



1 DALIS – WP1-LT

**ŠILUMINIAI IR MECHANINIAI
POVEIKIAI**

VG TU MI "KOMPOZITAS" VERTIMAS, VILNIUS 2008-2009

1 dalis. Šiluminiai ir mechaniniai poveikiai

O. Vassart, L.G. Cajot & M. Brasseur
ArcelorMittal, Esch/Alzette, Grand-Duchy Liuksemburgas

SANTRAUKA: bendras šio pasiūlymo techninis siekis yra praktiniam naudojimui paskleisti esmines **Inžinerines Konstrukcijų Gaisrinės Saugos Žinias**, sukauptas gausiais per paskutiniuosius 25 metus ECSC finansuotais projektais. Tikslas yra paskleisti kaip galima plačiau paskleisti įvairiose šalyse ir įvairiomis kalbomis. Pirmoji šio darbo dalis yra aprėpti 1 Darbo dalį, kuri apibrėžia esamas priemones **Šiluminiams poveikiams** įtrauktiems į dabartinius Eurokodus nustatyti.

1 ĮVADAS

Septintajame dešimtmetyje visa eilė dramatiškų gaisrų, tokių kaip gaisras prekybos centre Briuselio „Innovation“, nusinešusio daugiau kaip 300 gyvybių, ir gaisras Prancūzijos miesto Saint-Laurent-du-Ponto diskotekoje paskatino ženklų naujų reglamentų visoje Europoje atsiradimą.

Dabartiniai reglamentai nagrinėja visą eilę sričių, apimančių:

Išsigelbėjimo priemonės;

Ugnies plitimą: įskaitant „atsparumą ugniai“ ir „atsaką į gaisrą“;

Konstrukcijos atsparumą ugniai, nusakomą atsparumo trukme, R30, 60, 90 arba 120;

Dūmų ir šilumos šalinimo sistemą;

Aktyviasias gaisro gesinimo priemones tokias kaip gesintuvus, dūmų jutiklius, automatinį gesinimą;

Gaisrinės komandos prieigą.

Net jei gaisrinės saugos pagrindinės sąvokos ir kontekstas yra vienodi visoje Europoje, reikalavimai yra nevienodi. Tai buvo nagrinėta „natūralaus gaisro saugos koncepcijos 1“ (angl. santrumpa - NFSC1) projekto [11] rėmuose ir buvo atnaujinti duomenų gautų vykdant pastarąjį „Europos anglies ir plieno bendrijos“ (angl. santrumpa - ECSC) projektą „Rizika pagrįsti gaisro reikalavimai“ [18]. Pavyzdžiui, Ispanijoje, vienaaukščiam pastatui reikiamas atsparumas ugniai yra iki R120, tačiau Šveicarijoje atsparumo ugniai reikalavimai nekeliami. Vidutinio aukščio biuro pastato atsparumas ugniai R60 yra reikalaujamas Nyderlanduose, lyginant su R120 Prancūzijoje [11]. Pagrindiniai parametrai apibrėžiantys reikalavimus yra pastato aukštis ir pastato paskirtis susieta su žmonių skaičiumi ir vykdomos veiklos rūšimi. Atsparumo ugniai reikalavimai turėtų būti paremti parametrais, veikiančiais gaisro raidą ir plėtrą. Tai apima:

Gaisrą [gaisro kilimo tikimybę, gaisro plitimą, gaisro trukmę, gaisro apkrovą, gaisro smarkumą...];

Vėdinimo sąlygas;

Gaisrinį skyrių (tipą, dydį, matmenis);

Konstruktinio elemento tipą;

Evakuacijos sąlygas;

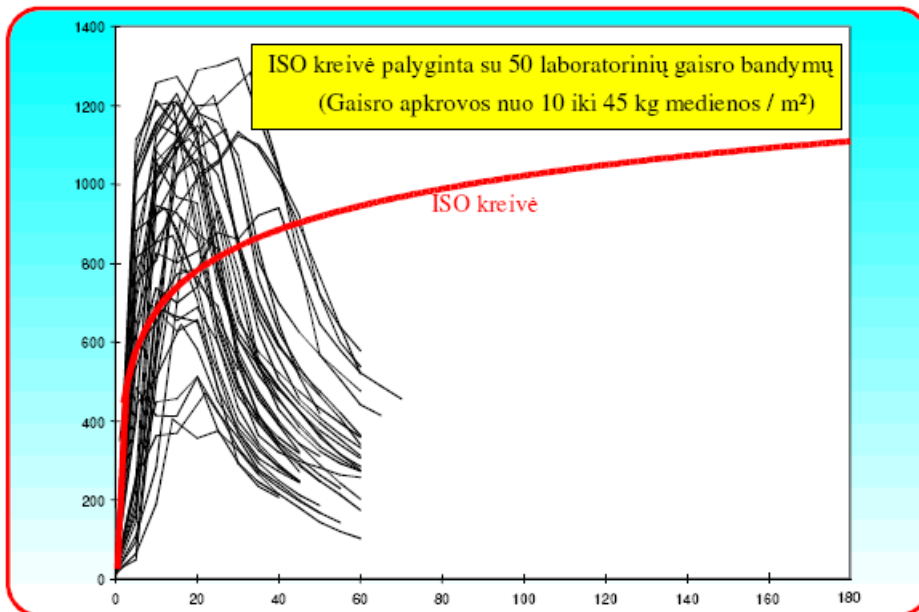
Gelbėjimo komandos sauga;

Riziką gretimiems pastatams;

Aktyviasias gaisro gesinimo priemones.

Dabartiniai reglamentai neskiria tinkamo dėmesio automatinio gesinimo priemonių poveikiui slopinant ar gesinant gaisrą. Duomenys surinkti [11, 18] tai parodo, išskyrus labai retus atvejus. Dabartiniai reikalavimai yra visiškai vienodi nežiūrint to ar yra automatinis gesinimas, ar jo nėra. Tam, kad sistemškai atsižvelgti į visus šiuos fizikinius veiksnius, skirtingais ECSC moksliniais projektais ir remiantis „gaisro saugos koncepcija“ [11, 12, 13, 18] buvo vystomi daug tikroviškesni ir įtikinamesni konstrukcijų saugos gaisro atveju, įskaitant aktyviasias gaisro gesinimo priemones ir tikrąsias gaisro charakteristikas, būdai. Ši metodika buvo vystoma remiantis statistiniais, tikimybiniais ir deterministiniais būdais ir skaičiavimais. Šis metodas yra taikomas visoms konstrukcinėms

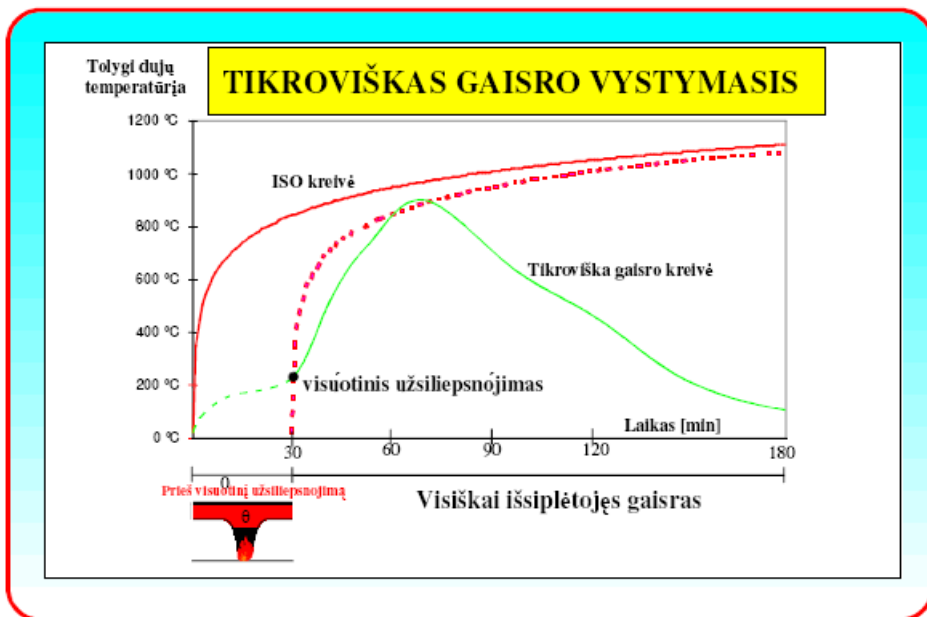
medžiagoms ir pastatams. 1.1 pav. parodytas “natūralaus” gaisro kreivių skirtingoms (gaisrinio skyriaus dydžio, gaisro apkrovos, sienų izoliacijos, degumo charakteristikų...) ir standartinės ISO gaisro kreivės palyginimas.



1.1 pav. Tikrojo ir ISO gaisrų laikinės-temperatūros kreivės

Tai parodo sudėtingumus vertinant elementų elgseną tikrojo gaisro atvejų vartojant duomenis gautus pagal vieną ISO gaisro kreivę. Tikrasis gaisras turi tokių charakteristikų, į kurias nėra atsižvelgta standartinė ISO gaisro kreivė. Tikrojo gaisro charakteristikos yra parodytos 1.2 pav., ir apima:

- Rusenimo tarpsnį: užsidegimą ir gaisro rusenimą labai žemoje temperatūroje, kurio trukmę dažnai yra sunku apskaičiuoti. Šis tarpsnis yra parodytas 1.2 pav;
- Vystymosi tarpsnį, vykstantį prieš visuotinį užsiliepsnojąmą (vietinis gaisras); šio tarpsnio trukmė priklauso pagrindinai nuo patalpos charakteristikų. Gaisras išlieka vietiniu iki susidaro visuotinio užsiliepsnojimo galimybė;
- Visuotinį užsiliepsnojąmą: visuotinis užsiliepsnojimas yra bendrasis gaisras. Šis tarpsnis paprastai yra labai trumpas;
- Gaisrą po visuotinio užsiliepsnojimo: šis tarpsnis atitinka bendrąjį gaisrą, kurio trukmė priklauso nuo gaisro apkrovos ir vėdinimo;
- Gesimo tarpsnį: gaisras pradeda gesti iki visos degios medžiagos visiškai sudega.



1.2 pav. Tikrojo gaisro tarpsniai

2 Metodika

2.1 Įvadas

Gaisro vystymosi gaisriniame skyriuje nustatymas reikalauja žinių apie daugelį parametrų. Šių parametrų skaičius yra nustatytas pagal pastato charakteristikas. Nepaisant to, pagrindinė charakteristika, gaisro apkrova paprastai yra aktyvumo funkcija ir negali būti pastovi pastato gyvavimo laikotarpiu. Gaisro apkrova gali būti nustatyta kaip statistinis skirstinys. Projektuojant konstrukcijas normaliajai temperatūrai, mechaninės apkrovos, tokios kaip savasis svoris, naudojimo ir vėjo apkrovos taip pat yra nustatytos vartojant statistinį skirstinį.

Tuo pat būdu, taikant tikimybinis metodus buvo nustatyta ir pastatų gaisrinė sauga. Visuotinėje natūralaus gaisro saugos koncepcijoje tikslas yra nustatyti numanomą irties reikšmę. Siekis nėra pakeisti tikrąjį saugos lygį esantį nuorodinėse normose, bet įvertinti atitinkama realios irties tikimybę arba saugos lygiu.

Paprastas saugos įvertinimo būdas pagrįstas metodu naudojamu konstrukcijų skaičiavimui normaliajai temperatūrai ir apibūdina skaičiuotinę gaisro apkrovą atsižvelgiant į gaisro kilimo tikimybę ir aktyvių gaisro gesinimo priemonių įtaką.

Skaičiuotinė gaisro apkrova tuomet yra naudojama gaisro skaičiuojamuosiuose modeliuose, kad nustatyti konstrukcijų elgsena gaisre.

2.2 Tikslai

Tikslas pasiekti priimtina saugos lygį. Priimtinas saugos lygis gali būti nustatytas lyginant kitas gyvenime esamas rizikas įskaitant pastatų konstrukcijų griūtį normaliomis sąlygomis. Norminė konstrukcijų griūties normaliomis sąlygomis tikimybė yra $7,23 \cdot 10^{-5}$ per pastato gyvavimo trukmę. Tikslas yra: $P_f(\text{irties tikimybė}) \leq P_t(\text{norminė tikimybė})$.

Kaip tai yra apibrėžta Eurokoduose – gaisras yra atsitiktinis poveikis. Dideli statistiniai tyrimai buvo atliekami tam, kad nustatyti gaisro kilimo tikimybę. Šis užsidegimas yra pastato veiklos funkcija. Buvo nustatytas geras statistinių duomenų, gautų iš skirtingų Europos šalių, tarpusavio sutapimas[11].

Prasidėjus gaisrui griūtis gali įvykti tik jei gaisras tampa smarkus. Būtina nustatyti tikimybę, kad gaisras išsivystys į smarkų gaisrą. Šiame tarpsnyje aktyviosios priemonės, gyventojam ir ugniagesiams tenka svarbus vaidmuo. Tai reiškia, kad daugeliu atveju šis gaisras bus sustabdytas labai greitai ir niekada nekils. Pagal statistinius duomenis, buvo tinkamai atsižvelgta į aktyviųjų priemonių veikimą ir gaisrinės komandos įsikišimą nustatant smarkaus gaisro pastate kilimo tikimybę. Taigi pagal aktyviausias (automatinio gesinimo, jutiklių...) ir pasyviausias (suskirstymas į gaisrinius skyrius) pastate naudojamas priemonės, veiklos rūšį pastate, gaisrinės

komandos įsikišimą ir skaičiuojamą gaisro apkrovą yra skaičiuojama nuo norminės tikimybės. Šis būdas išvystytas ir detaliai pateiktas 5 skyriuje.

2.3 Gaisro vystymosi skaičiuotinis metodas

Skirtingi gaisro vystymosi skaičiuotiniai metodai yra:

Paprastieji modeliai: daugiausiai parametriniai gaisrai;

Zoniniai modeliai: šie modeliai atsižvelgia į pagrindinius gaisro kontrolės parametrus;

Lauko modeliai: labiau kompleksiškesni kaip bendrojo naudojimo skaičiavimo priemonė. Tačiau lauko modeliai yra tik priemonės sudėtingos (s sofistinių) geometrijos pagrindimui [19].

Vienazonio modelio prielaidos yra susietos tolygios temperatūros visame gaisrininiame skyriuje gaisru, tuo tarpu dvizonio gaisro modelis yra susietas dūmų sluoksnio išsisluoksniavimu nuo vietinio gaisro.

Pagrindinis gaisro vystymosi parametras yra šilumos išsiskyrimo sparta (RHR). Ši šilumos išsiskyrimo sparta yra gaisrinio skyriaus dydžio bei paskirties ir laiko funkcija. Pradžioje, tarpsniu prieš visuotinį užsiliepsnoją, gaisras yra lokalus. Šio tarpsnio pradžia yra apibūdinama gaisro vystymusi, kuris nustatytas tarus esant t^2 -gaisrui. Tai reiškia, kad šilumos išsiskyrimo sparta yra apibrėžta paraboline lygtimi. Pastatai yra suskirstyti į 4 kategorijas atsižvelgiant į gaisro plitimo greitį: mažas, vidutinis, greitas ir labai greitas. Šilumos išsiskyrimo sparta pasieks didžiausiąją reikšmę atitinkančią pastoviąją būklę nustatyta pagal kuro arba vėdinimo kontrolės sąlygas.

Vienas iš įvertinimų yra žinoti (RHR) raidą ir nustatyti ar gaisras vystysis iki visuotinio užsiliepsnojimo ar išliks lokaliu gaisru. Kai sąlygos pliūpsniui ar bendrajam gaisrui nėra pasiektos, gaisras išliks lokaliu gaisru. Šioje sąlygoje dvizonis modelis yra naudojamas įvertinti bendruosius dūmų sluoksnio poveikius. Vietiniai poveikiai šalia gaisro taip pat yra nagrinėti empirinius modelius išvysčius pirmiausiai mokslinius „natūralaus gaisro dideliuose gairiniuose skyriuose“ tyrimus [8]. Hasemi [17] atliko eksperimentinius tyrimus vietiniams šiluminiams gaisro poveikiams nustatyti, kuriems supaprastintasis metodas ir buvo sukurtas. Dviejų modelių derinys leidžia nustatyti temperatūros lauką šalia ir toliau nuo gaisro.

