

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**CENTRINIO ŠILDYMO KIETO KURO KATILO "KALVIS - 4D"
PARAMETRŲ TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Autorius – Gintaras Stašys (MM-10 gr.)

Vadovas – dr. J. Bareišis

Recenzentas – doc. R. Šniuolis

Katedros vedėjas – doc. A. Sabaliauskas

Šiauliai, 2012

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Gintaras Stašys. CENTRINIO ŠILDYMO KIETO KURO KATILO "KALVIS - 4D" PARAMETRŲ TYRIMAS. Magistro baigiamasis darbas, vadovas dr. J. Bareišis.

SANTRAUKA

Šiame darbe pateikti kuro kaloringumo priklausomybės nuo drėgmės skaičiavimai. Atlikus bandymus, nustatyta katilo nominali ir minimali galia. Skaičiuojant tiesioginiu ir netiesioginiu metodu nustatytas katilo naudingumo koeficientas. Atlikta katilo korpuso įtempimo būvio analizė. Buvo skaičiuojama katilo šiluminė varža, pateikti pasiūlymai katilo techninių parametrų gerinimui.

Raktiniai žodžiai: naudingumo koeficientas, įtempimų būvio analizė, nominali galia, kuro kaloringumas.

ŠIAULIAI UNIVERSITY
FACULTY OF TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Gintaras Stašys. RESEARCH PARAMETERS OF CENTRAL HEATING SOLID FUEL
BOILER „KALVIS – 4D” Master final work, research advisor Assoc. dr. J. Bareišis

SUMMARY

This paper presents the dependence on fuel moisture calorific calculations, tests the boiler nominal and minimum power. Calculation of direct and indirect method efficiency the boiler. Boiler body made of life stress analysis. The calculated resistance of the boiler illuminates, proposals to improve technical parameters of the boiler.

Key words: efficiency, state of stress analysis, the nominal power, fuel calorific value.

TURINYS

SANTRAUKA	3
SUMMARY	4
LENTELIŲ SARAŠAS	2
PAVEIKSLŲ SARAŠAS	3
ĮVADAS	4
1. Kieto kuro katilai ir jų panaudojimas	6
1.1 Kieto kuro katilų paskirtis	6
1.2 Kieto kuro katilams ir jų techniniams parametrams keliami standartų reikalavimai	7
1.3 „KALVIS - 4D” techniniai parametrai	8
2. KIETO KURO KATILO TECHNINIŲ PARAMETRŲ SKAIČIAVIMO METODIKA	10
2.1 Tyrimo atlikimo metodika	10
2.2 Parametrai, kurie buvo fiksuojami bandymo metu	10
2.3 Bandymo trukmė	11
2.4 Skaičiavimams reikalingos formulės	11
2.5 Matavimo būdai ir instrumentai	13
2.6 Nominalios galios skaičiavimas	14
2.7 Kuro emisijos nustatymas	16
2.8 Naudingumo koeficiento skaičiavimas	16
Katilo naudingumo koeficiento (η_k) tiesioginio metodo nustatymas	16
Katilo naudingumo koeficiento (η_k) netiesioginio metodo nustatymas	17
3. ĮVAIRIŲ VEIKSNIŲ ĮTAKA KIETO KURO KATILO TECHNINIAMS PARAMETRAMS	22
3.1. Kuro drėgmės įtaka kaloringumui ir CO išmetimams	22
3.2 Katilo išorinės izoliacijos įtaka katilo šiluminei varžai	27
4. CENTRINIO ŠILDYMO KIETO KURO KATILO “KALVIS 4-D” KORPUSO ĮTEMPIMŲ BŪVIO ANALIZĖ	31
4.1 Katilo korpuso skaičiuojamasis modelis	31
4.2 Skaičiavimo rezultatai	37
4.2.1. Modelis su 3mm ir 4mm storio sienelėmis	37
4.2.2. Modelis su 4mm ir 6mm storio sienelėmis	40
Skaičiavimų apibendrinimas	43
5. GAMINAMO KATILO “KALVIS – 4D” BANDYMŲ REZULTATAI IR JŲ ATITIKIMAS STANDARTŲ REIKALAVIMAMS	44
IŠVADOS	46
LITERATŪRA	47
PRIEDAI	48

LENTELIŲ SARAŠAS

1.3 „KALVIS - 4D” techniniai parametra.....	9
2.2 Bandymo metu panaudotos priemonės.....	13
2.3 Katilo šiluminės galios bandymų duomenys.....	15
2.4 Katilo bandymų emisijos nustatymui duomenys.....	17
2.5 Duomenys naudingumo koeficiento apskaičiavimui.....	22
2.6 lentelė. Pirmos kaitrumo grupės kieto kuro žemutinio kaloringumo skaičiavimo rezultatai.....	23
2.7 lentelė. Antros kaitrumo grupės kieto kuro žemutinio kaloringumo skaičiavimo rezultatai.....	23
2.8 lentelė. Trečios kaitrumo grupės kieto kuro žemutinio kaloringumo skaičiavimo rezultatai.....	23
5. Katilo parametrų atitikimas standartų reikalavimams.....	45
6. Katilo tipo bandymo rezultatai.....	47

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Kieto kuro katilo KALVIS – 4D schema.....	9
3.1 pav. Pirmos kaitrumo grupės kieto kuro kaloringumo priklausomybės nuo kuro drėgnumo kreivė	25
3.2 pav. Antros kaitrumo grupės kieto kuro kaloringumo priklausomybės nuo kuro drėgnumo kreivė.....	25
3.3 pav. Trečios kaitrumo grupės kieto kuro kaloringumo priklausomybės nuo kuro drėgnumo kreivė	26
3.4 pav. CO išmetimai mg/m^3 esant 30 % kuro drėgnumui (vidurkis 562408 mg/m^3).....	27
3.5 pav. CO išmetimai mg/m^3 esant 21 % kuro drėgnumui (vidurkis 16000 mg/m^3).....	27
3.6 pav. Sienos šiluminės varžos kitimo kreivė.....	30
3.7 pav. Katilo izoliacijos šilumos perdavimo kitimo kreivė.....	30
4.1 pav. Įdėtinė detalė.....	32
4.2 pav. Katilo korpuso dalis.....	33
4.3 pav. Katilo sienelės fragmentas.....	34
4.4 pav. Modelis skaičiavimams.....	35
4.5 pav. Modelio baigtinių elementų tinklelis (a), įtvirtinimo sąlygos (b).....	36
4.6 pav. Modelio apkrovos.....	37
4.7 pav. Įtempimai pagal Von Mises kriterijų.....	38
4.8 pav. Įtempimai pagal Von Mises kriterijų.....	39
4.9 pav. Įtempimai pagal Von Mises kriterijų.....	40
4.10 pav. Įtempimai pagal Von Mises kriterijų.....	41
4.11 pav. Įtempimai pagal Von Mises kriterijų.....	42
4.12 pav. Įtempimai pagal Von Mises kriterijų.....	43

ĮVADAS

Pastaraisiais metais biokuro naudojimas nuolatos auga. Turimos šiuolaikiškos biokuro gamybos ir deginimo technologijos leidžia efektyviai naudoti praktiškai visas miško bei medienos perdirbimo pramonės atliekas.

Energijos išteklių ES valstybėse yra netolygiai pasiskirstę, tačiau net ir esant gausiems ištekliams, kurių naudojimas ekonominiu požiūriu priimtinas, panaudojimo mastas kol kas yra nedidelis. Jeigu nebus imtasi priemonių išplėsti vietinių išteklių naudojimą, ES priklausomybė nuo importuojamos energijos 2020 m. pasieks 70%. Dėl pastarojo laiko technologinio progreso buvo pripažinta, kad biomasė rinkoje yra konkurencinga, ypač lyginant su kitomis decentralizuoto energijos tiekimo alternatyvomis. Esmine kliūtimi buvo laikomas faktas, kad naudojant įprastinį kurą į šio kuro kainą nėra įskaičiuoti visi kaštai, kuriuos visuomenė patiria, t. y. neatsižvelgiama į kuro sektoriaus išorinius kaštus, susidarancius per visą kuro gyvavimo ciklą.

Biomasė laikoma perspektyviausiu atsinaujinančiu energijos gamybos ištekliumi. Tik atsinaujinantys energijos išteklių pasižymi gausa. Todėl, siekiant sumažinti priklausomybę nuo importuojamos energijos. Šiuo atveju atsinaujinantys energijos išteklių būtų vieninteliai, kuriuos ES galėtų naudoti su tam tikru lankstumu ir manevravimo potencialu netolimoje ateityje. Nepaisant didelio dėmesio, skiriamo atsinaujinantiems energijos ištekliams, biomasės, kaip svarbiausio atsinaujinančio energijos šaltinio tiesioginei šilumos gamybai, panaudojimo skatinimui ypatingo dėmesio nebuvo skirta. Poreikis sumažinti priklausomybę nuo importuojamos energijos ir užtikrinti tvariąją plėtrą yra pagrindiniai varomieji atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ES veiksniai. [4].

Darbo tikslas: išnagrinėti įvairių veiksnių įtaką kieto kuro katilo.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti kieto kuro drėgmės įtaką kaloringumui ir CO išmetimams;
2. Apskaičiuoti nominalią katilo galią;
3. Nustatyti kuro emisiją;
4. Apskaičiuoti naudingumo koeficientą.
5. Atlikti kieto kuro katilo "KALVIS - 4D" korpuso itempimo būvio analizę. Skaičiavimų tikslas – patikrinti, koku didžiausiu atstumu vienas nuo kito gali būti nutolę išformavimai išorinėje sienelėje, kad katilo eksploatacijos ir hidraulinių bandymų metu nekiltų liekamųjų deformacijų. Skaičiavimai atlikti SOLIDWORKS COSMOS Works programa.

Tyrimo metodai – kuro drėgmės įtaka kaloringumui nustatyta atlikus skaičiavimus. Nominali ir minimali šiluminės galios nustatytos, atliekant bandymus. Katilo naudingumo koeficientas nustatytas tiesioginiu ir netiesioginiu būdu. Katilo korpuso įtempimo būvio analizė atlikta SOLIDWORKS COSMOS Works programa.

Darbe pateikiama informacija apie kietojo kuro katilo Kalvis – 4D atliktų bandymu rezultatus ir surašytos išvados.

1. Kieto kuro katilai ir jų panaudojimas

1.1 Kieto kuro katilų paskirtis

Kieto kuro katilai buvo labai populiarūs Europoje prieš kelis dešimtmečius. Vėliau juos dėl žemo automatizavimo lygio, nedidelio naudingumo koeficiento ir didelio teršalų kiekio išmetamosiose dujose išstūmė dujiniai katilai. Jie ekologiškesni, automatizuoti, o eksploatacija ir priežiūra sąlyginai nebrangi. Tačiau dėl brangstančių dujų susidomėjimas kieto kuro katilais vėl išaugo. Per tą laiką patobulėjo jų konstrukcija ir valdymo galimybės, o naudingumo koeficientas tapo artimas dujiniams katilams ir siekia 80-90%.

Pagrindiniu kieto kuro privalumu galima įvardinti nedidelę jo kainą ir prieinamumą. Vietovėse, kur nėra dujotiekio, kieto kuro katilas tampa pagrindiniu būsto šildymo sprendimu už prieinamą kainą. Daugelis kieto kuro katilų, kurie valdomi traukos regulatoriaus pagalba, gali veikti be elektros energijos, todėl esant neužtikrintam elektros energijos tiekimui, ar neelektrifikuotose vietovėse būsto šildymas kietu kuru tampa tiesiog nepakeičiamas. Šie katilai gali dirbti tiek priverstinės cirkuliacijos, tiek savitakinėse sistemose.

Nepaisant šių privalumų, kieto kuro katilai turi ir trūkumų. Didžiausi, jog šių katilų neįmanoma pilnai automatizuoti, jie reikalauja daugiau priežiūros ir dažno kuro užkrovimo.

Pagal medžiagą iš kurios pagaminti, kieto kuro katilai skirstomi į:

- plieninius;
- ketinius (špižinius).

Pagal kuro rūšį kieto kuro katilai skirstomi į:

- malkinius;
- anglinius;
- granulinius;
- universalius.

Pagal paskirtį kieto kuro katilai skirstomi į:

- centrinio šildymo;

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

- orinio šildymo;
- katilus-virykles;
- pirties krosneles;
- krosneles ir židinius.

Pagal degimo procesą ir konstrukciją kieto kuro katilai skirstomi į:

- viršutinio savaiminio degimo;
- apatinio savaiminio degimo;
- Žvakės tipo;
- priverstinio oro padavimo;
- žvakės tipo;
- dujų generacinius;
- automatizuotus-granulinius

Kieto kuro katilai naudojami pastatų apsildymui, taip pat gali būti su funkcija maisto ruošimui.

1.2 Kieto kuro katilams ir jų techniniams parametrams keliami standartų reikalavimai

Kieto kuro katilams kurie naudojami buityje yra keliami reikalavimai pagal LST EN 12815:2001; ir IST 14494895-13:2011 standartus. Šie standartai aprašomi kaip: Buitinės kietojo kuro viryklės. Reikalavimai ir bandymo metodai;

Pagal šiuo standartus katilas turi atitikti trisdešimt punktų:

1. Gaminio žymuo
2. Reikalavimai konstrukcijai
3. Techninė deklaracija
4. Gamybos kontrolė
5. Suvirinimo siūlės
6. Korpuso medžiagos
7. Kenksmingos medžiagos
8. Minimalus sienelės storis
9. Šilumokaičio ventiliavimas
10. Vandens kanalų praplovimas
11. Šildymo paviršių valymas
12. Liepsnos patikrinimas
13. Vandens sandarumas
14. Keičiamos detalės
15. Atvamzdžiai
16. Valdymo įrangos pajungimas
17. Šilumos izoliacija

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

19. Kuro pakrovimas
20. Dūmų valdymo įranga
21. Katilo kaminas
22. Papildoma įranga
23. El. dalies saugumas
24. Katilo eksploataciniai reikalavimai
25. Reikalavimai žymėjimui
26. Montavimo instrukcija
27. Reikalavimai įpakavimui
18. Hidraulinis pasipriešinimas
28. Nutekėjimas degimo sistemoje
29. Oro padavimo įranga
30. Temperatūros valdymo ir ribojimo prietaisai

1.3 „KALVIS - 4D” techniniai parametrai

Kieto kuro katilo KALVIS - 4D techniniai parametrai pateikti 1.3lentelėje

1.3 lentelė „KALVIS - 4D“ techniniai parametrai

Krosnelės modelis	K-4D
Nominali galia (ardeliai apačioje / ardeliai viršuje **), kW *	13 / 11
Atidavimas į šildymo sistemą (ardel. apačioje / ard. viršuje **), kW	10 / 8
Atidavimas į patalpą (ardeliai apačioje / ard. viršuje **), kW	3 / 3
Apšildomas plotas, esant pastato šiluminės varžos koeficientui 2,5, m ²	40 ... 130
Naudojamas kuras ***	malkos
Kuro drėgnumas, %	25
Naudingo veikimo koeficientas, kūrenant malkomis, %	70
Pakuro tūris (ardeliai apačioje / ard. viršuje **), dm ³ (l)	70 / 50
Kuro įkrovis svoris (ardeliai apačioje / ard. viršuje **), iki, kg *	18 / 10
Kuro įkrovis degimo trukmė, iki (ard. apačioje / ard. viršuje **), val. *	4 / 3
Rekomenduojamas naudojamo kuro dydis (ilgis) malkoms (malkos kraunamos išilgai degimo kameros), iki, cm	33
Kuro užkrovimo angos matmenys, aukštis, mm	410
ne mažiau nei, mm	270
plotis, mm	270
Išeinančių dūmų temperatūra, ne didesnė nei, °C	220
Vandens slėgis katile, MPa (kgf/cm ²) ne daugiau kaip	0,15 (1,5)
Vandens kiekis katile, l	23
Minimali katilo grįžtamo vandens temperatūra eksploatacijos metu, °C	60
Rekomenduojama katilo vandens temperatūra eksploatacijos metu, °C	70 ... 90
Pajungimo atvamzdžių skersmuo, mm	G1½B
Išleidimo atvamzdžio skersmuo, mm	G½B
Minimalus atstumas iki degių medžiagų, mm	380
CO išskiriamas kiekis, %	1,44
Darbinės aplinkos temperatūra, °C	5 ... 30
Katilo dūmtakio matmenys – sąlyginis skersmuo, mm	Ø130
Minimali kamino trauka, Pa	12
Viryklės skylių, dengtų lankainiais, skaičius	2

