
Vienaaukščio gyvenamojo namo pamatų šiltinimas				
Polistireninis putplastis (EPS 80)	0,036 W/(m·K)	150 mm	33 €/m ³	2357,00 €
Ekstrudinis putplastis (XPS)	0,033 W/(m·K)	100 mm	115 €/m ³	1980,00 €

3.2 Išorinių atitvarų termoizoliacinių medžiagų daugiakriterinis vertinimas naudojant Topsis metodą.

Rodiklių reikšmės buvo apskaičiuotos pagal galiojančius normatyvinius dokumentus, bei paimtos iš pasirinktų medžiagų eksploatacinių savybių deklaracijų bei panaudojant jų sertifikatus. Nagrinėjamų išorės sienų šiltinimo medžiagų duomenys pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė

Išorinių atitvarų šiltinimo medžiagų duomenys (Sprendimų priėmimo matrica)

Išorinių sienų šiltinamosios medžiagos	Vertinimo rodikliai			Darbų kaina įrengiant 100 m ²
	Šilumos perdavimo koef., W/(m ² ×K)	Medžiagos storis mm.	Medžiagos kaina €/m ³	
Lauko sienos šiltinimas				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,035	370	33,00	7751,00
2. Mineralinė fasadinė vata	0,036	350	29,00	2034,00
3. Poliuretano plokštės	0,022	150	55,00	6800,00
Stogo šiltinimas				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,035	450	33,00	4034,00
2. Mineralinė vata (Paroc extra)	0,036	400	29,00	4855,00
3. Poliuretano plokštės	0,022	0,2	55,00	6500,00
Pamatų šiltinimas				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,036	150	33,00	2357,0
2. Ekstrudinis putplastis XPS	0,033	100	115,00	1980,00
Min. ar max. rodiklis	max	max.	max.	max.

Skaičiavimams atlikti vertinimo rodikliai pakeisti į $a1$ reikšmes. Pradedant šilumos perdavimo koef ir baigiant darbų kaina įrengiant 100 m² $a4$. Sprendimų matrica P normalizuojama atliekant vektorinę normalizaciją taikant formulę (1), o duomenys pateikti 4 lentelėje.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

4 lentelė

Normalizuotos matricos P duomenys

Išorinių sienų šiltinamosios medžiagos	Rodikliai			
	Šilumos perdavimo koef., W/(m ² ×K)	Medžiagos storis mm.	Medžiagos kaina €/m ³	Darbų kaina įrengiant 100 m ²
Lauko sienos šiltinimas				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,638	0,697	0,469	0,738
2. Mineralinė fasadinė vata	0,657	0,659	0,412	0,194

3. Poliuretano plokštės	0,401	0,283	0,781	0,647
Rodiklių reikšmingumai, q	1,3	0,671	0,483	1,548
Stogo šiltinimas				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,638	0,709	0,469	0,445
2. Mineralinė fasadinė vata	0,657	0,630	0,412	0,536
3. Poliuretano plokštės	0,401	0,315	0,781	0,717
Rodiklių reikšmingumai, q	1,3	0,522	0,483	1,39
Pamatų šiltinimas				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,737	0,832	0,276	0,766
2. Ekstrudinis polistirenas XPS	0,676	0,555	0,961	0,643
Rodiklių reikšmingumai, q	1,355	0,5985	0,518	1,245

Atlikus matricos normalizavimą (P), bei žinant rodiklių (q) reikšmingumus, pritaikant formulę (2) sudaroma svertinė normalizuota matrica P^* , duomenys pateikti 6 lentelėje.

q – rodiklių reikšmingumas buvo nustatytas apklausiant 10 ekspertų. Kompetetingi asmenys turėjo įvertinti vertinimo rodikliais nuo 0 iki 10. Apklausos rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė

Ekspertų vertinimo rezultatai

	Lauko sienų vertinimo rodikliai			
	Šilumos perdavimo koef., $W/(m^2 \times K)$	Medžiagos storis mm.	Medžiagos kaina €/m ³	Darbų kaina įrengiant 100 m ²
Ekspertas 1	1,05	0,35	0,5	1,1
Ekspertas 2	1,2	0,45	0,65	1,78
Ekspertas 3	1,5	0,68	0,78	1,9
Ekspertas 4	1,2	0,78	0,55	1,5
Ekspertas 5	1,1	0,5	0,85	1
Ekspertas 6	1,2	1	0,45	1,9
Ekspertas 7	1,25	0,95	0,35	1,35
Ekspertas 8	1,4	0,85	0,25	1,45
Ekspertas 9	1,6	0,65	0,1	1,85
Ekspertas 10	1,5	0,5	0,35	1,65
Rodiklio reikšmingumas	1,3	0,671	0,483	1,548
Stogo vertinimo rodikliai				
Ekspertas 1	1,05	0,45	0,5	1,9
Ekspertas 2	1,2	0,55	0,65	1,8
Ekspertas 3	1,5	0,65	0,78	1,8
Ekspertas 4	1,2	0,85	0,55	1,2

Ekspertas 5	1,1	0,35	0,85	1,5
Ekspertas 6	1,2	0,25	0,45	1
Ekspertas 7	1,25	0,69	0,35	0,4
Ekspertas 8	1,4	0,87	0,25	1,45
Ekspertas 9	1,6	0,26	0,1	1,2
Ekspertas 10	1,5	0,3	0,35	1,65
Rodiklio reikšmingumas	1,3	0,522	0,483	1,39
Pamatų vertinimo rodikliai				
Ekspertas 1	1,8	1,95	0,6	1,2
Ekspertas 2	1,2	0,55	0,8	1,8
Ekspertas 3	1,5	0,235	0,78	1,3
Ekspertas 4	1,2	0,85	0,55	1,5
Ekspertas 5	1,1	0,35	0,25	1,2
Ekspertas 6	1,6	0,45	0,75	1,2
Ekspertas 7	1,25	0,69	0,35	0,4
Ekspertas 8	1,1	0,55	0,15	1,45
Ekspertas 9	1,6	0,26	0,6	1,1
Ekspertas 10	1,2	0,1	0,35	1,3
Rodiklio reikšmingumas	1,355	0,5985	0,518	1,245

Atliekama svartinė normalizuota matrica $\overline{P^*}$.

$$\overline{P^*} = [\overline{P}] \cdot [q].$$

(2)

6 lentelė

Svartinė normalizuota matrica [P*]

Išorinių sienų šiltinamosios medžiagos	Lauko sienų rodikliai			
	Šilumos perdavimo koef., W/(m ² ×K)	Medžiagos storis mm.	Medžiagos kaina €/m ³	Darbų kaina įrengiant 100 m ²
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,830	0,468	0,226	1,142
2. Mineralinė fasadinė vata	0,854	0,442	0,199	0,300
3. Poliuretano plokštės	0,522	0,190	0,377	1,002
Stogo rodikliai				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,830	0,370	0,226	0,619
2. Mineralinė fasadinė vata	0,854	0,329	0,199	0,745
3. Poliuretano plokštės	0,522	0,165	0,377	0,997

Pamatų rodikliai				
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,999	0,498	0,143	0,953
2. Ekstrudinis polistirenas XPS	0,916	0,332	0,498	0,801

Sudarius svertinę normalizuotą matricą P^* , nustatoma idealiai geriausia ir blogiausia alternatyva pagal formules (3) ir (4). Skaičiavimo rezultatai pateikti 7 lentelėje.