2.4 Konstrukcijų elgsena ugnyje

Pagal šį šiluminį poveikį, turi būti apskaičiuota šilumos perdavą į konstrukcinį elementą. Gali būti naudojami skirtingi lygio modeliai. Konstrukcijų elgsena temperatūrinio lauko konstrukcijoje ir mechaninių apkrovų derinio atveju gaisro metu gali būti įvertinta skirtingo lygio modeliais.

Gali būti taikomi supaprastintieji modeliai skaičiuojant elementus paeilui. Paprastai šis modelis paremtas kritinės temperatūros sąvoka. Jei įkaitimo temperatūra yra žemiau kritinės temperatūros, irtis yra negalima, jei įkaitimo temperatūra yra didesnė už kritinę temperatūrą – bus irtis. Yra „atitikties arba irties“ kriterijus. Tikslas yra tuomet pasiektas jei laikas iki irties yra didesnis nei reikiamas natūralaus gaisro vyksmas.

Daugelis sofistinių modelių, kaip pvz., taikant baiginių elementų skaičiavimus, gali būti naudojami. Šio modelio rezultatas paprastai yra deformacijos per visą gaisro trukmę. Kai kuriais atvejais, naudojimo kriterijus (nustatyti, kuriame lygyje tikslas yra pasiektas) gali būti pateiktas kaip deformacijos.

Žinios apie konstrukcijų elgsena ugnyje leidžia įvertinti iki naudojimo kriterijaus ribos nusakant kaip ribinę deformaciją arba konstrukcijos pažaidą.

Naudojimo pasirinkimas projektuojant priklausys nuo irties padarinių ir pastato paskirties.

Tam tikriems išskirtiniams daugiaaukščiams pastatams tai gali reikšti, kad konstrukcijų irtis yra negalima per visą gaisro trukmę.

Šių modelių charakteristikos bus išvystytos 3 Darbo dalyje.

2.5 Reikiami duomenys

Tam, kad pritaikyti šią metodiką, turi būti žinomos pastato charakteristikos. Ši metodika yra pritaikyta gaisriniam skyriui po gaisrinio skyriaus. Gaisrinis skyrius turi būti apibrėžtas, ne tik pagal matmenis, bet taip pat ir pagal sienų, galinčių akumuliuoti ar perduoti didelę dalį gaisro metu atsiradusios energijos, šilumines charakteristikas bei angas, pro kurias galimas oro mainai su gaisrinio skyriaus išore. Tam, kad nustatyti visus šiuos duomenis, keletas taisyklių ir lentelių bus pateikta 3 skyriuje

3 GAISRINIO SKYRIAUS CHARAKTERISIKOS

3.1 Įvadas

„Natūralaus gaisro sauga“ metodas, skaičiuojant gaisrine saugą yra apgrįstas fizikiniu terminių poveikių nustatymu. Sąlytyje su tradiciniais skaičiavimais, tokie parametrai kaip gaisro apkrovos kiekis, šilumos išsiskyrimo sparta ir vėdinimo mastas vaidina svarbų vaidmenį skaičiuojant natūralųjį gaisrą. Daugelyje pastatų, galimų gaisro scenarijų skaičius yra begalinis ir jų skaičių reikia sumažinti. Tik „patys nepalankiausi gaisro scenarijai“ bus išnagrinėti. Jei skaičiuotiniai gaisro scenarijai pasirinkti, yra keletas galimų gaisro modelių šiluminiam poveikiams skaičiuoti.

3.2. Gaisrinį skyrių ribojantys elementai

Natūralaus gaisro saugos sąvoka gaisro vystymąsi apibrėžia tik gaisriniame skyriuje. Galioja prielaida, kad gaisras neplinta į kitus gaisrinius skyrius. Ar tai tiesa, priklauso nuo ribojančiųjų konstrukcijų (grindų, sienų [įskaitant duris] ir pan.) elgsenos gaisro metu.

Yra būtina suprasti šią elgseną tam, kad įvertinti jų gebą atlikti gaisro užtvartos vaidmenį. Yra galimos tokios pasirinktys:

Specialūs bandymai: elementai krosnyje gali būti veikiami pagal laikinę temperatūros kreivę kai skaičiuojama taikant gaisro modelius pagrįstus pačiu nepalankiausiu gaisro scenarijumi;

Kvalifikuota samprata: šis būdas leidžia naudoti turimus skiriamųjų elementų ISO atsparumo ugniai bandymų rezultatus;

Tiesioginis ISO reikalavimų taikymas: Nacionalinės normos apibrėžia gaisrinius skyrius su ISO atsparumo ugniai reikalavimais sienoms, perdangoms, durims ir grindims priklausomai nuo pastato naudojimo ir matmenų.

Dvi pirmosios pasirinktys gali būti taikomos ribotam skiriamųjų elementų skaičiui ir susijusios su išlaidų padidėjimu. Praktikoje, dažniausiai yra taikoma 3-ioji pasirinktis.

3.3 Sienos: šiluminės charakteristikos

Šilumos nuostoliai iš gaisrinio skyriaus yra svarbus veiksnys nustatant temperatūrą. Šilumos nuostoliai per gaisrinį skyrių ribojančias konstrukcijas vyksta konvekcijos ir spinduliavimo būdu. Šiluminės sienų savybės turi būti žinomos.

Trys pagrindiniai parametrai apibūdinantys medžiagos šiluminės savybes yra:

šiluminė talpa c_p ;

tankis ρ ;

šilumos laidis λ .

Šilumos laidis ir šiluminė talpa priklauso nuo temperatūros.

Taikant supaprastintuosius modelius naudojama tik šiluminė inercija – vadinama b faktoriumi. Faktorius b yra nustatomas pagal šiluminės savybes (3.1) išraiška:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c_p} \quad (3.1)$$

– Skaičiuojant b faktorių atitvarų tankis ρ , savitoji šiluminė talpa c_p , šilumos laidis λ gali būti imamas esant normaliai aplinkos temperatūrai [1].

Jei sienos iš keleto medžiagų, siūloma b faktorių nustatyti tokiais būdais:

– Jei medžiaga (2) yra apsaugota stora medžiaga (1), tai $b_1 < b_2$, b faktorius yra imamas kaip 1 medžiagos b faktorius: $b = b_1$.

– Kitu atveju, jei $b_1 > b_2$, galime nustatyti ribinį 1 medžiagos storį (3.2) išraiška:

$$S_{1,\text{lim}} = \sqrt{\frac{t_d \lambda_1}{c_1 \rho_1}} \quad \text{čia: } t_d \text{ yra gaisro trukmė iki slopimo tarpsnio} \quad (3.2)$$

Be to b faktorius yra nustatomas taip:

Jei $s_1 > s_{1,lim}$ tuomet $b=b_1$

$$\text{Jei } s_1 < s_{1,lim} \text{ tai } b = \frac{s_1}{s_{1,lim}} b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{1,lim}} \right) b_2$$

3.1 lentelėje pateiktos dažniausiai naudojamų medžiagų šiluminės charakteristikos esant skirtingoms temperatūroms

3.1 lentelė medžiagų šiluminės charakteristikos

Medžiaga	Temperatūra (°C)	λ (W/m/K)	ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg°K)
Įprastasis betonas	20	2	2300	900
	200	1,63	2300	1022
	500	1,21	2300	1164
	1000	0,83	2300	1289
Lengvasis betonas	20	1	1500	840
	200	0,875	1500	840
	500	0,6875	1500	840
	1000	0,5	1500	840
Plienas	20	54	7850	425
	200	47	7850	530
	500	37	7850	667
	1000	27	7850	650
Gipsinėzoliacinė medžiaga	20	0,035	128	800
	200	0,06	128	900
	500	0,12	128	1050
	1000	0,27	128	1100
Sandarinimo cementas	20	0,0483	200	751
	250	0,0681	200	954
	500	0,1128	200	1052
	800	0,2016	200	1059
CaSi plokštė	20	0,0685	450	748
	250	0,0786	450	956
	450	0,0951	450	1060
	1050	0,157	450	1440
Mediena	20	0,1	450	1113
	250	0,1	450	1125
	450	0,1	450	1135
	1050	0,1	450	1164
Plytos	20	1,04	2000	1113
	200	1,04	2000	1125
	500	1,18	2000	1135
	1000	1,41	2000	1164
Stiklas	20	0,78	2700	840

3.4 Angų charakteristikos

Angos atitvarose gali būti – langai, durys, stogo vėdinamosios angos. Gaisro smarkumas ativertoje vietoje priklauso nuo angų skaičiaus atitvaroje.

Angų faktorius O naudojamas supaprastintuose modeliuose vienai stačiajai angai yra nustatomas (3.3) išraiška:

$$O = A_w \sqrt{H} \quad (3.3)$$

Jei turi būti atsižvelgta į keletą stačiųjų angų, turi būti naudojamas suminis plotas ir lygiavertis aukštis. Jie nustatomi (3.4) ir (3.5) išraiškėmis:

$$A_w = \sum A_{wi} \quad (3.4)$$

$$H = \left[\frac{\sum A_{wi} \sqrt{H_i}}{\sum A_{wi}} \right]^2 \quad (3.5)$$

čia A_w yra angos plotas, H angos aukštis, o i atitinka angų skaičių n^o .

3.5 Mechaninis vėdinimas

Priverstinio slėgio naudojimas yra įdomus laiptinių apsaugos būdas.

Mechaninis vėdinimas taip pat dažnai naudojamas kaip dūmų ir šilumos šalinimo sistema (DŠŠS).

4. GAISRO CHARAKTERISTIKOS

Šio skyriaus tikslas suteikti visą informaciją projektuotojui susidūrusiam su gaisro problema. Pirmiausia skaičiuojant pastatą gaisro atveju reikia nustatyti energiją kuri veiks konstrukciją. Būdas tai sužinoti gali būti tikrojo gaisro pastate bandymas. Tai yra neekonomiška ir galėtų tik suteikti informacijos apie vieną iš daugelio gaisrų galinčių kilti pastate. Informacija gauta gaisriniais bandymais, esami modeliai ir gaisro dinamika buvo apjungtos tam, kad galima būtų gauti skirtingų gaisro atvejų apibūdinimai.

4.1 Gaisro apkrova

Pirmoji problema yra sužinoti į kurią gaisro apkrovą turi būti atsižvelgta skaičiuojant. Labai retai gaisro apkrova yra sužinoma deterministiniu būdu. Paprastai tai gali būti nustatyta statistiniu būdu.

4.1.1 Deterministinis būdas

Gaisrinio skyriaus gaisro apkrova Q yra nustatyta kaip visuminė energija kuri gali išsiskirti gaisro atveju. Dalis visuminės energijos bus sunaudota įkaitinti gaisrinį skyrių (sienas, ir viduje esantį orą), o likusi energija išeis per angas. Pastato sudedamosios dalys, tokios kaip sienų perdangų apmušalai ir pastate esantis turinys - kaip baldai sudaro gaisro apkrovą. Padalijus gaisro apkrovą Q iš grindų ploto gaunamas gaisro apkrovos tankis q_f .

EC 1 charakteristinis gaisro apkrovos tankis yra nustatomas (4.1) išraiška:

$$q_f = \frac{I}{A_f} \sum_i \Psi_i \cdot m_i \cdot H_{ui} \cdot M_i \quad (4.1)$$

čia:

M_i = medžiagos i masė (kg)

H_{ui} = grynoji medžiagos i šilumingumo reikšmė (MJ/kg) (žr. 4.1 lentelę)

m_i = koeficientas apibūdinantis medžiagos i degimo elgseną

Ψ_i = medžiagos i apsaugotosios gaisro apkrovos koeficientas

A_f = gaisrinio skyriaus grindų plotas [m²]

$H_{ui} \cdot M_i$ parodo visuminės energijos, esančios medžiagoje i ir galinčios išsiskirti visiškai jai sudegus, kiekį. Koeficientas „ m “ yra be dimensinis dydis nuo 0 iki 1 ir parodantis degimo efektyvumą: $m = 1$ atitinka visišką sudegimą, o $m = 0$ - atvejį kai medžiaga neįneša jokio indėlio į gaisrą. Reikšmė $m = 0,8$ yra siūloma standartinėms medžiagoms. Medžiui siūloma H_u reikšmė yra 17,5 MJ/kg, tuomet mH_u reikšmė 14 MJ/kg.

4.1 lentelė. Rekomenduojamos degių medžiagų grynosios šiluminės H_u (MJ/kg) reikšmės skaičiuojant gaisro apkrovą

Kietieji kūnai	
Mediena	17,5
Kitos celiuliozinės medžiagos <ul style="list-style-type: none"> • Audiniai • Kamščiamedžio žievė • Medvilnė • Popierius, kartonas • Šilkas • Šiaudai • Vilna 	20
Anglis <ul style="list-style-type: none"> • Antracitas • Medžio anglis • Anglis 	30
Chemikalai	
Parafino grupė <ul style="list-style-type: none"> • Metanas • Etanas • Propanas • Butanas 	50
Alkenų grupė <ul style="list-style-type: none"> • Etilenas • Propilenas • Butenas 	45
Aromatiniai junginiai <ul style="list-style-type: none"> • Benzolas • Toluolas 	40
Alkoholiai <ul style="list-style-type: none"> • Metanolis • Etanolis 	30
Kuras <ul style="list-style-type: none"> • Benzinas, nafta • Dyzelinis kuras 	45
Grynosios angliavandenilinės plastmasės <ul style="list-style-type: none"> • Polietilenas • Polistirolas • Polipropilenas 	40
Kiti produktai	
ABC (plastikas)	35
Poliesteris (plastikas)	30
Polisokieneratas ir poliuretanas (plastikas)	25
Polivinilo chloridas (plastikas)	20
Bitumas, asfaltas	40
Oda	20
Linoleumas	20
Guminės padangos	30
PASTABA Šioje lentelėje pateiktos reikšmės netinka kuro energijos kiekiui apskaičiuoti.	

4.1.3 Statistinis būdas

Gaisro apkrovos tankis apskaičiuotas sumuojant visas pastate esančias gaisro apkrovas: t.y. deterministinis būdas. Truputis informacijos apie gaisro apkrovos tankį yra turima apie tam tikros grupės pastatus tokius kaip

biurai ir mokyklos. Statistinis būdas yra tinkamas tik tokių grupių pastatams, kuriuose yra tikėtinas panašus gaisro apkrovos kiekis. Šiais atvejais gaisro apkrovos tankis gali būti pateiktas statistiniu skirstiniu su vidutine reikšme standartine nuokrypa.

Kitoje lentelėje, tam tikram skaičiui pastatų grupių, šios reikšmės yra pateiktos. Reikšmės yra pagrįstos Gumbelio I tipo skirstiniu. Reikšmės (80, 90 ir 95% fraktiliu) yra apskaičiuotos naudojant šį skirstinį, priėmus variacijos koeficientą lygų 0,3. 4.2 lentelėje pateiktos reikšmės yra gautos pagal bendrai įvertintų reikšmių rinkinį paimtą iš tarptautinių dokumentų [2, 21, 22].

4.2 lentelė. Skirtingų pastatų gaisro apkrovos tankio [MJ/m²] duomenys (pagal Gumbelio I tipo skirstinį)

	Standartinis nuokrypis	Vidurkis	80% fraktilis	90 % fraktilis	95 % fraktilis
Gyvenamosios patalpos	234	780	948	1085	1217
Ligoninė (palata)	69	230	280	320	359
Viešbutis (kambarys)	93	310	377	431	484
Biblioteka	450	1500	1824	2087	2340
Kontora	126	420	511	584	655
Mokyklos klasė	85,5	285	347	397	445
Prekybos centras	180	600	730	835	936
Teatras (kino teatras)	90	300	365	417	468
Transportas (viešieji plotai)	30	100	122	139	156

4.2 Gaisrų tipas

Kitas klausimas į kurį turi būti atsakyta – yra koks visuminis gaisro apkrovos kiekis sudegs gaisro atveju ir kokios įtakos turės laikinė-temperatūros kreivei scenarijuje.

Gaisras niekada (išskyrus tyčinį padegimą arba sprogimą, kurie nėra nagrinėti tyrimų apimtyje) nekyla tuo pat metu visame gaisriniame skyriuje. Jei visuomet kyta kaip lokalus gaisras ir priklausomai nuo eilės sąlygų išsivystys į didesnę gaisrą.

