



Knowledge FOr Resilient soCiEty

www.kforce.uns.ac.rs

Siguria nga zjarri në ndërtesa

*Qasja dhe praktika
e Ballkanit Perëndimor*

Redaktorë

*Dr. Mirjana Laban, Dr. Igor Džolev,
Dr. Mirjana Malešev, Dr. Vlastimir Radonjanin*



eBOOK

Siguria nga zjarri në ndërtesa

Qasja dhe praktika e Ballkanit Perëndimor

Redaktorë

**Dr. Mirjana Laban, Dr. Igor Džolev,
Dr. Mirjana Malešev, Dr. Vlastimir Radonjanin**

Novi Sad, 2020

**Botues: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Serbia**

Rishikues:

Dr. Meri Cvetkovska, Dr. Ana Trombeva Gavriloska
Universiteti “Shën Kiril dhe Metodij” në Shkup, Maqedoni e Veriut

Përkthyes nga gjuha angleze:

Dr. Fidan Salihu, Universiteti i Prishtinës “Hasan Prishtina”,
Kosovë

Redaktor dhe lektor për botimin në gjuhën shqipe:

Dr. Fatos Pllana, Universiteti i Prishtinës “Hasan Prishtina”, Kosovë

Dizajni grafik: Futura doo, Novi Sad

PËRMBAJTJA:

PARATHËNIE DHE PËRMBLEDHJE	VII
----------------------------	-----

Seksioni I – Zjarri, materialet dhe strukturat

1. INXHINIERIA E SIGURISË NGA ZJARRI <i>Edisa Nukić, Jelena Marković</i>	2
2. KARAKTERISTIKAT E MATERIALEVE TË NDËRTIMIT NË TEMPERATURAT E LARTA <i>Vesna Bulatović, Mirjana Malešev</i>	47
3. REZISTENCA E STRUKTURAVE NDAJ ZJARRIT <i>Igor Džolev, Đorđe Lađinović</i>	89

Seksioni II – Vlerësimi dhe riparimi i strukturave

1. DËMET NGA ZJARRI NË STRUKTURAT E BETONIT TË ARMUAR DHE MUNDËSITË E RIPARIMIT <i>Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin</i>	126
2. VLERËSIMI DHE RIPARIMI I STRUKTURAVE NGA BETONI I ARMUAR TË DËMTUARA NGA ZJARRI – RAST STUDIMI <i>Vlastimir Radonjanin, Mirjana Malešev</i>	142

Seksioni III – Legjislacioni i Ballkanit Perëndimor dhe Studimet e Rastit

1. PERSPEKTIVA MBI MENAXHIMIN E RREZIKUT NGA ZJARRI NË BOSNJE DHE HERCEGOVINË <i>Jelena Marković, Edisa Nukić</i>	154
2. SIGURIA NGA ZJARRI NË FASADË - KORNIZA LIGJORE NË VENDET E BALLKANIT PERËNDIMOR <i>Olivera Bukvić, Suzana Draganić, Mirjana Laban</i>	165
3. REHABILITIMI I ENERGJISË DHE SIGURIA NGA ZJARRI I FASADËS SË NDËRTESAVE TË BANIMIT ME SHUMË KATE <i>Suzana Draganić, Olivera Bukvić, Mirjana Laban</i>	182

VËREJTJET PËRFUNDIMTARE

FALËNDERIMET

Redaktorët e këtij libri do të donin të shprehnin falënderimet e tyre për partnerët e projektit "Njohuri për shoqëri të qëndrueshme" (Knowledge FOr Resilient soCiEty) (K-FORCE), për ndihmën dhe mbështetjen e tyre. Ne jemi gjithashtu mirënjohës për autorët që kontribuuuan në punën e tyre kërkimore në këtë botim.

Ky libër fillimisht është shkruar në gjuhën angleze dhe pastaj është përkthyer në gjuhën shqipe dhe serbe. Librat elektronik janë në dispozicion në qasje të hapur në faqen e internetit të projektit www.k-force.uns.ac.rs.

PROFILET E REDAKTUESVE

Dr Mirjana Laban është profesoreshë e asociuar në Universitetin e Novi Sadit, Fakulteti i Shkencave Teknike, një nga themelueset dhe udhëheqëse e studimeve themelore, master dhe të doktoraturës në Menaxhimin e Rrezikut të Ngjarjeve Katastrofike dhe Zjarrit, ku ajo ligjëron disa lëndë. Është asistente për shkencë e drejtorit të Departamentit të Inxhinierisë së Ndërtimit dhe Gjeodezisë. Ka më shumë se 15 vjet përvojë kërkimore në fushën e menaxhimit të rrezikut, kryesisht në fushën e sigurisë nga zjarri. Ka marrë pjesë në disa projekte kombëtare dhe ndërkombëtare (Erasmus, COST, bilaterale, IPA CBC) dhe ka botuar më shumë se 150 punime profesionale dhe shkencore në revista dhe konferenca.

Dr Igor Džolev është ekspert në fushën e strukturave dhe ndikimit të zjarrit në struktura, me kompetenca shtesë në fushat e inxhinierisë së tërmetit dhe efikasitetit të energjisë të ndërtesave. Ka doktoruar në vitin 2018 në Universitetin e Novi Sadit, Fakulteti i Shkencave Teknike, ku u zgjodh profesor asistent në vitin 2019.

Dr Mirjana Malešev është profesoreshë e rregullt në Universitetin e Novi Sadit, Fakulteti i Shkencave Teknike, udhëheqëse e studimeve të doktoratës në Inxhinierinë e Ndërtimit dhe udhëheqëse e Laboratorit për materialet dhe strukturat e ndërtimit. Ka përvojë të gjerë profesionale dhe është eksperte në vlerësimin e gjendjes dhe riparimin e strukturave prej betoni dhe murature të dëmtuara në zjarre dhe tërmete. Ka botuar më shumë se 300 punime shkencore dhe profesionale, përfshirë 16 punime shkencore në revistat SCI. Është cituar më shumë se 700 herë në revista ndërkombëtare.

Dr Vlastimir Radonjanin është profesor i rregullt në Universitetin e Novi Sadit, udhëheqës i Departamentit të Materialeve të Ndërtimit, Vlerësimit të Kushteve dhe Rehabilitimit të Strukturave dhe Drejtor i Departamentit të Inxhinierisë së Ndërtimit dhe Gjeodezisë në Fakultetin e Shkencave Teknike në Novi Sad. Ka përvojë të gjerë profesionale dhe është ekspert në vlerësimin e gjendjes dhe riparimin e strukturave prej betoni dhe murature të dëmtuara në zjarre dhe tërmete. Ai ka botuar më shumë se 350 punime profesionale dhe shkencore, përfshirë 20 punime shkencore në revistat SCI. Është cituar më shumë se 750 herë në revista ndërkombëtare.

LISTA E KONTRIBUESVE

Edisa Nukić	Universiteti i Tuzlës,
Jelena Marković	Fakulteti i Minierave, Gjeologjisë dhe Inxhinierisë së Ndërtimit, Tuzla, Bosnje dhe Hercegovinë
Vesna Bulatović	
Mirjana Malešev	
Igor Džolev	Universiteti i Novi Sadit,
Đorđe Ladinović	Fakulteti i Shkencave Teknike,
Vlastimir Radonjanin	Novi Sad, Serbi
Mirjana Laban	
Olivera Bukvić	
Suzana Draganić	
Sokol Dervishi	Universiteti Epoka, Fakulteti i Arkitekturës dhe Inxhinierisë, Tiranë, Shqipëri

PARATHËNIE

Ditëve të sotme zjarret në ndërtesa janë më të mëdha, më të paparashikueshme dhe më të rrezikshme se kurrë më parë. Ngjarjet e fundit të zjarrit në ndërtesa shumëkatëshe dhe ndërtesa të rinovuara nëpër vende të ndryshme tregojnë atë se kërkesat e normativave aktuale rreth sigurisë nga zjarri në ndërtesa nuk ofrojnë një nivel të duhur të mbrojtjes së banorëve nga zjarri.

Mënyra me të cilën regjistrohen statistikatat e sigurisë nga zjarri në të gjithë Evropën ndryshon shumë. Aktualisht, nuk ka standarde në të gjitha vendet e Evropës për mbledhjen ose analizimin e të dhënave për zjarret, gjë që e bën të vështirë krahasimin e statistikave kombëtare për viktimat ose dëmtimet nga zjarri. Statistikat e disponueshme të sigurisë nga zjarri tregojnë përmirësime të konsiderueshme gjatë dekadave të fundit, por zjarret strukturore, veçanërisht zjarret në banesa, mbeten një shqetësim i lartë. Gjithashtu, këto statistika tregojnë të qartë dominimin e zjarreve në banesa dhe rëndësinë e ndërmarrjes së veprimeve mbi sigurinë nga zjarri në ambiente shtëpiake.

Siguria nga zjarri e ndërtesave varet nga elementë të ndryshëm prandaj edhe kërkon një qasje gjithëpërfshirëse që adreson mbrojtjen parandaluese dhe strukturore nga zjarri. Mbrojtja parandaluese nga zjarri përqëndrohet në shmangien e zjarreve, ndërsa mbrojtja strukturore nga zjarri përfshin performansën e materialeve ndaj zjarrit dhe zgjidhjen e sistemeve për ndërtesën dhe mbështjellësin e saj. Në këtë drejtim, që ndërtesat të jenë të sigurta ndaj zjarrit duhet që përzgjedhja, instalimi dhe mirëmbajtja e materialeve dhe produkteve të ndërtimit të bëhet me përgjegjësi dhe në përputhje me të gjitha rregulloret.

Ne duhet të ndërtojmë struktura të qëndrueshme, dhe për sigurinë nga zjarri, kjo do të thotë që struktura e ndërtesës të jetë zjarrruduese. Vetëm ndërtesat që janë në gjendje t'i rezistojnë dhe përshtaten me zjarrin, rikuperohen nga një zjarr dhe të rifunksionalizohen në një kohë dhe në mënyrë efikase, mund të nxisin një të ardhme vërtetë të qëndrueshme.

Ky libër është rezultat i projektit K-FORCE Erasmus +, që synon të vendosë dhe të përmirësojë arsimin e lartë dhe i jetëgjatë në fushën e Menaxhimit të Rrezikut nga Katastrofat dhe Sigurisë nga Zjarri në Ballkanin Perëndimor.

Shpresojmë që ky libër të kontribuojë për të kuptuar më mirë kompleksitetin e problemeve të zjarrit në ndërtesa dhe do të jetë literatura e dobishme për studentët e sigurisë nga zjarri dhe profesionistëve.

Redaktorët

FALËNDERIMET

Redaktorët e këtij libri do të donin të shprehnin falënderimet e tyre për partnerët e projektit "Njohuri për shoqëri të qëndrueshme" (Knowledge FOr Resilient soCiEty) (K-FORCE), për ndihmën dhe mbështetjen e tyre. Ne jemi gjithashtu mirënjohës për autorët që kontribuan në punën e tyre kërkimore në këtë botim.

Seksioni I

Zjarri, materialet dhe strukturat

1. INXHINIERIA E SIGURISË NDAJ ZJARRIT

Gjatë projektimit dhe ndërtimit të një ndërtesë, duhet të sigurohet mbrojtja nga zjarri; ajo duhet të jetë e integruar në fazën e projektimit që nga fillimi. Meqenëse ndodhja e zjarrit shumë shpesh ka të bëjë me mos përmbytjen e masave parandaluese adekuata përmes planifikimit, projektimit dhe ndërtimit, është e rëndësishme që të gjithë të përfshihen në hartimin e projektit - arkitektë, inxhinierë, dizajnerë të brendshëm - të jenë të vetëdijshëm për çështjet e sigurisë nga zjarri në secilën fazë të procesit të projektimit. Disa elemente që janë të domosdoshëm për mbrojtje nga zjarri, të cilat nuk janë të përfshirë gjatë fazës së hartimit të projektit, është e vështirë të inkorporohen më vonë dhe shpesh janë jashtëzakonisht të shtrenjtë.

Siguria nga zjarri në ndërtesa përcaktohet nga disa faktorë siç janë largimi, evakuimi dhe shpëtimi në rast zjarri, aftësia e ndërtesës për t'i rezistuar zjarrit dhe për të kufizuar përhapjen e zjarrit dhe tymit (brenda ndërtesës, si dhe në objektet fqinje), dhe sigurimin e qasjes të departamenteve të zjarrit për veprime efikase të shpëtimit dhe zjarrfikësve.

Në fillim të zjarrfikësve dhe legjislacionit në këtë fushë, kompanitë e sigurimeve patën një rol të rëndësishëm për të mbrojtur pronën, por jo sigurinë e jetës së njerëzve. Sot, përveç qëllimeve kryesore të mbrojtjes nga zjarri - mbrojtja e jetës dhe pronës, ekziston edhe një qëllim tjetër i rëndësishëm - ruajtja e funksionit. Është e qartë se, pavarësisht nga dëmi i shkaktuar nga zjarri, njerëzit duhet të vazhdojnë të kryejnë funksionet e tyre të jetës.

Për *sigurinë e jetës*, është e nevojshme të krijohen kushte për evakuim dhe shpëtim të sigurt. Për të arritur këtë qëllim, është e nevojshme të ekzistoj një sistem paralajmërimi në kohë, rrugë adekuata evakuimi dhe të siguroheni që evakuuesit nuk janë të ekspozuar ndaj tymit gjatë evakuimit. Në disa ndërtesa, është e nevojshme të planifikohen masa dhe zgjidhje të veçanta për praninë e banorëve që nuk mund të shpëtojnë veten, siç janë, për shembull, spitalet me pacientë të palëvizshëm, institucione për kujdesin e personave të moshuar dhe me aftësi të kufizuara.

Mbrojtja e pronës arrihet duke mbrojtur strukturën e ndërtesës, elementet dhe përmbajtjen e ndërtesës, si dhe me mbrojtjen nga zjarri nga ndërtesat fqinje. Mbrojtja e pronës gjithashtu përfshin mbrojtjen e pasurive jo-materiale si ndërprerja e biznesit ose humbja e pakthyeshme e trashëgimisë kulturore.

Në arritjen e qëllimit të *mbrojtjes së mjedisit*, shqetësimi kryesor janë emetimet e ndotësve të gazit nga tymi dhe ndotësit e lëngshëm të gjeneruar nga përdorimi i agentëve për shuarjen e zjarrit pasi ato mund të kenë një ndikim të rëndësishëm në mjedis. Një mënyrë efikase për të kufizuar këto ndikime është shuarja e zjarrit në fazën fillestare, e cila mund të arrihet më lehtë në ndërtesa duke instaluar sisteme fikse të shuarjes së zjarrit.

Kompleksiteti i ndërveprimit midis njerëzve, ndërtesave dhe zjarreve është i tillë që asnjëherë nuk mund të zbatohet një metodë e vetme apo metodë e llogaritjes për të gjitha llojet e ndërtesave në rrethana të ndryshme. Prandaj, inxhinieria e mbrojtjes nga zjarri kërkon nga projektuesi një nivel të madh të angazhimit, përgjegjësisë dhe përvojës sesa thjesht një zbatim të kodeve të përcaktuara. Koncepti i inxhinierisë së sigurisë nga zjarri është i zbatueshëm kudo që ekziston një rrezik nga zjarri, ku është e nevojshme të përcaktohen sasitë e rreziqeve dhe të sigurohet një zgjidhje optimale për zbatimin e masave parandaluese ose mbrojtëse (të ashtuquajturat masa aktive dhe pasive). Në rast zjarri, projektimi i mirë i ndërtesës dhe

mirëmbajtja e saj janë thelbësore në mundësimin e evakuimit të sigurt, si dhe në kufizimin e përhapjes së zjarrit në masën minimale të mundshme dhe sigurimin e hyrjes së sigurt për zjarrfikësit dhe shpëtimtarët. Zgjidhjet më të mira për mbrojtjen nga zjarri përfshijnë projektimin specifik të secilës ndërtese dhe mënyrën se si e përdorin banorët e saj, duke kombinuar masa aktive dhe pasive në një qasje gjithëpërfshirëse (Figura 1).

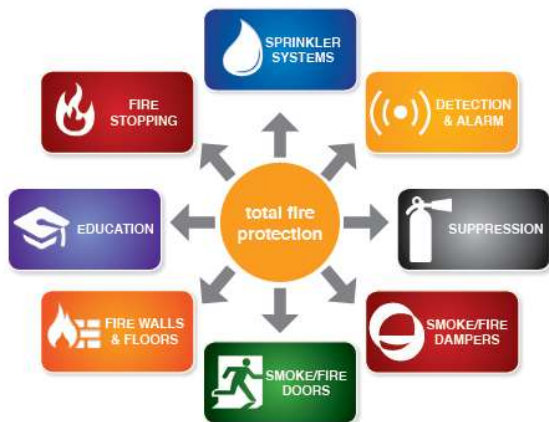


Figura 1. Qasje gjithëpërfshirëse në mbrojtjen nga zjarri (www.lifesafetyservices.com)

1.1. PROJEKTIMI PËR SIGURI NDAJ ZJARRIT

Zjarri është një nga rreziqet më të mëdha për jetën dhe pronën në ndërtesa. Dëmet materiale dhe viktimat njerëzore të shkaktuara nga zjarri nuk janë të papërfillshme, ashtu si dhe numri mesatar i zjarreve që ndodhin çdo vit. Statistikat tregojnë se shumica e zjarreve janë në ndërtesa banimi dhe publike. Për shkak të zjarrit në Evropë çdo vit mesatarisht 8 njerëz (në një milion) humbasin jetën e tyre, ndërsa një numër më i madh shtrohet në spital. Sipas Qendrës Botërore të Statistikave të Zjarrit në Gjenevë, zjarret dëmtojnë ekonominë botërore me rreth 1% të të ardhurave kombëtare bruto çdo vit. Meqenëse zjarret janë shumë të vështira për t'u parandaluar, çështja e këtij rreziku trajtohet intensivisht nga qeveritë e shtetit që përmirësojnë vazhdimisht strategjitë e tyre për mbrojtjen nga zjarri. Prandaj, një numër i madh i rregulloreve kombëtare dhe rajonale për mbrojtjen nga zjarri janë krijuar posaçërisht për ndërtesat.

Është e vështirë të jepet një përkufizim i saktë i "inxhinierisë së sigurisë nga zjarri". Përkufizim i mëposhtëm duhet të jetë i pranueshëm: aplikimi i arritjeve shkencore dhe parimeve inxhinierike në efektet e zjarrit në mënyrë që të zvogëlohen vuajtjet njerëzore dhe dëmtimi i pronës përmes përcaktimit të rreziqeve dhe të sigurohen zgjidhje optimale duke zbatuar masa parandaluese dhe mbrojtëse [3].

Më saktësisht, qëllimi themelor i inxhinierisë së sigurisë nga zjarri është të zvogëlojë rrezikun e vdekjes, dëmtimit, dëmtimit material dhe ndotjes së mjedisit në një nivel të pranueshëm.

Megjithatë inxhinierët e sigurisë nga zjarri zhvillojnë dhe ofrojnë zgjidhje për krijimin e sigurisë nga zjarri, nga projektuesit e fushave të tjera shpesh kërkohet të japin një kontribut të madh në zhvillimin e një strategjie për mbrojtjen nga zjarri.

Ekzistojnë tri metoda kryesore në inxhinierinë e sigurisë nga zjarri:

- *Metoda krahasuese* që vërteton se projekti ofron një nivel sigurie të barabartë me atë që do të ishte fituar me aplikimin e kodeve të përcaktuara.
- *Metoda përcaktuese* që synon të tregojë se nuk do të ndodhin një sërë kushtesh të përcaktuara, e cila përcaktohet nga supozimet fillestare (më së shpeshti rasti më i keq i mundshëm). Kur ka dyshime për besueshmërinë e të dhënave, duhet të zbatohet një qasje konservative. Kjo mund të kërkojë përdorimin e faktorëve të saktë të sigurisë për të kompensuar paqartësitë në supozimet
- *Metoda probabilistike* që synon të tregojë se probabiliteti i një ngjarje të caktuar që ka ndodhur është e pranueshme. Kjo zakonisht shprehet në kushtet e probabilitetit vjetor të paraqitjes së një ngjarje të padëshiruar (për shembull, probabiliteti i vdekjeve individuale në një milion për shkak të një zjarri).

Koncepti i inxhinierisë së sigurisë nga zjarri siguron një kornizë që lejon projektuesit të dëshmojnë se kërkesat funksionale të legjislacionit janë përmbushur ose përmirësuar, ndonëse zgjidhjet e miratuara në projekt nuk përfshihen në rekomandimet dhe udhëzimet e përcaktuara në kode. Për më tepër, ai siguron gjithashtu objektiva funksionale, përveç sigurisë së jetës, në lidhje me: mbrojtjen e pronës, vazhdimësinë e biznesit, qëllimet e mbrojtjes së mjedisit dhe qëndrueshmërinë. Kur ekziston një ndryshim më i madh midis projektimit të ndërtesave dhe udhëzimeve të ofruara në kode, atëherë për të provuar strategjinë e përgjithshme të sigurisë nga zjarri mund të kërkohen metoda analitike që analizojnë rritjen e zjarrit, kontrollin e tymit dhe evakuimin e njerëzve. Hapi i parë në përgatitjen e një analize të tillë është përcaktimi i gjeometrisë së ndërtesës, planifikimi funksional i materialeve të ndërtimit dhe përdorimi i përgjithshëm i ndërtesës.

Inxhinieria e sigurisë nga zjarri mund të jetë mënyra e vetme e qëndrueshme për të arritur standarde të kënaqshme të sigurisë nga zjarri në ndërtesa të mëdha dhe komplekse, dhe shpesh mënyra më efektive për të përshtatur ndërtesat ekzistuese dhe ato me vlera kulturore. Ajon mund të zbatohet në mënyrë të dobishme për projektimin e disa elementeve të caktuara të ndërtesës, ndërsa pjesa tjetër e ndërtesës do të projektohet sipas kodeve të përcaktuara.

Zbatimi i inxhinierisë së sigurisë nga zjarri bën të mundur njohjen e efekteve të dobishme. Për shembull, sigurimi i një sistemi automatik të shtypjes së zjarrit mund të zvogëlojë intensitetin e parashikuar të zjarrit, i cili mund të çojë në një projekt më kosto-efektiv të një sistemi të kontrollit të tymit ose një sistem të zvogëluar të mbrojtjes nga zjarri për ndërtesën.

Elementet e inxhinierisë së sigurisë nga zjarri mund të identifikohen lehtësisht, dhe ato lidhen me sigurinë e jetës dhe pronës. Këto fusha nuk janë reciprokisht përjashtuese, pasi një aktivitet që rrit sigurinë e jetës mund të rrisë sigurinë e pronës gjithashtu.

Aspektet themelore të inxhinierisë së sigurisë nga zjarri janë:

1. Kontrolli i ndezjes dhe djegies - kontrolli i ndezshmërisë së materialit brenda strukturës, kontrolli i rritjes së zjarrit ose kontrolli i mbrojtjes nga zjarri - ndalimi i pirjes së duhanit ose përdorimi i flakës së hapur.
2. Kontrolli i evakuimit - duke imponuar kërkesa ligjore për sigurimin e mënyrave adekuata të arratisjes ose duke trajnuar banorët.
3. Detektimi dhe kontrollimi i zjarrit - instalimi i pajisjeve për zbulimin e zjarrit (sistemet manuale dhe automatike); kontrolli i tymit të zjarrit; sistemet e shuarjes së zjarrit.
4. Kontrolli i përhapjes së zjarrit në ndërtesë ose në pronën përreth - masa mbrojtëse pasive (siç janë sektorët e zjarrit) ose kontrolli (duke përcaktuar distanca të sigurta

midis ndërtesave ose me mjete mekanike (siç janë ventilimi, perdet e tymit ose spërkatësit).

5. Parandalimi i kolapsit të ndërtesave nga ndikimi i zjarrit - mbrojtja strukturore nga zjarri (parandalimi i transferimit të zjarrit përmes elementeve të strukturës dhe / ose strukturave); mbrojtja e elementeve strukturore dhe / ose strukturave.

1.2. KONTROLLI I NDEZJES

1.2.1. Hyrje

Ligjet e ndërtimit dhe mbrojtjes nga zjarri përcaktojnë qartë kërkesat thelbësore për ndërtesat që duhet të sigurohen në projektimin dhe ndërtimin në lidhje me mbrojtjen nga zjarri. Ndërtesat duhet të jenë të projektuara dhe të ndërtuara në mënyrë që në rast zjarri:

- të kenë aftësi mbajtëse të strukturës për një kohë të caktuar,
- paraqitja dhe përhapja e zjarrit dhe tymit brenda ndërtesës është e kufizuar,
- përhapja e zjarrit në ndërtesat fqinje është e kufizuar,
- të mundësojnë që banorët të largohen nga ndërtesa të padëmtuar, ose të mundësojnë shpëtimin e tyre dhe
- të sigurojnë shërbimet e shpëtimit.

Secila prej këtyre kërkesave kërkon zbatimin e disa masave të caktuara në ndërtime:

- mbrojtja e strukturës mbajtëse nga ndikimet e zjarrit,
- ndarja e ndërtesës në njësi hapësinore më të vogla (sektorët e zjarrit) me rezistencë adekuate ndaj zjarrit,
- ndarja e rrugëve evakuuese të ndërtesës nga struktura e ndërtesës,
- ndërtimi i qasjeve të zjarrfikësve përreth ndërtesës.

Këto kërkesa, përveç rregulloreve që përcaktojnë elementet e mbrojtjes nga zjarri i një ndërtese, mund të adresohen edhe nga metodat inxhinierike siç përcaktohen në pikën 2.3 të dokumentit themelor evropian në fushën e mbrojtjes nga zjarri.

Rregullorja Evropiane e Produkteve të Ndërtimit CPR 305/2011 në Shtojcën I përcakton se, punimet e ndërtimit dhe ndërtesa në tërësi, si dhe pjesët e tyre të veçanta, duhet të korrespondojnë me përdorimin e synuar, duke marrë parasysh veçanërisht shëndetin dhe sigurinë e personave të përfshirë në tërë ciklin e ndërtimit dhe shfrytëzimit të ndërtesave dhe punimeve. Kërkesa e parë është rezistenca mekanike dhe stabiliteti i ndërtesave dhe kërkesa e dytë ka të bëjë me sigurinë nga zjarri, ndërsa kërkesat e tjera nuk zbatohen për aspektet e projektimit. Në kërkesat e sigurisë nga zjarri, midis kërkesave të tjera, thuhet se ndërtesa duhet të projektohet dhe ndërtohet në atë mënyrë që, në rast zjarri, ajo duhet të ruajë aftësinë mbajtëse të strukturës për një periudhë të caktuar kohore.

Me zgjedhjen e duhur të materialeve të ndërtimit, elementeve të strukturës dhe ndërtimet duke marrë parasysh rezistencën e tyre ndaj zjarrit dhe projektimi i duhur i ndërtesës, kërkesat themelore për mbrojtjen nga zjarri janë përmbushur. Përveç masave të ndërmarra në ndërtim, është shumë e rëndësishme të informohen dhe trajnohen njerëzit për shkaqet e mundshme dhe vendet e zjarrit. Trajtimi i duhur, njohuritë dhe mjetet teknike të disponueshme ndihmojnë në eliminimin ose zvogëlimin e rrezikut nga zjarri.

Zhvillimi i zjarrit në ndërtesë ndikohet nga *sasia dhe karakteristikat e materialeve të ndezshme dhe disponueshmëria e oksigjenit*. Nëse një zjarr është brenda, siç është një ndërtesë, do të ketë një ndikim të madh në sjelljen e zjarrit sepse nxehtësia dhe tymi nuk mund të përhapen lirshëm. Gjithashtu, përhapja e tymit brenda ndërtesës është një nga aspektet e rëndësishme të projektimit, pasi në praktikë tymi shpesh është vendimtar për evakuimin e suksesshëm të njerëzve nga objekti. Edhe ndërtesat nga materiale jo të ndezshme përmbajnë, pa përjashtim, materialet që digjen nën rrethana të caktuara. Nga ana tjetër, në bazë të provave, materialet e ndezshme mund të kenë një rëndësi të papërfillshme

Figura 2 tregon fazat e zhvillimit të zjarrit me rreziqet përkatëse të zjarrit si: ndezshmëria, përhapja e flakës, rritja e temperaturës, tymi, shkatërrimi i strukturës dhe të ngjashme.

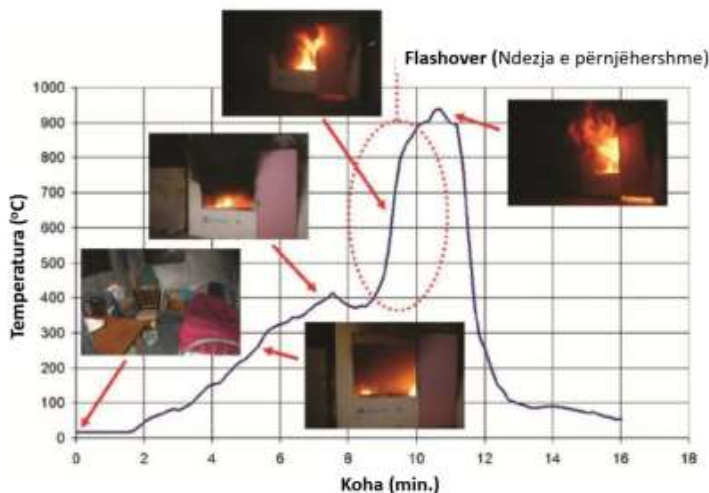


Figura 2. Zhvillimi i zjarrit dhe shfaqja e ndezjes në dhomë [10]

Tymi zakonisht përmban gazra pirolitikë të pa konsumuar dhe temperatura e tij rritet për shkak të lëshimit të nxehtësisë. Në një pikë të caktuar, kur niveli i rrezatimit është rreth 20 kW/m² dhe temperatura e shtresës së tymit është rreth 400-600 °C, të gjitha gazrat e ndezshëm në dhomë fillojnë të digjen brenda një kohe të shkurtër. Ky moment quhet momenti i ndezjes së plotë “flashover” kur intensiteti i zjarrit është më i madhi.

Sipas NFPA 921-2004, momenti i ndezjes së plotë “flashover” është një fazë kalimtare e zhvillimit të zjarreve të brendshëm, ku sipërfaqet e ekspozuara ndaj rrezatimit termik arrijnë temperaturën e ndezjes dhe zjarri përhapet me shpejtësi të lartë në hapësirë, si rezultat i tij zjarri ndikon në tërë hapësirën e mbyllur. Momenti i ndezjes së plotë “flashover” ndodh kur shtresa e gazit të ndezur arrin nivelin e energjisë së rrezatimit (rrymë) të objektet e paligjshme prej rreth 15-20 kW/m². Ky nivel zakonisht është i mjaftueshëm për të ndezur materiale të zakonshme të ndezshme, dhe korrespondon me temperaturat të paktën 500-600°C (932-1112° F). Në secilën ndërtesë, qëllimi duhet të jetë që të kufizohet përhapja e zjarrit sa më shumë që të jetë e mundur për të lejuar evakuimin e sigurt të njerëzve dhe veprimet e ekipeve të shpëtimit.

Para momentit të ndezjes së plotë “flashover”, zjarri mund të kontrollohet me masa aktive për fikjen e zjarrit, siç janë spërkatësit dhe aparatet që manovrohen me dorë për fikjen e zjarrit, figura 3. Pas momentit të ndezjes së plotë “flashover”, kjo masë aktive për fikjen e zjarrit nuk

mund të ndihmojë më. Sasia e nxehtësisë së lëshuar është thjesht shumë e madhe për fikjen efikase të zjarrit. Masat e mbrojtjes pasive, siç janë ndarja dhe mbrojtja strukturore nga zjarri, bëhen të rëndësishme për parandalimin ose kufizimin e frakturës së konstruksionit ose përhapjes së zjarrit.

Në varësi të karakteristikave të ndërtesës, ngarkesës së zjarrit dhe masave dhe udhëzimeve për mbrojtjen e njerëzve dhe e pronës, mund të zhvillohet një skenar për zhvillimin e zjarrit në ndërtesë. Figura 3 tregon lakoret e zjarreve të brendshëm, lakoren e zjarrit të vërtetë dhe lakoren e zjarrit standard, si dhe janë paraqitur masat aktive të mbrojtjes që kanë rolin e parandalimit të zjarreve dhe përhapjes së tymit.

TEMPERATURA E GAZIT (°C)

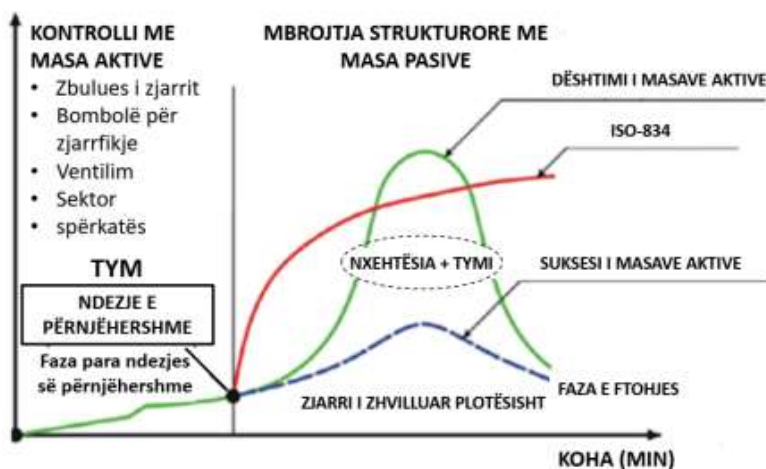


Figura 3. Fazat e ndryshme gjatë zhvillimit të zjarrit natyral [6]

Një nga kërkesat themelore të mbrojtjes nga zjarri është zgjedhja e duhur e materialeve të ndërtimit sipas sjelljes së tyre ndaj zjarrit. Karakteristikat e materialeve të ndërtimit ndaj zjarrit që mund të përcaktojnë shpejtësinë e përhapjes së zjarrit, llojin dhe sasinë e produkteve të djegies dhe sjellja e tyre ndaj zjarrit kanë të bëjnë me: lëndën djegëse, ndezshmërinë, shpejtësinë e përhapjes së flakës, copëzat (grimcat) e djegies (burning droplets), prodhimin e tymit, gazrat toksikë dhe fuqinë termike. Zbatimi i duhur i materialeve të ndërtimit varet nga njohja e këtyre karakteristikave.

Standardi Evropian EN 13501-1 [14] ofron klasifikimin e reagimit ndaj zjarrit për të gjitha produktet dhe elementët e ndërtesës, tabela 1.

Materialet klasifikohen në materiale ndërtimi jo të djegshme (euro klasa A1 dhe A2) dhe materiale ndërtimi të djegshme (euro klasa B, C, D, E dhe F) ku faktori përcaktues në klasifikimin është koha në të cilën përhapet flaka.

Tabela 2 tregon krahasimin e klasifikimit të materialeve në lidhje me kontributin në zjarr sipas standardeve DIN 4102 [13] dhe EN 13501-1: 2010 [14].

Tabela 1		
Klasifikimi sipas Standardit Evropian EN 13501-1		
Klasifikimi i reagimit të materialeve ndaj zjarrit		
Materialet jo të djegshme		
A1	nuk kontribuon në zjarr	nuk ka potencial në shpërthimin e flakës
A2	nuk kontribuon në zjarr	nuk ka potencial në shpërthimin e flakës
Materiale të djegshme		
B	kontribut shumë i kufizuar në zjarr	nuk ka potencial në shpërthimin e flakës
C	kontribut i kufizuar në zjarr	shpërthim i mundshëm i flakës
D	kontribut i pranueshëm ndaj zjarrit	shpërthim i mundshëm i flakës
E	sjellje e pranueshme ndaj zjarrit	shpërthim i mundshëm i flakës
F	prona (në lidhje me djegien e flakës) nuk është e përcaktueshme	shpërthim i mundshëm i flakës
Klasa shtesë - "s" Niveli i emetimit të tymit		
s ₁	Zhvillim i tymit në sasi shumë të kufizuara	
s ₂	Zhvillim i tymit në sasi të kufizuara	
s ₃	Asnjë kërkesë për sasinë e tymit të zhvilluar	
Klasa shtesë – "d" prodhimi i spërklave të flakës dhe / ose grimcave		
d ₀	Nuk ka spërklë apo grimca djegëse	
d ₁	Sasi e kufizuar e spërklave të djegies ose grimcave	
d ₂	Nuk ka kërkesë për sasinë e spërklave të djegies ose të grimcave	

Tabela 2			
Klasifikimi i materialeve në të djegshëm			
Kontributi në zjarr	Klasifikimi i materialeve		Materiali
	DIN 4102-1	EN 13501-1	
Minimal materiale jo të djegshme	A1	A1	Gips, gëlqere, çimento, beton, minerale, qelqi, tekstil me fije qelqi, lesh guri, qeramikë, rërë
	A2	A2 – s ₁ , d ₀	Produkte si në klasën A1, por që përmbajnë një sasi të vogël të materialit organik
I vogël Materiale me djegie të rëndë	B1	B – s ₃ , d ₂	Pllaka gipsi me veshje të ndryshme (të hollë), ngadalësues zjarri me bazë druri
		C – s ₃ , d ₂	Shkumë fenolike, pllaka gipsi me veshje të ndryshme (më pak se ato të Klasit B)
Normal Materiale me djegie normale	B2	D – s ₃ , d ₂	Produkte prej druri që kanë një trashësi mbi 10 mm dhe një densitet më të madh se 400 kg / m ³
		E – d ₂	Lloje të ndryshme të pllakave nga fibrat, produkte izoluese dhe produkte plastike
I lartë Materiale me djegie të lartë	B3	F	Produkte jo të testuara ndaj zjarrit

Të gjitha materialet e ndezshme në ndërtesë do të lëshojnë, gjatë zjarrit, një sasi të caktuar nxehtësie që do të rëndojë më tej strukturën e ndërtesave, do të pamundësojë lëvizjen e banorëve drejt daljes duke përshpejtuar njëkohësisht përhapjen e zjarrit.

Kjo sasi totale e nxehtësisë së lëshuar quhet ngarkesë nga zjarri. Ngarkesa nga zjarri mund të ndahet në:

- ngarkesë e palëvizshme nga zjarri - përfshinë materiale të djegshme përbrenda strukturës së ndërtesës dhe brenda kthinave (dyer, dritare, shtresat e dyshemesë dhe tavanit, çati prej druri, etj.) dhe
- ngarkesa e lëvizshme nga zjarri – përfshinë inventarin brenda kthinave (mobilje, mallra të ruajtura, pajisje, etj.).

Materialet më të djegshme dhe kushtimisht të djegshme në ndërtesa përbëhen nga materiale të ndryshme me origjinë natyrore, sintetike dhe të përziera. Ato janë pjesë integrale e strukturës së ndërtesës ose janë të vendosura si shtresa përfundimtare dhe pjesë e mobileve në ambientet individuale.

Sa më e madhe të jetë sasia e karburantit në disa hapësira, aq më e madhe do të jetë ngarkesa nga zjarri, dhe në rritjen e saj do të kontribuojnë edhe materiale me fuqi të lartë termike.

Tabela 3 tregon fuqinë e nxehtësisë së materialeve të djegshme për llogaritjen e ngarkesës së zjarrit [6].

Tabela 3
Fuqia e nxehtësisë së materialeve të djegshme Hu (MJ/kg)

Materialet tipike në ndërtesa			
Trupat e ngurtë	Hu (MJ/kg)	Plastikat	Hu (MJ/kg)
Druri	~ 17,5	Poliuretani	~ 23-25
Materialet celuloze (rrobat, tapë, letër, karton, mëndafsh, kashtë)	~ 19-20	Shkumë Poliuretani	26
Leshi	~ 23	Polistireni, Polipropilen	~ 40
Linoleum	~ 20	Polietileni	~ 40-44
Yndyra	41	Poliestër	~ 30-31
Pambuku	~ 20	Celuloid	19
Goma	~ 30-32	Rrëshirë melamine	18
Hidrokarburet			
Gazërat		Lëngjet	
Metani, etani	~ 50	Benzina, vajguri, nafta	~ 44-45
Butani, propani	~ 46-50	Vaji	41
Acetileni, etileni, propileni	~ 45-48	Benzeni	~ 40
		Alkool benzil	33
		Metanoli, etanoli, shpiriti	~ 27-30
Produktet tjera			
Trupat e ngurtë		Plastikat	
Asfalt bitumi	~ 40-41	ABS	~ 35-36
Lëkurë	~ 20	Akrilik	28
Dylli parafinë	47	PVC	~ 17-20
Qymyri, qymyrguri, anthraciti	~ 30	Polikarbonat	29
Izoprene kauçuku	45	Epoksi	34

Ngarkesa e zjarrit është një term relativ pasi sjellja e elementit strukturor nuk do të jetë e njëjtë nëse nxehtësia e materialit djegës, i cili mund të rrezikojë qëndrueshmërinë e elementit konstruktiv, lëshohet në një interval kohor shumë të shkurtër, ose ky lëshim zgjat shumë më gjatë. Kjo do të varet nga fakti nëse materiali i djegur është copëtuar, nga lagështia e materialit djegës, nga mundësia e ndryshimeve më të mëdha të ajrit që kërkohen për djegie të duhur dhe të plotë, distanca midis materialit dhe burimit të nxehtësisë dhe shumë faktorë të tjerë.

Temperaturat maksimale në zjarr varen kryesisht nga ngarkesa e zjarrit në një dhomë. Kështu, ngarkesa të ndryshme të zjarrit shkaktojnë vlera të ndryshme maksimale të temperaturës. Për

përshkrimin e djegies së karburanteve të ndryshme në hapësirat e mbyllura, për disa vite ekzistojnë lakore standarde të temperaturës që përcaktojnë varësinë e temperaturës nga koha e djegies, të firuara në bazë të testeve të karburantit. Deri më tani, lakoret e zjarrit janë zhvilluar për pothuajse të gjitha ndërtesat dhe situatat, si dhe nivelet e rritjes së zjarrit.

Të dhënat për densitetin specifik të ngarkesës së zjarrit për hapësira të ndryshme të shfrytëzimit (montimi MJ/m² me një shpërndarje të tipit Gumbel I) janë paraqitur në tabelën [12].

Tabela 4
Densiteti i ngarkesës së zjarrit për hapësira të ndryshme të shfrytëzimit

Hapësira shfrytëzuese	Mesatare	80% Fraktil *
Banim	780	948
Spitale	230	280
Hotele (dhoma)	310	377
Bibliotekë	1500	1824
Zyre (standarde)	420	511
Shkolla	285	347
Qendra tregtare	600	730
Teatër (kinema)	300	730
Transport (hapësirë publike)	100	122

*Vlera fraktile prej 80% do të thotë që 80% e zjarrit ka një vlerë më të ulët ose të barabartë të densitetit të ngarkesës së zjarrit sesa e specifikuar

Tabela 5 tregon fuqinë neto termike dhe shkallën e energjisë së lëshuar për metër katror të disa lëngjeve, plastikës dhe formave të ndryshme të drurit.

Tabela 5
Vlera kalorifike neto dhe shkalla e lëshimit të nxehtësisë për materiale të ndryshme (Buchanan 1994)

Materiali	Vlera kalorifike neto (MJ/kg)	Shkalla e lëshimit të nxehtësisë (MË/m ²)
Lëngjet		
Benzinë	43.5	3.27
Vaj i lehtë	41.9	1.75
Druri		
Dru i sheshtë	16.7	0.10
1 m kub	16.7	0.61
Mobilje	16.7	6.63
25 mm në shtrat fëmijësh	16.7	15.3
Plastikat		
PMMA	24.9	1.34
Polietileni	43.8	1.36
Polistireni	39.9	1.40

Plastikat dhe materialet e tjera sintetike në përgjithësi kanë një vlerë më të lartë kalorifike sesa për shembull druri, i cili mund të shkaktojë një temperaturë më të lartë të zjarrit (Buchanan 1994).

Bazuar në ngarkesën e zjarrit, mund të vlerësohet sasia e energjisë në dispozicion. Nga ana tjetër, temperatura e arritur varet nga shpejtësia e ngritjes së temperaturës gjatë zjarrit. Ky fenomen quhet Shkalla e lëshimit të nxehtësisë (RHR) i cili varet nga kushtet e ventilimit të

kthinës nga zjarri. Eurocod 1 parashikon tre shpejtësi të ngritjes së temperaturës: të ngadalta (tlim = 25 min), të mesme (tlim = 20 min) dhe të shpejtë (tlim = 15 min).

Tabela 6 paraqet shkallën maksimale të lëshimit të nxehtësisë [kW/m^2] të prodhuar nga 1m^2 zjarr në rast të kushteve të kontrolluara të karburantit në varësi të shfrytëzimit hapësirës.

Tabela 6
RHR varësisht nga shfrytëzimi i ndërtesës
Shkalla maksimale e lëshimit të nxehtësisë RHR_t

Shfrytëzimi	Shkalla e rritjes së zjarrit	t_a (s)	RHR_t (kW/m^2)
Banim	mesatare	300	250
Spitale	mesatare	300	250
Hotele (dhoma)	mesatare	300	250
Bibliotekë	e shpejtë	150	500
Zyre (standarde)	mesatare	300	250
Shkolla	mesatare	300	250
Qendra tregtare	e shpejtë	150	250
Teatër (kinema)	e shpejtë	150	500
Transport (hapësirë publike)	e ngadalshme	600	250

RHR është burimi i rritjes së temperaturës së ajrit dhe fuqisë shtytëse për përhapjen e gazit dhe tymit. Ekzistojnë dy skenarë të ndryshëm të zhvillimit të zjarrit në varësi të disponueshmërisë së oksigjenit për të vazhduar procesin e djegies:

- zjarri i kontrolluar nga sasia e karburantit (RHR arrin vlerën maksimale pa kufi të oksigjenit, kështu që kufizohet nga ngarkesat që janë në dispozicion të zjarrit) dhe
- zjarri kontrollohet nga ventilimi (oksigjeni i disponueshëm është i kufizuar nga RHR, nëse madhësia e hapjes është shumë e vogël për të lejuar ajër të mjaftueshëm për të hyrë në sektorin e zjarrit).

Figura 4 ilustron skenarët e mësipërm ku dy lakore plotësisht të ndryshme RHR që korrespondojnë me të njëjtën sasi ngarkese zjarri pasi sipërfaqet nën të dy lakoret janë të njëjta.

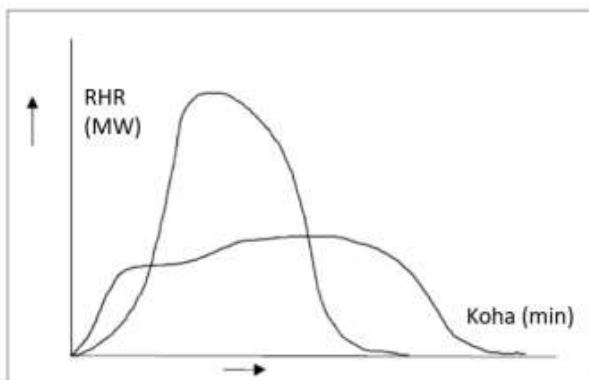


Figure 4. Dy lakore RHR që korrespondojnë me të njëjtën sasi ngarkese zjarri [6]

Shkaku kryesor i zjarreve shkatërrues në ndërtesa është prania e sasive shumë të mëdha të materialeve mjaft të ndezshme, mosfunksionimi i pajisjeve elektrike dhe instalimeve elektrike të instaluar në mënyrë jo të duhur (ose dështimet në mirëmbajtjen dhe funksionimin e tyre),

aparate termike dhe pajisje të tjera (pajisje shtëpiake pa mbikëqyrje, pakujdesi në përgatitjen e ushqimit në kuzhina), instalimet e kanaleve vertikale në mënyrë jo të duhur, hiri nga cigaret, të metat në ndërtim (mungesë inspektimi dhe kontrolli në vendet e ndërtimit, neglizhencë në lidhje me rregulloret e mbrojtjes nga zjarri), zjarret me qëllim, etj.

Duhet të theksohet se në 80% të të gjitha zjarreve faktori njeri merr pjesë direkt ose indirekt si agjent shkaktar për shkak të injorancës, neglizhencës, gabimeve në punë dhe trajtimit të pahijshëm të ndodhjes së zjarrit. Këto të dhëna tregojnë se fokusi duhet të jetë në edukimin e njerëzve.

Kuptimi i skenarëve më të rëndësishëm në ndezjes është me rëndësi thelbësore për projektuesit që përpiqen të zvogëlojnë probabilitetin e incidenteve të zjarrit në ndërtesa. Çështjet e zjarrit monitorohen vazhdimisht dhe përpunohen statistikisht në mënyrë që të identifikohen tendencat dhe karakteristikat e zjarreve. Për shkak të një numri të madh të shkaqeve të mundshme të zjarrit, zakonisht jepen klasifikime themelore dhe raste tipike që përfshijnë numrin më të madh të shkaqeve të zjarrit.

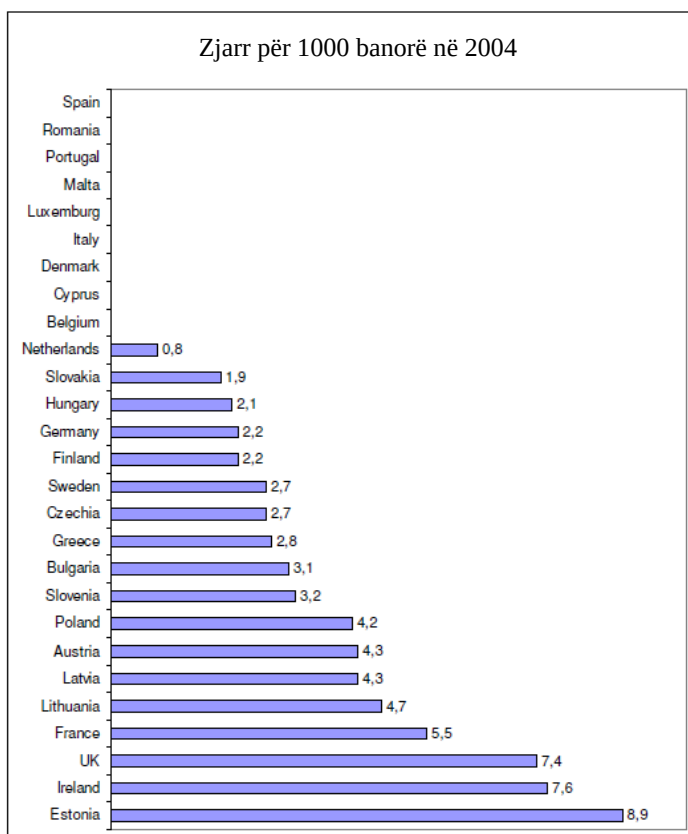


Figura 5. Zjarret për 1000 banorë në vendet e EU [11]

Figura 5 jep një përmblendje të numrit të zjarreve të raportuar në 2004 nëpër vendet e BE (nuk ka në dispozicion të dhëna për Belgjikën, Luksemburgun, Italinë, Spanjën, Portugalinë, Qipron, Maltën dhe Rumaninë). Vihet re se numri i zjarreve për 1.000 banorë është shumë i

ndryshëm për 18 vendet e BE-së të analizuara, dhe se ekziston një numër relativisht i lartë në Britaninë e Madhe, Irlandë dhe Estoni.

Figura 6 jep një përmbledhje të numrit të vdekjeve dhe numrin e vdekjeve për milion banorë në vendet e BE.

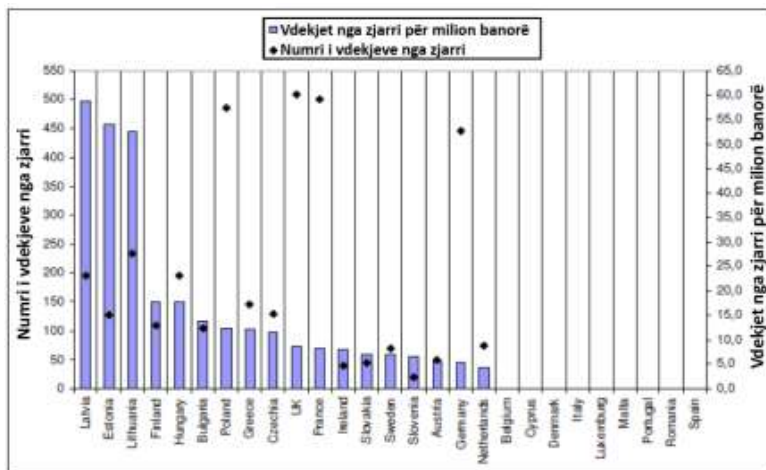


Figura 6. Numri i viktimave dhe shkalla e vdekshmërisë në vendet e BE-së [11]

Numri (absolut) i viktimave është relativisht i lartë në Poloni, Britaninë e Madhe, Francë dhe Gjermani. Sidoqoftë, krahasuar me vendet e tjera të BE-së, numri i vdekjeve nga zjarri për milion banorë nuk është jashtëzakonisht i lartë në këto katër vende.

Numri i vdekjeve nga zjarri për një milion banorë është relativisht i lartë në Letoni (58.7), Estoni (54.0) dhe Lituani (52.4). Numri i vdekjeve nga zjarri për një milion banorë është relativisht i ulët për Holandën (4.3), Gjermaninë (5.3) dhe Austrinë (5.5). Raporti mesatar i vdekjes nga zjarri është 17.3 për 18 vendet e studiuara të BE-së.

Duke marrë parasysh një numër të madh shkaqesh të mundshme të zjarrit, zakonisht jepen klasifikime themelore dhe raste tipike që përfshijnë numrin më të madh të shkaqeve të zjarrit. Si të gjitha të dhënat statistikore, të dhënat për shkaqet e zjarrit varen edhe nga metodologjia, numri i zjarreve, periudha kohore, përdorimi i ndërtesave etj.

Klasifikimi si në vijim i shkaqeve të zjarrit u përdor për të bërë krahasimet midis vendeve pak a shumë të mundshme [11]:

- zjarri i qëllimshëm,
- tymosja,
- gatimi,
- përdorimi i qirinjve,
- pajisjet elektrike,
- përdorimi i pajisjeve për ngrohje,
- pakujdesia,
- loja me zjarr,
- të tjera.

Në Tabelën 7 është paraqitur një përmbledhje e shkakut të zjarrit sipas statistikave të zjarrfikësve në disa vende evropiane dhe perëndimore, dhe Tabela 8 jep një përmbledhje të zjarreve shtëpiake me pasojë fatale [11]:

Tabela 7
Pasqyrë e përgjithshme e zjarreve shtëpiake

Shkaku	BM	Holanda	ShBA	Australia
Zjarri i qëllimshëm	9%	11%	6%	3%
Tymosja	57%	3%	2%	4%
Gatimi	4%		26%	44%
Përdorimi i qirinjve	17%		5%	4%
Pajisjet elektrike	6%	31%	3%	12%
Përdorimi i pajisjeve për ngrohje			11%	3%
Pakujdesia				
Loja me zjarr	4%	2%	0,4%	3%
Të tjera	2%	27%	9%	
I panjohur			36%	29%

Tabela 8
Shkaqet e zjarreve shtëpiake me pasoja fatale

Shkaku	BM	Londra	Holanda	Suedia	Danimarka	ShBA	Australia	Zelanda e re
Zjarri i qëllimshëm	35,4%		9%	8,3%		11,7%		
Tymosja	16,7%	47%	31%	29,8%	51%	7,8%	42%	13,1%
Gatimi	5,6%	14%	9%	5,8%		2,2%		16,9%
Përdorimi i qirinjve	5,8%	8%	3%	5,0%	9%	5,6%	7%	10,0%
Pajisjet elektrike	7,6%	3%	21%	12,4%	4%	3,4%	14%	13,1%
Përdorimi i pajisjeve për ngrohje		8%	3%	5,8%		3,4%		6,9%
Pakujdesia		18%	12%	2,5%				4,6%
Loja me zjarr	3,3%	3%	6%	0,0%		1,5%	5%	9,2%
Të tjera	23,5%	17%	6%	0,0%		6,8%		13,9%
I panjohur		1%	0%	30,6%		57,8%		7,7%

Siç shihet nga Tabela 8, numri më i madh i pasojave fatale shkaktohet nga pirja e duhanit (lënia e cigares ndezur/hiri i cigares). Shkaqe të tjera të zakonshme janë pakujdesia gjatë gatimit dhe përdorimi i pajisjeve elektrike të dëmtuara.

Sipas Ligjeve për Mbrojtje nga Zjarri, pronarët dhe përdoruesit e ndërtesave dhe lokaleve janë të detyruar të kujdesen për korrektësinë e instalimit dhe pajisjeve që mund të shkaktojnë zjarr dhe saktësinë dhe besueshmërinë e alarmit të tymit, fikjes së zjarrit dhe pajisjet e parandalimit të zjarrit dhe të tjera pajisje mbrojtëse.

1.2.2. Kontrolli i ndezshmërisë

Zhvillimi i inxhinierisë së ndërtimit pasohet nga zbulime të vazhdueshme të zgjidhjeve të reja, gjithnjë e më vendimtare në aplikimin e strukturave dhe materialeve që aplikohen në ndërtesa. Sidoqoftë, përparimi në fushën e sigurisë nga zjarri nuk është në linjë me risitë teknologjike dhe praktikat aktuale të ndërtimit.

Të gjitha materialet e djegshme gjatë zjarrit do të lëshojnë një sasi të caktuar të nxehtësisë që do të ngarkojë edhe më tej strukturën e ndërtesës dhe do të përshpejtojë përhapjen e zjarrit. Ka shumë raste kur zjarri zgjerohet me shpejtësi për shkak të materialeve sipërfaqësore joadekuata në struktura. Për këtë arsye, çdo material i përdorur për përfundimin e sipërfaqeve në ndonjë pjesë të strukturës duhet të jetë i tillë që të kufizojë përhapjen e flakës dhe ndezshmerinë.

Kjo kontrollohet kryesisht nga aplikimi i testit për rezistencë ndaj flakës, i cili kryhet nën kushte të përcaktuara nga disa standarde përkatëse kombëtare ose ndërkombëtare. Rezultatet e marra të testit japin një tregues të dobishëm për një kontroll të suksesshëm të ndezjes.

Testi i qëndrueshmërisë ndaj zjarrit përcakton aftësinë e materialeve të ndërtimit dhe përbërësve për t'i rezistuar dhe siguruar mbrojtje gjatë zjarrit.

Modelimi numerik i sjelljes së strukturave të ndërtesave nga ndikimi i zjarrit aktualisht është një nga fushat më aktuale të hulumtimit. Zhvillimi i modeleve numerike të thjeshtë dhe efikas është baza për një kuptim më të mirë të zjarrit si një proces stokastik dhe përmirësim të mëtejshëm të standardeve të ndërtimit.

Hulumtimet mbi shkakun e shembjes së kullave WTC në New York në 2001 kanë treguar se sistemet pasive të mbrojtjes nga zjarri janë shkatërruar pjesërisht për shkak të goditjes së aeroplanit, d.m.th. muret nga panelet e gipsit u thyen në copa të vogla dhe shtresa izoluese ra nga elementet e strukturës së çelikut pas sulmit. Analizat treguan se shembja e kullave nuk është shkaktuar nga goditja e aeroplanit, me siguri për shkak të shtyllave të shumta të forta në fasadë të kullave, por nga ndikimi i përshkruar i zjarrit në strukturën e pambrojtur ndaj ndikimit termik.

Për këtë arsye, projektuesi duhet t'i kushtojë vëmendje të veçantë zgjedhjes së duhur të materialeve dhe strukturave të ndërtimit në aspektin e rezistencës së tyre ndaj zjarrit. Meqenëse është jopraktike të synohet në përbërjen e një strukture që nuk do të kontribuojë në djegie në rast zjarri, është e nevojshme të sigurohet që këto pjesë përbërëse të strukturës të paraqesin rrezik sa më pak që është e mundur. Gjithashtu, veshjet speciale sipërfaqësore të përdorura për mbrojtje nga ndezja e padëshiruar duhet të parandalojnë nxehjen e materialit bazë sa më gjatë që është e mundur.