Geriausios alternatyvos nustatymas:

$$a^+ = \left\{ \left(\max_i \bar{x}_{ij} \mid j \in J \right) \left(\min_i \bar{x}_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\} \quad (3)$$

Blogiausios alternatyvos nustatymas:

$$a^- = \left\{ \left(\min_i \bar{x}_{ij} \mid j \in J \right) \left(\max_i \bar{x}_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = \overline{1, m} \right\} = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\} \quad (4)$$

7 lentelė

Idealiai blogiausia ir geriausia alternatyva

Detalių alternatyvos (variantai)	Lauko sienos rodikliai			
	Šilumos perdavimo koef., $W/(m^2 \times K)$	Medžiagos storis mm.	Medžiagos kaina €/m ³	Darbų kaina įrengiant 100 m ²
a^+	0,522	0,190	0,199	0,300
a^-	0,854	0,468	0,377	1,142
Stogo rodikliai				
a^+	0,522	0,165	0,199	0,619
a^-	0,854	0,370	0,377	0,997
Pamatų rodikliai				
a^+	0,916	0,332	0,143	0,801
a^-	0,999	0,498	0,498	0,953

Atlikus idealiai geriausios ir blogiausios alternatyvos nustatymą taip pat reikia nustatyti atstūmus tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių bei blogiausių alternatyvų pagal formules (5) ir (6). Skaičiavimo duomenys pateikti 8 lentelėje. Atstumas tarp lyginamojo i – tojo ir idealiai geriausio a^+ varianto nustatomas skaičiuojant n – matėje Euklido erdvėje:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - a_j^+)^2}; \quad i = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Tarp i – tojo ir blogiausio a^- skaičiuojamas pagal formulę:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij}^- - a_j^-)^2}; \quad i = \overline{1, m}. \quad (6)$$

8 lentelė

Idealiai blogiausia ir geriausia alternatyva

Išorinių sienų šiltinamosios medžiagos	Vertinimo rodikliai	
	Idealiai geriausias L^+	Neigiamai idealus L^-
Lauko sienų blogiausia ir geriausia alternatyva		
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,939	0,153
2. Mineralinė fasadinė vata	0,417	0,861
3. Poliuretano plokštės	0,724	0,455
Stogo blogiausia ir geriausia alternatyva		
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,372	0,408
2. Mineralinė fasadinė vata	0,391	0,312
3. Poliuretano plokštės	0,418	0,391
Pamatų blogiausia ir geriausia alternatyva		
1. Polistireninis putplastis EPS 100	0,240	0,355
2. Ekstrudinis polistirenas XPS	0,355	0,24

Suskaičiavus alternatyvius atstūmus tarp lyginamųjų ir idealiai geriausių bei blogiausių, galutinių Topsis metodo žingsnių reikia nustatyti kiekvieno i – tojo varianto santykinius atstūmus iki idealiausio rezultato varianto pagal formulę (7). Suskaičiuoti duomenys pateikti 9 lentelėje.

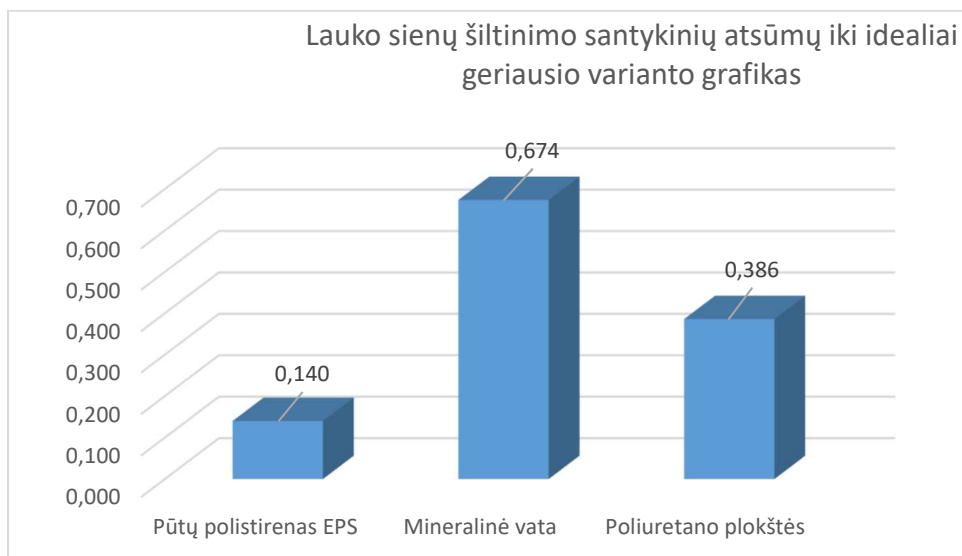
$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (7)$$

9 lentelė

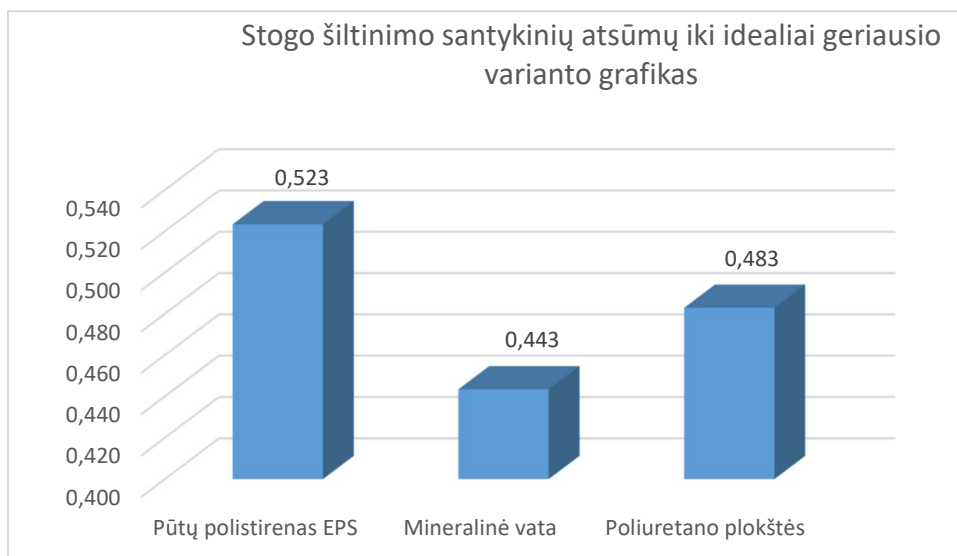
Santykiniai atstumai iki idealiai geriausio varianto

Variantai		Prioritetų eilutė
Lauko sienos		
Pūtų polistirenas EPS	0,140	3
Mineralinė vata	0,674	1
Poliuretano plokštės	0,386	2

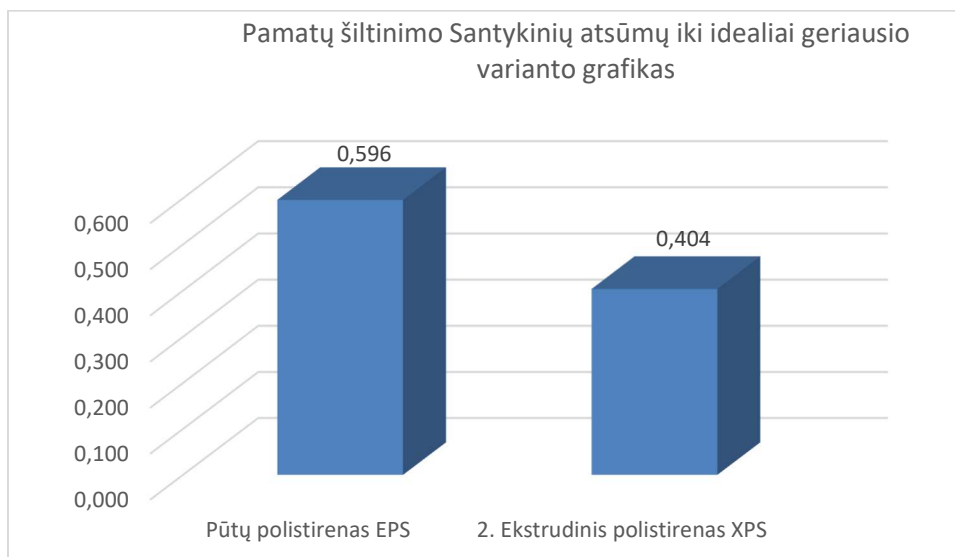
Stogas		
Pūtų polistirenas EPS	0,523	3
Mineralinė vata	0,443	1
Poliuretano plokštės	0,483	2
Pamatai		
Pūtų polistirenas EPS	0,596	2
2. Ekstrudinis polistirenas XPS	0,404	1



3 pav. Lauko sienų šiltinimo santykinų atsūmų iki idealiai geriausio varianto grafikas



4 pav. Stogo šiltinimo santykinų atsūmų iki idealiai geriausio varianto grafikas



5 pav. Pamatų šiltinimo santykinių atstūmų iki idealiai geriausio varianto grafikas