Pagrindiniai skirtumai tarp vietinio ir visiškai išsiplėtojusio gaisro yra išvardinti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė Vietinio ir visiškai išsiplėtojusio gaisro skirtumai

	Gaisro apkrova	Dujų temperatūra
Vietinis gaisras	Tik dalis gaisrinio skyriaus yra apimta gaisro	Dvi zonos (dvi laikinės-temperatūros kreivės)
Visiškai išsiplėtojęs gaisras	Gaisro apkrova yra tolygiai pasiskirsčiusi, visas gaisrinis skyrius apimtas gaisro	Viena zona (viena laikinė-temperatūros kreivė)

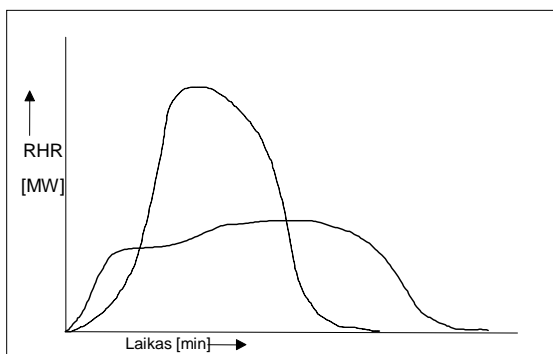
Situacijai, kai visas gaisrinis skyrius apimtas gaisro, yra priimama vienoda dujų temperatūra. Visiškai išsiplėtojusio gaisro atveju dega visa gaisro apkrova, todėl visas gaisrinis skyrius yra užpildytas dūmų, degimo produktų ir oro, kurie yra taip gerai susimaišę visame gaisriniame skyriuje, kad galima manyti temperatūrai esant tolygiai ir vienodai. Metodas leidžiantis nustatyti laikinę-temperatūros kreivę (es) (T-t) naudojamas konstrukcijos elgsenai įvertinti vietinio arba visiškai išsivysčiusio gaisro atveju yra detaliam aprašytas 6 skyriuje.

4.3 Skaičiuotinis gaisras

Jei gaisro apkrova buvo apibrėžta, turi būti žinoma koku greičiu gaisro apkrova degs. Tai nukreipia į šilumos išsiskyrimo spartą (RHR).

4.3.1 Kuru ir vėdinimu kontroliuojami gaisrai

Gaisro apkrova apibrėžia galima energijos kiekį, bet dujų temperatūrą gaisro metu priklauso nuo šilumos išsiskyrimo spartos. Tokia pat gaisro apkrova degdama labai greitai arba smilkdama gali nubrėžti visiškai skirtingas dujų temperatūros kreives.

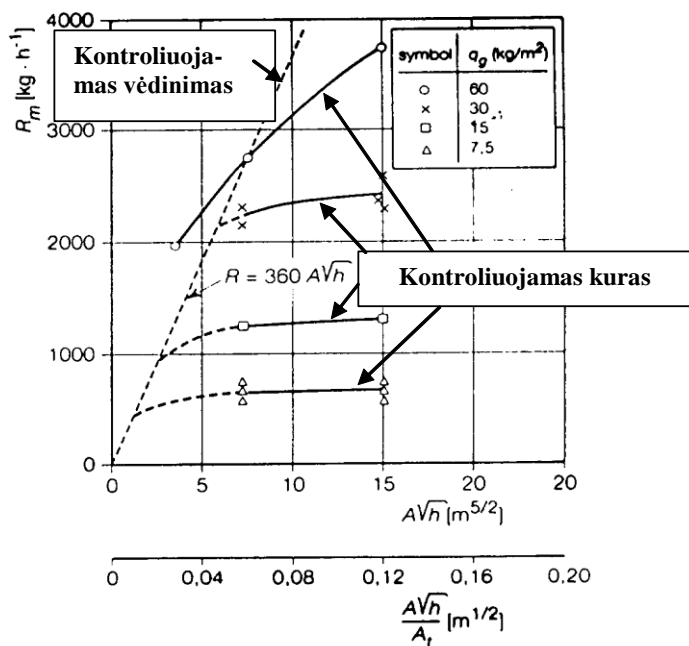


4.1 pav. Dvi šilumos išsiskyrimo kreivės (RHR), atitinkančios tokį pat gaisro apkrovos kiekį, kai plotas, apribotas abiem kreivėmis, yra toks pat.

Šilumos išsiskyrimo sparta yra dujų temperatūros kilimo šaltinis ir varančioji jėga po dujų ir dūmų išsiskyrimo. Būdingas gaisras prasideda nežymiai ir vyksta visą išdegimo tarpsnį. Du dalykai gali nutikti priklausomai nuo to, ar išdegimo procese visuomet yra pakankamai deguonies degimui palaikyti.

Jeigu gaisro dydis pasiekia didžiausiąją reikšmę be deguonies apribojimo, (RHR) yra apribotas esama gaisro apkrova. (**kuru kontroliuojamas gaisras**), bet jei gaisrinio skyriaus atitvarų angų dydis yra labai mažas, kad patektų pakankamai oro į gaisrinį skyrių, tuomet esamas deguonies kiekis riboja RHR ir sakoma, kad gaisras kontroliuojamas vėdinimu. Abu kuru ir vėdinimu kontroliuojami gaisrai gali peržengti visuotinį užsiliepsnojamą.

Visuotinis užsiliepsnojimas yra svarbus reiškinys, pažymintis perėjimą nuo vietinio prie gaisro, apimančio visus degiuosius gaisrinio skyriaus paviršius. Du režimai yra parodyti 4.2 pav., kurie grafiškai parodo degimo spartos ir vėdinimo parametro $A_w \sqrt{h}$ sąryšį, čia A_w – esamos angos plotas ir h esamos angos aukštis. Grafiškai yra parodyti skirtingi gaisro apkrovos tankiai. Pradedant nuo kairiosios paveikslėlio pusės parodytas režimas, kontroliuojamas vėdinimu. Didėjant vėdinimo parametrui degimo sparta didėja iki ribinės reikšmės, nustatytos pagal gaisro apkrovos tankį, ir toliau išlieka apytikriai pastovi (režimas, kontroliuojamas kuru)



4.2 pav. Masės kiekis esant skirtingiems gaisro apkrovos tankiams.

4.3.2 RHR skaičiavimas

Šilumos išsiskyrimo spartai didėjant iki didžiausiosios reikšmės (žr. 4.3 pav.), RHR yra nustatomas pagal (4.2) išraišką:

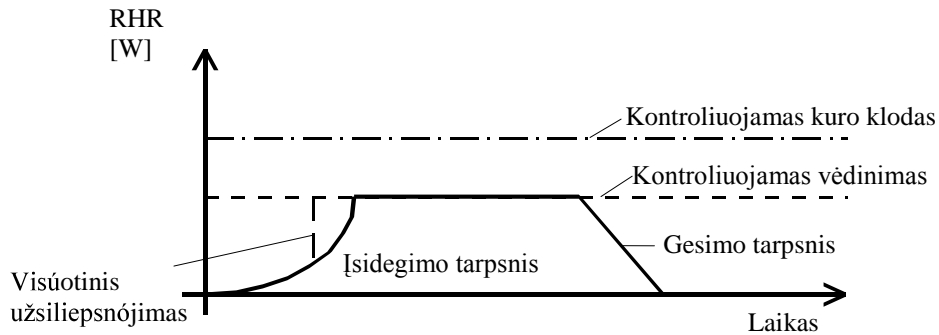
$$RHR = \dot{Q} / t_{\alpha} \quad (4.2)$$

čia:

RHR = šilumos išsiskyrimo sparta gaisro įsidegimo tarpsnio metu (MW)

t = laikas (s)

t_{α} = laiko konstanta pateikta 4.4 pav. (s)



4.3 pav. Laikinis šilumos išsiskyrimo sąryšis

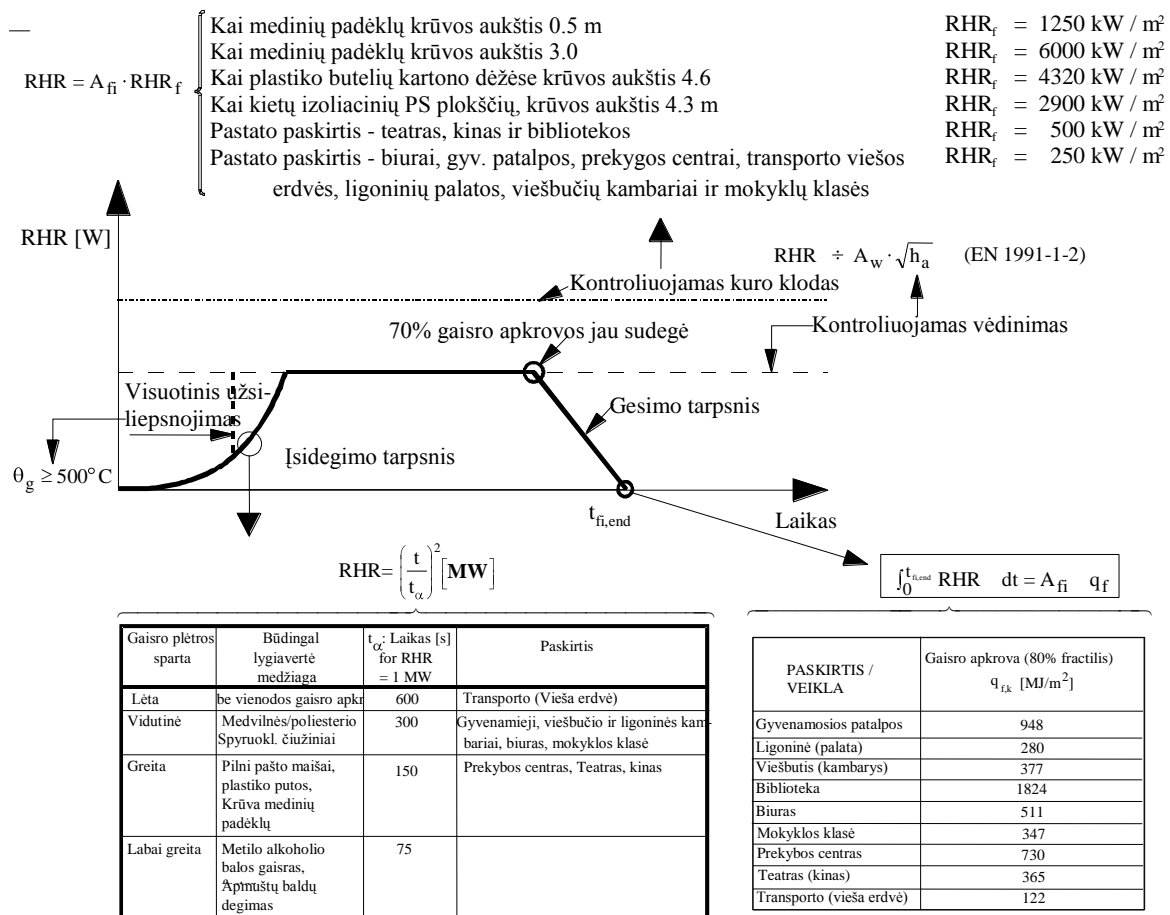
Yra pripažinti trys tarpsniai – įsidegimo, pastovusis (po visuotinio užsidegimo) ir gesimo.

Gaisro įsidegimo parametrai, pateikti normose [1, 2], yra skirtingi priklausomai nuo pastato tipo, o keletas komentarų apie šio parametro klasifikavimą ir nustatymą yra pateikta 4.4 pav.

Pasibaigus įsidegimo tarpsniui, RHR kreivė, pasiekusi didžiausiąją kuro klodo reikšmę arba kontroliuojamo vėdinimo sąlygas, tęsiasi gulsčiai (žr. 4.4 pav.).

Šaltiniuose [1, 2] ir [7] RHR slopimo tarpsnį priimta rodyti tiesiškai mažėjančiu. Yra pateikta formulė apskaičiuoti slopimo periodo pradžios laiką. Remiantis bandymo rezultatais slopimo tarpsnis gali būti apytiksliai nustatytas taip – prasideda kai apie 70% bendrosios gaisro apkrovos jau sudegė.

4.4 pav. pateikta NFSC (Nacionalinė Gaisrinės Saugos Taryba) projektui siūloma RHR kreivė. Kreivė apima įsidegimo, pastovųjį ir slopimo tarpsnius.



4.4 pav. Skaičiuotinė RHR kreivė [1]

4.3.3 Eksperimentiniai duomenys

Kitas būdas RHR kreivei nustatyti – atlikti bandymą. Specialių būdų šilumos išsiskyrimo spartai (išskyrus šiluminėje bomboje) nebuvo, iki prieš keletą metų buvo išvystytas deguonies sunaudojimo kolorimetrijos būdas. Anksčiau daug pastangų reikalavo tiesioginis jutiklinis entalpijos matavimas, kurį atlikti teisingai yra labai sunku. Nors deguonies sunaudojimo būdu šiuos matavimus buvo galima atlikti lengviau ir geru tikslumu. Deguonies išekvojimo principas pagrįstas tuo, kad tam tikrame nedideliame ruože šilumos išsiskyrimas degant įprastiniams degalams yra nepaprastai susijęs su deguonies mase atskirta nuo degimo sukkelto srauto [6]. Šis būdas buvo naudojamas ir sukaupti bandymo rezultatai. Yra galimi skirtingi literatūros šaltiniai duomenims apie RHR reikšmes gauti [3,4,5,6].

Hazardas [5] tai dvizonis imitacinis modelis, su duomenų baze, kai naudojant įvairius daiktus tarp visokių kitokių duomenų buvo gauta informacija apie RHR. Šie daiktai – tai daiktai, kuriuos galima rasti kiekvienuose namuose, kaip pvz. kėdės, televizoriai ir kalėdinės eglutės. Tai aišku apribojo naudojimo lauką. Nors tam tikrose naudojimo srityse tai atrodo gali būti labai geras informacijos šaltinis nuo tada kai jis apima visus kreivės tarpsnius. Argos [4] yra kita duomenų bazė sukurta gaisro imitacinio modelio rėmuose. Argos duomenų bazėje yra pateiktos skirtingos lygtys kietosios medžiagos gaisrui, lydžios medžiagos, skystos medžiagos gaisrui ir smilkstančiam gaisrui. Šios lygtys apibrėžia RHR kaip gaisro plitimo greičio gulsčiaja ir stačiaja kryptimis funkcija. Argos duomenų bazėje yra pateiktos skaitinės reikšmės tinkančios skirtingoms medžiagoms ir objektams.

Kitas bandymo rezultatų informacijos šaltinis yra Lundo universiteto sudarytas dokumentas „Pradiniai gaisrai“ [3]. Tai yra tokio pat pobūdžio kaip ir Hazardo duomenų bazė, bet apimanti daugiau rezultatų. Šiame dokumente galima rasti informacijos ne tik apie namų ūkio objektus, bet ir apie kitus objektus, tokius kaip įvairių tipų transporto priemonės. CTICM Prancūzijoje atliko naujų automobilių (pagamintų 1996 m.), viešbučio kambarių su tikrais baldais gaisrinius bandymus ir išmatavo RHR. Šie eksperimentiniai duomenys yra labai įdomūs, nes daugumas literatūroje aprašytų gaisrinių bandymų buvo atlikti kaip kurą naudojant medinius rentinius.

5 TIKIMYBINIS ASPEKTAS

5.1 Įvadas

Tikimybė, kad gaisras kils plaukimo baseine yra akivaizdžiai daug mažesnė nei dailės dirbtuvėse. Tikimybė, kad šis gaisras plės ir visiškai apims gaisrinį skyrių priklausys nuo gaisrinio skyriaus ploto ir aktyvių gaisro gesinimo priemonių, tokių kaip sprinkleriai, automatinės gaisro aptikimo pagal dūmų ar šilumos išsiskyrimą, automatinio pavojaus apie gaisrą perdavimo gaisrinei komandai sistemų ir gaisrinės komandos įsikišimo.

Įvairūs ECSC tiriamieji projektai [11, 18] leido sukaupti statistinius duomenis ir nustatyti tikimybę, kad: kils gaisras;

naudotojams nepavyks užgesinti gaisro;

automatinėmis aktyviomis priemonėmis (sprinkleriais...) nepavyks užgesinti gaisro;

gaisrinei komandai nepavyks užgesinti gaisro.

Sėkmingo gaisrinės komandos įsikišimo tikimybė daugiausiai priklauso nuo gaisro aptikimo laiko (automatinės gaisro nustatymo pagal dūmų arba šilumos išsiskyrimą sistemos) ir laiko per kurį atvystama iki pastato (automatinio pavojaus apie gaisrą perdavimo ir atstumo nuo gaisrinės komandos iki pastato).