Përveç kontrollit të ndezjes nga përzgjedhja e materialeve në aspektin e rezistencës së tyre ndaj zjarrit, projektuesi mund të përdorë masa aktive ose pasive të mbrojtjes nga zjarri ose të dyja.

1.2.3. Kontrolli i përhapjes / rritjes së zjarrit

Një nga mënyrat klasike për të kontrolluar përhapjen e zjarrit sektorët vertikal ose horizontale të zjarrit. Sidoqoftë, ata mund të jenë të mjaftueshme vetëm nëse nuk ka mundësi të rrjedhjes së tymit dhe flakëve në skajet e tyre. Gjithashtu, përhapja e zjarrit mund të ndodhë në një dhomë ose sektor jashtë sektorit të origjinës nga zjarri, nëse zjarri nuk mund të mbahet brenda

kufijve të origjinës së tij për shkak të mbylljes jo adekuate të dhomës ku ka ndodhur zjarri [9].

Në Figurën 7 janë ilustruar shtatë mënyra të mundshme të përhapjes horizontale të zjarrit: sipër murit (1), përmes hapjeve në mure (2), përmes çatisë (3), përmes strukturës së çatisë (4), përmes tavaneve të ulura (5), nën katet dyshe (6), përmes mureve ndarëse të ndërtuara dobët (7).

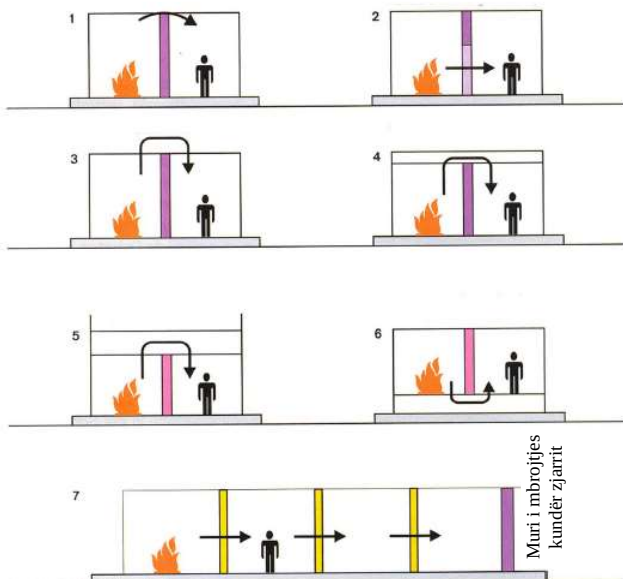


Figura 7. Mënyrat e mundshme të përhapjes horizontale të zjarrit

Përhapja horizontale e zjarrit nëpër mure mund të parandalohet nga muret rezistente ndaj zjarrit. Për të parandaluar përhapjen e zjarrit nga dhoma e origjinës në dhomat e tjera përmes dyerve, duhet të instalohen dyert rezistente ndaj zjarrit në kufijtë e sektorit së zjarrit. Ventilimi dhe kanalet e tjera duhet të bëhen nga materiale përmes të cilave zjarri nuk mund të përhapet, dhe parandalimi i përhapjes së zjarrit sigurohet nga fletëzat automatike të qëndrueshme ndaj zjarrit.

Në Figurën 8 janë ilustruar pesë mënyra të mundshme të përhapjes vertikale të zjarrit: përmes strukturave të dyshemesë (1), përmes hapjeve në strukturat e dyshemesë (2), përmes dritareve (3), përmes veshjes së fasadës (4), përgjatë fasadës së djegur (5).

Në drejtimin vertikal, zjarri përhapet shumë më shpejt sesa në at horizontal, dhe disa kate mund të preken për 20-30 minuta. Ky problem shfaqet në strukturat e dyshemesë të cilat nuk janë rezistente ndaj zjarrit, ku mund të shemben dhe të bien në katet e poshtme. Përhapja vertikale e zjarrit nëpër strukturën e dyshemesë parandalohet nga ndërtimi i tyre rezistente ndaj zjarrit. Ekziston rreziku i përhapjes shumë të shpejtë të zjarrit përmes hapjeve në strukturat e dyshemesë, sepse gazrat e ngrohtë që janë më të lehta ngrihen dhe përhapin zjarrin. Hapjet e tilla duhet të shmangen, dhe nëse nuk mund të shmangen, ato duhet të mbyllen siç duhet.

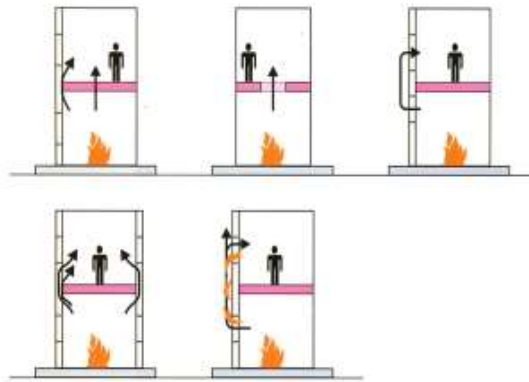


Figura 8. Mënyrat e mundshme të përhapjes vertikale të zjarrit

Rreziku i lartë i përhapjes vertikale të zjarrit nga njëra njësi në tjetrën vjen nga fasada e përbërë nga materiale të djegshme. Kjo mënyrë përhapjeje paraqet rrezik për ndërtesat e larta sepse zjarri përhapet në një shkallë më të lartë në katet më të larta dhe ekziston rreziku i rënies së pjesëve të materialeve djegëse në dyshemetë e poshtme dhe nga grimcat e djegjes në materialet e shpërbëra.

Meqenëse koha më e rrezikshme që në një ndërtesë të paraqitet zjarri është gjatë rinovimit, është e nevojshme të sigurohet që materialet e përdorura të krijojnë rrezik sa më pak që të jetë e mundur.

Do të përmendim një rast studimi të përhapjes së zjarrit që u zhvillua në Frankfurt në maj 2012 për shkak të përdorimit jo adekuat të materialeve të izolimit termik gjatë rinovimit të Konviktit Studentor. Brenda disa minutave, derisa të mbërrinin zjarrfikësit, e gjithë fasada e ndërtesës ishte e mbuluar me flakë, dhe ajri ishte i zi me tym. U deshën 80 zjarrfikës për të vënë nën kontroll zjarrin dhe për ta shuar atë përfundimisht. Hetimi zbuloi se materiali izolues i ndezshëm i përdorur për rinovimin e ndërtesës përhap shpejt zjarrin. Pas ndezjes, ky lloj materiali izolues ka krijuar flakë dhe tym të trashë duke hedhur kështu copëza të nxehta, të cilat në këtë rast kanë rënë në një grumbull me materiale të ndezshme që gjendeshin poshtë në kantierin e ndërtimit (www.firesafeeurope.eu).

Edhe nëse kontratat e sektorit të zjarrit plotësojnë kërkesat dhe faza e ndërtimit është e përfunduar, një problem shtesë mund të lindë në rast të instalimeve shtesë që mund të dëmtojnë pengesat kundër përhapjes së zjarrit ose nëse zëvendësimi i një pengese nuk është në përputhje me një standard të kënaqshëm. Kjo situatë mund të lindë edhe kur bëhen modifikime të mëvonshme, për shkak të ndryshimeve në projektimin, riparimin ose zëvendësimin e materialeve. Kur vendosen instalime përmes mureve dhe tavaneve, për të cilat përcaktohen kërkesat e mbrojtjes nga zjarri, është e nevojshme të kryhet kufizimi i zjarrit me barriera të së njëjtës klasë të rezistencës ndaj zjarrit si struktura e ndërtesës nëpër të cilat kalon.

Për më tepër, problemi mund të lindë për shkak të ndezjes së mbeturinave të ndezshme të akumuluar, të cilat mund të ndizen në një zjarr si në Bradford (Anon, 1985, 1986), ose mund të shkaktojnë gradualisht momentin e ndezjes së plotë (flashover) me një zhvillim shumë të ngadaltë të zjarrit (Anon, 1987, 1988). Problemet e tilla mund të zvogëlohen duke siguruar zbatimin e rregullave plotësisht efektive të mbrojtjes nga zjarri.

1.2.4. Menaxhimi i mbrojtjes nga zjarri

Menaxhimi i mbrojtjes nga zjarri është një nga aspektet më të rëndësishme të mbrojtjes nga zjarri në ndërtesa që duhet të zbatohen vazhdimisht.

Në rastin e përdorimit individual të hapësirave, është relativisht e lehtë të përcaktohen procedurat me të cilat, në rast zjarri, i gjithë personeli do të familjarizoheshin, si dhe personat e duhur që veprojnë si drejtues dhe drejtojnë brigadën e zjarrit. Megjithatë, problemi është në rastin e përdoruesve të kolektiv të hapësirës, veçanërisht kur ka një ndryshim të shpeshtë të shfrytëzimit, ku kalon një numër i madh i njerëzve, siç janë, për shembull, qendrat e mëdha tregtare, sallat e sporteve, stadiumet, etj.

Prandaj është thelbësore që pronarët, zakonisht organet e korporatave, të krijojnë një strategji të menaxhimit të sigurisë nga zjarri dhe të sigurojnë ekzistencën e një grupi përgjegjës të personave që janë në detyrë në çdo kohë, në mënyrë që të marrin kontrollin e plotë në rast të një shpërthimi nga zjarri.

Ky funksion mund të kryhet plotësisht nga një personel i trajnuar në mënyrë adekuate të punësuar në punë të sigurisë. Gjithashtu është e nevojshme të ruhet një regjistrim i plotë i sistemeve të zbulimit të zjarrit, kontrollit të zjarrit dhe zjarrfikësve, dhe të bëhet kontrolli i plotë i të gjithë hapësirës për të siguruar që nuk është ndërmarrë asnjë veprim që do të shkaktonte që ndonjë pjesë e sistemit të jetë jashtë funksionit. Është e rëndësishme që kur projekti për siguri nga zjarri miratohet dhe pranohet, masat e projektuara duhet të zbatohen gjatë gjithë kohës dhe asnjë presion financiar të mos rrezikojë sigurinë nga zjarri [3].

1.3. KONCEPTET E SIGURISË NGA ZJARRI

Shoqata Kombëtare Amerikane e Mbrojtjes nga Zjarri (NFPA, 2003) ka zhvilluar një kornizë për vlerësimin e sigurisë nga zjarri, të ashtuquajturën "Pema e koncepteve të sigurisë nga zjarri". Figura 9 tregon një pasqyrë të zakonshme të konceptit të sigurisë nga zjarri.

Rreshti 2 tregon qartë: nuk ka nevojë për kontroll të mëtijshëm të sigurisë ndaj zjarrit nëse ndezja mund të parandalohet, por nëse nuk mundet, është e nevojshme të kontrollohet ndikimi i zjarrit. Në realitet, është e vështirë të eliminohen të gjitha burimet e ndezjes së padëshiruar, por probabiliteti i tyre mund të zvogëlohet me masa të mbrojtjes nga zjarri.

Rreshti 3 tregon që kontrolli i ndikimit të zjarrit mund të bëhet duke kontrolluar ose zjarrin ose njerëzit e ekspozuar dhe pronën. Rreshti 4 tregon që kontrolli i personave të ekspozuar dhe prona mund të realizohet me evakuimin e tyre nga ndërtesa ose ruajtjen e tyre brenda objektit. Strategji e zakonshme është që njerëzit të evakuhohen nëse ata nuk janë të palëvizshëm ose të paafët në një apo formë tjetër.

Zgjidhja kryesore për ndërtesat e larta është që njerëzve tu mundësohet lëvizja deri në zonat e sigurta ndaj zjarrit brenda ndërtesës. Shumica e gjësëndeve brenda ndërtesës, të cila janë të ekspozuar ndaj zjarrit, duhet të mbrohen në vend, sepse është e pamundur të ekzekutohet zhvendosja e shpejtë e tyre.

Për të filluar me evakuimin, është e nevojshme të zbulohet zjarri dhe të informohen banorët. Për më tepër, duhet të ekzistojnë mënyra të përshtatshme dhe të sigurta për lëvizjen e tyre (rreshti 5).

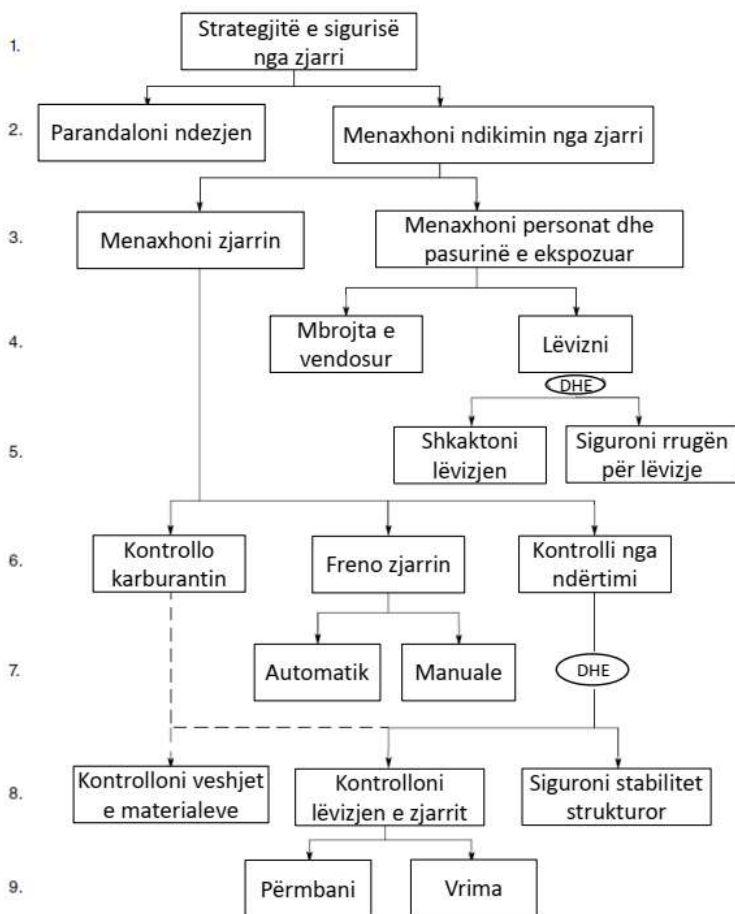


Figura 9. Pema e koncepteve të sigurisë nga zjarri [2]

Rreshti 6 tregon tri mundësi për kontrollin e zjarrit. Në rastin e parë, "burimi i lëndës djegëse" mund të kontrollohet duke kufizuar sasinë dhe gjeometrinë e substancës së lëndës djegëse; një mundësi tjetër është shuarja e zjarrit; e treta është kontrolli i zjarrit me masa ndërtimi. Rreshti 7 tregon që shuarja e zjarrit mund të jetë automatike ose manuale, por në të dy rastet performanca varet nga zbulimi i hershëm i zjarrit dhe përdorimi i një sasive të mjaftueshme të agjentit të duhur shuarës.

Rreshti 8 i pemës së konceptit tregon se kontrolli i zjarrit gjatë fazës së ndërtimit duhet të sigurojë kontrollin e përhapjes së zjarrit, por gjithashtu të sigurojë edhe stabilitetin e konstruksionit. Fusha e majtë në rreshtin 8 tregon se zhvillimi dhe madhësia e zjarrit mund të kontrollohet duke kufizuar materialet e ndezshme në kthinë. Është e qartë se ajo është e lidhur me vijë të ndërprerë me fushën "kontrolli i lëndës djegëse" në rreshtin 6, ashtu siç do të ishte (në kërkim të rreptë) si nënbashkësia e saj, por meqenëse zgjedhja dhe vendosja e rreshtave është pjesë e procesit të ndërtimit, ajo është renditur në rreshtin 8.

Sigurimi i stabilitetit strukturor është i rëndësishëm nëse ndërtesa dhe pjesët e saj duhet ta përballojnë një zjarr, në varësi të rëndësisë së ndërtesës. Stabiliteti strukturor është i rëndësishëm si për mbrojtjen e njerëzve ashtu edhe për gjësendet brenda një ndërtese në rast zjarri.

Kontrolli i përhapjes së zjarrit mund të arrihet në dy mënyra: duke kufizuar zjarrin ose duke nxjerrë nxehtësinë jashtë (rreshti 9). Largimi i nxehtësisë është një strategji e dobishme për të zvogëluar ndikimin e saj, veçanërisht në ndërtesat njëkatëshe (ose në katin e fundit të ndërtesave të larta). Mund të bëhet me anë të një sistemi aktiv hapjeje që hapet mekanikisht, ose një sistemi pasiv që funksionon në parimin e shkrirjes së dritareve plastike të çatisë.

Në të dy rastet, ventilimi i rritur mund të çojë në rritjen e zjarrit lokal, por përhapja e tij në ndërtesë dhe ndikimi i përgjithshëm termik në strukturë do të zvogëlohet. Kontrolli i zjarrit për të parandaluar përhapjen e tij është mbrojtje pasive nga zjarri. Rezistenca ndaj zjarrit ndihmon për të kufizuar përhapjen e zjarrit nga sektori i origjinës dhe në të njëjtën kohë siguron integritetin strukturor të sektorit së zjarrit. Prandaj, muret dhe meskatet e shumicës së ndërtesave kanë një rezistencë të caktuar ndaj zjarrit, kryesisht për ta mbajtur zjarrin në dhomën ku ndodh.

Parandalimi i zhvillimit të zjarrit është një nga strategjitë themelore të mbrojtjes nga zjarri. Gjithashtu është e nevojshme të parandalohet përhapja e zjarrit në ndërtesat fqinje duke kufizuar madhësinë e hapjeve në muret e jashtme.

Kontrolli i tymit arrihet duke mbajtur tymin (mbylljen e hapësirës nga barrierat) ose ventilimin e hapësirës (natyrale ose mekanike). Ventilimi është një strategji e rëndësishme për zjarr kur zhvillimi i tij pengohet nga sistemet automatike të spërkatësve. Pengesat e tymit si dhe "presioni" (ventilimi me presion të lartë) mund të përdoren për të kontrolluar tymin, siç shpjegohet më poshtë [2].

1.4. MASAT PËR MBROJTJE PASIVE NGA ZJARRI

Mbrojtja pasive nga zjarri i referohet kontrollit të zjarrit nga vet struktura e ndërtesës. Masat mbrojtëse pasive mund të realizohen përmes mbrojtjes strukturore (mbrojtja nga nxehtësia e elementeve strukturore), ndarjes dhe mbrojtjes të siguruar nga mbështjellësi i ndërtesës (muret rrethuese dhe çatia). Këta elementë kanë kohëzgjatje aq sa ka jetëgjatësi ndërtesa dhe gjithnjë janë në dispozicion si mbrojtje nga zjarri.



Figura 10. Mbrojtje nga zjarri pasiv [4]

Mbrojtja pasive nga zjarri i ndërtesave nuk kërkon ndonjë fuqi të jashtme dhe e tëra mbështetet në veçoritë e ndërtimit, përdorimin e materialeve, produkteve dhe elementeve të ndërtesës që duhet të plotësojnë kërkesat e specifikuar të performancës së zjarrit.

1.4.1. Mbrojtja e strukturës

Shkaku kryesor i viktimave me pasoja fatale në rast zjarri është mbytja nga tymi (numri i viktimave nga tymi është nga 80% në 90%), ndërsa dukshëm më pak njerëz vdesin për shkak të shembjes së ndërtesave. Kjo shkallë relativisht e ulët e vdekjeve për shkak të "kolapsit strukturor" nuk do të thotë se integriteti strukturor (reagimi i strukturës ndaj ngarkesave) nuk është e rëndësishme. Përkundrazi, të gjitha ndërtesat duhet të jenë të projektuara në atë mënyrë që të ruajnë integritetin e tyre strukturor gjatë zjarrit dhe kështu të mundësojnë evakuimin e sigurt të njerëzve dhe të sigurojnë një nivel të caktuar mbrojtjeje për zjarrfikësit.

Periudha kohore minimale para shembjes së ndërtesës duhet të jetë [8]:

- 15 minuta: për strukturat e lehta prej druri ose çeliku, përfshirë çatitë;
- një orë: për ndërtesa të ulëta (deri në 3 kate) murature/strukturë betoni dhe
- tre orë: për ndërtesa të larta (më shumë se tre kate) ndërtim murature/betoni.

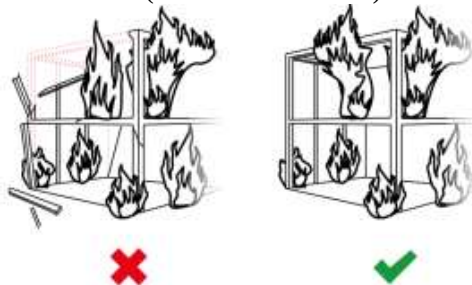


Figura 11. Integriteti strukturor [8]

Periudha nominale e specifikuar mund të ndryshojë në varësi të rreziqeve që vijnë nga funksioni i ndërtesës, niveli i rrezikut nga zjarri, ngarkesa nga zjarri dhe qëndrueshmëria e materialeve të përdorura.

Niveli i kërkuar për mbrojtje nga zjarri për elemente strukturore varet nga nevoja e vendosur për evakuim dhe shuarjen e zjarrit. Nëse ndërtesa duhet të "mbijetojë" derisa të gjithë banorët të evakuhohen, atëherë koha e kërkuar është e shkurtër, rreth gjysmë ore; sidoqoftë, nëse strategjia për sigurinë e jetës së një personi bazohet në strehimin në "zonat e sigurta" - në zonën brenda ndërtesës ose është e nevojshme që zjarrfikësit të ndërhyjnë në të, atëherë kërkesat për mbrojtje do të rriten për 1 orë ose më shumë. Nëse kompanitë e sigurimeve preferojnë të rinovojnë ndërtesën, sesa ta rindërtojnë dhe rikonstruktojnë atë, atëherë kërkesa për mbrojtje nga zjarri rritet për 2 ose 4 orë.

Aftësia e një elementi strukturor për të ruajtur funksionin e tij kur ekspozohet ndaj nxehtësisë është *rezistenca e tij ndaj zjarrit* e shprehur në njësinë e kohës. Kjo përfshin rezistencën ndaj zjarrit të pjesëve, jo vetëm të elementeve, të cilat duhet të llogariten. Rezistenca ndaj zjarrit që duhet të sigurohet varet nga ngarkesa e zjarrit në ndërtesë.

Tabela 9 mund të përdoret si një shembull për vlerësimin e ngarkesës së zjarrit dhe rezistencën e kërkuar ndaj zjarrit për disa lloje ndërtesash. Qëllimi i saj është kryesisht informues dhe edukativ sepse jep një vlerësim të përafërt.

Është e rëndësishme të kihet parasysh që mbrojtja strukturore është po aq e mirë sa është lidhja më e dobët në projekt, dhe që lidhjet midis elementeve strukturore duhet të kenë rezistencë të barabartë ndaj zjarrit, sa vetë elementet. Rreziqet e veçanta shoqërohen me ndërtesa të larta mbi 10 kate ose ndërtesa me ambiente nëntokësore në dy ose më shumë nivele.

Tabela 9
Ngarkesa e zjarrit dhe rezistenca ndaj zjarrit për lloje të ndryshme ndërtimi

Lloji i ndërtesës	Ngarkesa e zjarrit	Rezistenca e kërkuar ndaj zjarrit (min)		
		1-kat	2-kate	3-ose më shumë kate
1. Shtëpitë	E ulët	0	30	30
2. Apartamentet	Mesatare	30	30	60
3. Institucion rezidencial (spital, burg, etj.)	E lartë	30	60	90
4. Hotele, konvikt	Mesatare	30	30	60
5. Zyra, shkolla	Mesatare	30	30	60
6. Kuvendi dhe rekreacionet (kinemaja, teatri)	E lartë	30	60	90
7. Dyqanet	Mesatare	30	30	60

Tabela të personalizuar 5.1 i 5.2 [4]

Rezistenca ndaj zjarrit matet nga aftësia e një elementi ose strukture për të përmbushur kapacitetin e kërkuar të ngarkesës, integritetin dhe vetitë izoluese në kushte të zjarrit të parashikuar për një periudhë të caktuar kohe. Janë këto tri kërkesa që përcaktojnë rezistencën e strukturës ndaj zjarrit: *kapaciteti mbajtës* i strukturës është qëndrueshmëria e saj ndaj ngarkesave, *integriteti* i saj është të pengojnë kalimin e zjarrit dhe gazrave të nxehtë në anën e pa ekspozuar; *izolimi* është veti për të kufizuar rritjen e temperaturës në anën e pa ekspozuar deri në një vlerë të përcaktuar.

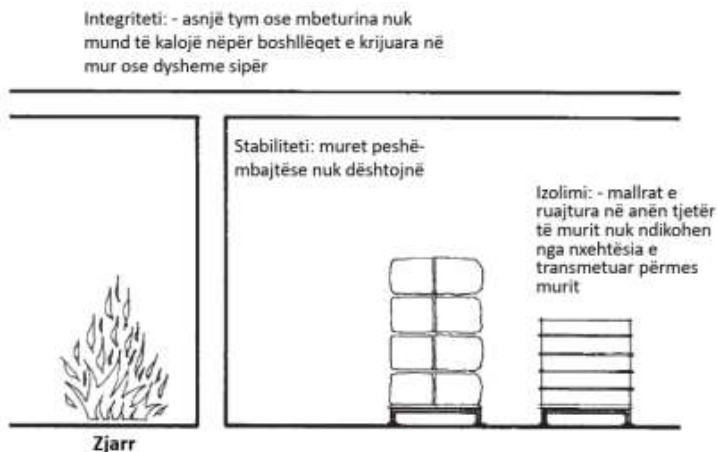


Figure 12. Stabiliteti, integriteti dhe izolimi [4]

Për elementet strukturorë në momentet e para të zjarrit, vetëm stabiliteti dhe integriteti janë të rëndësishme, por meqenëse dyshemetë horizontale ose muret vertikale shpesh kanë rolin e ndarjes së ndërtesës për të parandaluar përhapjen e zjarrit, atëherë karakteristika e izolimit është gjithashtu e rëndësishme.

1.4.2. Ndarja e ndërtesës në sektorë të zjarrit

Nga pikëpamja e sigurimit të jetës së njerëzve dhe mbrojtjes së pasurisë, është e nevojshme që ndërtesa në mënyrë adekuate të ndahet në sektorë të zjarrit të cilët do ta parandalojnë përhapjen e zjarrit dhe tymit për një periudhë të caktuar kohe. Secila ndërtesë e madhe duhet të ndahet në sektorë vertikalisht, horizontalisht ose të kombinuar.

Strukturat dhe elementët që ndajnë sektorët e zjarrit janë:

- Muret e zjarrit (të brendshme dhe të jashtme), që janë të konstruara si struktura të vazhdueshme nga themeli deri në kulm dhe
- Struktura tjera ndarëse dhe elemente rezistente ndaj zjarrit dhe tymit në konturat e sektorit të zjarrit.

Muret e zjarrit janë një nga zgjidhjet më efektive për mbrojtjen e një ndërtese nga zjarri, sepse ata parandalojnë përhapjen e zjarrit dhe tymit brenda një ndërtese (ose sektorit të zjarrit), midis ndërtesave të ndryshme, por edhe ndërtesës dhe materialeve të ndezshme që mund të jenë afër tij ose të vendosen në fasadë.

Perdet e zjarrit përdoren si pengesë për përhapjen e nxehtësisë dhe tymit përmes hapjeve që nuk mund të mbyllen në asnjë mënyrë tjetër. Ka edhe raste kur ky lloj mbrojtjeje është praktik për estetikë ose i justifikuar për shkaqe teknike. E thënë thjesht, një perde e zjarrit është një perde e krijuar posaçërisht që zbret nga tavani për të bllokuar hapjet dhe për të ndaluar përhapjen e zjarrit dhe tymit midis dy zonave. Perdja e zjarrit në përgjithësi është e ngjashme me një të grilë metalike që rrëshqet vertikalisht te poshtë pasi lëshohet nga "kutia e sipërme", megjithatë, pasi përbëhet nga materiale të tilla si tekstil me fije qelqi, është shumë më fleksibile dhe kompakte. Ekzistojnë zgjidhje të ndryshme si p.sh. perdet automatike (të lidhura me sistemin e zjarrit, që ulen automatikisht në rast zjarri), të fiksuara (gjithmonë në të njejtën pozitë dhe të përdorura për t'i ndarë sektorët e zjarrit) ose izoluese (sigurojnë izolim shtesë, lejojnë që njerëzit të kalojnë afër perdes pa ndjer në efektin e nxehtësisë në anën e pakspozuar nga zjarri).



Figura 13. Perdet e zjarrit për ashensorë
(<http://www.metalpress.co.il/en/product/fire-curtains-for-elevators.aspx>)

Spektori i zjarrit sipas përkufizimit është një hapësirë e mbyllur që është e ndarë nga hapësirat fqinje brenda ndërtesës përmes elementëve strukturorë që kanë rezistencë të përcaktuar ndaj zjarrit, e cila plotëson kushtin që zjarri dhe tymi të mos përhapet brenda ndërtesës, ose në ndërtesën fqinje brenda një kohe të caktuar. Spektori i zjarrit mund të jetë një dhomë, një grup dhomash apo edhe një ndërtesë e tërë. Projektimi i sektorëve të zjarrit varet nga dedikimi i ndërtesës, lartësisë dhe ngarkesës e zjarrit si dhe rezistencës së ndërtesës ndaj zjarrit. Spektori i zjarrit është një njësi themelore hapësinore që trajtohet në mënyrë të pavarur në vlerësimin e rrezikut nga zjarri, gjatë përgaditjes së planit për mbrojtjen nga zjarri, por edhe operacioneve të zjarrfikësve në shuarjen e zjarreve.

Kufijtë e sektorëve të zjarrit duhet të realizohen nga materiale ndërtimi jo të djegshme. Për të arritur ndarje të plotë të sektorëve të zjarrit, është e nevojshme të mbrohen elementet jostrukturorë, siç janë muret dhe dyert e brendshme. Nuk duhet të ketë "pika të dobëta" ose vrima në kufijtë e sektorëve të zjarrit që mund të rrezikojnë pengimin e tymit dhe zjarrit; të gjitha instalimet që kalojnë nëpër muret ose dyshemetë e një sektori duhet të kryhen në atë mënyrë që të sigurojnë të njëjtin nivel të rezistencës ndaj zjarrit si të gjitha segmentet e këtij sektori.

Dyert e instaluar përveç që duhet të plotësojnë rezistencën e përcaktuar të zjarrit të njëjtë me atë të sektorit të zjarrit, është e nevojshme që të merren masa për të siguruar mbylljen e shpejtë të tyre në rast të paraqitjes së një zjarri.

Një rrezik i madh, gjatë gjithë jetës së ndërtesës, është mundësia e rrezikimit të sektorit të zjarrit duke ndërprerë në mënyrë të pamatur kufijtë e sektorit ose duke shtuar hapje.

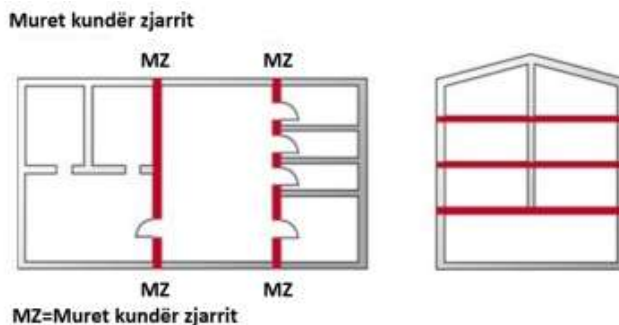


Figura 14. Ndarja e ndërtesës në sektorë të zjarrit
(<http://www.fml.eu.com/compartmentation/>)

Normativat dhe rregulloret ndërtimore kryesisht rregullojnë çështjen e madhësisë së sektorëve të zjarrit, por projektuesi duhet të dijë disa parime themelore mbi të cilat bazohet ndarja adekuatë në sektorë.

Numri i sektorëve të zjarrit në të cilët ndërtesa duhet të ndahet varet nga lartësia e ngarkesës së zjarrit, instalimi i alarmit automatik të zjarrit dhe sistemit të shuarjes, dedikimi i hapësirës dhe ndërtesës, sepse shumë rregullore përcaktojnë zona maksimale ose vëllime të hapësirës në varësi të dedikimit të ndërtesës.

Më poshtë është dhënë një tabelë, e cila është edukative dhe informuese, me vlera treguese të madhësisë së sektorit të zjarrit për lloje të ndryshme ndërtesash.

Tabela 10
Zonat e dhomëzave të zjarrit për lloje të ndryshme ndërtesash

Lloji i ndërtesës		Madhësia e dhomëzës
1.	Shtëpi	Secila banesë e veçantë
2.	Banesa	Secila banesë e veçantë
3.	inst. Banimi. (spital, burg, etj.)	1600 m ²
4.	Hotele, konvikte	2500 m ²
5.	Zyrat dhe komerciale	2500 m ²
6.	Kuvendi dhe rekreacioni (teatër, kinema)	1600 m ²
7.	Dyqanet	2500 m ²

Tabela e personalizuar [4]

Sa më e ndezshme të jetë përmbajtja e ndërtesës, aq më e vogël duhet të jetë madhësia e sektorëve të zjarrit. Kur ndërtesa ndahen në sektorë, gjeometria nuk është e rëndësishme, është e domosdoshme të ruhet integriteti i sektorit të zjarrit.

Nëse secili kat do të jetë një sektor i veçantë zjarri, projektuesi gjithashtu duhet të sigurojë që daljet nga çdo kat deri tek shkallët të kenë rezistencë të barabartë ndaj zjarrit dhe tymit. Në ndërtesat e banimit, çdo njësi duhet të jetë një sektor i veçantë zjarri.

Kufijtë e sektorëve të zjarrit gjithashtu mund të kushtëzohen nga aftësia e personave për t'u evakuuar nga zonat e rrezikuara. Gjatësia maksimale e pranueshme e rrugës së evakuimit mund të kufizojë gjithashtu madhësinë e sektorit të zjarrit. Përveç ndarjes së ndërtesës në sektorë të bazuar në ngarkesën e zjarrit, duhet të merret parasysh edhe mbrojtja e rrugëve të evakuimit nga ndërtesa dhe ato duhet të trajtohen si sektorë të veçantë të zjarrit.

1.4.3. Parandalimi i përhapjes së zjarrit në ndërtesat fqinje

Një nga rolet e mbrojtjes pasive nga zjarri është të kufizojë rrezikun e ndikimit nga zjarri në ndërtesat fqinje dhe njerëzit jashtë ndërtesës dhe të zvogëlojë rrezikun e zjarrit në objektin ngjitur. Parandalimi i përhapjes së zjarrit në ndërtesat ngjitur i referohet: ndërtesave të afërta dhe ndërtesave që prekin muret e jashtme.

Në rast se nuk është e mundur të sigurohet distanca e kërkuar deri në kufirin e parcelës, ose objektin e ndërtuar tashmë, atëherë zgjidhja bëhet përmes mureve e zjarrit.

Muret e zjarrit jo vetëm që shërbejnë për të ndarë dy ndërtesa që janë më afër njëra-tjetrës sesa distanca e nevojshme që të jenë të sigurta, por ato gjithashtu mund të ndajnë një ndërtesë më të madhe në "sektorë zjarri" dhe kështu të parandalojnë përhapjen e zjarrit siç u shpjegua në nënkapitullin e mëparshëm.

Për të kufizuar përhapjen e zjarrit, vëmendje e veçantë duhet t'i kushtohet çatisë dhe mureve të jashtme (për shkak të rrezatimit termik). Kulmi paraqet një rrezik për shkak të rrymimit konvektiv që mund të transportojë grimca djegëse (lëndë druri, etj.) në ndërtesën ngjitur. Ekzistojnë standarde për hartimin e strukturave të çatisë që janë rezistente edhe kur ekspozohen ndaj zjarrit të drejtpërdrejtë ose rrezatimit të nxehtësisë.

Muret e jashtme gjithashtu kërkojnë vëmendje të veçantë në fazën e projektimit sepse ekziston mundësia që përmes tyre të bëhet transmetimi i nxehtësisë në ndërtesat e ngjitura (Figura 15b). Zakonsiht rreziku i rrezatimit të nxehtësisë kufizohet duke zvogëluar numrin dhe madhësinë e hapjeve në muret e jashtme kur ato janë afër ndërtesave të tjera. Kufizimi i madhësisë së hapjeve me qëllim të zvogëlimit të nxehtësisë rrezatuese në ndërtesat fqinje

mund të ndihmojë gjithashtu në parandalimin e përhapjes së zjarrit midis kateve të së njëjtës ndërtesë.

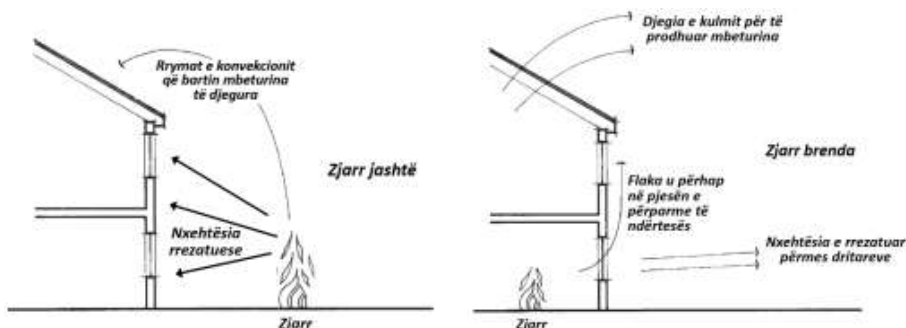


Figura 15. Mbrojtja e mbështjellësit (a-zjarri i jashtëm, b-zjarri i brendshëm) [4]

Rreziqet e përhapjes së zjarrit në *sipërfaqen e ndërtesës* zakonisht zvogëlohen duke zgjedhur materiale për veshje dhe mbulesë në çati që kanë potencial zero për përhapjen e zjarrit (tulla, beton dhe gur). Disa rregullore të ndërtimit kufizojnë përdorimin e materialeve të fasadave që kanë potencial të lartë për përhapjen e zjarrit.

Në manualin e tij UNOPS [8] jep rekomandime për parandalimin e transmetimit të zjarreve midis ndërtesave (Figura 16).

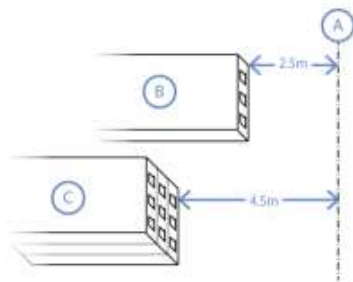


Figura 16. Pengimi i përhapjes së zjarrit nga objektet fqinje (A –kufiri i parcellës, B – ndërtesë një katëshe, C – ndërtesë tre katëshe)

Për të kontrolluar përhapjen e zjarrit, distanca midis ndërtesës së re dhe kufirit anësor ose të pasmë të ngastrës duhet të jetë së paku 2.5m për ndërtesë një katëshe dhe për secilën kat shtesë të rritet për 1.0m, nëse muri i ndërtesës së re përmban dritare që kanë pamje me kufirin e ngastrës.

Nëse kufizimi i tillë e zjarrit nuk është i mundshëm, atëherë muri nuk duhet të ketë dritare me pamje nga kufiri i ngastrës dhe duhet të jenë të ndërtuara me materiale jo të djegshme.

Nëse muri i jashtëm ka një hapje me dritare në një kënd prej 90 ° deri në kufi, atëherë duhet të ketë një mur ndarës (mur i qëndrueshëm ndaj zjarrit) prej të paktën 600 mm (fig. 17-B).

Nëse muri të jashtëm ose dritarja në të ndodhet në distancën minimale të kërkuar (ose më të madhe) nga muri kufitar atëherë nuk ka nevojë që ai të ketë veti të zjarrëduroese (Figura 17-C).

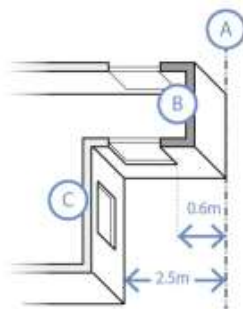


Figura 17. Ndarja e zjarrit dhe dritaret: kufiri (A), mur zjarri me rezistencë prej 2 orëve (B), muri jorezistent ndaj zjarrit (C)

1.5. MASAT PËR MBROJTJE AKTIVE NDAJ ZJARRIT

Mbrojtja aktive nga zjarri i referohet kontrollit të zjarrit nga veprimi i ndonjë personi ose i ndonjë pajisje automatike. Zbatimi i masave aktive përfshin instalimin dhe mirëmbajtjen e pajisjeve për detektimin dhe alarmin e zjarrit, sistemet e kontrollit të tymit dhe zjarrit; instalimi i sistemeve të mbrojtjes nga zjarri; kontrolli i përmbajtjes së rrezikshme dhe instalimi i një sistemi (qendror) për menaxhimin e mbrojtjes nga zjarri.

Për të siguruar jetën e njerëzve gjatë evakuimit, është e nevojshme të sigurohen mjete për zbulimin dhe kontrollin e zjarrit. Kontrolli i zjarrit është i nevojshëm për të minimizuar prodhimin e tymit, në mënyrë që të mundësohet evakuimi më efikas, si dhe të kufizojë rritjen e temperaturës në strukturë / ndërtesë dhe kështu të zvogëlojë dëmet pasuese. Një numër i madh i ndërtesave janë të pajisura me sisteme automatike të shuarjes së zjarrit për shkak të kërkesave të kompanive të sigurimeve ose si një kompromis midis sistemeve aktive dhe pasive të parashikuara nga rregulloret e shtetit.

1.5.1. Zbulimi i zjarrit

Detektorët e zjarrit dhe sistemet e alarmit janë elementet themelore të mbrojtjes nga zjarri i secilës ndërtesë, instalimi dhe përdorimi i të cilëve mund të zvogëlojë ndjeshëm humbjen e jetës së njerëzve dhe pronave në rast zjarr.

Llojet e detektorëve që më së shpeshti përdoren në ndërtesa, veçanërisht kur rrezikohet jeta e njerëzve, janë detektorët e nxehtësisë dhe tymit, dhe detektorët e fenomeneve të tjera të zjarrit, si dhe detektorë të kombinuar.

Sistemet e zbulimit të zjarrit mund të jenë manuale ose automatike ose të kombinuar.

Sistemet e manuale janë përgjithësisht relativisht të thjeshta: një pllakë tradicionale na xhami, thyerja e së cilës aktivizon alarmin. Këto sisteme kërkojnë praninë e njerëzve që përballen me zjarrin dhe vlerësojnë ashpërsinë e tij, dhe mund të instalohen dhe përdoren vetëm atje ku është e sigurt se do të ketë prezencë të njerëzve.

Në hapësirat ku njerëzit flenë, është e nevojshme të instalohen pajisje shtesë zbuluese - automatike. Ndërtesa të tilla janë hotele, bujtina, ambiente për akomodimin e personave me kujdes të veçantë, si dhe hapësira për shumë qëllime.



Figura 18. Sistemet e zbulimit dhe alarmimit të zjarrit
(<http://www.vindexsystems.com>)

Sistemet automatike aktivizohen për shkak të pranisë së sasive të mëdha të nxehtësisë ose tymit, të cilat regjistrohen nga sensorë dhe drejtpërdrejtë aktivizojnë sistemin për fikjen e zjarrit (siç janë spërkatësit) ose aktivizojnë në mënyrë indirekte çdo sistem kontrolli ose evakuimi të zjarrit. Versione më të reja të këtyre sistemeve janë bërë duke përdorur lazer me fuqi të ulët ose sensorë infra të kuqe për të monitoruar shfaqjen e tymit. Shumë sisteme automatike bazohen në një kombinim të sensorëve të zbulimit të nxehtësisë dhe tymit. Avantazhi i pajisjeve automatike është se ata mund të paralajmërojnë njerëzit që janë në ndërtesë edhe para se ata vetë të vërejnë zjarrin.

Të gjitha pajisjet e zbulimit, përveç atyre të instaluar në ndërtesa me një numër të vogël të banorëve, duhet të lidhen me një sistem që:

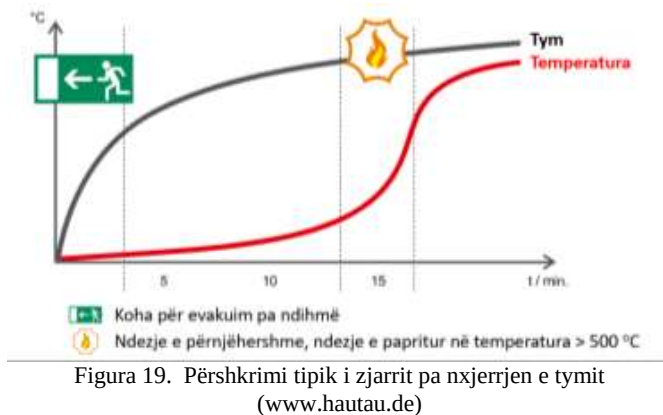
- tregon vendin e zjarrit ose vendin ku është shkaktuar alarmi,
- aktivizon kontrollin e zjarrit duke mbyllur derën rezistente ndaj zjarrit, perden e tymit ose sistemin automatik të ventilimit, dhe
- fillon procedurat e evakuimit përmes regjistrimit automatik të paraqitjes së zjarrit në një departament lokal të zjarrfikësve.

1.5.2. Kontrolli i tymit: ventilimi dhe hermetizimi

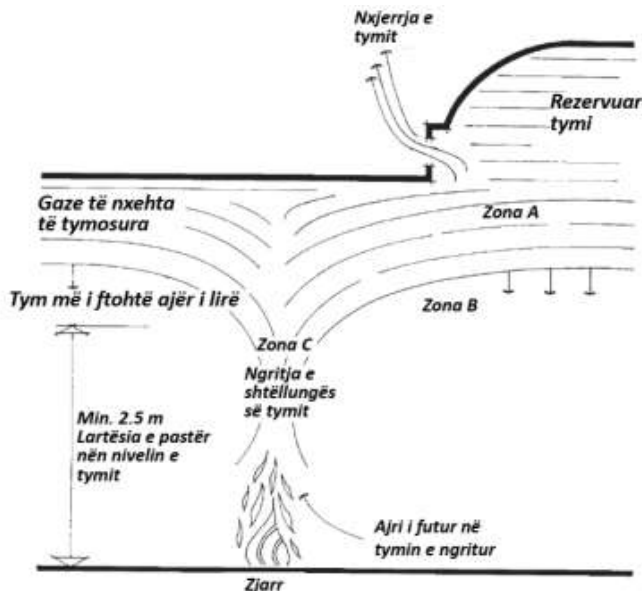
Tymi që paraqitet gjatë zjarrit nuk duhet të pengojë shikimin gjatë evakuimit, dhe kufiri i poshtëm në të cilin zbret nuk duhet të jetë nën 2.5-3m nga sipërfaqja e dyshemesë gjatë 15 minutave të para të zjarrit (Building Research Establishment, 1987; Morgan and Gardner, 1991).

Kontrolli i tymit është i nevojshëm për shkak të problemeve që shkaktojnë substancat toksike të pranishme në të, si dhe për shkak të efektit të çorientimit të plotë për shkak të zvogëlimit të dukshmërisë. Figura 19 tregon zhvillimin e zjarrit pa largimin e tymit.

Mënyra më e thjeshtë për të parandaluar përhapjen e tymit brenda ndërtesës është nxjerrja e tij nga ndërtesa, që mundëson kufizimin e tymit në zonën ku paraqitet, por edhe siguron kohë për evakuim dhe ndërmarrje të masave për shuarjen e zjarrit.



Fakti që projektuesi duhet të marrë në konsideratë veçanërisht është shtresimi i tymit i shkaktuar nga pluskimi (notimit), i cili priset nga ftohja e tij. Siç tregohet në Figurën 20, pikërisht nën tavan, formohet një shtresë e sipërme e gazrave të nxehtë (zona A) që noton në ajrin më të ftohtë pa tym (zona B). Një re tymi që ngrihet nga zjarri tërheq ajrin ndërsa ngrihet duke formuar një shtresë të sipërme (zona C).



Me rritjen e zjarrit, sasia e tymit do të rritet në mënyrë eksponenciale, dhe shtresa e tymit do të bëhet gjithnjë e më e trashë me zhvillimin e mëtejshëm të zjarrit. Sistemi i ventilimit ka rol për të siguruar që sasia e tymit që shtohet në shtresën tashmë të formuar të jetë mirë e ekuilibruar me atë që largohet përmes ventilimit, në mënyrë që thellësia e shtresës së tymit të mbetet konstante dhe të mos bjerë kurrë në një nivel që do të rrezikojë banorët që hasin në zjarr.

Kufizimi i përhapjes horizontale të tymit mund të arrihet nga pengesat përmes perdeve të tymit që zbresin nga tavani. Këto perde mund të montohen në mënyrë të përhershme ose thjesht të aktivizohen në rast zjarri (Figura 21).

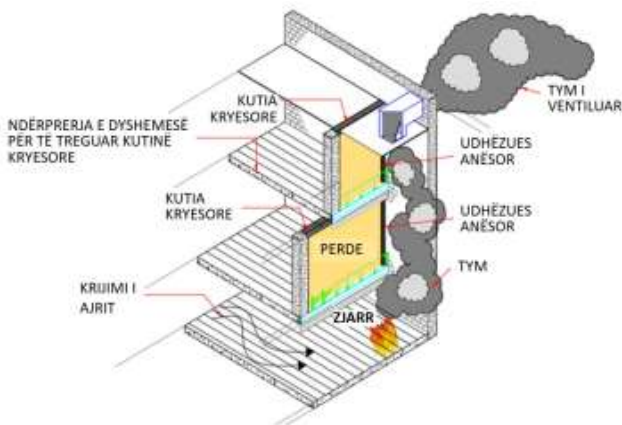


Figura 21. Largimi i tymit dhe perdet e tymit
(<http://www.fercoshutters.com/smoke-curtains/>)

Mënyra më e thjeshtë për të larguar tymin në ndërtesat njëkatëshe është largimi përmes hapjeve të çatisë - *ventilimit natyral*, ndërsa në ndërtesat të larta duhet të instalohen *sistemet mekanike - ventilimi i detyruar*.

Ventilimi natyral i përgjigjet plotësisht kushteve të mjedisit, kurse kushtet e motit në natyrë përcaktojnë efikasitetin e këtij sistemi të ventilimit. Ventilimi mekanik duhet të jetë i dizajnuar me një nivel të lartë besueshmërie, me kushte që të mund të riparohen dhe mirëmbahen gjatë gjithë jetës së ndërtesës. Ventilimi i detyruar funksionon duke tërhequr tym nga një hapësirë me zjarr ose nga shtigjet e evakuimit, duke futur ajër të pastër në këto hapësira ose si kombinim i nxjerrjes mekanike dhe fryrjes.

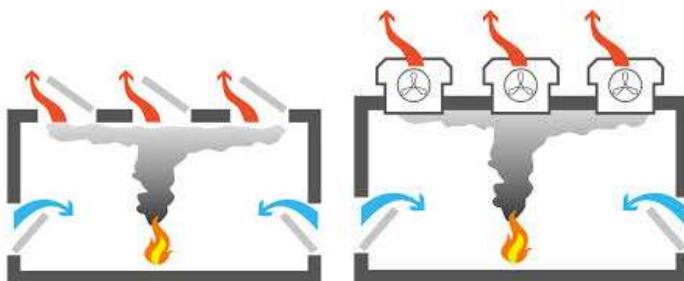


Figura 22. Nxjerrja natyrale dhe e detyruar e tymit
(www.hautau.de)

Më parë u theksua se problemi i instalimit të dyerve në muret rezistente ndaj zjarrit mund të zgjidhet me zgjedhjen adekuate të dyerve me rezistencë të duhur të zjarrit. Sidoqoftë, dyert e tilla duhet të hapen gjatë ikjes dhe evakuimit, me ç'rast ekziston rreziku që tymi të futet në hapësirën e mbrojtur.

Një metodë më e mirë për mbrojtje sesa kjo është duke *rritur presionin (presimin)* në zona të tilla të mbrojtura, korridore ose shkallë. Një nga mundësitë është nxjerrja e tymit nga hapësirat e destinuara për evakuim, por kjo zgjidhje është larg nga idealja për shkak të rrezikut të tërheqjes së sasive të mëdha të tymit në këtë zonë.

The diagram illustrates two ventilation methods in a fire scenario:

- Presionizimi (Pressure Ventilation):** Shows a fire source (Zjarr) in a room labeled "Zonë me presion, e mbajtur pa tym" (Zone with pressure, kept smoke-free). Arrows indicate air being drawn from the fire and pushed out through a mechanical ventilator (Tym - ventilim) in the ceiling. A label "Tymi nuk mund të hyjë" (Smoke cannot enter) points to the closed door between the fire room and the adjacent room.
- Ventilimi (Mechanical Ventilation):** Shows a fire source (Zjarr) in a room labeled "Zonë e pastër" (Clean zone). Arrows indicate air being drawn from the fire and pushed out through a mechanical ventilator (Tym - ventilim) in the ceiling. A label "ajri i pastër anon" (Clean air is not there) points to the fire source area.

Ajri i freskët sillel në dhomën e presionit dhe presioni mbahet në një nivel më të lartë se në dhomat përreth. Kur dera në hapësirën me presion pozitiv hapet, ajri më parë do të dalë nga kjo dhomë jashtë sesa tymi do të futet brenda. Përveç kësaj, kur dera është e mbyllur presioni pozitiv që është arritur në këtë hapësirë do të parandalojë rrjedhjen nëpër këtë zonë dhe ajri i freskët do të rrjedh jashtë në hapësirat fqinje.

Është e mundur që nën presion të mbahen vetëm shkallët, por padyshim që është shumë më mirë (dhe rrjedhja do të ulet ndjeshëm) nëse edhe parahapësirat e shkallëve janë nën presion. Zgjidhja ideale është të gjitha rrugët e evakuimit të vendosen nën presion më të lartë, duke përfshirë seksione horizontale dhe vertikale.

1.5.3. Fikja e zjarrit

Ekzistojnë tri mënyra kryesore të përdorimit të aparateve për fikje të zjarrit: nga ana e personave që hasin në zjarr me pajisje manuale për shuarjen e zjarrit; sisteme automatike të shuarjes nga zjarri; dhe së fundi, shuarja nga zjarrfikësit. Arkitektët dhe projektuesit gjatë fazës së projektimit duhet të konsiderojnë dhe parashikojnë se cila nga këto mënyra mund të pritët, dhe më pas të hartojnë projektin për të siguruar efikasitetin e tyre.

Arkitekti ka një rol të rëndësishëm në sigurimin e pajisjeve adekuata manuale për shuarjen e zjarrit (pajisje dore, batanije kundër zjarri dhe zorrë) në numër të mjaftueshëm dhe në vendet e kërkuara.

Numri dhe aranzhimi i *aparaturave manuale të fikjes së zjarrit* varet nga vlerësimi i rrezikut nga zjarri.



Figura 25. Aparat për zjarrfikje dhe hidratant në dhomën e hotelit (<http://www.travelino.hr>)

Aparaturat për fikje të zjarrit duhet të instalohen në vendet ku ato janë lehtësisht të arritshme gjatë zjarrit. Ato janë të vendosura afër hyrjeve të secilit sektor, në këtë mënyrë ato gjenden në rrugët për evakuim dhe janë në dispozicion të personave që hyjnë në atë zonë për të shuar zjarrin.

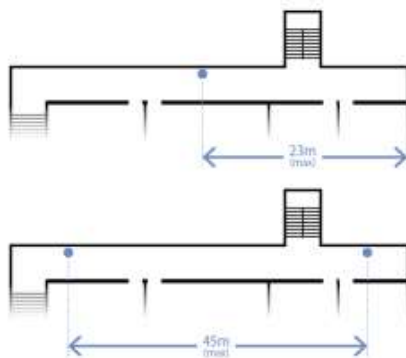


Figura 26. Distanca e udhëtimit ndërmjet aparateve për zjarrfikje [8]

Sipas rekomandimeve të UNOPS, hapësira maksimale për njësi është 500m², dhe gjatësia maksimale e rrugës për lëvizje ndërmjet aparateve për zjarrfikje është 45m ose 23m nëse ndërtesa përmban vetëm një aparat për shuarje të zjarrit [8].

Për shuarjen e zjarrit në ndërtesa gjithashtu realizohet edhe një rrjet i posaçëm për furnizimin me ujë - *rrjet hidrantësh* me lidhje speciale dhe përdoren kur shuarësit fillestarë të zjarrit nuk mund të shuajnë zjarrin dhe kur kërkohen sasi më të mëdha të agjentëve shuarës.

Ekzistojnë tre lloje hidrantësh: hidrant i murit, mbi tokë dhe nëntokë; dhe rrjeti mund të projektohet si një rrjet hidrantësh të brendshëm dhe të jashtëm. Ata instalohen në vende të qasshme në ndërtesa, kryesisht në shkallë, në dollapë në atë mënyrë që e gjithë zona e mbrojtur të mund të mbulohet nga një valë e ujit.

Distanca e hidratëve të jashtëm përcaktohet në varësi të qëllimit, madhësisë dhe karakteristikave të ndërtesës.



Figura 27. Hidrantë të brendshëm dhe të jashtëm (mbi tokë)

Për të gjitha ndërtesat me një sipërfaqe më të madhe se 500 m² kërkohen zorrë e mbështjellur dhe gypa për fikje të zjarrit. Ato duhet të përfshijnë tub zjarri të gjatë së paku 30m dhe diametër 25mm të mbështjellur dhe një dalje të veçantë 38mm të aftë që mund të sigurojë 60 l / min ujë për të paktën 30 minuta. Zorra duhet të ketë një shtrirje prej 6m nga pjesa më e largët e ndërtesës (më e largët nga vendndodhja e hidrantit). Vendndodhja e hidrantit duhet të jetë në shkallët dalje ose në dalje të ndërtesës. Nëse distanca i plotëson këto kërkesa, një hidratant mund të përdoret për të shërbyer një ndërtesë dykatëshe. Përcaktimi i numrit të linjave, mbështjelljeve të tubave dhe linjave të furnizimit me ujë përcaktohet nga përdorimi i pritshëm i objektit, numri i banorëve dhe sistemeve të tjera të instaluar të mbrojtjes nga zjarri [8].

Në fazën fillestare të projektimit të ndërtesës, është e nevojshme të konsultohen profesionistët e zjarrfikësve në mënyrë që të konfirmojnë se janë përmbushur të gjitha masat e mbrojtjes nga zjarri, kërkesat për rrugët hyrëse të automjeteve të zjarrit (Figura 28); vendndodhja e hidratëve të jashtëm, numri dhe kapaciteti i tyre; si dhe siguri i lidhjeve të komunikimit për njoftimin e aktivizimit të alarmit.

Sistemet për fikje automatike janë sisteme që aktivizohen pas një zjarri pa ndonjë ndërhyrje njerëzore. Forma më e zakonshme e fikjes automatike është instalimi i spërkatësve, por janë në dispozicion edhe forma të tjera për rreziqe specifike.

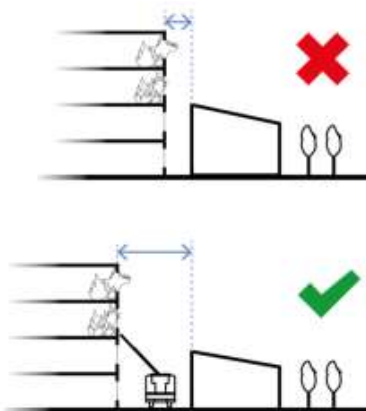


Figura 28. Qasja e automjeteve zjarrfikëse [8]

Instalimet e spërkatësve janë në përdorim që nga fundi i shekullit të 19-të dhe janë lloji më i përhapur i aparateve për fikje të zjarrit. Ata përdoren për fikje automatike të zjarrit në lloje të ndryshme ndërtesash që mund të jenë me ngarkesa të ndryshme zjarri (hotele, muze, shkolla, qendra tregtare, etj.). Ata konsiderohen të jenë shumë efektiv në zvogëlimin e humbjeve të pronave në atë masë që kompanitë e sigurimeve ofrojnë zbritje të konsiderueshme për pronarët e ndërtesave ku janë instaluar spërkatësit (deri në 60-80%).