IŠVADOS

1. Detaliai išanalizuota išorinių pagrindinių konstrukcijų (lauko sienų, pamatų, stogo) termoizoliacinių medžiagų savybės, jų panaudojimas. Išanalizuotos dažniausiai pasitaikančios klaidos, problemos šiltinant išorines pastato konstrukcijas.
2. Parinktos optimaliausios išorinių atitvarų termoizoliacinės medžiagos, jų galimi pasirinkimo variantai.
3. Daugiakriterinio vertinimo principu, Topsis metodu, vertinama lauko sienų, stogo ir pamatų racionaliausi šiltinimo būdai, panaudojant labiausia tam tinkančias medžiagas.
4. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad laukio sienoms šiltinti optimaliausiais variantas yra naudoti fasadinę vatą, kai jos storis 350 mm. Poliuretalinės plokštės, kurių storis 150 mm pagal racionalumo eilutę yra antroje vietoje, paskutinėja vietoje yra pūtų polistirenas.
5. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad stogams šiltinti optimaliausiais variantas yra naudoti pūtų polistireną, kai jos storis 450 mm. Mano manymu, siekiant sumažinti šiltinamojo sluoksnio storį, geriau būtų naudoti poliuritanines plokštes, kurių šiltinamojo sluoksnio storis 200 mm.
6. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad pamatams šiltinti optimaliausiais variantas yra naudoti polistireninį putplastį, kai jos storis 150 mm. Tačiau galima naudoti ekstrudinį polistireną, nes nereikia įrenginėti teptinės hidroizoliacijos. Jis visiškai neįgeria drėgmės, taip pat nereikia įrenginėti armuojančio sluoksnio darant apdailos darbus

LITERATŪROS IR ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. GAILIUS A., VĖJELIS S. Akustinės ir temoizoiacinės medžiagos. Vilniaus, Technika 2012.
2. ČERNIUS M., KULIEŠIUS E., RUTKEVIČIENĖ V., SAVARAUSKIENĖ V. Pastato apdaila. Pastato šitininimas ir tinkavimas. Vilnius, Mintis 2008.
3. PAULAUSKAITĖS., VALANČIUS K. Statybinės šiluminė fizika. Vilnius, Technika 2012.
4. GUDZINSKAS J., LUKOŠEVIČIUS V., MARTINAITIS V., TUOMAS E. Šilumos vartotojo vadovas. Vilnius, Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija 2011.
5. LYLIKANGAS K. Energy efficiency upgrade with prefabricated facade elements the Innova project renovation in Saturnuksenkatu 2, Riihimäki 2012.
6. Praeita per internetą:
http://recticelizoliacija.lt/?gclid=Cj0KEQIAzNfDBRD2xKrO4pSnnOkBEiQAbzzeQXUcDvNGCN_eHfz3az4j54gLYn_MUH-LZ_P2Wh3ZtgSAaAq_h8P8HAQ (žiūrėta 2017.01.02)
7. Praeita per internetą: https://lt.wikipedia.org/wiki/Polistireninis_putplastis (žiūrėta 2017.01.02)
8. CHURCHMAN C. W., ACKOFF R. L., ARNOFF E. L. Introduction to Operations Research. – New York: Wiley 1957.
9. HWANG C. L., LIN M. J. Group decision making under multiple criteria: Methods and Applications. Berlin: Springer- Verlag 1987.
10. LIN, Y. –H., LEE P.- C., CHANG T.- P., TING H.- I. Multi- attribute group decision making model under the condition of uncertain information // Automation in Construction. No. 17, 2008.
11. ANTUCHEVIČIENĖ J., ZAVADSKAS E. K., ZAKAREVIČIUS A. Multiple criteria construction management decisions considering relations between criteria // Technological and Economic Development of Economy. No. 16, 2010.
12. STR 2.01.09:2012. „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“. Vilnius, 2012.
13. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo.
14. Praeita per internetą: http://www.supernamai.lt/mineralines_vatos_rusys_ir_savybes/ (žiūrėta 2017.01.02).
15. Praeita per internetą: <http://www.paroc.lt/verta-zinoti/gaisras/gaisrinis-klasifikavimas> (žiūrėta 2017.01.02).
16. Praeita per internetą: <http://www.statybunaujienos.lt/naujiena/Ka-reiskia-degumo-klases-raides-ant-siltinimo-medziagu-ir-ka-reikia-zinoti-vartotojui/3093> (žiūrėta 2017.01.02).
17. BERGMAN L., LAVINE S., INCROPERA P., DEWITT P. Introduction to Heat Transfer. Wiley; 6 edition, 2011.
18. BARKAUSKAS V., STANKEVIČIUS V. Pastatų atitvarų šiluminė fizika. Kaunas, Technologija 2000.
19. HAGENTOFT C., E. Introduction to Building Physics. Sweden, 2001.

20. ŠALA J., MACHATKA M. Praktinis pastatų sienų šiltinimas: pastatų išorės šiltinimo kompleksinių sistemų taikymas. Praha: Grada Publishing, 2004.
21. Statybos techninis reglamentas STR 2.09.02:2005 „Šildymas vėdinimas ir oro kondicionavimas“. Valstybės žinios, 2005, Nr. 75-2729.

PRIEDAI

Reakcijos į ugnį nustatymas pagal EN 13823:2010

SPU FR



FINAS
Suomijos Akreditavimo tarnyba
T001 (EN ISO/IEC 17026)

| Prašoma: SPU Oy



Prašoma: SPU Oy
Sillanpaankatu 20
FI- 38700 Kankaanpää, Suomija

Užsakymas 2013 balandžio 5 d. / Raija Pajunen

VTT atstovas susisiekimui VTT Expert Services Ltd
Produkto vadybininkas Tiia Ryynanen
Kivimiehentie 4, Espoo, Pašto dėžutė (P.O. box) 1001, FI-02044
VTT, Suomija Tel. + 358 20 722 4827, El. paštas:
tiia.ryynanen@vtt.fi

Užduotis **Prekės SPU FR reakcijos į ugnį nustatymas** **Prekė** Klientas

apie prekę pateikė tokią informaciją:

Prekės pavadinimas: **SPU FR**
Gamintojas: SPU Oy
Prekės tipas: standžios poliuretano putos (PIR) su apdaila
Apdaila kitoje gaminio pusėje:
• juodo mineralinio stiklo laminatas, 630 ...700 g/m²
• lengvas mineralinio stiklo laminatas, 330 ... 370 g / m²
Nominalus PIR tankis: 35 kg/m³
Prekės storis: 80...200 mm Jungtys:
su įlaidais ir išdroža arba sandūrinis
Taikymo sritys: stogai, sienos, grindys

Pavyzdžiai Prekės pavyzdžiai buvo atrinkti VTT Expert Services Ltd atstovo, 2013 balandžio 19 d. Pavyzdžiai buvo atrinkti iš gamyklos sandėlio, esančio Kankaanpää mieste, Suomijoje.

Pagaminimo datos: 2013 balandžio 12 d.
2013 balandžio 15 d.
2013 balandžio 16 d.
2013 balandžio 17 d.

Pristatymo data: 2013 balandžio 26 d.
Mėginio tipas: produkto gabaliukai
Storis: 175 mm (pamatuota VTT)

Tyrimų data 2013 gegužės 7 d.

Tyrimo metodas

EN 13823:2010, „Statybinių prekių reakcija į ugnį, išskyrus grindims skirtas medžiagas, reaguojančias į terminį šoką nuo vieno deginamo elemento“.

Metodo aprašymas ir klasifikavimo kriterijai yra pateikti 1 priede.

Tyrimo bandiniai buvo paimti VTT.

Tyrimo bandiniai

Ilgas sparnas 1000mm x 1500mm ir trumpas sparnas 500mm x 1500mm buvo sujungti naudojant sandarinimo masę. Vertikalus sujungimas buvo ilgajame sparne, maždaug 200mm nuo kampinės linijos, o horizontalusis sujungimas buvo maždaug 500mm nuo apatinio krašto, kai abu sparnai buvo sumontuoti bandymams.

Sandarinimo masė sujungimuose: WURTH WUFOAM PIPE, Žemo išplėtimo PU putas, Tarp prekės ir padėklinio lakšto nebuvo jokių ertmių. Padėkliniai lakštai buvo pagaminti iš kalčio silikato, nominalus storis - (11 ± 2) mm, nominalus tankis - (870 ± 50) kg/m³.

Juodas mineralinio stiklo laminatas buvo deginamas. Tyrimo bandinio nuotraukos yra pridėtos 2 priede.

Tyrimo bandiniai 17 dienų prieš tyrimą buvo laikomi (23 ± 2) °C temperatūroje, apytiksliai (50 ± 5) % santykinės drėgmės aplinkoje.

Tyrimo rezultatai yra pavaizduoti 1 lentelėje. Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekiai yra pavaizduoti 3, 4 ir 5 prieduose pateiktose diagramose.

Tyrimo rezultatai

1 lentelė prekės tyrimo rezultatai

Kokybė	1 tyrimas	2 tyrimas	3 tyrimas	Apytiksliai
FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	85,8	94,3	91,3	90
FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	76,2	83,0	87,5	82
THR _{600s} (MJ)	3,9	3,9	3,9	3,9
LFS _{BANDINIO KRAŠTAS}	Nr .	Nr .	Nr .	Nr .
SMOGRA (m ² /s ²)	0	7,7	10,0	5,9
TSP _{600s} (m ²)	34,6	36,1	40,5	37
Liepsnojantys lašeliai / dalelių per 600	Nr .	Nr .	Nr .	Nr .