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

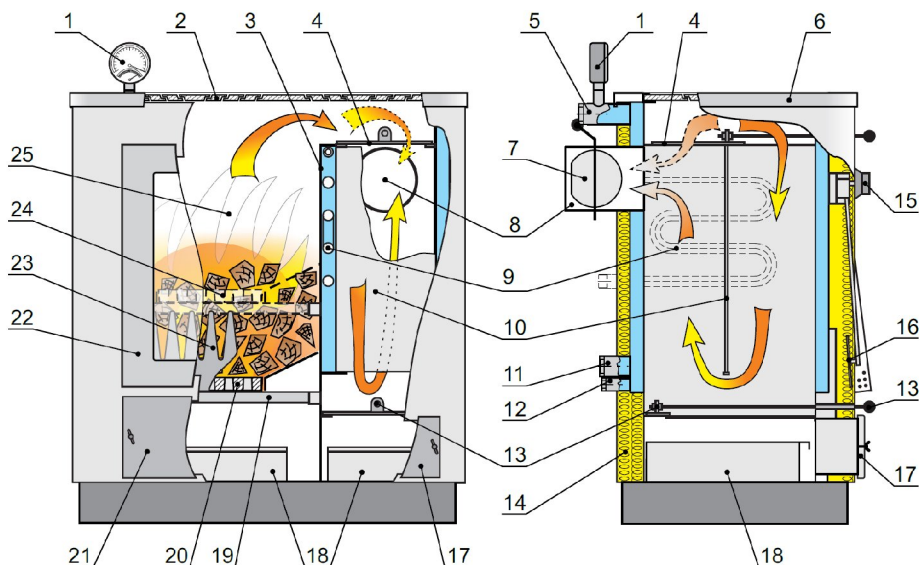
To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

Gabaritiniai ne daugiau kaip	matmenys,	aukštis be termomanometro, mm	840
		plotis, mm	615
		ilgis, mm	760
Masė, ne daugiau kaip		netto, kg	179
		su pakuote, kg	196

* Kuro įkrovos degimo trukmė priklauso nuo kuro rūšies, drėgnumo, lauko temperatūros ir kitų faktorių. Nerekomenduojama kūrenti malkomis, kurių drėgnis didesnis nei 30%

** Kūrenant katilą, ardelius įstaciūs į apatinę (21) (žr. 1 pav.) / arba viršutinę (25) padėtį.

*** Kaip atsarginį kurą galima naudoti akmens anglį, medienos gabalines atliekas, pjuvenų bei durpių briketus.



1.1 pav. Kieto kuro katilo KALVIS – 4D schema

1. Termomanometras.
2. Ketaus kaitlentė su lankiniais.
3. Katilo korpusas.
4. Įkūrimo sklendė.
5. Ištekanciojo (karšto) vandens atvamzdis.
6. Nerūdijančio plieno kaitlentės apvadas.
7. Dūmų traukos sklendė.
8. Dūmtakis.
9. Aušinimo gyvatukas*.
10. Šilumokaičio pertvara.
11. Grįžtančiojo (atvėsusio) vandens atvamzdis.
12. Išleidimo atvamzdis.
13. Sklendė – žarsteklis.
14. Dekoratyviniai termoizoliaciniai skydai.
15. Traukos reguliatorius.
16. Oro padavimo sklendė.
17. Šilumokaičio išvalymo angos dangtelis.
18. Stalčiai suodžiams ir pelenams.
19. Įkabinami ardelių laikymo kronšteinai.
20. Apatinė ardelių padėtis.
21. Pakuros išvalymo angos dangtelis.
22. Pakuros durelės su stiklokeramikos langu.
23. Apsauginės grotelės.
24. Viršutinė ardelių padėtis.
26. Pakura

* Modeliui su avarinio aušinimo galimybe

2. KIETO KURO KATILO TECHNINIŲ PARAMETRŲ SKAIČIAVIMO METODIKA

2.1 Tyrimo atlikimo metodika

Tyrimas atliekamas vadovaujantis standartu LST EN 303-5:2000 Šildymo katilai. 5 dalis. Rankomis pakraunami kietojo kuro šildymo katilai, kurių vardinė galia iki 300 kW [3] ir UAB „KALVIS“ įmonės standartu [ST 144948958-13:2004 [5]. Prieš atliekant bandymus buvo išanalizuoti standartai, kad būtų galima susipažinti su kietojo kuro katilo montavimu, priešgaisriniais reikalavimais [6].

Vadovaujantis standartu LST EN 303-5:2000 Šildymo katilai. 5 dalis, buvo išsiaiškinta bandymo atlikimo eiga, naudojamos formules ir matavimų atlikimo metodika.

Pagal suderintą grafiką įmonė pateikė kietojo kuro katilą Kalvis – 4D. Pagrindiniai tyrimai buvo atlikti pagal pateiktą bandymų programą. Bandymo metu kūrenant skirtingo kaloringumo kietu kuru, nustatytas galingumas, išmatuoti išmetimai į atmosferą.

Toliau panagrinėsime standarto LST EN 303-5:2000 butiniausius aspektus, kuriuos reikia žinoti prieš pradėdant bandymus. Norint nustatyti šiluminį našumą, katilo efektyvumą, degimo laikotarpį, degimo dujų sudėtį, išmetamųjų dujų temperatūrą, traukos ir emisijų savybes, kietojo kuro katilas bandymo metu privalo veikti šilumos našumo intervalu. Nominaliu našumu, katilas turi veikti nenutrūkstamai. Prieš atliekant bet kokius matavimus, katilas turi dirbti prie darbinės temperatūros.

Prietaisai naudojami pagal gamintojo bandymo instrukcijų reikalavimus. Aplinkos oro temperatūra turi būti tarp 15 °C ir 30 °C. Trauka yra nustatoma pagal minimalią gamintojo instrukcijos trauką. Bandymo metu, vidutinė traukos vertė negali skirtis nuo gamintojo nurodytos vertės daugiau nei $\pm 2,5$ Pa. Bandymo metu, rankinis įsikišimas yra neleistini.

2.2 Parametrai, kurie buvo fiksuojami bandymo metu

Pagrindiniai duomenys bandymo atlikimo metu, turi būti užrašomi, išanalizuojami ir pateikiamos išvados. Matavimai skirstomi į du pogrupius t.y. į vienkartinius matavimus ir nepertraukiamus matavimus. Pateikiame keletą pavyzdžių matavimų:

Vienkartinis išmatavimas:

- Kuro vandens kiekis;
- Pridėta kuro masė;
- Degimo laikotarpis;

- Paviršių temperatūros.

Nepertraukiami matavimai:

- Šilumos našumas;
- Srauto temperatūra;
- Grįžtamoji temperatūra;
- Aplinkos temperatūra;
- Išmetimo temperatūra;
- Trauka;
- Deguonies O₂ arba anglies dioksido CO₂ kiekis;
- Anglies monoksido CO kiekis;

Laiko intervalai turi būti pasirinkti tokiu būdu, kad išmatuotuose intervaluose pastovumas būtų įrašyti pakankamai tiksliai.

2.3 Bandymo trukmė

Prieš atliekant bandymą, katilas turi būti privestas prie normalių darbo sąlygų naudojant pilną kuro pakrovimą (iki maksimalaus pakrovimo aukščio). Atitinkama degimo kamera ir įkrovos kiekis turi būti aprašyti ir nurodyti techninėje dokumentacijoje.

Bandymo laikotarpis prasideda tada, kai bazinė degimo kamera yra įvertinama vizualiai arba naudojant platformines svarstyklas.

Bandymas prasideda iš karto, kai kuras yra sukraunamas į degimo kamerą. Bandymo laikas prasideda nuo to laiko, kai kuras yra sukraunamas į degimo kamerą iki sekančio jos papildymo kuru. Pakrovimas ir rankinis krovimas yra įtraukti į bandymo laiką.

Prieš pildant bandymo ataskaitas būtina atlikti bent jau du nominalius bandymus ir vieną minimalų bandymą. Visi sudeginimo laikotarpiai nominaliu šilumos našumu turi rodyti panašius bandymo rezultatus (šilumos našumas ± 20%).

2.4 Skaičiavimams reikalingos formulės

Kuro kaloringumas - kuro šiluminė vertė. Kuo kaloringumas didesnis, tuo šiluminė vertė didesne. Kuro kaloringumas priklauso nuo jo rušies ir drėgnumo.

$$H_u = \frac{H_{wvf} (100 - w) - 2,443 \times w}{100}, \quad (MJ/kg)$$

Ši formulė naudojama kuro žemutiniam kaloringumui paskaičiuoti kur:

H_{uwf} – sausų malkų kaloringumas, (MJ/kg)

w – kuro drėgmė, (%)

Katilo nominali galia – tai katilo galia kuri išvystoma, kai laikomasi visų katilo naudojimo instrukcijų ir naudojant reikiamą kurą.

Katilo nominalios vidutinės galios skaičiavimui naudojama žemiau pateikta formulė.

$$Q_N = q \cdot 1.163 \cdot (t_p - t_g), (kW)$$

kur:

q – vandens srautas (m^3/h);

t_p – paduodamo vandens temperatūra ($^{\circ}C$);

t_g – grįžtančio vandens temperatūra ($^{\circ}C$);

1.163 – skaičius skirtas dimensijų suvienodinimui

Katilo naudingumo koeficientas - tai naudingai į šildymo sistemą perduoto šilumos kiekio ir išskiriamos energijos kurui sudegus santykis. Katilo naudingumo koeficiento tiesioginio metodo nustatymui naudojama žemiau pateikta formulė.

$$\eta_k = \frac{Q}{Q_B} \times k$$

kur:

Q – katilo naudingai į šildymo sistemą perduotas šilumos kiekis, (kWh);

Q_B – išskiriamas energijos kiekis sudegus kurui, (kWh);

k - dimensijų suvienodinimo koeficientas ($3,6 \cdot 10^5$ kJ/kWh).

Katilo naudingumo koeficiento netiesioginio metodo nustatymui naudojama žemiau pateikta formulė.

$$\eta_k = 100 - q_A - q_U - q_S - q_B$$

Kur:

q_A – yra nuostolis dėl degimo produktų žymios šilumos (dydžiai susiję su šilumos sąnaudomis)

q_U – yra nuostolis dėl nepilno sudegimo (dydžiai susiję su šilumos sąnaudomis)

q_S – yra nuostolis dėl spinduliavimo konvekcijos ir laidumo (dydžiai susiję su šilumos sąnaudomis)

q_B – yra nuostolis dėl nesudegusio kuro pelenuose (dydžiai susiję su šilumos sąnaudomis)

Katilo izoliacijos šilumonė varža – šilumos kiekis atiduodamas katilui spinduliuojant šilumą per izoliaciją į aplinką.

$$U = \frac{1}{R}$$

Katilo šilumos aplinkai atidavimo koeficientas – tai katilo šiluminės varžos ir šilumos aplinkai atidavimo koeficiento skaičiavimui naudojamos žemiau pateiktos formules.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = 0,694 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Kur:

d_2 - izoliacijos storis (m)

λ_2 - šilumos laidumo koeficientas (W/mK)

2.5 Matavimo būdai ir instrumentai

Norint sumažinti matavimų klaidų skaičių, instrumentai turi būti įmontuoti tokioje zonoje, kur kuo labiau yra pastovesnė temperatūra ir turi būti veikimo stadijoje kurį laiką prieš bandymų pradžią. Bandymų metu panaudotų matavimo priemonių sąrašas pateiktas 2.2 lentelėje.

2.2lentelė. Bandymų metu panaudotos matavimo priemonės.

Eil. Nr.	Matavimo priemonės pavadinimas ir numeris	Metrologinė charakteristika	Patikra galioja iki	Matuojamas parametras
1.	Šilumos skaitiklis KATRA WFM 21 Nr. 7321050	(0,05 - 2,5) m ³ /val, paklaida 0,5 % Tikslumo klasė 3	2014-09-24	Vandens sunaudojimas, pagamintas šilumos kiekis
2.	Srauto matuoklis SIEMENS SITRANS F M MAGFLO	±0,5% (0,4 - 4,0) m ³ /h	2012-09-28	Momentinis vandens srautas
3.	Termometras TL-7 Nr.584	(0÷105) °C, padalos vertė 0,5 °C, tikslumo klasė 1	2013-01-10	Grįžtančio vandens temperatūra
4.	Termometras TL-7 Nr.297	(0÷105) °C, padalos vertė 0,5 °C, tikslumo klasė 1	2013-01-10	Ištekančio vandens temperatūra
5.	Termometras TL-7A Nr.460	(0÷75) °C, padalos vertė 0,2 °C, tikslumo klasė 1	2013-01-10	Aplinkos temperatūra
6.	Dujų analizatorius Vario Plus	O ₂ , CO ₂ , CO, NO ₂ , SO ₂ paklaida ± 0,1 ppm, paklaida ± 0,5°C,	2012-08-02	Išeinančių dūmų dujų sudėtis, temperatūra

7.	Elektroninės svarstyklės	(0,4÷60) kg, paklaida 20 g	2013-01-05	Kuro sunaudojimas
8.	Sekundmatis DIGI SPORT Nr. 003592	(0-10) val. paklaida 0,01 sek., tikslumo klasė 1	2013-01-12	Matavimų periodiškumas, katilo įkrovos degimo laikas
9.	Bekontaktinis termometras FLIR SYSTEMS TPT 2	(-32...400) °C, paklaida ± 1 °C, skiriamoji geba 0,2°C	2013-09-01	Katilo paviršiaus temperatūra
10.	Termomanometras vertikalus CEWAL	(0-4) bar, (0-120)°C, tikslumo klasė 1.6	2012-09-01	Grįžtančio vandens slėgis ir temperatūra
11.	Termomanometras vertikalus CEWAL	(0-4) bar, (0-120)°C, tikslumo klasė 1.6	2012-09-01	Ištekancio vandens slėgis ir temperatūra
12.	Traukomatis TESTO 512	0,603 – 1,798 hPa, paklaida ± 0,01 hPa	2013-03-09	Traukai matuoti
13.	Drėgnomatis TESTO		2013-03-09	Kuro drėgmė

2.6 Nominalios galios skaičiavimas

Bandomo katilo nominali ir minimali šiluminės galios nustatytos, atliekant bandymus pagal LST EN 12815:2001, ĮST 144948958-13:2011, p. 15.4.11.3. Skaičiavimai atlikti pagal LST EN 12815:2001 ir ĮST 144948958-13:2011, p. 15.4.11.4 pateiktas formules.