Instalimet e spërkatësve mund të jenë një sistem i lagësht që përdoret në ambientet ku nuk ka rrezik të ngrirjes ose avullimit të ujit dhe ku tubacioni gjithmonë mbushet me ujë, dhe një sistem i thatë në të cilin tubacionet mbushen me ajër nën presion. Ata mund të montohen në tavan ose në mure; ndonjëherë ata duhet të vendosen edhe në lartësi të ndryshme (p.sh. depo ku mallrat mbahen në grumbuj në lartësi të ndryshme).

Sistemet e spërkatësve janë të dizajnuara për shuarjen e zjarreve të vegjël ose për kontrollin e zjarrit deri sa të arrijë shërbimi i zjarrfikësve. Sistemi aktivizohet me thyerjen e ampulës së qelqit të vendosur në kokën e spërkatësit (e ndjeshme ndaj nxehtësisë), lëshon ujin përmes zonës nën kokën e spërkatësit pasi të aktivizohet. Koka e spërkatësit do të aktivizohet edhe më tej nëse temperatura në hapësirë rritet.

Sistemi i spërkatësve do të parandalojë që zjarret e vegjël të përshkallëzohen, dhe gjithashtu mund të shuajnë zjarret.



Figura 29. Koka spërkatëse
(<https://www.houseidea.pw>)

Kontributi i spërkatësve në sigurinë e jetës së njeriut është vështirë të përcaktohet; vlera e tij qëndron në kufizimin e zjarrit dhe lejimin e banorëve që të evakuhohen.

Në testet e kryera pas zjarrit të Woolworth¹ (Anon, 1980; Stirland, 1981), temperaturat maksimale në nivelin e dyshemesë me spërkatës të instaluar ishin 190°C dhe pa instalim të spërkatësve 940°C; vëllimi i tymit dhe gazrave të prodhuar në 7 minutat e para me spërkatës ishte 1500m³ dhe pa to 10.000-20.000m³. Është vlerësuar gjithashtu që spërkatësit do të siguronin minuta shtesë për evakuim dhe se zjarri do të vihej nën kontrollin e plotë për 22minuta. Kishte gjithashtu disa dilema në lidhje me efikasitetin e sistemit të spërkatës në zjarr sepse kishte edhe raste kur ato nuk u aktivizuan, për të cilat provat nuk janë plotësisht të qarta. Stirland (1981) thekson se dyshimi i tillë është i panevojshëm.

Përveç spërkatësve si pajisje për kontrollin e zjarrit, përdoren edhe sistemet e ujëmblytësve “drencher” të cilët mund të aktivizohen manualisht ose të lidhen me një sistem të zbulimit të zjarrit. Këto sisteme kryesisht instalohen në pjesën e jashtme të ndërtesës (megjithatë ato mund të jenë të brendshme) në mënyrë që të mbrohen nga transferimi i zjarrit nga ndërtesat fqinje. Zakonisht vendosen në çati ose mbi dritare ose hapje të tjera.

Sistemet e ujëmblytësve “drencher” përdoren në zonat me ngarkesë të lartë zjarri, ose ku pritet përhapja shumë e shpejtë e zjarrit. Ato janë shumë të ngjashme me sistemet e spërkatësve sepse kanë grykë uji me tubacione, stacione valvulash dhe një sistem furnizimi me ujë. Ato ndryshojnë nga spërkatësi, sepse grykat e drencherit janë të hapura dhe nuk kanë një element termikisht të ndjeshëm, kështu që kur aktivizohet sistemi uji rrjedh nëpër të gjitha grykat dhe jo vetëm në vend si me spërkatësin.



Figura 30. Sistemi i ujëmblytësve “drencher”

(www.themeparkpro.co)

Sistemi i ujëmblytësve “drencher” gjithashtu mund të përdoren për të ftohur elementët strukturorë (psh. trarët e çatisë nga çeliku), dhe janë veçanërisht të vlefshme si mbrojtje shtesë në hapjet brenda mureve të sektorit. Këto sisteme përdoren kryesisht kur pritet përhapja shumë e shpejtë e zjarrit. Shërben gjithashtu për të ndarë sektorin e prekur nga zjarri (perde uji); gjen gjithashtu aplikim në ftohjen e rezervuarëve me lëng të ndezshëm nga temperaturat e ulëta, si dhe për shuarjen e zjarrit në këto hapësira. Instalimet e tyre mund të përdoren gjithashtu për të aplikuar shkumë për shuarjen e zjarrit.

Perdet e ujit janë një shembull i veçantë i përdorimit të instalimit të ujëmblytësve, detyra e të cilave është të parandalojnë përhapjen e zjarrit nga një sektor në tjetër (Figura 31). Perdet e

¹ Anon (1980) Raporti i zjarrit të Woolworth, Manchester. Parandalimi i zjarrit, 138, 13–24

ujit formohen nga rrjedha e ujit nga instalimi ujëmblytësve “drencher” dhe aktivizimi i tyre kryhet përmes një njësie kontrolli të alarmit të zjarrit. Perdet e ujit sigurojnë siguri shtesë në ndarjen e hapësirës në sketore të zjarrit.



Figura 31. Perdet e ujit (www.coopersfire.com)

Përveç sistemeve automatike të lartpërmendura, ekzistojnë sisteme të qëndrueshme për shuarjen e zjarreve siç janë sistemet me gazra inertë, mjegull uji, shkumë, dioksid karboni, sisteme speciale të mbrojtjes nga zjarri të kuzhinave, etj. Disa sisteme, për shkak të toksicitetit të agentit shuarës dhe uljes së përmbajtjes së oksigjenit në hapësirë, nuk janë të zbatueshme në ndërtesat ku banojnë njerëzit, ndërsa sistemet që përdorin shkumë dhe pluhur në disa raste nuk mund të përdoren për shkak të ndikimit të agentit shuarës në përmbajtjen e ndërtesës.

1.5.4. Interaksioni ndërmjet mbrojtjes aktive dhe pasive

Ka pasoja të dukshme negative të interaksionit midis pajisjeve të ventilimit dhe sistemeve të spërkatësve. Problemet e identifikuara nga Heselden (1984) janë që uji i ftohjes ka ndikim në largimin e tymit, i cili parandalon rrymimin e tymit te lart. Një numër i testeve (Hinkley dhe Illingworth, 1990; Hinkley et al., 1992) janë kryer në lidhje me këtë fenomen dhe janë botuar udhëzimet për projektim (Morgan, 1993).

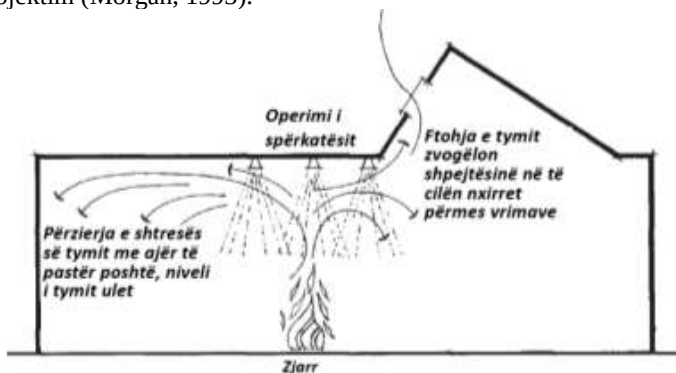


Figura 32. Ndërveprimi i spërkatësit dhe ventilimit [4]

Problemi i shkaktuar nga interaksioni i sistemit të ventilimit dhe instalimeve të spërkatësve manifestohet në atë mënyrë që reja e tymit të mos ngritet dhe për këtë arsye zvogëlon dukshmërinë gjatë evakuimit; ose në rastin tjetër, rrymimi te lart për shkak të ventilimit shkakton dobësim të efekteve të rënies së ujit që bien nga koka e pajisjes së spërkatësit. Day

(1994) tregon që, kur të dy sistemet janë instaluar në depo, spërkatësit duhet të aktivizohen para pajisjes së nxjerrjes së tymit, kurse në hapësirat të tjera ku evakuimi është i rëndësishëm, të dy sistemet mund të veprojnë së bashku.

Përveç ndikimit të mundshëm negativ të spërkatësve në funksionimin e sistemeve të ventilimit, është e mundur edhe e kundërta. Nëse sistemi i ventilimit është aktivizuar para aktivizimit të spërkatësve, veprimi i tyre mund të vonohet. Sidoqoftë, në shumicën e rasteve, kjo vonesë në aktivizim konsiderohet e papërfillshme.

1.6. EVAKUIMI

Në vitet e shtatëdhjeta të shekullit të kaluar u zhvillua një hulumtim i gjerë në Shtetet e Bashkuara dhe Angli në lidhje me sjelljen e njerëzve në zjarr; pasuar nga hulumtimet në Kanada dhe Japoni, dhe më pas në Gjermani në vitet '80. Hulumtimi, i cili përfshinte zjarre në ndërtesa banimi, spitale, ndërtesa biznesi, hotele, teatro, qendra tregtare, dhe rezultate të ndryshme që ishin në lidhje të drejtpërdrejtë me traditën që lidhej me ndërtimin e objekteve (shtëpi prej druri ose ndërtesa me tulla), mirëmbajtjen e ndërtesave, vetëdijësimi ose disiplinimi i njerëzve në lidhje me sigurinë nga zjarri.

Evakuimi është një nga çështjet më të rëndësishme në zjarr, dhe çdo ndërtesë duhet të jetë e projektuar në mënyrë që banorët të mund të shpëtojnë vetë ose me ndihmën e shpëtuesve / personave të tjerë. Të gjithë banorët duhet të jenë në gjendje të vijnë deri në një vend të sigurt para se tymi ose zjarri t'i mund ata, gjegjësisht koha e nevojshme për arratisje duhet të jetë më e shkurtër se koha e përhapjes së zjarrit, e cila mund të arrihet me kontrollin e përhapjes së zjarrit dhe tymit, dhe sigurimin e rrugëve të arratisjes që nuk janë shumë të gjata ose shumë komplekse.

Ekzistojnë dy strategji themelore të shpëtimit nga zjarri: së pari, *dalja* - thjeshtë shpëtimi i drejtpërdrejtë nga ndërtesa kur aktivizohet alarmi; dhe së dyti, *strehimi* - përdorimi i mbrojtjes strukture nga zjarri për të siguruar një vend të sigurt brenda ndërtesës në mënyrë që evakuimi të kryhet nga sektori ku ka ndodhur zjarri në sektorin ngjitur. Ekziston edhe një strategji e tretë: shpëtimi nga njerëzit jashtë ndërtesës (vlen vetëm për ndërtesa të ulëta; nuk zbatohet për pacientët me sëmundje kronikë, si dhe për personat me aftësi të kufizuara).



Figura 33. Shkallët e evakuimit [1]

Gjatë hartimit, është e rëndësishme të merren parasysh banorët e ardhshëm të mundshëm dhe modelet e sjelljes së tyre, të cilat mund të kenë një ndikim më të madh se disa nga faktorët fizik të projektimit që përcaktohen në kode dhe udhëzime.

A central blue oval is surrounded by eight text labels, each connected to the oval by a blue arrow pointing towards it. The labels are:

- Koha e evakuimit
- Shfrytëzimi
- Distancat e udhëtimit
- Mjetet e zbulimit, dhënja e paralajmërimit dhe frenimi i zjarrit
- Daljet për arratisje
- Rrugët e jashtme të arratisjes
- Sinjalizimi i ndriçimit emergjent
- Procedurat e evakuimit

“Vendi i sigurt” kryesisht është i vendosur jashtë ndërtesës; arratisja në çati të rrafshëta ose struktura të ngjashme nga të cilat nuk ka rrugëdalje në nivelin e rrugës nuk është një rrugë shpëtimi në kuptimin modern të termit (megjithëse më parë ishte pranuar në rrethana të caktuara). As dritaret nuk janë mjet shpëtimi, përveç në disa situata kur ato pranohen në rregulloret e ndërtimit si mjet alternativ për të shpëtuar nga disa dhoma në ndërtesa banimi një-katëshe ose dy-katëshe.

1.6.1. Kërkesat për evakuim dhe ikje

Më poshtë janë dhënë ilustrimet dhe përkufizimet siç ceken nga UNOPS në Design planning manual të vitit 2014 [8].

- 38

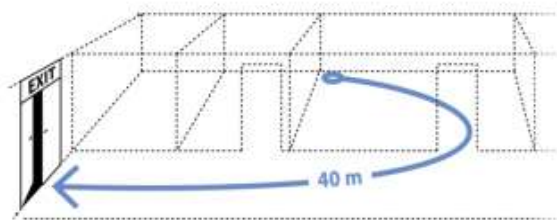


Figura 35. Distanca maksimale e udhëtimit

- Dukshmëria e shenjave: shenjat për dalje duhet të jenë të vërejtshme dhe të dukshme; duhet gjithashtu të parashikohen në korridoret ku dyert e daljes nuk kanë pamje të qartë.

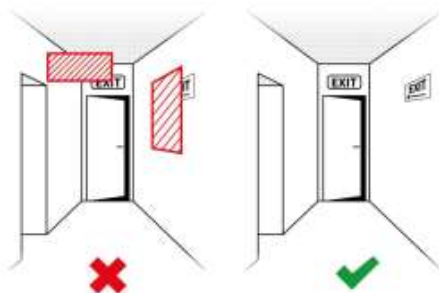


Figura 36. Dukshmëria e shenjave

- Numri i daljeve: Minimumi për kat duhet të jetë në dy lokacione, të ndara gjerësisht për të siguruar pika alternative shpëtimi. Ndërtesat me më shumë se 500 njerëz për kat kërkojnë 3 dalje, dhe mbi 1.000 njerëz për kat kërkojnë 4 dalje. Përjashtim bëjnë ndërtesat e vogla me më pak se 100 m² dhe 20 banorë për kat, dhe për një ndërtesë maksimale dykatëshe mund të ketë një dalje.
- Kahja e hapjes së dyerve të daljes: Në të gjitha dhomat ku mund të strehohen më shumë se 20 banorë, duhet të parashihet dera e daljes dhe duhet të hapet në drejtim të shtegut të daljes (Figura 37). Dyert e tjera mund të hapen nga brenda; nëse sigurohet vetëm një derë, ajo duhet të hapet në drejtim të daljes.

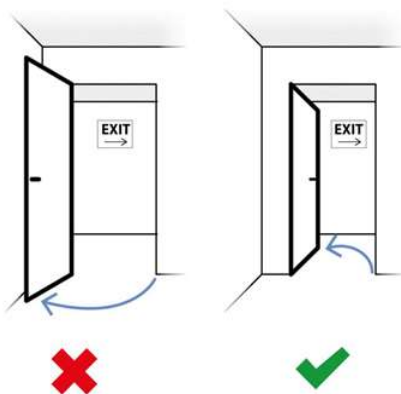


Figura 37. Drejtimi i hapjes së daljes

- Gjerësia e derës së daljes: gjerësia e të gjitha dyerve të daljes (ose dyerve të shumëfishta, siç janë dyert me ritëm të dyfishtë) duhet të jetë e përshtatshme për numrin e pritur të njerëzve. Gjerësia minimale e dritës e derës së daljes është 900mm brenda kornizës (Figura 38). Kjo vlen për të gjitha dyert e daljes në shtegun e daljes nga dera e daljes nga dhoma deri në dalje të ndërtesës, duke siguruar që të gjitha dyert të jenë të qasshme për karrocet e invalidëve me parandalim të bllokimit të dyerve të urgjencës.

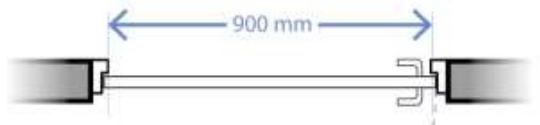


Figura 38. Gjerësia e derës dalëse

- Gjerësia e korridorit dhe shkallëve: e gjithë gjerësia e shkallëve dhe korridoreve duhet të jetë e përshtatshme për numrin e pritur të njerëzve. Gjerësia minimale e dritës e korridorit është 1500mm, kurse shkallët të janë 1200mm midis faqeve të mureve (Figura 39). Hapja e dyerve në gjerësi të dritës nuk lejohet. Kjo vlen edhe për qasjen e jashtme në ballkon kur ato përdoren kryesisht për dalje.

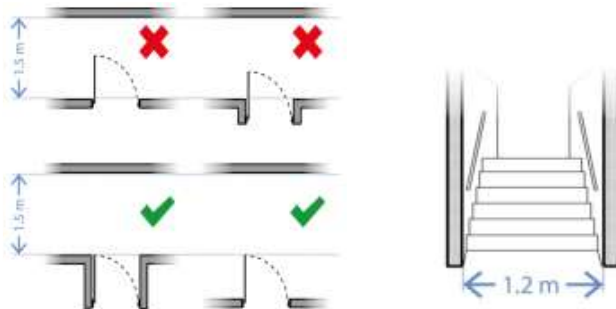


Figura 39. Gjerësia minimale e korridorit dhe shkallëve

Përfshirja e vetëm nga kërkesa e gjerësisë së shkallëve është që shkallët që shërbejnë për më pak se 50 banorë mund të jenë 900mm të gjera midis mureve.

- Korridoret e verbëra nuk duhet të jenë më të gjatë se 6m nga pika e degëzimit me korridorin kryesor të daljes (fig. 40). Përfshirje nga ky rregull është rasti kur nevojitet vetëm një dalje.

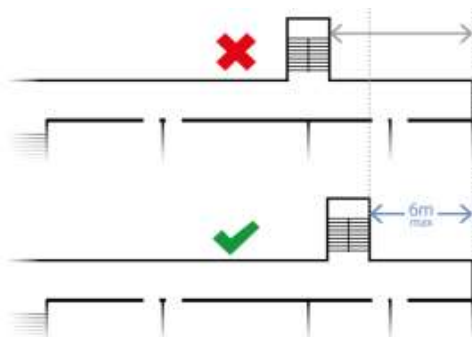


Figura 40. Korridoret pa dalje

- Shkallët e izoluar nga zjarri: nëse ndërtesa ka më shumë se 3 kate, një nga shkallët e daljes DUHET të izolohet nga zjarri. Kjo bëhet me teknika të përshtatshme ndërtimi për të arritur të paktën 2 orë rezistencë ndaj zjarrit, duke përfshirë të gjitha dyert, dritaret, muret dhe strukturën e dyshemesë. Dalja e shkallëve të izoluar nga zjarri në katin e parë duhet të çojë direkt në pjesën e jashtme të ndërtesës ose përmes një korridori me rezistencë ndaj zjarrit prej 2 orësh.
- Ndriçimi i sigurisë: të gjitha ndërtesat DUHET të pajisen me një dritë të sigurisë me një bateri rezervë për të siguruar evakuim të sigurt në rast të dështimit të energjisë (Figura 41).



Figura 41. Ndriçimi emergjent

Në planin e situacionit është e nevojshme të përcaktohen *pikat e grupimit* të njerëzve të cilët evakuohen dhe të cilët duhet të jenë mjaft larg nga ndërtesa për të shmangur dëmtimet për shkak të ramjes së mbeturinave nga qelqi ose muret (Figura 42).

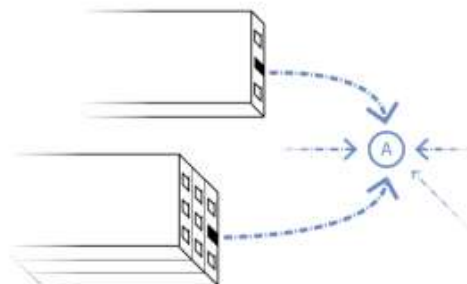


Figura 42. Pikat e grupimit

Vëmendje e veçantë duhet t'i kushtohet objekteve të mbrojtura dhe strehimoreve në rrethana në të cilat nuk është e sigurt ose e dëshirueshme që ata persona të lëshojnë ndërtesat (burgjet, etj.).

Kur merret parasysh përshtatshmëria e kapaciteteve të daljes, është e nevojshme të kuptohet termi "dalje të ndara" dhe rregulli 45°. Daljet mund të konsiderohen të ndara vetëm nëse njëra në raport me tjetrën, shikuar nga çdo pikë të hapësirës në fjalë, gjenden në një kënd prej të paktën 45°. Rrugët alternative të ikjes janë në dispozicion nga pika C sepse këndi ACB është 45° (ose më shumë), dhe shtegu CA ose CB (cilado që është më i shkurtër) nuk duhet të jetë më i madh se gjatësia maksimale e shtegut të evakuimit të përcaktuar për rrugët alternative. Rrugat alternative nuk është në dispozicion nga D sepse këndi ADB është më pak se 45°. Nuk ka asnjë rrugë alternative nga pika E (Figura 43).

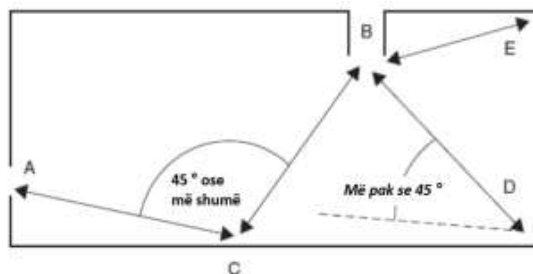


Figura 43. Rregulli 45° [1]

Rrugët alternative të evakuimit duhet të jenë në një kënd prej të paktën 45° (siç u shpjegua më lart) ose, nëse nuk është ky rast, ato duhet të ndahen nga njëra-tjetra nga një strukturë rezistente ndaj zjarrit.

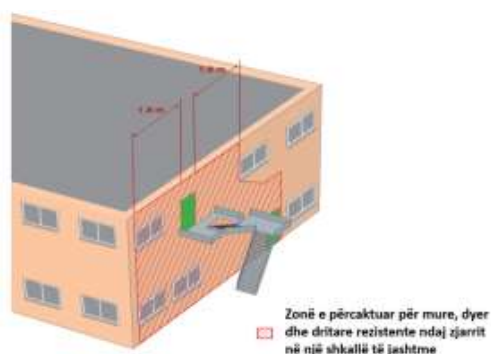


Figura 44. Shkallë e jashtme [5]

Në mënyrë që shkallët e jashtme të konsiderohen si një rrugë evakuimi, ato duhet të mbrohen nga ndikimi i zjarrit nga ndërtesa në tërë gjatësinë e saj [5], që do të thotë se të gjitha dyert, dritaret dhe muret duhet të jenë rezistente ndaj zjarrit (figura 44). Dritaret duhet të jetë të mbyllura në mënyrë fikse dhe dyert të mbyllen vetë. Këto shkallë nuk duhet të përdoren në rrethana normale.



Figura 45. Pasojat e mirëmbajtjes së dobët të shkallëve të jashtme për shpëtimin nga zjarri (ndërtesa me shumë kate Tuzla, B&H)

Shkallët e jashtme të evakuimit nga zjarri duhet të mbrohen nga ndikimet e jashtme (lagështia, akulli, etj.) dhe të përbëhen nga materiale jo rrëshqitëse (Figura 45).

Ndonjëherë është e justifikuar të përdoret çatia për rrugë të evakuimit. Në këtë rast, nevojiten masa paraprake shtesë: çatia duhet të jetë e rrafshët, shtegu i lëvizjes duhet të përcaktohet qartë dhe të ndriçohet mirë dhe mbrohet (mbrohet me pengesë); shtegu i evakuimit mbi çati duhet të jetë i ndërtuar me materiale të rezistente nga zjarri; dalja nga çatia duhet të çojë në një vend më të sigurt ku njerëzit mund të shpëtohen plotësisht

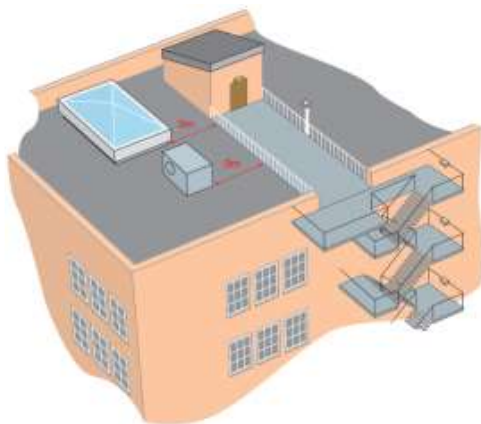


Figura 46. Një rrugë shpëtimi përmes një çatie [5]

Figura 46 tregon një ilustrim të një rruge tipike evakuimi mbi çatinë e ndërtesës.

1.6.2. Qasja preskriptive dhe inxhinierike për planifikimin e evakuimit

Shpëtimi i jetës së njerëzve është qëllimi më i rëndësishëm i të gjitha masave të mbrojtjes nga zjarri, dhe për realizimin e tij, nevojiten plane adekuate të evakuimit.

Për planifikimin e evakuimit përdoren dy metoda [7]:

- a) Metoda preskriptive (e bazuar në rregullore) dhe
- b) Metoda e performancës.

Metoda e parë (a) bazohet në tri pika kyçe:

- dendësia e njerëzve;
- rrjedhën e njerëzve dhe
- gjatësia dhe gjerësia e rrugëve të arratisjes.

Metoda e dytë (b) përcakton nëse koha e evakuimit e kërkuar është më e vogël se koha e disponueshme për të arritur në një vend të sigurt.

a) Metoda preskriptive

Shumica e kodeve të ndërtimit dhe standardeve nga fusha e mbrojtjes nga zjarri që përdoren aktualisht janë preskriptive. Ata kanë rrënjët e tyre nga shekulli XIX kur zjarret e mëdha imponuan nevojën për ndërtim specifik të ndërtesave.

Këto kode janë bërë pa një vlerësim efektiv të përshtatshmërisë, teprimit ose përplasjes së tyre me kërkesa të tjera. Kështu, rregulloret kanë lindur duke u bazuar më shumë në empirizëm

dhe përvojë, sesa në kuptimin shkencor të zjarrit. Ndërkohë, është arritur shumë përparim në mbrojtjen nga zjarri, por të gjitha njohuritë nuk janë futur në praktikën e përditshme.

Metodat preskriptive për vlerësimin e sigurisë së evakuimit bazohen si në vijim:

- numri i daljeve dhe gjerësia dhe gjatësia maksimale e shtigjeve të evakuimit,
- koha maksimale për evakuim dhe
- Strategjia e menaxhimit për mirëmbajtjen e shtigjeve të shpëtimit të arritshme dhe të sigurta

Supozohet se shpejtësia e lëvizjes në këmbë e banorëve është rreth 0.5m/s dhe koha e daljes është rreth 3-5 min. Këto vlera janë të kënaqshme për shumicën e situatave, por në disa raste ato mund të jenë të pamjaftueshme, dhe më pas është e nevojshme një qasje inxhinierike

b) Metoda inxhinierike

Metoda e performancës bazohet në përkufizimin dhe krahasimin midis kohës së disponueshme për të arritur në një vend të sigurt, ASET (*koha në dispozicion për evakuim të sigurt*) dhe koha e nevojshme për banorët për të arritur në vendin e sigurt të RSET (*koha e kërkuar për evakuim të sigurt*).

Metoda inxhinierike nënkupton përcaktimin e kufirit të sigurisë, që është ndryshimi midis kohës ASET dhe RSET (Figura 47):

$$T_{safety} = T_{ASET} - T_{RSET}$$

Metoda e performancës është e zbatueshme në ndërtesa komplekse ose moderne, ku qasja preskriptive nuk është e pranueshme. Për më tepër, qasja inxhinierike mund të përdoret për të vlerësuar dhe vlerësuar zgjidhjet që vijnë nga metodat preskriptive.

Për të llogaritur kohën ASET është e nevojshme të studiohet në detaje zjarri nga ndezja deri në zhvillimin e tij. Kjo është koha midis shpërthimit të zjarrit dhe kohës kur "kriteret e qëndrueshmërisë" janë tejkaluar për shkakt të tymit, substancave toksike dhe nxehtësisë. Fundi i kohës ASET është koha kur kushtet në hapësirë konsiderohen të papërballueshme sepse banorët nuk mund të shpëtojnë më veten e tyre.

Koha e RSET varet nga 4 “periudha” të ndryshme që janë në lidhje të drejtpërdrejtë me banorët që shpëtohen dhe karakteristikat e tyre fizike dhe të sjelljes.

Këto periudha janë:

- koha e zbulimit - t_{det} (koha nga momenti i ndezjes së zjarrit deri në zbulimin e tij qoftë nga një sistem manual ose automatik),
- koha e alarmit - t_a (koha nga zbulimi deri në aktivizimin e alarmit),
- koha para lëvizjes - t_{pre} (koha nga zbulimi deri në momentin kur fillon të lëvizë banori i parë),
- koha e ecjes - t_{tra} (koha që banorët duhet të lëvizin nga aty ku janë deri në një vend më të sigurt).

$$t_{RSET} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + (\Delta t_{pre} + \Delta t_{trav})$$

Katër kohërat ndikohen fuqimisht nga sjellja e njerëzve, kjo është arsyeja pse nuk është e lehtë t'i identifikosh ato. Analiza merr parasysh sjelljen e banorëve në situata emergjente reale dhe të simuluar.

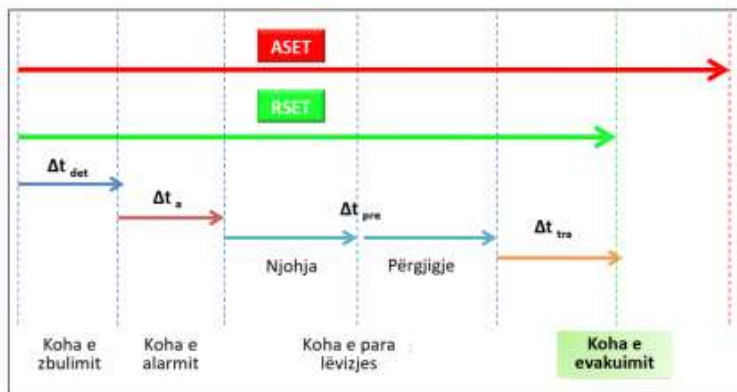


Figura 47. Koha e evakuimit [7]

Për evakuim të sigurt, është e rëndësishme që të përcaktohen saktësisht rrugët e arratisjes (në raport me distancën deri në vendin e sigurt) dhe kohën e evakuimit.

Zgjedhja e qasjes dhe metodës më të përshtatshme të llogaritjes për një dizajn të përshtatshëm evakuimi është përgjegjësi e inxhinierëve me mundësi të ndryshme të disponueshme: nga llogaritjet më të thjeshta manuale deri në simulimet më të sofistikuar të softuerit, në varësi të qëllimit dhe shkallës së saktësisë së dëshiruar.

Pyetje:

1. Definoni inxhinierinë e sigurisë nga zjarri?
2. Shpjegoni konceptin e inxhinierisë së sigurisë nga zjarri?
3. Identifikoni dhe shpjegoni tre qasje kryesore në inxhinierinë e sigurisë nga zjarri?
4. Identifikoni dhe shpjegoni aspektet themelore të inxhinierisë së sigurisë nga zjarri?
5. Klasifikimi i materialeve në raport të reagimit ndaj zjarrit?
6. Shpjegoni se çka është shkalla e lëshimit të nxehtësisë (RHR) dhe skenarët e mundshëm të zhvillimit të zjarrit?
7. Identifikoni masat e mbrojtjes pasive nga zjarri?
8. Identifikoni masat e mbrojtjes aktive nga zjarri?
9. Shpjegoni interaksionin e masave mbrojtëse aktive dhe pasive?
10. Shpjegoni faktorët ndikues në planifikimin e evakuimit?
11. Identifikoni kërkesat themelore të arratisjes dhe evakuimit në rast të zjarreve në ndërtesa në përputhje me kriteret e UNOPS?
12. Shpjegoni metodën preskriptive në planifikimin e evakuimit?
13. Shpjegoni metodën (performancën) inxhinierike në planifikimin e evakuimit?

REFERENCAT

Librat:

- [1] A. Furness, M. Muckett, "Introduction to Fire Safety Management", Elsevier, 2007.
- [2] A. H. Buchanan & A. K. Abu, "Structural Design for Fire Safety", 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd, 2017.
- [3] J. A. Purkiss, "Fire Safety Engineering Design of Structures", 2nd ed., Elsevier Ltd., 2007.
- [4] P. Stollard & J. Abrahams, "Fire from First Principles", 3rd ed., Routledge, 1999.

Manualet:

- [5] HM Government, "Fire Safety Risk Assessment, Residential Care Premises", ISBN: 978 1 85112 818 1, 2006.
- [6] Schleich J, B, "Fire Actions in Buildings" Leonardo Da Vinci Project CZ/02/B/F/PP-134007, Development of Skills Facilitating Implementation of Eurocodes, Handbook 5, Design of Buildings for the Fire Situation, Luxembourg, 2005. Pages I-1 to I-81.
- [7] The Confederation of Fire Protection Associations in Europe (CFPA E), "Fire safety engineering concerning evacuation from buildings", (CFPA-E No 19:2009).
- [8] UNOPS, "Design Planning Manual for Buildings", Technical framework for minimum requirements for infrastructure design, Version 1.1, 2014.

Punimet shkencore:

- [9] J.S. Hopkinson, "Fire Spread in Buildings", Paper IP 21/84. Garson:BRE, 1984.

Raporte:

- [10] A.Y. Botma, "Research to the performance and adequacy of Fire compartmentation", Delft University of Technology, January 2013, Available: <https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/201301-a-botma-research-to-the-performance-and-adequacy-of-fire-compartmentation.pdf>, Accessed on: Jan, 2019.
- [11] Netherlands Institute of Safety Nibra, "Consumer fire safety: European statistics and potential fire safety measures", Versie: 431N8032/3.0, January 2009.

Standarde:

- [12] BAS EN 1991-1-2:2015, Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire, Institute for standardization of Bosnia and Herzegovina, 2015, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
- [13] DIN 4102, Fire behavior of building materials and components
- [14] EN 13501-1:2010 (Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire tests)

Autore: Vesna Bulatović

2. VETITË E MATERIALEVE TË NDËRTIMIT NË TEMPERATURA TË NGRITURA

2.1. HYRJE

Temperatura rritet gjatë zjarrit dhe formohet fusha jo uniforme e temperaturës. Për këtë arsye materiali strukturor përkeqësohet në nivele të ndryshme në brendësi të strukturës [1]. Ata pësojnë ndryshime fiziko-kimike, të shoqëruara me shndërrime në mikrostrukturën e tyre dhe ndryshime në vetitë e tyre [2]. Kur struktura vepron si sistem ngarkesë-mbajtëse dhe mbështetës i ndërtesës, ajo duhet të mbajë forcë të mjaftueshme për një periudhë të caktuar gjatë një zjarri, në mënyrë që zjarrfikësit të luftojnë zjarrin, të shpëtojnë viktimat e dëmtuara dhe të vdekurit në mënyrë të sigurtë, dhe të ruajnë vetitë e vlefshme [1].

Disa lloje të materialeve mund të përdoren në inxhinierinë strukturore siç janë druri, çeliku, betoni i armuar, tulla etj.

2.2. VETITË E MATERIALEVE NË TEMPERATURA TË NGRITURA

Përzgjedhja e materialeve dhe lidhjeve të përshtatshme për të përmbushur kushtet e pritshme të zjarrit në një strukturë kërkon njohuri rreth vetive të zjarrit të materialeve ndërtimore dhe lidhjeve strukturore [3]. Sjellja e një mjeti strukturor të ekspozuar ndaj zjarrit varet pjesërisht nga vetitë termike dhe mekanike të materialit nga i cili është i përbërë mjeti. Ndërsa teknikat e llogaritjes për parashikimin e procesit të përkeqësimit të komponentëve të ndërtesës në zjarr janë zhvilluar me shpejtësi në vitet e fundit, hulumtimet në lidhje me furnizimin e informacionit të dhëna në këto llogaritje nuk kanë mbajtur ritmin [2].

Në përgjithësi, materialet e ndërtimit mund të jenë të djegshme (të ndezshme) dhe jo të djegshme (jo të ndezshme). Materialet jo të ndezshme do të degjenerohen nën temperaturat më të larta të një zjarri, por nuk do të digjen. Materialet e djegshme jo vetëm që do të degjenerohen në temperatura më të larta, por do të ndizen dhe digjen, duke shtuar kështu përmbajtjen e karburantit gjatë një zjarri [4]. Për djegien është shumë e rëndësishme në vijim: përhapja e flakës, karburanti i kontribuar dhe zhvillimi i tymit [3].

Shumica e materialeve të ndërtimit nuk janë të qëndrueshme në intervalin e temperaturës 20 deri në 800°C, dhe mbledhja e informacionit për vetitë e materialeve të ndërtimit në të gjithë këtë gamë të temperaturës nuk është e lehtë. Karakteristikat termofizike dhe mekanike të shumicës së materialeve ndryshojnë ndjeshëm brenda këtij diapazoni të temperaturës që shoqërohet me zjarret e ndërtesave. Për shembull betoni në 500°C është krejtësisht i ndryshëm nga materiali në temperaturën e dhomës [2], çeliku është shumë i ndjeshëm ndaj nxehtësisë dhe humbet gjysmën e forcës së tyre në 500°C dhe madhësia e strukturave prej druri zvogëlohet si rezultat i djegies dhe formimit të shtresës së karbonit [5].

Hulumtimi për aplikimin e materialeve në këtë fushë ka vështirësi të shumta. Shumica e vetive janë të varura nga temperatura dhe të ndjeshme ndaj parametrave të metodës së testimit, siç janë shkalla e ngrohjes, shkalla e deformimit, gradienti i temperaturës, etj. Harmathy [2] përmendi mungesën e njohurive të duhura për sjelljen e materialeve të ndërtimit në temperatura të ngritura si tendenca më e lartë e inxhinierisë së sigurisë nga zjarri. Është e rëndësishme të përdoren vlera që sigurojnë marrëveshje midis rezultateve eksperimentale dhe

analitike dhe të dini se si të shfrytëzoni dhe zgjeroni informacionin bazuar në konsideratat e mëparshme dhe të mbledhura nga literatura teknike. Njohja e vetive unike të materialeve në temperatura të ngritura është thelbësore për të përcaktuar performancën e zjarrit të një mjeti strukturor. Këto veti diskutohen në pjesët vijuese.

Temperatura e përafërt e shkrirjes për disa materiale jepet në Tabela 1[6]:

Tabela 1
Temperatura e përafërt e shkrirjes së materialeve [6]

Materialet	Temperatura e përafërt e shkrirjes së materialeve (°C)
Polietileni	110-120
Plumbi	330
Zinku	420
Aliazhet e aluminit	500-650
Alumini	650
Xhami	600-750
Argjendi	950
Bronzi	850-1000
Bakri	1100
Giza	1150-1300
Çeliku	>1400

2.2.1. Vetitë mekanike

Vetitë themelore mekanike që përcaktojnë performancën e zjarrit të mjeteve strukturore janë forca, moduli i elasticitetit dhe zvarritja e materialeve përbërëse në temperatura të ngritura.

Marrëdhënia nderje-deformim

Vetitë mekanike të substancave të ngurta zakonisht rrjedhin nga testet standarde të tensionit ose kompresionit. Vetitë e rezistencës zakonisht shprehen në marrëdhënie nderje-deformim, të cilat shpesh përdoren si të dhëna hyrëse në modelet matematikore për llogaritjen e rezistencës ndaj zjarrit. Ndryshimi i nderjes me deformim në rritje është treguar në Figura 1, për një material metalik. Për shkak të një rënie në forcë dhe rritje të butësisë së materialit, pjerrësia e lakoreve të nderjes-deformimit zvogëlohet me rritjen e temperaturës [2].

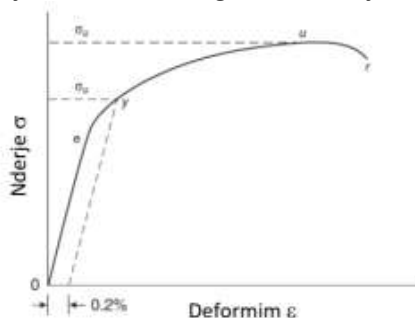


Figura 1. Lakorja nderje-deformim për materialin e çelikut [2]

Seksioni 0-e i lakores në Figurën 1 paraqet deformimin elastik të materialit, i cili është i menjëhershëm dhe i kthyeshëm. Pjerrtësia e atij seksioni është moduli i elasticitetit, E (Pa). Deformimi ndërmjet pikave e dhe u është plastic, i pakthyesëm. Sjellja plastike e materialit

karakterizohet me pikë të rrjedhjes prej 0.2 përqind mënjanim, σ_y (Pa), dhe fuqi përfundimtare, σ_u (Pa). Rezistenca në tërheqje apo shtypje e materialit në përgjithësi shprehet nëpërmjet rezistencës së rrjedhjes dhe rezistencës përfundimtare. Pas zvogëlimit të zonës ndër-seksionale), mostra testuese thyhet në pikën [2].

Figura 2 paraqet dallimin e rezistencës nga temperatura, konkretisht raportin e rezistencës në temperaturë të ngritur ndaj asaj në temperaturë të dhomës për çiment, çelik, dru dhe FRP (Polimer i Përforuar me Fibër). Për të gjitha materialet, rezistenca zvogëlohet me rritjen e temperaturës; megjithatë, shkalla e humbjes së rezistencës është e ndryshme. Për materialet e tilla si çimento, rezistenca në shtypje është më e rëndësishmja pasi që rezistenca e saj në tërheqje është shumë e kufizuar në temperatura të larta. Megjithatë, për materialet e tilla si çeliku, si rezistenca në shtypje ashtu edhe ajo në tërheqje janë me interes të barabartë [2].

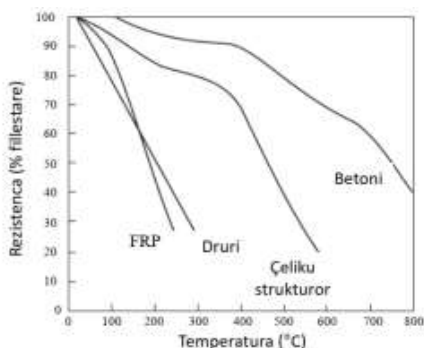


Figura 2. Dallimi i rezistencës ndaj temperaturës për materiale të ndryshme [2]

Moduli i elasticitetit

Moduli i elasticitetit (E) i shprehet si raporti i nderjes-deformimit në sforcim në material dhe është masë e aftësisë së materialit për t'i rezistuar deformimit. Në përgjithësi, moduli i elasticitetit të materialit zvogëlohet gradualisht me rritjen e temperaturës.

Zvarritja

Zvarritja përkufizohet si deformim plastik i materialit varësisht prej kohës dhe shënohet me ϵ_t . Ky term përshkruan deformimin afatgjatë të materialeve nën ngarkesë konstante, por në tërheqje normale dhe temperatura të ambientit, deformimi për shkak të zvarritjes nuk është në masë të konsiderueshme. Përkundrazi, në nivele më të larta të tërheqjes dhe temperatura të ngritura, shkalla e deformimit të shkaktuar nga zvarritja mund të jetë e konsiderueshme. Për shumicën e materialeve, zvarritja bëhet e dukshme vetëm nëse temperatura është më e lartë se rreth një e treta e temperaturës së shkrirjes. Faktorët kryesorë që ndikojnë në zvarritje janë temperaturat, niveli i tërheqjes dhe kohëzgjatja e tyre. Termi plotësues është “relaksimi”, i cili përshkruan zvogëlimin e tërheqjes në material që i nënshtrohen deformimit të vazhdueshëm gjatë një periudhe të gjatë kohore [6].

Nëse ngarkesa largohet pas një kohe, disa deformime nga zvarritja do të kthehen, si paraqitet në Figura 3(a). Zvarritja bëhet më e rëndësishme me ngritjen e temperaturave (Figura 3(b)) pasi që zvarritja mund të përshpejtohet me zvogëlimin e kapacitetit të ngarkesës, duke rezultuar në zvarritje sekondare dhe terciare [6].

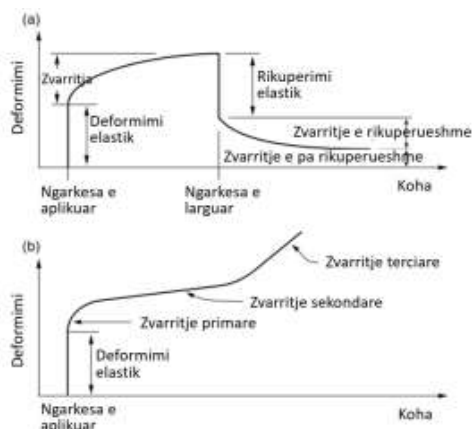


Figura 3. Zvarritja në materialet strukturore: a) zvarritja në kushte normale, b) zvarritja në temperature të ngritura [6]

2.3. VETITË TERMIKE

Vetitë kryesore termike që ndikojnë në ngritjen e temperaturës dhe shpërndarjen e saj në një element janë:

- përçueshmëria termike,
- zgjerimi termik,
- nxehtësia specifike,
- difuzimi termik
- humbja e masës, dhe
- densiteti dhe poroziteti.

Këto veti varen nga përbërja dhe karakteristikat e materialeve përbërëse.

2.3.1. Përçueshmëria termike

Koeficienti i përçimit të nxehtësisë së materialit përcaktohet si sasia e nxehtësisë (J) që kalon për njësinë e sipërfaqes (m^2) me temperaturë të njëtrajtshme Brenda njësisë së kohës (h) dhe për gradientin e temperaturës së njësisë (K/m). Njësitë e tij janë $W/(m \cdot K)$ ose $W/(m \cdot ^\circ C)$. Ngritja e temperaturës në një element, si rezultat i rrjedhës së nxehtësisë, është funksion i përçueshmërisë termike të materialit. Në materiale të ngurta poroze, sikurse që janë shumica e materialeve ndërtimore, mekanizmi i transmetimit të nxehtësisë është kombinim i përçueshmërisë, rrezatimit dhe konveksionit. Përçueshmëria termike do të varet jo vetëm nga përçueshmëria e matricës së ngurtë, por edhe nga poroziteti i materialit të ngurtë dhe madhësia dhe forma e poreve. Nëse madhësia e poreve është më e vogël se 5 mm, kontributi i poreve në transmetimin konvektiv të nxehtësisë është i papërfillshëm. Në temperature të ngritura, për shkak të rëndësisë në rritje të transmetimit rrezatues të nxehtësisë nëpërmjet poreve, përçueshmëria bëhet e ndjeshme ndaj gradientit të temperaturës [1].

Të dhënat nga eksperimentet tregojnë që poroziteti nuk është faktor i madh ndërlikues përderisa nuk është i madh se 10%. Megjithatë, me materialet izoluese, poroziteti mund të jetë 80% apo më i lartë. Nëse materiali i ngurtë nuk është i tharë në furrë, gradienti i

temperaturës do të nxisë kalimin e lagështisë, kryesisht përmes mekanizmit të kondensimit të avullimit. Kalimi i lagështisë zakonisht bëhet në drejtim të rrjedhës së nxehtësisë dhe manifestohet si rritje e përçueshmërisë së dukshme termike të materialit të ngurtë. Madje edhe materialet e ngurta të thara në furrë i nënshtrohen reaksioneve të dekompozimit në temperatura të ngritura. Nxehtësia e krijuar në këtë mënyrë e bënë më të ndërlikuar procesin e rrjedhës së nxehtësisë gjatë kalimit në pore [1].

Përçueshmëria termike e përzierjeve të shtresuara shumë fazore varet se në cilin drejtim qëndrojnë fazat në lidhje me drejtimin e rrjedhës së nxehtësisë dhe përcaktohet duke aplikuar rregullin e përzierjes së thjeshtë. Në temperatura më të larta, për shkak të transferimit rrezatues të nxehtësisë nëpër pore, kontributi i poreve në përçueshmërinë termike të materialit të ngurtë nuk duhet të shpërfilllet. Përçueshmëria termike e materialeve të ngurta është veti e ndjeshme e strukturës. Për materialet e ngurta kristalore, përçueshmëria termike është relativisht e lartë në temperaturë dhome dhe zvogëlohet gradualisht me ngritjen e temperaturës. Për materialet e ngurta kryesisht amorfë, në anën tjetër, përçueshmëria është e vogël në temperaturë dhome dhe ngritet lehtësisht me ngritjen e temperaturës. Përçueshmëria e materialeve porozë kristalore gjithashtu mund të rritet në temperatura shumë të larta për shkak të përçueshmërisë rrezatuese të poreve [1].

Pasi që ngrohja e materialit shkakton ndryshime të pakthyeshme mikrostrukture, përçueshmëria termike e atij materiali zakonisht është e ndryshme në ciklet e ngrohjes dhe ftohjes.

2.3.2. Zgjerimi termik

Zgjerimi termik karakterizon zgjerimin (apo tkurrjen) e materialit të shkaktuar nga ngrohja. Përcaktohet si zgjerim apo tkurrje e gjatësisë së njësisë së një materiali kur temperatura ngritet për një gradë. Zgjerimi konsiderohet të jetë pozitiv kur materiali zgjatet dhe konsiderohet negativ kur zvogëlohet. Zgjerimi termik i materialit varet nga temperatura.

Sforcimi termik është zgjerimi që ndodh kur shumica e materialeve ngrohen. Sforcimi termik zakonisht nuk është i rëndësishëm për dizajne për mbrojtje nga zjarri të pjesëve përbërëse të mbështetur në mënyrë të thjeshtë, por duhet të merren parasysh për sisteme komplekse strukturore në veçanti kur pjesët përbërëse kufizohen me pjesë tjera të strukturës dhe sforcimet termike mund të përfshijnë forca të mëdha të brendshme [6].

2.3.3. Nxehtësia specifike

Nxehtësia specifike e një substance përcakton sasinë e nxehtësisë që e absorbon me rritjen e temperaturës së saj 0. Nxehtësia specifike apo kapaciteti i nxehtësisë (C_p) të një trupi përkufizohet si sasia e nevojshme e nxehtësisë për ngritjen e temperaturës së masës së njësisë për një gradë Celsius [1]. Njësitë janë J/kg·K. Koncepti i nxehtësisë specifike zakonisht shoqërohet me materiale të ngurta dhe materiale të lëngshme, por njëjtë vlenë edhe për gaze. Nxehtësitë specifike janë të nevojshme për llogaritjen e temperaturave të flakës. Vlerat për një numër të gazeve të rëndësishme në presion constant dhe një varg të temperaturave janë dhënë në Tabela 2 [1].

Nëse nuk ka në dispozicion informacione nga eksperimentet, raporti i C_p kundrejt T mund të llogaritet nga të dhënat mbi kapacitetin e nxehtësisë dhe nxehtësia e formimit për të gjithë komponentët e materialit të vendosur në tabela në një numër të doracakëve.

Tabela 2
Kapacitetet e nxehtësisë të gazeve të përzgjedhura në presion konstant [1]

Temperatura (K)	Cp (J/mol·K)				
	298	500	1000	1500	2000
Llojet					
CO	29.14	29.79	33.18	35.22	36.25
CO ₂	37.129	44.626	54.308	58.379	60.350
H ₂ O(g)	33.577	35.208	41.217	46.999	51.103
N ₂	29.125	29.577	32.698	34.852	35.987
O ₂	29.372	31.091	34.878	36.560	37.777
He	20.786	20.786	20.786	20.786	20.786
CH ₄	35.639	46.342	71.797	86.559	94.399

2.3.4. Difuzimi termik

Difuzimi termik i një materiali përcaktohet si raporti i përçueshmërisë termike ndaj nxehtësisë specifike volumetrike të materialit. Ai matë shkallën e transferimit të nxehtësisë nga një sipërfaqe e ekspozar e materialit në pjesën e brendshme. Ngjashëm me përçueshmërinë termike dhe nxehtësinë specifike, difuzimi termik ndryshon me ngritjen e temperaturës në material. Për difuzim më të madh temperatura duhet të ngritet më shpejtë në thellësi të caktuar të materialit. Veçoritë termike të disa materialeve janë dhënë në Tabela 3 [6].

Tabela 3
Veçoritë termike të disa materialeve [6]

Temperatura (K)	Përçueshmëria termike λ (W/mK)	Nxehtësia specifike Cp (J/kgK)	Densiteti ρ (kg/m ³)	Aftësia e difuzimit termik α (m ² /s)
Bakër	387	380	8940	1.14×10^{-4}
Çelik	45.8	460	7850	1.26×10^{-5}
Tulla	0.69	840	1600	5.2×10^{-7}
Çimento	0.8-1.4	880	1900-2300	5.7×10^{-7}
Xham	0.76	840	2700	3.3×10^{-7}
Suva gipsi	0.48	840	1440	4.1×10^{-7}
PMMA	0.19	1420	1190	1.1×10^{-7}
Oak	0.17	2380	800	8.9×10^{-8}
Dërrasë izoluese me fibra	0.041	2090	229	8.6×10^{-8}
Shkumë poliuretani	0.034	1400	20	1.2×10^{-6}
Ajër	0.026	1040	1.1	2.2×10^{-5}

2.3.5. Humbja e masës

Humbja e masës zakonisht përdoret për të shprehur humbjen e masës në temperatura të ngritura. Lakorja termogravimetrike është diagram i ndryshimit në masë që është relative ndaj temperaturës. Në lakoren termogravimetrike merren parasysh reaksionet e shoqëruara me ndryshim apo fitim të masës, por nuk merren parasysh ndryshimet në mikrostrukturë apo rendin kristalor të materialeve.

2.3.6. Densiteti

Densiteti ρ (kg/m^3) është masa e vëllimit të njësishëm të materialit, i cili përbëhet nga materiali i ngurtë dhe poret e mbushura me ajër, në kushte të tharjes në furrë.

Përçueshmëria termike rritet zakonisht me rritjen e densitetit dhe shumë shpesh densiteti përcakton se sa shpejt përhapet flaka nëpër sipërfaqe të materialit. Prandaj, shkalla e përhapjes së flakës nëpër sipërfaqe të një materiali të rëndë zakonisht është më e ngadaltë se ajo nëpër material të lehtë [5].

2.3.7. Inercia termike

Një nga veçoritë e rëndësishme të materialit që lidh përçueshmërinë, densitetin dhe kapacitetin e nxehtësisë quhet inerci termike dhe jepet si produkt i tyre. Prandaj, për shembull, tullat dhe çimentoja kanë inerci të lartë termike, e cila mundëson akumulim më të madh të nxehtësisë në to, duke zvogëluar në këtë mënyrë temperaturën e gazit të ngrohtë. Përkundrazi, materialet izoluese kanë inerci të ulët termike [8]. Në këtë material me inerci të ulët termike sipërfaqja ngrohet me shpejtësi pasi që përcjellet më pak nxehtësi në material dhe ndizet pas një kohë konsiderueshëm të shkurtër se sa materiali me vlerë të lartë të inercisë termike. Ndërsa për materialet me inerci të lartë termike [5] vlen e kundërta.

2.3.8. Vetë të veçanta

Përveç vetive termike dhe mekanizke, veti tjera të caktuara, siç është pëlcitja në beton dhe shkurbimi në dru, ndikojnë në performancën e materialit në temperaturë të ngritur. Këto veti janë unike për materiale specifike dhe janë shumë të rëndësishme për parashikimin e performancës së një pjese përbërëse strukturore dhe sistemeve të përgjithshme ndaj zjarrit.

2.3.9. Temperatura kritike

Temperatura kritike përcaktohet si temperatura në të cilën materiali e humb shumicën e forcës së tij dhe më nuk mund të mbështesë më ngarkesën e aplikuar. Për shembull, Standardet e Amerikës Veriore (ASTM E119) supozojnë një temperaturë kritike prej 538°C për çelikun strukturor dhe kjo temperaturë gjithashtu konsiderohet si temperaturë e dështimit në llogaritjen e rezistencës së pjesëve përbërëse të çelikut ndaj zjarrit. Koncepti i temperaturës kritike përdoret për çelikun e armuar dhe para-tërhequr në pjesët përbërëse strukturore për vlerësimin e klasifikimit të rezistencës ndaj zjarrit. Këto klasifikime në përgjithësi fitohen nëpërmjet ofrimit të dimensioneve minimale të pjesës përbërëse dhe trashësisë minimale të mbulesës prej betoni. Kërkesat për trashësi minimale të mbulesës prej betoni kanë për qëllim të sigurojnë se temperatura në përforcim nuk e arrin pikën e saj kritike për kohëzgjatjen e kërkuar. Për çelikun e armuar, temperatura kritike është 593°C , ndërsa për çelikun para-tërheqjes, temperatura kritike është 426°C [2].

2.3.10. Pëlcitja

Pëlcitja përcaktohet si çarje e shtresave (apo pjesëve) të betonit nga sipërfaqja e elementeve të betonit kur elementet e betonit i ekspozohen temperaturave të larta dhe që ngriten me shpejtësi, siç është rasti gjatë zjarreve [2]. Pëlcitja mund të varet në disa mekanizma apo kombinime të tyre, siç është presioni i poreve, sforcimet për shkak të gradientëve të temperaturave, dallimet ndërmjet zgjerimit termik dhe degradimeve kimike në temperatura të ngritura [9].



Figura 4. Pëlcitja e betonit [1]

Mund të ndodhë menjëherë pas ekspozimit ndaj nxehtësisë (zakonisht Brenda 30 minutave të ekspozimit të rëndë ndaj zjarrit [9]) dhe mund të ketë edhe eksplozime apo mund të ndodhë kur betoni pas ngrohjes është bërë aq i dobët sa që bien pjesë nga sipërfaqja. Pasojat mund të kufizohen për aq sa dëmi është i vogël, por pëlcitja e gjerë mund të rezultojë në humbjen e hershme të stabilitetit dhe integritetit. Ky fenomen është shumë kompleks dhe nuk mund të parashikohet me modele të thjeshta matematikore të temperatures [9].

Betoni me fortësi të lartë (HSC, betoni me rezistencë në shtypje në diapason prej 50 deri në 100 MPa) [2] konsiderohet që është më i prekshëm ndaj pëlcitjes se sa betoni me fortësi normale (NSC, betoni me rezistencë në shtypje nga 20 deri në 50MPa). Arsyeja e mundshme për këtë është përshkueshmëria e ulët dhe raporti i ulët ujë/çimento. Në një numër të obesrvimeve përmes testit në mostrat e HSC është konstatuar që thyerja zakonisht është e natyrës eksplozive dhe duhet të llogaritet në mënyrë të duhur për vlerësimin e efektshmërisë ndaj zjarrit. Pëlcitja në shtyllat me NSC dhe HSC krahasohet në Figurën 5 duke i përdorur të dhënat e marra nga testimet e plota në shtyllat e ngarkuara [2].



(a)



(b)

Figurën 5. Pëlcitja në a) NSC dhe b) HSC pas ekspozimit ndaj zjarrit [2]

Në Figurën 5 mund të shihet që pëlcitja në HSC është mjaft e madhe. Pëlcitja me gjasë shkaktohet nga rritja e shtypjes në pore gjatë ngrohjes. Shtypja jashtëzakonisht e lartë e avullit të ujit, e krijuar gjatë ekspozimit ndaj zjarrit, nuk mund të dalë për shkak të densitetit të lartë (dhe përkueshmërisë së ulët) të HSC. Kjo rritje e shtypjes zakonisht arrin shtypjen e avullit të ngrohjes.

Shtypja arrin përafërsisht në 8 MPa në temperaturë 300°C dhe shtypjet e tilla të brendshme zakonisht janë shumë të larta për t'u rezistuar nga përzierja e HSC që ka rezistencë në tërheqje prej përafërsisht 5 MPa. Gjendjet e drenazuara në sipërfaqen e ngrohur me përkueshmëri të ulët të betonit rezultojnë në gradient të fuqishëm të shtypjes në afërsi të sipërfaqes. Atëherë kur shtypja e avullit e tejkalon rezistencën në tërheqje të betonit, pjesë të betonit bien nga pjesa përbërëse strukturore. Pëlcitja varet nga zjarri dhe karakteristikat e betonit. Megjithatë, hulumtesit tjerë shpjegojnë që pëlcitja ndodh në bazë të mekanikës së frakturave dhe argumentojnë që pëlcitja rezulton nga zgjerimi i kufizuar termik në afërsi të sipërfaqes së ngrohur.