Tyrimo rezultatai yra susiję tik su ištirtu mėginiu

Pastaba

Šio tyrimo rezultatai rodo tyrimo (produkto) bandinių reakciją tam tikromis, tyrimo metu sukeltomis, sąlygomis; šios sąlygos nėra vienintelis galimas tyrimo kriterijus vertinant galimą produkto sukeliama ugnies pavojų.

Espoo, 2013 gegužės 15 d.



Tiia Ryyanen
Produkto
vadybininkas



Katja Ruotanen
Ekspertas

PRIEDAI

- 1 priedas; Tyrimo metodų ir reikalavimų aprašymas
- 2 priedas; Tyrimo bandinių nuotraukos
- 3 priedas; Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekiai 1 tyrime, pavaizduoti grafikais
- 4 priedas; Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekiai 2 tyrime, pavaizduoti grafikais
- 5 priedas; Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekiai 3 tyrime, pavaizduoti grafikais

PLATINIMAS Klientų archyvas

Originalas (2) Originalus

METODO ARAŠYMAS

EN 13823:2010 „*Statybinių prekių reakcija į ugnį, išskyrus grindims skirtas medžiagas, reaguojančias į terminį šoką nuo vieno deginamo elemento*“.

Bandiniai

Kampinis bandinys yra sudarytas iš dviejų sparnų, kurių atitinkami matmenys yra: (495 ± 5) mm x (1500 ± 5) mm ir (1000 ± 5) mm x (1500 ± 5) mm. Jeigu tyrimo bandinių storis yra didesnis nei 200mm, storis yra sumažinamas iki $(200 +0/-10)$ mm. Su kiekvienu produktu yra atliekami trys tyrimai.

Bandiniai yra pritvirtinami prie substrato taip, kaip bus tvirtinami praktikoje (naudojant panašų į naudojamą praktikoje metodą). Tyrimo bandinių laikymo sąlygos buvo tokios: bandiniai buvo laikomi kambaryje, kuriame temperatūra buvo (23 ± 2) °C, o santykinė drėgmė - (50 ± 5) %.

Tyrimo procedūra

Bandiniai yra pritvirtinami tiriamojo aparato bandinių laikiklyje. Propano dujų degiklis, turintis 30 kW šilumos galią, yra dedamas į bandinių suformuotą kampa. Degiklis ir bandiniai yra įdėti į aptvarą, po gaubtu. Tyrimo metu, degimo metu susidariusios dujos yra surenkamos per gaubte esantį kanalą. Taip kas 3 sekundes išmatuojama jų temperatūra, tankis, likusio deguonies ir susidariusio anglies dioksido kiekis, bei srauto sukeliama spaudimo skirtumas. Bandinių reakcija tyrimo metu yra stebima per aptvaro langus ir sienas. Žemiau nurodyti veiksniai yra būtini, siekiant suklasifikuoti gautus duomenis: FIGRA (Ugnies augimo greitis), THR_{600s} (Bendras išsiskyrusios šilumos kiekis per pirmuosius 600 tyrimo sekundžių), SMOGRA (Dūmų augimo greitis), TSP_{600s} (Bendras išsiskyrusių dūmų kiekis per pirmuosius 600 tyrimo sekundžių). LFS (Šoninė liepsnos sklaida) bei liepsnojančių lašelių ir dalelių kiekis taip pat yra stebimas. Tyrimai yra filmuojami. Tyrimo trukmė yra 21 min.

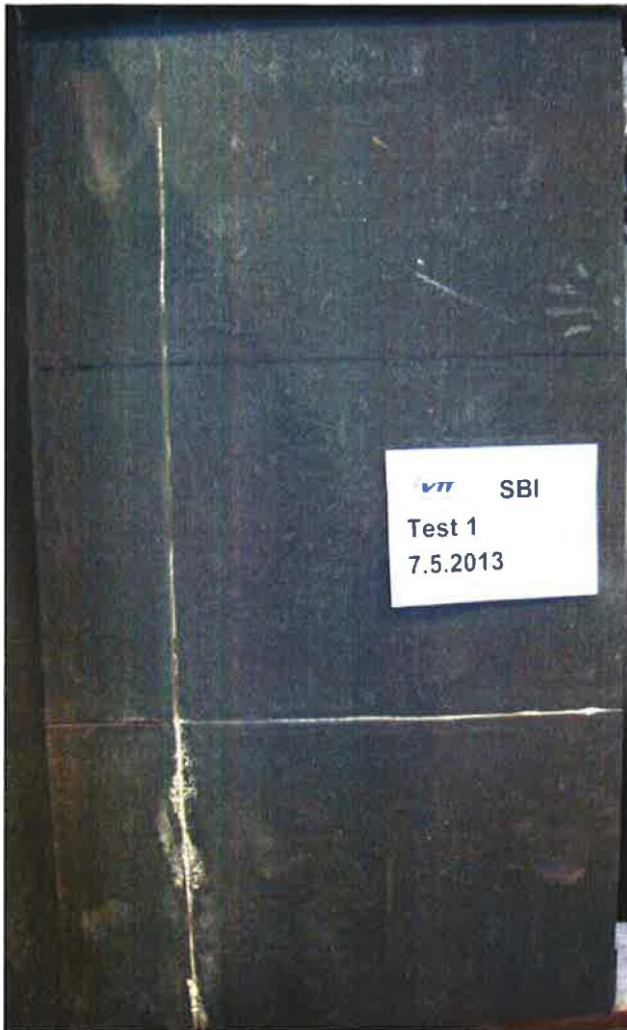
KLASIFIKAVIMO KRITERIJAI

Klasifikavimo kriterijai yra pateikiami EN 13501-1:2007 + A 1 :2009 klasifikavimo standarte, „*Statybinių produktų ir statymui skirtų elementų degumo klasifikavimas - I dalis : Klasifikavimas naudojant informaciją iš reakcijos į ugnį tyrimų*“.

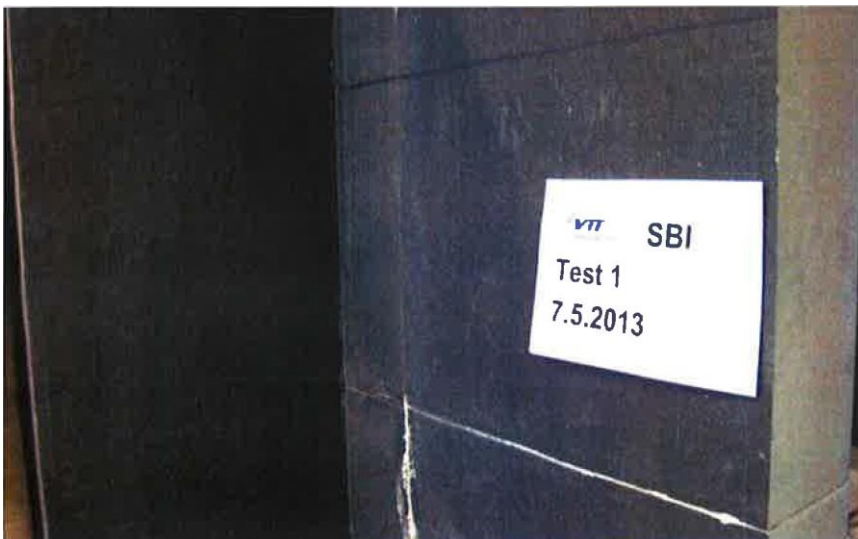
Klasifikavimo kriterijai, susiję su šiuo metodu, yra pateikiami žemiau: (Klasifikavimas nėra susijęs tik su šio tyrimo metodo rezultatais).