Katilo bandymų vidutiniai paskaičiuoti duomenys pateikti 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Katilo šiluminės galios bandymų duomenys

Bandymas	Bandymų trukmė h, (val.)	Vandens debitas B, (m ³ /h)	Ištekancio vandens t-ra t _v , (°C)	Grįžtančio vandens t-ra t _r , (°C)	Aplinkos t-ra t _a , (°C)	Kuro įkrovos svoris G _k , (kg)	Kamino trauka, (Pa)	Išmetamų dūmų t-dūmų t-ra, (°C)	Pastabos
1.	3.33	0.579	78.73	62.545	21.87	19.06	10	214.8	Nominalios galios bandymas
2.	3.7	0.576	82.01	65.66	23.31	21.18	11.4	217.8	Nominalios galios bandymas
3.	6.87	0.19	72.715	55.3	19.83	18.18	3.3	90.9	Minimalios galios bandymas
4.	3.366	0.57	81.79	60.80	19.55	15.18	12.4	257.6	Nominalios galios bandymas
5.	3.883	0.567	85.775	65.904	19.891	17.8	12.818	243.789	Nominalios galios bandymas
6.	6	0.26	84.69	63.61	21.09	18.36	2.833	142.5	Minimalios galios bandymas

Katilo nominali vidutinė galia (Q_N) paskaičiuota:

$$Q_N = q \cdot 1.163 \cdot (t_p - t_g), (kW) \quad (6)$$

kur:

q – vandens srautas (m^3/h);

t_p – paduodamo vandens temperatūra ($^{\circ}C$);

t_g – grįžtančio vandens temperatūra ($^{\circ}C$);

1.164 – skaičius skirtas dimensijų suvienodinimui

$$Q_{N1} = 0,579 \times 1,163 \times (78,73 - 62,545) = 10,89 \text{ kW}$$

$$Q_{N2} = 0,83 \times 1,163 \times (82,014) = 10,95 \text{ kW}$$

$$Q_{\min} = 0,19 \times 1,163 \times (72,71 - 55,3) = 3,84 \text{ kW}$$

Paskaičiuotų nominalių galių skirtumas neviršija 8 %

$$\frac{[Q_{N1} - Q_{N2}]}{Q_{vid.}} \times 100\%, (\%)$$

$$Q_{vid.} = \frac{Q_{N1} + Q_{N2}}{2}$$

$$Q_{vid.} = \frac{10,89 + 10,95}{2} = 10,92 \text{ kW}$$

$$\frac{10,95 - 10,89}{10,92} \times 100\% = 0,54 \%$$

Bandymai izoliavus katilo kaitlentę .

$$Q_{N1} = 0,57 \times 1,163 \times (81,79 - 60,8) = 13,914 \text{ kW}$$

$$Q_{N2} = 0,67 \times 1,163 \times (85,775 - 65,904) = 13,103 \text{ kW}$$

$$Q_{\min} = 0,26 \times 1,163 \times (84,69 - 63,61) = 6,374 \text{ kW}$$

Paskaičiuotų nominalių galių skirtumas neviršija 8 %

$$\frac{[Q_{N1} - Q_{N2}]}{Q_{vid.}} \times 100\%, (\%)$$

$$Q_{vid} = \frac{Q_{N1} + Q_{N2}}{2}$$

$$Q_{vid} = \frac{13.914 + 13.103}{2} = 13.508 \text{ kW}$$

$$\frac{13.914 - 13.103}{13.508} \times 100\% = 6\%$$

2.7 Kuro emisijos nustatymas

Katilo emisija, tai kuro degimo metu į aplinką išmetamų dalelių visuma. Šio bandymo metu nustatyta kaip kinta degimo metu išmetamų dalelių kiekis priklausomai nuo kamino traukos ir deguonies padavimo.

Katilo tipo bandymai emisijos nustatymui atliekami pagal IST 144948958-13:2011, p. 15.4.11.7.

Bandymų rezultatai pateikti 2.4 lentelėje.

2.4 lentelė. Katilo bandymų emisijos matavimo duomenys

Bandy -mas	Kamino trauka, Pa	Išmetamų dūmų t-ra, °C	O ₂ , %	CO ₂ , %	CO, mg/m ³	Pastabos
1.	10	215	10,84	9,9	31100	Nominalios galios bandymas
2.	11,4	218	11,1	9,6	18182	Nominalios galios bandymas
3.	3,3	91	14,68	5,76	15671	Minimalios galios bandymas

2.8 Naudingumo koeficiento skaičiavimas

Katilo naudingumo koeficiento (η_k) tiesioginio metodo nustatymas

$$\eta_k = \frac{Q}{Q_B} \times k$$

kur:

Q – katilo naudingai į šildymo sistemą perduotas šilumos kiekis, (kWh);

Q_B – išskiriamas energijos kiekis sudegus kurui, (kWh);

k – dimensijų suvienodinimo koeficientas ($3,6 \cdot 10^5$ kJ/kWh).

$$Q = Q_N \cdot h$$

kur:

Q_N - katilo nominali vidutinė galia, (kW);

h_1 - bandymo laikas, (val.);

h_2 - bandymo laikas, (val.);

$$Q_B = H_u \cdot G_k$$

kur:

H_u - kuro žemutinis kaloringumas, (MJ/kg);

G_{k1} - įkrovos kuro svoris, (kg);

G_{k2} - įkrovos kuro svoris, (kg);

Katilo naudingumo koeficiento (η_k) netiesioginio metodo nustatymas

$$\eta_k = 100 - q_A - q_U - q_S - q_B$$

Kur:

q_A – yra nuostolis dėl degimo produktų žymios šilumos (dydžiai susiję su šilumos sąnaudomis)

q_U – yra nuostolis dėl nepilno sudegimo (dydžiai susiję su šilumos sanaudomis)

q_S – yra nuostolis dėl spinduliavimo konvekcijos ir laidumo (dydžiai susiję su šilumos sanaudomis)

q_B – yra nuostolis dėl nesudegusio kuro pelenuose (dydžiai susiję su šilumos sąnaudomis)

$$q_A = (k \times \alpha_{k.sk.} + c) \times \left(t_d - \frac{\alpha_{k.sk.}}{\alpha_{k.sk.} - b} \times t_o \right) \times A_t \times 10^{-2}$$

Kur:

k , c ir b koeficientai

$\alpha_{k.sk.}$ – perskaičiuotas oro pertekliaus koeficientas

t_d – išeinančių dūmų temperatūra

t_o – aplinkos temperatūra

A_t – šilumos nuostolių su degimo produktais pataisos koeficientas

Koeficientų k, c ir b skaičiavimas

$$k = 3.33 + 0.020 * w$$

$$c = 0.8 + 0.044 * w$$

$$b = 0.25 + 0.01 * w$$

w – kuro drėgmė (%)

$\alpha_{k.sk.}$ skaičiavimas

$$\alpha_{k.sk.} = \frac{21 - 0.02 \times O_2}{21 - O_2}$$

A_t skaičiavimas

$$A_t = 1 + 0.013 \times \left(\frac{t_d - 150}{100} \right)$$

$$k = 3.33 + 0.020 * 20 = 3,73$$

$$c = 0.8 + 0.044 * 20 = 1,68$$

$$b = 0.25 + 0.01 * 20 = 0,45$$

$$k = 3.33 + 0.020 * 21 = 3,75$$

$$c = 0.8 + 0.044 * 21 = 1,724$$

$$b = 0.25 + 0.01 * 21 = 0,46$$

$$k = 3.33 + 0.020 * 22 = 3,77$$

$$c = 0.8 + 0.044 * 22 = 1,768$$

$$b = 0.25 + 0.01 * 22 = 0,47$$

$$k = 3.33 + 0.020 * 20 = 3,83$$

$$c = 0.8 + 0.044 * 20 = 1,9$$

$$b = 0.25 + 0.01 * 20 = 0,5$$

$$\alpha_{k.sk.1} = \frac{21 - 0,02 \times 10,845}{21 - 10,845} = 2,04$$

$$\alpha_{k.sk.2} = \frac{21 - 0,02 \times 11,11}{21 - 11,11} = 2,1$$

$$\alpha_{k.sk.3} = \frac{21 - 0,02 \times 14,689}{21 - 14,689} = 3,28$$

$$A_{t1} = 1 + 0.013 \times \left(\frac{215 - 150}{100} \right) = 1,00843$$

$$A_{t2} = 1 + 0.013 \times \left(\frac{218 - 150}{100} \right) = 1,00882$$

$$A_{t3} = 1 + 0.013 \times \left(\frac{91 - 150}{100} \right) = 0,992319$$

$$q_{A1} = (3,73 \times 2,04 + 1,68) \times \left(215 - \frac{2,04}{2,04 - 0,45} \times 21,87 \right) \times 1,008426 \times 10^{-2} = 17,54\%$$

$$q_{A2} = (3,75 \times 2,1 + 1,72) \times \left(218 - \frac{2,1}{2,1 - 0,46} \times 46 \times 23,31 \right) \times 1,008815 \times 10^{-2} = 18,2\%$$

$$q_{A3} = (3,77 \times 3,2 + 1,76) \times \left(91 - \frac{3,2}{3,2 - 0,47} \times 19,83 \right) \times 0,99231 \times 10^{-2} = 9,5\%$$

Bandymai izoliavus katilo kaitlentę .

$$\alpha_{k.sk.1} = \frac{21 - 0,02 \times 10,979}{21 - 10,979} = 2,07$$

$$\alpha_{k.sk.2} = \frac{21 - 0,02 \times 11,67}{21 - 11,67} = 2,22$$

$$\alpha_{k.sk.3} = \frac{21 - 0,02 \times 12,69}{21 - 12,69} = 2,49$$

$$A_{t1} = 1 + 0.013 \times \left(\frac{257.6 - 150}{100} \right) = 1,01399$$

$$A_{t2} = 1 + 0.013 \times \left(\frac{243.7 - 150}{100} \right) = 1,01219$$

$$A_{t3} = 1 + 0.013 \times \left(\frac{142.5 - 150}{100} \right) = 0,999025$$

$$q_{A1} = (3,83 \times 2,07 + 1,9) \times \left(257 - \frac{2,07}{2,07 - 0,5} \times 19,55 \right) \times 1,001399 \times 10^{-2} = 23,13\%$$

$$q_{A2} = (3,83 \times 2,22 + 1,9) \times \left(243 - \frac{2,22}{2,22 - 0,5} \times 19,89 \right) \times 1,01219 \times 10^{-2} = 23,01\%$$

$$q_{A3} = (3,83 \times 2,49 + 1,9) \times \left(142 - \frac{2,49}{2,49 - 0,47} \times 21,092 \right) \times 0,99025 \times 10^{-2} = 13,29\%$$

$$q_U = \left(\frac{3.56 \times CO \times (21 - O_2)}{CO_2 \times 10^4} \right) + m$$

Kur:

O_2 – pamatuotas deguonies kiekis

CO_2 – pamatuotas anglies dvideguonies kiekis

CO – pamatuotas anglies monoksido kiekis (mg/m^3 prie 10% deguonies)

m – nuostolis dėl nepilno mechaninio sudegimo iki 0.2%

$$q_{U1} = \left(\frac{3.56 \times 31100 \times (21 - 10,84)}{9,9 \times 10^4} \right) + 0.2 = 11.55\%$$

$$q_{U2} = \left(\frac{3.56 \times 18182 \times (21 - 11,11)}{9.6 \times 10^4} \right) + 0.2 = 6.86\%$$

$$q_{U3} = \left(\frac{3.56 \times 15671 \times (21 - 14,68)}{5,76 \times 10^4} \right) + 0.2 = 6,31\%$$

Bandymai izoliavus katilo kaitlentę .

$$q_{U1} = \left(\frac{3.56 \times 11721 \times (21 - 10,979)}{10.979 \times 10^4} \right) + 0.2 = 4,69\%$$

$$q_{U2} = \left(\frac{3.56 \times 8928 \times (21 - 11,67)}{11.67 \times 10^4} \right) + 0.2 = 3.53\%$$

$$q_{U3} = \left(\frac{3.56 \times 13619 \times (21 - 12.692)}{12.692 \times 10^4} \right) + 0.2 = 5.29\%$$

q_S – kieto kuro katilams priimta naudoti iki 0.5%

q_B – kieto kuro katilams naudojama iki 0.2%

$$\eta_{k1} = 100 - 17,5 - 11.55 - 0,5 - 0,2 = 70.2\%$$

$$\eta_{k2} = 100 - 18,2 - 6.86 - 0,5 - 0,2 = 74.22\%$$

$$\eta_{k3} = 100 - 9,5 - 6,31 - 0,5 - 0,2 = 83,48\%$$

Bandymai izoliavus katilo kaitlentę .

$$\eta_{k1} = 100 - 23.13 - 4.69 - 0,5 - 0,2 = 71.46\%$$

$$\eta_{k2} = 100 - 23.01 - 3.53 - 0,5 - 0,2 = 72.75\%$$

$$\eta_{k3} = 100 - 13.29 - 5.29 - 0,5 - 0,2 = 80.7\%$$

Apskaičiuoti bandymų rezultatai pateikti 2.5 lentelėje:

2.5 lentelė. Duomenys naudingumo koeficiento apskaičiavimui, bei rezultatai

Bandymas	Galingumas Q_N , Q_{min} , kW	Kaloringumas H_u , KJ/kg	Įkrovos svoris G_k , kg	Katilo naudingumo tiesioginiame metode η_k	Katilo naudingumo koeficientas netiesioginiame metode η_k
1.	10,89	13911	19,06	49.27	70.2
2.	10,95	13707	21,18	50.26	74,22
3.	3,84	13502	18,18	38.74	83,48
4.	13,91	12889	15,18	86,17	71,46
5.	13,10	12889	17,8	78,80	72,75
6.	6,37	12889	18,36	58,18	80,7

3. ĮVAIRIŲ VEIKSNIŲ ĮTAKA KIETO KURO KATILO TECHNINIAMS PARAMETRAMS

3.1. Kuro drėgmės įtaka kaloringumui ir CO išmetimams

Katilo bandymams buvo naudojamos trijų kaitrumo grupių malkos.

Pagal IST 144948958-13:2011, p. 15.4.9 metodiką atlikus kuro drėgnumo matavimus, imamos nuo 15 iki 60 % drėgnumo malkos.

Kuro žemutinis kaloringumas (H_u) paskaičiuojamas pagal LST EN 12815, B.1 lentelė bandymo kuro specifikacijos:

$$H_u = \frac{H_{uwf} (100 - w) - 2,443 \times w}{100}, \quad (MJ/kg)$$

kur:

H_{uwf} – sausų malkų kaloringumas, (MJ/kg)
 w – kuro drėgmė, (%)

Visos malkos skirstomos į tris kaitrumo grupes:

1. Pirmą kaitrumo grupę: beržas, uosis, ąžuolas, klevas;
2. Antrą kaitrumo grupę: pušis, juodalksnis;
3. Trečią kaitrumo grupę: eglė, drebulė, liepa ir t.t.

Visų kaitrumo grupių malkų kaloringumas yra skirtingas:

- Pirmos kaitrumo grupės malkų kaloringumas 9,41 (MJ/kg)
- Antros kaitrumo grupės malkų kaloringumas 7,43 (MJ/kg)
- Trečios kaitrumo grupės malkų kaloringumas 6,27 (MJ/kg)

Žinodami šiuos šį malkų parametras, imdami skirtingo drėgnumo malkas apskaičiuojame žemutinį kaloringumą pagal atskiras malkų kaitrumo grupes imdami drėgnumą kas į procentus :

Pirmos kaitrumo grupės malkų žemutinio kaloringumo skaičiavimas:

$$H_u = \frac{9,41 \times (100 - 15) - 2,443 \times 15}{100} = 7,36 \text{ MJ/kg}$$

Skaičiavimų rezultatai pateikti 2.6, 2.7 ir 2.8 lentelėse.

2.6 lentelė. Pirmos kaitrumo grupės kieto kuro žemutinio kaloringumo skaičiavimo rezultatai.

Eil. Nr.	Kuro drėgnumas (%)	Žemutinis kieto kuro kaloringumas (MJ/kg)
1	15	7,36
2	20	7,04
3	25	6,46
4	30	5,85
5	35	5,26
6	40	4,67
7	45	3,83
8	50	3,48
9	55	3,14
10	60	2,2

2.7 lentelė. Antros kaitrumo grupės kieto kuro žemutinio kaloringumo skaičiavimo rezultatai.

Eil. Nr.	Kuro drėgnumas (%)	Žemutinis kieto kuro kaloringumas (MJ/kg)
1	15	6,04
2	20	5,54
3	25	5,04
4	30	4,54
5	35	4,04
6	40	3,54
7	45	3,04
8	50	2,54
9	55	2,04
10	60	1,54

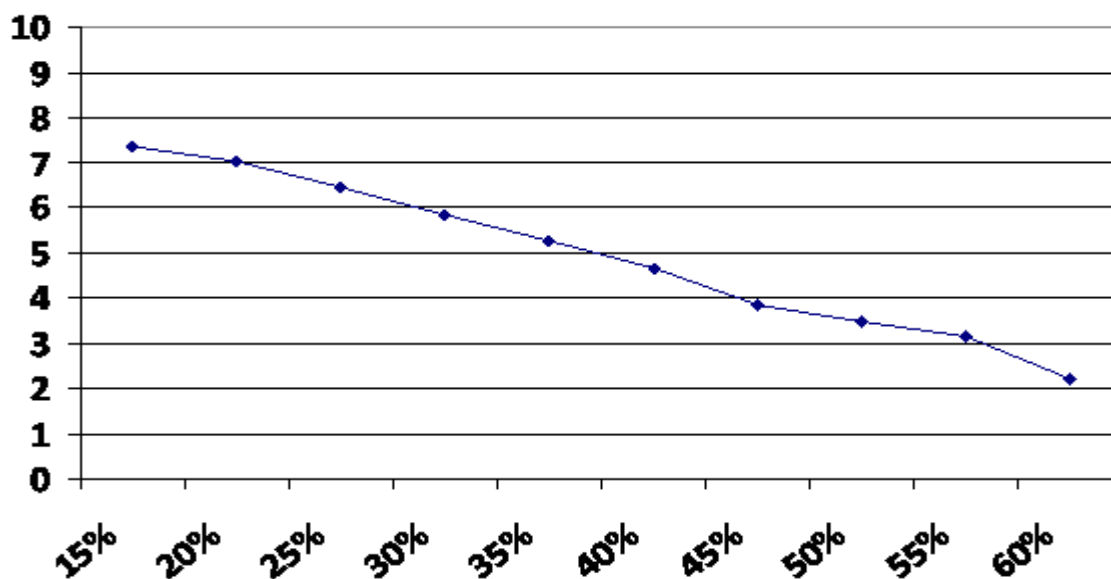
2.8 lentelė. Trečios kaitrumo grupės kieto kuro žemutinio kaloringumo skaičiavimo rezultatai.