Pagal šią tikimybę naudojantis prEN 1990 C priede [10] nurodytu būdu galima nustatyti gaisro apkrovos koeficientą $\gamma_{q,f}$. Šis būdas yra apibendrintas 5.4 skyriuje.

Koeficientas $\gamma_{q,f}$ sudalintas į pakoefficientus δ_{q1} , δ_{q2} , δ_{ni} įvertinančius gaisrinio skyriaus dydį, pastato tipą ir įvairias aktyvias gaisro gesinimo priemones. Charakteristinę gaisro apkrovos reikšmę $q_{f,k}$ padauginus iš $\gamma_{qf} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_{ni}$ apskaičiuojama skaičiuotinė gaisro apkrovos reikšmė $q_{f,d}$.

Skaičiuotinė gaisro apkrovos reikšmė $q_{f,d}$ yra naudojama „Natūralaus gaisro modeliuose“ (žr. 6 skyrių) skaičiuotinio natūralaus gaisro kaitinimui apskaičiuoti.

5.2 Statistiniai duomenys

Šis statistinis nagrinėjimas pagrįstas [11] šaltinio duomenimis, gautais:

Šveicarijoje: detali informacija ir analizė visų (apie 40 000) Berno mieste nuo 1986 iki 1995 m. kilusių gaisrų ir pridariusių žalos daugiau kaip už 1 000 000 Šveicarijos frankų;

Prancūzijoje: gaisrai pramonės pastatuose, kilę nuo 1983 m. sausio iki 1984 m. vasario mėnesio, visų gaisrinių komandų įsikišimai 1995 metais (3 253 855 įsikišimų iš kurių 312 910 buvo kilę gaisrai);

Olandijoje: gaisrai pramonės pastatuose kilę nuo 1983 m. sausio iki 1985 m. sausio mėnesio

Suomijoje: visų pastatų gaisrai 1995 metais (2 109 gaisrai, suminis pastatų skaičius 1 150 494). Šaltinyje [18] Suomijos papildomi rezultatai pagrįsti apjungus Vidaus ministerijos nacionalinės gaisrų statistikos duomenų bazę „PRONTO“ ir kitą su tuo susijusią nacionalinę statistikos duomenų bazę, kuri buvo papildyta 1996-1999 metais;

Liuksemburgo gaisrinių komandų 1995 – 1997 m. ataskaitos

ir skirtingų tarptautinių duomenų šaltinių įvairiausiais gaisrinės saugos požiūriais būtent apie sprinklerių elgseną.

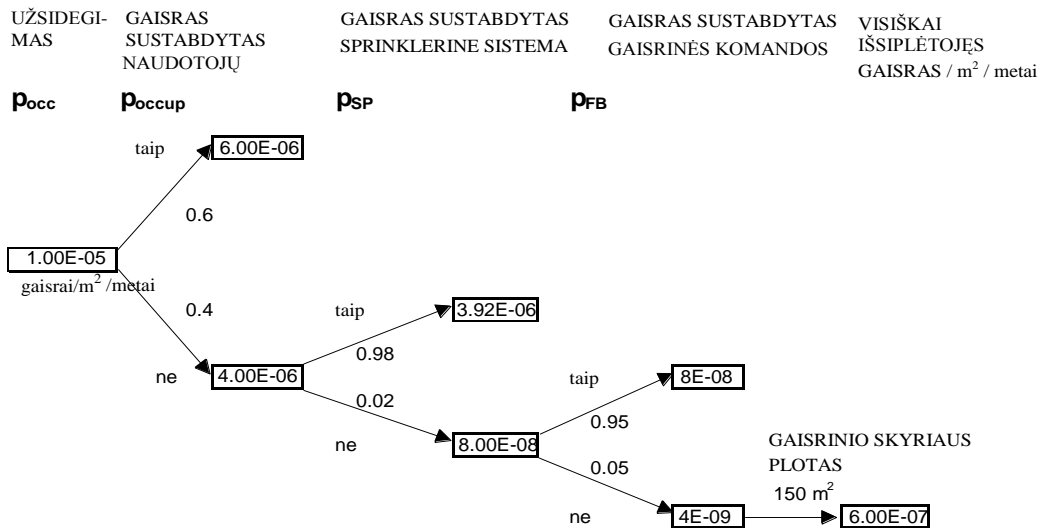
Duomenų bazė apie sprinklerinės sistemos poveikius buvo apibendrinta arba sukaupta iš duomenų gautų iš JAV, Suomijos, Vokietijos, Prancūzijos, Australijos ir Jungtinės Karalystės [13].

Žemiau pateikti statistiniai duomenys daugiausiai liečia gyvenamąsias patalpas, biuro ir pramonės pastatus ir yra pritaikyti nagrinėjimui būdai. Šis būdas buvo praplėstas kitais veiksniais taikant 5.6 lentelėje pateiktą koeficientą δ_{q1} .

5.3 Tikimybės

5.3.1 Įvykių medžio analizė

Įvykių medis (žr. 5.1 pav.), naudojant nustatytas rekomenduojamas reikšmes iš 5.1 lentelės, gali būti apibrėžtas nuo gaisro pradžios iki gaisro įsidedimo.



5.1 pav. Gaisro plėtros biure, kurio gaisrinio skyriaus plotas 150 m², pavyzdys

5.1 lentelė: Įvykių medžio koeficientai

		Gyvenamoji patalpa	Biuro	Pramonės
Gaisro atvejis [1/(m ² .metai)]	p_{occ}	$30 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$
Gaisras, sustabdytas naudotojų	p_{occup}	0,75	0,60	0,45
Gaisras, sustabdytas naudojant sprinklerinę sistemą	p_{SP}	žr. 5.5 lentelę		
Gaisras, sustabdytas tipinės gaisrinės komandos	p_{FB}	0,90 - 0,95	0,90 - 0,95	0,80 - 0,90

5.3.2 Gaisro atvejis ir gaisro vystymasis

Smarkaus gaisro, galinčio sukelti grėsmę konstrukcijos pastovumui, tikimybė per metus gali būti apskaičiuota (5.1) išraiška:

$$p_{fi} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot A_{fi} \cdot p_4 \quad (5.1)$$

čia:

p_1 : smarkaus gaisro įskaitant naudotojų ir tipinės viešosios gaisrinės komandos veikimą (grindų ploto m² per metus) tikimybė;

p_2 : papildomas mažinamasis koeficientas priklausomai nuo gaisrinės komandos tipo ir laikotarpio tarp pavojaus signalo ir ugniagesių įsikišimo;

p_3 : mažinamasis koeficientas jei yra automatinė gaisro aptikimo (pagal dūmus arba šilumą) ir arba automatinė pavojaus pranešimo sistemos;

p_4 : mažinamasis koeficientas jei yra sprinklerinė sistema (p_4 taip pat yra tikimybė, kad sprinklerinė sistema gali sugesti stabdant gaisrą);

A_{fi} : gaisrinio skyriaus paviršiaus plotas.

Pastaba: faktoriumi p_1 įvertinami naudotojų ir viešosios gaisrinės komandos veiksmai užkardant gaisro vystymąsi į smarkų gaisrą ir kuris negali būti klaidingai traktuojamas kaip gaisro atvejis.

Gaisrinės komandos tipo poveikis, laikotarpis tarp pavojaus paskelbimo ir ugniagesių įsikišimo, automatinio aptikimo ir automatinio pavojaus signalo perdavimas (p_2 , p_3) nebuvo įvertintas 5.1 lentelėje, p_1 5.2 lentelėje faktiškai yra $p_{occ} \cdot (1 - p_{occup}) \cdot (1 - p_{FB})$.

Pagal [11, 18], yra rekomenduojamos tokios p_1 , p_2 , p_3 ir p_4 reikšmės.

5.2 lentelė. Gaisro pradžios ir vystymosi iki smarkaus gaisro, įskaitant tipinės viešosios gaisrinės komandos veiksmus, dažnis

Paskirtis/Veikla	P_1 [$10^{-7}/(m^2 \cdot \text{metai})$]
Biuras	2 – 4
Gyvenamoji patalpa	4 – 9
Pramoninė	5 – 10

5.3 lentelė. Papildomas mažinamasis faktorius, priklausantis nuo gaisrinės komandos tipo ir laikotarpio tarp pavojaus signalo ir ugniagesių įsikišimo

P_2	Laikotarpis tarp pavojaus signalo ir ugniagesių veiksmų		
	$\leq 10'$	$10' < t \leq 20'$	$20' < t \leq 30'$
UGNIAGESIŲ tipas			
Profesionalai	0,05	0,1	0,2
Ne profesionalai	0,1	0,2	1

5.4 lentelė. Mažinamasis automatinės gaisro aptikimo (pagal dūmus arba šilumą) ir automatinės pranešimo apie pavojų sistemų faktorius

Aktyviosios priemonės	P_3
Nustatymas pagal dūmus	0,0625
Nustatymas pagal šilumą	0,25
Automatinė pranešimo apie pavojų gaisrinei komandai	0,25

5.5 lentelė. Mažinamasis spriklerinės sistemos faktorius

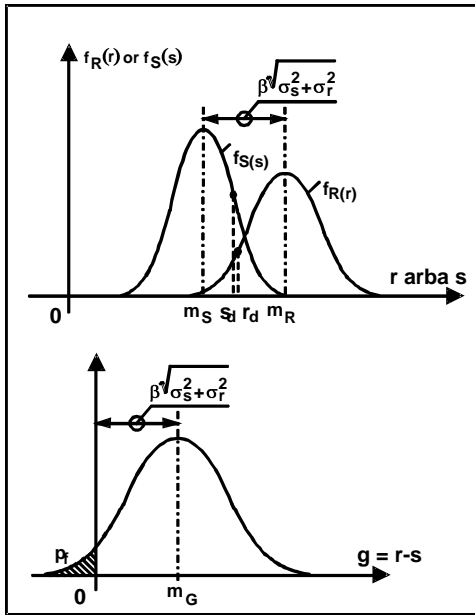
Sprinklerio tipas	P_4
Įprastinis (t.y. atitinkantis reglamentus)	0,02
Aukšto lygio (t.y. elektroniniu būdu patikrintas vožtuvas, du nepriklausomi vandens šaltiniai)	0,01 - 0,005
Žemo lygio (t.y. neatitinkantis reglamentų)	$\geq 0,05$

5.4 Metodai

5.4.1 *Poveikių ir laikomųjų galių skaičiuotinių reikšmių nustatymas – Eurokodų saugos koeficientas γ - normalių naudojimo sąlygų principas*

Laikomoji galia R ir poveikis S yra pasiskirstę pagal statistinius skirstinius, kurie yra apibrėžti standartinėmis nuokrypomis (σ_S, σ_R) ir vidurkiais (m_S, m_R). Tam, kad įsitikinti pakankama sauga yra būtina, kad irtis ($S > R$) galėtų įvykti su labai maža tikimybe p_f kuri parodyta kaip užbrūkšniuotas plotas (žr. 5.2 pav.). Šis plotas gali būti nustatytas taikant saugos indeksą β .

Eurokodai esant normalioms sąlygoms nurodo reikiamą didžiausiąją irties per pastato gyvavimo trukmę tikimybę p_t lygią $7,23 \cdot 10^{-5}$, kuri atitinka saugos indeksą β_t lygų 3,8.



$$p_f \leq p_t (= 7,23 \cdot 10^{-5}) \rightarrow \beta > \beta_t (= 3,8)$$

$$m_R - m_S \geq \beta \sqrt{\sigma_S^2 - \sigma_R^2} = \beta \frac{\sigma_S^2 - \sigma_R^2}{\sqrt{\sigma_S^2 - \sigma_R^2}}$$

$$\Rightarrow m_R - \frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_S^2 - \sigma_R^2}} \beta \sigma_R \geq m_S - \frac{\sigma_S}{\sqrt{\sigma_S^2 - \sigma_R^2}} \beta \sigma_S$$

$$\Rightarrow r_d \geq s_d$$

5.2 pav. Tikimybinis požiūris

Dviems kintamiesiems S ir R atitinkantiems poveikį ir laikomąją galią, skaičiuotinės reikšmės yra atitinkamai pažymėtos s_d ir r_d .

Tačiau yra daug poveikių (savasis svoris, kintama apkrova, sniegas, vėjas, žemės drebėjimas, gaisras) ir daug laikomųjų galių (gniuždomasis betono stipris, plieninių profiliuočių, armatūros strypų takumo riba...).

Todėl didžiausia problema yra daug sudėtingesnė nei dviejų statistinių kintamųjų palyginimas. Štai kodėl Eurokoduose buvo pritaikytas dalinai tikimybinis požiūris pagrįstas FORM metodu (Pirmasis nuorodinis patikimumo metodas).

Šis Eurokodų supaprastinimas priimtas tariant kad:

$$\alpha_R = \frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} = 0,8 \text{ laikomajai galiai.} \quad (5.2)$$

$$\alpha_S = \frac{\sigma_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} = (-0,7) \text{ pagrindiniam poveikiui ir } (-0,28) \text{ antraeiliam poveikiui} \quad (5.3)$$

$$\Rightarrow s_{d,i} = \text{Skaičiuotinė reikšmė} = m_{S,i} + 0,7 \beta \sigma_{S,i}$$

$$\Rightarrow r_{d,i} = \text{Skaičiuotinė reikšmė} = m_{R,i} - 0,8 \beta \sigma_{R,i}$$

Atsižvelgiant į svarumo koeficientų $\alpha_{s,i}$ pastovias reikšmes, skaičiuotinės poveikių reikšmės $s_{d,i}$ gali būti nustatytos neatsižvelgiant į laikomąją galią, kadangi šios projektinės reikšmės priklauso tik nuo atitinkamo statistinio skirstinio saugos indekso β , vidurkio ir standartinio nuokrypio, ir žinoma skirstinio tipo (žr. 5.2 pav. išraišką [10]).

Šios skaičiuotinės reikšmės $s_{d,i}$ poveikiams yra tokios poveikių reikšmės, į kurias turi būti atsižvelgta siekiant reikiamos saugos. Jei β yra lygus 3,8 kaip pateikta Eurokoduose, tai manoma, kad irties rizika per pastato gyvavimo trukmę tikimybę p_t lygią $7,23 \cdot 10^{-5}$.

Kaip kiekvieno poveikio rezultatą yra galima nustatyti saugos koeficientą γ , kuris yra skaičiuotinės s_d ir charakteristinės reikšmių santykis, kurio įprastinė nuorodinė reikšmė:

$$\gamma = \frac{s_d}{s_k} \quad (5.4)$$

Tokiu būdu gali būti rasti Eurokoduose pateikiami saugos koeficientai apkrovos pusėje - 1,35 ir 1,5 savajam svariui ir naudojimo apkrovoms,; laikomosios galios pusėje 1,0, 1,15 ir 1,5 atitinkamai statybiniam plienui, armatūros strypams, ir betonui [1, 16, 20, 24].

Toliau skaičiavimuose γ_s armatūros strypams lygus 1,15 yra pateiktas tik kaip pavyzdys [20]:

– $\beta = 3,8$; $\alpha_a = 0,8$

– Statistinis dėsnis: Lognormalinis

– Variacijos koeficientas $\left(= \frac{\sigma}{m} \right)$:

$$V_R = \text{skaičiuotinės reikšmės variacijos koeficientas} = \sqrt{V_G^2 + V_m^2 + V_f^2} = 0,087$$

$$V_m = \text{modelio neapibrėžtumo variacijos koeficientas} = 0,05$$

$$V_G = \text{elementų matmenų variacijos koeficientas} = 0,05$$

$$V_f = \text{mechaninės savybės variacijos koeficientas} = 0,05$$

– Skaičiuotinė reikšmė: $X_d = m_X \exp(\alpha_R \beta V_R)$
 $= m_X \exp(0,8 \beta V_R)$

– Charakteristinė reikšmė: $X_k = m_X \exp(k V_f)$

čia $k = 1,645$ atitinkanti 5 % fraktilį

– Saugos koeficientas: $\gamma_s = \frac{X_k}{X_d} = \exp(0,8 \beta V_R - k V_f)$
 $= \exp(0,8 \cdot 3,8 \cdot 0,087 - 1,645 \cdot 0,05)$
 $= 1,198.$

5.4.2 Tikslinė reikšmė

Prielaida apie tikslinę irties per pastato gyvavimo trukmę tikimybę p_t lygią $7,23 \cdot 10^{-5}$ ($1,3 \cdot 10^{-6}$ per metus) yra apibrėžta prEN 1990 [10]. Saugos reikalavimas ($\beta > 3,8$) ribinio būvio atveju esant normalioms sąlygoms taip pat turi būti priimtas kaip tinkamumo kriterijus vertinant konstrukcijos atsparumą ugniai. Iš tikrųjų reikiama sauga gaisro atveju gali būti diferencijuota. Ši idėja buvo plėtojama galutinėje [11] ataskaitoje (WG5 dalis B priedo 2.8 skyrius), kurioje yra pasiūlyta naudoti tikslinę irties tikimybę p_t [1/metus] atsižvelgiant į žmonių evakavimą.