Klasė A2	$FIGRA \leq 120$ W/s	ir	LFS < bandinio kraštas	ir	$THR_{600} \leq 7,5$ MJ
Klasė B	$FIGRA \leq 120$ W/s	ir	LFS < bandinio kraštas	ir	$THR_{600} \leq 7,5$ MJ
Klasė C	$FIGRA \leq 250$ W/s	ir	LFS < bandinio kraštas	ir	$THR_{600} \leq 15$ MJ
Klasė D	$FIGRA \leq 750$ W/s				
Dūmų gamyba s1	$SMOGRA \leq 30$ m ² /s ²	ir	$TSP \leq 50$ m ²		
Dūmų gamyba s2	$SMOGRA \leq 180$ m ² /s ²	ir nėra	$TSP \leq 200$ m ²		
Dūmų gamyba s3	s1 ar s2				
Liepsnojančios lašeliai/dalelės d0	nėra liepsnojančių lašelių / dalelių per 600 s				
Liepsnojančios lašeliai/dalelės d1	nėra liepsnojančių lašelių / dalelių, išliekančių ilgiau kaip 10s per 600s				
Liepsnojančios lašeliai/dalelės d2	d0 ar d1				

Tyrimo bandinių fotografijos

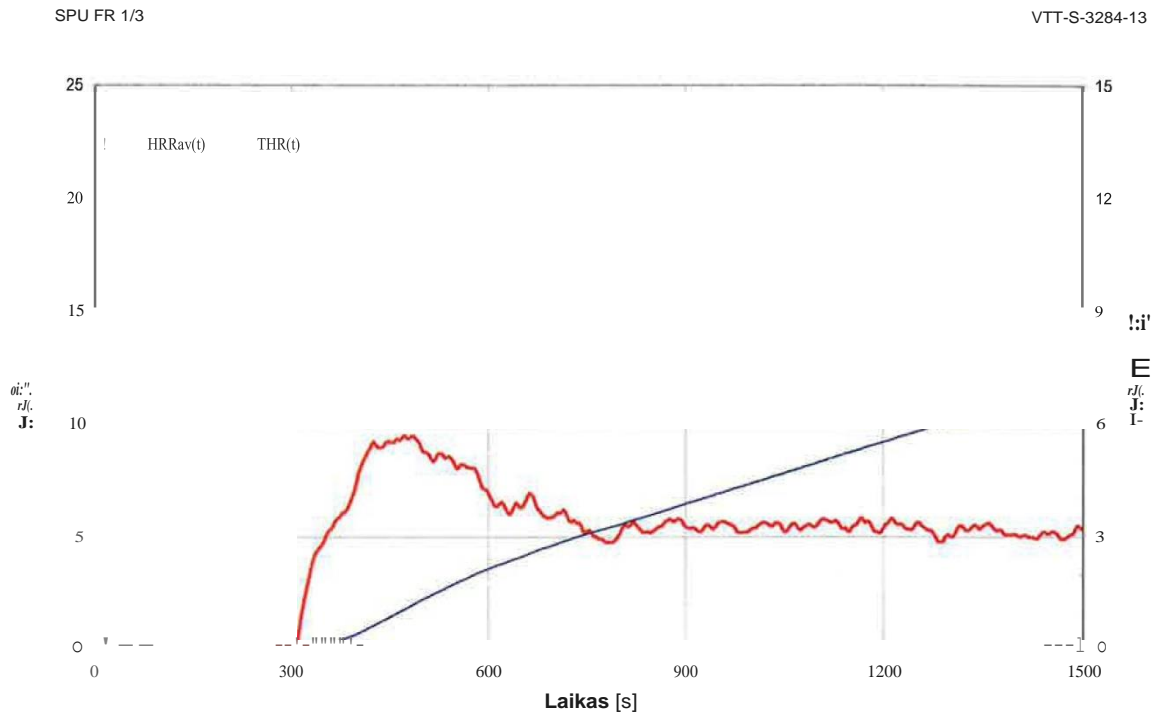


Bendras ilgojo sparno atviro paviršiaus vaizdas 1 tyrime.

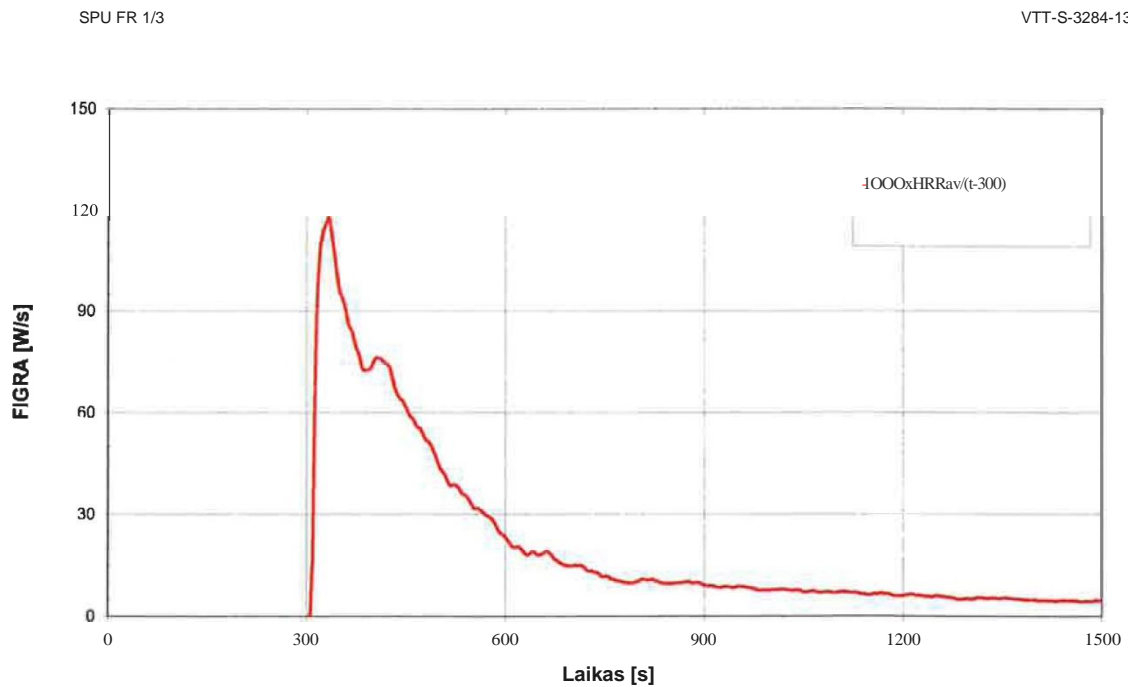


Vertikalusis išorinis ilgojo sparno kraštas iš arčiau (1 tyrimas).

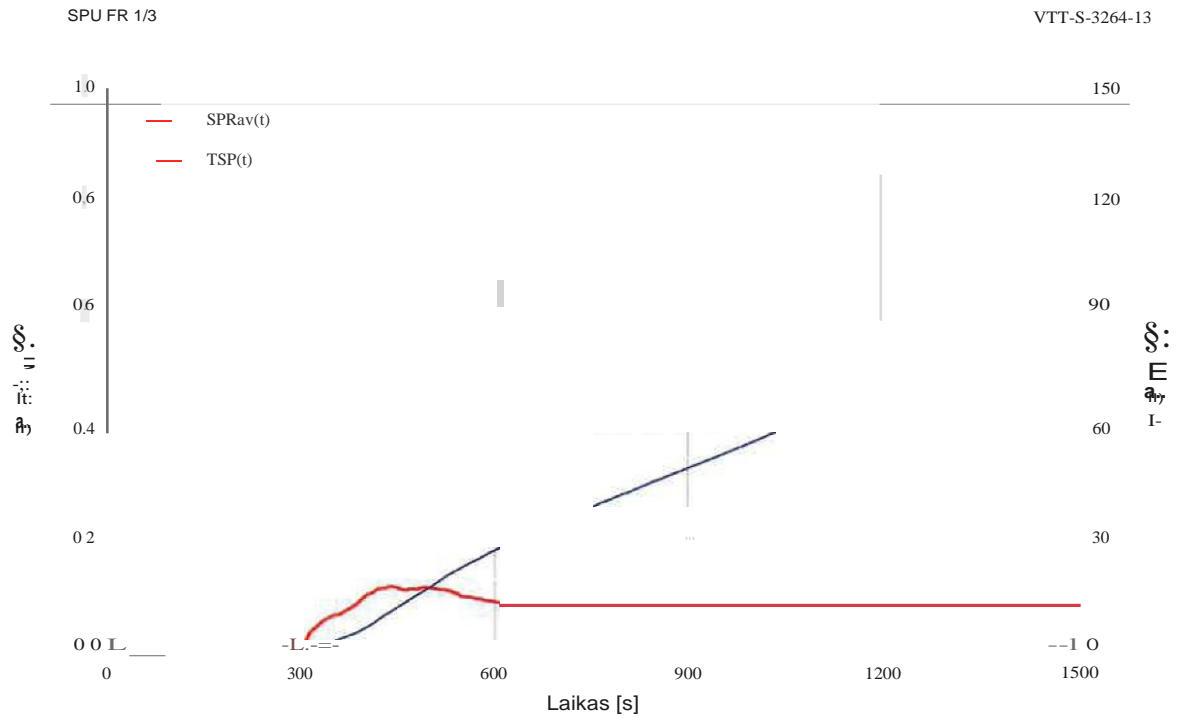
Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekių grafikai 1 tyrime