Eil. Nr.	Kuro drėgnumas (%)	Žemutinis kieto kuro kaloringumas (MJ/kg)
1	15	4,96
2	20	4,53
3	25	4,09

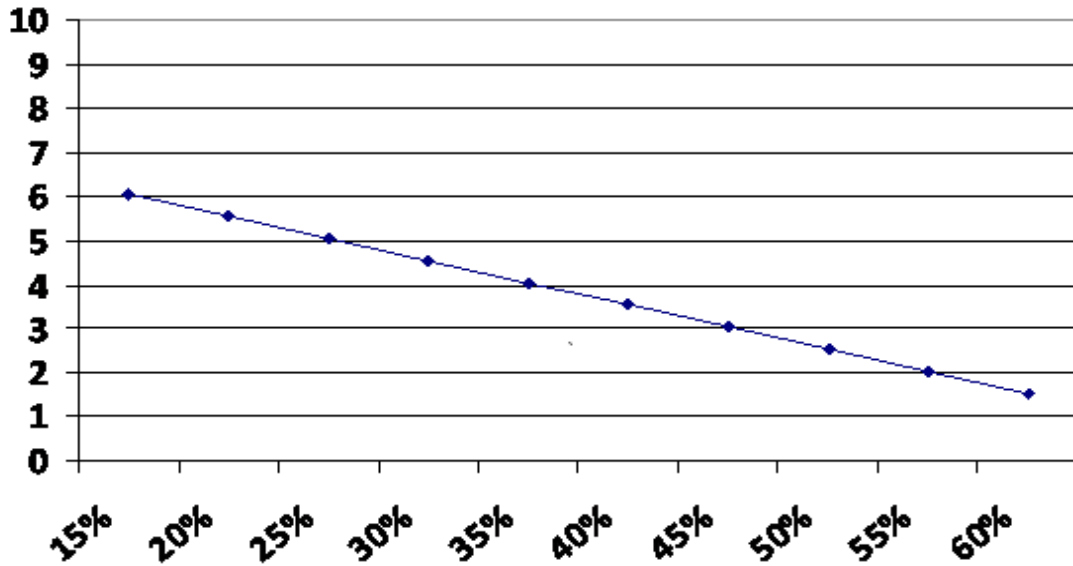
4	30	3,66
5	35	3,22
6	40	2,78
7	45	2,1
8	50	1,91
9	55	1,47
10	60	1,04

Be to, paskaičiavau ir alternatyvaus kuro (saulėgražų lukštų briketų), medžio pjuvenų briketų, anglių, bei durpių kuro žemutį kaloringumą:

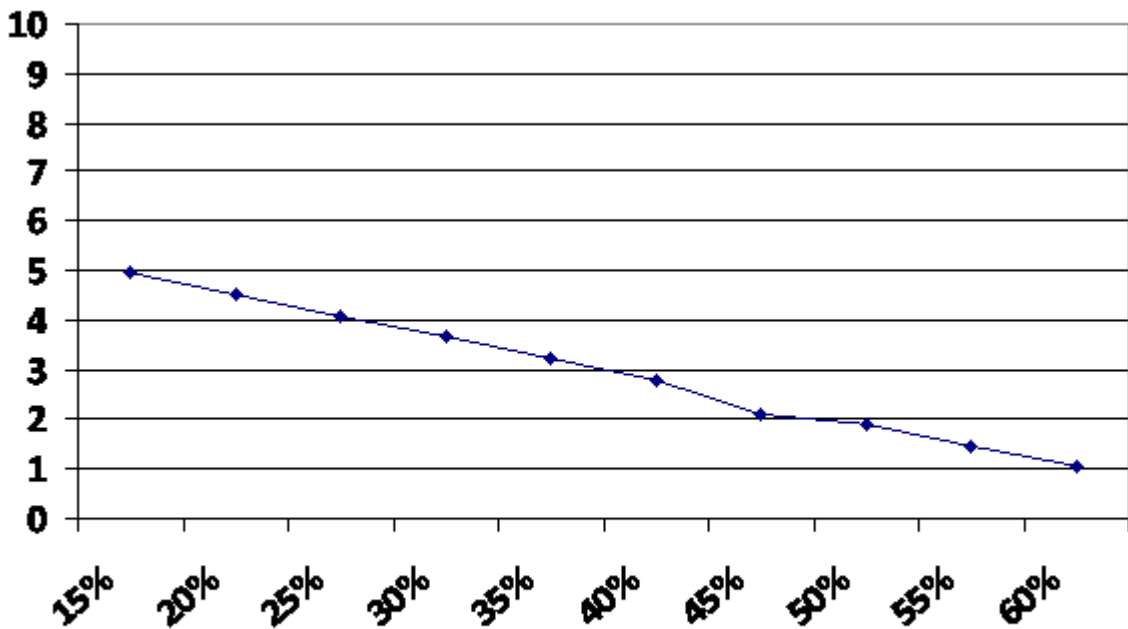
1. Saulėgražų lukštų briketų žemutinis kaloringumas 20 MJ/kg
2. Medžio pjuvenų briketų žemutinis kaloringumas 15,95 MJ/kg
3. Akmens anglių žemutinis kaloringumas 25,56 MJ/kg
4. Durpių kuro žemutinis kaloringumas 8,05 MJ/kg



3.1 pav. Pirmos kaitrumo grupės kieto kuro kalorinumą priklausomybę nuo kuro drėgnumo kreivė

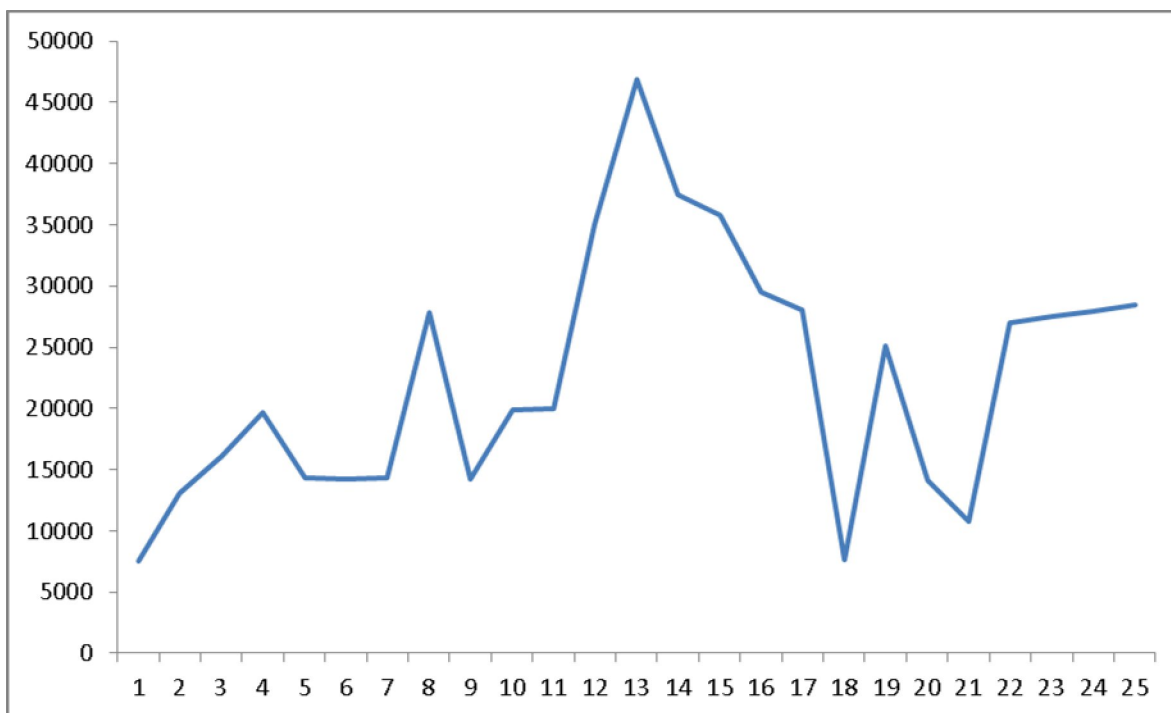


3.2 pav. Antros kaitrumo grupės kieto kuro kaloringumo priklausomybės nuo kuro drėgnumo kreivė

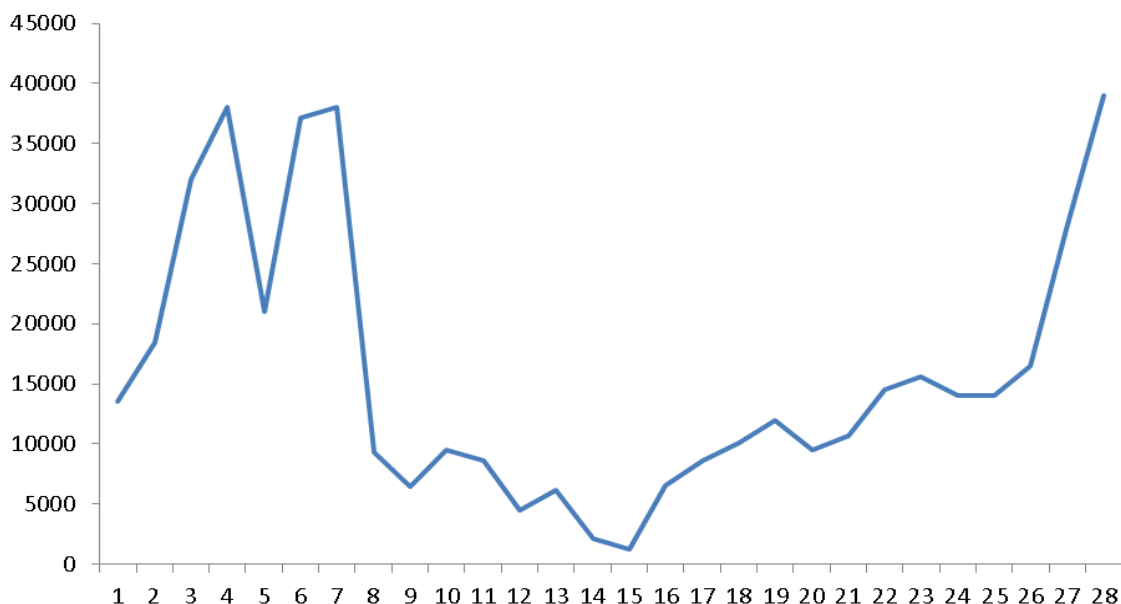


3.3 pav. Trečios kaitrumo grupės kieto kuro kaloringumo priklausomybės nuo kuro drėgnumo kreivė

Atlikus bandymus su skirtingu kuro drėgnumu nustatyta, kad geriausi rezultatai gaunami esant kuro drėgnumui iki 25 %. Esant didesniai drėgnumui po keletos kūrenimų ant katilo vidinių sienelių susidarė apie 2-3 mm suodžių sluoksnis, CO išmetimai padidėja apie 20 % ir katilo naudingumas sumažėja. Pateiktuose grafikuose (3.4 pav. ir 3.5 pav.) matome kaip padidėja CO išsiskirimas nuo kuro drėgnumo.



3.4 pav. CO išmetimai mg/m^3 esant 30 % kuro drėgnumui (vidurkis 562408 mg/m^3).



3.5 pav. CO išmetimai mg/m^3 esant 21 % kuro drėgnumui (vidurkis 16000 mg/m^3).

3.2 Katilo išorinės izoliacijos įtaka katilo šiluminei varžai

Katilos izoliacijai naudojama *Akmens vata "PAROC" IL 50, S=25mm - 50mm*, kurios šiluminis laidumas $0,036 \text{ W/mK}$. Izoliacijai priskiriame ir katilo apsiuvas, t.y. 0,8 mm storio plonalakštį plieną.

Katilo izoliacijos šiluminės ir visuminės varžos skaičiavimas :

Apskaičiuojamos atskirų sluoksnių šiluminės varžos ir visuminė šiluminė varža.

Pirmas sluoksnis. 0,8 mm plonalakštis plienas , kurio $\lambda_1 = 25 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,0008}{25} = 0,000032 \text{ m}^2\cdot\text{K/W.}$$

Antras sluoksnis. 25mm storio akmens vatos sluoksnis, kurios $\lambda_2 = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,025}{0,036} = 0,694 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

30mm storio akmens vatos sluoksnis, kurios $\lambda_2 = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,03}{0,036} = 0,83 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

35mm storio akmens vatos sluoksnis, kurios $\lambda_2 = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,035}{0,036} = 0,97 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

40mm storio akmens vatos sluoksnis, kurios $\lambda_2 = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{0,036} = 1,1 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

45mm storio akmens vatos sluoksnis, kurios $\lambda_2 = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,045}{0,036} = 1,25 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

50mm storio akmens vatos sluoksnis, kurios $\lambda_2 = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,05}{0,036} = 1,38 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$$

Sienos suminė šiluminė varža:

$$R_t = R_1 + R_2 = 0,000032 + 0,694 = 0,694032 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}., \text{ kai vatos storis } 25\text{mm}$$

$$R_t = R_1 + R_2 = 0,000032 + 0,83 = 0,830032 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}., \text{ kai vatos storis } 30\text{mm}$$

$$R_t = R_1 + R_2 = 0,000032 + 0,97 = 0,970032 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}., \text{ kai vatos storis } 35\text{mm}$$

$$R_t = R_1 + R_2 = 0,000032 + 1,1 = 1,100032 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}., \text{ kai vatos storis } 40\text{mm}$$

$$R_t = R_1 + R_2 = 0,000032 + 1,25 = 1,250032 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}., \text{ kai vatos storis } 45\text{mm}$$

$$R_t = R_1 + R_2 = 0,000032 + 1,38 = 1,380032 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}., \text{ kai vatos storis } 50\text{mm}$$

Apskaičiuotos priklausomybės pateiktos 3.6 pav

Katilo izoliacijos šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R_r} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \tag{8}$$

$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{1}{0,694032} = 1,44 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})., \text{ kai vatos storis } 25\text{mm}$$

$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{1}{0,830032} = 1,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})., \text{ kai vatos storis } 30\text{mm}$$

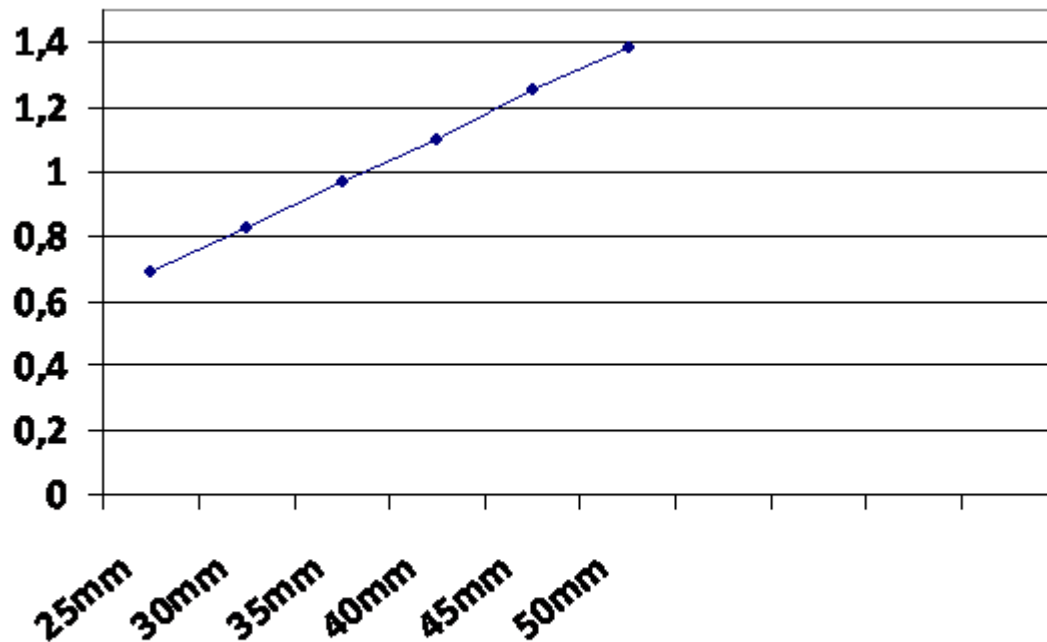
$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{1}{0,970032} = 1,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})., \text{ kai vatos storis } 35\text{mm}$$