Pëlcitja, e cila zakonisht rezulton në humbje të shpejtë të betonit gjatë një zjarri, i ekspozon shtresat më të thella të betonit në temperaturat e zjarrit, duke rritur në këtë mënyrë shkallën e transmetimit të nxehtësisë në shtresat e brendshme të pjesës përbërëse, përfshirë përforcimin. Atëherë kur përforcimi ekspozohet drejtpërdrejt në zjarr, temperaturat në përforcim rriten në shkallë shumë të lartë, duke quar në rënie më të shpejtë të forcës së pjesës përbërëse strukturore. Humbja e forcës në përforcim, së bashku me humbjen e betonit për shkak të pëlcitjes, zvogëlon në mënyrë të konsiderueshme rezistencën ndaj zjarrit të pjesës përbërëse strukturore.

Përveç forcës dhe porozitetit të përzierjes së betonit, densiteti, intensiteti i ngarkesës, intensiteti i zjarrit, lloji i agregatit dhe lagështia relative janë parametrat primarë që ndikojnë në pëlcitje në HSC. Ndryshimi i porozitetit me temperaturë është veti e rëndësishme e nevojshme për parashikimin e performancës së pëlcitjes të HSC [2].

2.3.11. Shkrumbimi

Një dallim i rëndësishëm është ndërmjet materialeve që formojnë shkrumb dhe atyre që nuk formojnë. Shkrumbimi është procesi i formimit të shtresës së shkrumbit në sipërfaqen e ekspozuar të pjesëve përbërëse prej drurit gjatë ekspozimit ndaj zjarrit [2]. Shtresa e shkrumbit që formohet në sipërfaqet të materialit ku është duke ndodhur piroliza dhe si rrjedhojë zvogëlon shkallën e pirolizës dhe djegien me kalimin e kohës.

Ky zvogëlim në transferimin e nxehtësisë rezulton nga karakteristikat izoluese të shtresës së shkrumbit dhe rirrezatimi nga sipërfaqja e shkrumbit, i cili mund të ngrohë deri në temperatura që janë mbi temperaturën e pirolizës të materialit. Për materialet që nuk e formojnë shtresën e shkrumbit, temperatura e sipërfaqes do të jetë në apo afër temperaturës së pirolizës. Materialet që nuk formojnë shkrumb kanë tendencë që të digjen në shkallë më të lartë se sa ato që e formojnë shtresën e shkrumbit. Kjo është për shkak të fluksit më të madh neto të ngrohjes në pjesën e përparme të pirolizës për materialet që nuk e formojnë shtresën e shkrumbit [10].

Druri i nënshtrohet degradimit termik gjatë ngrohjes, e cila përfshinë shndërrimin e drurit në shkrumb (shtresa pa rezistencë) dhe gaz që rezulton në zvogëlim të densitetit të drurit. Analizat kanë treguar që temperatura e shkrumbimit për drurin qëndron në intervalin nga 280°C në 300°C. Ky proces mund të ndodhë në FRP dhe pjesët përbërëse të plastikës [2].



Figura 6. Shkrumbimi i drurit [2]

Shkalla e shkrumbimit përcaktohet si shkalla në të cilën druri shndërrohet në shkrumb. Është parametër kritik në përcaktimin e rezistencës ndaj zjarrit të një pjese përbërëse strukturore të drurit. Në testin standard për rezistencë ndaj zjarrit, është vërejtur që shkalla mesatare e shkrumbimit tërthor deri në strukturë është përafërsisht 0.6 mm/min, por shkalla e shkrumbimit paralelisht me strukturnë e drurit është përafërsisht sa dyfishi i shkallës kur është në pjerrtësi të strukturës. Parametrat më të rëndësishëm që kanë ndikuar në shkrumbim janë densiteti, përmbajtja e lagështisë dhe tkurrja e drurit. Shkalla e shkrumbimit zvogëlohet me rritjen e densitetit të drurit dhe gjithashtu me rritjen e përmbajtjes së lagështisë. Shkalla e shkrumbimit në zjarre reale varet nga përmasa e zjarrit të cilit i ekspozohet druri. Në përgjithësi, rezistenca e pjesës përbërëse ndaj zjarrit varet nga masa e shkrumbimit dhe forca e mbetur e pjesës së pashkrumbuar [2]. Sasia dhe thellësia e shkrumbimit përdoret zakonisht nga hetuesit për të vlerësuar përhapjen e zjarrit, intensitetin dhe kohëzgjatjen e zjarrit [11].

2.4. BETONI

Pjesët përbërëse prej betoni dhe sistemet në përgjithësi sillen mirë në zjarre. Sipas disa testimeve, është e mundur që të arrihen nivele shumë të larta të rezistencës ndaj zjarrit, deri në 4 orë [12]. Mbulesa prej betoni që është pak e plasaritur apo është thyer, mund të zëvendësohet me beton të shtrirë apo spërkatur me përforsim shtesë nëse është e nevojshme. Nganjëherë pjesët përbërëse prej betoni pa dëme të dukshme mund të kenë fortësi të zvogëluar për shkak të temperaturave të ngritura të betonit apo përforsimit. Sjellja termike e betonit varet nga shumë faktorë, ku disa nga të cilët janë: materialet përbërëse, përbërjet minerale kimike, proporcioni i përzierjes dhe lagështia.

Betoni ka përçueshmëri të ulët termike dhe për shkak të kësaj rajoni i prekur nga nxehtësia zakonisht nuk është shumë i trashë. Humbja e rezistencës së betonit zakonisht është më pak shqetësuese se sa humbja e rezistencës së armaturës prej çeliku. Në pjesët përbërëse të përkulura me mbështetje të thjeshtë, zona e ngjeshjes në pjesën e sipërme të pllakës apo traversës zakonisht nuk i ekspozohet temperaturave shumë të larta. Humbja e rezistencës së betonit në afërsi të sipërfaqes mund të vlerësohet me çekiç për ndikimin e rebound.

Shumica e llojeve të betonit e ndryshojnë ngjyrën pas ngrohjes, varësisht nga gjendja agregate. Merchant (1972) përshkruan procedurën e dizajnit për rindërtimin e ndërtesave prej betoni të armuar të dëmtuar nga zjarri dhe raporton këto fakte: për betonin tipik gjatë ngrohjes:

- betoni i ngrohur deri në 300 °C nuk do të ketë ndryshime në ngjyrë,
- betoni i ngrohur deri në 300–600°C mund të marrë ngjyrë rozë,
- betoni i ngrohur deri në 600–950°C mund të jetë i bardhë-hiri, dhe
- betoni i ngrohur mbi 950 °C mund të marrë ngjyrë të verdhë të lehtë.

Betoni nuk pëson humbje të konsiderueshme të rezistencës së mbetur kur ngrohet nën 300 °C, ndërsa për temperaturë më të larta, humbja e fortësisë do të varet nga temperatura në beton. Pas ftohjes, betoni ngadalë e kthen vetëm një pjesë të fortësisë së tij (Lie, 1992) [6].

Betoni është i shkëlqyeshëm dhe vetitë e dëshmuara të rezistencës ndaj zjarrit ofrojnë mbrojtje të jetës, pronës dhe mjedisit në rast të zjarrit. Pavarësisht se a përdoret për ndërtesa banimi depo industrial apo tunele, betoni mund të dizajnohet dhe specifikohet për të mbetur i fuqishëm në situatat më ekstreme [13].

Përdorimi i betonit në ndërtesa dhe struktura ofron nivele të jashtëzakonshme të mbrojtjes dhe sigurisë nga zjarri [13]:

- Betoni nuk digjet dhe nuk e rrit zjarrin;
- Betoni ka rezistencë të lartë ndaj zjarrit dhe e ndalon përhapjen e zjarrit;
- Betoni është mbrojtës efikas nga zjarri, duke ofruar mjete të sigurta për të ikur për banorët dhe mbrojtje për zjarrëfiksit;
- Betoni nuk prodhon tym apo gaze toksike, prandaj ndihmon në zvogëlimin e rrezikut për banorët;
- Betoni nuk i pikon grimcat e shkrira, të cilat mund ta përhapin zjarrin;
- Betoni kufizon zjarrin dhe prandaj zvogëlon rrezikun nga ndotja mjedisore;
- Betoni ofron mbrojtje të inkuorporuar nga zjarri – zakonisht nuk ka nevojë për masa shtesë;
- Betoni mund t'i rezistojë kushteve ekstreme të zjarrit, duke e bërë ideal për ruajtjen e objekteve me ngarkesë të madhe zjarri;
- Fuqia e betonit ndaj zjarrit lehtëson shuarjen e zjarrit dhe zvogëlon dhe vonon rrezikun e shembjes së konstruksionit;
- Betoni është i lehtë për t'u riparuar pas zjarrit dhe prandaj iu ndihmon bizneseve për t'u rikuperuar më shpejtë;
- Pjesët e shtruara me beton i rezistojnë kushteve ekstreme të zjarrit të hasura në tunele.
- Elementet e betonit kanë inerci të shkëlqyeshme termike dhe vëllimshmërisë dhe falë tyre betoni mund t'i rezistojë temperaturave larta për periudhë shumë të gjatë kohore, me deformim minimal [13a].

Në përgjithësi, betoni ofron mbrojtje gjithëpërfshirëse nga zjarri për njerëzit, pronën dhe mjedisin.

Vetitë rezistuese ndaj zjarrit krahasohen me materialet tjera ndërtimore në Tabela 4, e cila tregon rezultatet e betonit kundrejt vargut të vetive kryesore [13].

Tabela 4
Përmbledhje e performancës së materialeve të pambrojtura ndërtimore në zjarr [13]

Materiali i pambrojtur ndërtimor	Rezistenca ndaj zjarrit	Djegshmëria.	Kontributi në ngarkesën e zjarrit	Shkalla e rritjes së temperaturës në seksion	Mbrojtja e inkuorporuar nga zjarri	Riparueshmëria pas zjarrit	Protection for evacuees and fire-fighters
Dru	E ulët	E lartë	E lartë	Shumë e ulët	Shumë e ulët	Zero	E ulët
Çelik	Shumë e ulët	Zero	Zero	Shumë e lartë	E ulët	E ulët	E ulët
Beton	E lartë	Zero	Zero	E ulët	E lartë	E lartë	E lartë

Strukturat e betonit kanë reputacion për sjellje të mirë në zjarre. Sikurse dihet, betoni nuk është i djegshëm, ka përçueshmëri të ulët termike dhe ka shkallë të ulët të ngritjes së temperaturës në një seksion. Qulli i çimentos në beton i nënshtrohet një reaksioni endotermik kur ngrohet, e cila ndihmon në zvogëlimin e ngritjes së temperaturës në betonin e ekspozuar ndaj zjarrit [6].

Sipas standardit EN 13501-1, betoni i përmbushë kërkesat e Klasit A1 apo A (nuk kontribuon në zjarr) sepse përmbajtjet e tij minerale nuk janë të ndjegshme dhe në shumicën e aplikimeve mund të përshkruhet si rezistent ndaj zjarrit kur është i dizajnuar në mënyrë të duhur. Masa e betonit mund të mbajë një sasi të madhe të nxehtësisë. Gjithashtu struktura e tij poroze ofron një shkallë të ulët të ngritjes së temperaturës nëpër seksionin [6]. E gjithë kjo i mundëson betonit që të veprojë si mbrojtës efikas nga zjarri.

Për shkak të shkallës së ulët të rritjes së temperaturës nëpër seksion kryq të një elementi prej betoni, zonat e brendshme nuk arrijnë temperaturat e njëjta të larta si sipërfaqja e ekspozuar ndaj flakës dhe kjo i mundëson ruajtjen e kapacitetit strukturor dhe ngritja e temperaturës së përforcimit vonohet nga mbulesa e jashtme. Prandaj, humbja e fortësisë së materialit është më pak e konsiderueshme, kapaciteti i pjesës përbërëse për mbajtjen e ngarkesës zvogëlohet ngadalë dhe reagimi ndaj zjarrit është më i mirë se sa për strukturat nga çeliku dhe druri [1].

Atëherë kur betoni i ekspozohet temperaturave të larta të një zjarri, mund të ndodhin një numër i ndryshimeve fizike dhe kimike dhe këto ndryshime fizike janë paraqitur në Tabela 5 [13].

Tabela 5
Betoni në zjarr [13]

Temperatura (°C)	Çka ndodh
1000	-
900	Temperaturat ajrore në zjarre rrallë se e kalojnë këtë nivel, por temperaturat e flakës mund të ngriten deri në 1200°C dhe më shumë.
800	-
700	-
600	Mbi këtë temperaturë betoni nuk funksionon në kapacitet të plotë strukturor.
550-600	Materialet me bazë çimentoje pësojnë zvarritje të konsiderueshme dhe të humbasin kapacitetin e tyre për bartje të ngarkesës.
400	-
300	Fillon humbja e fortësisë, por në realitet vetëm disa centimetrat e parë të betonit të ekspozuar ndaj zjarrit bëhen më të nxehtë se kjo dhe në brendësi temperatura është shumë më e ulët se kjo.
250-420	Mund të ndodhin pëlcitje të pjesëve betonit nga sipërfaqja.

Ngjyra dhe dëmi në sipërfaqe të betonit në temperatura të ndryshme janë paraqitur në Tabela 6 [1].

Tabela 6
Veçoritë sipërfaqësore të betonit në temperatura të ndryshme [1]

Temp (°C)	Ngjyra	Plasaritjet	Sipërfaqja e humbur	Këndet e thyera	I shthurur
 900	E kuqe	E gjera, më shumë, pa drejtim	E humbur pas goditjes	Çdo kënd, nivel të ndryshëm	Serious, broken by finger (after cooling)
700	E kuqe e errët	Të dukshme, more	Më pak	Pak	Qartë
500	E hirit – e bardhë	Fine, more	Pak	Jo	Pak
300	Pak e bardhë	Fine, feë	Akoma jo	Jo	Jo
100	Njëjtë si në temperaturë normale	Jo	Jo	Jo	Jo

Gjatë procesit të ngrohjes, pesha e mostrës së betonit zvogëlohet gradualisht. Atëherë kur temperatura është në intervalin 20-200°C, betoni e humb peshën me shpejtësi, kryesisht për shkak të avullimit të ujit të lirë në mostër; atëherë kur temperatura arrin në 500°C, hidroksidi i kalciumit (përbërsi thelbësor i prodhuar nga hidratimi i çimentos) dekompozohet dhe dehidrohet; kur temperatura është më e madhe se 600°C, karbonati i magnezit dhe karbonati i kalciumit (në agregat) fillojnë të dekomozohen, prandaj agregatet bëhen të paqëndrueshme dhe humbja e peshës mund të arrijë në 10% dhe kur temperatura është edhe më e lartë, shtresa e jashtme e betonit dëmtohet dhe pëlçet, duke shkaktuar humbje të mëtejshme të peshës [1]. Duhet të theksohet që dehidrimi dhe dekarbonizimi janë reaksione endotermike dhe absorbojnë energji dhe prandaj e ngadalsojnë ngrohjen [13a].

Fenomenet e dëmtimit dhe dështimit në strukturat e betonit do të paraqiten radhazi për kohë të gjatë: plasaritje dhe shkrifje në sipërfaqe, dëm në anë dhe kënde, eksploziv që pëlçet nga shtresa mbrojtëse, ekspozim i armaturës, shtrembërimi i pjesës përbërëse, ndarja graduale e shtresave sipërfaqësore nga trupi kryesor, zona e dëmtuar që depërton në brendësi të pjesës përbërëse dhe në fund mund të ndodh shembja e tërë strukturës [1].

Në përgjithësi, betoni i armuar ka këto karakteristika në temperatura të ngritura [1]:

1. Temperatura nuk është e shpërndarë në mënyrë të njëtrajtshme në brendësi

Fusha e temperaturës në strukturë dallon vazhdimisht gjatë zjarrit. Faktorët kryesorë që përcaktojnë fushën e temperaturës të strukturës janë procesi i temperaturës, forma dhe madhësia e pjesëve përbërëse dhe sjellja termike e materialit prej betoni. Fenomenet e tilla si forcat e brendshme, deformimi dhe plasaritjet e vogla në konstruksion kanë më pak ndikim në fushën e temperaturës. Në anën tjetër, fusha e temperaturës e konstruksionit ndikon në mënyrë të konsiderueshme në forcat e brendshme, deformimin dhe kapacitetin e tij bartës.

2. Përkeqësimi serioz i sjelljes së materialit

Në temperatura të ngritura, vlerat e rezistencës dhe moduli elastic të betonit dhe armaturës zvogëlohen në mënyrë të konsiderueshme dhe deformimi i të dyja materialeve rritet përkatësisht. Përveç kësaj, me ngritjen e temperaturës, dëmet e jashtme në beton (plasaritja, shkrifja, pëlcitja) paraqiten një pas një dhe gradualisht bëhen më të rënda. Si pasojë e kësaj, zvogëlimi serioz i kapacitetit bartës të konstruksionit dhe pjesëve përbërëse të tij paraqitet në temperaturë të ngritur.

3. Efekti bashkues i tërheqjes, deformimit, temperaturës dhe kohës

Për konstruksionin në temperaturë të ambientit duhet të studiohet vetëm marrëdhënia nderje-deformim e materialit. Megjithatë, rezistenca dhe deformimi i materialit ndikohen fuqishëm nga ngrohja dhe në këtë rast është e rëndësishme për betonin që të merret parasysh, përveç rezistencës dhe deformimit, edhe temperatura dhe koha.

4. Rishpërndarja e tërheqjes në seksionin e elementit dhe forcat e brendshme të strukturës

Fusha jo e njëtrajtshme e temperaturës së seksionit të elementit rezulton në mënyrë të pashmangshme në rishpërndarje jo të barabartë të deformimit dhe nderjes nga temperatura në seksion. Deformimi i materialit nga temperatura në temperaturë të lartë kufizohet nga materiali në afërsi të temperaturë tjetër, bashkimi dhe mbështetja. Prandaj, rishpërndarja e forcave të brendshme (momenti i përkuljes, forca e kundërt, forca boshtore dhe momenti i përdrejdhjes) të konstruksionit është shumë e rëndësishme dhe dallon nga ajo në temperaturë dhome.

5. Procesi dhe modeli i dështimit

Struktura e betonit në temperatura të zakonshme prishet ngadalë me shenja të dukshme. Struktura dhe elementet e saj zakonisht prishen papritmas në temperatura të ngritura për shkak se deformimi rritet me shpejtësi, kohëzgjatja e prishjes është e shkurtër dhe paraqiten më pak shenja paralajmëruese.

Betoni mund të mbrohet nga të gjitha efektet e dëmshme të zjarrit dhe zakonisht përdoret për ndarjen e qëndrueshme të ndërtesave të mëdha industriale dhe të larta në dhoma. Duke i ndarë këto ndërtesa të mëdha në dhoma, rreziku i humbjes së tërësishme gjatë zjarrit largohet – dyshemetë dhe muret prej betoni zvogëlojnë zonën e zjarrit si jorizontalisht (nëpër mure), ashtu edhe vertikalisht (nëpër dysheme).

Ngarkesat e thjeshta në dysheme dhe temperaturat relativisht të ulëta në shumicën e zjarreve në ndërtesa nënkuptojnë që kapaciteti i betonit për bartje të ngarkesës ruhet në masë të madhe gjatë dhe pas zjarrit [7].

2.4.1. Parametrat mekanikë

Rezistenca në shtypje

Rezistenca në shtypje e kubëzave të betonit me lloje të ndryshme të gjendjeve agregate (L-gur gëlqeror, G-granit) dhe dy shkallë të rezistencës (20 dhe 40), në temperaturë të ndryshme, janë renditur në Tabela 7 [1].

Tabela 7
Rezistenca në shtypje e kubëzave të betonit në temperatura të ngritura [1]

Betoni	20°C	60°C	100°C	150°C	200°C	300°C	400°C	500°C	700°C	900°C
C20L	30.5	28.3	28.2	29.0	31.1	32.5	30.6	24.7	10.6	3.6
C20G	28.8		26.1			30.3		22.8	8.3	2.4
C40L	55.0		50.3			56.7		43.7	21.4	5.0
C40G	54.1		48.2			54.3		40.9	13.8	2.9

Atëherë kur temperatura T është 100°C, raporti ndërmjet rezistencës në shtypje të betonit në temperatura të ngritura dhe në temperatura normale është ndërmjet 0.88 dhe 0.94. Presioni i ujit dhe avullit në plasaritje dhe vrima rritet me ngritjen e temperaturës, duke shkaktuar rezistencë të tërheqjes në materialet e ngurta përreth. Përveç kësaj, përqendrimi i tërheqjes ndodh në krye të plasaritjeve dhe përshpejton zgjerimin e plasaritjeve. Prandaj, rezistenca në shtypje e betonit zvogëlohet pak.

Atëherë kur temperatura është në intervalin 200–300°C, raporti i rezistencës është 0.95–1.08. Në atë moment uji i lirë në mostër avullohet. Koeficientët e zgjerimit të agregatit të trashë dhe llaçi i çimentos së betonit nuk janë të barabartë dhe për shkak të dallimit në deformimin termik ndërmjet tyre paraqiten plasaritje në kufi të agregatit dhe e zvogëlojnë rezistencën në shtypje të betonit. Në anën tjetër, pasi që uji i kombinuar në çimento fillon të lirohet, ai forcon veprimin ngjytës të grimcave të çimentos dhe relakson përqendrimin e nderjes në krye të plasaritjes, kështu që ndihmon në rritjen e rezistencës së betonit. Këta faktorë kontradiktorë veprojnë njëkohësisht, prandaj rezistenca në shtypje e betonit së pari rritet pak dhe më vonë zvogëlohet brenda intervalit të temperaturës. Madhësia e amplitudës së rezistencës varet nga cilësia e lëndës së parë, komponentëve përbërës dhe përzierjes së betonit [1].

Kur temperatura është e barabartë me 500°C, rezistenca në shtypje e betonit zvogëlohet padysim dhe marrëdhënia e rezistencës është e barabartë me 0.75–0.85. Dallimi në deformimin termik ndërmjet agregatit dhe llaçit të çimentos rritet edhe më shumë dhe plasaritjet në kufij zgjerohen. Gjithashtu, uji në komponime kimike të llaçit të hidratuar lirohet me zgjerimin e vëllimit, prandaj plasaritjet zgjerohen dhe rezistenca në shtypje zvogëlohet më shpejtë.

Kur $T \geq 600^\circ\text{C}$, komponentët e kuarcit në grimcat e pahidratuara të çimentos dhe aggregate dekompozohen dhe formohet kristali, i shoqëruar me zgjerim të konsiderueshëm. Rezistenca në shtypje e betonit zvogëlohet në mënyrë dramatike:

$$T = 700^\circ\text{C}, f_{T_{cu}}/f_{cu} = 0.30\text{--}0.50;$$

$$T = 800^\circ\text{C}, f_{T_{cu}}/f_{cu} = 0.15\text{--}0.28;$$

$$T = 900^\circ\text{C}, f_{T_{cu}}/f_{cu} = 0.05\text{--}0.12.$$

Sipas pjesës së mësipërme, arsyet kryesore për humbje të rezistencës mund të përmbliken si në vijim:

- Plasaritja dhe poroziteti formohen në pjesën e brendshme të betonit pas avullimit të ujit.

- Sjellja termike e agregatit të trashë dhe llaçit të çimentos janë të ndryshme, e cila shkakton dallim në deformim dhe nderje të brendshme ndërmjet tyre dhe rezulton në plasaritje në kufijtë e tyre.
- Agregati i trashë bryhet dhe plasaritet në temperaturë të lartë. Ky dëm i brendshëm në beton zhvillohet dhe akumulohet vazhdimisht dhe ka tendencë të jetë më serioz me ngritjen e temperaturës.

Pajisja dhe metoda e testimit, forma dhe madhësia e mostrës, shpejtësia e ngrohjes dhe koha në të cilën mostra e betonit i është nënshtruar temperaturës së përcaktuar dallojnë në secilin eksperiment. Prandaj, vlera eksperimentuese (f_{Tcu}/f_{cu}) e rezistencës së betonit shfaq në mënyrë të pashmangshme një devijim të caktuar. Faktorë të ndryshëm ndikojnë në rezistencën në shtypje të betonit në temperatura të ngritura, dhe ato analizohen sipas rezultateve eksperimentale.

- Shkalla e fortësisë së betonit. Rezistenca relative (f_{Tcu}/f_{cu}) e betonit (C20-C50) zvogëlohet me shkalla më të larta (Tabela 7), por ka më pak se 10% ndryshim ndërmjet tyre.
- Lloji i agregatit. Betoni që përmban agregat silikoni (p.sh., graniti) ka një rezistencë pak më të ulët (f_{Tcu}/f_{cu}) krahasuar me betonin që përmban agregat kalciumi (p.sh., gur gëlqeror) në të njëjtën temperaturë. Betoni që përmban agregat mineral me peshë të lehtë ka një rezistencë shumë më të lartë se betoni që përmban agregat të zakonshëm në temperaturë të lartë [2].
- Faktorët e tjerë. Sa më i madh raporti i ujit/çimentos ose përmbajtja e ujit në beton, aq më e ulët është rezistenca (f_{Tcu}/f_{cu}) dhe më e ngadalshme është shpejtësia e ngrohjes.

Kur një strukturë përjeton një temperaturë të lartë aksidentale dhe zjarri përfundimisht ftohet në temperaturë normale, analiza e rezultateve tregon se brendësia e betonit dëmtohet kur nxehet dhe mbahet një temperaturë e lartë.

Kur betoni është duke u ftohur, temperatura në sipërfaqen e saj të jashtme zvogëlohet shpejt, por temperatura në brendësi të saj mbetet e lartë, kështu që formohet një fushë temperaturë jo-uniforme dhe ndodhin dëme të reja në brendësinë e betonit. Disa faktorë, siç janë llojet e çimentos dhe agregatit, raporti i ujit/çimentos dhe vjetërsia e betonit, gjithashtu ndikojnë në rezistencën e mbetur pas ftohjes.

Figura 7 tregon rezultatet e marra nga ekzemplarët e ngarkuar në 40% të rezistencës së tyre në shtypje gjatë procesit të ngrohjes dhe kur u arrit temperatura e paracaktuar, ekzemplarët ishin ngarkuar në dështim. Siç shihet, rezistenca në shtypje e betonit mbetet relativisht e pandryshuar deri në 500°C.

Mbi 500°C, rezistenca në shtypje e betonit me agregat silicik fillon të ulet me shpejtësi dhe konsiderohet joefikas në temperaturat mbi 650°C, ku rezistenca në shtypje zvogëlohet përafërsisht në 50 përqind të vlerës në temperaturat normale. Sidoqoftë, betoni me agregat të karbonatizuar dhe me peshë të lehtë sillet shumë më mirë, rezistenca e tij në shtypje mbetet relativisht e pandryshuar deri në 650°C dhe nuk konsiderohet si joefektiv derisa të arrijë një temperaturë prej 650°C [2].

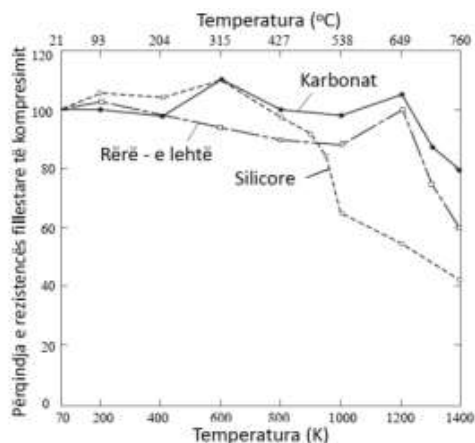


Figura 7. Marrëdhëniet temperaturë-rezistencë për betonet e agregateve karbonat, silicë dhe rërë me peshë të lehtë [2]

Rezistenca në tërheqje

Marrëdhëniet midis rezistencës në tërheqje në temperaturë të lartë dhe rezistencës së njëjtë në temperaturë normale (rezistenca relative e tërheqjes) janë renditur në Tabelën 8 [1].

Tabela 8
Rezistenca në tërheqje e betonit në temperatura të ngritura [1]

Temperatura (°C)	f^T_t/f_t
100	0.78-0.90
300	0.66-0.88
500	0.52-0.60
700	0.24-0.32
900	-

Rezistenca në tërheqje e betonit zvogëlohet shpejt kur temperatura është në intervalin 20-100°C, por ulet ngadalë kur temperatura është ndërmjet 100°C dhe 300°C, dhe linearisht kur mbi temperatura është mbi 300°C. Kur temperatura është e barabartë me 900°C, ekzemplari i afrohet dështimit pa ngarkuar më tej. Rezistenca relative e tërheqjes është më e ulët se rezistenca relative e shtypjes që do të thotë se dëmtimet e brendshme në beton të shkaktuara nga veprimi termik kanë një ndikim më të fortë në rezistencën e tij në tërheqje.

Deformimi

Faktorët kryesorë që ndikojnë në deformimin termik të zgjerimit të betonit janë: llojet e përbërësve mineralë në agregate, proporcioni i përzierjes dhe përmbajtja e ujit të betonit, dhe shpejtësia e ngrohjes së ekzemplarit. Për më tepër, ndryshimet në metodat e testimit dhe teknikat e matjes shkaktojnë devijim të rëndësishëm në të dhënat eksperimentale mbi deformimin termik të betonit.

Kur temperatura është më pak se 200°C, përbërësit e ngurtë të betonit, të tilla si grumbullimi i trashë dhe llaçi i çimentos, zgjerohen për shkak të temperaturave të ngritura dhe njëkohësisht tkurren për shkak të humbjes së ujit. Të dy faktorët kompensojnë dhe shkaktojnë deformim

më të vogël. Kur temperatura është e barabartë me 200°C, deformimi termik është $\epsilon_{th} \approx (0.8-1.5) \times 10^{-3}$.

Kur temperatura është ndërmjet 300°C dhe 600°C, përbërësit e ngurtë zgjerohen pasi që temperatura të rritet, dhe çarjet shfaqen dhe shtrihen në kufirin e agregatit. Deformimi rritet shumë shpejt. Në $T=500^\circ\text{C}$ deformimi termik arrin një vlerë të lartë, p.sh. $\epsilon_{th} = (6-9) \times 10^{-3}$.

Kur temperatura është ndërmjet 600°C dhe 700°C, shkalla në rritje e deformimit termik të zgjerimit ngadalësohet ose madje pushon. Deformimi nga zgjerimi pengohet ndoshta sepse kristali i përbërësit mineral brenda agregateve ndryshon dhe dëmtimi i brendshëm në beton grumbullohet. Në këtë kohë, deformimi është më i madh se 10×10^{-3} .

Gjatë procesit të ngrohjes, deformimi nga zgjerimi (ϵ_{th}) i betonit përbëhet nga katër pjesë: zgjerimi i ngrohjes i materialeve të ngurta, tkurrja për shkak të humbjes së ujit, paraqitja dhe zgjatja e plasaritjeve në kufirin ndërmjet grumbullimit dhe llaçit të çimentos, dhe dëmtimi i brendshëm i agregateve. Sidoqoftë, gjatë procesit të ftohjes, vetëm zgjerimi i ngrohjes i materialeve të ngurta mund të rivendoset plotësisht, por të tjerët mbeten të pandryshuar.

Para ngarkimit të ekzemplarit por gjatë ngrohjes dhe ruajtjes së temperaturës, deformimi fillestar dhe shumë plasaritje formohen në brendësi të betonit për arsye të ndryshme. Disa nga këto arsye janë avullimi i ujit, ndryshimi në sjelljen termike midis grumbullit të trashë dhe llaçit të çimentos, dhe zgjerimi dhe thyerja e agregatit [1].

Moduli i elasticitetit

Moduli i elasticitetit (E) i betoneve të ndryshme bie brenda një game shumë të gjerë, nga 5.0 në 35.0 GPa, në temperaturat e dhomës. Varet kryesisht nga raporti i ujit/çimentos në përzierje, vjetërsia e betonit, metoda e kondicionimit dhe sasia dhe natyra e agregateve. Disa autorë zbuluan se moduli i elasticitetit zvogëlohet me shpejtësi me rritjen e temperaturës, dhe nuk varet dukshëm nga lloji i agregatit (Figura 8). Sidoqoftë, nga hulumtimet e tjera, moduli i elasticitetit të betonit me agregat me peshë normale zvogëlohet më shpejt me ngritjen e temperaturës sesa betonet e lehta [2].

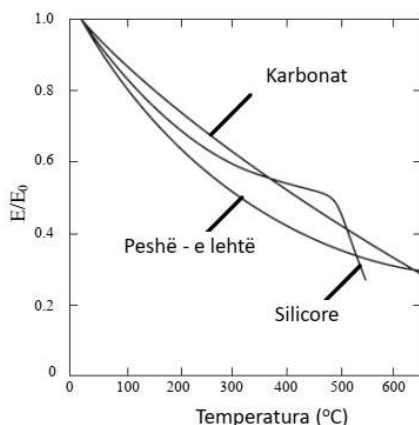


Figura 8. Efekti i temperaturës në modulin e elasticitetit të betonit me lloje të ndryshme të agregateve [2]

Parametrat termik

Në rastin e betonit, vlerat e parametrave termikë varen nga proporcionet e përzierjes. Për shembull, vlerat e nxehtësisë specifike për disa lloj betoni janë dhënë në figurën 9 [15].

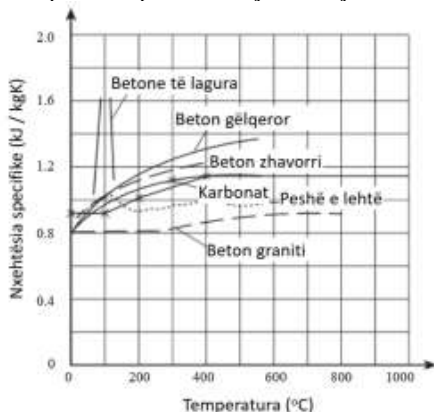


Figura 9. Ndryshimi i nxehtësisë specifike të betonit me temperaturën [15]

Përçueshmëria termike ose koeficienti i përçimit të nxehtësisë

Përçueshmëria e betonit zvogëlohet me ngritjen e temperaturës [9]. Agregati i trashë ka fraksionin më të lartë të vëllimit të përgjithshëm të betonit dhe ka ndikimin mbizotërues në sjelljen e tij termike. Koeficienti i përçelljes së nxehtësisë së agregatit varet kryesisht nga përbërja minerale, karakteri i kristalit dhe struktura e kokrrizave.

Vlerat e koeficientëve të përçelljes së nxehtësisë së shkëmbinjeve janë dukshëm të ndryshme në temperaturë normale, por ato kanë tendencë të jenë të ngjashme në temperaturë të ngritur (kur temperatura është mbi 200°C). Gjithashtu, ato ndryshojnë ndryshe me rritjen e temperaturës. Koeficienti i përçimit të nxehtësisë së gur ranor silicor, dolomit dhe gëlqeror zvogëlohet shpejt, në granit dhe gneiss zvogëlohet ngadalë, por në diabazë dhe feldspar gëlqeror rritet ngadalë kur temperatura rritet.

Raporti ujë/çimento i llaçit gjatë përzierjes ka ndikim në koeficientin e përçelljes së nxehtësisë. Një ekzemplar me një raport të madh ujë/çimento përmban më shumë ujë dhe më shumë mikroporozitet formohet pasi uji humbet gjatë forcimit. Kjo shkakton një ulje të koeficientit të përçimit të nxehtësisë. Koeficienti i përçimit të nxehtësisë së betonit i përbërë nga një agregat i llojeve të ndryshme të shkëmbit ndryshon me temperaturën. Koeficienti i betonit të zakonshëm me agregat silici është pak më i lartë se ai i agregatit gëlqeror, por të dyja zvogëlojnë më pak pasi rritet temperatura dhe janë të ngjashme në temperaturë shumë të lartë (> 800°C) [1].

Agregati i trashë mund të përbëhet nga materiale të ndryshme minerale poroze, siç janë shtufi, skorja, llaçi i zgjeruar ose argjila. Mund të zëvendësojë grumbullimin e zakonshëm të shkëmbit dhe të përzihet për të prodhuar beton me peshë të lehtë. Granulat e agregatit me peshë të lehtë përmbajnë shumë pore të brendshme, dhe zvogëlojnë ndjeshëm përçimin e nxehtësisë. Prandaj, koeficienti i përçimit të nxehtësisë së betonit me peshë të lehtë është shumë më i ulët se ai i betonit të zakonshëm. Koeficienti i përçimit të nxehtësisë së betonit tregon ndryshueshmëri dhe shpërndarje të madhe për shkak të ndikimit të faktorëve të ndryshëm. Marrëdhënia korresponduese midis koeficientit të përçelljes së nxehtësisë dhe temperaturës, për beton me lloj të ndryshëm të agregatit, është treguar në figurën 10 [1].

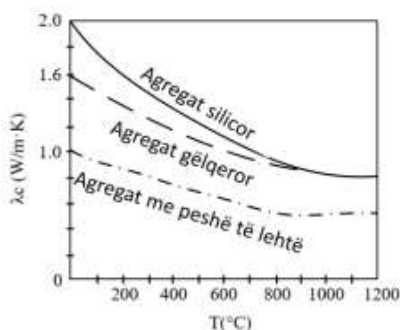


Figura 10. Vlera e llogaritur e koeficientit të përçimit të nxehtësisë së betonit [1]

Kjo marrëdhënie e dhënë nga një autor tjetër tregohet më tej në Figura 11 [14]. Kufiri i ulët i përçueshmërisë termike është marrë nga krahasimet me masat e temperaturave në testet e zjarrit në lloje të ndryshme të strukturave të betonit. Kufiri i poshtëm jep temperatura më reale për strukturat e betonit sesa kufiri i sipërm, i cili është marrë nga provat në strukturat e çelikut/betonit të përbërë [13a]. Betoni me agregat me peshë normale bien në një brez me vlerat për beton të lehtë, por dikush autorë nuk pajtohet me atë [14].

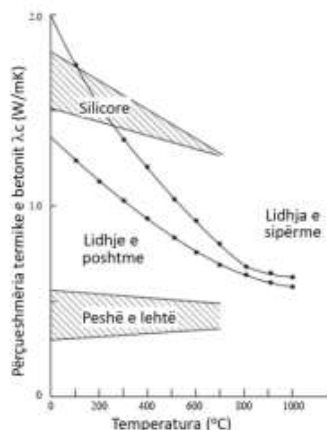


Figura 11. Ndryshimi i përçueshmërisë termike të betonit me temperaturën [14]

Kapaciteti specifik i nxehtësisë (Cc)

Nxehtësia specifike e betonit të thatë nuk ndryshon shumë me temperaturën. Sidoqoftë, strukturat e betonit përmbajnë gjithmonë ujë që avullohet në temperatura mbi 100°C që përbëjnë një nxehtësi latente pasi procesi i avullimit konsumon shumë nxehtësi. Kështu, aftësia specifike e nxehtësisë për beton me peshë normale sipas Eurocode 2 ka një kulm në temperaturat 100°C dhe 200°C [9].

Lloji i agregatit ka një ndikim në kapacitetin specifik të nxehtësisë së betonit, por jo shumë. Kapaciteti specifik i nxehtësisë së betonit me agregat silici (për shembull kuarci) është pak më i madh se ai i agregatit gëlqeror (për shembull guri gëlqeror), dhe ai për agregatët e ndryshëm me peshë të lehtë është pak më i vogël se ai i betonit të zakonshëm. Faktorë të tjerë, siç është raporti i përzierjes, përmbajtja e ujit dhe moshja, kanë më pak ndikim në kapacitetin specifik të nxehtësisë [1].

Densiteti i masës (ρ_c)

Densiteti i masës përcaktohet si masa e materialit për vëllim të njësisë, dhe njësitë e saj janë kg/m^3 . Kjo karakteristikë e materialit quhet edhe densiteti i vëllimit. Ndryshimi i densitetit të masës së betonit gjatë ngrohjes është paraqitur në Figura 12.

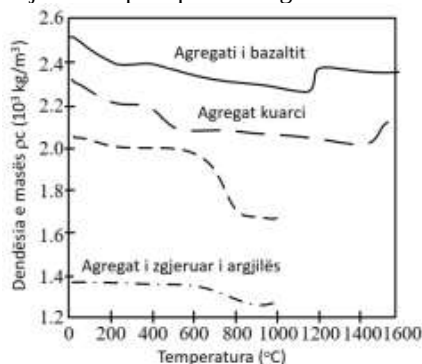


Figura 12. Densiteti i masës i betonit me agregate të ndryshme [1]

Gjatë periudhës fillestare, densiteti i masës përdryshim se reduktohet sepse përmbajtja e ujit avullon. Përbërësit e ngurtë (agregati dhe çimentoja) zgjerohen pas ngrohjes dhe densiteti i masës zvogëlohet. Ky fenomen ekziston gjatë gjithë procesit të ngrohjes, dhe ndikimi i tij rritet gradualisht në temperaturë të lartë.

Disa lloje të agregatit shkëmbor me përbërës të ndryshëm minerale kanë veti të veçanta në temperaturë të ngritur, të cilat ndikojnë në densitetin e masës. Për shembull, agregati silicor formon kristale në $T=600\text{--}800^\circ\text{C}$, dhe shoqërohet me zgjerim të konsiderueshëm të vëllimit dhe rënie të papritur të densitetit të masës. Bazalti dhe kuarci shkrihen dhe sintetizohen kur $T=1200\text{--}1400^\circ\text{C}$, dhe më pas densitetit i masës së betonit rritet papritmas. Densiteti i masës i betonit i përbërë nga grumbullime të ndryshme të peshës së lehtë ndryshon me temperaturë të ngjashme me atë të betonit të zakonshëm, por amplituda e variacionit është më e vogël (Figura 12).

Sidoqoftë, për të thjeshtuar llogaritjen, densiteti i masës i betonit merret normalisht si një konstante ($2200\text{--}2400 \text{ kg/m}^3$), pavarësisht nga temperatura.

Sjellja themelore termike e betonit varet jo vetëm nga sjellja termike të agregateve të trashë dhe të imët dhe llaç i ngurtësuar çimentoje por edhe përbërja, përmbajtja e ujit, vjetërsia, hedhja dhe kompaktësimi teknik, dhe kompaktësia e betonit. Kështu, parametrat termikë të pranishëm variacion i madh dhe shpërndaj. Nëse parametrat termikë të saktë kërkohen për analiza, ekzemplarët duhet të prodhohen dhe testohen në mënyrë specifike dhe pastaj mund të maten parametrat termikë. Vlerat e thjeshtuara të parametrave termikë të sugjeruara në kodin përkatës mund të përdoren për inxhinierinë praktike për rastësinë dhe shpërndahet ndryshimi i temperaturës në një aksident zjarri [1].

2.4.2. Betoni i armuar me fibra

Fijet e ndërprera prej çeliku dhe polipropileni janë dy fijet më të zakonshme që përdoren në përzierjen e betonit për të përmirësuar vetitë strukturore të betonit. Studimet kanë treguar se fijet e polipropilenit në një përzierje betoni janë mjaft efektive në minimizimin e përhapjes në beton në kushte zjarri. Fijet e polipropilenit shkrihen në një temperaturë relativisht të ulët prej

rreth 170°C dhe krijojnë kanale që presioni i avullit në beton të shpëtojë. Kjo parandalon shpërthimet e vogla që shkaktojnë pëlcitjen e betonit. Sasia e fibrave të polipropilenit që nevojiten për të minimizuar pëlcitjen është rreth 0,1 - 0,25 për qind (nga vëllimi). Shtimi i fibrave përmirëson disa veti mekanike në temperaturën e dhomës, të tilla si rezistenca në tërheqje, duktiliteti dhe deformimi përfundimtar. Sidoqoftë, ka shumë pak informacion mbi vetitë e këtij lloji të betonit gjatë ekspozimit ndaj temperaturës së lartë. Betoni me fije çeliku (SFRC) shfaq, në temperatura të ngritura, veti mekanike që janë më të dobishme për rezistencën ndaj zjarrit sesa ato të betonit të thjeshtë. Efekti i temperaturës në rezistencën në shtypje për dy lloje të betonit tregohet në Figura 13 [2].

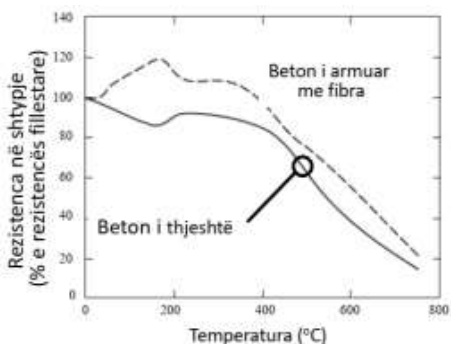


Figura 13. Efekti i temperaturës në rezistencën në shtypje të betonit të armuar me fije çeliku [2]

Siç shihet në Figura, forca e SFRC tejkalon rezistencën fillestare të betonit deri në rreth 400°C. Kjo është në kontrast me forcën e betonit të thjeshtë, i cili zvogëlohet pak me temperaturat deri në 400°C. Mbi afërsisht 400°C, rezistenca e SFRC zvogëlohet me një shpejtësi të përshpejtuar.

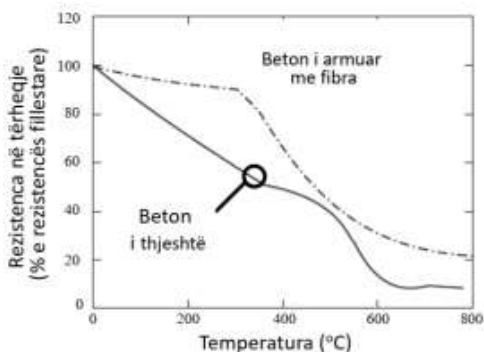


Figura 14. Efekti i temperaturës në rezistencën në tërheqje të betonit të armuar me fije çeliku [2]

Efekti i temperaturës në rezistencën në tërheqje të betonit me fije çeliku është krahasuar me atë të betonit të thjeshtë në Figura 14. Rezistenca e SFRC zvogëlohet në një shkallë më të ulët se ajo e betonit të thjeshtë në të gjithë intervalin e temperaturës. Rezistenca e betonit me fije çeliku është dukshëm më e lartë se ajo e betonit të thjeshtë deri në rreth 350°C. Rezistenca në rritje në tërheqje vonon përhapjen e plasaritjeve në elementët e betonit të armuar me fibra dhe është shumë e dobishme kur elementi i nënshtrohet tërheqjeve të lakimit.

Lloji i agregatit ka një ndikim të rëndësishëm në rezistencën në tërheqje të betonit me fije çeliku. Ulja e rezistencës në tërheqje për beton me agregat karbonat është më e lartë se ajo

për betonin grumbullues silikoz. Karakteristikat termike të SFRC, në temperatura të ngritura, janë të ngjashme me ato të betonit të thjeshtë [2].

2.4.3. Betoni me performancë të lartë (HSC)

Performanca e betonit ka ndikim të rëndësishëm në vetitë e tjera të HSC. Karakteristikat materiale të HSC variojnë ndryshe nga temperatura sesa ato të NSC. Ky ndryshim është më i theksuar për vetitë mekanike, të cilat preken nga këta faktorë: rezistenca në shtypje, përmbajtja e lagështisë, densiteti, shkalla e ngrohjes, përqindja e aditivit dhe poroziteti. Humbja në rezistencën në shtypje me temperaturën është më e lartë për HSC sesa ajo për NSC, deri në rreth 450°C. Figura 15 është krahasim i rezistencave për llojet e NSC dhe HSC, së bashku me CEB dhe lakoret e dizajnit evropian për NSC [2].

Dallimi midis rezistencës në shtypje kundrejt marrëdhënieve të temperaturës së betonit me agregat të peshës normale dhe betonit me agregat të peshës së lehtë nuk është i rëndësishëm. Ndryshimi i modulit të elasticitetit dhe rezistencës në tërheqje të HSC është i ngjashëm me atë të NSC me rritjen e temperaturës.

Dallimi midis rezistencës në shtypje kundrejt marrëdhënieve të temperaturës së betonit me agregat të peshës normale dhe betonit me agregat të peshës së lehtë nuk është i rëndësishëm. Ndryshimi i modulit të elasticitetit dhe rezistencës në tërheqje të HSC është i ngjashëm me atë të NSC me rritjen e temperaturës.

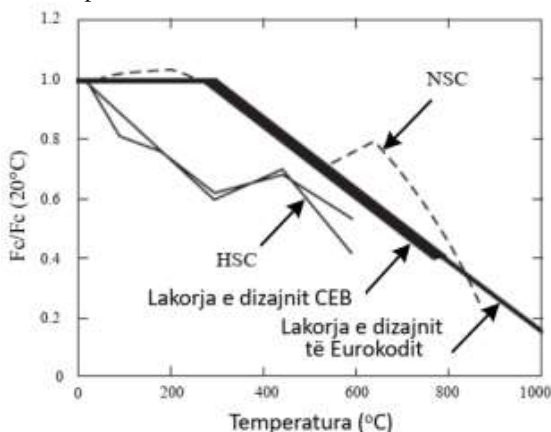


Figura 15. Krahasimi i rezistencës në shtypje të dizajnit dhe rezultatet e testeve të panderura të betonit HSC dhe NSC [2]

Lloji i agregatit ka ndikim të rëndësishëm në vetitë termike të HSC në temperatura të ngritura. Figura 16 tregon përcqeshmërinë termike të HSC, me agregate silicike dhe karbonatike, si funksion i temperaturës.

Një nga shqetësimet më të mëdha për përdorimin e HSC është në lidhje me sjelljen e tij në zjarr, në veçanti, shfaqjen e përhapjes në temperatura të ngritura. Përhapja në HSC mund të minimizohet duke krijuar pore përmes të cilave avulli i ujit mund të lehtësohet para se presioni i avullit të arrijë vlerat kritike. Kjo bëhet zakonisht duke shtuar fibra polipropileni në HSC [2].

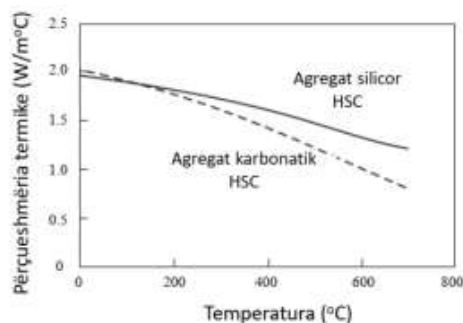


Figura 16. Përçueshmëri termike e betonit me rezistencë të lartë [2]

2.4.4. Betoni i lehtë

Betoni i lehtë zakonisht bëhet me çimento normale dhe një formë të agregatit të lehtë mineral, siç është shtufi ose balte ose argjilë e zgjeruar. Materialet e tjera të mundshme për t'u përdorur përfshijnë perlitin dhe vermikulitin. Betoni i lehtë është treguar se ka rezistencë të shkëlqyeshme ndaj zjarrit, për shkak të përçueshmërisë së tij të ulët termike në krahasim me betonin me peshë normale. Shumë agregate të lehta janë prodhuar në temperatura të larta, kështu që ato mbesin shumë të qëndrueshme gjatë ekspozimit ndaj zjarrit [6].

2.5. ÇELIKU

Çeliku është një material që është i disponueshëm në lloje të ndryshme të produktit: strukturor (i mbështjellë në nxehtësi), i armuar, para-nderë ose i ftohtë i formuar [10]. Një strukturë çeliku nuk është e djegshme, megjithatë, kur një strukturë çeliku është e ekspozuar ndaj një zjarri, temperaturat e çelikut rriten dhe rezistenca dhe ngurtësia e çelikut zvogëlohen, duke çuar në deformim dhe dështim të mundshëm, në varësi të ngarkesave të aplikuara dhe kushteve të mbështetjes. Nxehtësia përçohet shumë shpejt nëpër çelik [1]. Një rritje e temperaturave të çelikut varet nga ashpërsia e zjarrit, zona e çelikut të ekspozuar ndaj zjarrit dhe sasia e mbrojtjes nga zjarri e aplikuar [6]. Temperatura kritike e një elementi çeliku është temperatura në të cilën nuk mund të mbështesë me siguri ngarkesën e saj. Vetitë mekanike si rezistenca dhe mënyra e elasticitetit përkeqësohen në veçanti kur temperatura e çelikut tejkalon 400°C (Eurocode 3, EN1993-1-2). Disa kode ndërtimi dhe praktika standarde e inxhinierisë strukturore përcaktojnë temperatura të ndryshme kritike të cilat nuk duhet të tejkalohen kur ekspozohen ndaj një ekspozimi standard zjarri për një kohë të caktuar. Prandaj, strukturat e çelikut zakonisht duhet të mbrohen për të arritur një vlerësim të veçantë të zjarrit [9].

Testet në shkallë të plotë dhe disa zjarre reale në ndërtesa të mëdha çeliku kanë treguar që strukturat e çelikut të projektuara mirë mund t'i rezistojnë zjarreve të rënda pa shembje, edhe nëse disa nga elementet që mbajnë ngarkesën kryesore janë të pambrojtur. Gjithashtu zgjerimi termik i elementeve të çelikut mund të shkaktojë dëme diku tjetër në ndërtesë.

Faktorët kryesorë që ndikojnë në sjelljen e strukturave të çelikut në zjarr janë:

- temperaturat e ngritura në elementet e çelikut;
- ngarkesa e gjendjes së kufirit të zjarrit në strukturë;
- vetitë mekanike të çelikut;
- gjeometrinë dhe projektimin e strukturës.

Serioziteti i problemit në strukturat e ekspozuara ndaj temperaturës së lartë në varësi të shumicës nga katër faktorë: (1) funksioni i elementit të çelikut, (2) niveli i nderjes së tij, (3) se si elementi i çelikut mbështetet te elementët e tjerë strukturorë, dhe (4) sipërfaqen dhe trashësinë e saj [15].

Ekuacionet për shumë veti të çelikut, si funksione të temperaturës, janë në dispozicion në EUROCODE 3 dhe në shumë manuale.

2.5.1. Vetitë mekanike

Rezistenca në tërheqje

Struktura e materialit ka një ndikim të madh në sjelljen e tyre në zjarr. Çeliku strukturor dhe shufrat e armuara të betonit kanë një strukturë grimcash të orientuar rastësisht, dhe rezistenca e tyre varet kryesisht nga përmbajtja e tyre e karbonit. Në rastin e çelikut para-nderjes, telat zakonisht përbëhen nga çeliku me karbon të lartë, pearlitik me një strukturë të zgjatur grimcash, të orientuara në drejtim të punës së ftohtë. Për më tepër, çeliku i lehtë gjen aplikime të gjera në inkuadrim të lehtë dhe përbëhet nga çeliku i formuar nga të ftohtët. Mund të përdoret për elementët strukturorë siç janë muret dhe dyshemetë. Vetitë mekanike të dy çeliqueve tipikë (një çelik strukturor dhe një tel para-nderjes) janë paraqitur në figurën 17 deri në figurën 19 [2].

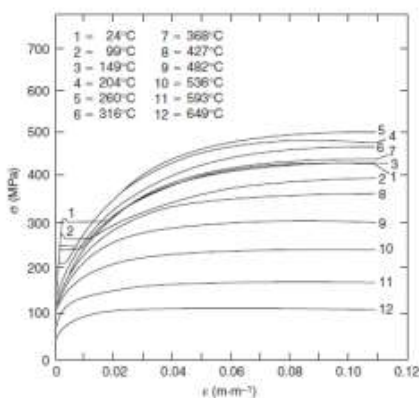


Figura 17. Lakoret e nderjes për një çelik strukturor në dhomë dhe temperatura të ngritura [2]

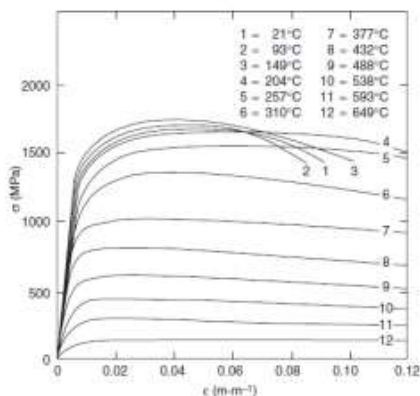


Figura 18. Lakoret e nderjes për çelik para-nderjes në dhomë dhe temperatura të ngritura [2]

Figura 17 dhe Figura 18 janë lakore të nderjes-deformimit në temperaturë të dhomës (përkatesisht 24°C dhe 21°C) dhe në një numër të niveleve të ngritura të temperaturës.

Figura 19 tregon efektin e temperaturës në rrjedhjen dhe forcat përfundimtare të dy çeliqueve.

Nga shifrat mund të shihet se rezistenca e rrjedhjes (σ_y) dhe moduli i elasticitetit (E) të dy bien me rritjen e temperaturës, por rezistenca përfundimtare në tërheqje (σ_u) rritet pak në temperatura të moderuara para se të ulet në temperatura më të larta. Nga pikëpamja strukturorë, nderja e rrjedhjes së çelikut është parametri më i rëndësishëm në vendosjen e aftësisë së tij mbajtëse të ngarkesës [15].

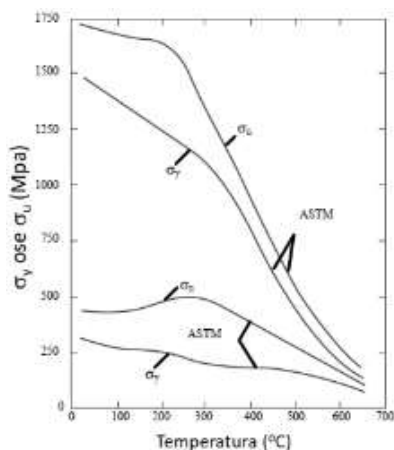


Figura 19. Rezistenca përfundimtare dhe e rrjedhjes për një çelik strukturor (ASTM A36) dhe një çelik para-nderjes (ASTM A421) në temperatura të ngritura [2]

Gjatë zjarreve të zhvilluara plotësisht, elementët e pambrojtur të çelikut shpesh pësojnë deformime të mëdha, ndërsa elementët e mbrojtur mirë zakonisht shfaqin pak ose aspak dëme. Për elementët e çelikut të ekspozuar ndaj zjarrit, por që mbeten drejt pas ftohjes në shumicën e rasteve nuk nevojitet vlerësim i mëtutjeshëm (Tide, 1998). Çeliku më strukturor nuk vuan humbje të konsiderueshme të rezistencës kur ftohen pas ngrohjes deri në rreth 600°C ndërsa ngrohja në temperatura më të larta mund të rezultojë në një ulje të rezistencës deri në 10% pas ftohjes. Reduktimi i rezistencës është shumë më i madh për çeliquet me rezistencë të lartë që përmbajnë aliazhe të tilla si vanadium dhe niobium. Nëse është e nevojshme, disa lloje të testeve në ekzemplarë mund të përdoren për të përcaktuar nëse ka pasur një ulje të rezistencës. Shumë lloje të bulonave me rezistencë të lartë janë trajtuar me nxehtësi gjatë prodhimit, gjë që i bën ato të ndjeshme ndaj humbjes së rezistencës pas ngrohjes, në këtë rast ato duhet të zëvendësohen [6].

Çeliku me rezistencë të lartë, veçanërisht para-nderëse, janë shumë më të ndjeshme ndaj humbjes së rezistencës nëse nxehen në temperatura mbi 400°C. Në rastin e çeliqueve me para-nderje, ftohja pas ngrohjes në 500°C mund të ketë një humbje prej 30% të rezistencës ndërsa ngrohja në 600°C mund të rezultojë në një humbje prej 50% të rezistencës (Gustaferro dhe Martin, 1988) [6].