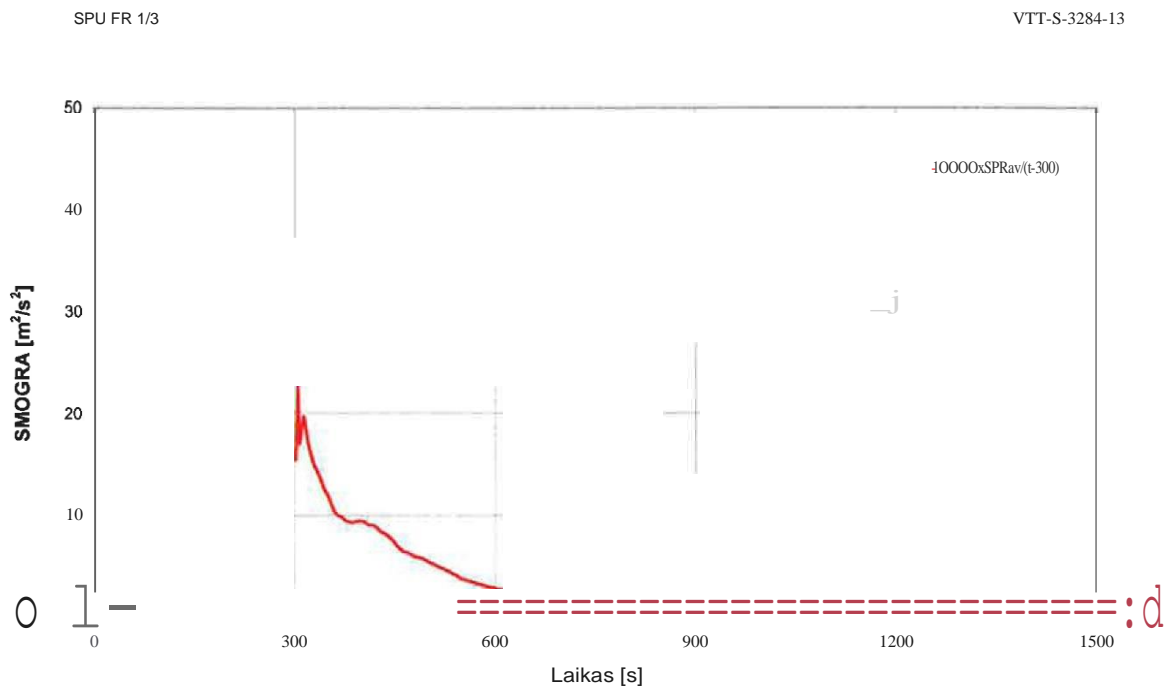
1 grafikas. Vidutinis šilumos išsiskyrimo greitis HRRav (t) ir bendras išsiskyrusios šilumos kiekis THR (t).



2 diagrama. Ugnies augimo indeksas FIGRA yra skaičiuojamas kaip $1000 \times \text{HRR}_{\text{av}}(t-300)$.

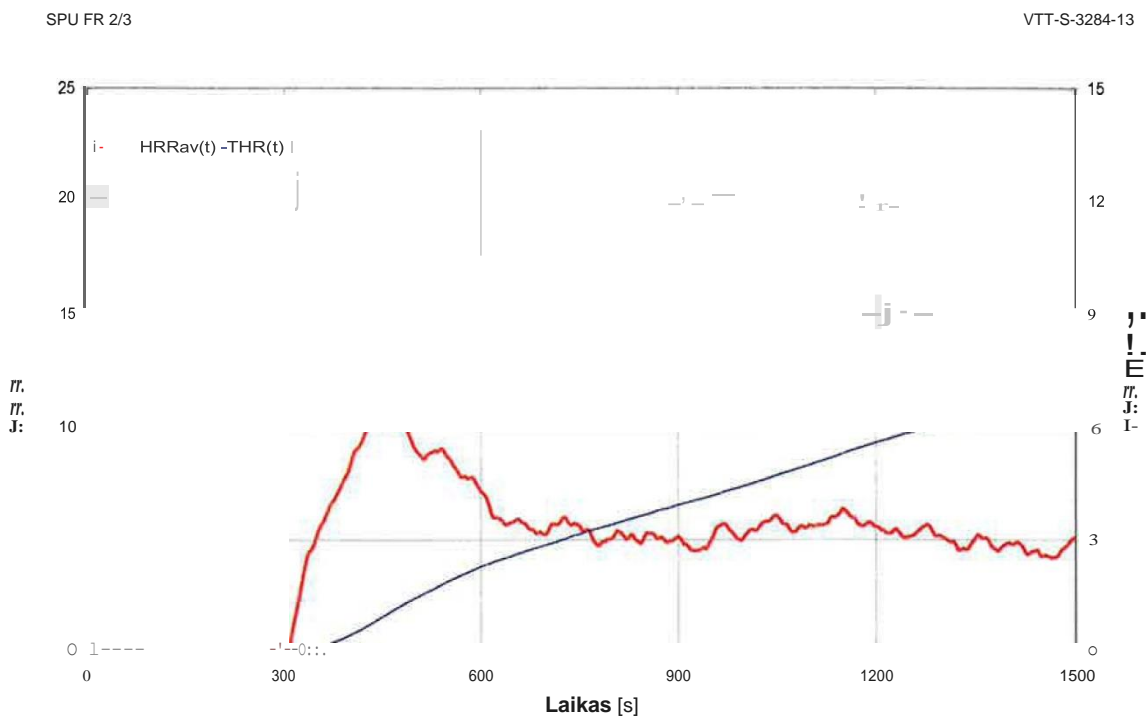


3 diagrama. Vidutinis dūmų išsiskyrimo greitis $SPR_{av}(t)$ ir bendras išsiskyrusių dūmų kiekis $TSP(t)$.

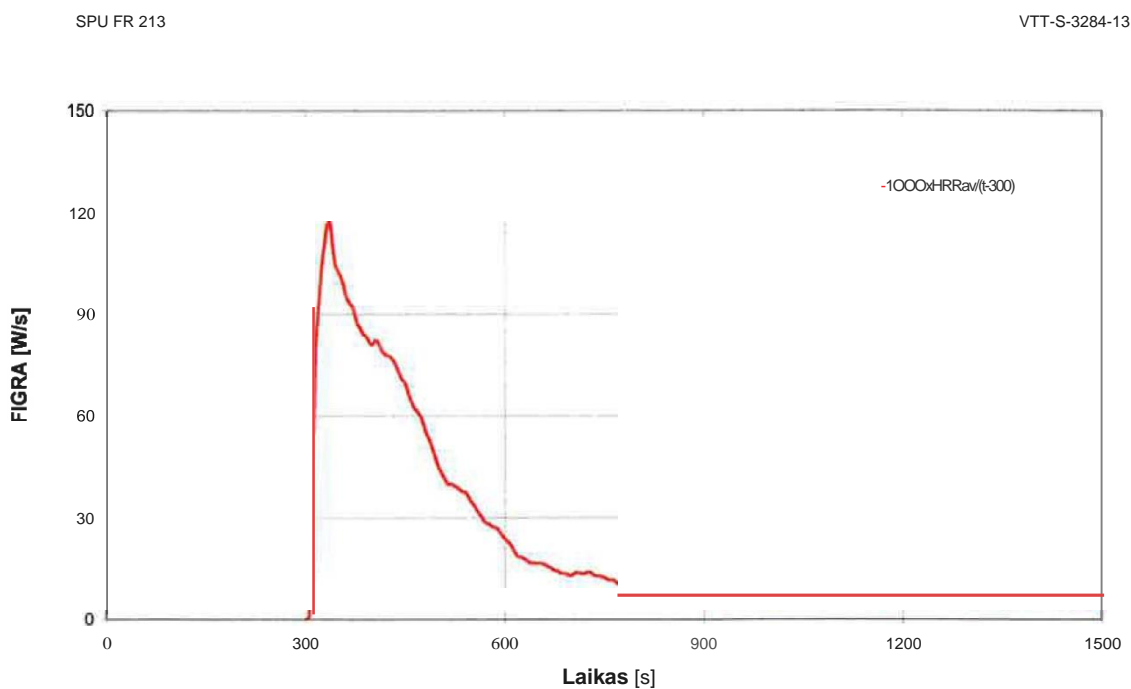


4 diagrama. Dūmų augimo greičio indeksas SMOGRA yra skaičiuojamas kaip $10000 \times SPR_{av}(t-300)$.

Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekių grafikai 2 tyrime

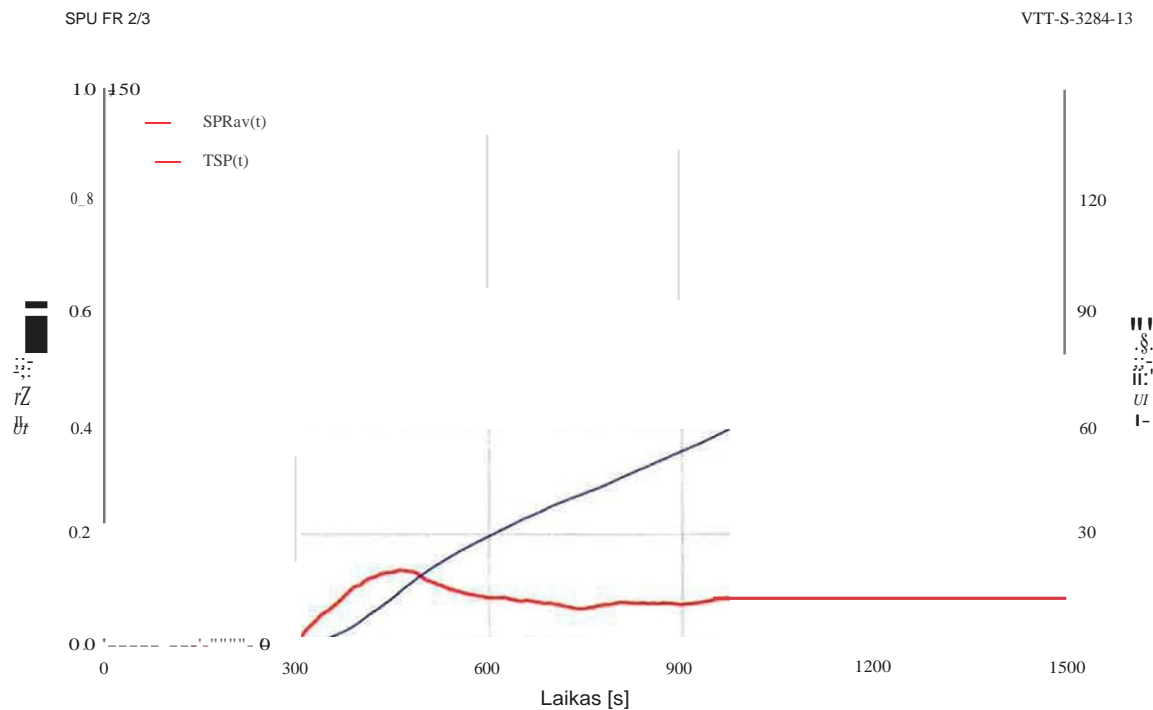


1 grafikas. Vidutinis šilumos išsiskyrimo greitis $HRR_{av}(t)$ ir bendras išsiskyrusios šilumos kiekis $THR(t)$.

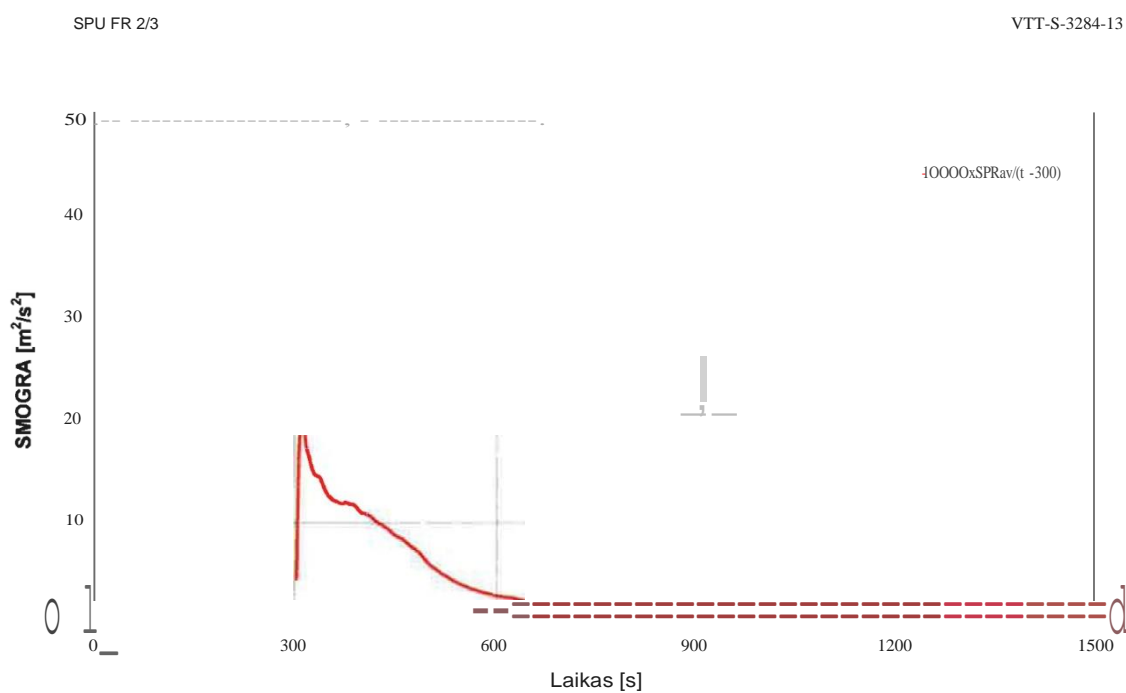


2 grafikas. Ugnies augimo indeksas FIGRA yra skaičiuojamas kaip $1000 \times HRR_{av}(t-300)$.

4 priedas

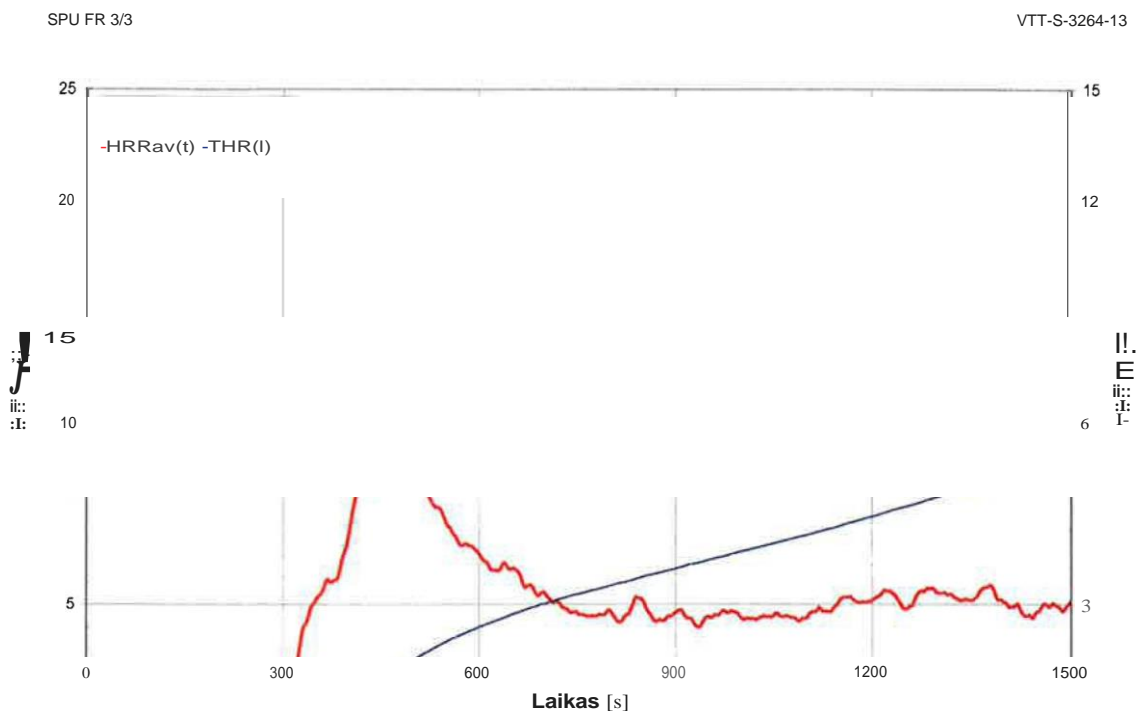


3 grafikas. Vidutinis dūmų išsiskyrimo greitis $SPR_{av}(t)$ ir bendras išsiskyrusių dūmų kiekis $TSP(t)$.