$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{1}{1,100032} = 0,91 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})., \text{ kai vatos storis } 40\text{mm}$$

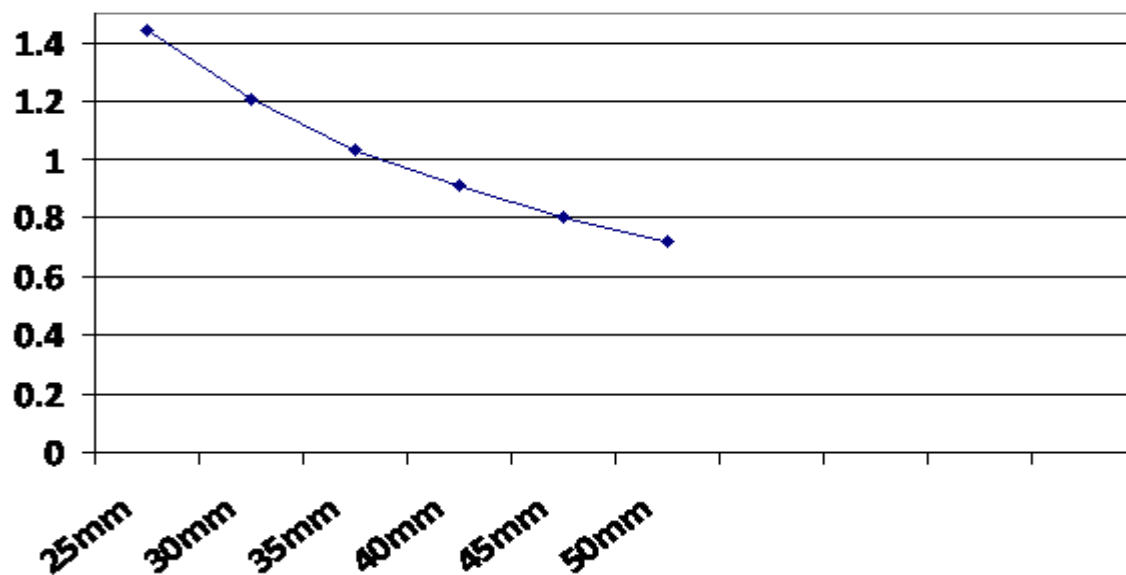
$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{1}{1,250032} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})., \text{ kai vatos storis } 45\text{mm}$$

$$U = \frac{1}{R_r} = \frac{1}{1,380032} = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})., \text{ kai vatos storis } 50\text{mm}$$

Apskaičiuotos priklausomybės pateiktos 3.7 pav.



3.6 pav. Sienos šiluminės varžos kitimo kreivė



3.7 pav. Katilo izoliacijos šilumos perdavimo kitimo kreivė

Iš grafikų galime padaryti išvadą, kad kai naudojama storesnė izoliacija gaunama geresnė katilo korpuso šiluminė varža, bei mažesnis šilumos atidavimo aplinkai koeficientas.

Katilo izoliacinės medžiagos yra paskaičiuotos taip kad jas naudojant būtų išgaunami tam tikrus standartus atitinkantys parametrai. Keičiant izoliacinių medžiagų storius į didesnę pusę, buvo gaunami geresni šiluminės varžos, bei mažesni šilumos perdavimo aplinkai skaičiavimų rezultatai, bet padidės katilo svoris ir gabaritai, bei kaina. Vienas iš tikslų yra išlaikyti kuo mažesnius gabaritus ir svorius, nes turi itakoti kainą. Taigi parinktos medžiagos (t.y. *Akmens vata "PAROC" IL 50, S=25mm - 50mm ir 0,8 mm plonalakštis plienas*) atitinka keliamus reikalvimus.

Visų bandymų rezultatai pagal IST 144948958-13:2011, p. 16.3.3 pateikti 5 lentelėje.

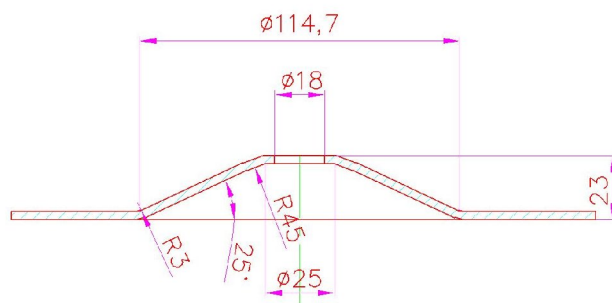
5 lentelė. Katilo tipo bandymų rezultatai

Eil. Nr.	Parametras	Deklaruoti rodikliai	Gauti rezultatai	LST EN 12815:2001 (IST 144948958-13:2004) norma	Išvados
1.	Kamino trauka, Pa	≥ 12	11,4	≤ 12 Pa pagal grafiką 1 LST EN 12815:2001	Tenkina
2.	Išmetamų dūmų temperatūra, °C	≤ 220	216	$\geq (t_{\text{patalpos}} + 160)$ °C	Tenkina
3.	Katilo nominali galia, Q_N , kW	10	10,4	Skirtumas tarp deklaruojamo ir nustatyto nedaugiau nei 8 %	Tenkina
4.	Katilo išspinduliuojama šiluma per kaitlenę, Q , kW	3	3,1	Nereglamentuojama	
5.	Katilo minimali galia, Q_{\min} , kW	3	6,37	$Q_{\min} \leq 0,3 Q_N$	Tenkina
6.	Įkrovos sudegimo laikas prie Q_N , val.	2-4	3,6	≥ 2 val.	Tenkina
7.	Įkrovos sudegimo laikas prie Q_{\min} , val.	-	6	Nereglamentuojama	
8.	Katilo efektyvumas, η_k	-	0,78	Pagal 6 lentelę LST EN 12815:2001	Atitinka klasę 1
9.	CO emisija, mg/m^3	-	18182	Pagal LST EN 12815, 5 lentelę	Atitinka klasę 3

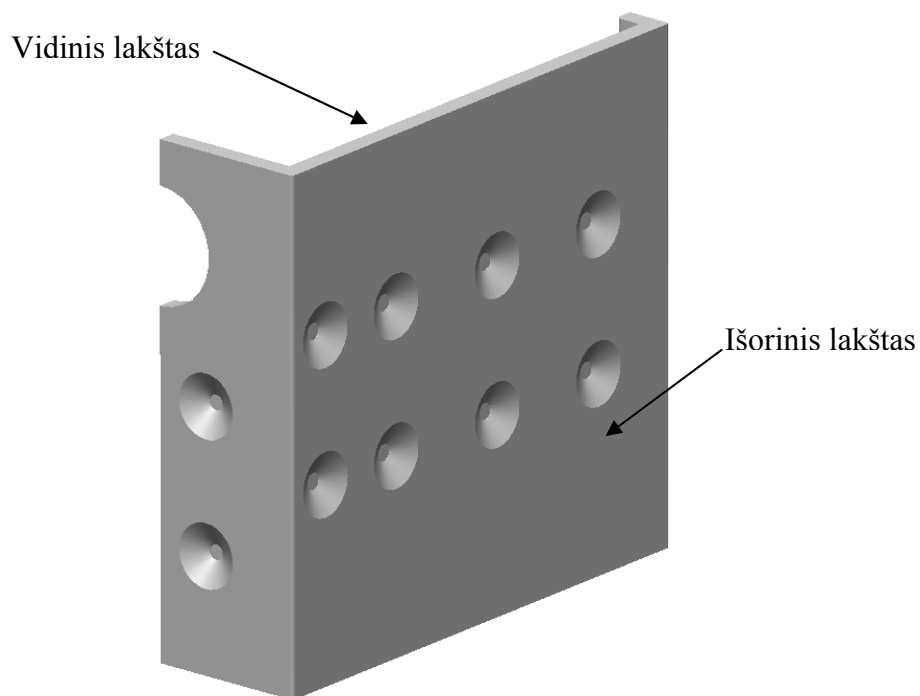
4. CENTRINIO ŠILDYMO KIETO KURO KATILO “KALVIS 4-D” KORPUSO ĮTEMPIMŲ BŪVIO ANALIZĖ

4.1 Katilo korpuso skaičiuojamasis modelis

Katilo korpusas formuojamas iš dviejų lakštų – išorinio ir vidinio. Lakštai tarpusavyje jungiami suvirinimo būdu. Išformuojant išorinę sienelę įgaubimais, kaip parodyta pav.4.1.. Šie įgaubimai reikalingi tam kad katilo darbo metu, esant slėgiui tarp vidinės ir išorinės sienelės, nebūtų gaunamo deformacijos. Šoriniai ir vidiniai lakštai būna dviejų storių: vidinis 4mm arba 6mm, o išorinis – 3mm arba 4mm atitinkamai. Katilo korpuso dalis parodyta Pav. 4.2.

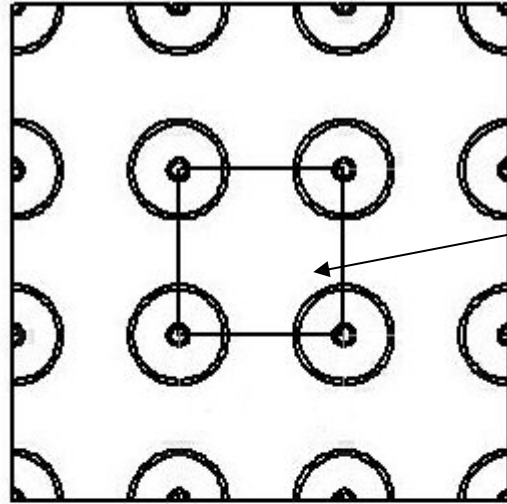


Pav.4.1 Įdėtinė detalė



Pav.4.2 Katilo korpuso dalis

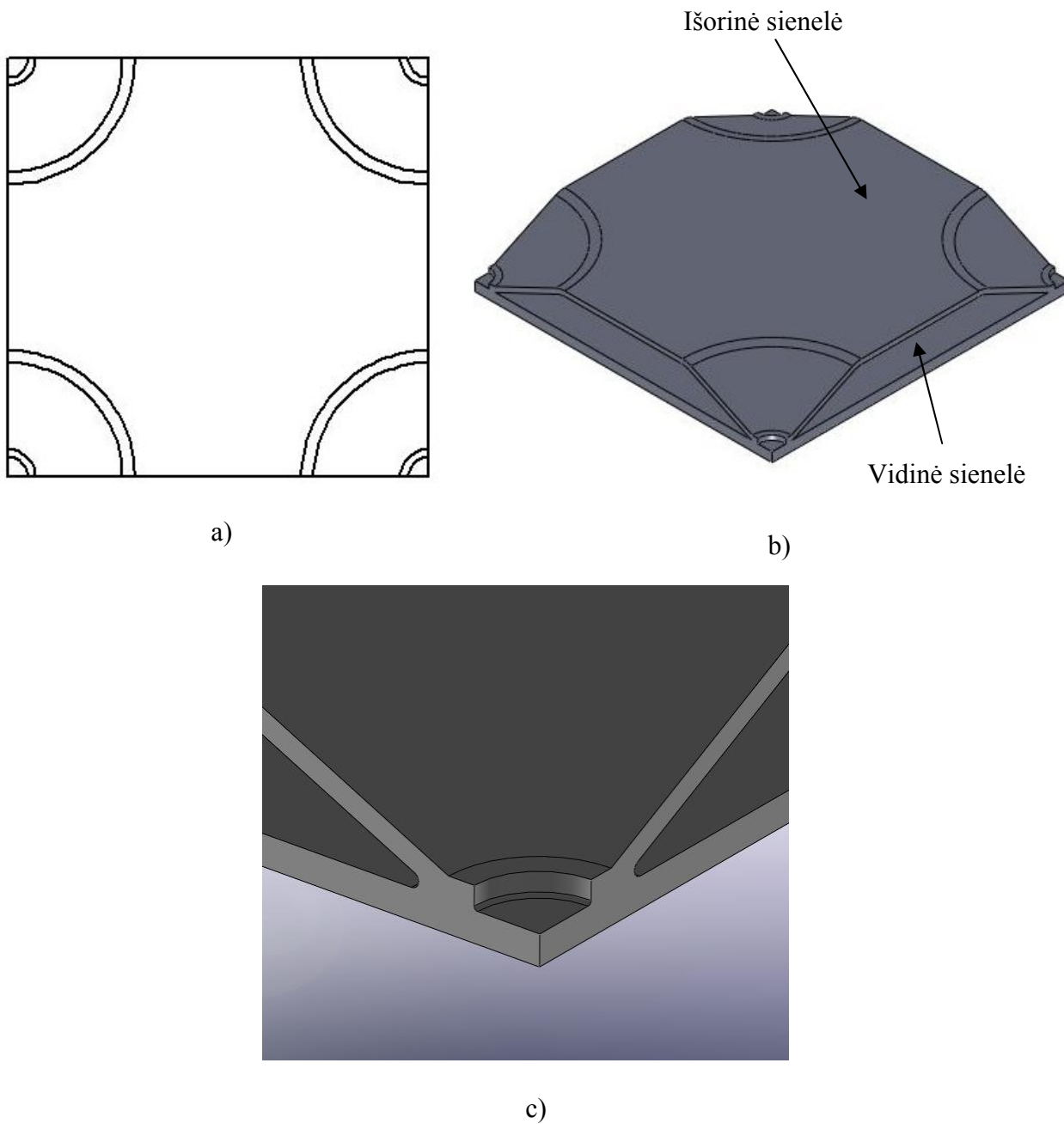
Katilo korpusas užpildomas vandeniu, kurio darbinis nominalus slėgis yra 1 ir 1.5 barai. Gamybos metu atliekami hidrauliniai bandymai, kurių metu vandens slėgis yra 4 barai. Skaičiavimų tikslas – patikrinti, koku didžiausiu atstumu vienas nuo kito gali būti nutolę išformavimai išorinėje sienelėje, kad katilo eksploatacijos ir hidraulinių bandymų metu nekiltų liekamųjų deformacijų. Skaičiavimai atlikti SOLIDWORKS COSMOS Works programa.