Deformimi

Zvarritja është një veti shumë e ndjeshme ndaj strukturës dhe mund të tregojë një përhapje të konsiderueshme. Ky parametër është relativisht i parëndësishëm në çelik strukturor në temperatura normale. Sidoqoftë, bëhet shumë domethënëse në temperaturat mbi 400 ose 500°C dhe varet shumë nga niveli i nderjes. Në temperatura më të larta deformimet e rrëshqitura në çelik mund të përshpejtohen me shpejtësi, duke çuar në sjellje plastike dhe dështim 'të arratisur' [6].

Moduli i elasticitetit

Për një larmi çeliqesh të zakonshëm, moduli i elasticitetit (E) është rreth 210 GPa në temperaturën e dhomës. Figura 20 tregon ndryshimin e saj me temperaturën për çeliquet strukturorë dhe shufrat e armuara të çelikut (E0) është moduli i elasticitetit në temperaturën e dhomës).

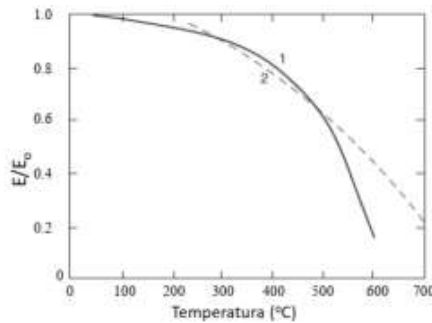


Figura 20. Efekti i temperaturës në modulin e elasticitetit të çeliqueve strukturorë (1) dhe shufrave të armuara (2) [2]

2.5.2. Parametrat termikë

Të gjitha vetitë e çelikut, përveç densitetit (rreth 7850 kg/m^3), ndikohen fuqimisht nga temperatura. Për çdo llogaritje, është e nevojshme të njihni vetitë termike të materialeve [6].

Përçueshmëria termike

Përçueshmëria termike (λ) e çelikut nuk është e thjeshtë për t'u përcaktuar. Për çeliket e karbonit zakonisht ndryshon brenda intervalit 46 deri 65 W/mK [2]. Standard EN 1993-1-2 ndryshon dy gamë të temperaturave për llogaritjen e λ :

- $20 \leq \theta \leq 800 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\theta \geq 800 \text{ }^\circ\text{C}$.

Përçueshmëria termike e çelikut ndryshon në bazë të temperaturës siç tregohet në Figura 21 [6] dhe është në përputhje me një rregull të përgjithshëm të fizikës në mënyrë të kundërt proporcionale me peshën molekulare [9] (PR8). Siç shihet në figurë, zvogëlohet në mënyrë lineare nga 54 W/mK në 0°C në 27.3 W/mK në $800 \text{ }^\circ\text{C}$ (CEN, 2005b). Për llogaritjet e thjeshta përçueshmëria termike λ (W/mK) mund të merret si 45 W/mK [6].

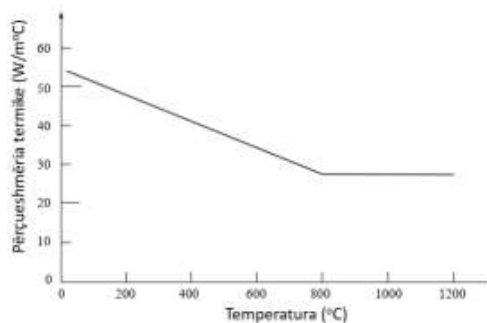


Figura 21. Përçueshmëria termike e çelikut si funksion i temperaturës [6]

Përçueshmëria e nxehtësisë së çelikut të karbonit është me rend 30 herë më e lartë se vlera korresponduese për beton dhe 100-1000 herë më e lartë se ajo e produkteve izoluese. Pastërtia më e lartë e një metali, aq më mirë ajo sjell nxehtësi. Kështu që përmbajtja e metaleve të karbonit dhe aliazheve të tilla si kromi zvogëlojnë përçueshmërinë, dhe për pasojë çeliku inoks është një përçues relativisht i dobët [9].

Fluksi specifik i nxehtësisë

Kapaciteti specifik i nxehtësisë është zakonisht një parametër më i rëndësishëm se përçueshmëria për zhvillimin e temperaturës në strukturat e çelikut të ekspozuara ndaj zjarrit [9]. Ndryshimi i saj varet nga temperatura siç tregohet në Figura 22 [6].

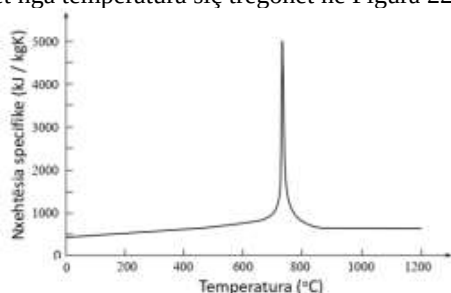


Figura 22. Nxehtësia specifike e çelikut si funksion i temperaturës [6]

Në këtë situatë mund të dallohen disa zona të temperaturës:

- $20 \leq \theta \leq 600$ °C
- 600 °C $\leq \theta \leq 735$ °C
- 735 °C $\leq \theta \leq 900$ °C
- 900 °C $\leq \theta \leq 1200$ °C

Siç shihet ndryshimi metalurgjik ndodh në 735°C për shkak të ndryshimeve fazore të çelikut [9]. Për llogaritje të thjeshtë, mund të merret vlera konstante prej 0.6kJ/kgK [6] por rekomandohet një vlerë prej 0.46kJ/(kg K) e cila normalisht jep temperatura të llogaritura në anën e sigurt (të mbivlerësuar) [9]. Sidoqoftë, për llogaritjet më të sakta rekomandohen Eurocode.

Zgjerimi termik

Koeficienti i zgjerimit termik (β) të çelikut është një veti e pandjeshme ndaj strukturës. Testimi zbulon kurrje të konsiderueshme të materialit në rreth 700°C, që shoqërohet me shndërrimin e strukturës ferrit-perlit në austenit e cila shoqërohet me një ndryshim në sjelljen e materialit.

Koeficienti i zgjerimit termik zakonisht merret të jetë $11,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, në temperaturat e dhomës. Në temperatura më të larta si ato me përvojë në zjarre, koeficienti rritet, dhe një ndërprerje ndodh midis 700°C dhe 800°C. Për qëllime normale të projektimit, Eurocode 3 Pjesa 1.2 (CEN, 2005b) rekomandon një koeficient linear prej $14,0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ [6].

Zvarritja

Zvarritja është relativisht e parëndësishme në çelik strukturor në temperatura normale. Sidoqoftë, bëhet shumë domethënëse në temperaturat mbi 400 ose 500°C. Shumë eksperimente mbi sjelljen e zvarritjes së çelikut në temperatura të ngritura tregojnë se zvarritja varet shumë nga temperatura dhe niveli i nderjes [6].

Temperatura kritike

Temperatura kritike e çelikut shpesh përdoret si një pikë referimi për përcaktimin e dështimit të elementëve strukturorë të ekspozuar ndaj zjarrit. Kjo siguron që rezistenca ndaj rrjedhjes të mos reduktohet në më pak se ajo e 50 për qind të vlerës në temperaturën e ambientit. Temperatura kritike për lloje të ndryshme të çelikeve është dhënë në Tabelën 9 [2].

Tabela 9
Temperatura kritike për lloje të ndryshme të çelikut [2]

Lloji i çelikut	Standard/Referenca	Temperatura (°C)
Çeliku strukturor	ASTM	538
Çeliku përforcues	ASTM	593
Çeliku prestigjues	ASTM	426
Çeliku matës i dritës	KE 3	350

2.5.3. Sistemet e mbrojtura

Ka shumë metoda për të mbrojtur elementët e çelikut nga ndikimi i zjarrit. Ndërtesat strukturore prej çeliku me mbrojtje të aplikuar nga zjarri mund të dizajnohen të kenë rezistencë të shkëlqyeshme ndaj zjarrit. Strukturat e pa mbrojtura të çelikut kanë tendencë të performojnë dobët në zjarre në krahasim me për shembull strukturat e betonit të armuar ose drurit të rëndë, sepse elementët e çelikut zakonisht janë shumë më të hollë dhe çeliku ka një përçueshmëri termike më të lartë se sa materialet e tjera. Strukturat e pambrojtura të çelikut mund t'i mbijetojnë disa zjarreve nëse ashpërsia është e ulët dhe çeliku nuk nxeht shumë.

Një shembull për rreze çeliku të mbrojtur me trashësi të materialit izolues 15 dhe 30 mm dhe rreze çeliku të pambrojtur është paraqitur në Figura 23 [6].

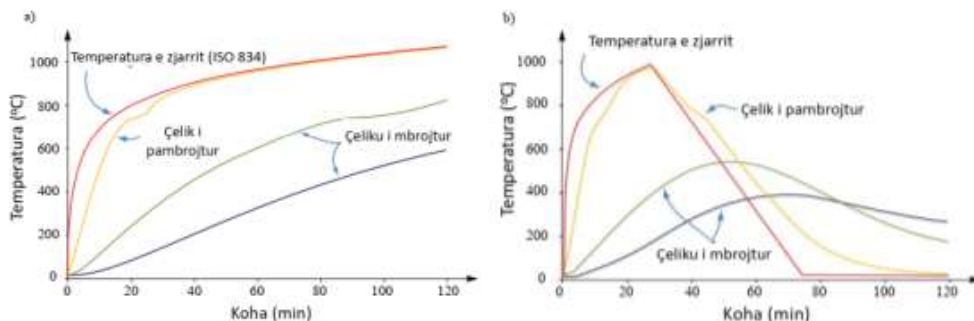


Figura 23. Temperaturat tipike të çelikut për trarët e çelikut të pambrojtur dhe të mbrojtur të ekspozuar ndaj: a) zjarrit standard; b) një zjarr parametrik [6]

Ekzistojnë shumë sisteme alternative mbrojtëse nga zjarri për të zvogëluar shkallën e rritjes së temperaturës në strukturat e çelikut të ekspozuara ndaj zjarrit [6]:

- Mbërthim i betonit
- Sistemet e bordit
- Sistemi i spërkatjes
- Ngjyrosje intruminoze
- Mbrojtja me lëndë drusore
- Mbushja e betonit.

Një nga format e zakonshme të izolimit të zjarrit të aplikuar në elementët strukturore të çelikut për të arritur rezistencën e kërkuar ndaj zjarrit është materiali rezistent ndaj zjarrit i aplikuar (SFRM), i cili funksionon duke vonuar rritjen e temperaturës në çelik. SFRM kryesisht përbëhet nga materiale bazë si gipsi, fibra çimentoje dhe minerale dhe aditivë të tjerë si vermikuliti [4].

2.6. ARMATURA

2.6.1. Vetitë mekanike

Çeliku i armuar është shumë i ndjeshëm ndaj rritjes së temperaturës dhe rezistenca e tij ndryshon ndjeshëm me temperaturën, dhe duhet të merret parasysh në çdo llogaritje strukturore [2].

Sjellja mekanike kryesisht varet nga përbërja e aliazheve dhe teknologjia e prodhimit, përfshirë trajtimin termik. Struktura kristal e çelikut shndërrohet në temperatura të ngritura dhe kjo shkakton ndryshime përkatëse në sjelljen e tij mekanike. Të dhënat eksperimentale të siguruar nga testimi i armaturës në temperatura të ngritura tregojnë se rezistenca dhe sjellja e deformimit përkeqësohen gradualisht me rritjen e temperaturës.

Në temperaturën 800°C, rezistenca për të gjitha shkallët e rezistencës së armaturës arrin vlerën shumë më të ulët, që është vetëm rreth 10% e asaj në temperaturë normale. Rezistenca dhe sjellja deformuese e përforcimit ndryshojnë nën shtigje të ndryshme të temperaturës-nderjes, dhe kjo zbulohet në mënyrë eksperimentale. Sidoqoftë, të dhënat eksperimentale dhe analiza teorike në dispozicion nuk janë akoma të dakorduara mjaftueshëm dhe nevojiten hetime eksperimentale më gjithëpërfshirëse [1].

Parametrat termikë

Armatura ekzistuese ka pak ndikim në shpërndarjen e temperaturës në brendësi të një strukture në kushte zjarri, sepse përgjithësisht përbën vetëm një përqindje të vogël (<3%) të vëllimit të përgjithshëm. Kur analizohet fusha e temperaturës së një strukture, struktura supozohet të jetë homogjene dhe armatura mund të injorohet. Përbërësit kryesorë të çelikut të përdorur në strukturat e ndërtesës janë hekuri dhe karboni, dhe çeliku është i ndarë në elselikë të karbonit të ulët, të mesëm dhe të lartë, sipas përmbajtjes së karbonit [1].

Përbërësit e ndryshëm të elementeve, përmbajtja e tyre në proceset e çelikut dhe trajtimit të nxehtësisë së çelikut ndikojnë në indekset e sjelljes së tij termike. Hekuri i pastër ka koeficientin më të lartë të përçimit dhe zvogëlohet gradualisht me rritjen e përmbajtjes së karbonit dhe aliazhit në çelik. Koeficientët e përçimit të nxehtësisë së çelikut të karbonit dhe çelikut me aliazh të ulët ulen në mënyrë monotnike ndërsa rritet temperatura, por ritmet e ndryshueshme zvogëlohen gradualisht. Sidoqoftë, disa çelike përmbajnë më shumë aliazh dhe koeficienti i përçimit të nxehtësisë rritet ngadalë me temperaturën. Për shkak se hekuri, karboni dhe elementët e tjerë të aliazheve kanë vlera të ndryshme të kapacitetit specifik të nxehtësisë, çeliquet e përbërë nga lloje të ndryshme dhe përmbajtja e elementeve të aliazhit kanë vlera korresponduese të kapacitetit të nxehtësisë (Cs). Vlera rritet pak dhe gradualisht me temperaturën, por ndryshimi është i vogël.

Densiteti i masës (ρ_s) e çelikut gjithashtu ndryshon pak për shkak të llojeve dhe përmbajtjes së ndryshme të elementeve të aliazhit në çelik. Densiteti i masës e hekurit të pastër është e lartë dhe arrin në 7871 kg/m³; për karbonet dhe çeliquet me aliazh të ulët, densiteti i masës është 7850 kg/m³. Vëllimi i çelikut zgjerohet dhe densiteti i masës zvogëlohet pak pasi rritet temperatura, por në përgjithësi merret si konstante gjatë analizës së fushës së temperaturës. Gama variabël të përgjithshme për parametrat termikë të çelikut janë dhënë në Tabela 10 dhe janë krahasuar me beton.

Nga krahasimi i të dhënave të listuara në Tabela 10, është konstatuar se çeliku është një përçues i mirë i nxehtësisë gjë që betoni nuk është. Raporti i koeficientëve të përçimit të nxehtësisë është shumë i madh. Kapaciteti i nxehtësisë në masë të çelikut është padyshim më

i vogël se ai i betonit, sepse përcaktohet nga masa e materialit. Kjo sjellje termike dhe vlerat e parametrave për beton dhe çelik kanë një ndikim të qartë në vlerën dhe shpërndarjen e temperaturës në strukturë në temperatura të ngritura.

Tabela 10
Gama e përgjithshme e parametrave termikë të çelikut dhe betonit [1]

Materiali	Koeficienti i përçimit të nxehtësisë λ (W/m·K)	Kapaciteti i nxehtësisë së masës C (kJ/kg·K)	Densiteti i masës ρ (kg/m ³)
Çeliku	55-28	0.42-0.84	7850
Betoni	1.6-0.6	0.84-1.26	2300

2.7. MURATURA

2.7.1. Vetitë mekanike

Rezistenca në shtypje

Rezistenca në shtypje e tullave ndryshon në një gamë shumë të gjerë, nga 9 në 110 MPa. Kjo vlerë është renditje me madhësi më të madhe se nderjet e lejuara në projektimin e tullave të mbushura. Meqenëse tulla rrallë merret parasysh për role të rëndësishme që mbajnë ngarkesën në ndërtesa, ka pasur pak interes për vetitë mekanike të tullave në temperatura të ngritura.

Tullat prej argjile qeramike humbasin shumë pak rezistencë pas ngrohjes në temperaturat 1000°C, por llaçi zakonisht pëson dëme. Në rastin e muraturës së betonit të armuar, do të duhet të vlerësohet në të njëjtën mënyrë si betoni i armuar normal [6].

Moduli i elasticitetit

Moduli i elasticitetit të tullave (E) është zakonisht midis 10 dhe 20 GPa [2].

2.7.2. Parametrat termikë

Përçueshmëria termike

Përçueshmëria termike e muraturës varet nga densiteti dhe temperatura, dhe vlerat janë dhënë në figurën 24 [15].

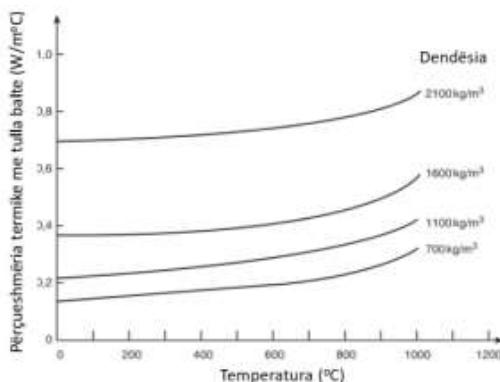


Figura 24. Ndryshimi i përçueshmërisë termike të muraturës me temperaturën [15]

Nxehtësia specifike

Nxehtësia specifike varet gjithashtu nga temperatura e muraturës dhe vlerat janë dhënë në figurën 25 [15].

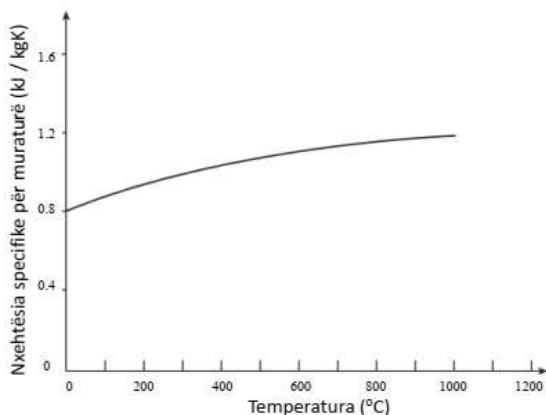


Figura 25. Ndryshimi i nxehtësisë specifike të muraturës me temperaturën 0

Zgjerimi termik

Në temperaturën e dhomës, koeficienti i zgjerimit termik për tulla argjile është rreth $5.5 \cdot 10^{-6}$ m/m•K [2].

Densiteti i masës

Densiteti (ρ) i tullave varion nga 1660 në 2270 kg/m³, në varësi të lëndëve të para të përdorura në prodhim dhe teknikës së prodhimit. Densiteti i vërtetë i materialit (ρ_0) është diku midis 2600 dhe 2800 kg/m³ [2].

2.8. DRURI

Druri është material johomogjen, vetitë e të cilin ndryshojnë me drejtimin në të cilin bëhet matja. Është përzierje komplekse e polimereve natyrore me peshë të lartë molekulare dhe më të rëndësishmet janë celuloza (~ 50%), hemiceluloza (~ 25%) dhe linjina (% 25%) megjithëse këto përmasa ndryshojnë nga speciet në speciet [17].

Druri përdoret gjerësisht si element strukturor në ndërtime me ngritje të ulët [2]. Sidoqoftë, lënda drusore është e djegshme, nuk mund të parandalojë një zjarr dhe madje mund të zmadhojë një zjarr pasi të ketë filluar [1]. Prandaj, dëmtimi nga zjarri në sipërfaqet e ekspozuara të drurit është menjëherë i dukshëm.

Kompleksiteti i drurit e vështirëson interpretimin e sjelljes së djegies. Për shkak të strukturës grimcore, vetitë ndryshojnë sipas drejtimit: kështu që përçueshmëria termike paralelisht me grimcën është rreth dy herë pingul me grimcën, dhe ekziston një ndryshim edhe më i madh në përshkueshmërinë e gazit (i rendit të 103). Substancat e paqëndrueshme të krijuara pak më poshtë sipërfaqes së drurit të pa prekur mund të shpëtojnë më lehtë përgjatë grimcës sesa në kënde të drejta drejt sipërfaqes [17].

Në temperaturat mbi 200–250°C, druri humb ngjyrën dhe digjet, megjithëse ngrohja e zgjatur në temperatura më të ulëta ($\geq 120^\circ\text{C}$) do të ketë të njëjtin efekt. Struktura fizike fillon të prishet

me shpejtësi në temperaturat më lart se 300°C. Në atë moment shfaqen çarje të vogla në shkumb, pingul me drejtimin e grimcës. Plasaritjet gradualisht do të zgjerohen teksa thellësia e shkumbit rritet dhe lejon që avulluesit të dalin me lehtësi nëpër sipërfaqe nga shtresa e prekur. Djegia e drurit është një proces shumë kompleks i cili do të jetë më i ndërlikuar nga prania e shtresës së shkumbit dhe gjithashtu ndërveprimet brenda shkumbit të nxehtë. Edhe gjatë djegies aktive, sasi të vogla të oksigjenit mund të shpërndahen në sipërfaqe dhe reagojnë duke lëshuar nxehtësi që do të kontribuonte në dekompozimin e drurit të paprekur nën shtresën e karbonit. Ekziston një variacion i gjerë në përbërjen dhe strukturën midis pyjeve të specieve të ndryshme [17].

Pjesët strukturore të drurit të rëndë si trarët, shtyllat ose dyshemetë do të shkumbohen në sipërfaqe me dru të padëmtuar brenda. Druri i mbetur nën shtresën e shkumbuar mund të supozohet të ketë rezistencë të pandryshuar dhe madhësia e tij mund të përcaktohet duke hequr pjesën e ndryshuar në sipërfaqe.

Pjesët e drurit të rëndë të ekspozuar ndaj zjarrit kanë tendencë të deformohen shumë më pak sesa elementët e pambrojtur të çelikut. Pjesët e drurit të dëmtuar nga zjarri nuk kanë nevojë të zëvendësohen nëse seksioni kryq i mbetur ka rezistencë të mjaftueshme për të bartur ngarkesat e projektimit. Për të ardhmen mund të jetë e nevojshme të aplikohen mbrojtje shtesë siç janë shtresat e reja të drurit ose pllaka gipsi. Në rastin e elementëve të dëmtuar rëndë, do të duhet të zëvendësohen.

Strukturat e kornizës së drurit të lehta mbrohen nga zjarri nga veshjet e materialit jo të djegshëm (për shembull pllaka gipsi). Pas një zjarri të rëndë, veshjet me siguri do të dëmtohen ose disa veshje mund të kenë rënë për shkak të efekteve të aktiviteteve të zjarrit ose zjarrfikësve. Të gjitha veshjet e dëmtuara duhet të hiqen për të inspektuar dëmtimin e elementëve, në kunja ose trarë. Çdo lëndë druri e shkumbuar do të ketë kapacitet të zvogëluar të ngarkesës dhe për llogaritjet do të jetë e nevojshme të vlerësohet rezistenca e elementeve të mbetura [6].

2.8.1. Vetitë mekanike

Druri është një material ortotrop që do të thotë se rezistenca dhe ngurtësia në drejtimet gjatësore dhe tërthore janë të ndryshme dhe ndikohen nga orientimi i grimcave. Vetitë mekanike të drurit varen nga përmbajtja e lagështisë, shkalla e karremit dhe orientimi i grimcave. Pavarësisht nga lloji i drurit, vetitë mekanike janë të lidhura dhe përafërsisht proporcionale me densitetin 0. Ka shumë pak informacion mbi marrëdhëniet ndërje-deformim për drurin.

Deformimi

Koeficienti i zgjerimit linear termik (β) varion nga 3.2×10^{-6} to 4.6×10^{-6} m/m·K përgjatë grimcave, dhe nga 21.6×10^{-6} to 39.4×10^{-6} m/m·K përmes grimcave. Druri tkurret në temperatura mbi 100°C, për shkak të zvogëlimit të përmbajtjes së lagështirës. Disa hulumtime raportuan se sasia e tkurrjes mund të vlerësohet si 8% në drejtimin radial, 12% në drejtim tangjencial, dhe një mesatare prej 0.1% deri 0.2% në drejtimin gjatësor [2].

Zvarritja në dru është e ndërlikuar nga ndryshimet në përmbajtjen e lagështirës, në mënyrë që deformimet e zvarritjes priren të jenë më të mëdha në mjedise ku përmbajtja e lagështirës së drurit luhet me kalimin e kohës, kështu që zvarritja mund të bëhet shqetësim kryesor në dru të ekspozuar ndaj zjarrit i cili është në temperatura rreth 100°C [6].

Moduli i elasticitetit

Moduli i elasticitetit (E) i drurit në ajër të thatë, i pastër, përgjatë grimcave ndryshon nga 5.5 deri në 15,0 GPa, dhe rezistenca e tij në shtypje (σ_u) ndryshon nga 13 në 70 MPa.

Figura 26 tregon ndryshimet e modulit të elasticitetit dhe rezistencës në shtypje të drurit të thatë në furrë, të pastër me temperaturën. E_0 dhe $(\sigma_u)_0$ në figurë janë modul i elasticitetit dhe rezistencës në shtypje në temperaturë të dhomës. Moduli i elasticitetit zvogëlohet ngadalë me temperaturën deri rreth 200°C, kur arrin rreth 80 për qind, dhe pastaj rënia është më e shpejtë. Rezistenca në shtypje gjithashtu bie në mënyrë lineare në rreth 80 për qind në rreth 200°C, dhe pastaj rënia është më e shpejtë — në rreth 20 për qind rreth 280°C [2].

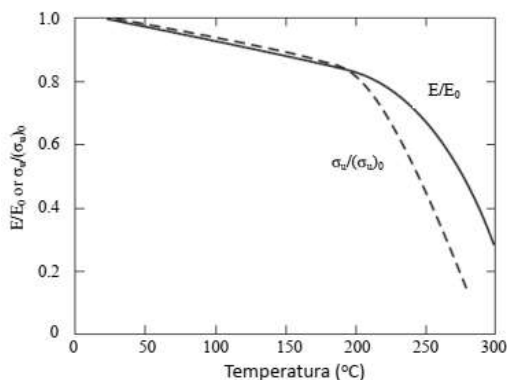


Figura 26. Efekti i temperaturës në modul të elasticitetit dhe rezistencën e shtypjes së drurit [2]

Rezistenca në tërheqje shfaq sjellje të ngjashme me atë të rezistencës së shtypjes, por rënia e rezistencës në tërheqje është më pak e shpejtë me temperaturën.

Përmbajtja e lagështisë luan një rol të rëndësishëm në përcaktimin e rezistencës dhe ngurtësisë, kështu që rritja e përmbajtjes së lagështirës çon në ulje më të madhe. Formulatat për ngurtësinë e zvogëluar dhe rezistencën e projektimit mund të gjenden në Eurocode 5 (Pjesa 1.2) [2].

2.8.2. Parametrat termikë

Përçueshmëria termike dhe nxehtësia specifike

Përçueshmëria termike e drurit varet nga graviteti dhe përqindja e lagështisë në dru, ndërsa nxehtësia specifike varet nga temperatura e drurit 0. Për shembull, përçueshmëria termike në të gjithë grimcën e disa llojeve të pishave u mat nga 0.86 në 0.107 W/m•K, midis temperaturës së dhomës dhe 140°C. Përçueshmëria termike rritet fillimisht deri në një interval të temperaturës prej 150 deri në 200°C, pastaj zvogëlohet në mënyrë lineare deri në 350°C, dhe në fund rritet përsëri përtej 350°C.

Figura 27 tregon nxehtësinë specifike të dukshme për të njëjtën pishë, si një funksion i temperaturës. Saktësia e lakores është disi e diskutueshme, megjithatë, ajo siguron informacion të dobishëm për natyrën e reaksioneve të dekompozimit që ndodhin midis 150 dhe 370°C [15].

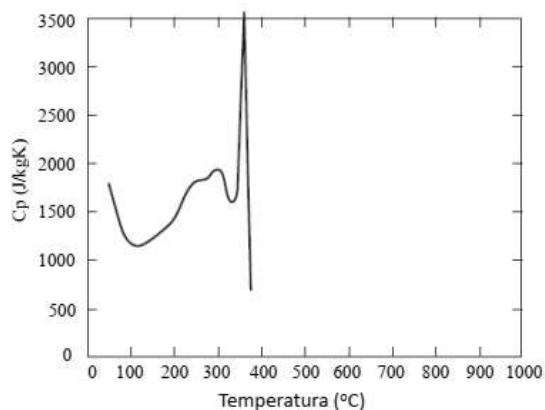


Figura 27. Nxehtësia specifike për një pishë prej 400 kg/m³ [15]

Densiteti i masës

Densiteti në thatësi të furrës (ρ) e pyjeve varion nga 300 kg/m³ në 700 kg/m³. Densiteti i drurit zvogëlohet me temperaturën ndërsa raporti i densitetit (raporti i densitetit në temperaturën e dhomës me atë në temperaturën e ngritur) bie në rreth 0.9 në 200°C dhe më pas bie ndjeshëm në rreth 0.2 në rreth 350 ° C [2].

Shkrumbimi

Shkalla e djegies së drurit shpesh raportohet si "shkalla e shkrumbimit" (mm/min) [17]. Shkrumbimi është një nga vetitë kryesore të drurit që shoqërohet me temperaturë të lartë dhe duhet të merret parasysh në parashikimin e performancës në gjendje zjarri. Shkalla e shkrumbimit ndikohet nga fluksi i nxehtësisë rrezatuese ose nga ashpërsia e zjarrit. Në përgjithësi, një normë konstante e tërthortë e grimcave prej 0.6 mm/min mund të përdoret për drutë që i nënshtrohen ekspozimit standard ndaj zjarrit ndërsa shkalla e shkrumbimit paralel me grimcat e drurit është afërsisht dyfishi i saj. Këto shkallë të shkrumbimit duhet të përdoren vetëm kur përpiqeni të modeloni performancën e seksioneve të drurit në furrën e rezistencës ndaj zjarrit.

Shkrumbimi ndikohet nga një numër i parametrave, nga më të rëndësishmit janë densiteti, përmbajtja e lagështisë dhe tkurja e drurit. Është e arsyeshme të modifikohet në 0.6 mm/min në afërsisht 0.4 mm/min për dru të dendur me lagështi, ose në 0.8 mm/min për dru të thatë dhe të lehtë. Shkallë të shkrumbimit për lloje të ndryshme të drurit mund të gjenden në literaturë.

Eurocode7 jep një shprehje për thellësinë e shkrumbimit në një element të drurit të ekspozuar ndaj zjarrit standard [2].

Shkrumbi mund të izolohet materialin poshtë tij nga burimi i nxehtësisë sepse shkrumbi në përgjithësi është më pak përçues sesa druri nga i cili buron. Ky fenomen komplikon përcaktimin e një "niveli të djegies" sepse kjo shkallë ndryshon me kalimin e kohës. Është e mundur të përcaktohet një normë mesatare e ngarkesës për substancat e ekspozuara ndaj një burimi të kalibruar energjie siç është një furrë, por për zjarret e vërteta nuk është ashtu. Shkalla e shkrumbimit e drunjve më të zakonshëm sillet midis 0.5 dhe 0.8 mm/min [18].

2.9. ALUMINI

Ky lloj materiali ka temperaturë më të ulët të zbutjes dhe shkrirjes në krahasim me çelikun. Vlera e përqeshmërisë termike është midis 180 dhe 240W/m·°C 0, por është e ndryshme për aliazhet e ndryshme [19].

Sidoqoftë, temperatura kufizuese për aluminin është rreth 200°C pasi mbi këtë temperaturë humbja e rezistencës është e tillë që çdo faktor i sigurisë në projektim gërryhet plotësisht. Temperatura kufizuese merret si funksion i lidhjes së saktë të aluminit në përdorim pasi humbja e rezistencës në lidhje me temperaturën është shumë e varur nga sasia dhe lloji i përbërësve të lidhjeve. Densiteti i përdorur në llogaritje mund të merret si 2700kg/m³ 0. Sipas të dhënave në EN 1999-1-2, nxehtësia specifike e aluminit ndryshon nga 913 J/kg°C në temperaturën e dhomës (20°C) deri në 1108 J/kg°C në temperaturë të ngritur 500°C, është përkatësisht 2,1 dhe 1,7 herë më i lartë se ai i çelikut [18].

2.10. PLASTIKA DHE KOMPOZITET ME BAZË PLASTIKE

Polimerët janë makromolekula që kanë peshë të lartë molekulare, molekulat individuale të të cilave përbëhen nga 'zinxhirë' të gjatë të njërive të përsëritura të cilat rrjedhin nga molekula të thjeshta të njohura si monomere [16]. Shumica e polimereve bazohen në karbonin e njohur si polimere organike. Peshat e larta molekulare nënkuptojnë që polimeri mund të ekzistojë në formë të ngurtë ose të lëngshme, por janë shumë të gjata për të qenë të paqëndrueshme [4]. Molekulat e thjeshta mund të lidhen së bashku në një rresht, një shtresë ose një matricë tre-dimensionale. Shumica e polimereve kanë fraksione të konsiderueshme të përbërësve të tjerë, të shtuar për t'u dhënë atyre veti të dëshirueshme, siç janë mbushësit ose plastifikuesit. Disa polimere mund të përmbajnë deri në 50% plastifikues që i bëjnë polimerët të butë dhe të përpunueshëm [17].

Në lidhje me ndezshmërinë, rrjedhja e substancave të paqëndrueshme nga dekompozimi termik i një polimeri është shumë më pak për strukturat shumë të ndërlydhura pasi pjesa më e madhe e materialit formon një shkumbim të pandërprerë, duke ulur kështu efektivisht furnizimin e mundshëm të karburantit të gaztë në një flakë [16]. Është e nevojshme të kuptohen fazat e shndërrimit të zinxhirëve të gjatë molekularë në fragmente të paqëndrueshme. Kjo shpesh quhet "pirolizë" ose "gazifikim", por këto terma përfshijnë një seri komplekse të proceseve kimike dhe fizike, duke çuar në prodhimin e molekulave të paqëndrueshme të ndezshme. Si fizika ashtu edhe kimia e polimereve ndikojnë në dekompozimin e tyre termik dhe sjelljen e djegies. Në varësi të historisë së tyre termike, shumica e polimereve shfaqin një shkallë kristaliteti, duke dhënë një kalim më të mprehtë midis fazave të ngurta dhe të lëngshme. Përbërja kimike e mekanizmave molekularë shfaq një ndikim të thellë në zbrëthimin termik të polimereve, me degëzim zinxhir, lidhje dyfishe ose oksigjen në shtyllën e polimerit duke ulur qëndrueshmërinë termike, dhe unazat aromatike dhe ndërlydhja e shtyllës së polimerit duke rritur qëndrueshmërinë termike [4].

Polimeret sintetike zakonisht klasifikohen në dy grupe kryesore, terminalet termo-plastike dhe termo-vendosëse. Si grup i tretë mund të merren elastomerët që mund të dallohen në bazë të vetive të tyre si gomë [16]. Dallimi kryesor ndërmjet termoplastikës dhe polimereve termo-vendosëse është se këto të fundit janë struktura të ndërlydhura që nuk do të shkrihen kur nxehen. Sidoqoftë, në një temperaturë mjaft të lartë, shumë dekompozohen që të japin luhatje direkt nga substanca të ngurta, duke lënë pas një mbetje karbonioze. Nga ana tjetër, termoplastikët do të zbuten dhe shkrihen kur nxehen, gjë që do të modifikojë sjelljen e tyre

në gjendje zjarri [16]. Termo-vendosësit janë përgjithësisht më të fortë, por më të brishtë se termoplastikët, kanë qëndrueshmëri më të lartë termike, stabilitet më të lartë dimensional, ngurtësi më të lartë dhe rezistencë ndaj zvarritjes dhe deformimit nën ngarkesë [4].

Një lloj polimeri janë materialet plastike. Plastikët dhe veçanërisht kompozitet me bazë plastike janë strukturore shumë efikase për sa i përket raportit të rezistencës së peshës por të dobët kur ekspozohen ndaj efekteve të zjarrit. Kjo do të thotë që materialet e tilla kanë nevojë për nivele të gjera mbrojtjeje për të ruajtur kapacitetin mbajtës të ngarkesës në temperatura të ngritura. Kjo do të thotë që trashësia e izolimit duhet të sigurojë që temperaturat brenda elementit plastik duhet të mbahen afër ambientit. Ekziston një problem shtesë në atë se disa plastika dekompozohen me temperaturën dhe lëshojnë gazra shumë inflamatorë ose toksikë.

Karakteristikat e disa polimereve më të njohura të termoplastikës tregohen më poshtë [2]:

Polietileni (PE): Polietileni fillon të ndërlidhet në 202°C dhe të dekompozohet (ulje në peshën molekulare) në 292°C, megjithëse humbja e gjerë në peshë nuk vërehet nën 372°. Produktet e dekompozimit përfshijnë një gamë të gjerë alkanesh dhe alkenesh. Produktet kryesore të dekompozimit janë propani, propeni, etani, eteni, buten, heksen-1, dhe buten-1. Është raportuar një gamë e gjerë e energjisë së aktivizimit, në varësi të konvertimit të përqindjes dhe peshës fillestare molekulare. Dekompozimi përmirësohet fuqimisht nga prania e oksigjenit, me efekte domethënëse të zbulueshme në 150°C.

Polipropileni (PP): Stabiliteti i polipropilenit është më i ulët në krahasim me polietilenin. Ashtu si me polietilenin, reaksioni i zinxhirit dhe reaksionet e transferimit të zinxhirit janë të rëndësishme gjatë dekompozimit. Reduktimet në peshën molekulare vërehen së pari në 227°C në 247°C dhe volatilizimi bëhet domethënës mbi 302°C. Oksigjeni ndikon në mënyrë drastike si në mekanizëm ashtu edhe në shkallën e dekompozimit. Temperatura e dekompozimit është ulur me rreth 70°C, dhe produktet e dekompozimit oksidativ përfshijnë kryesisht ketone. Në temperaturat nën pikën e shkrirjes, polipropileni është më rezistent ndaj pirolizës oksidative pasi përhapja e oksigjenit në material pengohet nga densiteti dhe kristaliteti më i lartë i polipropilenit.

Klorid polyvinyl (PVC): Polimeri më i zakonshëm i halogjenizuar është PVC. Është një nga tre polimeret më të përdorura në botë, me polietilen dhe polipropilen. Midis 227°C dhe 277°C, gazi klorur hidrogjeni evoluon. Është shumë e rëndësishme të theksohet se temperatura në të cilën kloruri i hidrogjenit fillon të evoluohet në çdo mënyrë të matshme, varet shumë nga paketa e stabilizimit të përdorur. Shkalla e ndryshimit varet nga pesha molekulare, kristaliteti, prania e oksigjenit, gazit të klorurit të hidrogjenit dhe stabilizuesve.

Produktet polimer janë zakonisht me kosto të ulët, kanë peshë të lehtë, të disponueshme në një gamë të gjerë ngjyrash, përçueshmëri të ulët termike dhe elektrike, rezistencë të mirë dhe rezistencë të mirë ndaj acideve, bazave dhe lagështisë [4].

2.11. GIPSI

Produktet e gipsit përdoren gjerësisht në industrinë e ndërtimeve në formën e pllakave. Pllaka e gipsit prodhohet duke përzier ujin me "suvanë e parisit" (hemihidrat e sulfatit të kalciumit: $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$). Kristalët ndërlidhës të $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ janë përgjegjës për forcimin e materialit. Bërthama e pllakave është e fabrikuar me "suva të paris", në të cilën përzihen aditivët [2].

Mund të ketë një ndryshim domethënës në performancën e zjarrit të pllakës së gipsit bazuar në llojin dhe formulimin e bërthamës, që ndryshon nga një prodhues në tjetrin. Gipsi është një material ideal për mbrojtjen nga zjarri. Uji brenda gipsit luan një rol të madh në përcaktimin e vetive termike të tij dhe përgjigjen ndaj zjarrit. Në ngrohje, ai do të humbasë dy molekulat H_2O në temperaturë midis $125^{\circ}C$ dhe $200^{\circ}C$. Nxehtësia e dehidrimit të plotë është $0.61-106J$ për kg gips. Për shkak të thithjes së konsiderueshme të energjisë në procesin e dehidrimit, një shtresë gipsi e aplikuar në sipërfaqen e një elementi ndërtimi është në gjendje të vonojë dukshëm depërtimin e nxehtësisë në ndërtimin themelor të ngarkesës.

Vetitë termike të pllakës së gipsit ndryshojnë në varësi të përbërjes së bërthamës. Përqeshmëria termike e produkteve të gipsit është e vështirë të vlerësohet, për shkak të ndryshimeve të mëdha në porozitetet e tyre dhe natyrën e agregateve. Një vlerë tipike për pllakat e suvasë me densitet prej rreth $700 kg/m^3$ është $0.25 W/m \cdot K$. Koeficienti i zgjerimit termik të produkteve të gipsit mund të ndryshojë midis 11.0×10^{-6} dhe $17 \times 10^{-6} m/m \cdot K$ në temperaturën e dhomës, në varësi të natyrës dhe sasisë së agregateve të përdorura [2].

Nuk ka shumë informacion në lidhje me vetitë mekanike të pllakës së gipsit në temperatura të ngritura sepse këto prona janë të vështira për t'u marrë në mënyrë eksperimentale. Rezistenca e pllakës së gipsit në një temperaturë të ngritur është shumë e vogël dhe mund të neglizhohet.

Inspektimi i pllakës së gipsit mund të japë një tregues të kohëzgjatjes së zjarrit. Kur pllaka e gipsit është e ekspozuar ndaj zjarrit, ajo dehidratohet në mënyrë të qëndrueshme nga sipërfaqja e nxehtë. Thellësia e dehidrimit mund të vërehet duke thyer një copë pllake të vogël për të lokalizuar kalimin midis suvasë së butë të dehidratuar dhe gipsit të ngurtë të pllakës origjinale. Pllaka tipike e gipsit dehidraton me afërsisht $0,5 mm$ në minutë [6].

2.12. QELQI

Qelqi është një material i ngurtë qelqor me strukturë kristali të ngjashme me një lëng. Gjatë ngrohjes, ai kalon përmes një viskoziteti në rënie. Qelqi ndonjëherë përdoret në barriera rezistente ndaj zjarrit, ku ai mund të sigurojë vetëm një vlerësim të integritetit, sepse nuk ka aftësi strukturore në temperatura të ngritura dhe nuk mund të sigurojë një vlerësim izolimi, përveç nëse është i veshur me një lloj veshjeje intimesente. Nëse lustrimi do të përdoret në një pengesë rezistente ndaj zjarrit, ai duhet të grumbullohet me qelq special, ose qelq me tel (të përforcuar me tela të imët në të dy drejtimet) ose me një qelq të formuar posaçërisht rezistent ndaj zjarrit. Lustrimi rezistent ndaj zjarrit zakonisht instalohet në korniza çeliku, të cilat mbërthejnë qelqin dhe parandalojnë që ai të deformohet tepër kur nxehet. Kornizat e aluminit nuk mund të përdoren për shkak të temperaturave të ulëta të shkrirjes. Grumbullimet me qelq mund të testohen në teste të shkallës së plotë të rezistencës ndaj zjarrit, por vlerësimi është vetëm për kriterin e integritetit.

Shumica e qelqit tipik zbutet ose shkrihet në intervalin e temperaturës 600 deri $800^{\circ}C$, por do të plasarit ose priset nëse i ekspozohet goditjes termike në temperatura shumë më të ulëta, për shkak të temperaturave diferenciale brenda qelqit ose për shkak të zgjerimit të kornizës përreth. Qelqi normal i dritares supozohet se shpërthen dhe bie nga dritaret në kohën e ndezjes (zakonisht rreth temperaturave $500-600^{\circ}C$), megjithëse testet kanë treguar që kjo nuk ndodh gjithmonë. Qelqi i forcuar ose qelqi i forcuar nga nxehtësia nuk mund të copëtohet në temperatura të larta. Lustrimi i dyfishtë ka tendencë të mbetet në vend shumë më i gjatë se shtresat e vetme të qelqit.

Kohët e fundit janë zhvilluar një numër i sistemeve të lustrimit të izoluar të vetive, të përbërë nga shtresa alternative të qelqit ose silikatit të natriumit me materiale të tejdukshme. Këto produkte janë transparente në temperaturat e dhomës, por bëhen të errëta në temperatura të larta, duke arritur rezistencë ndaj zjarrit deri në 2 orë. Muret dhe dritaret e qelqit mund të ofrojnë rezistencë ndaj përhapjes së zjarrit nëse ato spërkatën vazhdimisht me ujë nga një sistem spërkatësi i projektuar siç duhet (Kim et al., 1998; England et al., 2000) [6].

2.13. FRP

Forcimi me anë të polimereve të përforcuar me fibra (FRP) është shumë i popullarizuar kryesisht për shkak të vetive të larta mekanike dhe kostos relativisht të ulët. Përbërjet FRP përbëhen nga fibra me rezistencë të lartë (p.sh. karboni, qelqi, aramidi) dhe matricat organike në ambient termik, zakonisht rrëshirë epoksi, për lidhjen e saj në strukturë. Fijet mbajnë forcat tërheqëse, ndërsa matrica transferon nderjen në mbështesin e betonit. Janë të lehtë për t'u instaluar, kanë një raport të lartë rezistencë-peshë dhe kanë veti të përshtatshme mekanike

Përbërësit FRP mund të lidhen nga jashtë (ER) në sipërfaqen e elementit ose të vendosen brenda kanalit të gdhendura në element dhe të plotësohen me matrica organike (Me teknikën e montimit afër sipërfaqes, NSM).

Kur ekspozohet ndaj temperaturës së lartë, problemi lind kur arrihet temperatura e kalimit të qelqit, T_g , e matricës polimer, për shkak të zbutjes së rrëshirës, gjë që zvogëlon aftësinë e transferimit të forcave midis fibrave. Përcaktimi i saktë i vlerës së T_g është një problem për identifikimin, për shkak të natyrës progresive të procesit të zbutjes. FRP që polimerizojnë aplikime në vend karakterizohen me T_g shumë të ulët (ndërmjet 45 dhe 80°C për rrëshirë normale dhe rezistent ndaj nxehtësisë, përkatësisht). Kur FRP-të janë duke përdorur si armaturë të brendshme, është e mundur të merren, T_g mbi 100°C [19].

Megjithëse tejkalimi i T_g nënkupton një ulje të forcës së armaturës, degradimi i rëndësishëm arrihet në temperaturat afër shkrirjes së rrëshirës (temperatura e kristalizimit, $T_c > T_g$) ose edhe më e lartë. Studimet eksperimentale treguan se zbutja e rrëshirës që fillon në T_g , përfshin një ulje drastike të vetive ngjithëse dhe efikasitetit të sistemit të forcimit për strukturat ekzistuese, e cila kryesisht varet nga efektiviteti i lidhjes midis FRP dhe betonit, ndikohet fuqimisht nga temperatura 0. FRP klasifikohen si materiale anizotropike prandaj posedojnë veti të ndryshme në drejtime të ndryshme [4].

Krahasimi midis sistemeve të forcimit të çelikut dhe FRP tregoi se FRP, në veçanti çarçafët, pa mbrojtje sillen më mirë se pllaka çeliku për shkak të përçueshmërisë më të ulët të nxehtësisë dhe peshës së tyre më të vogël. Përdorimi i FRP si forcuar në mënyrë të jashtme për rrezet RC, muret ose pllakat kanë nevojë për mbrojtje me izolim shtesë në mënyrë që të shmangen mosmarrëveshjet midis fletëve FRAM ose laminateve dhe mbështetje betoni [19].

2.14. IZOLIM PËR MBROJTJE

Materiali izolues shpesh përdoret si një material mbrojtës nga zjarri për elementët strukturorë siç janë shtyllat, trarët, dyshemetë dhe muret. Izolimi ndihmon në shtyrjen e ngritjes së temperaturës së elementëve strukturorë, duke rritur kështu rezistencën ndaj zjarrit. Ekzistojnë një numër i materialeve izoluese, por leshi mineral dhe fibrat e qelqit janë dy materialet izoluese më të përdorura në mure dhe dyshe. Materialet e tjera izoluese të përdorura për mbrojtjen nga zjarri përfshijnë bojëra intimesente, fibra minerale me llak, pllaka izolimi dhe

pllaka të fibrave të kompresuara. Vetitë termike të izolimit luajnë një rol të rëndësishëm në përcaktimin e rezistencës ndaj zjarrit.

Nuk ka shumë informacione në dispozicion për vetitë termike të llojeve të ndryshme të izolimit. Dallimet në vlerat e përçueshmërisë termike në temperatura më të larta janë kryesisht për shkak të ndryshimeve në përbërjen kimike të fibrave. Testet e rezistencës ndaj zjarrit në mure dhe dysHEME kanë treguar se izolimi i fibrave minerale performon më mirë sesa izolimi i fibrave të qelqit. Kjo është kryesisht për shkak se fibra e qelqit shkrihet në intervalin e temperaturës 700–800°C ndërsa pika e shkrirjes për izolimin e fibrave minerale është më e lartë. Densiteti i fibrës së qelqit është rreth 10 kg/m³ dhe është shumë më e ulët se ajo e fibrës gurore, e cila është rreth 33 kg/m³ [4].

Gjithashtu përmbajtja e lagështisë së materialit izolues ka një efekt në vetitë termike. Karakteristikat termike për izolimin ndaj zjarrit tregohen në temperaturën e dhomës dhe ato mund të ndryshojnë ndjeshëm nga temperatura dhe gjithashtu me përbërjen izoluese [4].

2.14.1. Standardi evropian EN 13501-1

Standardi Evropian EN 13501-1 [21] siguron reagimin ndaj klasifikimit të zjarrit për të gjitha produktet dhe elementët e ndërtimit. Sipas këtij Standardi, reagimi ndaj zjarrit është reagimin e një produkti në kontributin e vetë dekompozimit të tij ndaj zjarrit të cilit i ekspozohet, në kushte të specifikuara.

Produktet konsiderohen në lidhje me aplikimin e tyre të përdorimit përfundimtar, ndahen në tre kategori kryesore: produkte ndërtimi,

- dysHEME,
- produkte izolues termik të tubit linear.

Produktet e ndërtimit klasifikohen sipas metodave të harmonizuara të testimit në Euroklasat A1, A2, B, C, D, E dhe F. Produktet e klasifikuara në një klasë të caktuar vlerësohet se plotësojnë të gjitha kërkesat e çdo klase të ulët. Produktet e klasifikuara në klasat A1 dhe A2 janë jo të djegshme (për shembull çimento, beton, qelq, tekstil me fije qelqi, lesh guri, qeramikë etj.), Materialet e certifikuara nga B në F janë të djegshme në renditje lart.

Materialet e dysHemesë dhe produktet e izolimit termik të tubave linearë klasifikohen sipas të njëjtave klase A1, A2, B, C, D, E dhe F të ndjekura nga shkurtesa "fl" dhe "l".

Të gjitha produktet dhe materialet e klasifikuara si A2, B, C, D marrin një klasifikim shtesë në lidhje me emetimin e tymit dhe prodhimin e pikave të ndezjes dhe grimcave të tjera:

s	Emetimi i tymit gjatë djegies	1	sasia/shpejtësia e emetimit në mungesë ose e dobët
		2	sasia/shpejtësia e emetimit me intensitet mesatar
		3	sasia/shpejtësia e emetimit me intensitet të lartë
d	Prodhimi i pikave/grimcave flakëruese gjatë djegies	0	nuk pikon
		1	pikim i ngadaltë
		2	pikim i shpejtë

Klasifikimi i produkteve të ndërtimit dhe materialeve të dysHemesë sipas standardit EN 13501-1 është paraqitur në Tabelën 11.

Tabela 11

Përcaktimi	Produktet e ndërtimit			Materialet e dyshemesë	
Materiale jo të djegshme	A1			A1 _{fl}	
	A2-s1,d0	A2-s1,d1	A2-s1,d2	A2 _{fl} -s1	A2 _{fl} -s2
	A2-s2,d0	A2-s2,d1	A2-s2,d2		
	A2-s3,d0	A2-s3,d1	A2-s3,d2		
Materiale të djegshme - kontribut shumë i kufizuar në zjarr	B-s1,d0	B-s1,d1	B-s1,d2	B _{fl} -s1	B _{fl} -s2
	B-s2,d0	B-s2,d1	B-s2,d2		
	B-s3,d0	B-s3,d1	B-s3,d2		
Materiale të djegshme - kontribut i kufizuar në zjarr	C-s1,d0	C-s1,d1	C-s1,d2	C _{fl} -s1	C _{fl} -s1
	C-s2,d0	C-s2,d1	C-s2,d2		
	C-s3,d0	C-s3,d1	C-s3,d2		
Materiale të djegshme- Kontributi i mesëm në zjarr	D-s1,d0	D-s1,d1	D-s1,d2	D _{fl} -s1	D _{fl} -s1
	D-s2,d0	D-s2,d1	D-s2,d2		
	D-s3,d0	D-s3,d1	D-s3,d2		
Materiale të djegshme- Kontribut i madh në zjarr	E		E-d2	E _{fl}	
Materiale të djegshme- lehtësisht të ndezshme	F			F _{fl}	

* Për klasën E është dhënë një nënklasë e vetme d2.

REFERENCAT

- [1] Z. Guo, X. Shi, *Experiment and Calculation of Reinforced Concrete at Elevated Temperatures*, 1st ed., Elsevier, 2011./ Guo, X. Shi, Eksperimenti dhe llogaritja e betonit të armuar në temperatura të ngritura, edicioni 1, Elsevier, 2011
- [2] Group of authors, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., Massachusetts and Maryland, 2002./ Grup autorësh, Manuali SFPE i Inxhinierisë së Mbrojtjes nga Zjarri, edicioni i tretë, Massachusetts dhe Maryland, 2002
- [3] D. E. Della-Giustina, *Fire Safety Management Handbook*, 3rd ed., Taylor&Francis, 2014./ E. Della-Giustina, Manuali i Menaxhimit të Sigurisë nga Zjarri, edicioni i tretë, Taylor & Francis, 2014
- [4] M. J. Hurley, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., Springer, 2016./ M. J. Hurley, Manuali SFPE i Inxhinierisë së Mbrojtjes nga Zjarri, edicioni i 5-të, Springer, 2016
- [5] L. G. Bengtsson, *Enclosure fires*, Swedish Rescue Services Agency./ L. G. Bengtsson, Zjarret e rrethimit, Agjensia Suedeze e Shërbimeve të Shpëtimit
- [6] A.H. Buchanan, A.K. Abu, *Structural Design for Fire Safety*, 2nd ed., Wiley, New Zealand, 2017./ A.H. Buchanan, A.K. Abu, Dizajnimi Struktural për Sigurinë nga Zjarri, ed. 2, Wiley, Zelanda e Re, 2017
- [7] Group of authors, *Fire Protection Handbook*, 19th ed., National Fire Protection Association, 2003./ Grup autorësh, Doracaku për mbrojtjen nga zjarri, edicioni i 19-të, Shoqata Kombëtare e Mbrojtjes nga Zjarri, 2003
- [8] B. Karlsson, J. G. Quintiere, *Enclosure Fire Dynamics*, 1st ed., CRC Press, 2000./ B. Karlsson, J. G. Quintiere, Dinamika e zjarrit të mbyllur, edicioni 1, CRC Press, 2000
- [9] U. Wickström, *Temperature Calculation in Fire Safety Engineering*, 1st ed., Springer, 2016./ U. Wickström, Llogaritja e Temperaturës në Inxhinierinë e Sigurisë nga Zjarri, edicioni 1, Springer, 2016

- [10] C. A. Harper, *Handbook of Building Materials for Fire Protection*, 1st ed., McGraw-Hill, 2004./ C. A. Harper, Doracaku i materialeve ndërtimore për mbrojtjen nga zjarri, edicioni i parë, McGraw-Hill, 2004
- [11] J. R. Almirall, K. G. Furton, *Analysis and Interpretation of Fire Scene Evidence*, 1st ed., CRC Press, 2004.
- [12] P. Stollard, J. Abrahams, *Fire from First Principles-A design guide to building fire safety*, 3rd ed., E&FN SPON, 1999./ P. Stollard, J. Abrahams, Zjarri nga Parimet e Para-Një udhëzues i projektimit për ndërtimin e sigurisë nga zjarri, ed. 3, E&FN SPON, 1999
- [13] *Comprehensive Fire Protection and Safety with Concrete*, 1st ed., The Irish Concrete Federation, Ireland, 2007./ Mbrojtja gjithëpërfshirëse nga zjarri dhe siguria me beton, edicioni i parë, Federata Irlandeze e Betonit, Irlandë, 2007
 - a. J. F. Denoël, *Fire Safety and Concrete Structures*, 1st ed., FEBELCEM, 2007./ I. J. F. Denoël, Siguria nga zjarri dhe strukturat e betonit, edicioni i parë, FEBELCEM, 2007
- [14] J. A. Purkiss, *Fire Safety Engineering-Design of Structures*, 2nd ed., Elsevier, 2007./ J. A. Purkiss, Inxhinieri e Sigurisë nga Zjarri-Dizajni i strukturave, ed. 2, Elsevier, 2007
- [15] *Design: Fire Protection Engineering for Facilities*, 1st ed., Department of Defense USA, 2004./ Dizajni: Inxhinieri e Mbrojtjes nga Zjarri për objektet, edicioni i parë, Departamenti i Mbrojtjes USA, 2004
- [16] D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, 3rd ed., Wiley, 2011./ D. Drysdale, hyrje në dinamikën e zjarrit, edicioni 3, Wiley, 2011
- [17] J. J. Lentini, *Scientific Protocols for Fire Investigation*, 1st ed., Taylor&Francis, 2006./ J. J. Lentini, Protokollat Shkencore për Hetimin e Zjarrit, ed. 1, Taylor & Francis, 2006
- [18] J. A. Purkiss, L. Li, *Fire Safety Engineering Design of Structures*, 3rd ed., CRS Press, 2014./ J. A. Purkiss, L. Li, Dizajni i strukturave të inxhinierisë së sigurisë nga zjarri, edicioni 3, CRC Press, 2014
- [19] C. Pellegrino, J. Sena-Cruz, *Design Procedures for the Use of Composites in Strengthening of Reinforced Concrete Structures*, Vol. 19., RILEM-Springer, 2016./ C. Pellegrino, J. Sena-Cruz, Procedurat e projektimit për përdorimin e kompozitave në forcimin e strukturave të betonit të armuar, vëll. 19., RILEM-Springer, 2016
- [20] *European Standard EN 13501-1:2010 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests*, 2010./ Standardi Evropian EN 13501-1: 2010 Klasifikimi i zjarrit i produkteve të ndërtimit dhe elementeve të ndërtimit - Pjesa 1: Klasifikimi duke përdorur të dhëna nga reagimi ndaj testeve të zjarrit, 2010

Autorë: Igor Džolev, Đorđe Ladinović

3. REZISTENCA E STRUKTURAVE NDAJ ZJARRIT

3.1. HYRJE NË REZISTENCËN E STRUKTURAVE NDAJ ZJARRIT

3.1.1. Kërkesat themelore

Objektivat e përgjithshme të mbrojtjes nga zjarri, në rast të paraqitjes së tij, janë kufizimi i rreziqeve ndaj individëve dhe shoqërisë, pronës fqinje dhe, kur kërkohet, mjedisit ose pronës së ekspozuar drejtpërsëdrejti [1]. Sipas Direktivës 89/106/EEC të Produkteve të Ndërtimit, për kufizimin e rreziqeve nga zjarri duhet të përmbushen kërkesat themelore të mëposhtme [2]:

- Kapaciteti (aftësia) mbajtës i strukturës duhet të sigurohet për një periudhë të caktuar kohore,
- zhvillimi dhe përhapja e zjarrit dhe tymit brenda ndërtesës duhet të jetë i kufizuar,
- përhapja e zjarrit në objektet përreth duhet të jetë e kufizuar,
- duhet të jetë i mundur evakuimi i njerëzve,
- siguria e ekipeve të shpëtimit duhet të sigurohet.