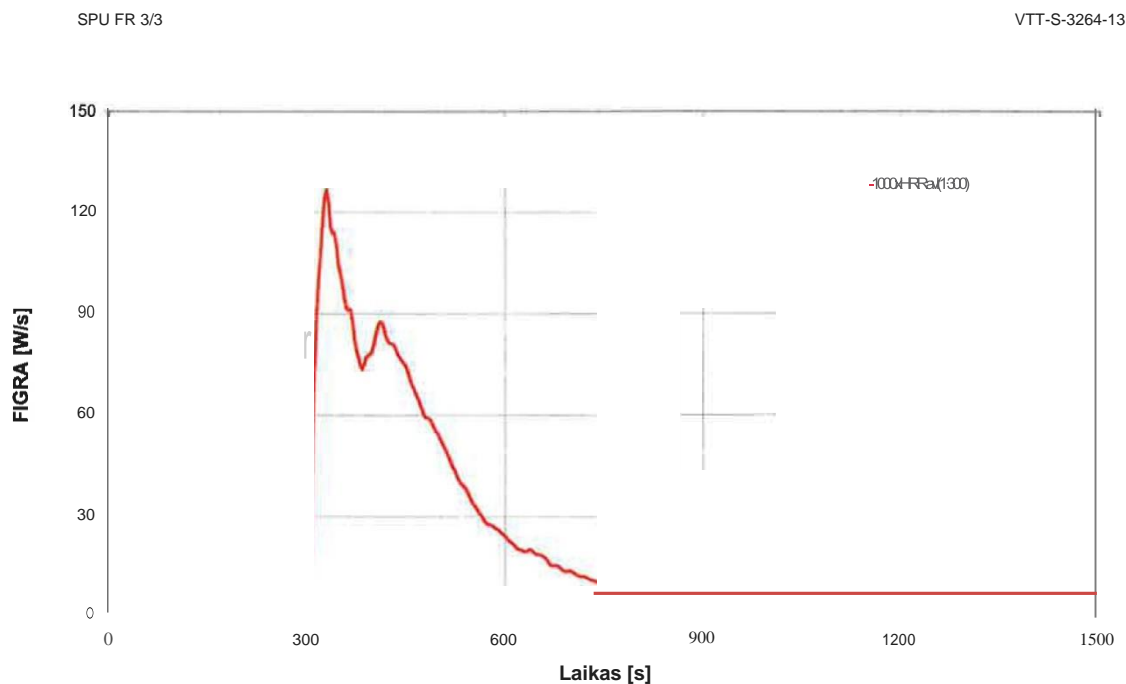


4 grafikas. Dūmų augimo greičio indeksas SMOGRA yra skaičiuojamas kaip $10000 \times SPR_{av}(t-300)$.

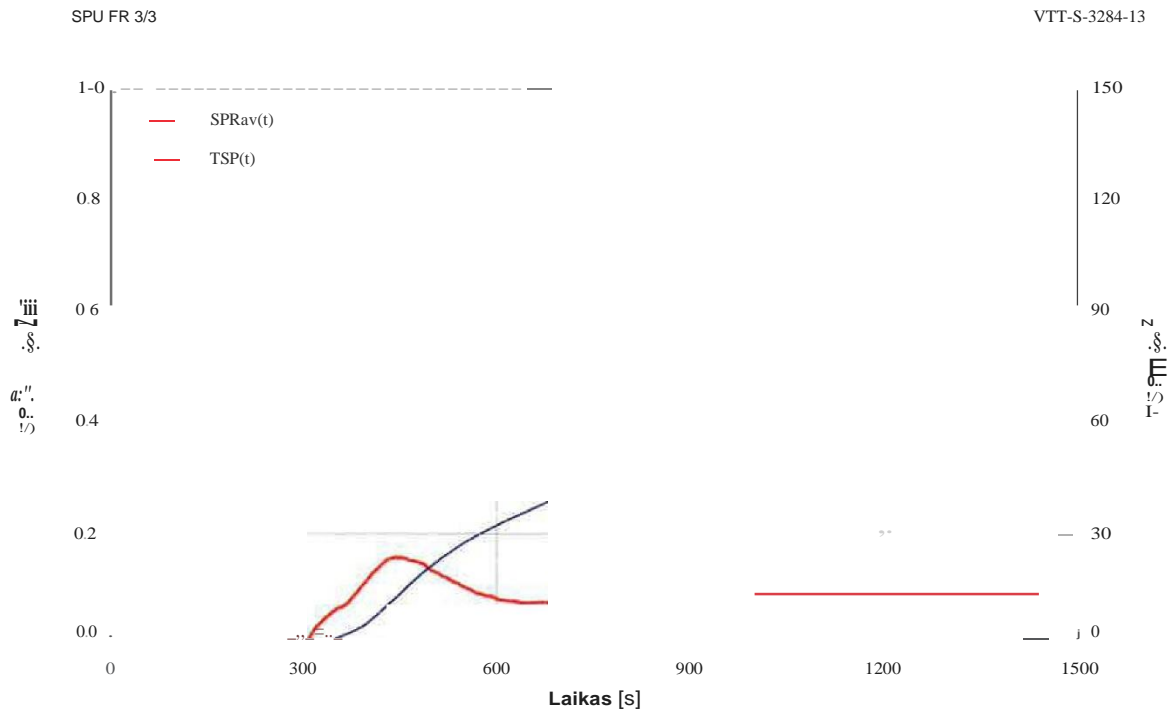
Išskiriamos šilumos ir dūmų kiekių grafikai 3 tyrime



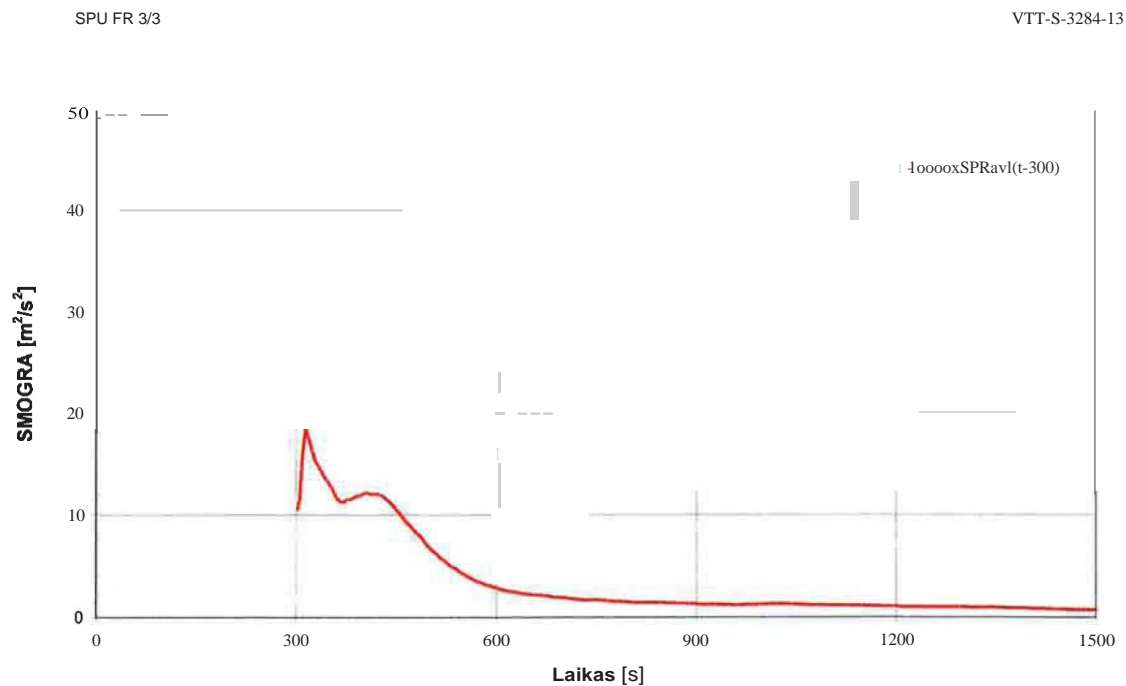
1 grafikas. Vidutinis šilumos išsiskyrimo greitis $HRR_{av}(t)$ ir bendras išsiskyrusios šilumos kiekis $THR(t)$.



2 grafikas. Ugnies augimo indeksas FIGRA yra skaičiuojamas kaip $1000 \times HRR_{av}(t-300)$.



3 grafikas. Vidutinis dūmų išsiskyrimo greitis $SPR_{av}(t)$ ir bendras išsiskyrusių dūmų kiekis $TSP(t)$.



4 grafikas. Dūmų augimo greičio indeksas SMOGRA yra skaičiuojamas kaip $10000 \times SPR_{av}(t-300)$.