Skaičiuojamoji dalis

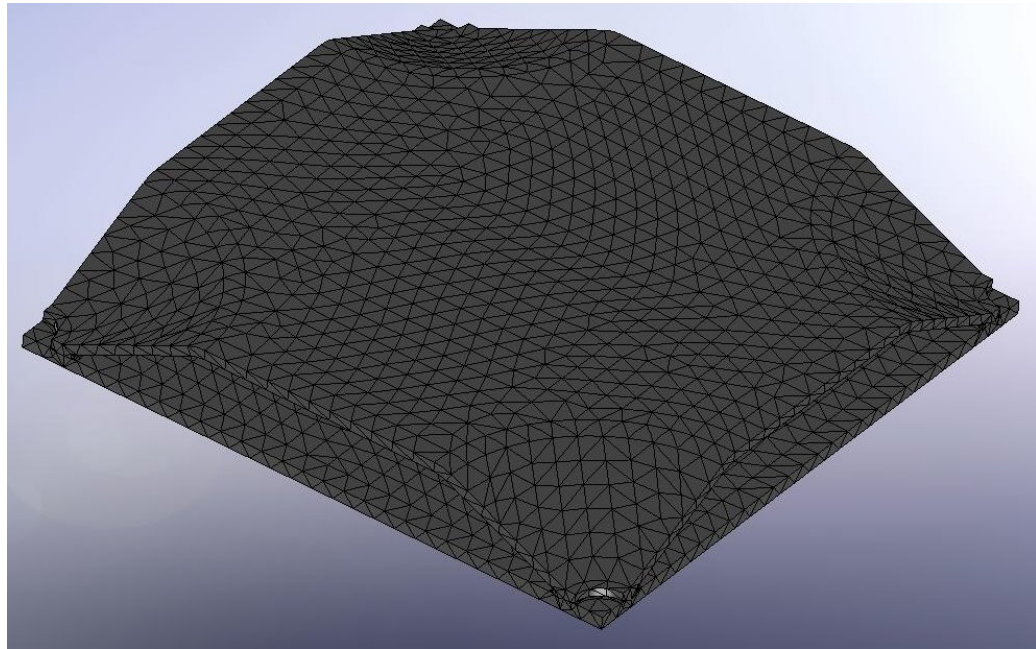


Pav.4.3 Katilo sienelės fragmentas

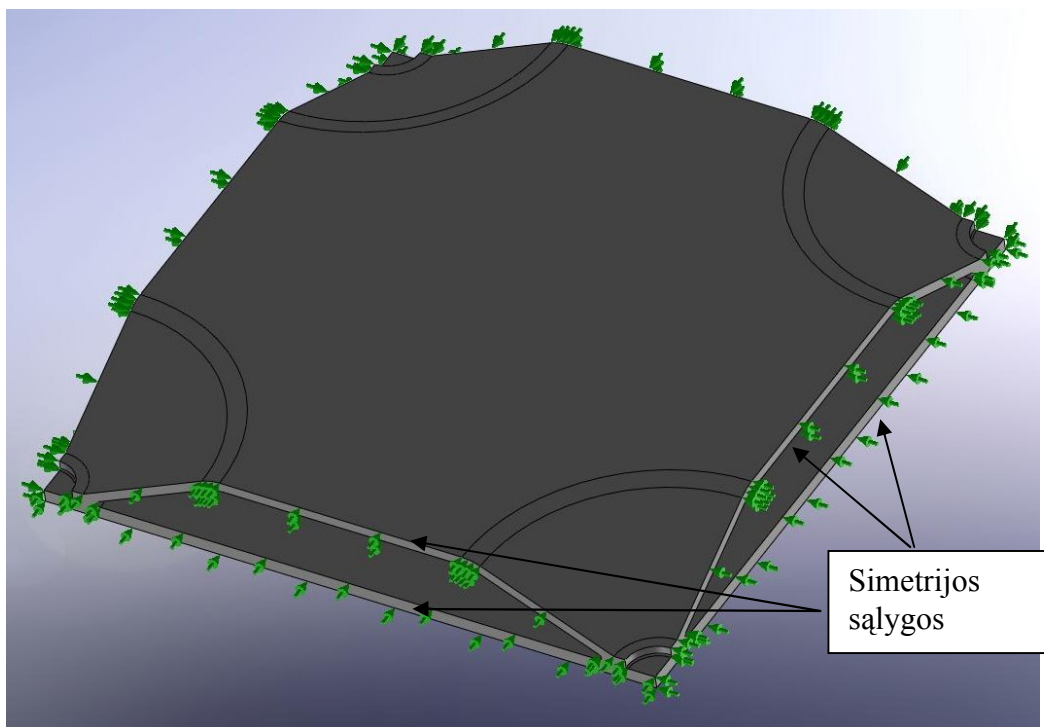


Pav.4.4 Modelis skaičiavimams: a) - vaizdas iš viršaus, b) – aksonometrija, c) – įdėtinės detalės ir vidinės sienelės sujungimas

Modelio baigtinių elementų tinklelis ir įtvirtinimo sąlygos parodytos pav. 4.5.



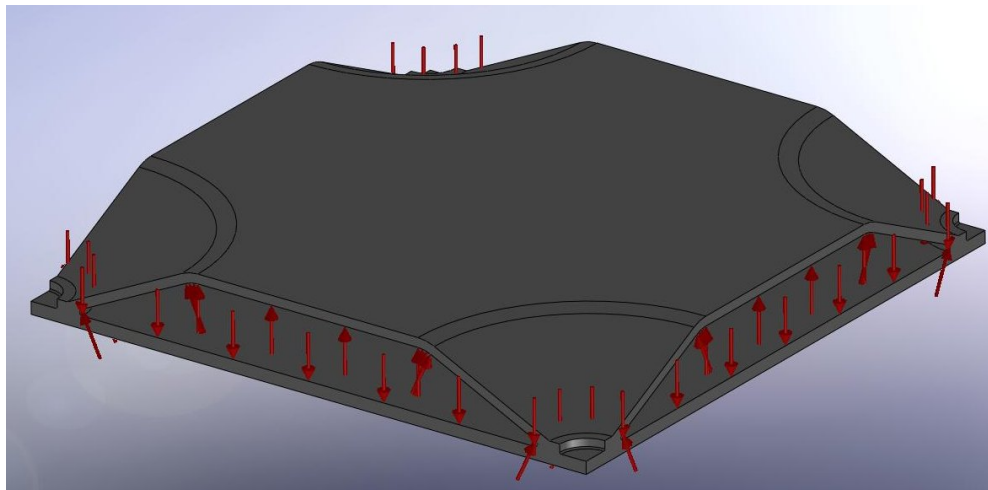
a)



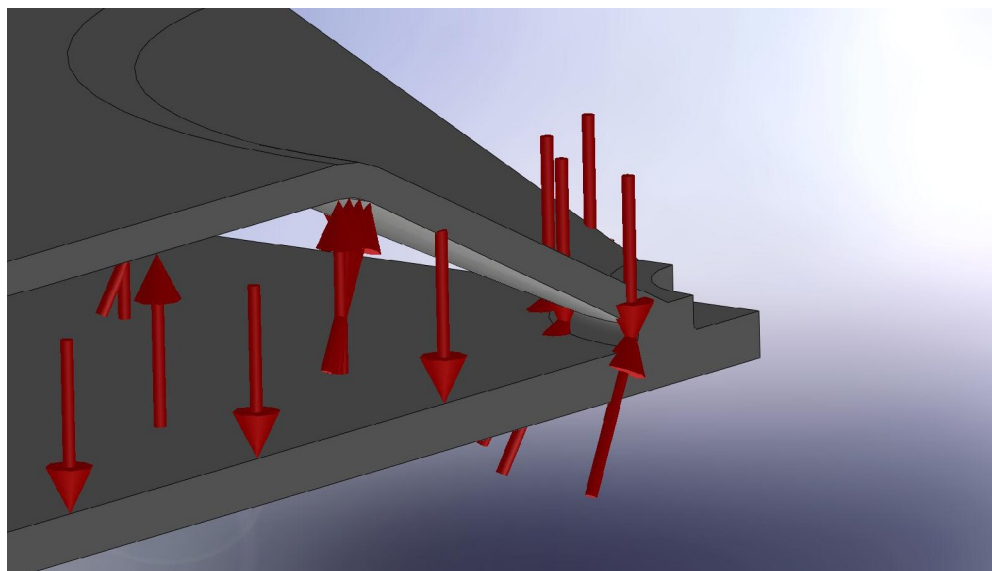
b)

Pav.4.5 Modelio baigtinių elementų tinklelis (a), įtvirtinimo sąlygos (b)

Medžiaga – plienas S235JRG2. Medžiagos mechaninės savybės: Jungo modulis – 205 GPa, Puasono koeficientas – 0.33, tankis – 7800 kg/m^3 , takumo riba – 280 MPa (235 N/mm^2). Modelio apkrovimas slėgiu (reikšmės - 1 baras, 1.5 baro ir 4 barai) parodytas pav. 4.6.



a)



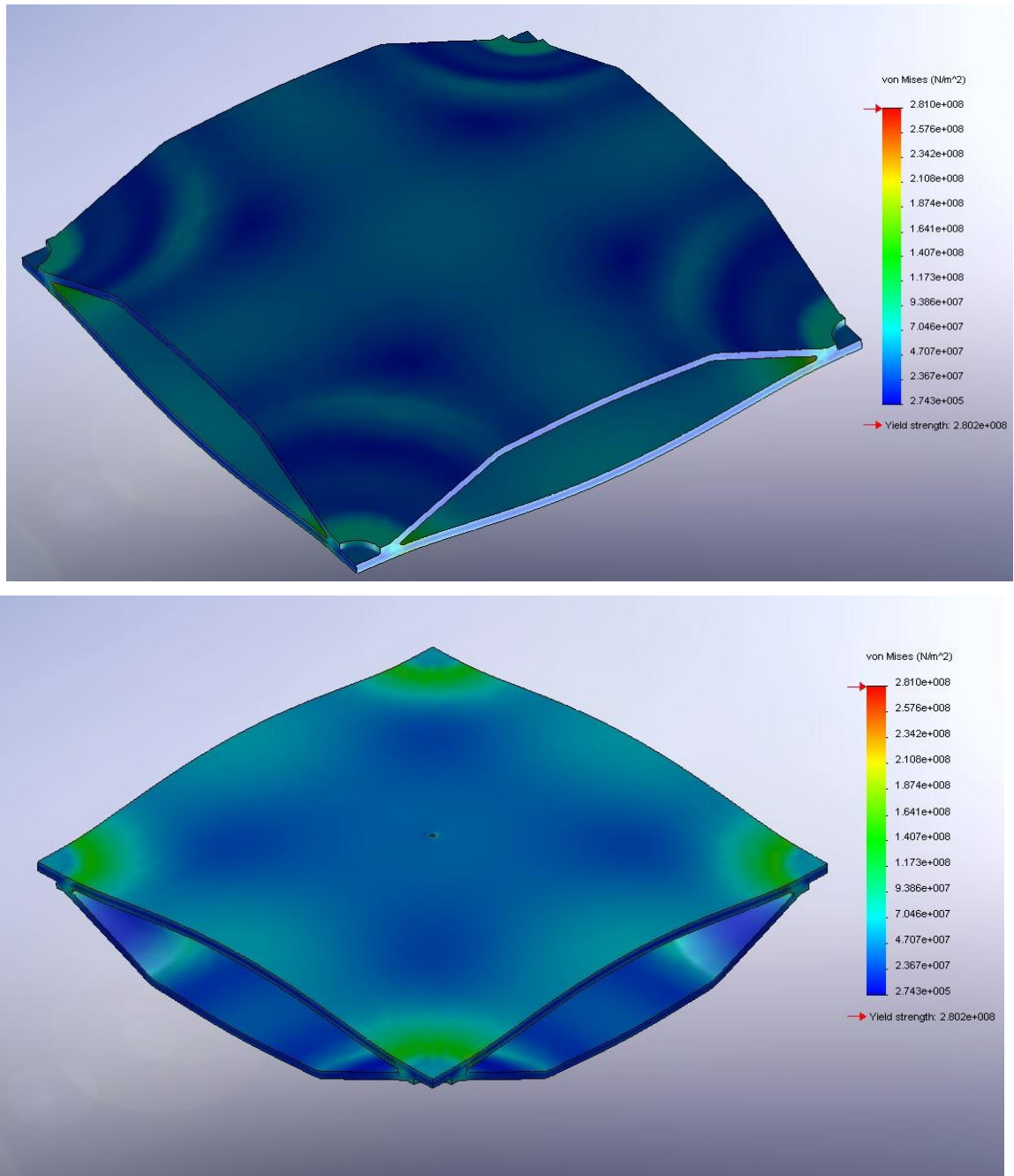
b)

Pav.4.6 Modelio apkrovos

4.2 Skaičiavimo rezultatai

4.2.1. Modelis su 3mm ir 4mm storio sienelėmis

Modelio, kurio vidinės sienelės storis 4 mm, išorinės – 3 mm, o atstumas tarp išformavimų centrų – 190mm, įtempimai pagal Von Mises kriterijų, esant 1 baro slėgiui, pateikti Pav. 7. Iliustracijose matyti, kad atsiradę maksimalūs įtempimai (apie 100 MPa) yra tamprumo zonoje ir leistinose ribose, todėl liekamosios deformacijos nesusidaro.

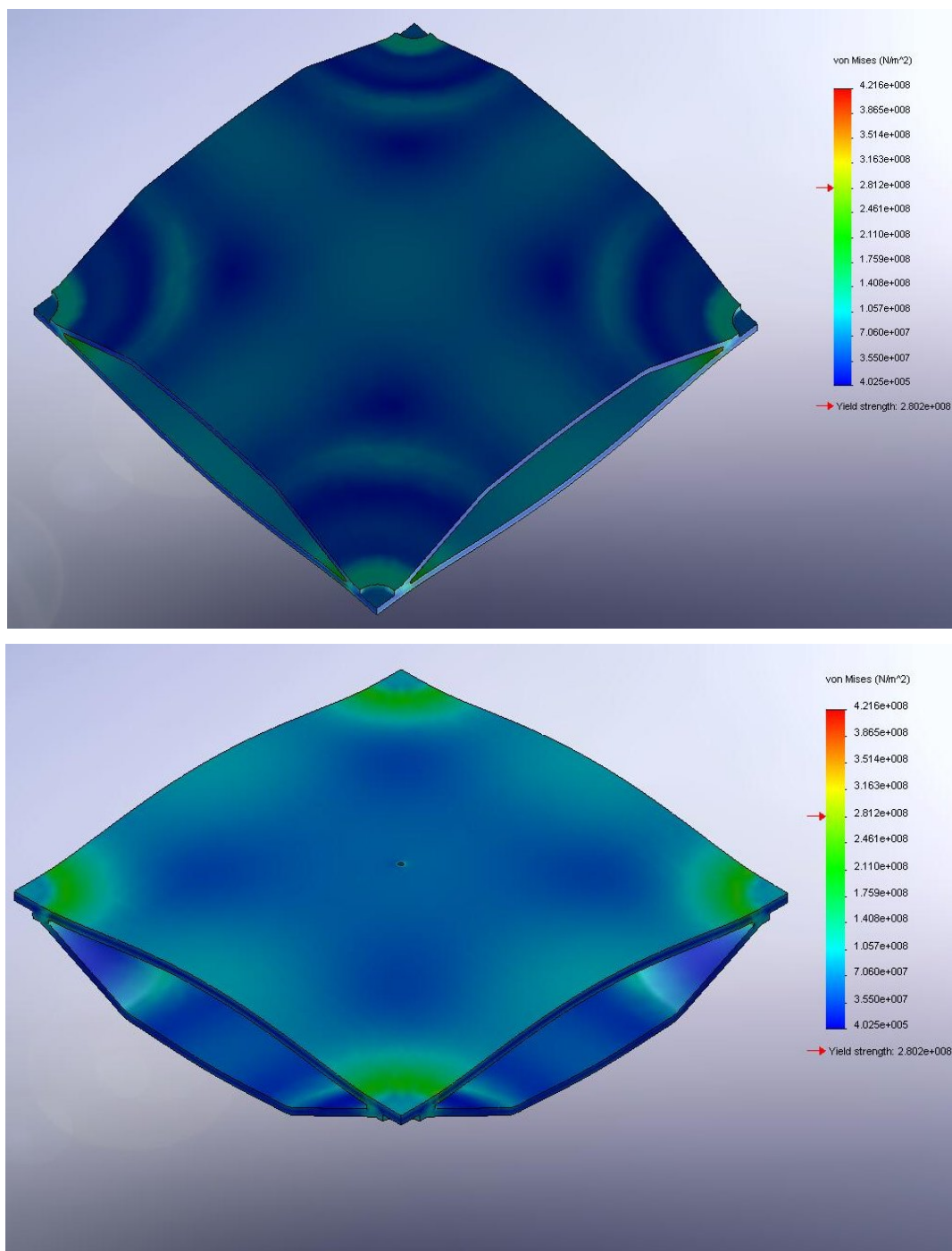


Pav.4.7 Įtempimai pagal Von Mises kriterijų. Slėgis = 1 baras. Sienelių storiai 3 mm ir 4 mm