Këto kërkesa imponojnë konsiderata shtesë që duhet të merren parasysh gjatë fazës së projektimit, në formën e masave pasive dhe aktive të mbrojtjes nga zjarri, për të minimizuar pasojat në rast se zjarri ndodh. Meqenëse, në përgjithësi, një ngjarje e tillë nuk mund të parashikohet dhe eliminohet si kërcënim (figura 1), qëllimi inxhinierik është të zvogëlojë rreziqet, duke përmirësuar vazhdimisht bazën e njohurive të fenomeneve të analizuar dhe duke përfshirë zgjidhjet në praktikën inxhinierike.

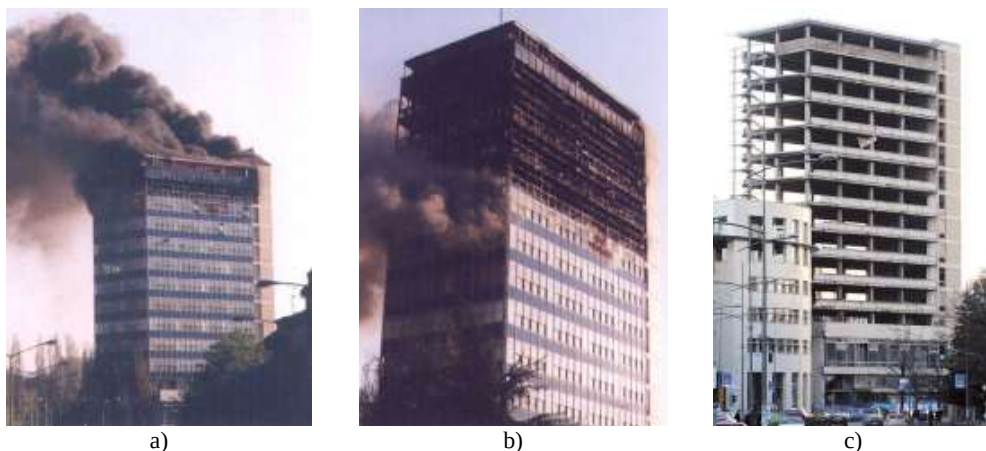


Figura 1. Novi Sad (Serbi) Zjarri i ndërtesave të larta të Universitetit të Hapur në 6 Prill 2000: a) zjarri u përhap në të gjithë katin fillestar, b) përhapja e zjarrit vertikal dhe c) gjendja aktuale e ndërtesës

Metodat e vlerësimit të rezistencës ndaj zjarrit, qoftë me anë të testeve ose llogaritjes, mund të ndahen në këto kategori [3]:

- testet e zjarrit standard,
- të dhëna tabelare (të përcaktuara me rregullore dhe të bazuara në llogaritjet më të thjeshta),
- llogaritjet e thjeshtuara, duke neglizhuar ndikimet komplekse, siç janë nderjet termike,
- llogaritjet e avansuara (të bazuara në sjellje),
- testet e në përmasa reale.

Sipas Eurokodeve, analiza e rezistencës së strukturave ndaj zjarrit, varësisht nga kompleksiteti mund të bëhet në tre nivele:

- analiza e elementeve,
- analiza e nënstrukturës,
- analiza globale e strukturës.

Përveç metodave preskriptive dhe eksperimentale, zhvillimi aktual teknik lejon vlerësimin e përgjigjes termike dhe strukturore ndaj zjarrit edhe përmes llogaritjes. Studimet eksperimentale ofrojnë njohuritë më gjithëpërfshirëse mbi sjelljen e strukturave në zjarr. Megjithatë, kostot e kryerjes së studimeve të tilla janë të konsiderueshme (vendosja eksperimentale, pajisjet, furrat e specializuara dhe pajisjet matëse). Duke pasur parasysh kufizimet në madhësinë e furrave, dhe kostot e pajisjeve, si dhe sasitë e mëdha të energjisë për çdo provë të kryer, nevoja për një qasje më të qëndrueshme ka rezultuar në zhvillimin e procedurave të llogaritjes për të siguruar një zgjidhje ekonomike të pranueshme për praktikën inxhinierike.

Kur vlerësohet rezistenca ndaj zjarrit, pavarësisht nga metoda e përdorur, hapi i parë është vlerësimi i zjarrit real dhe modelimi i një skenari real dhe konservativ të zjarrit. Në përgjithësi, ashpërsia e një zjarri varet nga një numër faktorësh, duke përfshirë [3]:

- sasia e materialeve të djegshme,
- kushtet e ventilimit, në kuptimin e shpërndarjes së oksigjenit,
- karakteristikat fizike të hapësirës në të cilën paraqitet zjarri.

3.1.2. Ndikimi i zjarrit dhe modelet e zjarrit

Çdo zjarr real është i veçantë, por të njëjtat faza të zhvillimit mund të vërehen gjatë secilit zjarr: ndezja, rritja, momenti i ndezjes së plotë “*flashover*”, faza e zhvillimit të plotë të zjarrit, faza e rënies dhe shuarja. Për qëllim të analizës strukturore të zjarrit, në varësi të supozimeve dhe nivelit të kompleksitetit, modelet e zjarrit ndahen në tre kategori:

- Lakoret e zjarrit nominal,
- Lakoret e zjarrit parametrik,
- Modelet multi-zonal.

Meqenëse parashikimi i saktë i vendndodhjes së paraqitjes së zjarrit, si dhe kushtet në të cilat do të zhvillohet zjarri, praktikisht janë të pamundura të vendosen me siguri, në mënyrë që të përcaktohet modeli referent i zjarrit që do të përdoret në klasifikimin e elementeve strukturore nga ndikimi i zjarrit, janë përvetësuar lakoret standarde (nominale) të zjarrit. Më së shpeshti përdoren lakoret e zjarrit ISO 834 [4], ASTM E119 [5], lakorja hidrokarbure dhe lakoret e zjarrit të jashtëm [2] (Figura 2). Lakoret standarde të zjarrit rrjedhin nga baza e të dhënave të temperaturave maksimale të regjistruara në zjarre celulozike reale dhe përfaqësojnë zhvillimin e temperaturës pasi të ndodhë *flashover*. Matematikisht, lakoret paraqesin funksionin e ndryshimit të temperaturës së gazit të nxehtë në një situatë të zhvillimit të plotë

të zjarrit, në varësi të kohës. Supozimet themelore janë që temperatura brenda sektorit të zjarrit konsiderohet e pavarur nga madhësia e saj dhe materializimi, sasia e lëndës djegëse të pranishme dhe vetitë e ventilimit të mbështjellësit. Gjithashtu, temperatura gjatë zjarrit konsiderohet e pavarur nga koordinatat hapësinore brenda sektorit të zjarrit. Funkcionet temperaturë-kohë janë monotonorritës, duke mos marrë parasysh fazën e ftohjes që pason pas fazës së zhvillimit të plotë të zjarrit. Kur përdoren zjarre standarde, rezistenca ndaj zjarrit matet në minuta si kohë në të cilën përmbushet një kriter i paracaktuar i zjarrit. Në varësi të funksionit të elementit dhe topologjisë, rezistenca ndaj zjarrit përcaktohet në bazë të kriterëve të mëposhtme:

- R - funksioni mbajtës i ngarkesës (aftësia e një strukture ose të një elementi për të ruajtur rezistencën e kërkuar mekanike në rast zjarri, sipas një kriteri të përcaktuar),
- E - funksioni i integritetit (aftësia e një elementi ndarës, kur ekspozohet ndaj zjarrit nga njëra anë, të parandaloj kalimin përmes tij të flakëve dhe gazrave të nxehtë dhe të parandaloj shfaqjen e flakëve në anën e paekspozuar),
- I - funksioni i izolimit (aftësia e një elementi ndarës kur ekspozohet ndaj zjarrit nga njëra anë, të kufizoj ngritjen e temperaturës në anën e paekspozuar nën nivelet e përcaktuara).

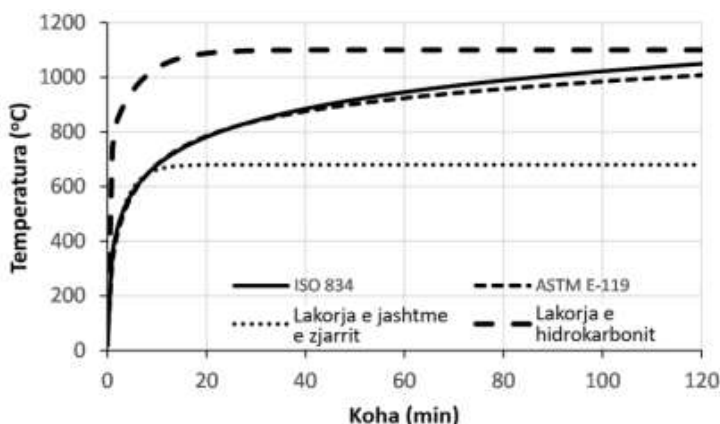


Figura 2. Lakoret standarde të kohës-temperaturës së zjarrit

Nëse përvetësohet ekspozimi standard ndaj zjarrit, funksioni mbajtës i ngarkesës kërkohet të plotësohet për një periudhë të caktuar kohe, ndërsa, për ekspozimin parametrik ndaj zjarrit, struktura duhet të jetë në gjendje t'i rezistojë veprimit të zjarrit për tërë kohëzgjatjen e zjarrit, përfshirë edhe fazën e ftohjes. Funksioni mbajtës i ngarkesës dhe funksioni i integritetit mund të vlerësohen vetëm përmes analizës ndërje-termike dhe/ose analizës eksperimentale. Funksioni i izolimit, nga ana tjetër, mund të përcaktohet vetëm me anë të transferimit të nxehtësisë. Zakonisht, kriteret e izolimit supozohet se janë të kënaqura nëse rritja mesatare e temperaturës mbi tërë sipërfaqen e pa ekspozuar është e kufizuar në 140°C dhe rritja maksimale e temperaturës në ndonjë pikë të asaj sipërfaqja nuk tejkalon 180°C. Kriteri i izolimit termik duhet të parandalojë ndezjen spontane të lëndës djegëse jashtë sektorit të zjarrit, duke parandaluar përhapjen e zjarrit në strukturat dhe hapësirat fqinje.

Elementi strukturor më pas klasifikohet duke përdorur shënime që korrespondojnë me një kriter specifik dhe sipas kohëzgjatjes minimale të një zjarri standard (në minuta) derisa të tejkalohet kriteri përkatës i thyerjes. (p.sh. "REI 60" siguron kapacitet mbajtës, integritet dhe izolim termik të elementit për të paktën 60 minuta ekspozim standard ndaj zjarrit).

Megjithëse përdorimi i lakoreve nominale të zjarrit mundëson klasifikimin e elementeve sipas rezistencës ndaj zjarrit, mund të vërehet një devijim i konsiderueshëm i temperaturave të regjistruara në krahasim me zjarret e vërteta, në varësi të madhësisë së sektorit të zjarrit, ngarkesës së zjarrit në dispozicion, etj., e cila shpesh siguron një zgjidhje konservative, por në disa raste, një zgjidhje që nuk është në anë të sigurisë. Për një vlerësim më të detajuar të një zjarri që mund të paraqitet në një sektor të veçantë, mund të përdoren lakore parametrike të zjarrit, të cilat marrin parasysh vetitë gjeometrike reale dhe vetitë e materialit të sektorit, si dhe kushtet e ventilimit. Lakoret parametrike të zjarrit, ndryshe nga ato standarde, përfshijnë gjithashtu edhe fazën e ftohjes, duke siguruar kështu zhvillimin e temperaturës me kalimin e kohës gjatë gjithë zjarrit.

Në procesin e projektimit, është e nevojshme të vërtetohet se struktura ka rezistencë adekuate të zjarrit në të gjitha fazat, përfshirë fazën pas shuarjes së plotë të zjarrit. Kjo e fundit, në varësi të materialit primar të ndërtimit, mund të jetë thelbësore, sepse në materialet që kanë një inerci të lartë termike, temperaturat maksimale në elemente mund të ndodhin edhe pasi të shuhet zjarri. Kjo është veçanërisht e rëndësishme për shkak të shërbimeve të zjarrfikësve dhe të tjerëve që hyjnë në ndërtesë menjëherë pas zjarrit. Kjo qasje është specifike për projektimin e bazuar në performancë (PBD), e cila gjithnjë e më shumë është në përdorim, sepse zgjidhjet unike arkitekturore moderne, përdorimi i materialeve moderne dhe zgjidhjet e guximshme të projektimit shpesh nuk mund të shihen duke përdorur procedurat preskriptive të projektimit.

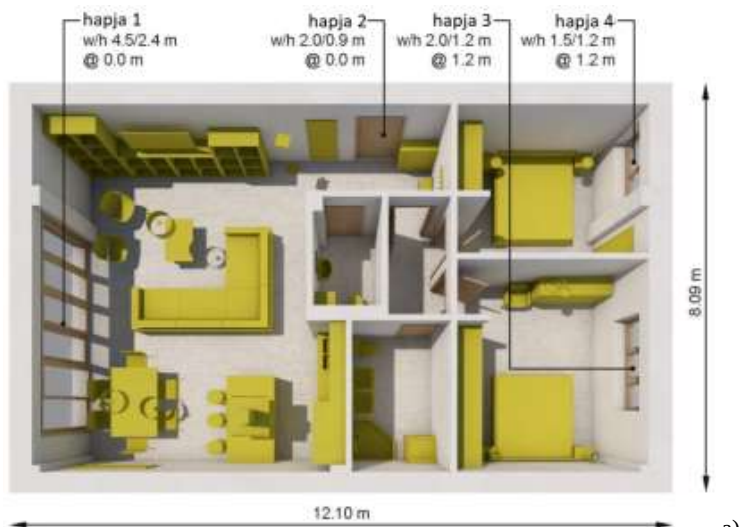
Një model i saktë i zjarrit është pjesa fundamentale e modelimit kompjuterik të sjelljes së një strukture gjatë një zjarri. Megjithëse modele të sakta nuk janë akoma të disponueshme, viteve të fundit janë kryer studime të gjera.

Në rast se nevojitet një vlerësim më i saktë i zhvillimit të temperaturës brenda sektorit të zjarrit, mund të aplikohen modele zonimesh, bazuar në ligje për ruajtjen e masës dhe energjisë. Për shkak të kompleksitetit të llogaritjes numerike, është e nevojshme procedurë iterative, duke kushtëzuar përdorimin e këtyre modeleve në programin kompjuterik të specializuar.

Prandaj, një sektor i çfarëdoshëm i zjarrit mund të analizohet duke përdorur modele të ndryshme të zjarrit, në varësi të objektivit të analizës dhe nivelit të seriozitetit në rast se ndodh një zjarr. Shembull i sektorit të zjarrit (njësi banimi tridhomshe njëfamiljare) është paraqitur në Figurën 3, ku të dhënat e materialeve të shtresave të mbështjellësit të sektorit të zjarri janë dhënë në Tabelën 1.

Lakoret e temperaturë-kohë të zhvilluara për këtë sektor të veçantë janë paraqitur në Figurën 4. Siç u përshkrua më parë, për analizën e sjelljes së strukturës ndaj zjarrit, mund të përdoren lakore të ndryshme të zjarrit, nga ato të thjeshta (ISO 834), parametrike (të përcaktuara sipas Shtojcës A të EN 1991 -1-2) deri në ato më komplekse, të cilat përfshijnë vetitë fizike të sektorit. Është e rëndësishme të ceket se lakoret standarde dhe parametrike të zjarrit përshkruajnë zhvillimin e zjarrit pas paraqitjes së flashover, dhe nuk marrin parasysh kohëzgjatjen e fazës së rritjes pas ndezjes (faza "I").

Nëse nevojitet një krahasim i thjeshtë i temperaturave të zhvilluara, origjina e lakores standarde dhe parametrike duhet të zhvendoset në mënyrë translatore në çastin e flashover (faza "II"), i cili përcaktohet në bazë të modelit të zonimit, i zhvilluar në programin kompjuterik OZone [6, 7]. Lakorja standarde e zjarrit, përveç fazës "I" dhe "II", gjithashtu nuk merr parasysh fazën e dobësimit të zjarrit (faza "IV").



a)



b)

Figura 3. Gjeometria, përcaktimi i hapjeve dhe shtresat kufitare të sektorit të analizuar

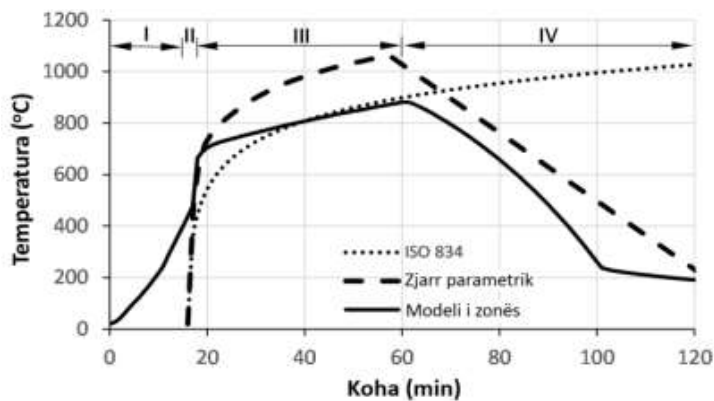


Figura 4. Lakoret e temperaturës-kohë që korrespondojnë me sektorin e analizuar

Tabela 1
Shtresat e mbylljes së sektorit

	Materiali	Trashësia [Cm]	Masa e njësisë [kg/m ³]	Përçueshmëria [W/mK]	Nxehtësia specifike [J/kgK]
Dyshemeja	Pllaka qeramike	1	2300	1.28	920
	Mall betoni	5	2200	1.40	1050
	Lesh guri	15	60	0.037	1030
	Beton	20	2300	1.60	1000
Tavani	Solucion ndërtimi	1	1700	0.85	1050
	Beton	20	2300	1.60	1000
	Lesh guri	25	60	0.037	1030
	Mall betoni	5	2200	1.40	1050
Muri	Solucion ndërtimi	1	1700	0.85	1050
	Termoblok	25	1400	0.61	920
	Lesh guri	15	60	0.037	1030
	Solucion ndërtimi	1	1700	0.85	1050

Pasi të përcaktohet zhvillimi i temperaturës së gazit të nxehtë në sektor, ai mund të përdoret si e dhënë hyrëse për të përcaktuar depërtimin e nxehtësisë brenda elementeve strukturore përgjatë kohës. Rezultatet e analizës termike paraqesin profile të temperaturës në hapësirë dhe kohë, të nevojshme p.sh. për përcaktimin e funksionit të izolimit termik të një elementi ndarës (mbajtës ose jombajtës), ose për vlerësimin e degradimit të aftësisë mbajtëse dhe shtangësisë së elementeve mbajtëse, nëse për qëllim është përcaktimi i funksionit mbajtës të ngarkesës. Në varësi të qëllimit të analizës, mund të vlerësohen kritere të ndryshme të rezistencës ndaj zjarrit dhe mund të përcaktohet rezistenca ndaj zjarrit të elementit/pjesës/strukturës globale.

3.2. METODOLOGJIA E ANALIZËS SË REZISTENCËS NDAJ ZJARRIT TË STRUKTURAVE

Analiza e rezistencës ndaj zjarrit të strukturave duhet të përfshijë hapat e mëposhtëm përkatës [2]:

- zgjedhja e skenarëve përkatës projektues të zjarrit,
- përcaktimi i llojeve të përshtatshme të zjarreve projektuese,
- llogaritja e zhvillimit të temperaturës brenda elementeve strukturore,
- llogaritja e sjelljes mekanike të strukturës së ekspozuar ndaj zjarrit.

Skenari projektues i zjarrit është një përshkrim cilësor i zhvillimit të zjarrit me kalimin e kohës bazuar në një vlerësim të rrezikut nga zjarri, i cili identifikon ngjarjet kryesore që përcaktojnë zjarrin dhe e dallojnë atë nga zjarret e tjerë të mundshëm. Zakonisht definohet procesi i ndezjes dhe zhvillimit të zjarrit, gjendja e zjarrit plotësisht të zhvilluar, ftohja, si dhe rrethimi brenda ndërtesës dhe sistemet që mund të ndikojnë në rrjedhën e zjarrit.

Metodat moderne të projektimit të strukturave kërkojnë përdorimin e modeleve të sofistikuara kompjuterike, në mënyrë që të parashikojnë efektet e ngarkesës së aplikuar dhe ekspozimit

ndaj zjarrit, si dhe aftësinë e strukturës dhe elementeve të saj që t'i përballojnë ndikimeve. [8]. Komponentët kryesorë të modeleve të tilla janë paraqitur në Figurën 5.

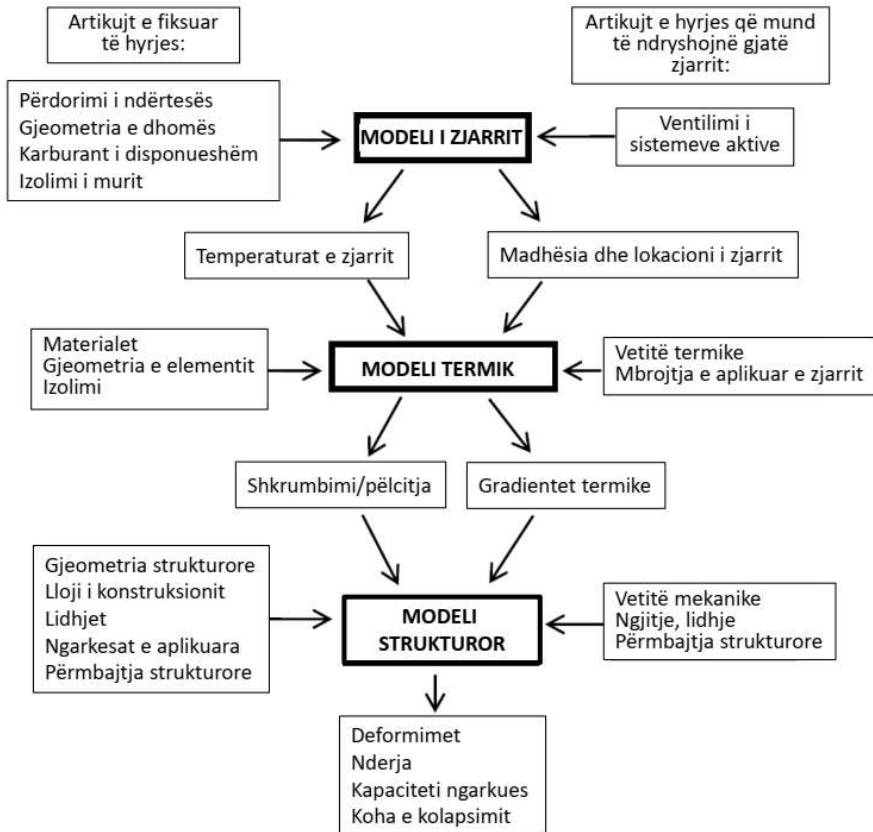


Figura 5. Algoritmi për parashikimin e sjelljes së strukturave gjatë zjarrit

Llogaritja e avancuar e zhvillimit të temperaturës brenda elementeve mbajtëse bazohet në analizën kohore të transferimit të nxehtësisë, përmes përçueshmërisë, konvektionit dhe rrezatimit. Ekuacioni diferencial i transferimit të nxehtësisë përmes përçueshmërisë është:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

ku janë:

- $\lambda_{x,y,z}$ koeficienti i përçueshmërisë termike në tre drejtime kryesore (në varësi të temperaturës),
- ρ densiteti i materialit (në varësi të temperaturës)
- c nxehtësia specifike (në varësi të temperaturës),
- T Temperatura,
- t parametri kohë.

Kushtet kufitare mund të modelohen duke marrë parasysh të dy mekanizmat e transferimit të nxehtësisë: konvektionin dhe rrezatimin.

Fluksi i nxehtësisë për shkak të konvektionit është:

$$q_c = h_c (T_z - T_f) \quad (2)$$

ku janë:

- h_c koeficienti i konvektionit (për një mur të një dhome në temperaturën e ambientit, vlera e rekomanduar është $h_c = 4 [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$, ndërsa në rast të zjarrit në dhomë, vlera e rekomanduar $h_c \geq 25 [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$),
- T_z temperatura në sipërfaqe të elementit,
- T_f temperatura e fluidit rreth elementit.

Fluksi i nxehtësisë i shkaktuar nga rrezatimi është:

$$q_r = V \varepsilon \sigma_c (T_{z,a}^4 - T_{f,a}^4) = h_r (T_z - T_f) \quad (3)$$

$$h_r = V \varepsilon \sigma_c (T_{z,a}^2 + T_{f,a}^2)(T_{z,a} + T_{f,a}) \quad (4)$$

ku janë:

- h_r koeficienti i rrezatimit (në varësi të temperaturës),
- V faktori i formës (zakonisht, $V = 1.0$),
- ε koeficienti rezultues i emetimit $\varepsilon = \varepsilon_f \varepsilon_z$, $\varepsilon_f = 1.0$ është koeficienti i emetimit të fluidit përreth, ε_z është faktori i emetimit nga sipërfaqja e elementit, në varësi të materializimit (mund të përvetësohet në bazë të standardeve përkatëse të Eurokodeve)
- $\sigma_c = 5.67 \cdot 10^{-8} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}]$ konstanta e Stefan-Boltzmann-it,
- $T_{z,a}$ temperatura absolute e sipërfaqes,
- $T_{f,a}$ temperatura absolute e fluidit.

Zgjidhja e ekuacionit diferencial zakonisht fitohet shfrytëzuar procedurat numerike, p.sh. metodën e elementeve të fundme (FEM).

Duke marrë parasysh rrezatimin, problemi bëhet jolinear. Zgjidhja bëhet duke shfrytëzuar veprimin iterativ në secilin hap kohor. Gjithashtu problemi bëhet jolinear për shkak të përvetësimit të vetive fizike të materialit si të varura nga temperatura. Në këtë rast, matricat e përcqeshmërisë dhe kapacitetit përcaktohen në fillim të çdo hapi kohor bazuar në temperaturat e llogaritura nga hapi paraprak.

Llogaritja e sjelljes mekanike të strukturës mund të bëhet nëse dihen fushat e temperaturës gjatë zjarrit. Zakonisht, së pari llogaritet transferimi i nxehtësisë, kurse reagimi mekanik llogaritet në funksion të kohës, duke marrë parasysh shpërndarjen e temperaturës brenda elementeve, për ngarkesa gravitacionale konstante. Kjo do të thotë që temperaturat përcaktohen në gjendje të padeformuar, e cila është mjaft e saktë në sistemet strukturore. Megjithatë një analizë termo-mekanike plotësisht e shoqëruar me modelimin e fenomenit real fizik, procedura llogaritëse do të kërkonte llogaritjen e grupeve të bashkuara të ekuacioneve në çdo hap kohor të analizës. Me këtë futen shkallë shtesë të lirisë, gjë që llogaritja bëhet

shumë më komplekse. Meqenëse ndikimi në saktësinë e përgjigjes është praktikisht i papërfillshëm, analiza strukturore kryhet pas përcaktimit të fushave të temperaturës.

Modeli strukturor duhet të bazohet në sjelljen themelore fizike, në përputhje me ligjet e mekanikës së kontinuumit, duke filluar nga elasticiteti linear me futjen graduale të plasticitetit dhe zhvillimin e dëmtimit, jashtë zonës së përgjigjes elastike lineare, pasi përgjigja e strukturës gjatë zjarrit është dukshëm jolineare. Jolineariteti është pasojë e ndryshimeve në vetitë e materialit (termike dhe mekanike), si dhe shpërndarja jolineare e temperaturës në nivelin e prerjes tërthore të elementit. Gjithashtu, për lloje të caktuara të strukturave, zgjerimi termik për shkak të temperaturave të ngritura mund të shkaktojë deformime të mëdha, gjë që për një vlerësim real të përgjigjes, kërkon përfshirjen e jolinearitetit gjeometrik të llogaritjes. Meqenëse nuk janë zhvilluar zgjidhje analitike, atëherë përdoret MEF, e cila mundëson analizën e strukturave me gjeometri të çfarëdoshme, materiale dhe kushte kufitare të çfarëdoshme. Për sa i përket saktësisë, modelet e llogaritjes duhet të verifikohen (procesi i kontrollit të zgjidhjes matematikore të modelit) dhe të vërtetohet (procesi i kontrollit të përshtatshmërisë së modelit matematikor që përfaqëson sjelljen aktuale të strukturës).

Përveç modeleve të avancuara të llogaritjes, të cilat me saktësi të mjaftueshme mund të parashikojnë përgjigjen e përgjithshme të strukturave, por janë komplekse dhe jopraktike për t'u përdorur në praktikën e përditshme të inxhinierisë, Eurokodet lejojnë përdorimin e metodave të thjeshtësuara të llogaritjes, për të vlerësuar rezistencën ndaj zjarrit të elementeve të veçuara. Në varësi të materialit ndërtimor, një listë e standardeve për llogaritjen e rezistencës së strukturave ndaj zjarrit është dhënë në Tabelën 2.

Tabela 2
Lista e standardeve të Eurokodeve në lidhje me projektimin strukturor kundër zjarrit

EN	Pjesa	Titulli
EN 1990	n/a	Baza e projektimit strukturor
EN 1991	1-2	Veprimet mbi strukturat - Veprimet e përgjithshme - Veprimet mbi strukturat e ekspozuara ndaj zjarrit
EN 1992	1-2	Projektimi i strukturave të betonit - Rregullat e përgjithshme - Projektimi strukturor kundër zjarrit
EN 1993	1-2	Projektimi i strukturave të çelikut - Rregullat e përgjithshme - Projektimi strukturor kundër zjarrit
EN 1994	1-2	Projektimi i strukturave të çelikut dhe betonit të përbërë - Rregullat e përgjithshme - Projektimi strukturor kundër zjarrit
EN 1995	1-2	Projektimi i strukturave të drurit - Rregullat e përgjithshme - Projektimi strukturor kundër zjarrit
EN 1996	1-2	Projektimi i strukturave të muratuara - Rregullat e përgjithshme - Projektimi strukturor kundër zjarrit
EN 1999	1-2	Projektimi i strukturave të aluminit - Projektimi strukturor kundër zjarrit

3.3. NDIKIMI I ZJARRIT NË STRUKTURA

Ngarkesa e zjarrit konsiderohet si ngarkesë incidentale. Temperaturat që zhvillohen në elementet strukturore kanë ndikim jashtëzakonisht të madh në rezistencën mekanike të të gjithë strukturës, e cila, nëse nuk përfshihet në llogaritje në mënyrë korrekte, mund të shkaktojë dështimin e strukturës dhe shembje të të gjithë ndërtesës.

Temperaturat e larta të gazrave brenda sektorit të zjarrit, të cilat krijohen nga ndezja, dhe në rast se djegia e mëtutjeshme e lëndës së zjarrit nuk mund të ndërpritet, p.sh. me masa të

mbrojtjes aktive nga zjarri (siç janë sistemet e spërkatësve), ata ngrohin elementet e strukturës me mekanizmat për transferimin e nxehtësisë. Karakteristikat e materialit që ndikojnë në ngritjen e temperaturës janë përçueshmëria termike, nxehtësia specifike dhe densiteti i materialit. Përçueshmëria termike është aftësia e një materiali për të përçuar nxehtësinë. Transferimi i nxehtësisë është më i ngadalshëm te materialet me koeficient më të ulët të përçueshmërisë termike, krahasuar me materialet me koeficiente më të larta të përçueshmërisë termike. Për shembull, metalet zakonisht kanë një përçueshmëri të lartë termike, gjë që i bën ata përçues të shkëlqyeshëm të nxehtësisë, gjë që rezulton në depërtim më të shpejtë të nxehtësisë, dhe kështu degradim më të shpejtë të vetive mekanike gjatë një zjarri. Nga ana tjetër, përçueshmëria termike më e ulët, siç është rasti me strukturat prej betoni dhe druri, siguron veti të mira izoluese, që do të thotë se ndodh një gradient i madh i temperaturës dhe temperatura ngrihet vetëm në shtresa afër sipërfaqes së ekspozuar, ndërsa temperatura e pjesës së brendshme të prerjes tërthore mbetet relativisht e ulët, duke e mbajtur kapacitetin mbajtës të një pjese të madhe të prerjes tërthore në nivel afër atij të temperaturës së ambientit. Gradienti i madh i temperaturës shkakton nderje të konsiderueshme lokale, si pasojë e zgjerimit të pabarabartë termik të pjesëve të prerjes tërthore. Në këto nderje tejkalojnë rezistencën e materialit, mund të rrezikohet tërësia e prerjes tërthore. Në strukturat e betonit të armuar, një gradient i temperaturës së lartë në zonën e shtresës mbrojtëse të betonit (në sipërfaqe të ekspozuara drejtpërdrejt) mund të çojë në ndarjen e një pjese të betonit nga elementi në mënyrë të detyruar dhe eksplozive, një fenomen i njohur si pëlcitje eksplozive e betonit. Një nga parametrat kryesorë që ndikojnë në pëlcitjen eksplozive të betonit gjatë një zjarri është përmbajtja e lagështisë brenda elementeve, pasi ngrohja e prerjes tërthore bën që uji të avullohet, gjë që rrit presionin e poreve për shkak të parandalimit të zgjerimit të lirë, duke shkaktuar më tej nderje shtesë në zonat me interes. Faktorët e tjerë, siç janë trashësia e shtresës mbrojtëse të betonit, madhësia e gurit të agregatit, shkalla e ngrohjes, poroziteti, përshkueshmëria, si dhe niveli i ngarkesës së jashtme, gjithashtu mund të kontribuojnë në pëlcitjen e betonit, por modelet e tilla të parashikimit janë akoma në zhvillim. Nëse vjen deri tek pëlcitja eksplozive e betonit, shufrat e armaturës, më parë të mbrojtura nga shtresa e betonit rrethues, ekspozohen drejtpërdrejt ndaj flakës. Përçueshmëria e lartë termike e çelikut ndikon në transferimin më të shpejtë të nxehtësisë brenda armaturës, gjë që çon në një ngritje më të shpejtë të temperaturës dhe degradim më të shpejtë të kapacitetit mbajtës, i cili përfundimisht mund të ndikojë në rezistencën e përgjithshme të strukturës ndaj zjarrit. Prandaj, është thelbësore që probabiliteti i pëlcitjes eksplozive të betonit gjatë një zjarri të minimizohet. Në këtë drejtim, janë kryer studime të shumta duke përdorur aditivë në projektimin e recetave të betonit, siç janë fibrat e polipropilenit (PP) në sasi të vogla (në kufijtë prej 0 deri në 2% të vëllimit të elementit), megjithatë, në llogari të zvogëlimit të rezistencës në shtypje të betonit [9]. Fibrat PP, të shpërndara në mënyrë të njëtrajtshme brenda betonit, luajnë një rol aktiv në përmirësimin e rezistencës së betonit të ekspozuar ndaj temperaturave të larta ndaj pëlcitjes eksplozive. Ato kanë një pikë shkrirjeje relativisht të ulët, pas së cilës dekompozohen (pa krijuar gazra të dëmshëm) dhe krijojnë xhepa hapësinor, duke bërë të mundur që presioni poror gjatë ngrohjes të zvogëlohet.

Për dallim nga betoni dhe druri, çeliku ka një përçueshmëri termike relativisht të lartë, me anë të së cilës temperatura transferohet me shpejtësi në tërë prerjen tërthore dhe ka një rënie të papritur të vetive mekanike dhe aftësisë mbajtëse. Për të ngadalësuar ngrohjen e çelikut gjatë zjarrit, shpesh elementet mbrohen me veshje me materialet izoluese (leshi guri, pllaka gipsi), ose lyerje mbrojtëse rezistente ndaj zjarrit, me bazë nga epoksi.

Nxehtësia specifike e materialit është energjia e kërkuar për të ngritur temperaturën e një njësie të masës së trupit për një njësi të temperaturës. Prandaj, materialet me vlera më të larta

të nxehtësisë specifike kërkojnë një sasi më të madhe të nxehtësisë për një njësi të ndryshimit të temperaturës, e cila shkakton vonesë në kohën e rritjes së temperaturës në krahasim me temperaturën e burimit të jashtëm të nxehtësisë. Në rast zjarri, ky efekt mund të jetë i dobishëm, duke siguruar kohë të bollshme për evakuim. Sidoqoftë, në fazat e mëvonshme të zjarrit, në fazën e ftohjes, kur temperatura e gazit zvogëlohet, temperatura në elemente mund të rritet akoma për ca kohë, para se të fillojë të ulet. Kjo është veçanërisht e rëndësishme për sigurinë e shërbimeve të ndihmës së parë dhe / ose zjarrfikës që hyjnë të parët në objekt gjatë shuarjes së zjarrit.

Disa materiale, si betoni dhe druri, humbin peshë në temperatura të larta, për shkak të humbjes së ujit të lirë dhe kimikisht të lidhur dhe / ose reaksioneve kimike që ndodhin në temperatura më të larta. Për çelikun, megjithatë, dendësia mbetet konstante gjatë gjithë intervalit të temperaturës që mund të pritet në zjarr.

Kërkesa thelbësore për rezistencën ndaj zjarrit të strukturave mund të sigurohet duke ndjekur mundësi të ndryshme të strategjive të mbrojtjes nga zjarri, siç janë skenarët konvencionale të zjarrit (zjarret nominale), ose "natyrale" (parametrike), përfshirë masat mbrojtëse pasive dhe / ose aktive.

Funksionet e kërkuara dhe nivelet e performancës mund të përcaktohen ose në terma të një mase nominale (standarde) të rezistencës ndaj zjarrit, zakonisht të dhëna në rregulloret nacionale ose, nëse lejohet nga rregulloret nacionale, duke iu referuar inxhinierisë së mbrojtjes nga zjarri, për të vlerësuar masat pasive dhe aktive. Kërkesat shitesë, në lidhje me instalimin dhe mirëmbajtjen e mundshme të sistemeve të spërkatësve, kushtet e përdorimit të ndërtesës ose të sektorit të zjarrit, përdorimin e materialeve për izolim dhe veshje, përfshirë mirëmbajtjen e tyre, nuk janë dhënë në këtë dokument, pasi ato janë subjekt i specifikimeve nga autoriteti kompetent. Vlerat numerike për faktorët parcialë të sigurisë dhe elementët e tjerë janë dhënë si vlera të rekomanduara që sigurojnë një nivel të pranueshëm të besueshmërisë. Ata janë zgjedhur me supozimin se do të sigurojnë nivel të duhur të projektimit dhe kontrollit të cilësisë.

3.3.1.Strukturat e betonit

Tradicionalisht, betoni konsiderohet një material "zjarrdurues" për shkak të jo-djegshmërisë dhe vetive relativisht të larta të izolimit termik. Betoni është një material i larmishëm, i cili, nëse është i projektuar siç duhet, mund të jetë natyrshëm i qëndrueshëm ndaj zjarrit. Megjithatë, duke analizuar sjelljen e tij gjatë zjarrit, u vërejtën tri probleme të mundshme:

- përkeqësimi i vetive mekanike,
- dëmtimi i shkaktuar nga deformimet termike,
- pëlcitja eksplozive e betonit.

Në nivelin strukturor, zhvillimi i metodave inxhinierike për vlerësimin e sjelljes nga zjarri ka lindur nga kufizimet e qenësishme në metodat preskriptive tradicionale të projektimit. Tërësia e rregullave konvencionale, për dallim nga qasja racionale me vegla inxhinierike, ka të metat e saj, të cilat më së shpeshti reflektohen në të qenët shumë konservatore, por edhe në moszbatueshmëri për ndërtesat me zgjidhje unike arkitekturore dhe ndërtimore. Vitet e fundit, kjo qasje e masave dhe kërkesave konvencionale është rishqyrtuar me një qasje holistike dhe shkencore, duke avancuar fushën e inxhinierisë së mbrojtjes nga zjarri.

Një procedurë e plotë analitike për projektimin strukturor kundër zjarrit do të merrte parasysh sjelljen e sistemit strukturor në temperatura të ngritura, ekspozimin e mundshëm ndaj

nxehtësisë dhe efektet e dobishme të sistemeve aktive dhe pasive të mbrojtjes nga zjarri, së bashku me paqartësitë që lidhen me këto tri tipare dhe rëndësinë të strukturës (pasojat e dështimit). Në kohët e sotme është e mundur të ndërmerret një procedurë për përcaktimin e performancës adekuate, e cila ngërthen disa, nëse jo të gjitha, nga këta parametra, dhe të demonstrohet se struktura, ose komponentët e saj, do të arrijnë performancën e mjaftueshme në rast të një zjarri të vërtetë në ndërtesë. Sidoqoftë, nëse procedura bazohet në një zjarr nominal (standard), sistemi i klasifikimit, i cili kërkon periudha specifike të rezistencës ndaj zjarrit, merr parasysh (megjithëse jo në mënyrë taksative) tiparet dhe paqartësitë e përshkruara më lart. Identifikohet qasja preskriptive dhe qasja e bazuar në performancë. Qasja preskriptive përdor zjarret nominale për të gjeneruar veprime termike. Qasja e bazuar në performancë, duke përdorur inxhinierinë e sigurisë nga zjarri, u referohet veprimeve termike të bazuara në parametrat fizikë dhe kimikë.

Sipas EN 1992-1-2, vlerat e projektimit të vetive mekanike të betonit (si forca ashtu edhe deformimi) përcaktohen si:

$$X_{d,fi} = k_0 X_k / \gamma_{M,fi} \quad (5)$$

ku:

- X_k është vlera karakteristike e një vetie të forcës ose deformimit (përgjithësisht f_k ose E_k) për projektim në temperaturë normale, sipas EN 1992-1-1,
- k_0 është faktori zvogëlues për një veti të forcës ose deformimit ($X_{k,0} / X_k$), në varësi të temperaturës së materialit,
- $\gamma_{M,fi}$ është faktori i pjesshëm i sigurisë për vetinë materiale përkatëse, për situatën e zjarrit.

Vlerat e projektimit të vetive të materialit termik $X_{d,fi}$ përcaktohen si:

$$X_{d,fi} = X_{k,0} / \gamma_{M,fi} \quad (6)$$

nëse një rritje e vetisë është e favorshme për sigurinë, ndërsa:

$$X_{d,fi} = \gamma_{M,fi} X_{k,0} \quad (7)$$

nëse një rritje e vetisë është e pafavorshme për sigurinë, ku:

- $X_{k,0}$ është vlera e një vetie materiale në projektimin kundër zjarrit, përgjithësisht e varur nga temperatura,
- $\gamma_{M,fi}$ është faktori i pjesshëm i sigurisë për vetinë përkatëse të materialit, për situatën e zjarrit.

Për materialin e betonit të armuar, vlera e rekomanduar e një faktori të pjesshëm të sigurisë është $\gamma_{M,fi} = 1.0$, përveç nëse specifikohet ndryshe në Shtojcën Kombëtare.

Verifikimi i rezistencës ndaj zjarrit mund të bëhet në domenin kohor, në domenin e forcës ose në domenin e temperaturës. Koha e kërkuar e rezistencës ndaj zjarrit e strukturës duhet të jetë e barabartë me ose më e shkurtër se koha e disponueshme e rezistencës ndaj zjarrit. Verifikimi përmes forcës është i ngjashëm me qasjen e zakonshme të projektimit strukturor në kushtet e ambientit. Temperatura kritike në strukturë duhet të jetë më e ulët se temperatura kufizuese e strukturës.

Për strukturën e analizuar, duhet të vërtetohet që, për kohëzgjatjen përkatëse të ekspozimit ndaj zjarrit:

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi} \quad (8)$$

ku:

- $E_{d,fi}$ është efekti i projektimit i veprimeve për situatën e zjarrit, i përcaktuar sipas EN 1992-1-2, duke përfshirë efektet e zgjerimeve dhe deformimeve termike,
- $R_{d,fi}$ është rezistenca përkatëse e projektimit në situatën e zjarrit.

Si një alternativë ndaj projektimit përmes llogaritjes, projektimi i zjarrit mund të bazohet në rezultatet e testimeve të zjarrit, ose në testimet e zjarrit në kombinim me llogaritjet. Kjo e fundit është më e realizueshme në aspektin ekonomik, pasi testimet e zjarrit kërkojnë furra dhe pajisje të specializuara në mënyrë që të përshkruajnë kushtet e veçanta të ekspozimit termik dhe të monitorojnë temperaturat dhe deformimet e strukturave në lokacione specifike.

Efektet e veprimeve janë të njëjta me temperaturën e ambientit. Këto veprime aplikohen si vlera konstante gjatë gjithë ekspozimit ndaj zjarrit në projektim. Si thjeshtëzim thelbësor, efektet e veprimeve mund të nxirren nga ato të përcaktuara në projektimin në temperaturë normale duke përdorur shprehjen e mëposhtme:

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} E_d \quad (9)$$

ku:

- E_d është vlera e projektimit e forcës përkatëse ose momentit për projektimin në temperaturë normale, për një kombinim thelbësorë të veprimeve, sipas EN 1990,
- η_{fi} është faktori i reduktimit për nivelin e ngarkesës së projektimit për situatën e zjarrit.

Nëse kombinimi i ngarkesës për projektimin kundër zjarrit është:

$$G_k + \psi_{fi} Q_{k,1} \quad (10)$$

dhe kombinimi i ngarkesës për projektimin në temperaturë normale është:

$$\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \quad (11)$$

faktori i reduktimit η_{fi} mund të merret si:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (12)$$

ku:

- $Q_{k,1}$ është ngarkesa kryesore e ndryshueshme,
- G_k është vlera karakteristike e një veprimi të përhershëm,
- γ_G është faktori i pjesshëm për një veprim të përhershëm për projektimin në temperaturë normale,
- $\gamma_{Q,1}$ është faktori i pjesshëm për veprimin kryesorë të ndryshueshëm për projektimin në temperaturë normale,
- ψ_{fi} është faktori i kombinimit për vlera të shpeshta ose kuazi të përhershme që jepen ose me $\psi_{1,1}$ ose me $\psi_{2,1}$.

Si thjeshtëzim i mëtejshëm, vlera e rekomanduar prej $\eta_{fi} = 0.7$ mund të përdoret për strukturat e betonit.

Profilet e temperaturës në elementet e betonit gjatë zjarrit janë komplekse dhe jouniforme. Për shkak të varësisë jolineare ndaj temperaturës të vetive fizike dhe termike të betonit, analiza e transferimit të nxehtësisë zakonisht llogaritet duke përdorur procedurat numerike. Për elementet strukturore të ekspozuara ndaj zjarrit standard nominal, Shtojca A e EN 1992-1-2 ofron profile të dobishme të temperaturës në kohë të ndryshme të zjarrit, për disa dimensione standarde të elementeve, siç është për një pllakë të ekspozuar ndaj zjarrit nga njëra anë dhe disa elemente drejtkëndëshe dhe rrethore të seksionit të kryqëzuar të ekspozuara ndaj zjarrit nga të gjitha anët. Shtojca B ofron dy metoda të thjeshtësuara të llogaritjes për elementet e betonit: metoda izoterme 500°C dhe metoda e zonës.

Metoda e izotermës 500°C bazohet në hipotezën se betoni në një temperaturë më të lartë se 500°C neglizhohet në llogaritjen e kapacitetit për mbajtjen e ngarkesës, ndërsa nën 500°C, supozohet se forca dhe kapaciteti i plotë ruhet, si në temperaturën e ambientit. Kjo metodë është e zbatueshme për seksione të kryqëzuara të betonit të armuar dhe të forcuar me shtypje në lidhje me forcën boshtore dhe momentin e lakimit. Procedura e llogaritjes mund të kryhet si më poshtë:

- Së pari, duhet të përcaktohet një izotermë prej 500°C (ose duke përdorur Shtojcën A të EN 1992-1-2 ose me anë të analizës së përkohshme të elementit termik të fundmë), për ekspozimin e specifikuar ndaj zjarrit, zjarrin standard ose parametrik (zbatohen disa kufizime),
- Bazuar në pozicionin e izotermës, përcaktohet një gjerësi dhe lartësi e re efektive e seksionit, duke përfshirë betonin e dëmtuar, trashësia e të cilit është bërë e barabartë me thellësinë mesatare të izotermës 500°C,
- Duhet të përcaktohet temperatura e shufrave të armaturës në zonat e tensionit dhe kompresimit. Temperatura e shufrës individuale të armaturës mund të vlerësohet nga profilet e temperaturës në Shtojcën A dhe merret si temperatura në qendër të shufrës. Disa nga shufrat e armaturës mund të bien jashtë seksionit të zvogëluar të kryqëzuar. Përkundër kësaj, ato mund të përfshihen në llogaritjen e kapacitetit përfundimtar të mbajtjes së ngarkesës të seksionit të kryqëzuar të ekspozuar ndaj zjarrit,
- Bazuar në temperaturat në shufrat e armaturës, forca e zvogëluar e çelikut përcaktohet sipas figurës 6,
- Për dimensione të një seksioni të zvogëluar të kryqëzuar dhe përforcim me forcë të zvogëluar, përdoret metoda konvencionale e llogaritjes për përcaktimin e kapacitetit përfundimtar të elementit për mbajtjen e ngarkesës,
- Krahasonimi i kapacitetit përfundimtar të mbajtjes së ngarkesës dhe efektit të ngarkesës së projektimit duhet të bëhet me rezistencën e kërkuar.

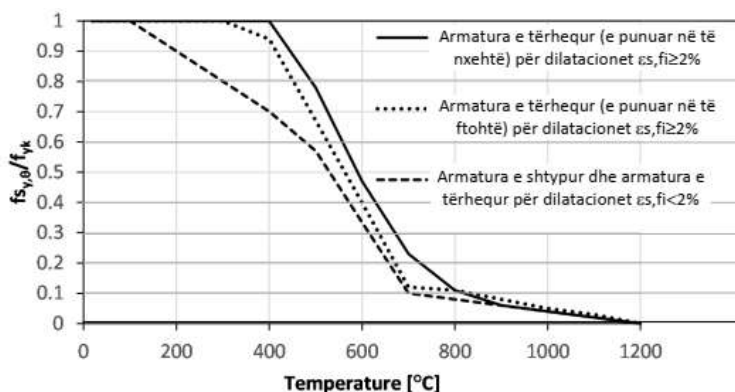


Figura 6. Zvogëlimi i forcës së çelikut të përforcuar të klasës N në temperatura të ngritura

Hipoteza e metodës së izotermës 500°C është një përafrim relativisht i papërpunuar i degradimit të vetive mekanike të betonit, duke supozuar zvogëlim diskret të forcës nga 0 në 100% në një temperaturë pragu prej 500°C. Shkalla e degradimit të forcës me temperaturën është shumë më komplekse, duke ndikuar në saktësinë e metodës së propozuar. Nëse nevojitet një model më i saktë, në kurriz të angazhimit të një fuqie më të madhe punëtore, mund të përdoret metoda e zonës, e cila mund të aplikohet vetëm për kurbën standarde të temperaturës-kohës.

Metoda e zonës bazohet në ndarjen e seksionit të kryqëzuar në disa zona me trashësi të barabartë, ku vlerësohet temperatura mesatare dhe forca mesatare kompresive përkatëse dhe moduli i elasticitetit të secilës zonë. Seksioni i kryqëzuar i dëmtuar nga zjarri përfaqësohet nga një seksion i kryqëzuar i zvogëluar duke injoruar një zonë të dëmtuar me trashësi a_z në anët e ekspozuara ndaj zjarrit (Figura 7).

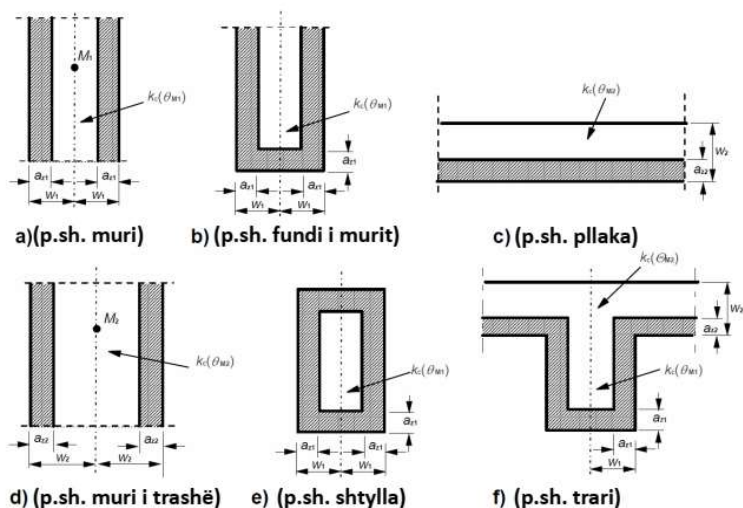


Figura 7. Reduktimi i forcës dhe seksionit të kryqëzuar për seksionet e ekspozuara ndaj zjarrit

Referenca bëhet në një mur ekuivalent. Pika M është një pikë arbitrare në vijën qendrore të murit ekuivalent të përdorur për të përcaktuar forcën e zvogëluar kompresive për të gjithë seksionin e kryqëzuar të reduktuar. Kur dy anët e kundërta janë të ekspozuara ndaj zjarrit, gjerësia supozohet të jetë $2w$. Për një seksion të kryqëzuar drejtkëndor të ekspozuar ndaj zjarrit vetëm nga njëra anë, gjerësia supozohet të jetë w . Kjo përfaqësohet nga një gjerësi muri e barabartë me $2w$. Krahë lidhet me murin e parë ekuivalent, dhe rrjeta është e lidhur me murin e dytë ekuivalent. Për fundin dhe skajet e mjeteve drejtkëndëshe të ekspozuar ndaj zjarrit, ku gjerësia është më e vogël se lartësia, vlera a_z supozohet të jetë e njëjtë me vlerat e llogaritura për anësoret. Ulja e seksionit të kryqëzuar bazohet në një zonë të dëmtuar të trashësisë a_z në sipërfaqet e ekspozuara ndaj zjarrit. Zona e dëmtuar, a_z , vlerësohet për një mur ekuivalent të ekspozuar nga të dy palët. Trashësia e gjysmës së murit është e ndarë në n zona paralele me trashësi të barabartë, ku $n \geq 3$ (Figura 8). Temperatura llogaritet për mesin e secilës zonë. Faktori korrespondues i zvogëlimit të rezistencës në shtypje, $k_c(\theta)$ përcaktohet nga Figura 9.

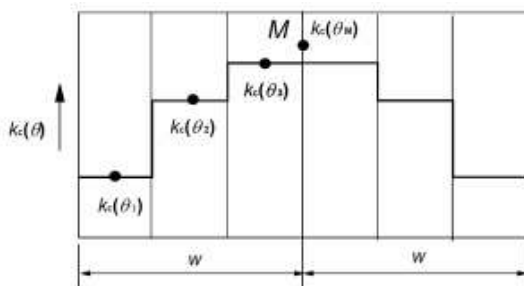
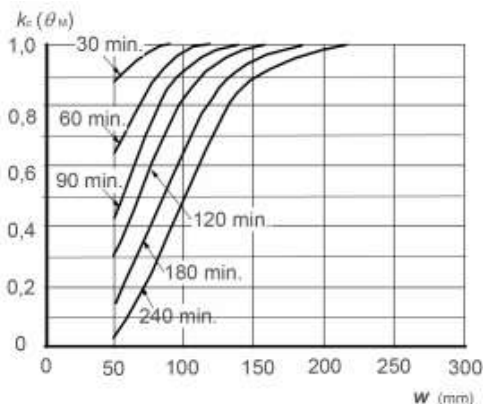


Figura 8. Reduktimi i forcës dhe seksionit kryqzues për seksionet e ekspozuara ndaj zjarrit



w vlerësohet si:

- Trashësia e një pllake
- Trashësia e një muri ose shtylle të ekspozuar të njëanshme
- Gjysma e trashësisë së rrjetës së një trari
- Gjysma e trashësisë së një muri ose shtylle të ekspozuar me dy anë
- Gjysma e dimensionit më të vogël të një shtylle të ekspozuar nga katër anët

Figura 9. Zvogëlimi i forcës së kompresimit për një seksion të kryqëzuar të zvogëluar duke përdorur beton silicë agregat

Koeficienti mesatar i zvogëlimit për një seksion të veçantë mund të llogaritet përafërsisht me shprehjen në vijim:

$$k_{c,m} = \frac{1 - \frac{0.2}{n}}{n} \sum_{i=1}^n k_c(\theta_i) \quad (13)$$

ku:

- n është numri i zonave paralele në gjerësi w ,
- w është gjysma e gjerësisë totale,
- i është numri i zonës.

Gjerësia e zonës së dëmtuar për trarët, pllakat ose mjetet në prerje të planit mund të llogaritet si:

$$a_z = w \left[1 - \frac{k_{c,m}}{k_c(\theta_M)} \right] \quad (14)$$

ku:

- $k_c(\theta_M)$ është koeficienti i zvogëlimit të betonit në pikën M .

Për shtyllat, muret dhe elementët e tjerë strukturorë ku efektet e rendit të dytë mund të jenë të rëndësishme, gjerësia e zonës së dëmtuar mund të llogaritet si:

$$a_z = w \left[1 - \left(\frac{k_{c,m}}{k_c(\theta_M)} \right)^{1.3} \right] \quad (15)$$

Vlerat për a_z mund të merren duke përdorur grafikët në figurën 10. Vlerat llogariten për betonin grumbullues silicë dhe janë konservatore për shumicën e agregateve të tjerë. Kur konstatohet seksion të kryqëzuar të zvogëluar dhe forca dhe moduli i elasticitetit përcaktohen për situatën e zjarrit, modeli i zjarrit ndjek procedurën normale të projektimit të temperaturës duke përdorur vlerat $\gamma_{M,fi}$.

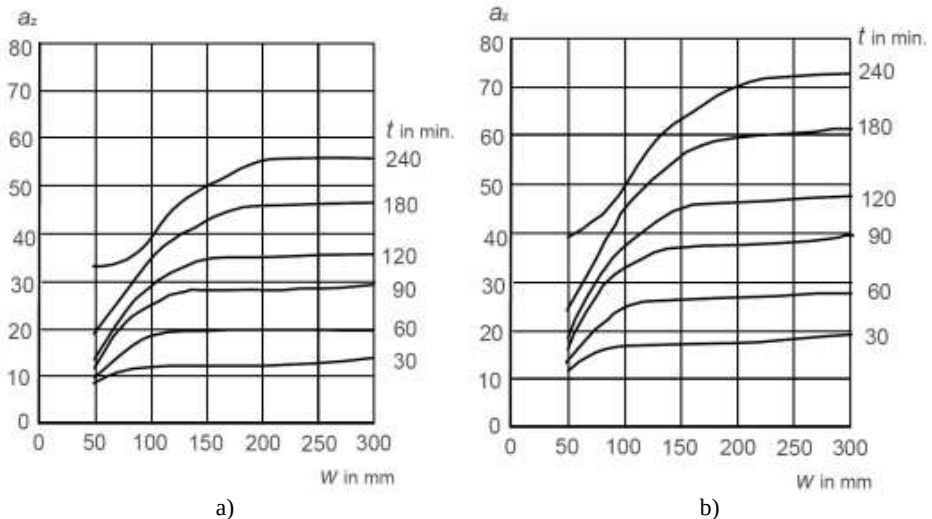


Figura 10. Reduktimi në seksionin e kryqëzuar a_z të: a) një trari ose pllake, b) një shtylle ose muri

Nëse nevojitet një analizë më e hollësishme (p.sh. për format komplekse të seksionit të kryqëzuar ose nëse metoda e thjeshtuar e llogaritjes thjesht nuk është e zbatueshme), metodë e përparuar e llogaritjes mund të përdoret për të verifikuar rezistencën ndaj zjarrit të

elementit/nënstrukturës/strukturës. Metodat e llogaritjes së inxhinierisë së zjarrit mund të klasifikohen në tre kategori të sofistikimit dhe kompleksitetit në rritje:

- llogaritjet e thjeshtuara bazuar në analizën e kufirit të gjendjes (përshkruar më lart),
- Analiza e elementeve të fundme termo-mekanike,
- Analiza gjithëpërfshirëse termo-hidro-mekanike e elementeve të fundme.