$p_t = 1,3 \cdot 10^{-4}$ esant normaliam evakavimui p_t [1/metus]

$p_t = 1,3 \cdot 10^{-5}$ esant sunkiam evakavimui

$p_t = 1,3 \cdot 10^{-6}$ nesant evakavimo galimybei (pvz., aukštuminiuose pastatuose).

Tai galėtų paskatinti tolimesnius įdomius tobulinimus, bet buvo nuspręsta palikti prEN 1990 [10] pateiktą reikšmę visiems sutikus, tuo tarpu diskusijos yra būtinos tam, kad įtikinti valdžios institucijas priimti mažesnes naujas tikslines reikšmes.

5.4.3 Elgsenos ugnyje skaičiavimas ir sąlyginė tikimybė

prEN 1990 [10] priede C, kuris apibrėžia dalinai tikimybinę sampratą vedančią prie skaičiuotinių poveikių ir medžiagos savybių reikšmių buvo praplėstas konstrukcijų atsparumu ugniai.

Esant kambario temperatūrai apkrovų saugos $\gamma_{s,i}$ ir medžiagos savybių koeficientai buvo nustatyti dalinai tikimybinio būdu, kuriuo netiesiogiai priimta, kad konstrukcijos irties tikimybė p_f yra mažesnė už tikslinę irties per pastato naudojimo trukmę tikimybę $7,23 \cdot 10^{-5}$, ir kuri yra lygi saugos koeficientui $\beta = 3,8$:

$$p_f (\text{irties tikimybė}) \leq p_t (\text{tikslinė tikimybė}) \quad (5.5)$$

Gaisro atveju pagrindinis poveikis yra gaisras, kuris gali būti išreikštas gaisro apkrova medienos mase kg arba MJ. Tačiau ši gaisro apkrova tampa realiu poveikiu konstrukcijai kai vyksta gaisras.

Gaisro apkrova veikia konstrukcija tik su tam tikra tikimybe p_{fi} , p_{fi} yra p_{start} (tikimybė, kad kils gaisras) ir p_{spread} (tikimybė, kad kilęs gaisras pakryps į visuotinį užsiliepsnojamą arba visiškai apims gaisrinį skyrių).

Gaisro, kuris yra vertinamas kaip atsitiktinis poveikis, atveju, išraiška (5.5) tampa:

$p_{f,fi}$ (irties gaisro atveju tikimybė) $\cdot p_{fi}$ (gaisro tikimybė) $\leq p_t$ (tikslinė tikimybė).
gali būti užrašyta:

$$p_{f,fi} \leq (p_t/p_{fi})$$

$$p_{f,fi} \leq p_{t,fi} \quad \Rightarrow \quad \beta_{f,fi} \geq \beta_{fi,t} \quad (5.6)$$

Tačiau tikslinė tikimybė p_t lygi $7,23 \cdot 10^{-5}$ fiksuotą saugos indeksą (žymimo $\beta_{fi,t}$ - gaisro atveju) priveda prie pastoviojo saugos esant kambario temperatūrai indekso β_t kai nėra gaisro, kadangi tikslinė reikšmė $p_{t,fi}$ pagal (5.6) išraišką priklauso nuo gaisro tikimybės p_{fi} . Žinant $\beta_{fi,t}$ skaičiuotinė gaisro apkrova gali būti nustatyta kaip tai paaiškinta žemiau.

5.4.4 Skaičiuotinė gaisro apkrova ir δ faktorius

Patikimumo skaičiavimai (žr. [11] 7.4 skyrių) parodė, kad pagrindinės apkrovos kambario temperatūroje svarumo koeficientas gaisro atveju ženkliai sumažėja ir todėl gali būti atsižvelgta kaip į antraeilį poveikį, kai gaisro apkrova tampa pagrindiniu poveikiu.

Be to šie skaičiavimai parodė, kad prielaida apie svarumo koeficientą lygų -0,7, pagrindiniam poveikiui turi būti pakeista ir α_{qf} reikšmė turėtų būti imama lygi -0,9.

Pagal gaisro apkrovos tankio reikšmės pateiktas Jungtinės Karalystės dokumente „The Application of Fire Safety Engineering Principles to the Safety in Buildings“ [14] ir prof. Fantana analizę [15], gaisro apkrovų duomenys gerai tinka Gumbelio I tipo skirstinyje. Variacijos koeficientas V_{qf} lygus 0,3 buvo pasirinktas šaltinyje [11].

Pagal [10] skaičiuotinė reikšmė (žr. kintamąsias apkrovas) Gumbelio skirstiniui yra pateikta taip:

$$q_{f,d} = m_{qf} \left\{ 1 - \frac{\sqrt{6}}{\pi} V_{qf} \left[0,577 + \ln \left(\ln \phi \left(0,9 \beta_{fi,t} \right) \right) \right] \right\} \quad (5.7)$$

čia m_{qf} vidutinė gaisro apkrovos reikšmė, o ϕ normalinio skirstinio pasiskirstymo funkcija.

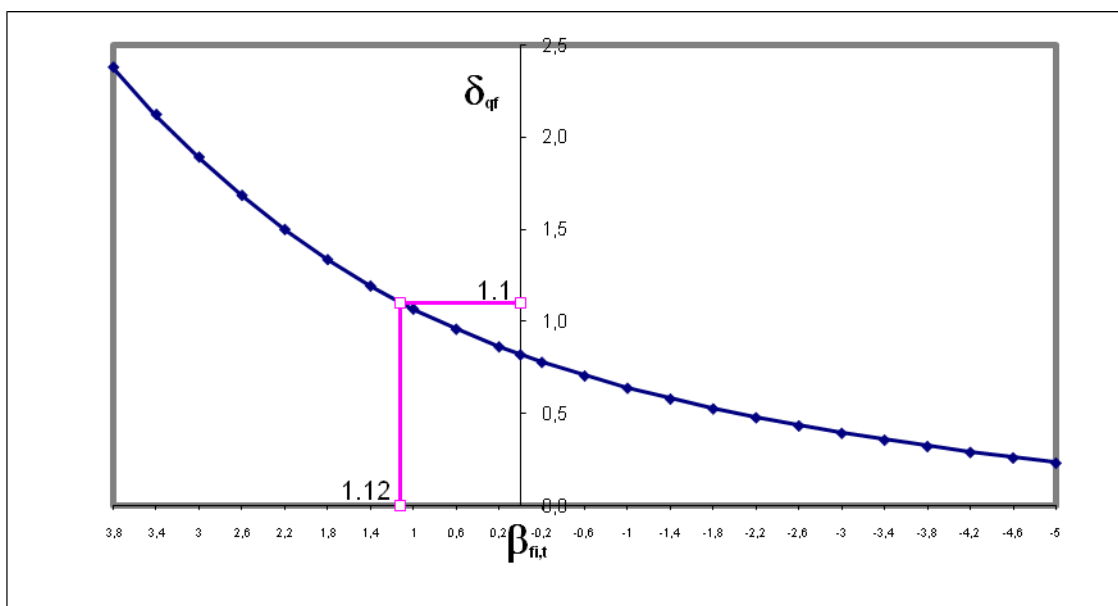
Šaltinyje [16] pasiūlyta, kad skaičiuojant veiksnių poveikį turi būti priimamas saugos koeficientas $\gamma_{sD} = 1,05$.

Pasirinkus charakteristinę reikšmę $q_{f,k}$ lygią 80 % fraktiliui (žr. EN1991-1-2 [1] ir [11] priedą E) faktorius δ_{qf} bus:

$$\delta_{qf} = \frac{q_{f,d}}{q_{f,k}} = 1,05 \frac{\left\{ 1 - \frac{\sqrt{6}}{\pi} V_{qf} \left[0,577 + \ln \left(\ln \phi \left(0,9 \beta_{fi,t} \right) \right) \right] \right\}}{\left\{ 1 - \frac{\sqrt{6}}{\pi} V_{qf} \left[0,577 + \ln \left(\ln 0,8 \right) \right] \right\}} \quad (5.8)$$

$$= 2,38 \text{ kai } \beta = 3,8 \text{ ir } 0,82 \text{ kai } \beta = 0$$

Faktorius δ_{qf} raida sąryšyje su $\beta_{fi,t}$ yra pateikta 5.3 pav.



5.3pav. Saugos faktoriaus δ_{qf} ir β_{fi} sąryšis

Saugos indeksas $\beta_{fi,t}$ gali būti apskaičiuotas iš smarkaus gaisro tikimybės p_{fi} taikant tokią išraišką:

$$\beta_{fi,t} = \phi^{-1} \left(\frac{p_t}{p_{fi}} \right) = \phi^{-1} \left(\frac{7,23 \cdot 10^{-5}}{p_{fi}} \right)$$

ϕ^{-1} yra didėjančio standartinio normalinio skirstinio priešingybė

Naudojantis 5.3 pav. galima nustatyti gaisro apkrovos faktorių δ_{qf} .

Šiuo bendroju būdu galima:

nustatyti smarkaus gaisro kilimo tikimybę p_{fi} ;

apskaičiuoti (p_t/p_{fi}) ;

nustatyti tikslinio patikimumo indeksą $\beta_{fi,t}$

nustatyti faktorių δ_{qf}

Šis būdas buvo diferencijuotas suskirstant faktorių δ_{qf} į 3 koeficientus δ_{q1} , δ_{q2} ir δ_{ni} tam, kad atsižvelgti į gaisrinio skyriaus dydžio, gaisro kilimo riziką ir gaisro gesinimo priemonių veiksmingumą. (Žr. 5.6 lent.)

5.6 lentelė δ faktorius apibendrinanti lentelė [1]

Gaisrinio skyriaus grindų plotas A_f [m ²]	Gaisro kilimo pavojus δ_{q1}	Gaisro kilimo pavojus δ_{q2}	Paskirties pavyzdžiai
25	1,10	0,78	meno galerija, muziejus, plaukimo baseinas
250	1,50	1,00	gyvenamasis, viešbutis, biuras
2500	1,90	1,22	įrengimų ir mašinų gamykla
5000	2,00	1,44	chemijos laboratorija dažymo dirbtuvės
10000	2,13	1,66	fejerverkų arba dažų gamyklos

δ_{ni} Aktyviųjų gaisrinės saugos priemonių funkcionavimas									
Automatinis gaisro gesinimas		Automatinis gaisro aptikimas			Rankinis gaisro gesinimas				
Automatinė vandens gesinimo sistema	Nepriklausomas vandens tiekimas	Automatinis gaisro aptikimas ir aliarmas pagal šilumą dūmus		Automatinis pavojaus pranešimas gaisrinė komandai	Darbo gaisrinė komanda	Išorinė gaisrinė komanda	Saugūs priegijos keliai	Gaisro gesinimo priemonės	Dūmų šalinimo sistema
δ_{n1}	δ_{n2}	δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	1,0 0,87 0,7	0,87 or 0,73		0,87	0,61 or 0,78		0,9 or 1 1,5*	1,0 1,5*	1,0 1,5*

* Jei yra įprastinės gaisro gesinimo priemonės tokios kaip saugi prieiga, gaisro gesinimo priemonės ir dūmų šalinimo laiptinėse sistema. δ_{ni} turėtų būti imamas lygus 1,5 jei tokios priemonės yra netinkamos arba jų iš viso nėra. existing.

Kai koeficientai δ_{q1} , δ_{q2} ir δ_{ni} yra nustatyti, gali būti apskaičiuota skaičiuotinė gaisro apkrova $q_{f,d}$:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_{ni} \cdot q_{f,k}$$

Gaisro apkrovos kaip priemonės naudojimas yra pateiktas 6 skyriuje.

6 GAISRO PLĖTIMOSI SKAIČIAVIMAS

Įvadas

Skaitmeniniu būdu imituojant gaisro plėtimąsi gali būti priimami įvairūs gaisro dinamikos supaprastinimai. Šiame skyriuje bus paaiškinti modeliai pritaikyti situacijai prieš visuotinį užsiliepsnojamą (vietinio gaisro modeliai ir 2 zonų modeliai) ir situacijai po visuotinio užsiliepsnojimo (visaapimantis gaisras). Lauko modeliai (CFD: kompiuterinė skysčių dinamika) į šį skyrių neįtraukta. Jie yra per daug komplikuoti, o laiko tėkmė panaudota kaip paprasčiausia priemonė.

6.1 Lokalus gaisras

Vietinio gaisro atveju degimo produktai kaupiasi sluoksnyje žemiau lubų (viršutinis sluoksnis) su gulsčiuoju paviršiumi tarp šio karšto sluoksnio ir žemesniojo sluoksnio kur dujų temperatūra išlieka daug žemesnė.

Ši situacija yra tinkamai pateikta dviejų zonų modelyje tinkančiame visoms sąlygoms prieš visuotinį užsiliepsnojamą. Be to skaičiuojant dujų temperatūros raidą šie modeliai yra panaudoti tam, kad sužinoti dūmų plitimui pastatuose ir nustatyti gyvavimo saugą sąryšyje su dūmų sluoksnio storiu, toksiškų dujų koncentracija, spinduliuotės srautu ir optiniu tankiu.

Šiluminiai poveikiai į gulsčiąjį elementą esantį virš ugnies taip pat priklauso nuo atstumo tarp jų ir ugnies. Tai gali būti nustatyta atitinkamais modeliais, tokiais kaip Heskestad'o arba Hasemi'o, vertinant lokaliuosius poveikius gretimoms elementams [17].

6.1.1 Dviejų zonų modelis

Zonos modelis tai pavadinimas suteiktas skaitmeninėms programoms skaičiuojančioms dujų temperatūros raidą sąryšyje su laiku, apjungiant paprastas diferencines lygtis išreiškiančias masės ir energijos tvermę kiekvienoje gaisrinio skyriaus zonoje.

Jos pagrįstos esmine hipoteze, kad temperatūra yra vienoda kiekvienoje zonoje.

Zonos modeliai pateikia ne tik dujų temperatūros gaisriniame skyriuje raidą, bet tai pat papildo informacija apie sienų temperatūrą arba dujų sklidimo pro angas greitį.

Duomenys, kurie turi būti nurodyti zonos modelyje yra:

Geometriniai duomenys, tokie kaip gaisrinio skyriaus, angų ir pertvarų matmenys;

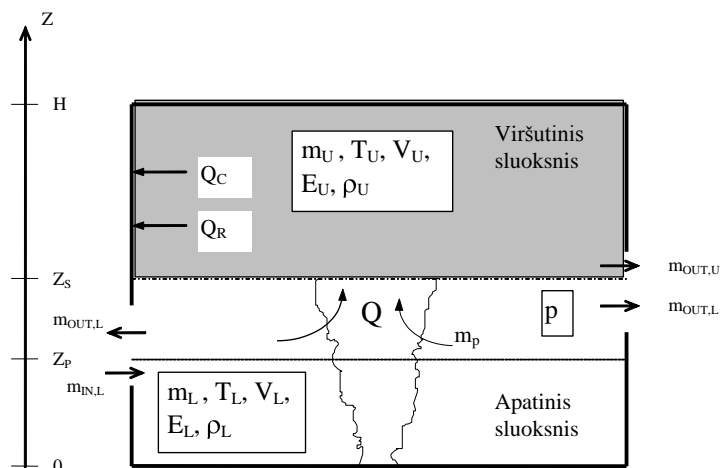
sienų medžiagos savybės;

gaisro duomenys – RHR kreivė, pirolizės greitis, kuro degimo šiluma.

Dviejų zonų modelio lygtys išreiškiančios masės ir energijos pusiausvyrą yra užrašytos kiekvienam ir dviejų sluoksnių, o apskaitimas tarp dviejų sluoksnių yra nagrinėjamas taikant oro įtraukos modelius.