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

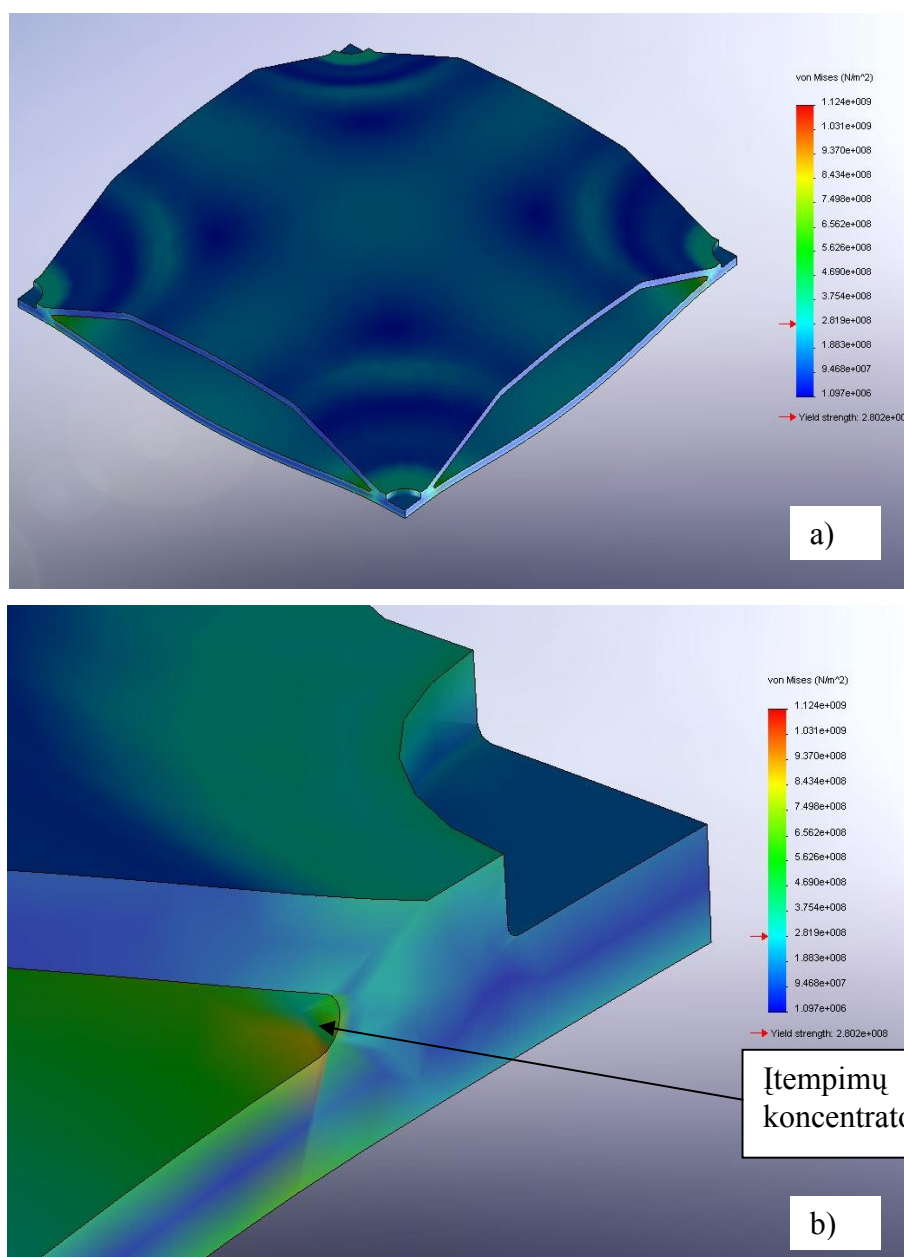
To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

Įtempimai pagal Von Mises kriterijų, esant 1.5 baro slėgiui, pateikti pav. 4.8. Ilustracijose matyti, kad atsiradę maksimalūs įtempimai (apie 220 MPa) yra tamprumo zonoje ir leistinose ribose, todėl liekamosios deformacijos nesusidaro.



Pav.4.8 Įtempimai pagal Von Mises kriterijų. Slėgis – 1.5 baro. Sienulių storiai 3 mm ir 4 mm

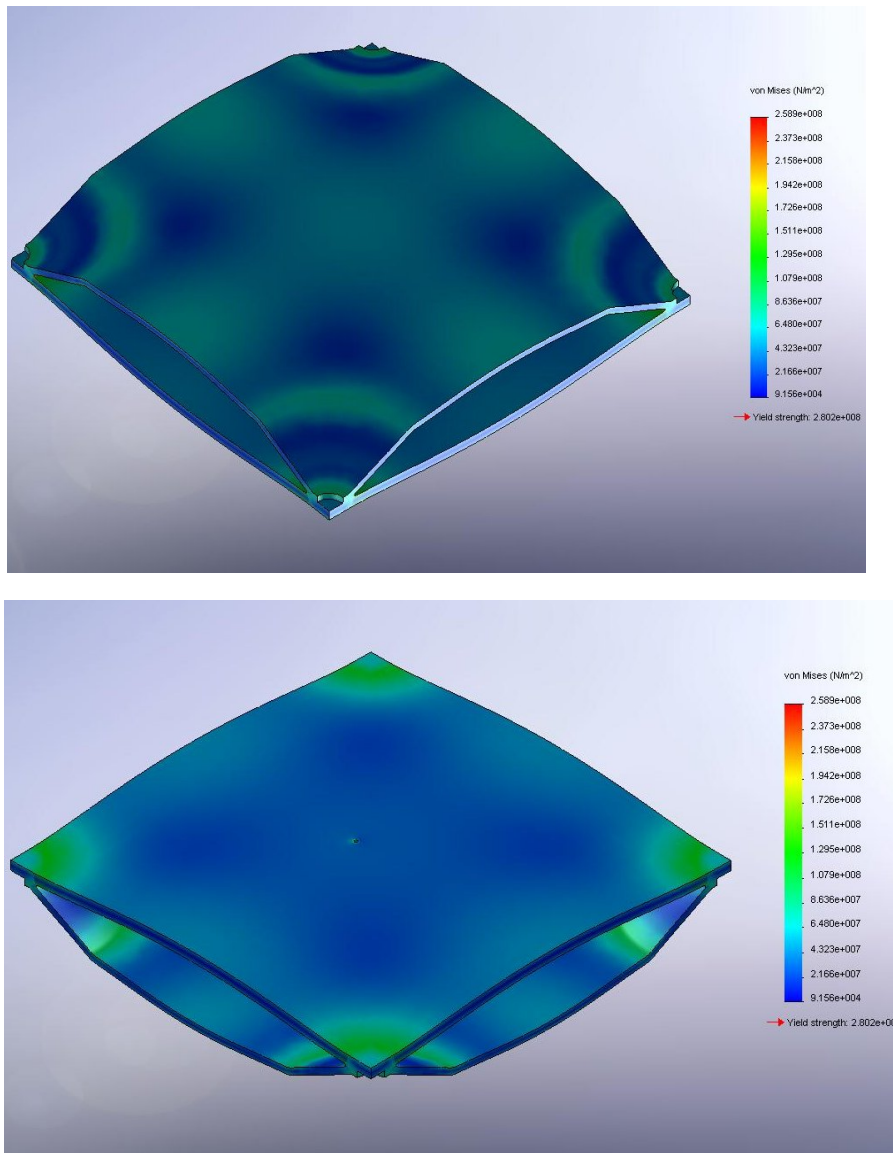
Įtempimai pagal Von Mises kriterijų, esant 4 barų slėgiui, pateikti Pav. 4.9. Pav.4.9a matyti, kad įdėtinės detalės suvirinimo su vidine sienele vietoje susidaro apie 900 MPa įtempimai. Tačiau šie įtempimai nulemti skaitinio modelio, modeliuojant simetrines kraštines sąlygas ir susidaro dėl baigtinių elementų formos toje vietoje (Pav.4.9b). Praktikoje toks įtempimų koncentratorius nesusidaro, nes visi išformavimo taškai yra vienodame įtempimų būvyje. Be to, 4 barų slėgis hidraulinių bandymų metu yra trumpalaikis, todėl gautas maksimalias įtempimų reikšmes įtempimų koncentratoriuje faktiškai galima nevertinti. Tokiu būdu gauti įtempimai vėl gi yra tamprumo zonoje (iki 280 MPa), todėl liekamosios deformacijos nesusidaro.



Pav.4.9 Įtempimai pagal Von Mises kriterijų. Slėgis – 4 barai. Sienelių storiai 3 mm ir 4 mm

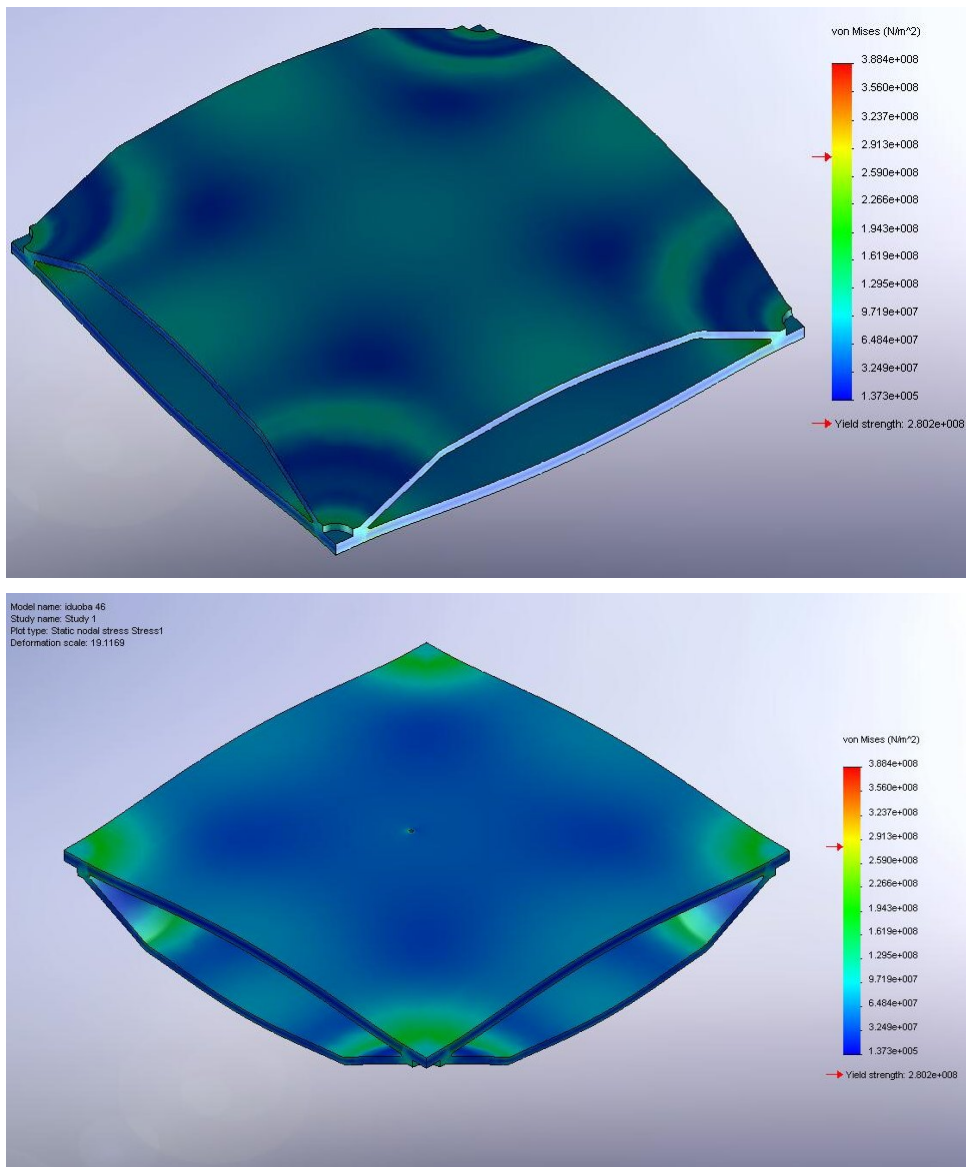
4.2.2. Modelis su 4mm ir 6mm storio sienelėmis

Modelio, kurio vidinės sienelės storis 6 mm, išorinės – 4 mm, o atstumas tarp įdėtinių detalių centrų – 240 mm, įtempimai pagal Von Mises kriterijų, esant 1 baro slėgiui, pateikti Pav. 4.10. Ilustracijose matyti, kad atsiradę maksimalūs įtempimai (apie 110 MPa) yra tamprumo zonoje ir leistinose ribose, todėl liekamosios deformacijos nesusidaro.



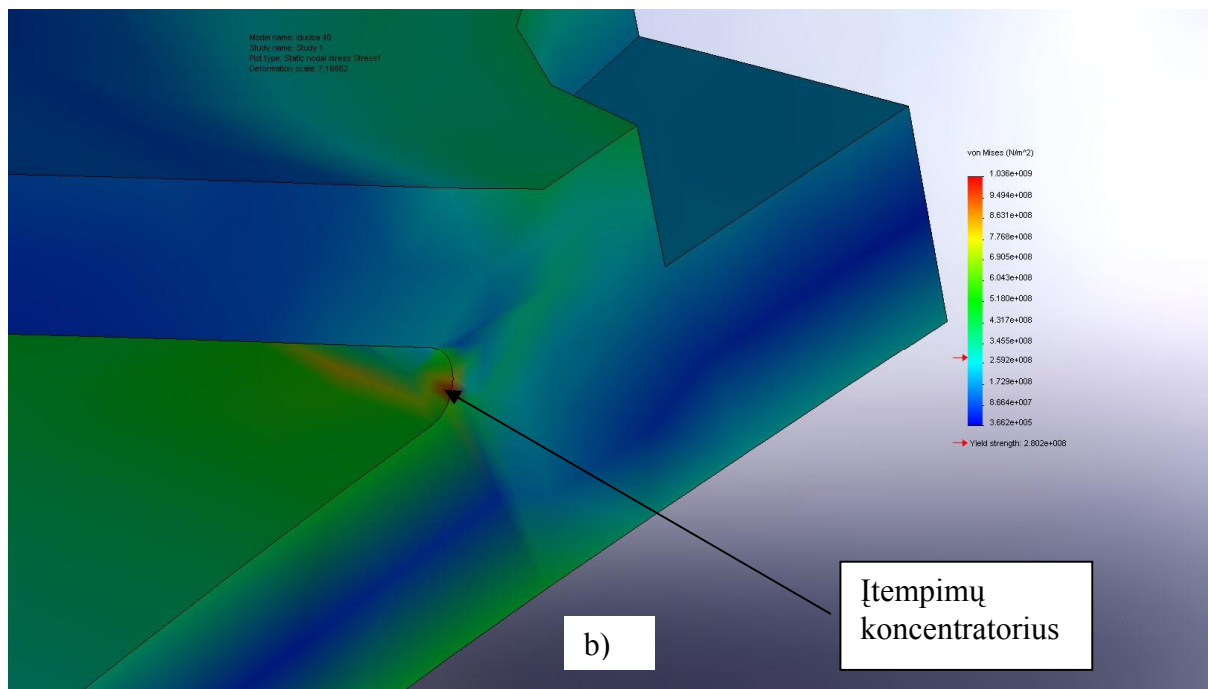
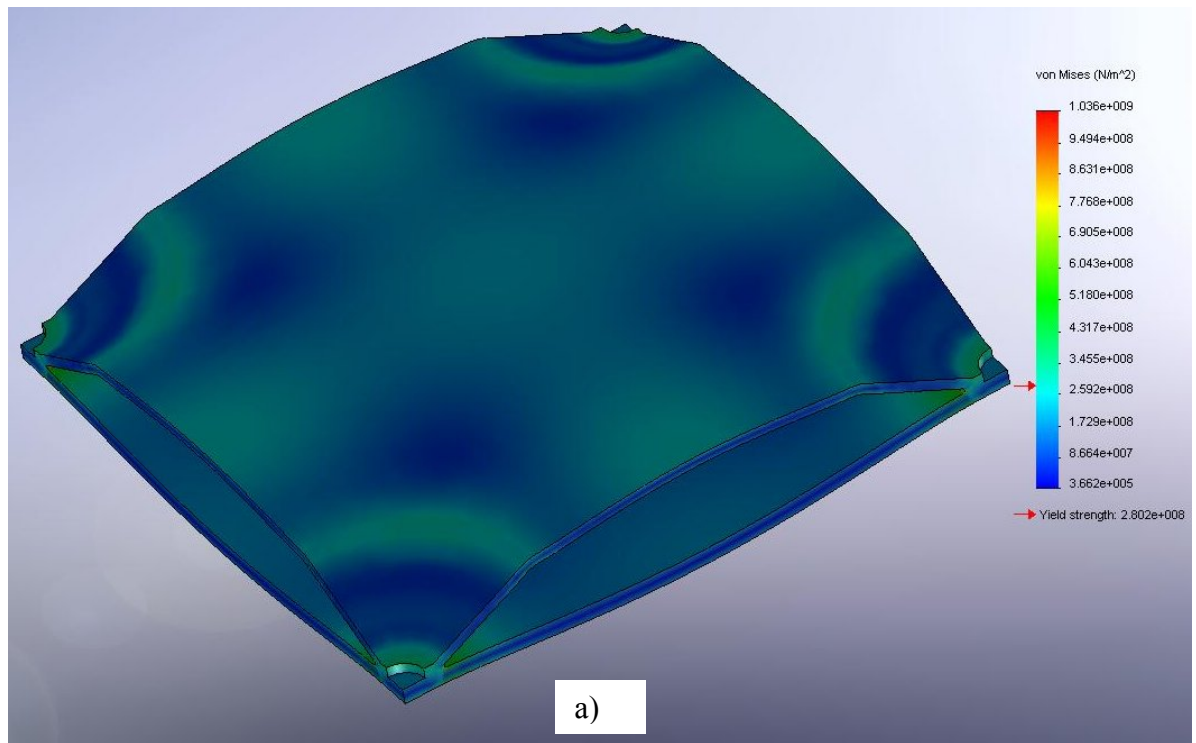
Pav.4.10 Įtempimai pagal Von Mises kriterijų. Slėgis – 1 baras. Sienelių storiai 4 mm ir 6 mm

Įtempimai pagal Von Mises kriterijų, esant 1.5 baro slėgiui, pateikti Pav. 4.11. Ilustracijose matyti, kad atsiradę maksimalūs įtempimai (apie 230 MPa) yra tamprumo zonoje ir leistinose ribose, todėl liekamosios deformacijos nesusidaro.