Kur rezistenca ndaj zjarrit vlerësohet me llogaritje, hapi i parë do të ishte përcaktimi i përgjigjes termike në formën e shpërndarjes së temperaturës të varur nga koha në strukturën e betonit. Në modelet e integruara shpërndarja e temperaturës do të llogaritej së bashku me gjendjet hidrale dhe mekanike për çdo hap kohe. Përgjigja termike jep përgjigjen përfundimtare vetëm për kriterin e izolimit termik, por jo për kapacitetin mbajtës të ngarkesës ose përgjigjen e plotë për funksionin ndarës (integritetin).

Njohuria për zhvillimin e shpërndarjes së temperaturës në strukturat e betonit është hapi i parë kryesor në të kuptuarit e sjelljes së strukturës në zjarr. Temperaturat e ajrit në zjarre mund të kalojnë 900 ° C. Sidoqoftë, vetitë e mira izoluese të betonit do të thotë që gradienti i temperaturës është i madh dhe vetëm temperatura e shtresës së jashtme është rritur ndjeshëm, ndërsa temperatura e betonit të brendshëm mbetet relativisht i ulët (Figura 11).

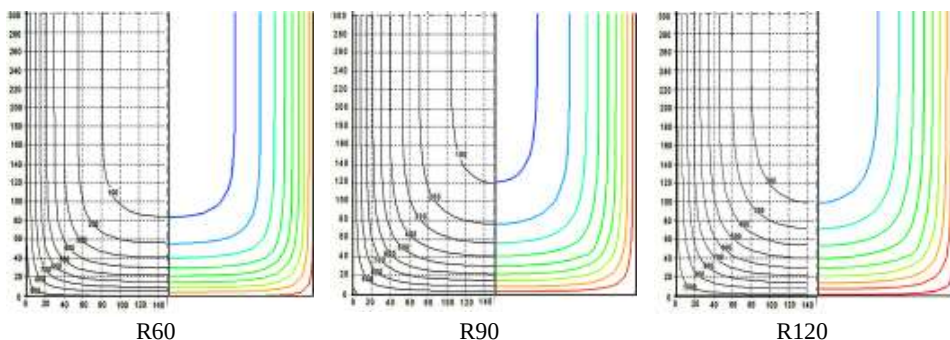
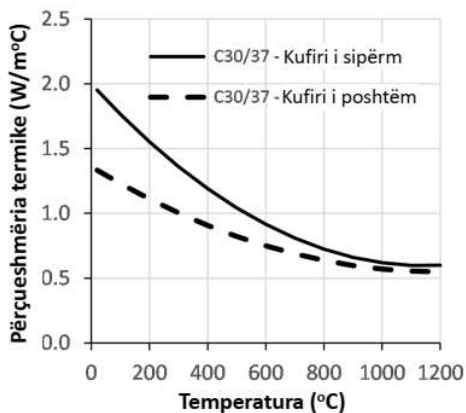


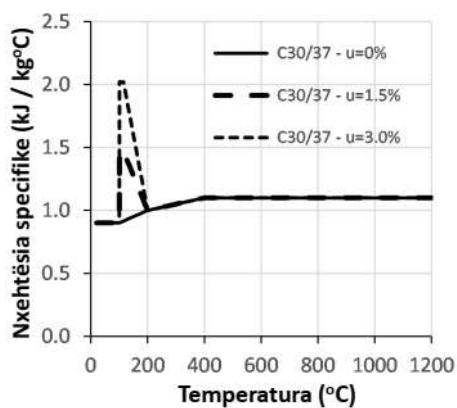
Figura 11. Profilet e temperaturës pas 60, 90 dhe 120 minutash: EN 1992-1-2 (majtas) dhe model termik ANSYS FEM (djathtas) [10]

Analiza termike dhe mekanike normalisht janë të ndërlidhura dhe jo të integruara. Analiza termike kryhet së pari dhe më pas futet në programin e analizës mekanike për të marrë përgjigjen strukturore. Efektet e lagështisë zakonisht nuk konsiderohen në mënyrë të qartë, por llogariten, përmes modifikimeve të nxehtësisë specifike të materialit të betonit në temperatura të ngritura. Sidoqoftë, deformimet e elementeve të thjeshtë mund të parashikohen në mënyrë të arsyeshme me metoda të tilla, me kusht që tendosja termike e shkaktuar nga ngarkesa (LITS) të përfshihet në model.

Mungesa e analizës së migrimit të lagështirës do të thotë që pllajët e avullimit dhe përhapja shpërthyes nuk mund të parashikohen. EN 1992-1-2 siguron veti të varura nga temperatura për beton që mund të përdoren nëse është e nevojshme analiza e avancuar e llogaritjes (Figura 12), ku marrëdhënia nderje-deformim për betonin në mënyrë të nënkuptuar llogariten për efektet LITS.

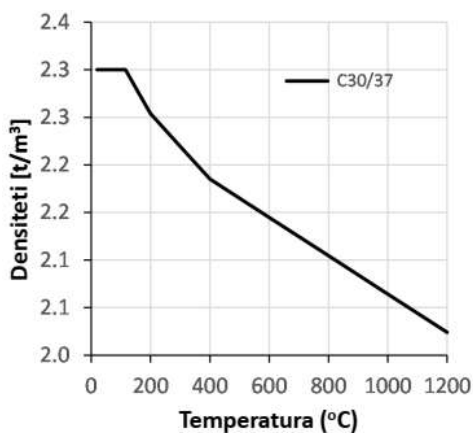


a) përçueshmëri termike

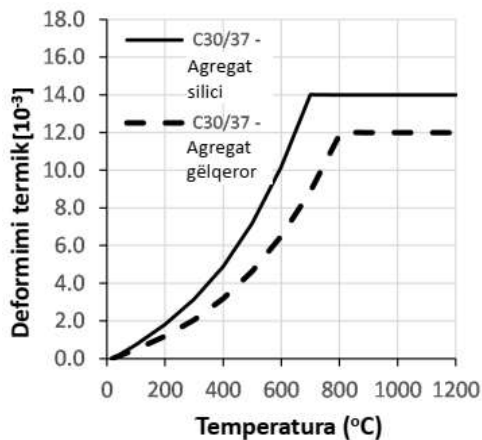


b) nxehtësia specifike

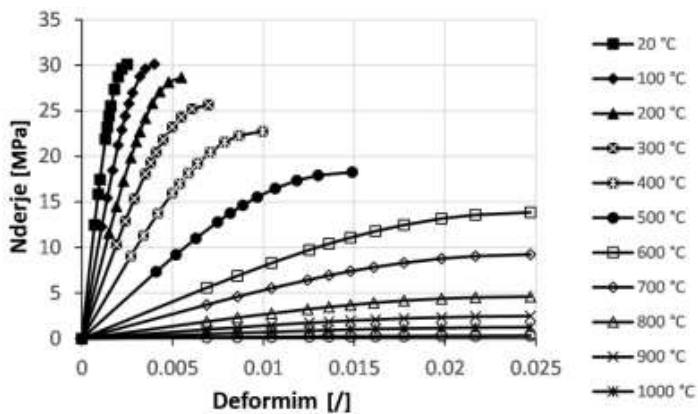
Figura 12. Karakteristikat termike, fizike dhe mekanike të varura nga temperatura e betonit



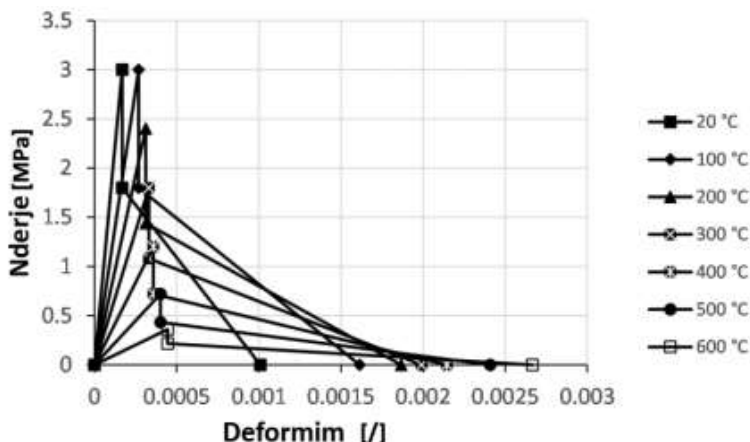
c) densitet



d) zgjerimi termik



e) marrëdhëniet e prerjes së tërthortë në ngjeshje



f) marrëdhëniet e prerjes së tërthortë në tension

Figura 12. Karakteristikat termike, fizike dhe mekanike të betonit të varura nga temperatura (Të përfshira)

Një analizë gjithëpërfshirëse do të përfshijë analiza termike, hidrale dhe mekanike në një model plotësisht të integruar të aftë për të parashikuar përhapjen shpërthyesë ose gjendjen e lagështirës së betonit, p.sh. për reaktorët bërthamorë. Sidoqoftë, në shumicën e rasteve praktike, metodat më të thjeshta janë të përshtatshme për analizën e strukturave në zjarr.

3.3.2. Strukturat e çelikut

Dy dekadat e kaluara kanë parë përparime të mëdha në të kuptuarit e sjelljes së çelikut në zjarr, dhe tani mund të pretendohet me të drejtë se dihet më shumë për çelikun se sa për çdo material tjetër të inkuadruar në zjarr. Çeliku është një material homogjen izotrop. Për dallim nga betoni, i cili është i përbërë nga ngjitje agregate dhe çimento dhe ka sjellje dukshëm të ndryshme në tension dhe kompresim, të ndikuar nga parametra të ndryshëm (raporti i ujit ndaj çimentos, madhësia e agregatit, etj.), ose prej druri, që kanë sjellje të ndryshme mekanike në drejtime paralele dhe pingul tek kokrrat, vetitë e mikro- dhe makro-kalimit të çelikut janë të njëjta.

Rezistenca ndaj zjarrit e elementeve strukturorë të çelikut është një funksion i madhësisë së seksionit, shkallës së ekspozimit të tij ndaj zjarrit dhe ngarkesës që mbart. Fortësia e çelikut strukturor të mbështjellë të nxehtë zvogëlohet me temperaturën. Pas një serie të gjerë të testeve standarde të zjarrit, ulja e forcës është sasiuar. Hulumtimet e fundit kanë treguar gjithashtu se temperatura kufizuese (dështimi) e një mjeti strukturor të çelikut nuk është fikse, por ndryshon sipas dy faktorëve, profilit të temperaturës dhe ngarkesës.

Për seksione të vogla, të mbushura plotësisht të petëzuara, të ekspozuara nga të katër anët, rezistenca e natyrshme e zjarrit pa mbrojtje të shtuar mund të jetë aq pak sa 12 minuta. Për seksione shumë të mëdha, të petëzuara, të ngarkuara lehtë dhe me një mbrojtje të pjesshme nga pllakat e dyshemesë prej betoni në fllanxhanin e sipërm, kjo mund të jetë aq e lartë sa 50 minuta. Kur perimetri i ndezur zvogëlohet më tej me metodën e konstruksionit (p.sh. sistemet e dyshemesë së cekët), mund të arrihet deri në 60 minuta rezistencë e natyrshme e zjarrit. Kjo është dukshëm më pak në krahasim me strukturat e betonit të armuar. Rezistenca e dëshiruar e çelikut ndaj zjarrit arrihet jo në nivelin e materialit, por me aplikimin e masave pasive

(mbrojtëse dhe veshje) dhe masave mbrojtëse aktive (sistemi "spërkatës"). Sidoqoftë, këto masa mund ose nuk mund të jenë të mjaftueshme për të përmbajtur zjarrit nga përhapja dhe për t'u zhvilluar në potencialin e tij të plotë. Nëse zjarri nuk shtypet gjatë fazës së rritjes, përfundimisht do të ndodhë shpërndarja (nëse përdoret oksigjeni i mjaftueshëm dhe ngarkesa e mjaftueshme e karburantit është e pranishme), e cila do të rezultojë në uljen e rezistencës mekanike të elementeve të çelikut, duke ndikuar në stabilitetin dhe mbajtjen e ngarkesës së strukturës.

Për praktikën e përditshme të inxhinierisë, janë zhvilluar metoda të thjeshtuara për analizimin e rezistencës strukturore ndaj zjarrit, duke marrë parasysh forcën dhe degradimin e ngurtësisë në temperatura të ngritura.

Sipas EN 1993-1-2 [11], vlerat e projektimit të vetive të materialit termik dhe mekanik përcaktohen si në EN 1992-1-2, d.m.th. shprehjet (5)-(12) vlejnë gjithashtu për vetitë e materialit të çelikut. Si thjeshtësim, vlera e rekomanduar e $\eta_h = 0.65$ mund të përdoret për strukturat e çelikut, përveç kategorive të ngarkesës për zonat e ndjeshme ndaj akumulimit të mallrave, përfshirë zonat e hyrjes, aty ku vlera e rekomanduar është $\eta_h = 0.7$.

Për normat e ngrohjes midis 2 dhe 50°C/min (që korrespondojnë me shumicën e zjarreve të ndërtesave), forcat dhe vetitë e deformimit të çelikut në temperatura të ngritura duhet të merren nga marrëdhëniet ndërje-deformim të parashikuara në EN 1993-1-2. Këto duhet të përdoren për të përcaktuar rezistencat ndaj tensionit, ngjeshjes, momentit dhe ndarjes. Faktorët e zvogëlimit për marrëdhëniet ndërje-deformim përcaktohen si më poshtë:

$$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y \quad (16)$$

$$k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y \quad (17)$$

$$k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a \quad (18)$$

ku:

- $k_{y,\theta}$ korresponдон me forcat e efektshme të rrjedhës, në raport me forcën e rrjedhës në 20°C,
- $k_{p,\theta}$ korresponдон me kufirin proporcional, në lidhje me forcën e rrjedhës në 20 ° C,
- $k_{E,\theta}$ korresponдон me pjerrësinë e intervalit elastik linear, në lidhje me pjerrësinë në 20 ° C.

Varshmëria në temperaturë e faktorëve të zvogëlimit është paraqitur në Figurën 13. Megjithatë në temperatura nën 400°C, kufiri proporcional i përgjigjes elastike lineare, si dhe ngurtësia e çelikut, zvogëlohen me ngritjen e temperaturës, forca mbetet për temperaturën e ambientit. Sidoqoftë, pasi tejkalon 400°C, aftësia mbajtëse e ngarkesës zvogëlohet me shpejtësi, deri në 77% në intervalin e temperaturës 400-700°C.

Prandaj, në çelikon e dizajnuar kundër zjarrit, duhet të bëhen përpjekje të tilla që rritja e temperaturës mbi 400°C të shtyhet për kohën e kërkuar të rezistencës ndaj zjarrit, zakonisht ose duke shtuar izolim termik rreth sipërfaqeve të elementeve që mund të ekspozohen ndaj zjarrit, ose duke aplikuar veshje të rezistencës ndaj zjarrit, duke mbrojtur kështu sipërfaqet nga ekspozimi i drejtpërdrejtë.

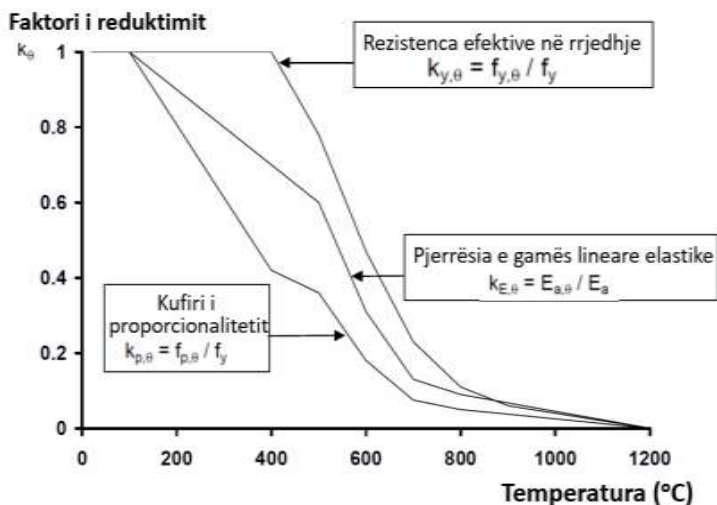


Figura 13. Faktorët zvogëlues për marrëdhënien nderje -deformim të çelikut të karbonit në temperatura të ngritura [EN 1993-1-2]

Rezistenca e projektimit $R_{d,t,n}$ (ek. (8)) në kohë t përcaktohet, zakonisht në hipotezën e një temperature të njëtrajtshme në seksionin e kryqëzuar, duke modifikuar rezistencën e projektimit për dizajnimin e temperaturës normale në EN 1993-1-1, për të marrë parasysh vetitë mekanike të çelikut në temperatura të ngritura. Nëse përdoret një shpërndarje jo e njëtrajtshme e temperaturës, rezistenca e projektimit për dizajnimin e temperaturës normale modifikohet në bazë të kësaj shpërndarjeje të temperaturës. Përndryshe, duke përdorur një shpërndarje uniforme të temperaturës, verifikimi mund të bëhet në fushën e temperaturës.

Dështimi i seksionit rrjetit në vrimat e shulave nuk ka nevojë të merret parasysh, me kusht që të ketë një shul në secilën vrimë, sepse temperatura e çelikut është më e ulët në lidhje për shkak të pranisë së materialit shtesë. Rezistenca ndaj zjarrit e lidhjeve të bulonave ose lidhjes së salduar mund të supozohet të jetë e mjaftueshme nëse plotësohet më poshtë:

- Rezistenca termike $(d_t/\lambda_t)_c$ e mbrojtjes nga zjarri i lidhjes duhet të jetë më e madhe se vlera minimale e rezistencës termike $(d_t/\lambda_t)_m$ të mbrojtjes nga zjarri, e aplikuar për cilindro prej elementeve të bashkuara,
- Shfrytëzimi i lidhjes duhet të jetë më pak se vlera maksimale e shfrytëzimit të cilitdo prej elementeve të lidhur,
- Rezistenca e lidhjes në temperaturën e ambientit duhet të plotësojë rekomandimet e dhëna në EN 1993-1-8 (Dizajni i nyejve),

ku:

- d_t është trashësia e materialit mbrojtës nga zjarri ($d_t = 0$ për elementet e pambrojtur),
- λ_t është përçueshmëria termike efektive e materialit mbrojtës nga zjarri.

Klasifikimi i lidhjeve të tërthorta duhet të bëhet për krijimin e temperaturës normale pa marrë parasysh ndonjë ndryshim duke rritur temperaturën [11]:

- Lidhjet e tërthorta të klasës 1 janë ato që mund të formojnë një menteshë plastike me kapacitetin e rrotullimit të kërkuar nga analiza plastike pa ulje të rezistencës,

- Lidhjet e tërthorta të klasës 2 janë ato që mund të zhvillojnë rezistencën e tyre plastike të momentit, por kanë kapacitet të kufizuar të rotacionit për shkak të shtrëngimit lokal,
- Lidhjet e tërthorta të klasës 3 janë ato në të cilat tensioni në fibrën ekstreme të kompresimit të elementit të çelikut që supozon një shpërndarje elastike të tensioneve mund të arrijë forcën e rrjedhjes, por shtrëngimi lokal është përgjegjës për të parandaluar zhvillimin e rezistencës plastike të momentit,
- Lidhjet e tërthorta të klasës 4 janë ato në të cilat shtrëngimi lokal do të ndodhë para arritjes së tensionit të rrjedhjes në një ose më shumë pjesë të lidhjeve të tërthorta.

Rezistenca e projektimit $N_{fi,\theta,Rd}$ të një elementi të tensionit me një temperaturë uniforme θ_a duhet të përcaktohet në bazë të:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} N_{Rd} [\gamma_{M,1} / \gamma_{M,fi}] \quad (19)$$

ku:

- $k_{y,\theta}$ është faktori zvogëlues për forcën e rrjedhës së çelikut në temperaturë θ_a , arritur në kohë t ,
- N_{Rd} është rezistenca e projektimit të prerjes së tërthortë për krijimin normal të temperaturës.

Rezistenca e projektimit $N_{fi,t,Rd}$ në kohën t i një elementi tensioni me shpërndarje jo të njëtrajtshme të temperaturës në të gjithë prerjen e tërthortë mund të përcaktohet nga:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i k_{y,\theta,i} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (20)$$

ku:

- A_i është një zonë elementare e prerjes së tërthortë me një temperaturë θ_i ,
- $k_{y,\theta,i}$ është faktori zvogëlues për forcën e rrjedhës së çelikut në temperaturë θ_i ,
- θ_i është temperatura në zonën elementare A_i .

Rezistenca e projektimit $N_{fi,t,Rd}$ në kohë t i një elementi të tensionit me shpërndarje jo të njëtrajtshme të temperaturës mund të merret në mënyrë konservative si i barabartë me rezistencën e projektimit $N_{fi,\theta,Rd}$ i një elementi tensioni me një temperaturë uniforme çeliku θ_a e barabartë me temperaturën maksimale të çelikut $\theta_{a,max}$ arritur në kohë t .

Projektimi i rezistencës së shtrëngimit $N_{b,fi,t,Rd}$ në kohë t të një elementi të kompresimit me një prerje të tërthortë të klasës 1, klasës 2 ose klasës 3 me një temperaturë uniforme θ_a duhet të përcaktohet nga:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (21)$$

ku:

- χ_{fi} është faktori zvogëlues për shtrëngimin flexural në projektimin e situatës së zjarrit,
- $k_{y,\theta}$ është faktori zvogëlues për forcën e rrjedhës së çelikut në temperaturë të ngritur θ_a arritur në kohë t .

Vlera e χ_{fi} duhet të merret si më e ulëta e vlerave $\chi_{y,fi}$ dhe $\chi_{z,fi}$ përcaktohet sipas:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_0 + \sqrt{\varphi_0^2 - \bar{\lambda}_0^2}} \quad (22)$$

me:

$$\varphi_0 = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_0 + \bar{\lambda}_0^2 \right] \quad (23)$$

dhe:

$$\alpha = 0.65 \sqrt{235 / f_y} \quad (24)$$

Butësia jo-dimensionale $\bar{\lambda}_0$ për temperaturën θ_a jepet nga:

$$\bar{\lambda}_0 = \bar{\lambda} \left[k_{y,\theta} / k_{E,\theta} \right]^{0.5} \quad (25)$$

Gjatësia e shtëngimit të një shtylle për projektimin në situatë të zjarrit duhet të përcaktohet përgjithësisht si për hartimin e temperaturës normale, përveç një kornize të mbyllur, kur bëhen konsiderata shtesë (shiko EN 1993-1-2).

Rezistenca e projektimit $N_{b,fi,t,Rd}$ në kohë t e një elementi të kompresimit me një shpërndarje jo të njëtrajtshme të temperaturës mund të merret si e barabartë me rezistencën e projektimit $N_{b,fi,\theta,Rd}$ të një elementi të kompresimit me një temperaturë uniforme të çelikut θ_a e barabartë me temperaturën maksimale të çelikut $\theta_{a,max}$ të arritur në kohë t .

Rezistenca e momentit të projektimit $M_{fi,\theta,Rd}$ të një prerje të tërthortë të Klasës 1 ose Klasës 2 me një temperaturë uniforme θ_a duhet të përcaktohet nga:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} M_{Rd} \left[\gamma_{M,1} / \gamma_{M,fi} \right] \quad (26)$$

ku:

- M_{Rd} është rezistenca e momentit plastik të prerjes së tërthortë bruto $M_{pl,Rd}$ për projektimin normal të temperaturës, sipas EN 1993-1-1 ose rezistencës së zvogëluar të momentit për hartimin e temperaturës normale, duke lejuar efektet e prerjes nëse është e nevojshme.

Rezistenca e momentit të projektimit $M_{fi,t,Rd}$ në kohë t të një prerje të tërthortë të klasës 1 ose klasës 2 me një shpërndarje jo të njëtrajtshme të temperaturës në të gjithë prerjen e tërthortë mund të përcaktohet nga:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i z_i k_{y,\theta,i} f_{y,i} / \gamma_{M,fi} \quad (27)$$

ku:

- z_i është distanca nga boshti plastik neutral deri në centroidin e zonës elementare në një zonë elementare A_i ,
- $f_{y,i}$ është forca nominale e prerjes f_y për zonën elementare A_i merret si pozitive në anën e kompresimit të boshtit plastik neutral dhe negativ në anën e tensionit.

Përndryshe, rezistenca e momentit të projektimit gjithashtu mund të përcaktohet nga:

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / \kappa_1 \kappa_2 \quad (28)$$

ku:

- $M_{fi,\theta,Rd}$ është rezistenca e momentit të projektimit të prerjes së tërthortë, e cila nuk është e ndikuar termikisht nga mbështetësit,
- κ_1 është një faktor adaptimi për temperaturën jo uniforme në të gjithë prerjen e tërthortë,
- κ_2 është një faktor adaptimi për temperaturën jo uniforme përgjatë trarit.

Rezistenca anësore e shtrëngimit të përkuljes anësore $M_{b,fi,t,Rd}$ në kohë t e një trari anësorë të pakufizuar me një prerje të tërthortë të klasës 1 ose klasës 2 duhet të përcaktohet nga:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{ply} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (29)$$

ku:

- $\chi_{LT,fi}$ është faktori zvogëlues për shtrëngimin lateral në tokë në projektimin në situatë zjarri,
- $k_{y,\theta,com}$ është faktori zvogëlues për forcën e rrjedhës së çelikut në temperaturën maksimale në fllanxha ngjeshëse $\theta_{a,com}$ të arritur në kohë t .

Vlera e $\chi_{LT,fi}$ duhet të përcaktohet sipas:

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\left[\phi_{LT,\theta,com}\right]^2 - \left[\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}\right]^2}} \quad (30)$$

ku:

$$\phi_{LT,\theta,com} = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \left(\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} \right)^2 \right] \quad (31)$$

dhe:

$$\alpha = 0.65 \sqrt{235 / f_y} \quad (32)$$

Butësia jo-dimensionale $\bar{\lambda}_0$ për temperaturën θ_s jepet nga:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \left[k_{y,\theta,com} / k_{E,\theta,com} \right]^{0.5} \quad (33)$$

ku:

- $k_{E,\theta,com}$ është faktori zvogëlues për pjerrësinë e intervalit elastik linear në temperaturën maksimale të çelikut në fllanxha ngjeshëse $\theta_{a,com}$ arritur në kohë t .

Rezistenca e prerjes së projektimit $V_{fi,t,Rd}$ në kohë t të një prerje të tërthortë të klasës 1 ose klasës 2 duhet të përcaktohet nga:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} \left[\gamma_{M,1} / \gamma_{M,fi} \right] \quad (34)$$

ku:

- V_{Rd} është rezistenca e prerjes së seksionit të kryqëzuar bruto për modelimin e temperaturës normale,
- θ_{web} është temperatura mesatare në rrjetin e seksionit,

- $k_{y,\theta,web}$ është faktori zvogëlues për forcën e rrjedhës së çelikut në temperaturën e çelikut θ_{web} .

Vlera e faktorëve të adaptimit për shpërndarjen jo të njëtrajtshme të temperaturës në një seksion të kryqëzuar duhet të merret siç përshkruhet në Tabelën 3.

Tabela 3
Vlerat e faktorëve të adaptimit për shpërndarjen jo të njëtrajtshme të temperaturës në një seksion të kryqëzuar

Përshkrimi	κ_1 ose κ_2
për një tra të ekspozuar nga të katër anët	$\kappa_1 = 1.0$
për një tra të pambrojtur të ekspozuar në tre anë, me një pllakë të përbërë ose betoni në anën katër	$\kappa_1 = 0.70$
për një tra të mbrojtur të ekspozuar në tre anë, me një pllakë të përbërë ose betoni në anën katër	$\kappa_1 = 0.85$
në mbështetëset e një trari të papërcaktuar statistikisht	$\kappa_2 = 0.85$
në të gjitha rastet e tjera	$\kappa_2 = 1.0$

Rezistenca e momentit të projektimit $M_{fi,t,Rd}$ në kohë t e një seksioni të kryqëzuar të klasës 3 me një shpërndarje uniforme të temperaturës mund të përcaktohet nga:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta} M_{Rd} [\gamma_{M,1} / \gamma_{M,fi}] \quad (35)$$

ku:

- M_{Rd} është rezistenca e momentit elastik të seksionit të kryqëzuar bruto $M_{el,Rd}$ për projektimin normal të temperaturës ose rezistencën e zvogëluar të momentit që lejon efektet e prerjes nëse është e nevojshme.

Rezistenca e momentit të projektimit $M_{fi,t,Rd}$ në kohë t të një seksioni të kryqëzuar të klasës 3 me një shpërndarje jo të njëtrajtshme të temperaturës mund të përcaktohet nga:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} M_{Rd} [\gamma_{M,1} / \gamma_{M,fi}] / (\kappa_1 \kappa_2) \quad (36)$$

ku:

- M_{Rd} është rezistenca e momentit elastik të seksionit të kryqëzuar bruto,
- $k_{y,\theta,max}$ është faktori zvogëlues për forcën e rrjedhës së çelikut në temperaturën maksimale të çelikut $\theta_{a,max}$ arritur në kohë t .

Momenti i projektimit të rezistencës së shtrëngimit $M_{b,fi,t,Rd}$ në kohë t e një trari anësorë të pakufizuar me një seksion të kryqëzuar të klasës 3 duhet të përcaktohet nga:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{ely} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (37)$$

Rezistenca e prerjes së projektimit $V_{fi,t,Rd}$ në kohë t të një seksioni të kryqëzuar të klasës 3 duhet të përcaktohet nga:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,1} / \gamma_{M,fi}] \quad (38)$$

Për elementet që i nënshtrohen një kompresimi të kombinuar të lakimit dhe boshtit, lexuesi i referohet EN 1993-1-2.

Për elementet me prerje të tërthortë të Klasit 4 përveç elementeve të tensionit, mund të supozohet se ek. (8) është i kënaqur nëse me kohën t , temperatura e çelikut nuk është më shumë se 350°C .

Si alternative, verifikimi mund të kryhet edhe në fushën e temperaturës. Përveç kur merren parasysh kriteret e deformimit ose kur duhet të merret parasysh stabiliteti, temperatura kritike $\theta_{a,cr}$ e çelikut prej karboni në kohë t për një shpërndarje uniforme të temperaturës në një element mund të përcaktohet për çdo shkallë të përdorimit μ_0 në kohë $t = 0$ duke përdorur:

$$\theta_{a,cr} = 39.19 \ln \left[\frac{1}{0.9674 \mu_0^{3.833}} - 1 \right] + 482 \quad (39)$$

Për elementet me prerje të tërthortë të klasës 1, klasës 2 ose klasës 3 dhe për elementet e tensionit, shkalla e përdorimit në kohë $t = 0$ mund të merren nga:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} \quad (40)$$

ku:

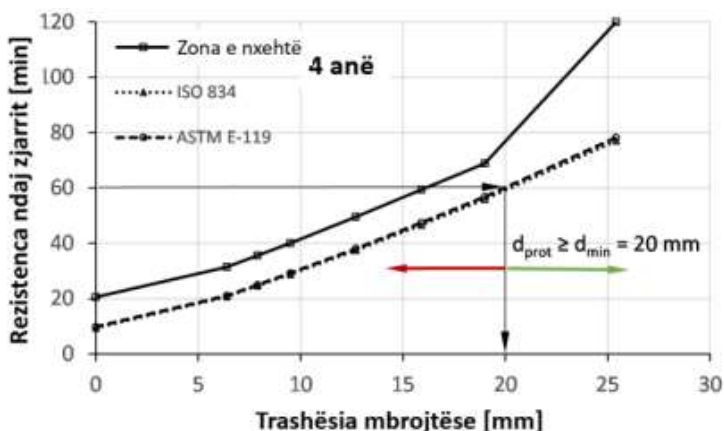
- $R_{fi,d,0}$ është vlera e $R_{fi,d,t}$ për kohën $t = 0$.

Softueri i specializuar OZone, i përdorur për të llogaritur evolucionin e temperaturës së gazit në ndarjen e analizuar më parë, gjithashtu mund të konsiderojë rezistencën ndaj zjarrit të elementeve strukturorë të çelikut, bazuar në një ekspozim standard të zjarrit ose evolucionit të temperaturës në zonën e nxehtë të përcaktuar nga modeli i zonës. Përveç kësaj, elementi mund të ekspozohet nga tre ose të katër anët dhe mund të konsiderohet si i pambrojtur ose i mbrojtur nga materiali shtesë izolues.

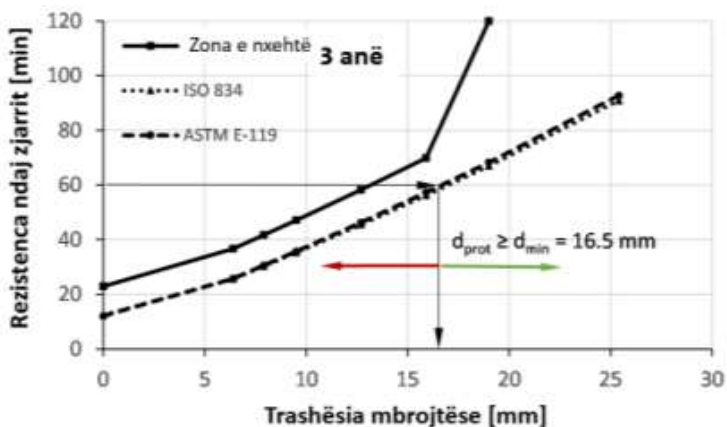
Duke marrë parasysh një tra çeliku të mbështetur thjesht (Klasa 1) dhe duke marrë parasysh një veprim të përhershëm dhe të ndryshueshëm në projektim, seksioni i çelikut IPE 220 është miratuar. Ndikimi i mbrojtjes së mbylljes me pllaka gipsi në rezistencën ndaj zjarrit është paraqitur në Tabelën 4. Për të përmbushur kriteret e pritura të rezistencës ndaj zjarrit, trashësia e shtresës izoluese në këto raste mund të merret nga grafiku në Figurën 14.

Tabela 4: Rezistenca ndaj zjarrit e traut të thjeshtë nga çeliku dhe ndikimi i veshjes mbrojtëse nga pllakat e gipsit

IPE 220	Trashësia e mbrojtjes [mm]	Ekspozuar në të Katër Anët			E ekspozuar në tre anët		
	Rezistenca ndaj zjarrit [min]	Modeli i zonës	ISO 834	ASTM E119	Modeli i zonës	ISO 834	ASTM E119
E pambrojtur	n/a	20.55	9.36	9.78	22.97	12.38	12.07
	6.4	31.43	20.69	21.02	36.67	25.59	25.8
	7.9	35.54	24.57	24.91	41.70	30.26	30.56
E mbrojtur (mbyllje e rremë)	9.5	40.06	28.74	29.18	47.13	35.26	35.71
	12.7	49.52	37.4	38.07	58.25	45.50	46.31
	15.9	59.33	46.58	47.40	69.83	56.20	57.31
	19.0	68.82	55.92	56.77	> 120	66.97	68.29
	25.4	> 120	77.02	78.16	> 120	90.62	92.74



a) trari i ekspozuar nga të katër anët

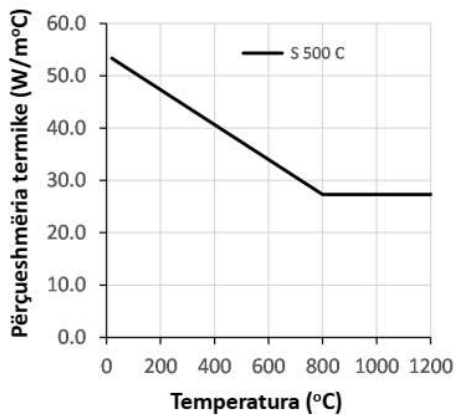


b) trari i ekspozuar nga tre anët

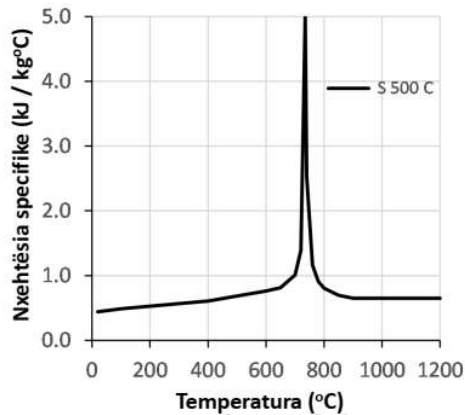
Figura 14. Rezistenca ndaj zjarrit e elementit strukturor të çelikut në varësi të trashësisë së shtresës së mbrojtjes

Siç pritej, rezistenca ndaj zjarrit e llogaritur për kurbën e zjarrit ISO 834 dhe ASTM E119 është praktikisht e njëjtë. Në rastin e modelit të zonës, për këtë ndarje të veçantë, fitohet rezistencë më e gjatë ndaj zjarrit. Nëse, për shembull, nevojitet R60 (rezistenca ndaj zjarrit prej 60 minutash për ekspozimin standard ndaj zjarrit), trashësia e shtresës mbrojtëse duhet të jetë së paku 20 mm dhe 16.5 mm, në rastet kur katër dhe tre anët e elementit janë të ekspozuar ndaj zjarrit, përkatësisht.

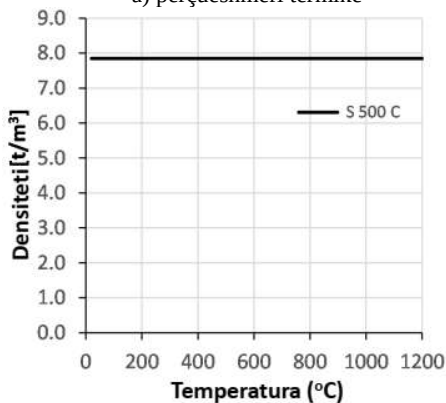
Nëse rezistenca ndaj zjarrit do të përcaktohet bazuar në metodën e përparuar të llogaritjes, vetitë termike dhe mekanike të çelikut duhet të përcaktohen si të varura nga temperatura për të gjithë gamën e temperaturave të pritura. EN 1993-1-2 jep informacion për vetitë, të paraqitura në Figurën 15. Për dallim nga betoni dhe druri, të cilat pësojnë humbje masive për shkak të ngrohjes, densiteti i çelikut mbetet konstant në temperaturat e ngritura.



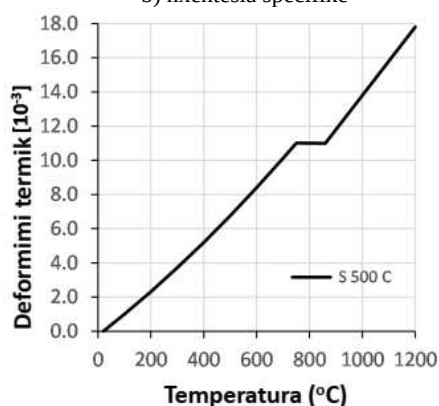
a) përçueshmëri termike



b) nxehtësia specifike

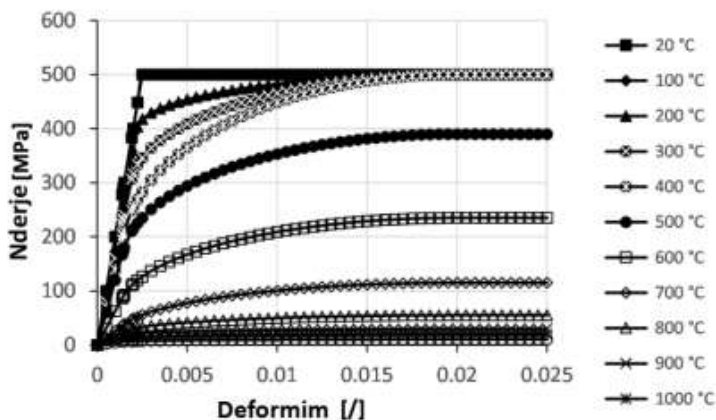


c) densitet



d) zgjerimi termik

Figura 15. Karakteristikat termike, fizike dhe mekanike të varura nga temperatura e çelikut



e) marrëdhëniet nderje-deformim në tension dhe kompresim

Figura 15. Karakteristikat termike, fizike dhe mekanike të çelikut të varura nga temperatura (vazdhim)

3.3.3. Strukturat e drurit

Druri mund të konsiderohet si materiali më i vjetër strukturor. Në dy shekujt e fundit të epokës moderne, materialet e tjera strukturore, si betoni dhe çeliku, janë bërë mbizotëruese, për shkak të performancës së lartë dhe qëndrueshmërisë së tyre. Prodhimi i betonit dhe çelikut, megjithatë, rezultojnë në një emetim të madh të CO₂ në atmosferë, e cila po bëhet një çështje gjithnjë e më e madhe në lidhje me ndikimin që ka CO₂ në kushtet e klimës. Vitet e fundit, industria e ndërtimit po përpiket të zvogëlojë nivelin e emetimeve, duke promovuar përdorimin e drurit si material strukturor, duke rezultuar në një rritje të projekteve të ndërtimit të drurit në të gjithë globin. Kjo ka ngritur një numër problemesh të mundshme që mund të shfaqen në strukturat e drurit nëse ndodh zjarri, pasi, ndryshe nga betoni dhe çeliku, druri është material i djegshëm dhe do të kontribuojë në ngarkesën e përgjithshme të karburantit gjatë zjarrit.

Sistemet automatike të spërkatësve të zjarrit janë mënyra më efektive për të përmirësuar sigurinë nga zjarri në të gjitha ndërtesat. Ato rekomandohen veçanërisht për t'u përdorur në ndërtesat e gjata të drurit. Në disa raste, mbyllja e elementeve të drurit është e nevojshme, e plotë ose e kufizuar. Kapsulimi i plotë siguron trashësi të mjaftueshme të gipsit të plaserit ose material tjetër të ngjashëm për të parandaluar zhuritjen e drurit në një djegie të plotë, duke siguruar të njëjtin nivel të rezistencës ndaj zjarrit si një material krejtësisht jo i djegshëm. Kapsulimi i kufizuar është një zgjidhje më ekonomike që do të parandalojë çdo përfshirje të lëndës drusore strukturore në zjarr deri sa të futet në fazën e djegies, por mund të mos garantojë djegie të plotë pa fillimin e zhuritjes. Gjithashtu, kapsulimi me shtresa është i mundur, duke iu referuar elementeve strukturorë të përbërë nga shtresa prej druri dhe materiale jo të djegshme, për të përmirësuar pamjen dhe rezistencën ndaj zjarrit.

Rreziku kryesor për përhapjen e zjarrit të jashtëm është nga flakët e mëdha që dalin nga dritaret në një zjarr ndarës të zhvilluar plotësisht dhe përhapet lart përgjatë fasadës. Nuk ka konsensus apo procedurë se si të përcaktohet rreziku për flakët e jashtme që arrijnë në dy kate mbi ndarjen e zjarrit. Për strukturat e drurit, interesi kryesor është të verifikohet që fasadat prej druri mund të përdoren në mënyrë të sigurt nga zjarri, gjithashtu si veshje fasadash, p.sh. ndërtesa betoni [12].

Pasi të përcaktohet një skenar zjarri dhe projektimi i zjarrit, përgjigja strukturore ndaj zjarrit mund të llogaritet duke përdorur metoda të thjeshtësuara ose të përparuara të llogaritjes. Metoda e thjeshtuar e përdorur aktualisht gjerësisht në projektimin e zjarrit, është metoda e zvogëluar e seksionit të kryqëzuar dhe metoda e vetive të reduktuara, e cila është propozuar në EN 1995-1-2 [13].

Pasi të krijohet një zjarr, elementet të cilët ekspozohen drejtpërdrejt fillojnë të nxehen, si pasojë e fluksit të nxehtësisë që vepron në një sipërfaqe të një elementi. Nxehtësia fillon të depërtojë në seksionin e kryqëzuar të një elementi me anë të transferimit të nxehtësisë. Depërtimi i nxehtësisë është relativisht i ngadaltë, duke pasur parasysh vlerat e ulëta të përçueshmërisë termike të lëndës drusore. Kur temperaturat arrijnë vlera midis 250 dhe 350°C (zakonisht miratohet një vlerë e pragut 300°C), ndodh zhuritja e drurit. Zhuritja është një proces kimik i djegies jo të plotë të materialeve të ngurta të caktuara kur i nënshtrohet nxehtësisë së lartë. Distilimi i nxehtësisë largon avullin e ujit dhe komponimet organike të paqëndrueshme nga matrica. Materiali i mbetur i karbonit të zi është shkumb, siç dallohet nga hiri me ngjyrë më të lehtë. Megjithatë shtresa e zhuritjes nuk kontribuon në kapacitetin mbajtës të ngarkesës, ajo mbron pjesën e mbetur të prerjes së tërthortë, duke vepruar si një izolim, duke ngadalësuar procesin e depërtimit të nxehtësisë. Nëse ruhet integriteti i shtresës,

thelbi i prerjes së tërthortë mbetet relativisht i ftohtë, duke ruajtur vetitë mekanike në nivelin e temperaturës së ambientit. Përveç shtresës së shkrumit, formohet një shtresë kalimi shtesë midis shtresës së shkrumit dhe asaj të paprekur, me veti mekanike të degraduara.

Për një ekspozim standard ndaj zjarrit, një prerje e tërthortë efektive për elementet e pambrojtur duhet të llogaritet duke zvogëluar seksionin e kryqëzuar fillestar nga thellësia efektive e shkrumit d_{ef} (Figura 16), i cili mund të përcaktohet nga shprehja e mëposhtme:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0 \quad (41)$$

ku:

- $d_0 = 7 \text{ mm}$,
- k_0 përcaktohet sipas:

$$k_0 = \begin{cases} t/20 & \text{for } t < 20 \text{ min} \\ 1.0 & \text{for } t \geq 20 \text{ min} \end{cases} \quad (42)$$

- $d_{char,n}$ përcaktohet sipas:

$$d_{char,0} = \beta_0 t \quad (43)$$

$$d_{char,n} = \beta_n t \quad (44)$$

ku:

- $d_{char,0}$ është thellësia e projektimit të shkrumit për shkrumin njëdimensional,
- $d_{char,n}$ është thellësia e nocionit të projektimit të shkrumit, i cili përfshin efektin e rrumbullakimit të qosheve,
- β_0 është shkalla e shkrumit njëdimensional e ngarkesës nën ekspozimin standard të zjarrit (Figura 17),
- β_n është shkalla nucionale e shkrumit, madhësia e së cilës përfshin efektin e rrumbullakimit të qosheve dhe plasaritjeve (Figura 17),
- t është koha e ekspozimit të zjarrit në minuta.

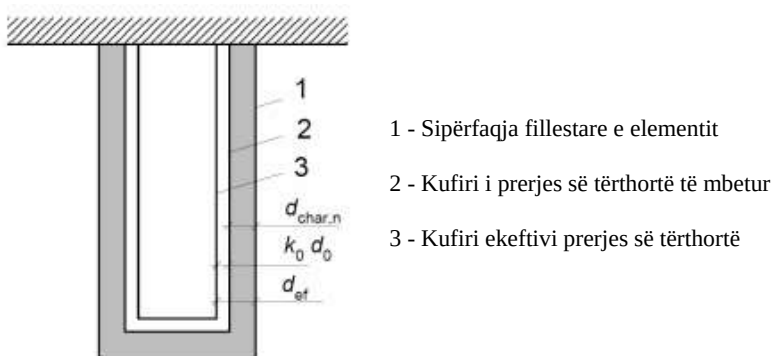


Figura 16. Përkufizimi i prerjes së tërthortë të mbetur dhe prerja e tërthortë e efektshme

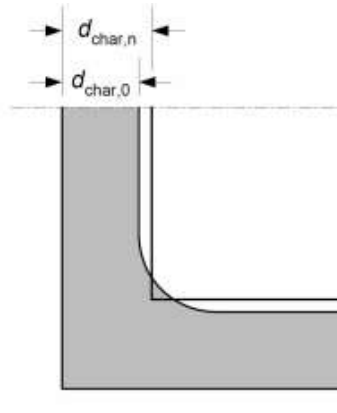


Figura 17. Thellësia e shkruimit $d_{char,0}$ për thellësinë një-dimensionale të shkruimit dhe nocionin e shkruimit $d_{char,n}$

Forca e projektimit dhe vetitë e ngurtësisë së prerjes së tërthortë duhet të llogariten me $k_{mod,fi} = 1.0$.

Norma e shkruimit njëdimensional mund të zbatohet, me kusht që të merret parasysh niveli i rritur i shkruimit afër qosheve, për prerjen e tërthortë me një gjerësi origjinale, b_{min} , ku:

$$b_{min} = \begin{cases} 2d_{char,0} + 80 & \text{for } d_{char,0} \geq 13 \text{ mm} \\ 8.15d_{char,0} & \text{for } d_{char,0} < 13 \text{ mm} \end{cases} \quad (45)$$

Kur gjerësia më e vogël e prerjes së tërthortë është më e vogël se b_{min} , duhet të zbatohen normat nucionale të shkruimit. Për prerjet e tërthorta të llogaritura duke përdorur normat e shkruimit njëdimensional, rrezja e rumbullakimit të qoshes duhet të merret e barabartë me thellësinë e shkruimit $d_{char,0}$. Për sipërfaqet e drurit, të pambrojtur gjatë gjithë kohës së ekspozimit, normat e shkruimit të projektimit janë dhënë në Tabelën 5. Norma e shkruimit të projektimit për drurë të ngurtë, përveç ahut, me dendësi karakteristike midis 290 dhe 450 kg / m³, mund të përcaktohet në bazë të interpolimit linear midis vlerave të dhëna në Tabelën 5. Norma e shkruimit të ahut duhet të merret siç jepet për panel të drurit të butë. Normat e shkruimit të projektimit për panelet me bazë druri zbatohen për një densitet karakteristik prej 450 kg / m³ dhe një trashësi të panelit 20 mm. Për dendësi të tjera karakteristike dhe trashësi të panelit më të vogël se 20 mm, shkalla e shkruimit duhet të llogaritet si:

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 k_\rho k_h \quad (46)$$

me:

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad (47)$$

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} \quad (48)$$

ku:

- ρ_k është densiteti karakteristik [kg/m³],
- h_p është trashësia e panelit [mm].

Tabela 5
Normat e projektimit të shkrumit β_0 dhe β_n prej druri

	β_0 [mm/min]	β_n [mm/min]
a) Dru i butë dhe ah		
Lëndë drusore e ngjitur e laminuar me një densitet karakteristik të $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0.65	0.7
Lëndë drusore e ngurtë me një densitet karakteristik të $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0.65	0.8
b) Dru i fortë		
Dru i ngurtë ose i ngjitur i laminuar me një densitet karakteristik të 290 kg/m^3	0.65	0.7
Dru i ngurtë ose i ngjitur i laminuar me një densitet karakteristik të $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0.50	0.55
c) LVL (lëndë druri rimeso e laminuar)		
Me një densitet karakteristik të $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0.7
d) Panelet (dendësia karakteristike e 450 kg/m^3)		
Panelimi drusor	0.90	n/a
Kompensatë	1.00	
Panele me bazë druri, përveç kompensatës	0.90	

Për sipërfaqet e mbrojtura, informacion shtesë mund të gjenden në EN 1995-1-2.

Metoda e vetive të reduktuara mund të aplikohet për prerjen tërthore drejtkëndëshe të drurit të butë të ekspozuar ndaj zjarrit në tre ose katër anët dhe prerje të tërthorta të rumbullakëta të ekspozuara përgjatë perimetrit.

Për verifikimin e rezistencës mekanike, vlerat e projektimit të vetive të forcës dhe ngurtësisë përcaktohen nga:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} \quad (49)$$

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}} \quad (50)$$

ku:

- $f_{d,fi}$ është forca e projektimit në zjarr,
- $S_{d,fi}$ është veti e projektimit të ngurtësisë (modul i elasticitetit $E_{d,fi}$ ose modulet e prerjes $G_{d,fi}$) në zjarr,
- f_{20} është fraktili 20% i një vetie të fortësisë në temperaturë normale,
- S_{20} është fraktili 20% i një vetie të ngurtësisë (modul i elasticitetit ose modulit të prerjes) në temperaturë normale,
- $k_{mod,fi}$ është faktori modifikues i zjarrit,
- $\gamma_{M,fi}$ është faktori i pjesshëm i sigurisë për lëndën drusore në zjarr.

Faktori i rekomanduar i sigurisë së pjesshme për vetitë materiale në zjarr është $\gamma_{M,fi} = 1.0$. Faktori i modifikimit merr parasysh uljen e vetive të fortësisë dhe ngurtësisë në temperatura

të ngritura dhe zëvendëson faktorin e modifikimit për projektimin e temperaturës normale. Për $t \geq 20$ minuta, faktori i modifikimit të zjarrit $k_{\text{mod,fi}}$ duhet të merret si:

- për forcën e lakimit:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1.0 - \frac{1}{200} \frac{p}{A_f} \quad (51)$$

- për rezistencën në shtypje:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1.0 - \frac{1}{125} \frac{p}{A_f} \quad (52)$$

- për rezistencën në tërheqje dhe modulën e elasticitetit:

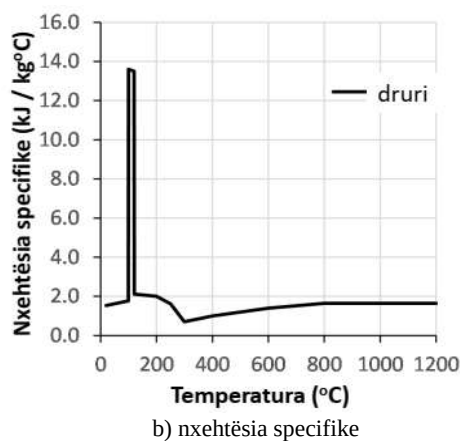
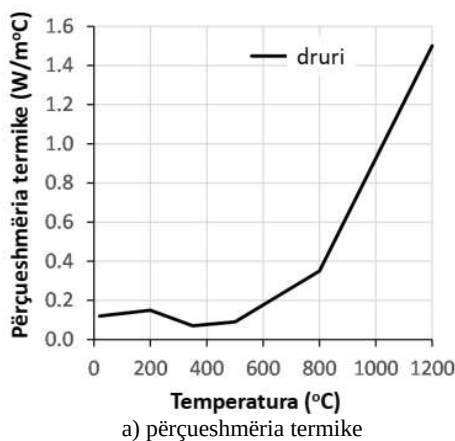
$$k_{\text{mod,fi}} = 1.0 - \frac{1}{330} \frac{p}{A_f} \quad (53)$$

ku:

- p është perimetri i prerjes së tërthortë të mbetur të ekspozuar ndaj zjarrit [m],
- A_f është zona e prerjes së tërthortë të mbetur [m²].

Për $t = 0$ minuta, duhet të merret faktori i modifikimit të zjarrit si $k_{\text{mod,fi}} = 1.0$ dhe për $0 \leq t \leq 20$ minuta, duhet të përdoret interpolimi linear.

Nëse do të kryhet një analizë më e hollësishme, mund të përdoret një metodë e avancuar e llogaritjes, qoftë për elementet individuale, pjesë të një strukture ose struktura të tëra. Mund të përdoren metoda të avancuara për përcaktimin e thellësisë së shkrumit, zhvillimin dhe shpërndarjen e temperaturës brenda elementëve strukturorë dhe vlerësimin e sjelljes strukturorë. Modeli i reagimit termik duhet të marrë parasysh ndryshimin e vetive termike të materialit me temperaturë, ndërsa reagimi strukturor duhet të marrë parasysh ndryshimet e vetive mekanike me temperaturën, si dhe me lagështinë. Vetitë e varura nga temperatura termike dhe mekanike, siç janë propozuar në EN 1995-1-2, janë paraqitur në Figurën 18.



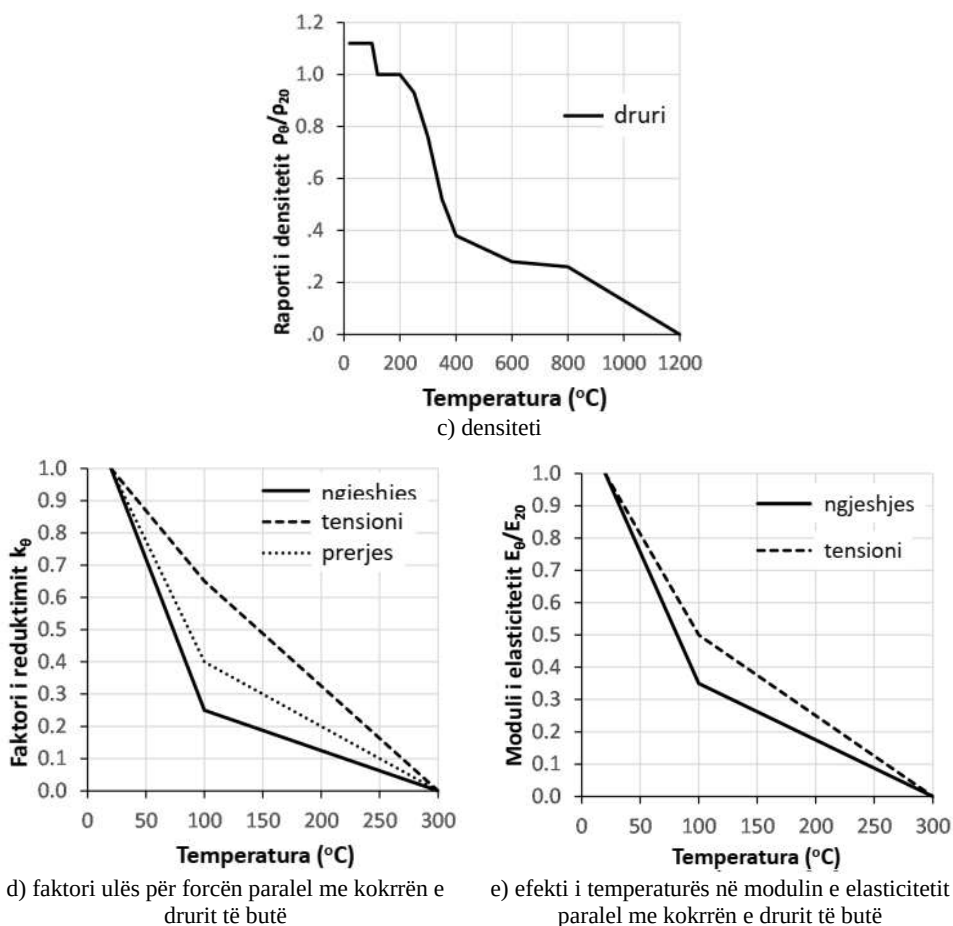


Figura 18. Karakteristikat termike, fizike dhe mekanike të drurit të varura nga temperatura

Viteve të fundit, janë bërë përparime në modelimin numerik të reagimit strukturor në zjarr, duke shfrytëzuar burimet llogaritëse që po zhvillohen vazhdimisht. Materialet strukturore, si betoni, çeliku dhe druri po përdoren njëkohësisht dhe po kombinohen për të kuptuar rezistencën e secilit material të veçantë. Sistemet strukturore bashkëkohore, p.sh. pllaka të përbëra prej betoni dhe druri, përbëhen nga një pllakë betoni (e ngarkuar kryesisht në kompresim), e mbështetur nga një tra druri (që ka rezistencë më të lartë në tension sesa betoni dhe është kryesisht e ngarkuar në tension), me një lidhje midis të dyjave në vinda në formën e çelikut ose pllake (lidhje e prerë midis pllakës dhe trarit). Sjellja komplekse e materialit dhe modeli realist i reagimit strukturor komplikohet më tej me prezantimin e temperaturave të ngritura, duke paraqitur një sfidë për inxhinierët dhe studiuesit në këtë fushë. Informacione të mëtejshme mbi modelimin numerik të përparuar të sistemeve të tilla mund të gjenden në [14].