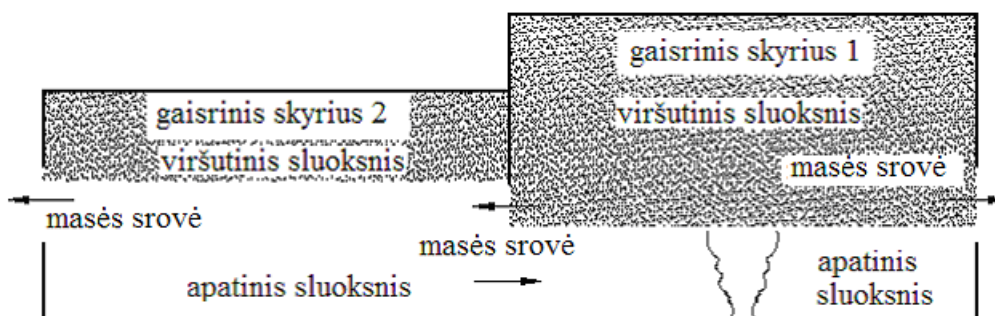
Imitavimo rezultatas –yra pateikta kiekvieno iš dviejų sluoksnių dujų temperatūra, o taip pat informacija apie sienų temperatūras ir srautus pro angas. Svarbiausias rezultatas yra kiekvieno sluoksnio storio raidos ir laiko sąryšis. Žemesniojo sluoksnio, kuris išlieka gerokai žemesnės temperatūros ir neturi degimo produktų, storis yra labai svarbus įvertinant gyventojų išliekamumą gaisriniame skyriuje.

6.1 pav. parodyta kaip gaisrinis skyrius yra modeliuotas taikant dviejų zonų modelį, su įvairiais energijos ir masės balanso santykiais.



6.1 pav. Dvizonis gairinio skyriaus modelis

6.1 pav. yra būdingas paprastai situacijai, kai gaisrinio skyriaus masės ir energijos kaita vyksta tik su išorine aplinka. Tokios tipo modeliai galima analizuoti daug sudėtingesnius pastatus, kuriuose pradinio gairinio skyriaus masės ir energijos kaita vyksta ne tik su išorine aplinka, bet taip pat ir su kitais pastato gairiniais skyriais. Tai yra ypač įdomu analizuojant dūmų sklidimą iš pradinio gairinio skyriaus į kitus gretimus gairinius skyrius. Tokia situacija, analizuojant daugelio gairinių skyrių dviejų zonų modelius, parodyta 6.2 pav.



6.2 pav. Gaisrinis skyrius daugelio gaisrinių skyrių dviejų zonų modelyje.

6.1.2 Heskestad'o metodas

Vietinio gaisro šiluminiai poveikiai gali būti įvertinti taikant Heskestad'o metodą [1]. Gali būti pakoreguota priklausomai nuo santykinio liepsnos į lubas aukščio.

Vietinio gaisro liepsnos ilgis L_f (žr. 6.3 pav.) yra nustatomas:

$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q^{2/5}$$

Kai liepsna neatsimuša į gaisrinio skyriaus lubas ($L_f < H$; žr. 6.3 pav.) arba gaisro atvirame ore atveju dūmų kamuolio temperatūra $\Theta_{(z)}$ išilgai stačiosios liepsnos ašies yra apskaičiuojama taip:

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25 Q_c^{2/5} \cdot (z-z_0)^{-5/3}$$

čia:

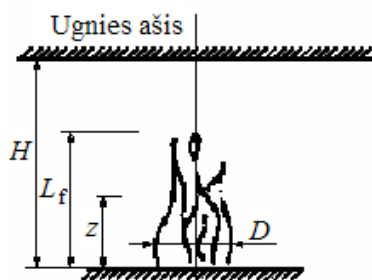
D - ugnies skersmuo [m], žr. 6.3 pav.;

Q - ugnies šilumos išsiskyrimo sparta [W];

Q_c - konvekinė šilumos išsiskyrimo spartos dalis [W], kai numatyta, kad $Q_c = 0,8 Q$;

z - aukštis išilgai liepsnos ašies [m] žr. 6.3 pav.;

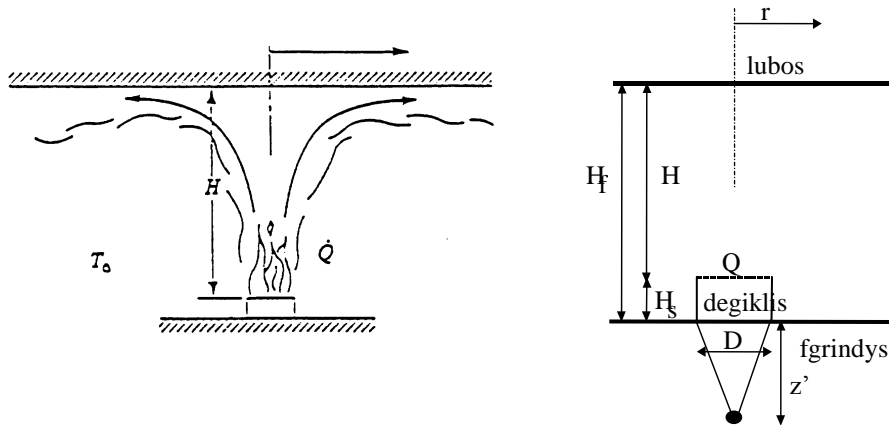
H - atstumas tarp ugnies židinio ir lubų [m] žr. 6.3 pav.



6.3 pav. Vietinio gaisro modelis kai liepsna neatsimuša į lubas

6.1.3 Hasemi'o metodas [1, 17]

Hasemi'o metodas [1, 17] yra paprasta priemonė vertinant vietinio gaisro poveikius gulstiesiems elementams esantiems virš ugnies. Jis remiasi Japonijos Tsukubos miesto pastatų tyrimo instituto atliktų bandymų rezultatais.



6.4 pav. Vietinio gaisro schema ir Hasemi'o gaisro aprašymas
Duomenys reikalingi taikant šį metodą yra:

- Q ugnies išskiriamos šilumos sparta [W];
- H_f atstumas nuo grindų iki lubų [m];
- D ugnies skersmuo (arba charakteristinis ilgis) [m];
- H_s stačiasis atstumas nuo grindų iki ugnies židinio vietos [m].
- Kintamieji dydžiai yra šie:
- H atstumas nuo ugnies židinio iki lubų [m];
- Q^* bedimensis šilumos išsiskyrimo spartos dydis [-];
- Q_H^* bedimensis šilumos išsiskyrimo spartos dydis [-];
- z' stačiasis atstumas iki virtualaus šilumos šaltinio atsižvelgiant į ugnies židinio vietą [m];
- L_H gulščiasis liepsnos ant lubų ilgis [m];
- r gulščiasis atstumas nuo ugnies centro ties lubomis [m].

Tvarka yra tokia:

Apskaičiuoti H
$$H = H_f - H_s \quad (6.1)$$

Apskaičiuoti Q^*
$$Q^* = \frac{Q}{1,11 \times 10^6 D^{2,5}} \quad (6.2)$$

Apskaičiuoti Q_H^*
$$Q_H^* = \frac{Q}{1,11 \times 10^6 H^{2,5}} \quad (6.3)$$

Apskaičiuoti z'
$$z' = 2,4 D \left(Q^{*2/5} - Q^{*2/3} \right) \quad Q^* < 1,00 \quad (6.4)$$

$$z' = 2,4 D \left(1,00 - Q^{*2/5} \right) \quad Q^* \geq 1,00 \quad (6.5)$$

Apskaičiuoti $(L_H + H)/H$
$$\frac{L_H + H}{H} = 2,90 Q_H^{*0,33} \quad (6.6)$$

L_H apskaičiuoti naudojantis aukščiau pateiktų išraiškų rezultatais ir naudojant H reikšmę
Apskaičiuoti srauto q'' reikšmę [kW/m^2] r atstumu:

$$q'' = 100 \quad y < 0,30 \quad (6.7)$$

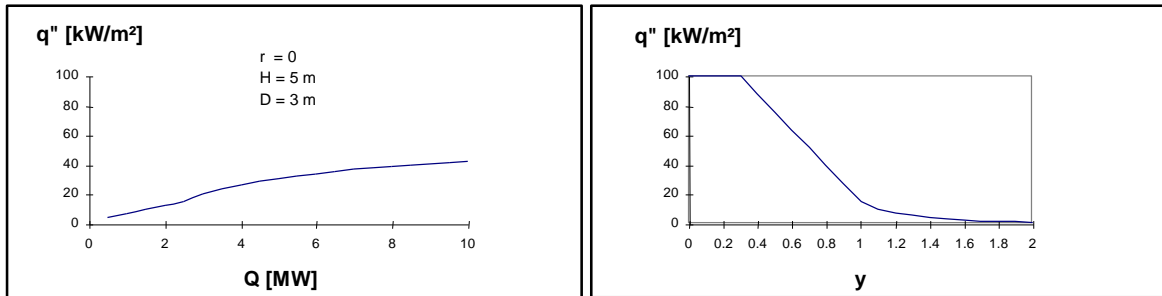
$$q'' = 136,30 - 121,00 y \quad 0,30 < y < 1,0 \quad (6.8)$$

$$q'' = 15 y^{-3,7} \quad y > 1,0 \quad (6.9)$$

čia
$$y = \frac{r + H + z'}{L_H + H + z'} \quad (6.10)$$

Srautas q'' nustatytas ties lubomis mažėja kaip y santykio funkcija ir didėja kaip Q funkcija. Paveiksle 6.5 šios funkcijos yra parodytos kai:

$r = 0 \quad H = 5 \text{ m} \quad D = 3 \text{ m}$



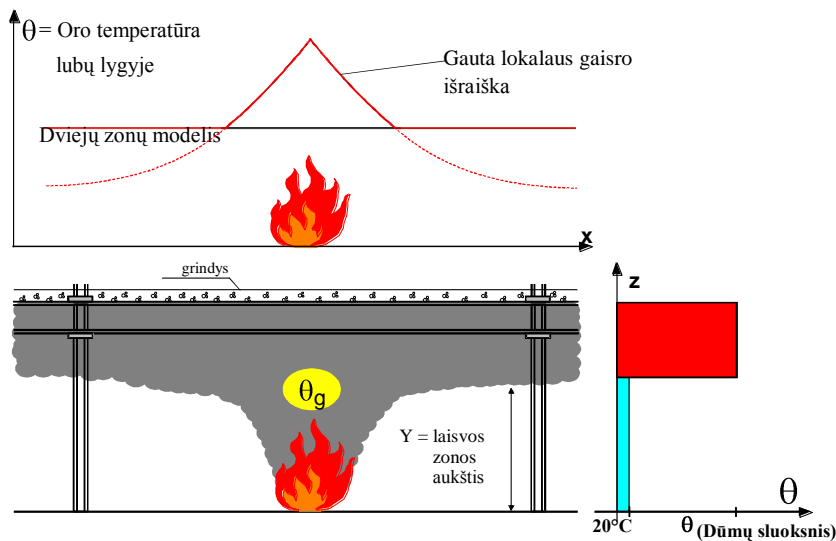
6.5 pav. q'' kaip y ir Q funkcija

6.1.4 Dviejų zonų ir vietinio gaisro modelių derinys

Vietinio gaisro gaisriniame skyriuje dujų temperatūros pasiskirstymas gali būti nustatytas taikant dvizonį modelį. Šiame modelyje dujų kiekvieno sluoksnio temperatūra yra skaičiuojama remiantis prielaida, kad kiekvieno sluoksnio temperatūra yra vienoda. Ši vidutinė temperatūra karštoje zonoje paprastai yra pakankamai tiksliai priklausomai nuo to, kiek tiksliai visuotinis reiškinys yra nagrinėtas: dūmų kiekis, kuris turi būti ištrauktas iš gaisrinio skyriaus; visuotinio užsiliepsnojimo tikimybė; bendroji stogo, lubų ir t.t. griūtis.

Kai yra atliekamas konstrukcijos elemento, esančio tiesiog virš ugnies, vietinės elgsenos vertinimas, prielaida apie vienodą temperatūrą gali būti nesaugi, o dviejų zonų modelis turi būti derinamas su vietinio gaisro išraiška, pateikta 6.1.3 skirsnyje.

Temperatūra arčiau sijų yra nustatomos taip – kiekviename taške išilgai sijos imama aukščiausia temperatūra, apskaičiuota taikant visus modelius.



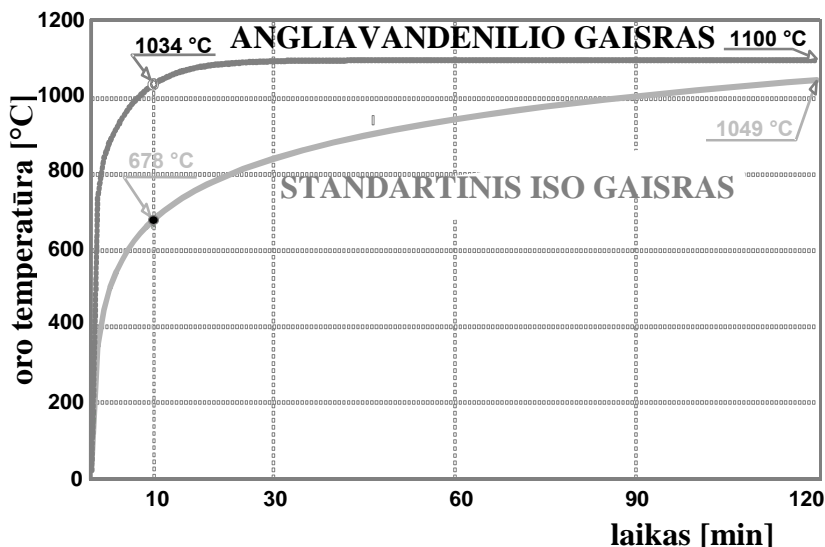
6.6 pav. Dviejų zonų ir vietinio gaisro modelių derinys

Dūmų zonos aukštis ir karštų dujų temperatūros plieninių konstrukcijų, esančių skirtingu atstumu nuo ugnies lygyje, gali būti skaičiuojamos taikant TEFINAF [8] modelį. Šis modelis suderina dviejų zonų modelį, numatantį karščio zonos aukštį, ir vidutinę temperatūrą bei vietinio gaisro išraišką, kuria pateikiamas aukščiausias temperatūros taškas virš liepsnos ir nutolęs skirtingais atstumais nuo ugnies.

6.2 VISAAPIMANTIS GAISRAS

Visaapimančių gaisrų pastatuose modeliai yra keletu tipų. Kai kurie iš plačiausiai naudojamų yra aprašyti šiame skyriuje.

Tikrojo gaisro sąvoka yra alternatyva vardiniam gaisrui, apibrėžtam nuorodinėse normose (ISO angliavandenilio kreivė...).



6.7 Standartinio ir angliavandenilio gaisrų kreivės

Lauko modeliai (CFD) neįtraukti į šį skyrių. Jie yra per daug sudėtingi ir reikalauja per daug laiko ir duomenų tam, kad pasinaudoti jais kaip paprasta inžinerine priemone.

6.2.1 Parametriniai gaisrai

Parametriniai gaisrai suteikia paprastas priemones, kad įvertinti svarbiausius fizikinius reiškinius, galinčius veikti gaisro plėtrą tam tikruose pastatuose. Kaip ir vardiniai gaisrai, jie apima temperatūros ir laiko sąryšius, bet šie sąryšiai talpina kai kuriuos parametrus, apibrėžiančius ypatingus tikrovės aspektus.

Beveik visuose parametriniuose gaisruose, kuriuos tik galima rasti literatūroje, parametrai, į kuriuos vienu ar kitu būdu atsižvelgiama, yra:

gaisrinio skyriaus matmenys;

gaisrinio skyriaus gaisro apkrova;

sienu ir arba stogo angos;

skirtingų konstrukcijos elementų formuojančių gaisrinio skyriaus ribas tipas ir svarbiausiosios savybės.

Parametriniai gaisrai pagrįsti prielaida, kad gaisrinio skyriaus temperatūra yra vienoda; tai apriboja jų taikymą gaisrams po visuotinio užsiliepsnojimo vidutinių matmenų gaisriniuose skyriuose. Nepaisant to jie leido žengti didelį žingsnį į priekį nagrinėjant tikrąją atskiro gaisro prigimtį, lyginant su vardiniais gaisrais, kai buvo gauti analitinių išraiškų supaprastinimai, t.y., nereikalaujantys sudėtingų kompiuterinių priemonių jų taikymui.