Pav.4.11 Įtempimai pagal Von Mizes kriterijų. Slėgis – 1.5 baro. Sienulių storiai 4 mm ir 6 mm

Įtempimai pagal Von Mizes kriterijų, esant 4 barų slėgiui, pateikti Pav. 4.12. Pav.4.12a matyti, kad išformavimo suvirinimo su vidine sienele vietoje vėl susidaro apie 900 MPa įtempimai. Tačiau šie įtempimai kaip ir ankstesniu atveju (žr. Pav. 4.9) nulemti skaitinio modelio, todėl gautas maksimalias įtempimų reikšmes įtempimų koncentracijoje faktiškai galima nevertinti. Tokiu būdu gauti įtempimai vėl gi yra tamprumo zonoje (iki 280 MPa), todėl liekamosios deformacijos nesidaro.



Pav.4.12 Įtempimai pagal Von Mizes kriterijų. Slėgis – 4 barai. Sienulių storiai 4 mm ir 6 mm

Skaičiavimų apibendrinimas

Baigtinių elementų skaičiavimo programa SOLIDWORKS COSMOSWorks sumodeliuotas šildymo katilo korpuso fragmentas. Skaičiavimų tikslas – nustatyti, koku didžiausiu atstumu gali būti nutolusę išformavimai vienas nuo kito, kad hidraulinių bandymų ir eksploatacijos metu nekiltų liekamųjų deformacijų.

Skaičiavimai atlikti prie 1 baro, 1.5 baro ir 4 barų slėgio. Katilo korpuso medžiaga – S235JRG2 plienas. Plieno mechaninės savybės: Jungo modulis – 205 GPa, Puasono koeficientas – 0.33, tankis – 7800 kg/m^3 , takumo riba – $280 \text{ MPa} (235 \text{ N/mm}^2)$

Didžiausias atstumas tarp įdėtinių detalių gali būti 190 mm kai vidinės korpuso sienelės storis yra 4 mm, o išorinės – 3mm.

Didžiausias atstumas tarp įdėtinių detalių gali būti 240 mm, kai vidinės korpuso sienelės storis yra 6 mm, o išorinės – 4mm.

5. GAMINAMO KATILO „KALVIS – 4D“ BANDYMŲ REZULTATAI IR JŲ ATITIKIMAS STANDARTŲ REIKALAVIMAMS

Katilo „KALVIS – 4D“ parametrų atitikimas LST EN 12815:2001; ĮST 14494895-13:2011 reikalavimams pateiktas 5 lentelėje.

6 lentelė. Katilo parametrų atitikimas standartų reikalavimams

Eil.Nr.	Parametras	LST EN 12815:2001	ĮST 14494895-13:2004	Atitikimas
1.	Gaminio žymuo	-	4	+
2.	Reikalavimai konstrukcijai	4.2	5.1.1	+
3.	Techninė deklaracija	4.1.	5.1.	+
4.	Gamybos kontrolė	9.3	15.2	+
5.	Suvirinimo siūlės	-	9.8.3 9.2 5.1.2.3 5.1.3.9	+
6.	Korpuso medžiagos	4.3.1; 9.3.2	5.1.2.3	+
7.	Kenksmingos medžiagos	-	5.1.2.5	+
8.	Minimalus sienelės storis	4.3.2	5.1.2.2	+
9.	Šilumokaičio ventiliavimas	4.7.1	5.1.3.6	+
10.	Vandens kanalų praplovimas	-	5.1.3.1	+
11.	Šildymo paviršių valymas	4.21	5.1.3.7	+
12.	Liepsnos patikrinimas	-	5.1.9.7	+
13.	Vandens sandarumas	4.7.4 5.5	5.1.3.5	+
14.	Keičiamos detalės	6.10	5.1.4	+
15.	Atvamzdžiai	4.5	5.1.3.2	+
16.	Valdymo įrangos pajungimas	9.3.4.	5.1.3.4	+
17.	Šilumos izoliacija	9.3.5.3	5.1.5	+
18.	Hidraulinis pasipriešinimas	-	5.2.4	Nebandyta
19.	Nutekėjimas degimo sistemoje	5.4	-	+
20.	Oro padavimo įranga	4.14	5.1.6	+
21.	Temperatūros valdymo ir ribojimo prietaisai	4.16	5.1.8	+
22.	Kuro pakrovimas	4.13	5.1.7	+
23.	Dūmų valdymo įranga	4.15	5.1.9.5	+

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

Eil.Nr.	Parametras	LST EN 12815:2001	IST 14494895-13:2004	Atitikimas
24.	Katilo kaminas	6	5.1.10	+
25.	Papildoma įranga	8	5.1.12	+
26.	El. dalies saugumas	7.2	5.1.11	-
27.	Katilo eksploataciniai reikalavimai	-	5.2	+
28.	Reikalavimai žymėjimui		7	+
29.	Montavimo instrukcija		6	+
30.	Reikalavimai įpakavimui		8	+

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcstechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

IŠVADOS

Atlikus katilo tipo bandymus nustatyta, kad:

1. Pagal tiesioginį katilo naudingumo koeficiento nustatymą katilas atitinka 1 klasę.
2. Pagal CO išmetimus, katilas atitinka 3 klasę. Todėl katilą klasifikuojame 3 klasei.
3. Baigtinių elementų skaičiavimo programa SOLIDWORKS COSMOSWorks sumodeliuotas šildymo katilo korpuso fragmentas. Atlikti skaičiavimai, to pasekoje nustatyta, kad didžiausias atstumas tarp įdėtinių detalių gali būti 190 mm, kai vidinės korpuso sienelės storis yra 4 mm, o išorinės – 3mm., o idžiausias atstumas tarp įdėtinių detalių gali būti 240 mm, kai vidinės korpuso sienelės storis yra 6 mm, o išorinės – 4mm.
4. Atlikti kuro kaloringumo priklausomybės nuo drėgmės skaičiavimai, nustatyta, kad kuo drėgnesnis kuras, tuo jo kaloringumas mažesnis. Pateikti Co išmetimų grafikai priklausomai nuo kuro drėgnumo.

LITERATŪRA

1. Šiluminė technika. Gimbutis G. Vilnius. Mokslas, 1993.
2. Energetikos krypties termoinžinerijos studijų programos bakalauro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Mokomoji knyga. Adomavičius A. Kaunas. Technologija, 2005
3. LST EN 303-5:2000 Šildymo katilai. 5 dalis. Rankomis ir automatiškai pakraunami kieto kuro šildymo katilai, kurių vardinė galia iki 300 kW. Terminija, bendrieji reikalavimai, bandymas ir žymėjimas.
4. Biokuro naudotojo žinynas. Talino technologijos universitetas. 2007 m.
5. UAB „KALVIS“ įmonės standartas ĮST 144948958-13:2004.
6. Kieto kuro katilo K – 4D montavimo ir aptarnavimo instrukcija.
7. STR 2.01.01(2):1999; „Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga“.
8. STR 2.01.01(6):1999; „Esminiai statinio reikalavimai. Energetijos taupymas ir šilumos išsaugojimas“.
9. STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“.
10. KALVIS [interaktyvus]. Šiauliai. 2012. - [žiūrėta 2011 11 27]. Prieiga per internetą <http://www.kalvis.lt/lt/apie_mus/technologine_iranga>
11. KALVIS [interaktyvus]. Šiauliai. 2012. - [žiūrėta 2011 11 27]. Prieiga per internetą <http://www.kalvis.lt/lt/apie_mus/kas_mes_esame_siandien.

PRIEDAI

Kieto kuro katilo „KALVIS - 4D bandymo protokolai

Katilas K-4D		Bandymo rezultatai			2011.09-09				
nominalus, kuras malkos, žieminiame režime, su pakeistais ardeliais ir plokstelese išgreztomis skylėmis									
Laikas, val.	Vanden s debitas, m ³ /h	Ištekančio vandens temperatūra	Grįžtančio vandens temperatūra	Kamin o trauka, Pa	Moment. Galingumas, kW	Dūmų temperatūra °C	CO kiekis	O ₂	λ
09:37					0				
09:47	0,58	73,2	58,8	10	9,713376	181	61000	10,4	2,03
09:57	0,58	71,9	58,4	10	9,10629	186	27000	9,7	1,73
10:07	0,58	75,8	59,8	12	10,79264				
10:17	0,58	82,1	62,3	11	13,355892	265	30100	8,3	1,69
10:27	0,58	84,2	63,9		13,693162				
10:37	0,57	79,3	63,5	12	10,473978	218	15900	11,8	2,3
10:47	0,57	80,7	62,9	11	11,799798				
10:57	0,58	77,9	62,9	10	10,1181	210	34200	11,9	2,35
11:07	0,58	77	61,8	10	10,253008				
11:17	0,58	82,2	62,7	11	13,15353	262	44300	7,9	1,61
11:27	0,58	78,4	63,1	10	10,320462				
11:37	0,58	81,4	63,7	10	11,939358	247	15900	11	2,09
11:47	0,58	81,5	63,4	11	12,209174				
11:57	0,58	82,7	64,3	9	12,411536	248	14800	9	1,76
12:07	0,58	84,8	65,1	10	13,288438				
12:17	0,58	80,8	65,1	9	10,590278	204	27900	11,1	2,15
12:27	0,58	80,3	64,6	9	10,590278				
12:37	0,58	77	63,4	9	9,173744	176	36300	13,6	2,82
12:47	0,58	72,7	61,2	9	7,75721				
12:57	0,58	70,7	60	10	7,217578	166	34700	14,6	3,37
3h20min									
3,333	0,579	78,730	62,545	10,158	10,898	214,818	31100,000	10,845	2,173
Ikrovos svoris, kg:			19,06	Q=c*m*DT/3600=...kWh;			Skaitliuko parod. prieš bandymą, kWh:		33215,8
Kuro drėgnumas, %:			20	c=4,19 medžiagos savitoji šiluma;					
Peleningumas, %:				m - medžiagos (vandens) masė kg;			Skaitliuko parod. po bandymo, kWh:		33250,2
Kaloringumas, kWh/kg:			3,926	ΔT - temperatūrų skirtumas;					
						5,25			34,400
Rezultatai :		74,8296	Vidutine aplinkos temperatūra =21.8			Skaitliuko parod. prieš bandymą, m3:		5494,227	
		7,2417							

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcltechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

0,09678

0,45971

Deginamos malkos 300mm ± 2mm

Pastabos: Matavimas atliktas su Delta 65.10:24 abiejuose pusese malkos atsiremusios I ploksteles laikiklius 11:18
kaireje puseje malkos sukrito.

Skaitliuko parod. po bandymo, m3:	5496,19
viso m3	1,963

This page was created using **BCL ALLPDF Converter** trial software.

To purchase, go to <http://store.bcstechnologies.com/productcart/pc/instPrd.asp?idproduct=1>

Katilas K-4D		Bandymo rezultatai			2011.09-13				
nominalus, žieminiame režime, kuras malkos, su pakeistais ardoliais ir plokstele išgretomis skylėmis									
Laikas, val.	Vandens debitas, m ³ /h	Ištekančio vandens temperatūra	Grįžtančio vandens temperatūra	Kamin o trauka, Pa	Moment. Galingumas, kW	Dūmų temperatūra °C	CO kiekis	O ₂	λ
11:11									
11:21	0,59	69,5	58,7	11	7,410636	181	27600	10,34	2,13
11:31	0,59	73,4	59,3	12	9,674997	260	26200	8,4	1,67
11:41	0,58	80,5	63,5	13	11,46718	230	16600	9,79	1,86
11:51	0,58	80,8	64,6	13	10,927548	230	16000	10,49	2
12:01	0,58	82,9	65,8	13	11,534634	257	12800	9,35	1,72
12:11	0,58	85,2	67,9	12	11,669542	239	16700	9,43	1,78
12:21	0,58	84,9	68,3	11	11,197364	225	17900	9,37	1,8
12:31	0,58	89,2	68,6	12	13,895524	280	8230	8,38	1,68
12:41	0,57	85,7	68,5	10	11,402052	227	11200	11,23	2,22
12:51	0,57	84,1	66,6	11	11,600925	241	12700	10,73	2,03
13:01	0,58	84,5	66,8	12	11,939358	253	11000	10,1	1,89
13:11	0,58	86,6	67,6	11	12,81626	224	13000	10,79	2,04
13:21	0,57	86,3	67,6	10	12,396417	218	13400	11,27	2,13
13:31	0,57	85,4	67,4	9	11,93238	230	13900	10,25	2
13:41	0,57	86,2	67,5	12	12,396417	221	16000	10,9	2,11
13:51	0,57	85,5	67,6	10	11,866089	237	11800	8,86	1,77
14:01	0,57	85,6	67,9	11	11,733507	182	23000	13,05	2,67
14:11	0,57	81,4	66,4		9,94365				
14:21	0,57	78,9	64,9	11	9,28074	162	32000	14,33	3,26
14:31	0,58	76,4	63,5	13	8,701566	160	31000	14,95	3,47
14:41	0,57	74,3	62,5	12	7,822338	144	30200	16,33	4,31
14:51	0,57	77	63	12	9,28074	173	20600	14,98	3,48
14:53									
3h42min									
3,700	0,576	82,014	65,659	11,476	10,950	217,810	18182,38 1	11,11 0	2,287
Ikrovos svoris, kg:			21,18	Q=c*m*DT/3600=...kWh;			Skaitliuko parod. prieš bandymą, kWh:		33361,1
Kuro drėgnumas, %:			21	c=4,19 medžiagos savitoji šiluma;					
Peleningumas, %:				m - medžiagos (vandens) masė kg;			Skaitliuko parod. po bandymo, kWh:		33397,6
Kaloringumas, kWh/kg:			3,926	ΔT - temperatūrų skirtumas;					
			5,25						36,500
Rezultatai			83,1526	Vidutine aplinkos temperatūra =23.31°C			Skaitliuko parod. prieš bandymą, m ³ :		5513,70 9
:			8						
			8,46066						
			7						
			0,10174						
			9						
			0,43895						
			2						
Deginamos malkos 300mm ± 2mm							viso m ³		2,183
Pastabos:			Pakibimų nepastebėta. 14:43 pradarytos katilo durelės, kad sujunginti malkas, viena malka buvo pakibusi.						