Siūlymas tokiems parametriniams gaisrams yra pateiktas EN 1991-1-2 [1] informaciniame A priede. Jis galioja gaisriniams skyriams be stogo angų, kurių grindų plotas yra iki 500 m², didžiausias gaisrinio skyriaus aukštis yra 4 m., b turi būti nuo 1.000 iki 2.200 J/m²s^{1/2}K, o O gali būti kisti nuo 0,02 iki 0,20 (O ir b yra apibūdinti žemiau).

Keletas pataisų buvo padaryta siekiant pagerinti ENV1991-2-2 [23] siūlymą. Jos yra:

daug tikslesnis būdas apskaičiuoti sienų, pagamintų iš skirtingų medžiagos sluoksnių, šiluminio netolygumo (b - faktorius);

įvesta mažiausia gaisro trukmė, atsižvelgiant į kuru kontroliuojamą gaisrą, kai gaisro apkrova yra maža, o angos yra didelės;

pataisos koeficientas atsižvelgiantis į didelės masės srovę pro langus kuru kontroliuojamo gaisro atveju;

Ši nauja, dar pateikta, parametrinio gaisro formulė galioja bet kokiam b reikšmei.

Gaisrinio skyriaus dujų temperatūros raida yra nustatoma taip:

$$\Theta_g = 1.325 \left(-0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} - 0,472 e^{-19t^*} \right) + 20^\circ \text{C} \quad (6.11)$$

čia:

$$t^* = \Gamma t \quad (6.12)$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{0,04}}{\sqrt{1.160}} \quad (6.13)$$

$$O = A_v \sqrt{h} / A_t \quad (6.14)$$

čia:

t laikas, valandomis,

A_v stačiųjų angų plotas m^2 ,

h stačiųjų angų aukštis m ,

A_t suminis atitvarų plotas (sienos, lubos ir grindys įskaitant angas) m^2 ,

b vadinamasis b -faktorius $[\text{J}/\text{m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}]$. Jis yra apribojančių konstrukcijų šiluminės inercijos funkcija.

(žr. b skaičiavimą § 3.3).

Kaitimo tarpsnio trukmė yra nustatoma taip:

$$t_{\max} = \max \left(0,2 \times 10^{-3} q_{t,d} / O ; t_{\lim} \right) \quad [\text{valanda}] \quad (6.15)$$

čia:

$q_{t,d}$ skaičiuotinė gaisro apkrovos reikšmė sąryšyje su A_t , MJ/m^2 ,

t_{\lim} 20 minučių, panašu į laisvojo degimo gaisro trukmę τ_F priimtą EN 1991-1-2 [1] B priede.

Kai taikoma 6.15 išraiška, yra dvi skirtingos galimybės:

- Jei gaisro kaitimo tarpsnio trukmė, apskaičiuota lygties pirmąja išraiška $0,2 \times 10^{-3} q_{t,d} / O$, yra ilgesnė už pasirinkta ribinę trukmę t_{\lim} , tuomet 6.11–6.14 ir 6.21–6.23 išraiškos yra taikomos be jokių pakeitimų;
- Jei gaisro kaitimo tarpsnio trukmė, apskaičiuota aukščiau duotos lygties pirmąja išraiška $0,2 \times 10^{-3} q_{t,d} / O$, yra trumpesnė už pasirinktą ribinę trukmę t_{\lim} , tuomet yra taikomos 6.11–6.14 išraiškos pakeitus angų faktorių į O_{rim} , kaip pagrindinį faktorių, nusakantį pasirinktą ribinį laiką, apskaičiuotą tokia išraiška:

$$O_{rim} = 0,1 \times 10^{-3} q_{t,d} / t_{\lim} \quad (6.16)$$

Išraiškos 6.15 ir 6.16 yra pakeičiamos taip:

$$t_{lim}^* = \Gamma_{lim} t \quad (6.17)$$

$$\Gamma_{lim} = \frac{\sqrt{O_{lim} / 0,04}}{\sqrt{1.160}} \quad (6.18)$$

o t_{lim}^* išraiškoje 6.11 yra naudojama vietoj t^* .

Galiausiai, tam, kad įvertinti vėdinimo poveikį kaitimo tarpsniu $t_d = t_{lim}$:

Jei $O > 0,04$ ir $q_{t,d} < 75$ ir $b < 1.160$

$$\text{kai } k = 1 + \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \left(\frac{1.160 - b}{1.160} \right) \quad (6.19)$$

$$\text{ir } \Gamma_{lim} = k \frac{\sqrt{O_{lim} / 0,04}}{\sqrt{1.160}} \quad (6.20)$$

Laikinė temperatūros kreivė vėsimą tarpsnyje yra nustatoma taip:

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 625 \left(-t_{\max}^* \cdot x \right) \quad \text{kai } t_d^* \leq 0,5 \quad (6.21)$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \left(-t_{\max}^* \right) \left(-t_{\max}^* \cdot x \right) \quad \text{kai } 0,5 \leq t_d^* \leq 2,0 \quad (6.22)$$

$$\Theta_g = \Theta_{\max} - 250 \left(-t_{\max}^* \cdot x \right) \quad \text{kai} \quad 2,0 \leq t_d^* \quad (6.23)$$

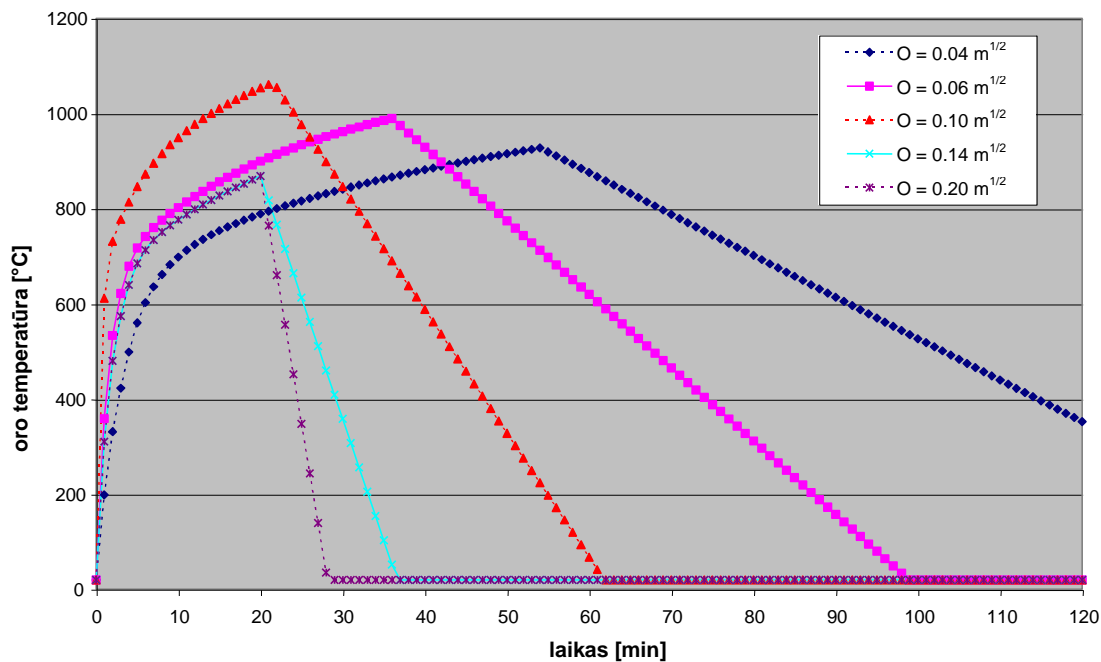
priimant didžiausia kaitimo tarpsnio pabaigos temperatūrą θ_{\max} pagal 6.11 išraišką, čia $t = t_d$ gautas 6.15 išraiška

$$t_{\max}^* = \left(0,2 \times 10^{-3} q_{t,d} / O \right) \Gamma$$

$$x = 1 \quad \text{kai} \quad t_{\max} > t_{\lim}$$

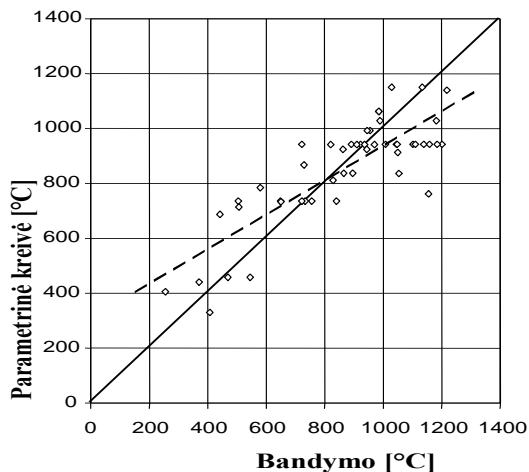
$$x = \frac{t_{\lim} \cdot \Gamma}{t_{\max}^*} \quad \text{kai} \quad t_{\max} = t_{\lim}$$

Gauto rezultato pavyzdys, kai gaisro apkrova $q_{t,d} = 180 \text{ MJ/m}^2$, $b = 1.160 \text{ J/m}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ K}$, angų faktorius O nuo $0,04 \text{ m}^{1/2}$ iki $0,20 \text{ m}^{1/2}$, parodytas 6.8 pav.



6.8 pav. Parametrinio gaisro pavyzdys [1]

Su parametriniu gaisru buvo lyginami bandymų rezultatai [12] ir patobulintų sąlygų rezultatai. Paveiksle 6.9 parodyta didžiausia dujų temperatūra. Koreliacijos koeficiento reikšmė 0,19 pagal ENV 1991-2-2 [23] dabar įgyja reikšmę 0,83.



6.9 pav. Didžiausia gaisrinio skyriaus dujų temperatūra

6.2.2 Zonos modeliai

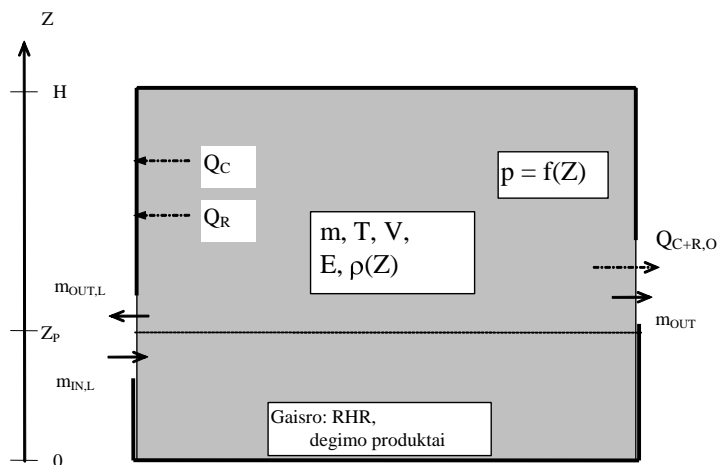
Zonos modeliai buvo pateikti 6.1 skyriuje; ten buvo trumpas dvizonio modelio aprašas. Dvizonio modelio taikymo sritis yra gaisro tarpsnis prieš visuotinį užsiliepsnojamą. Visaapimačio gaisro atveju turėtų būti taikomas vienizonis modelis.

6.2.3 Vienizonis modelis

Vienizonis modelis yra pagrįstas esmine prielaida, kad gaisro metu gaisrinio skyriaus dujų temperatūra yra vienoda. Vienizoniai modeliai galioja sąlygoms po visuotinio užsiliepsnojimo.

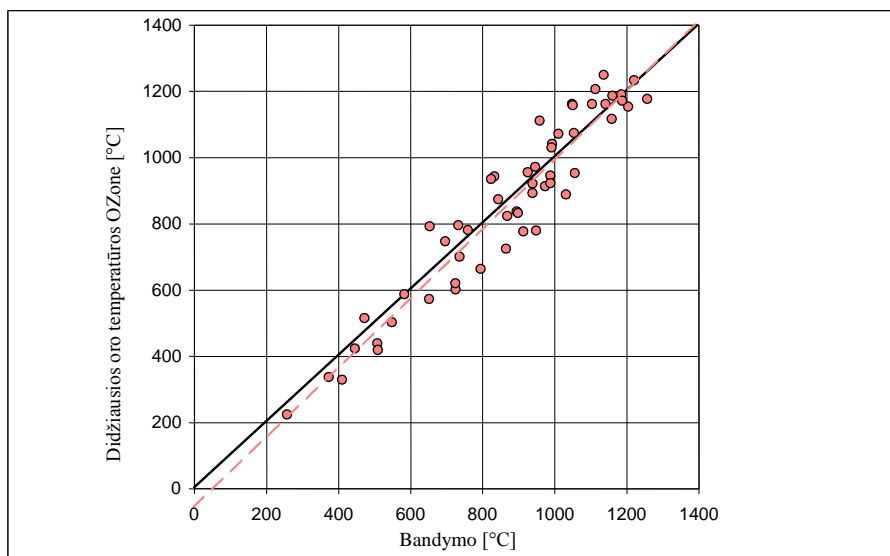
Duomenys turi būti pateikti daug aukštesnio detalumo laipsnio nei parametrinei kreivei ir yra tokie pat kaip reikiami dvizoniam modeliui.

Paveiksle 6.10 parodyta kaip yra sumodeliuotas gaisrinis skyrius su skirtingomis energijos ir masės balanso išraiškėmis.



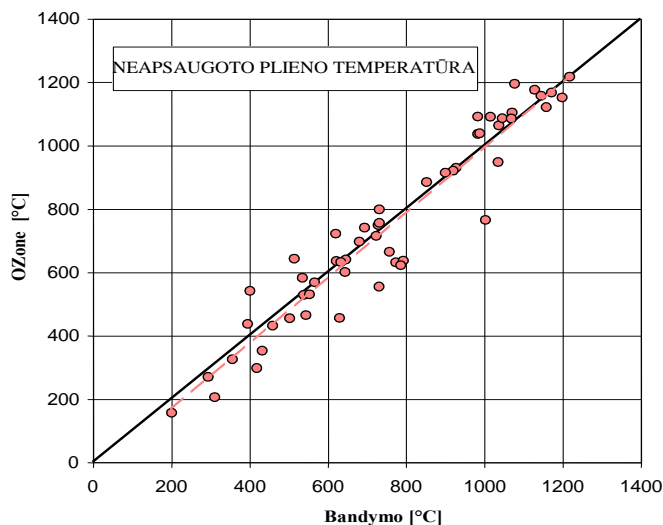
6.10 pav. Gaisrinio skyriaus vienizonis modelis

ECSC projektų apimtyje NFSC 1 & 2 [11, 12] dvizonis modelis „Ozone“ buvo vystomas Liežo universitete kartu su „PROFILARBED-Research“ ir buvo patvirtintas pasiremiant daugiau kaip 54 eksperimentinių tyrimų rezultatais. 6.11 pav. pateiktas didžiausios dujų temperatūros, išmatuotos bandymo metu ir apskaičiuotos taikant modelį. Kiekvienas taškas atitinka nustatytąjį bandymą, o įstrižoji linija nurodo tiksliai sutampančių taškų vietą. Brūkšninė linija yra visų taškų tiesinė regresija



6.11 pav. Didžiausia gaisrinio skyriaus dujų temperatūra

Kitas palyginimas yra pateiktas 6.12 pav. Kiekvieno bandymo metu buvo paskaičiuota tipinio neapsaugotojo skerspjūvio HEB 200, $A_m/V = 147 \text{ m}^{-1}$ temperatūros raida – pirmiausia pateikta užrašyta dujų temperatūra, po to apskaičiuotoji dujų temperatūra. Tai leido nubrėžti grafiką, kur kiekvieną bandymą simbolizuoja didžiausia neapsaugotojo plieninio skerspjūvio temperatūra.



6.12 pav. Didžiausia neapsaugotojo plieno temperatūra

6.3 Vienzonio ir dvizonio modelių derinys. Modelio parinkimas

Po to kai nustatytos gaisro charakteristikos t.y. RHR kreivė, gaisrinio skyriaus matmenys, sienų charakteristikos būtina pasirinkti natūralaus gaisro modelį atitinkanti nagrinėjamą scenarijų. Toks pasirinkimas bus padarytas atsižvelgiant į modelio taikymo sritį.

Svarstant yra priimta, kad pirmasis turėtų būti pritaikomas dvizonis modelis.

Klausimas yra – kaip ir kada reikės pereiti nuo dvizonio modelio taikymo prie vienzonio modelio.

Dvizonio modelio rezultatas pateikiamas dviejų pagrindinių kintamųjų pavidalu:

apatinės zonos temperatūra T_u ;

dviejų sąveikos zonų aukštis H_i .

Šie du kintamieji lems modeliavimą taikant zonos modelį (žr. 6.15 pav.). Kitos keturios sąlygos yra galimos tam, kad apriboti dvizonio modelio taikymą:

sąlyga 1 (C1): $T_u > 500^\circ\text{C}$;

aukšta degimo produktų temperatūra (aukštesnė kaip 500°C) spinduliuotiniu srautu inicijuoja visuotinį kitų gaisrinio skyriaus gaisro apkrovų užsiliepsnojamą;

sąlyga 2 (C2): $H_i < H_q$ ir $T_u > T_{\text{ignition}}$

sąveikos aukščio (H_i) sumažėjimas yra toks, kad degioji medžiaga yra dūmų sluoksnyje (didžiausias aukštis su degalais H_q) ir jei dūmų sluoksniu temperatūra aukšta (didesnė už T_{ignition} , kuri yra priimta lygi be 300°C) inicijuoja gaisro plitimą visame gaisriniame skyriuje degių medžiagų užsidegimo;

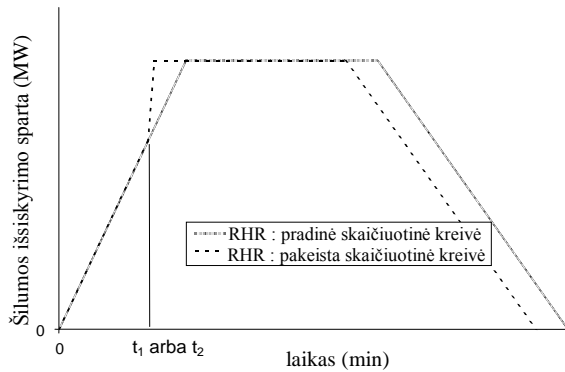
sąlyga 3 (C3): $H_i < 0,1 H$

sąveikos aukštis mažėja ir inicijuoja labai mažą viršutinio sluoksniu storį, kuris nėra apibrėžtas dviejų zonų reiškinyje;

sąlyga 4 (C4): $A_{fi} > 0,5 A_f$

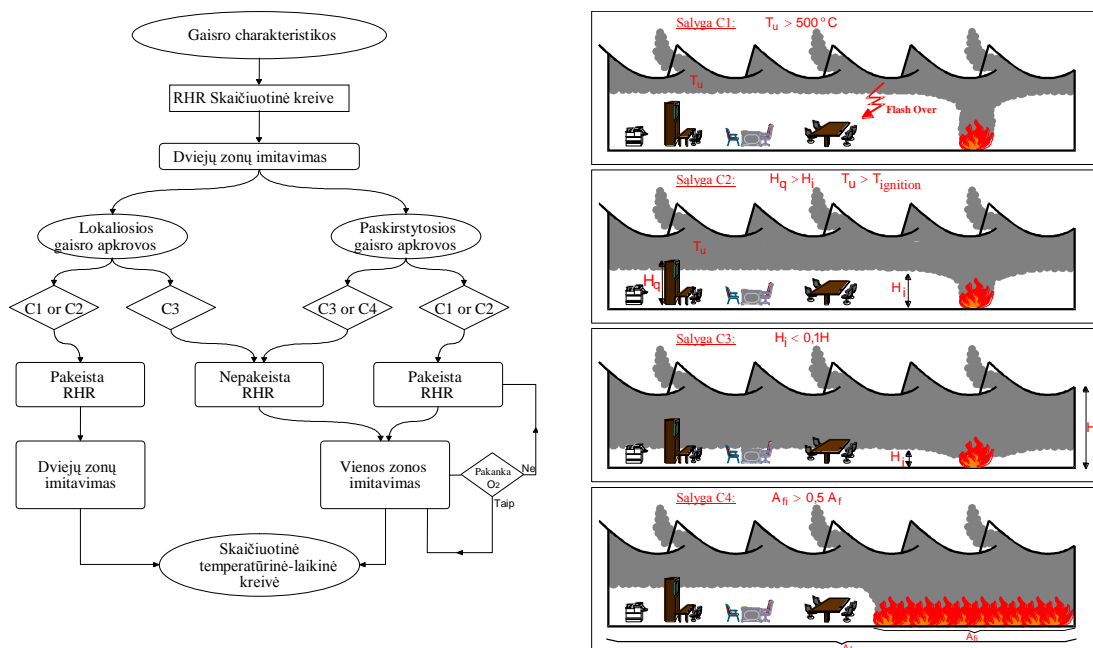
gaisro plotas yra per didelis lyginant su gaisrinio skyriaus grindų paviršiumi plotu, kad nagrinėti vietinį gaisrą.

Faktiškai 1 ir 2 sąlygos priveda prie pradinio šilumos išsiskyrimo spartos pakeitimo (imitavimas taikant dvizonį modelį). Šis pakeitimas yra atliktas kaip parodyta 6.13 pav.



6.13 pav. Skaičiuotinės gaisro šilumos išsiskyrimo spartos kreivės

Aukščiau paminėtas būdas schematiškai parodytas 6.14 pav.. Šioje schemoje parodyta esant kokioms sąlygoms (dviejų ar vienos zonos modeliavimas) turi būti nustatyta skaičiuotinė temperatūrinė kreivė.



6.14 pav. 1 ir 2 zonų modelių derinys

7. MECHANINIAI POVEIKIAI PAGAL EUROKODUS

Gaisro atveju konstrukcijas veikiančios gali būti nustatytos pagal tokią išraišką (žr. EN 1990 6.11b išraišką):

$$\sum_{i \geq 1} G_{k,j} + (\Psi_{1,1} \text{ or } \Psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

čia:

$G_{k,j}$ – charakteristinė nuolatinio j poveikio reikšmė

$Q_{k,1}$ – charakteristinė vyraujančio kintamojo 1 poveikio reikšmė;

$Q_{k,i}$ – charakteristinė nevyraujančio (kartu su vyraujančiu veikiančio) kintamojo i poveikio reikšmė;

$\Psi_{1,1}$ – kintamojo poveikio dažninės reikšmės koeficientas;

$\Psi_{2,i}$ – kintamojo i poveikio tariamai nuolatinės reikšmės koeficientas.

Rekomenduojamos Ψ_1 ir Ψ_2 reikšmė yra pateiktos EN1990 A1.1 lentelėje gali būti pakeistos Nacionaliniame priede

7.1 Lentelė. Rekomenduojamos pastatų ψ koeficientų reikšmės

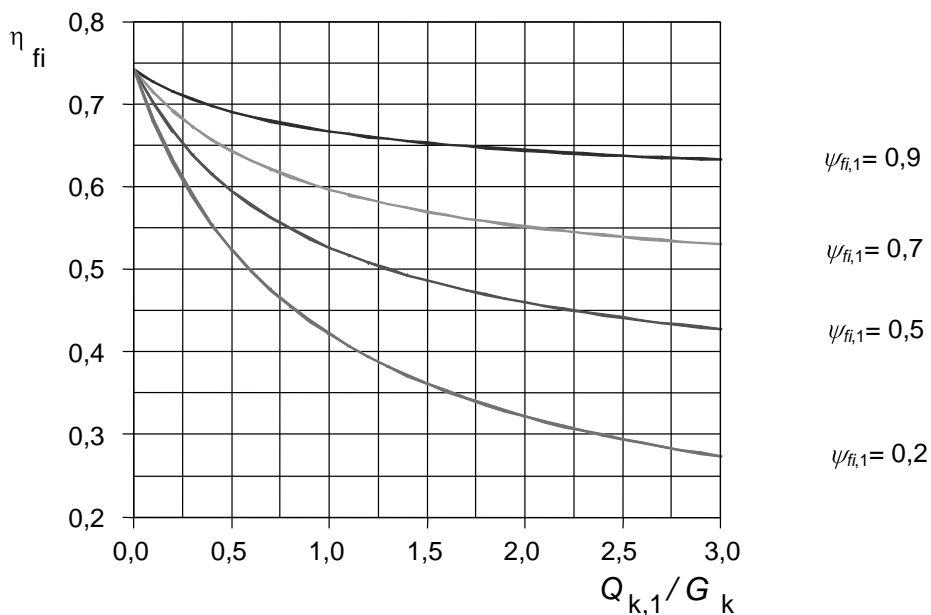
Poveikis	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Statinių naudojimo apkrovos kategorija (žr. 1991-1-1)			
A kategorija: namų ir gyvenamieji plotai	0,7	0,5	0,3
B kategorija: įstaigų plotai	0,7	0,5	0,3
C kategorija: susibūrimų plotai	0,7	0,7	0,6
D kategorija: parduotuvių plotai	0,7	0,7	0,6
E kategorija: saugyklų plotai	1,0	0,9	0,8
F kategorija: eismo plotai, transporto priemonių svoris ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G kategorija: eismo plotai, $30 \text{ kN} <$ transporto priemonių svoris ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
H kategorija: stogai	0	0	0
Pastatų sniego apkrovos (žr. 1991-1-3)			
Suomija, Islandija, Norvegija, Švedija	0,7	0,5	0,2
Kitos šalys CEN šalys, vietovėse išsidėsčiusiose $H > 1000$ m aukščiau jūros lygio	0,7	0,5	0,2
Kitos šalys CEN šalys, vietovėse išsidėsčiusiose $H \leq 1000$ m aukščiau jūros lygio	0,5	0,2	0
Pastatų vėjo apkrova (žr. 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatūra (ne gaisro) pastatų (žr. 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Kita svarbi pastaba daugiausiai naudojama skaičiuojant gaisro atveju Eurokoduose pateiktais metodais yra apkrovos lygis $\eta_{fi,t}$ gaisro atveju, kuris yra nustatomas $\eta_{fi,t} = \frac{E_{d,fi}}{E_d}$, čia E_d ir $E_{d,fi}$ atitinkamai skaičiuotiniai poveikiai kambario temperatūroje ir gaisro atveju. Apkrovos lygis gaisro atveju taip pat gali būti nustatytas taip:

$$\eta_{fi,t} = \frac{G_k + \psi_{fi,1} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

čia $\gamma_{Q,1}$ - vyraujančiojo kintamojo 1 poveikio dalinis koeficientas.

Iš tikrųjų apkrovos lygis η_{fi} labai priklauso nuo koeficiento $\psi_{fi,1}$, kuris keičiasi atsižvelgiant į pastato kategoriją. Normose prEN1993-1-2 (plieninių konstrukcijų gaisro dalis) ir prEN1994-1-2 (kompozitinių konstrukcijų gaisro dalis) pateiktas paveikslas (žr. 4 pav.) siekiant parodyti apkrovų santykio $Q_{k,1}/G_k$ ir koeficiento $\psi_{fi,1}$ įtaką apkrovos lygiui.



7.1 pav. Pataisos koeficiento η_{fi} ir apkrovų santykio $Q_{k,1}/G_k$ sąryšis

8 IŠVADOS

Šiame DP apžvelgėme įvairius galimus modelius temperatūrai, sąryšyje su laiku, gaisrinio skyriaus viduje skaičiuoti. Žinoti konstrukcijos elementų temperatūrą sąryšyje su laiku yra būtina tam, kad apskaičiuoti šiluminį srautą į šiuos elementus Konvekcinės ir spinduliuotinės šilumos perdava vyksta tarp karštų dujų, liepsnos, aplinkinių ribojančiųjų konstrukcijų ir konstrukcijos elementų. Spinduliavimo ir konvekcijos koeficientai daro įtaką šilumos perdavai.

Konstrukcijos elemento įkaitimas priklauso nuo elemento tipo (pvz.. grynas plienas ar kompozitinis – plieno-betono) ir nuo apsaugos nuo gaisro pobūdžio ir jos masto. Tai jau yra DP2 tema. Žinant temperatūrinę konstrukcijos lauką ir atsitiktinius apkrovų derinius, gali būti nustatyta termomechaninė elgsena. Tai jau yra DP3 tema.

9 NUORODOS

- [1] CEN; EN 1991-1-2, Eurocode 1- Actions on structures, Part 1.2-Actions on structures exposed to fire. CEN Central Secretariat, Brussels, November 2002.
- [2] BSI 96/540493 "The use of Fire Safety Engineering in Buildings" (Draft 27 march 1996)
- [3] Initial Fires: Lund University, Sweden. Institute of Fire Safety Engineering. ISSN 1102-8246. ISRN LUTVDG/TVBB--3070--SE. April 1993.
- [4] ARGOS Theory Manuel (draft 5)-Danish Institute of fire technology - 22/07/92
- [5] Peacock, Jones, Bukowski and Forney. NIST Handbook 146, Volume II - Technical Reference Guide for the Hazard I Fire Hazard Assessment Method - Version 1 - June 1991
- [6] Babrauskas Vytenis: "Burning Rates" Section 3/Chapter 1: The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Second Edition - 13th April 1995
- [7] NKB Committee and Works reports 1994:07E: "Performance and Requirements for Fire Safety and Technical Guide for Verification by Calculation"; Nordic Committee on Building Regulations.
- [8] "Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in Large Compartments"; Final report CEC Agreement 7210/ SA210, 317,517,618,832-February 1997.
- [9] Schleich J-B., Cajot L-G., et al.: "Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in Closed Car Parks" ECSC Research 7210-SA/211/318/518/620/933; 1993-1996; Final report 1999 – EUR 18867 EN
- [10] CEN; prEN1990, Eurocode – Basis of structural design, 2001.
- [11] Schleich J-B., Cajot L-G., et al.: "Competitive steel buildings through natural fire safety concept." ECSC Research 7210-SA/125,126,213,214,323,423,522,623,839,937, 1994-98; Final Report 2002 – EUR 20360 EN.
- [12] Schleich J-B., Cajot L-G., et al.: "Natural fire safety concept –Full scale tests, implementation in the Eurocodes and development of a user-friendly design tool." ECSC Research 7210-060, 1997-2000;., Final Report 2003 - EUR 20580 EN..
- [13] Schleich J-B., Cajot L-G., et al.: "Valorisation project - Natural Fire Safety Concept." ECSC Research 7215-PA/PB/PC –042-057, D-E-F-I-NL-UK & ECCS, 1999-2001.
- [14] DD 0000 The Use of Fire Safety Engineering in Buildings. Draft for Approval for Publication; 27. March 96, Technical Committee FSH / 24. 96/540493.
- [15] Fontana M.: "Required Fire Resistance of Building Elements" - Part A: Fire Load in Buildings, Probability Density Function - , NFSC WG4, Zürich, March 1996
- [16] Background document Eurocode 1 (ENV 1991) Part 1 : Basis of Design, Working Document N° 94 of ECCS, March 1996.
- [17] Hasemi Y. and Tokunaga Tazo: "Flame Geometry Effects on the Buoyant Plumes from Turbulent Diffusion Flames". Fire Science and Technology, Vol.4, N°1, 1984.
Ptchelintsev A., Hasemi Y., Nikolaenko M., "Numerical Analysis of Structures exposed to localized Fire", ASIAFLAM's 95, Hong Kong, 1995.
Wakamatsu T., Hasemi Y., Yokobayashi Y., Ptchelintsev A.: "Experimental Study on the Heating Mechanism of a Steel Beam under Ceiling exposed to a localized Fire".

- Hasemi Y., Yokobayashi Y. , Wakamatsu T., Ptchelintsev A.: “Fire Safety of Building Components Exposed to a Localized Fire”- Scope and Experiments on Ceiling/Beam System Exposed to a Localized Fire, ASIAFLAM’s 95, Hong Kong, 1995.
- [18] Hietaniemi J: “ Risk-Based Fire Resistance Requirements” ECSC Research 7210-PR-251, 2000-2003
- [19] Kumar S., Welch S., “Natural Fire Safety Concept – The development of a CFD-Based Engineering methodology for evaluating thermal action on steel and composite structures” 7210-PR184, 1999-2002
- [20] IABSE Colloquium: Basis of Design and Actions on Structures; Background and applications of EC 1; delft 1996
- [21] Evaluation du Risque d’Incendie”, Méthode de Calcul, Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes, documentation n° 81, 1984.
- [22] Thomas P.H.: "Design Guide Structural Fire Safety", Workshop CIB W14, February 1995.
- [23] CEN; ENV1991-2-2, Eurocode 1– Basis of s design and actions on structures- Part 2-2: Actions on structures- Actions on structures exposed to fire, 1995.
- [24] Cajot L-G, Haller M., et al: “Probabilistic Quantification of a Steel Structure highlighting the potential of steel versus other materials” ECSC Research 7210-PA/PB/PC/PD-249, 2000-2003