REFERENCAT

- [1] EN 1992-1-2, "Design of Concrete Structures, General Rules, Structural Fire Design", European Committee for Standardization, 2004.
- [2] EN 1991-1-2, "Actions on Structures, General Actions, Actions of Structures Exposed to Fire", European Committee for Standardization, 2002.
- [3] CEB-FIP, "Fire Design of Concrete Structures - Materials, Structures and Modelling", Bulletin 38, International Federation for Structural Concrete (fib), 2007.
- [4] ISO 834, "Fire Resistance Test - Elements of Building Construction", International Standard 834, 1975.
- [5] ASTM E-119-08a, "Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials", American Society for Testing and Materials, 2008.
- [6] J.-F. Cadorin, J.-M. Franssen, "A Tool to Design Steel Elements Submitted to Compartment Fires – Ozone V2. Part 1: Pre- and Post-Flashover Compartment Fire Model", *Fire Safety Journal*, vol. 38, pp. 395-427, 2003.
- [7] J.-F. Cadorin, D. Pintea, J.-C. Dotreppe, J.-M. Franssen, "A Tool to Design Steel Elements Submitted to Compartment Fires – Ozone V2. Part 2: Methodology and application", *Fire Safety Journal*, vol. 38, pp. 429-451, 2003.
- [8] A.H. Buchanan, "The Challenges of Predicting Structural Performance in Fires", *Ninth International Symposium on Fire Safety Science*, Karlsruhe, Germany, pp. 77-90, 2008.
- [9] S. Shihada, "Effect of Polypropylene Fibers on Concrete Fire Resistance", *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 17, no. 2, pp 259-264, 2011.
- [10] I. Džolev, M. Cvetkovska, Đ. Lađinović, V. Radonjanin, A. Rašeta, "Fire Analysis of a Simply Supported Reinforced Concrete Beam", *8th Symposium Association of Structural Engineers of Serbia*, Zlatibor, Serbia, pp 322-327, 2016.
- [11] EN 1993-1-2, "Design of Steel Structures, General Rules, Structural Fire Design", European Committee for Standardization, 2002.
- [12] A. Buchanan, B. Östman, A. Franghi, "Fire Resistance of Timber Structures", A report for the National Institute of Standards and Technology, NIST, 2014.
- [13] EN 1995-1-2, "Design of Timber Structures, General Rules, Structural Fire Design", European Committee for Standardization, 2003.
- [14] Ch. Bedon, C. Chiffliganec, I. Džolev, R. Pečenko, T. Hozjan, *Numerical Modelling of Timber Concrete Composite Structures in Fire - Guidance Document*, ETH Zürich, Switzerland, 2018.

Seksioni II

Vlerësimi dhe Riparimi i Strukturave

1. DËMET NGA ZJARRI I STRUKTURAVE TË BETONIT TË ARMUAR DHE MUNDËSITË E RIPARIMIT

1.1. HYRJE

Punimet e riparimit të strukturës BA së dëmtuar nga zjarri të dizajnuara në mënyrë të duhur dhe të ekzekutuara me sukses mund të sigurohen vetëm nëse është bërë një hulumtim në vend dhe në laborator si dhe një vlerësim i saktë i kapacitetit të mbetur strukturor. Rekomandimet e disponueshme nga burime të ndryshme (libra, kode, artikuj etj) mund të ndihmojnë për të bërë zgjidhjen e duhur nga një gamë e gjerë e metodave të riparimit në dispozicion dhe materialeve të riparimit, por në praktikë çdo strukturë e dëmtuar nga zjarri është unik. [20]. Për vlerësimin real të strukturës pas një zjarri është e nevojshme të njihet sjellja e betonit dhe çelikut për armim në temperaturë të lartë, të për të qenë në gjendje të njihet lloji dhe shkalla e dëmtimit si rezultat i zjarrit dhe t'i ndani ato nga dëmtimet e ngjashme që rezultojnë nga shkaqe të tjera. Betoni i armuar konsiderohet një material që tregon një rezistencë të pranueshme ndaj temperaturave të larta, e cila lejon përdorimin e elementeve të betonit pa pasur nevojë për ndonjë mbrojtje shtesë. Arsyeja kryesore për këtë deklaratë janë vetitë e mëposhtme të betonit: rezistenca ndaj djegies, përçueshmëria e vogël termike, deformime të vogla në temperaturë në rritje dhe prandaj thelbi i betonit mbetet i paprekur brenda seksionit të elementit dhe vazhdon bartjen e ngarkesës. Nga ana tjetër, armimi është i ndjeshëm ndaj temperaturave të larta dhe duhet të mbrohet. Në strukturat e BA, mbulesa me beton e luan atë rol. Përçueshmëria relativisht e ulët termike e betonit çon në një përhapje të ngadaltë të transformimeve kimike të përbërësve të betonit, të cilat gjithashtu kanë nevojë për kohë për zhvillimin e plotë të konvertimeve në çdo temperaturë specifike. Nga ana tjetër, përçueshmëria e ulët termike e betonit shkakton një gradient të fortë termik që shkakton sforce të brendshme në masën e betonit dhe zhvillimin e plasaritjeve të brendshme [1]. Sidoqoftë, periudha e gjatë e ekspozimit të betonit të armuar ndaj temperaturave të larta paraqesin ndryshime fiziko-kimike në vetitë e tij që çojnë në rënje të forcës mekanike e cila prodhon humbje në kapacitetin mbajtës dhe sigurinë e strukturës.

1.2. MEKANIZMAT E DËMTIMIT TË BETONIT NË EKSPOZIM NDAJ ZJARRIT

Betoni është një material kompozit që përmban kryesisht agregate minerale të lidhura nga një matricë e pastës së çimentos së hidratuar. Matrica është shumë poroze dhe përmban një sasi relativisht të madhe të ujit të lirë. Kur i nënshtrohet nxehtësisë, betoni reagon jo vetëm në ndryshime të menjëhershme fizike, siç është zgjerimi, por pëson edhe ndryshime të ndryshme kimike. Ky reagim është veçanërisht kompleks për shkak të mungesës së njëshmërisë së materialit. Betoni përmban si elementë çimento ashtu edhe agregate dhe këto mund të reagojnë ndaj ngrohjes në mënyra të ndryshme [7]. Ndryshimet kryesore ndodhin kryesisht në pastën e çimentos së ngurtësuar. Me rritjen e temperaturës së betonit në 100°C, do të avullohet uji i lirë nga sistemi i poreve kapilare të pastës së çimentos së ngurtësuar. Në rangun prej 100°C - 400°C pasta e çimentos humbet ujin e lidhjes fizike, ndërsa në temperaturat mbi 400°C do të humbet uji i lidhur kimikisht. Transformimet kimike të mëposhtme mund të vërehen me rritjen e temperaturës: dekompozimi i etringitit ndërmjet 50°C dhe 110°C, dehidratimi endotermik i Ca(OH)_2 në temperaturat 450°C -550°C dhe dehidratimi i hidrateve të kalciumit të silikatis në temperaturën 700°C [2]. Humbja e ujit nga poret dhe transformimet kimike shoqërohen me tkurrje të gurit të çimentos. Nga ana tjetër, për shkak të rritjes së

temperaturave, agregati i trashë rrit vëllimin e tij dhe shfaqet çrregullimi i ngjitjes midis pastës së çimentos dhe agregatit të trashë. Në rastin e betonit të armuar, i njëjti mekanizëm çon në ngjitje të dëmtuar në mes të armaturës dhe betonit [20].

Agregati zë normalisht 65 deri 75% të vëllimit të betonit, dhe kjo është arsyeja pse sjellja e betonit në temperaturë të ngritur ndikohet fuqimisht nga lloji i agregatit. Materialet e agregatit të përdorura zakonisht janë termikisht të qëndrueshme deri në 300°C – 350°C . Agregati i përdorur në beton mund të klasifikohet në tre lloje: agregat karboni, agregat silicik dhe agregat me peshë të lehtë (LWA). Agregatet e karbonatit përfshijnë gur gëlqeror dhe dolomit. Agregati silicik përfshin materiale të përbëra nga silici dhe përfshijnë granit dhe gur ranor. LWA-të zakonisht prodhohen duke ngrohur shiritin, propozojën ose argjilën. Fortësia kompresive e betonit që përmban agregat silicik fillon të bjerë në rreth 400°C dhe zvogëlohet në rreth 55% në 650°C për shkak të ndryshimit të strukturës kristalore të formimit të kuarcit $\rightarrow \beta$ formacioni [2]. Betoni që përmban LWA dhe agregate të karbonatit ruan pjesën më të madhe të rezistencës në shtypje deri në rreth 650°C . Betoni i lehtë ka veti më të mira izoluese, dhe transmeton nxehtësinë në një shkallë më të ngadaltë sesa betoni me peshë normale me të njëjtën trashësi, dhe për këtë arsye në përgjithësi siguron rezistencë të shtuar ndaj zjarrit. Moduli i elasticitetit për betonet e prodhuar nga të tre llojet e agregateve zvogëlohet me rritjen e temperaturës. Gjithashtu, në temperatura të larta, zvarritja dhe relaksimi i betonit rriten ndjeshëm. Ngjyra e betonit në përgjithësi ndryshon në rritjen e temperaturës nga normale në rozë ose e kuqe ($300\text{--}600^{\circ}\text{C}$), gri të bardhë ($600\text{--}900^{\circ}\text{C}$) dhe krem ($900\text{--}1000^{\circ}\text{C}$). Nëse temperatura e betonit tejkalon 1300°C , do të ndodhë zbutja dhe shkrirja e shtresës sipërfaqësore [20]. Ndryshimet fizike dhe kimike të përshkruara në beton do të ndikojnë në zvogëlimin e rezistencës në shtypje të materialit. Në përgjithësi, betoni do të ruajë rezistencën në shtypje derisa të arrihet një temperaturë kritike, ku edhe bie shumë shpejtë. Kjo zakonisht ndodh në rreth 600°C [7].

Çeliku për armim është shumë më i ndjeshëm ndaj temperaturave të larta sesa betoni. Të dy materialet janë rezistente ndaj djegies, por betoni ka rol mbrojtës, me fjalë tjera rol izolues. Çeliku i rrotulluar në temperaturë të lartë (shufrat e armaturës) ruajnë pjesën më të madhe të forcës së tyre të prodhimit deri në rreth 400°C , por në temperaturat $>600^{\circ}\text{C}$ çeliku i rrotulluar në temperaturë të lartë humbet forcën e mbetur. Çelik të tërhequr nga të ftohtët (çeliku për paranderje) tregojnë humbje të konsiderueshme të forcës në $200\text{--}400^{\circ}\text{C}$. Çeliku i punuar në temperaturë të ftohtë humbet forcën e mbetur në temperaturën $>450^{\circ}\text{C}$. Ulja e rezistencës së armaturës në temperatura të larta është zakonisht shkaku i devijimit të madh të përhershëm të strukturës. Kur betoni i ekspozohet temperaturave të larta, si në rastin e ekspozimit ndaj zjarrit, dëmtimet themelore të dukshme janë pëlcitja termike dhe plasaritja, por ndryshime të tjera ndodhin gjithashtu, si një rënie e forcës dhe modul i elasticitetit dhe ndryshimit të ngjyrës. Në shumicën e rasteve, regjistrohet një kombinim i këtyre efekteve të zjarrit.

Pëlcitja është një term ombrellë, që përfshin fenomene të ndryshme dëmtimi që mund të ndodhin në një strukturë betoni gjatë zjarrit [4]. Pëlcitja mund të përkufizohet si plasaritje e dhunshme ose jo e dhunshme e shtresave ose fragmenteve të betonit nga sipërfaqja e një elementi strukturor gjatë ose pasi ajo të jetë ekspozuar ndaj temperaturave të larta dhe me shpejtësi në rritje siç përjetohet gjatë zjarreve [13]. Këto dukuri shkaktohen nga mekanizma të ndryshëm [4]:

- Presioni i poreve rritet për shkak të ujit avullues me rritjen e temperaturës;
- Shtypja e sipërfaqes së ngrohur për shkak të një gradienti termik në prerjen tërthore;

- Plasaritja e brendshme për shkak të ndryshimit në zgjerimin termik midis agregatit dhe pastës së çimentos;
- Humbja e forcës për shkak të tranzicioneve kimike gjatë ngrohjes.

Ekzistojnë disa teori kryesore që shpjegojnë mekanizmat e pëlcitjes [11, 12]:

- Teoria e nderjes termike
- Teoria e presionit poror
- Presioni i kombinuar i poreve dhe pëlcitja e stresit termik.

Gjatë dekadave të fundit u zhvilluan disa teori specifike [11]:

- Teoria e presionit të poreve plotësisht të ngopura
- Teoria BLEVE (Shpërthimi i avullit të zgjerimit të lëngut që vlon)
- Forcat e fërkimit nga teoria e rrjedhës së avullit

Të gjitha këto teori bazohen në fenomenet e "lëvizjes së nxehtësisë dhe/ose lëvizjes së lagështisë" që shkaktojnë strese. Fatkeqësisht, teoritë e përmendura nuk janë konfirmuar plotësisht nga një numër eksperimentesh. I njëjtin përfundim mund të nxirret për modelimin numerik që përpiket të shpjegojë dhe parashikojë shfaqjen e pëlcitjes.

Plasaritja e betonit të ekspozuar ndaj zjarrit ndodh për shkak të tejkalimit të rezistencës në tërheqje së betonit. Plasaritjet dhe plasaritjet shkaktohen nga zgjerimi termik dhe dehidratimi i betonit për shkak të nxehtësisë.

1.3. LLOJET DHE KLASIFIKIMET E DËMTIMEVE

1.3.1. Llojet e dëmtimeve

Termi "**pëlcitje**" përfshin numër të madh të llojeve të dëmtimeve. Llojet e para të pëlcitjes u përshkruan në fillim të shekullit të 20-të (pëlcitje shpërthyesë, sipërfaqësore, agregate dhe në qoshe). Gjatë dekadave të ardhshme, u shtuan dy lloje të reja (zvogëlimi i pëlcitjes dhe pëlcitja e pas ftohjes) [4, 13]. Ato janë:

- **Pëlcitja shpërthyesë:** Çarja e dhunshme e fragmenteve të betonit në temperatura të larta zakonisht ndodh në 30 minutat e para të një zjarri. Pëlcitja shpërthyesë zakonisht shkaktohet nga: lirimi i pamjaftueshëm i presionit të lartë të poreve, streseve të larta termike dhe kombinimit të dyjave. Ky lloj i pëlcitjes ka sidomos të ngjarë të ndodhë në pjesët strukturore të ndezur nga më shumë se një anë, siç janë shtyllat dhe trarët. Kur bllokimet e lagështirës avancojnë në beton nga të gjitha anët e ndezura, në një moment të kohës bllokimet e lagështirës do të takohen në qendër të prerjes tërthore, duke shkaktuar rritje të papritur të presionit të poreve që mund të shkaktojë që pjesë të mëdha të prerjes tërthore të shpërthejnë.
- **Pëlcitja sipërfaqësore:** Ndarja e dhunshme e copave të vogla ose më të mëdha të betonit nga prerja tërthore në temperatura të larta, gjatë së cilës energjia lirohet në formën e copëzimit të copave dhe fetave të vogla me një shpejtësi të caktuar. Zakonisht ndodh në 30 minutat e para të një zjarri.
- **Pëlcitja e agregatit:** Ndarja e agregateve për shkak të dekompozimit të tyre ose ndryshimeve në temperaturat e larta. Zakonisht ndodh në 30 minutat e para të një zjarri (figura 1).

- **Pëlçitja në qoshe:** Largimi i mbulesës së betonit nga qoshet në temperaturë të lartë për shkak të ndikimit të temperaturës nga dy anët. Kjo lloj pëlçitje zakonisht lidhet me plasaritje ndarëse për shkak të ndryshimit në deformimin termik midis betonit dhe armaturës dhe ndodh në 90 minutat e para (figura 2).
- **Plasaritja graduale (sloughing off) e pëlçitjes:** Plasaritja graduale është forma e pëlçitjes graduale progresive, që shkaktohet nga humbja e forcës për shkak të plasaritjes së brendshme dhe përkeqësimit kimik të pastës së çimentos. Ky lloj i pëlçitjes është thyerja jo e dhunshme e fragmenteve të betonit pas ekspozimit më të gjatë në temperatura të larta, kur betoni humbet forcën e saj (figura 3 dhe 4).
- **Pëlçitja e pas ftohjes:** Thyerja jo e dhunshme e fragmenteve të betonit gjatë ftohjes nga temperatura e lartë. Kjo lloj pëlçitje është vërejtur me llojet e betonit që përmbajnë agregate gëlqerore. Një shpjegim është rihidratimi i CaO në Ca(OH)_2 pas ftohjes, kur lagështia është përsëri e pranishme në sipërfaqen e betonit. Zgjerimi për shkak të rehidrimit shkaktonte plasaritje të rëndë të brendshme dhe kështu humbje të plotë të forcës së betonit. Pjesët e betonit vazhdojnë të bien për aq kohë sa ka ujë për të rihidratuar CaO-në në zonën e dehidratuar (figura 5).

Termi “plasaritje” mbulon llojet e dëmtimeve në vijim:

- **Plasaritje (crazing):** Rrjeta si copëtim dhe plasaritje në sipërfaqen e elementeve të betonit (figura 6), të shkaktuara nga tkurrja shitesë e pastës së çimentos të ngurtësuar gjatë tharjes për shkak të temperaturës së lartë.
- **Plasaritjet në qoshe gjatë armimit kryesor:** Plasaritja për shkak të ndryshimit në zgjerimin/deformimin termik midis betonit dhe shufrave të armaturës. Këto plasaritje zakonisht ndodhin përgjatë skajit të shtyllave dhe trarëve, veçanërisht në drejtim të armaturës kryesore. Gjithashtu, ato shoqërohen me ndarjen dhe rënien e copave të betonit (pëlçitja në qoshe) dhe me shufrat e dukshme të armaturës (figura 2).
- **Delaminimi i brendshëm i betonit:** Manifestohet si plasaritje e brendshme paralel me sipërfaqen e prekur nga zjarri (Fig. 7). Shkaku kryesor i këtij dëmtimi është gradienti i temperaturës së lartë që shkaktonte strese të larta në tërheqje midis shtresës së nxehtë të sipërfaqes dhe zonës së ftohtë të brendshme të betonit. Ky fenomen është tipik për shtyllat. Meqenëse plasaritjet e brendshme nuk mund të regjistrohen vizualisht, ekzistenca e tyre duhet të kontrollohet duke nxjerrë bërthamat e betonit.

Plasaritja e sipërfaqes së betonit mund të sigurojë shtigje për ngrohje të drejtpërdrejtë dhe më të shpejtë të shufrave të armaturës dhe betonit të brendshëm, ndoshta duke sjellë më shumë stres termik dhe plasaritje të mëtejshme.

Humbja e forcës dhe dukshmëria e armaturës janë zakonisht pasoja të temperaturave të larta gjatë zjarrit. Dëmet karakteristike të dukshme të armaturës janë:

- Deformime plastike për shkak të zgjatjes së përmbytur (Fig. 8).
- Thyerja e shufrave (Fig. 8) për shkak të humbjes së duktilitetit të çelikut ose zvogëlimit lokal të seksionit të shufrës për shkak të shkrirjes së çelikut.

Elementet e betonit të armuar gjatë zjarrit i nënshtrohen streseve shitesë për shkak të deformimeve të përmbytura. Në rast të trarëve dhe pllakave më të holla mund të ndodhë ngushtimi i lidhur me devijimin. Në kushte zjarri, trari/pllaka e përmbytur në bosht zhvillon devijime të mëdha në gjendjet pas ngushtimit [23].

Shkalla dhe lloji i dëmtimeve të përshkruara nga zjarri i strukturave të RC varet nga shumë parametra, ndër të cilët më të rëndësishmit janë: madhësia dhe shpërndarja e ngarkesës së zjarrit, kohëzgjatja e zjarrit, temperatura maksimale e zjarrit, forma dhe dimensionet e elementeve strukturorë, ekzistenca dhe lloji i shtresës së fundit - mbulesa e elementeve të RC, prania e defekteve dhe/ose dëmtimet paraprake, detajet e ndërtimit dhe cilësia aktuale e betonit.



Figura 1: Pëlcitja e agregatit



Figura 2: Pëlcitja e qoshe dhe plasaritjet e qosheve përgjatë armimit kryesor



Figura 3: Pëlcitja e plasaritjes graduale (trari)



Figura 4: Plasaritja graduale e pëlcitjes (pllakës)



Figura 5: Pëlcitja pas ftohjes



Figura 6: Plasaritje (Crazing) - rrjetë si plasaritje

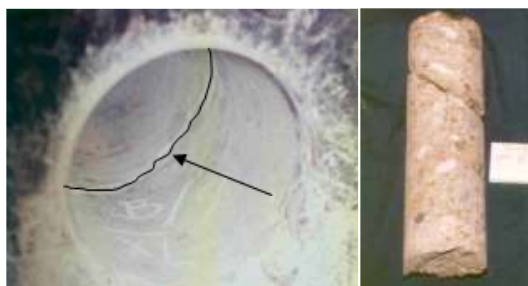


Figura 7: Delaminimi i brendshëm i betonit në shtyllë



Figura 8: Deformime plastike dhe prishja e shufrave

1.3.2. Klasifikimi i dëmeve

Nga një numër i shumtë i klasifikimeve në dispozicion të dëmeve të betonit nga zjarri autorët e këtij punimi zgjedhën klasifikimin e propozuar nga Ingham dhe Tarada [10] dhe e modifikuan atë në lidhje me shkallën e pjesës së prekur të prerjes së tërthortë të elementeve BA. Figura 9 ilustron pjesët e prerjes së tërthortë të elementit tipik BA që duhet të merren parasysh gjatë zgjedhjes së metodës së duhur të riparimit. Klasifikimi i propozuar është dhënë në Tabelën 1.

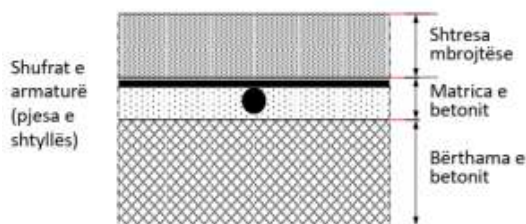


Figura 9: Pjesët karakteristike të prerjes së tërthortë të elementit BA

Tabela 1: Klasifikimi i dëmeve nga zjarri me ilustrimin e pjesës së prekur të prerjes së tërthortë

Shkalla e dëmtimit	Pjesa e prekur e prerjes së tërthortë	Ilustrimi	Karakteristikat e vërejtura
1	Shtresa mbrojtëse e hollë sipërfaqes		Plasaritja (Crazing) e vogël – plasaritja në dukje si rrjetë me ngjyrë normale të betonit Pëlçitja është e pa dukshme Shufrat e armaturës janë të pa dukshme

2	Mbulesa e betonit		Plasaritja (Crazing) e moderuar - plasaritja në dukje si rrjetë Pëlctije e sipërfaqes Pëlctije e agregatit Ndryshimi i ngjyrës së betonit (rozë ose e kuqe) Shufrat e armaturës janë të pa dukshme ose lokalisht të dukshme në vendet me mbulesë të pamjaftueshme (deri në 25%)
3	Matrica e betonit		Plasaritja (Crazing) e gjerë Pëlctije në qoshe dhe plasaritje përgjatë shufrave të armatimit Plasaritje graduale e pëlctijes Ndryshimi i ngjyrës së betonit (rozë/e kuqe/gri e bardhë) Deri në 50% të shufrave të armaturës janë të dukshme Humbja e forcës së betonit Devijim i vogël i elementeve BA
4	Bërthama e betonit		Pëlctije thellësisht e gjerë Më shumë se 50% e shufrave të armaturës janë të dukshme Ndryshimi i ngjyrës së betonit (gri e bardhë / e verdhë në kafe) Shkrirje e mundshme e betonit (zjarre të gjata) Delaminimi i brendshëm i betonit Lidhje e dëmtuar midis betonit dhe shufrave të armaturës Rritja e devijimit të elementeve BA Reduktimi i vetive mekanike të shufrave të armaturës Ngushtimi i mundshëm dhe shpëputja e shufrave të armaturës

1.4. CËNUESHMËRIA E STRUKTURAVE TË BETONIT TË EKSPOZUARA NDAJ ZJARRIT

Sipas EN 1992-1-2 [5] dizajni i rezistencës ndaj zjarrit i ndërtimit kërkon tre nivele të analizës:

- Analizën e elementeve,
- Analizën e një pjese të strukturës dhe
- Analizën e të gjithë strukturës.

Përveç shkallës së ngrohjes, kohëzgjatjes dhe temperaturës maksimale të zjarrit, çenueshmëria e strukturave të BA të ekspozuar ndaj zjarrit në nivelin e elementeve varet nga faktorë të shumtë shtesë, siç janë:

- Lloji i betonit (beton i zakonshëm, beton i lehtë, betoni me rezistencë të lartë, betoni i përforcuar me fibra, betoni vetë-kompaktues, etj.)
- Forma dhe dimensionet e elementeve strukturorë (prerjet e tërthorta të thjeshta / kompakte ose komplekse)

- Detajet e ndërtimit dhe ato arkitekture (trashësia e mbulesës së betonit, aranzhimi i armaturës, vendosja e instalimeve)
- Prania e defekteve dhe dëmtimeve të mëparshme dhe riparimet (sipërfaqja e vrazhdë e betonit, mbulesa e pamjaftueshme e betonit, nyjet e dobëta të ftohta, plasaritjet)
- Ekzistenca dhe natyra e shtresave mbrojtëse dhe dekorative (materiale të shtresave të djegshme dhe të padjegshme).

1.4.1. Analiza e elementeve

Lloji i betonit

Karakteristikat e zjarrit të *betonit të zakonshëm* (OC, NWC), si dhe llojet e tjera të betonit, kryesisht varen nga lloji i agregatit, pasi agregatet zënë 65-75% të vëllimit të betonit. Në EN 1992-1-2 [5] agregati është i ndarë në dy grupe, agregat silicor dhe gëlqeror. Agregati gëlqeror ka veti më të mira zjarri sesa agregati silicor. Sidoqoftë, disa autorë propozojnë një klasifikim të ndryshëm të agregatit silicor. Për shembull Khoury [14] ndau agregatin silicor në dy grupe, me qëndrueshmëri më të mirë termike (deri në 600°C) siç është bazalti, graniti dhe gabro dhe me qëndrueshmëri të ulët termike (nën 350°C) si flinti dhe agregati lumor. Nga aspekti i stabilitetit termik, agregatet më pak të favorshme janë ato të marra nga shkëmbinj me origjinë metamorfike, kryesisht të shkëmbinjve të kuarcit. Gjegjësisht, shkëmbi i kuarcit përmban një sasi të konsiderueshme të kuarcit mineral, i cili konsiderohet si minerali më kritik i shkëmbit të ngurtë në temperatura të ngritura [3]. Duke marrë parasysh sjelljen e betonit në temperaturë të lartë, përveç stabilitetit termik, një agregat i përshtatshëm do të ishte ai me një zgjerim të ulët termik, i cili përmirëson përputhshmërinë termike me pastën e çimentos, sipërfaqen këndore të vrazhdë, e cila përmirëson lidhjen fizike me pastën e çimentos dhe praninë e reaktivit silicor, e cila përmirëson lidhjen kimike me pastën e çimentos [14].

Betoni me agregat të lehtë (LWAC, LWC). Betoni me agregat të lehtë mineral artificial, siç është argjila e zgjeruar, është lloji më i përdorur i LWAC për qëllime strukturore. Betoni i lehtë strukturor është i dobishëm për sa i përket zvogëlimit të ngarkesës së mbetur të strukturave dhe ngarkesave laterale të tërmetit. Përveç densitetit më të ulët, ky lloj i betonit ka një përçueshmëri termike më të ulët dhe transmeton nxehtësi me një ritëm më të ngadaltë se betoni i zakonshëm. Sidoqoftë, LWAC tenton të ketë një forcë të zvogëluar të tensionit në krahësim me NWC, për të njëjtën forcë kompresive. Zëvendësimi i agregateve tradicionale me agregat të lehtë në përgjithësi rezulton në një rritje të shfaqjes së pëlcitjes për temperaturat mbi 350 °C. Shfaqja e pëlcitjes në LWAC është për shkak të forcës së saj më të ulët të tensionit, përmbajtjes më të lartë të lagështisë dhe zhvillimit të një gradienti më të lartë termik gjatë ekspozimit të nxehtësisë. Kur nuk ndodh pëlcitja, përkeqësimi i LWAC për shkak të temperaturave të ngritura është i ngjashëm me OC [25] ose më i vogël, falë agregatit të lehtë që tashmë është ekspozuar ndaj temperaturës > 1000°C gjatë Piroprocesimit. Në fakt, forca e mbetur në përgjithësi është më e lartë në LWAC sesa në OC për shkak të përputhshmërisë më të lartë termike të përbërësve të LWAC. Meqenëse, diferenca midis koeficientëve të zgjerimit termik të agregatit dhe pastës së çimentos është më e lartë në OC sesa në LWAC, OC është më e prirur për plasaritje. Gjithashtu, LWC mbron në mënyrë më efektive shufrat e tensionit nga rrjedha e nxehtësisë, me një rritje të jashtëzakonshme të kapacitetit mbajtës në çdo kohëzgjatje zjarri [19].

Beton me rezistencë të lartë (HSC). Falë përfitimeve teknike dhe ekonomike HSC është duke u bërë gjithnjë e më shumë një komponent kryesor në ndërtimin në shkallë të gjerë, nga ndërtesat e larta tregtare dhe banesore deri tek urat, tunelet dhe strukturat në det të hapur.

Karakteristikat themelore të HSC janë rezistenca e lartë në shtypje dhe moduli i elasticitetit (ngurtësia), ulja e përshkueshmërisë dhe rezistenca ndaj gërryerjes. HPC i ekspozuar ndaj zjarrit ka një tendencë dhe veçori të ndryshme të pëlcitjes në krahasim me OC. Për shkak të përshkueshmërisë së ulët të HPC, gjë që e bën më të vështirë transportimin e avullit dhe lagështisë, presioni shumë i lartë i avullit mund të ndodhë afër sipërfaqes [18]. Kjo do të thotë se ekziston një rrezik më i madh që HPC pëlcet në krahasim me OC. Kur zona e avullit zhvendoset në një distancë të caktuar nga sipërfaqja e nxehtë, krijohet një presion maksimal i avullit, dhe në distanca më të mëdha presioni ulet përsëri. Kjo distancë kritike është shumë më pak për HPC, rreth 5-10 mm sesa për OC, rreth 20-40 mm (Fig. 12). Nga testet e zjarrit është vërejtur që pëlcitja e HPC karakterizohet nga një shtresë prej rreth 5 mm betoni që bie dhe pas kësaj një ngritje e re e përparme e avullit, e cila mund të krijojë një pëlcitje të re prej 5 mm, dhe në fund e gjithë pëlcitja mund të arrijnë në thellësi të konsiderueshme [18]. Ulja e rezistencës në shtypje të HSC fillon në temperatura dukshëm më të ulëta se ajo e OC. Për shembull, në 150°C forca shtypëse e HSC ra në 70% të forcës së temperaturës së dhomës, ndërsa zvogëlimi i rezistencës në shtypje në OC është i papërfillshëm. Në HPC, matrica e çimentos dhe agregati i vrazhdë janë të ngarkuar me të njëjtin nivel stresi, sepse ata kanë vlera të ngjashme të modulit të elasticitetit dhe rezistencës në shtypje. Në temperatura të ngritura, matrica e çimentos fillon të dobësohet para agregatit të vrazhdë dhe kjo shkakton rishpërndarjen e streseve të brendshme dhe stresi është i përqendruar vetëm në agregatin e vrazhdë, i cili çon në ulje të ndjeshme të rezistencës në shtypje të HPC. Nga ana tjetër, dobësimi i matricës së çimentos për shkak të ngrohjes shkakton vetëm rishpërndarje të lehtë të stresit dhe rrjedhimisht vetëm pak zvogëlim të rezistencës në shtypje të OC [8]. HSC shfaq karakteristikat e thyeshme nën 600°C, dhe të dukshmërisë mbi 600°C.

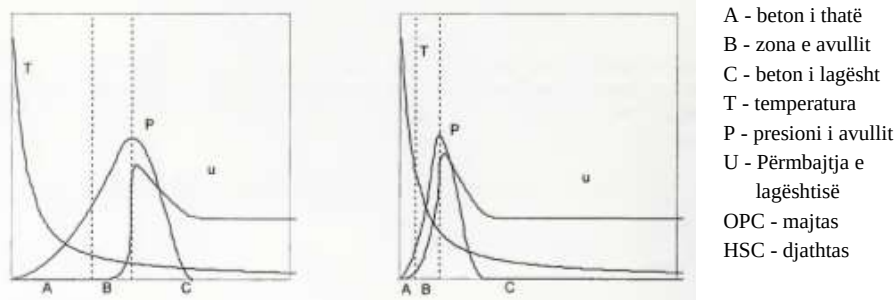


Fig. 12. Ilustrimi i pozicionit të bllokimit të ujit dhe presionit të brendshëm të poreve brenda OC dhe HCC të nxehtë

Betoni i përforcuar me fibra (FRC). Betoni i përforcuar me fibra (FRC) është betoni që përmban material fibroz që rrit integritetin e tij strukturor. Ai përmban fibra të shkurtra diskrete që shpërndahen në mënyrë të njëtrajtshme dhe orientohen në mënyrë të rastësishme. Fibrat përfshijnë fibrat e çelikut, fibrat e qelqit, fibrat sintetike dhe ato natyrale. Çeliku, qelqi dhe fibrat e tjera minerale janë të padjegshme, ndërsa fibrat organike sintetike dhe natyrale janë të djegshme. Ndër fibrat e përmendura çeliku dhe polipropileni përdoren zakonisht në beton. Deri më tani janë bërë një numër testimesh për të hetuar pëlcitjen shpërthyesë të betonit me fibra PP ose fibra çeliku ose fibra hibride PP/çeliku. Në FPC fibrat PP vlerësohet se janë efektive në zbutjen e rrezikut të pëlcitjes nën zjarr për shkak të mikro-kanaleve të krijuara nga shkurirja e fibrave PP (Fig. 13) [26]. Fibrat PP shkrihen afërsisht në 170°C, dhe lënë një rrjet të poreve të hapura, të cilat e bëjnë më të lehtë evakuimin e avullit, duke kontribuar kështu në uljen e presionit të brendshëm të poreve [24]. Eurocode kishte parashikuar se fibrat PP 3

kg/m³ mund të ndihmojnë në shmangien e pëlçitjeve. Diametri, gjatësia dhe sasia e fibrave PP kanë efekt të konsiderueshëm në zvogëlimin e pëlçitjes së betonit në zjarr, si dhe në forcën e mbetur të ngjeshjes së betonit (Fig. 14) [27]. Për SFRC u morën përfundime të ndryshme në lidhje me efektivitetin në zbutjen e pëlçitjes shpërthyesë nën zjarr.



Fig. 13. Një pamje e OC (majtas - pëlçitje shpërthyesë) dhe PPFRC (djathtas) pasi ekspozohet në temperatura të ngritura

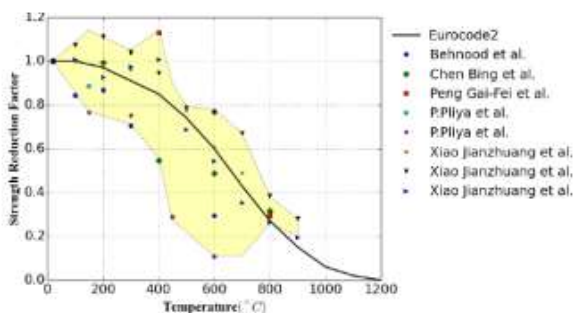


Fig. 14. Reduktimi i rezistencës në shtypje ndaj temperaturës për PP-FRC me (a) agregate gëlqerore

Detaje ndërtimi dhe detaje aritekturore

Aranzhimi i armaturës në gjymtyrët strukturore gjithashtu ndikon në shkallën e dëmtimit nga zjarri. Shufrat e armaturës me diametër më të madh dhe vendosja jo adekuatë e armaturës kontribuojnë në intensifikimin e dëmeve të shkaktuara nga zjarri, veçanërisht në gjymtyrët me dimensione më të vogla ose me mbulesë të pamjaftueshme (Fig. 16). Dëmet karakteristike po bien nga mbulesa e betonit dhe deformimet plastike të armimit të zhveshur.

Vendosja e instalimeve elektrike dhe të ngjashme në prerjen e tërthortë të elementeve BA shpesh çon në dëmtim të konsiderueshëm lokal të betonit dhe armaturës. Instalimet në ndërtesa zakonisht vendosen në gypa plastike të cilët shkrihen dhe digjen gjatë zjarrit dhe realizojnë nxehtësi shtesë dhe shkaktajnë dëmtimin lokal të bërthamës së betonit duke pasuar me deformim plastik të shufrave të armaturës. Figura 17 ilustron dëme të rënda lokale në tra dhe pllakë, përkatësisht, për shkak të djegies së instalimeve në tubacione plastike.

Mbyllja joadekuatë e vrimave për depërtimin e instalimeve mundëson përhapjen e pakontrolluar dhe të shpejtë të zjarrit. Fig. 18 ilustron përhapjen e shpejtë të zjarrit në të dy drejtimet vertikale të shkaktuara nga vrimat jo të mbyllura për instalimet në pllakat e dyshemesë dhe murin e fasadës së perdes pa pengesa horizontale.

Prania e defekteve dhe dëmtimeve dhe riparimeve të mëparshme

Defektet (zhveshja e armimit të betonit, zonat e segregimit, nyjet e ftohta të ekzekutuara në mënyrë jo të duhur, mbulesa e pamjaftueshme e betonit, skajet e pabarabarta, etj) dhe dëmtimet (plasaritjet) që kanë ekzistuar para zjarrit rrisin ndjeshëm shkallën e dëmtimit të elementeve të BA të ekspozuar ndaj zjarrit. Në zona të tilla, dëmtimet nga zjarri përhapen më shpejt dhe më thellë në masën e betonit dhe zakonisht zënë matricën e betonit dhe madje edhe bërthamën e betonit. Dëmet karakteristike bien nga copa të trasha betoni, lidhje të dëmtuar në mes të armaturës dhe betonit, deformim plastik të shufrave të armaturës, si dhe ulje lokale të vetive mekanike të betonit. Ndikimi i nyjës së ftohtë të ekzekutuar në mënyrë jo të duhur në taban në shkallën e dëmeve nga zjarri është treguar në Figurën 19.

Ekzistenca dhe natyra e shtresave mbrojtëse dhe dekorative

Veshjet minerale inorganike të sipërfaqeve të betonit (llaç, suvatim, pllaka qeramike dhe guri) luajnë një rol shumë të rëndësishëm në mbrojtjen e elementeve të BA gjatë zjarrit. Përparësitë e këtyre materialeve në zjarr janë të dyfishta. Ato janë materiale të padjegshme dhe izoluese të mira që kanë një përçueshmëri të ulët termike. Sidoqoftë, materialet minerale inorganike nuk janë materiale zjarrduruese dhe ato mund të sjellin dëme serioze dhe madje mund të shkatërrohen gjatë zjarrit. Edhe pse këto veshje janë relativisht të holla (2-5 cm të trasha) ato do të parandalojnë anëtarët e RC nga ngrohja e shpejtë dhe shfaqja e dëmeve serioze dhe do të rrisin rezistencën e tyre ndaj zjarrit.

Nga ana tjetër, veshja organike (druri, plastika, tekstili, etj.) janë materiale të djegshme dhe kontribuojnë në zhvillimin lokal të temperaturës së lartë në sipërfaqen e anëtarëve të RC gjë që çon në intensifikimin e dëmtimeve të tyre nga zjarri. Ndikimi i llojit të veshjes në shkallën e dëmtimit nga zjarri i shtyllave të betonit është paraqitur në Fig. 20.



Fig. 15. Dëmet tipike të sistemit të dyshemesë së tabanit për shkak të zjarrit



Fig. 16. Dëmet karakteristike të shufrave të armuara jo në mënyrë të duhur për shkak të zjarrit



Fig. 17. Mbinxehja e thellë lokale e betonit dhe shufrat e armaturës të deformuara për shkak të instalimeve elektrike brenda prerjes së tërthortë (a - trari, b - pllaka)



Fig. 18. Përhapja e zjarrit në të dy drejtimet vertikale [9]



Fig. 19. Ndikimi i defekteve në shkallën e dëmeve nga zjarri në sistemin e dyshemesë së tabanit



Fig. 20. Ndikimi i llojit të llojit të shtresave dekorative në shkallën e dëmtimit nga zjarri të shtyllave të betonit

1.5. METODAT PËR HEQJEN E BETONIT

Para fillimit të riparimit dhe forcimit të strukturës është e nevojshme të hiqni të gjitha ngarkesat shtesë dhe të mbështetni strukturën. Përveç ruajtjes së stabilitetit të strukturës gjatë punimeve të riparimit, këto aktivitete janë të rëndësishme në rastet e riparimit strukturor ku betoni i ri pritët të mbajë pjesën e tij të ngarkesës në elementët e riparuar. Në fushën e riparimit rol shumë të rëndësishëm luajnë zgjedhja e duhur e një metode për heqjen e betonit. Meqenëse ekzistojnë një numër metodash për heqjen e betonit të cilat ndryshojnë në mundësitë dhe kufizimet e aplikimit, nuk është e thjeshtë të zgjidhni metodën e duhur. Në varësi të pjesës së dëmtuar të prerjes së tërthortë, autorët e këtij punimi propozojnë metodat e mëposhtme për heqjen e betonit (Fig. 28).

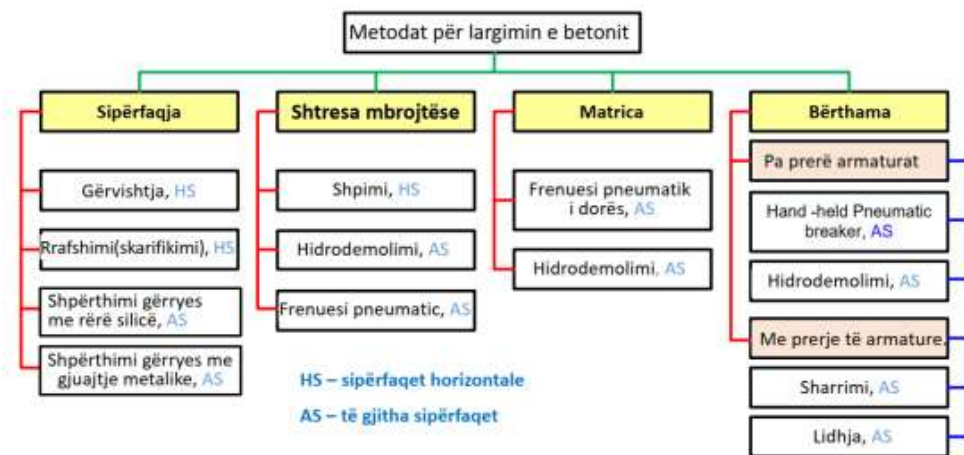


Fig. 28: Metoda të sugjeruara për heqjen e betonit

1.6. ZGJEDHJA E METODËS DHE MATERIALIT TË RIPARIMIT

Bazuar në rekomandimet për riparimin e strukturave të BA të dëmtuara nga zjarri në literaturën e analizuar [6], [21], [22] dhe mbi përvojën profesionale të autorëve [15], [16], [17] vendimin për strategjinë e përgjithshme të riparimit (strukturor ose jo -strukturor) kryesisht varet nga pjesa e prekur e prerjes së tërthortë dhe gjendjes së armaturës. Riparimi jo-strukturor është zgjedhja e duhur nëse shufrat e armaturës nuk janë ose janë lokalisht të dukshme. Në të gjitha rastet e tjera kërkohet riparim strukturor, kur: armatura është e dukshme, lidhja është shkatërruar, shufrat e armaturës kanë deformime plastike, elementët strukturorë kanë devijime të tepërta etj.

Riparimi strukturor është gjithashtu i detyrueshëm në situata kur të gjitha tiparet e theksuara nuk janë të theksuara por delaminimi i brendshëm i betonit ekziston. Në disa raste arsye kryesore për riparimin strukturor është dyshimi në lidhje me kapacitetin e mbetur strukturor dhe qëllimin për të ofruar siguri strukturore shtesë gjatë shfrytëzimit të ardhshëm.

Për një vendim më të lehtë për llojin e metodës së riparimit, Tabela 2 mund të jetë e dobishme. Një shembull i zgjidhjes së riparimit strukturor për trarët RC të dëmtuar është treguar në Figurën 29.

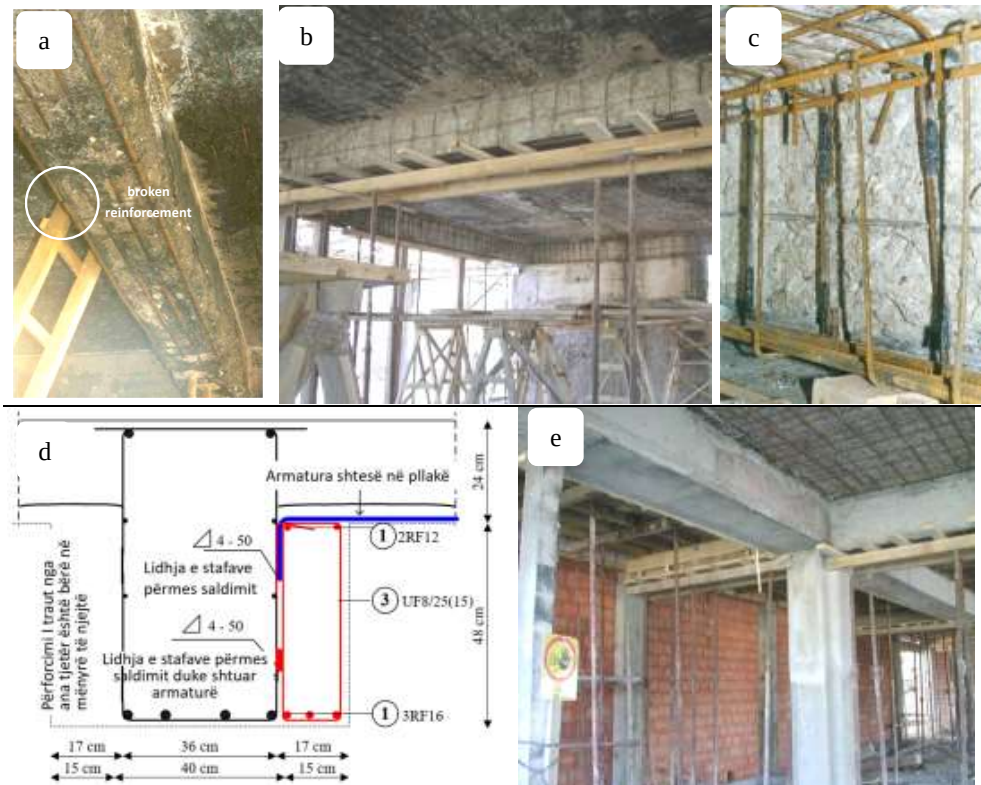


Fig. 29: Procesi i forcimit: a) Pamja e trarit BA të dëmtuar nga zjarri b) Mbështetja e trarit dhe heqja e betonit të dëmtuar c) Instalimi i armaturës së re d) Detaji i zmadhimit të prerjes së tërthortë ekzistuese dhe aranzhimi i armaturës e) Pamja e trarit pas forcimit

Tabela 2: Metodat dhe materialet e sugjeruara të riparimit

Shkalla e dëmtimit	Pjesa e prekur e prerjes së tërthortë	Metoda e përgjithshme e riparimit	Përshkrim i shkurtër
1	Shtresë e hollë sipërfaqësore	Riparim i vogël i sipërfaqes	Riparimi jo-strukturor me llaç (me dorë)
2	Mbulesë betoni	Mbulesë e re betoni me/pa rrjetë të lehtë	Llaç strukturor (aplikohet me dorë ose me spërkatje) Beton i spërkatur me rrjetë
3	Matricë betoni	Riparim strukturor dhe/ose forcimi i vogël	Rivendosja e prerjes së tërthortë të betonit me ose pa zëvendësim të pjesshëm të shufrave të armaturës të dëmtuar (beton i rrjedhshëm ose i spërkatur me rrjetë) Zgjerim i prerjes së tërthortë dhe shtimi i shufrave të reja (beton i rrjedhshëm ose i spërkatur)
4	Bërthamë betoni	Forcim i madh ose zëvendësim i elementeve BA	Zgjerim i prerjes së tërthortë dhe shtimi i shufrave të reja (beton i rrjedhshëm ose i spërkatur) Element i ri BA

1.7. KONKLuzionet

Autorët e këtij punimi, përmes shqyrtimit të shkurtër teorik të mekanizmave të dëmtimit të betonit dhe çelikut, klasifikimin e dëmeve nga zjarri të strukturave të BA dhe metodat e mundshme të riparimit në lidhje me pjesën e prekur të prerjes së tërthortë, u përpoqën t'i ndihmojnë studentët që të kuptojnë sjelljen komplekse të betonit të armuar në temperaturë të ngritur dhe të marrin vendime për zgjidhjen e mundshme të riparimit.

Përmes përvojës shumë vjeçare në vlerësimin dhe riparimin e strukturave si rezultat i zjarrit, si dhe në bazë të analizës së cenueshmërisë së elementeve strukturorë në nivelin material, në nivelin e gjymtyrës dhe përmes analizës së gjithë strukturës së ngarkesave, autorët e këtij punimi arritën në përfundimin se strukturat e BA në përgjithësi kanë rezistencë të kënaqshme ndaj zjarrit, por faktorët e analizuar të ndikimit, siç janë lloji i betonit, forma dhe dimensionet e anëtarëve, defektet etj, mund të përmirësojnë ose rrezikojnë ndjeshmërinë e të gjithë strukturës. Nga ana tjetër, strukturat e përbëra ose të paracaktuara janë më të ndjeshme ndaj temperaturave të ngritura në krahasim me strukturat BA. Kur projektohen strukturat kompozite ose kombinohen elemente strukturore të materialeve të ndryshme, cenueshmëria e gjithë strukturës fillestare të ngarkesës varet nga cenueshmëria e gjymtyrës strukturore më të ndjeshëm. Prandaj të gjithë elementët e strukturës parësore duhet të kenë të njëjtën shkallë të cenueshmërisë, e cila arrihet me zgjedhjen e duhur të sistemit strukturor, materialit për gjymtyrët strukturore dhe masat aktive të mbrojtjes nga zjarri.

REFERENCAT

- [1] Alonso, C., 2009, "Assessment of post-fire reinforced concrete structures: Determination of depth of temperature penetration and associated damage" Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting II – Taylor & Francis Group, fq. 471-477.
- [2] Balázs, G. L., Lublóy, E., 2012, *Fire reinforced concrete structures in and after fire*, Concrete Structures, fq. 73-80.
- [3] Bilbija, N., Matović, V., 2009, *Primenjena petrografija - svojstva i primene kamena*, Beograd, Građevinska knjiga.
- [4] Breunese, A., Fellingner, J., 2004, *Spalling of Concrete–An Overview of Ongoing Research in the Netherlands*, Proceedings of the Third International Workshop: Structures in Fire, Ottawa, Canada, fq. 249–258.
- [5] CEN (2004). Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design.
- [6] Concrete Repair Manual, ACI, Volume 2, 2003, fq. 1837-1910.
- [7] Fletcher, I. et al., 2006, *Performance of concrete in fire: a review of the state of the art, with a case study of the Windsor tower fire*, Proceedings of the 4th International Workshop in Structures in Fire, Portugal, 2006, fq. 779-790.
- [8] Diederichs, U., Jumpsanen, U. M., Penttala, V., 1989, *Behaviour of HSC at high temperatures*, Helsinki University of Technology, Report 92, 78.
- [9] Folić, R., Radonjanin, V., Malešev, M., 2002, *The assessment of the structure of Novi Sad open University damaged in fire*, J. Construction and Building Materials, No.16, fq. 427- 440.
- [10] Ingham, I., Tarada, F., 2007. *Turning Up the Heat – Full service fire safety engineering for concrete structures*, Proceedings "Concrete structures in fire", fq. 27-30.
- [11] Jansson, R., 2013: Fire spalling of concrete – Theoretical and Experimental studies, Doctoral Thesis in Concrete Structures, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, fq. 154.
- [12] Keun Lee: Behaviour of concrete Cylinder under elevated temperature - Focused on surface spalling, University of Colorado, Boulder.
- [13] Klingsch, E. W. H., 2014,: *Explosive spalling of concrete in fire*, Doctoral Thesis, ETH, Zurich.
- [14] Khoury, G. A., 2000, *Effect of fire on concrete and concrete structures*, Imperial College, London, UK, Prog. Struct. Eng. Mater. 2, 429-447
- [15] Malešev, M., Radonjanin, V., Folić, R., Lukić, I., 2008: Karakteristična oštećenja AB konstrukcija zahvaćenih požarom, Simpozijum DGKS, Zlatibor, Zbornik radova, fq. 365-372.
- [16] Radonjanin, V., Folić, R., Malešev, M., 2004, *Investigation, Evaluation and Repair of Reinforced Concrete Structures Damaged in Fire*, Workshop "Extreme Loadings,

Aging and Durability of Concrete Structures", Hydro-Quebec, McGill University and Laboratoire de Beton, Montreal.

- [17] Radonjanin, V., Malešev, M., 2008, : *Repair of concrete structures in the light of new European standards*", Introductory report, Conference, Society of structural engineers of Serbia, Zlatibor, Proceedings, fq. 147-158.
- [18] Andberg, Y., 1997, *Spalling phenomena OF HPC and OC*, International workshop on fire performance of HSC", Proceedings, NIST, 69-75.
- [19] Felicetti, R., Gambarova, P.G., Bamote, P., 2013, *Thermal and mechanical properties of light-weight concrete exposed to high temperature*, FIRE AND MATERIALS Fire Mater. 37: 200–216.
- [20] Radonjanin, V., Malešev, M., Folić, R. 2013: *Repair of fire damaged RC structures*, Congress of Structural Engineers of Macedonia, Ohrid, Macedonia.
- [21] Raupach, M., 2006, *Concrete repair according to the new European standard EN 1504*, Concrete repair, rehabilitation and retrofitting, Taylor & Francis Group, London, fq.1-10.
- [22] Repairability of fire damaged structures, CIB W 14 Report, May 1989.
- [23] Rotter, J.M. et al. 1999: *Structural performance* of redundant structures under local fires, Proceedings of Interflam 99, Edinburgh, fq. 12.
- [24] Hager, I., 2013, *Behaviour of cement concrete at high temperature*, Bulletin of the Polish Academy Of Sciences, Technical Sciences, Vol. 61, No.1
- [25] Moreira de Oliveira Pino, E., 2013, *Behaviour of structural lightweight concrete subjected to high temperatures*, extended abstract of PhD, University of Lisboa, 12.
- [26] Smith, K., Atkinson, T., 2010, PP fibres to resist fire-induced concrete spalling, TunnelTalk.
- [27] Tan, K. T., Liu, J. C., Liu, J., 2015, *Fire performance of fiber-reinforced concrete: research needs*, Conference 4th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, 20.

Autorët: Vlastimir Radonjanin, Mirjana Malešev

2. VLERËSIMI DHE RIPARIMI I STRUKTURËS BA TË DËMTUAR NË ZJARR - RAST STUDIMI

2.1. HYRJE

Në prill të vitit 2000, një zjarr u përhap në ndërtesën e Universitetit Open në Novi Sad (Fig. 1 dhe 2). Ai shpërtheu në katin e 12-të dhe u përhap me shpejtësi në gjashtë katet e fundit të ndërtesës. Për shkak të zjarrit, i cili zgjati përafërsisht gjashtë orë dhe u shua kryesisht me ujë, struktura mbajtëse e ndërtesës u dëmtua dhe fasada, interieri dhe instalimet u shkatërruan plotësisht në katet e djegura.



Figura 1. Kati i 9-të në zjarr



Figura 2. Pamja e ndërtesës pas zjarrit

Struktura e pafavorshme e ndërtesës (mosekzistimi i mureve vertikale ndarëse zjarrruduese, hapjet e instalimeve jo të izoluara dhe shkallët, etj.), një sasi e madhe e materialeve të ndezshme në ndërtesë dhe era jashtëzakonisht e fortë (13 - 15 m/s) mundësoi përhapjen e shpejtë dhe zhvillimin e menjëhershëm të zjarrit përgjatë vijave horizontale dhe vertikale. Zjarri shkatërroi gjashtë kate (8 deri në 13), sipërfaqja e përgjithshme e të cilave ishte afërsisht 2.400 m².

2.2. TË DHËNAT BAZË PËR NDËRTESEN

Ndërtesa e Universitetit Open në Novi Sad është ndërtuar në vitin 1966. Ndërtesa përbëhet nga bodrumi, kati përdhes, mezanina dhe 13 kate. Dimensionet e bazës (Fig. 3) të ndërtesës janë përafërsisht. 30x15 m, dhe lartësia është 54 m. Lartësia e kateve është si më poshtë: bodrumi - 2.6m, kati përdhes - 6.0 m, kati i parë - 6.0 m, katet nga 2 deri në 13 - 3.5 m (prerja e tërthortë në figurën 4).

Struktura e ndërtesës përbëhet nga një skelet BA me një rregullim shtyllash në distancë prej 6 m në drejtimin gjatësor dhe tërthor dhe muret BA në zonën e shkallëve.

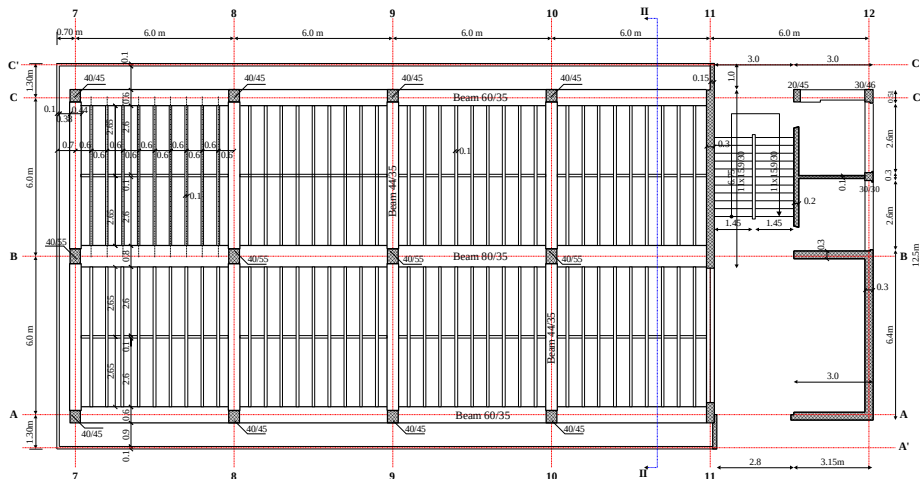


Figura 3. Plani i një kati standard

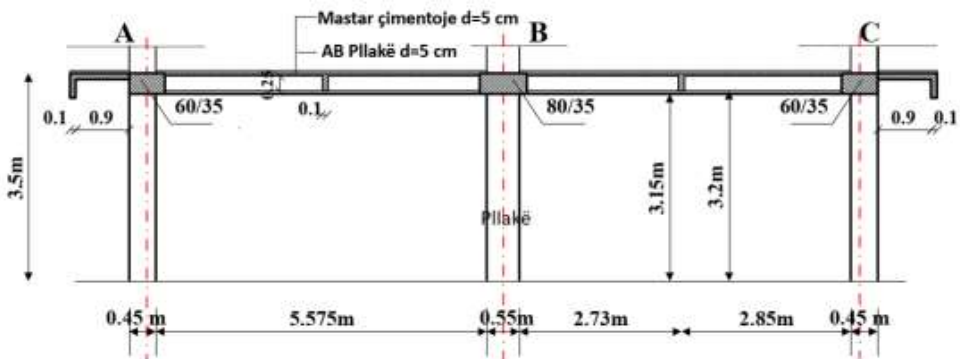


Figura 4. Prerja e tërthortë e një kati standard

Elementet themelore të strukturës mbajtëse të ngarkesës janë:

- Shtyllat BA drejtkëndëshe në prerje të tërthortë, dimensionet më të mëdha të të cilave janë në bodrum, dmth 50x90cm dhe 50x76cm; më të voglat janë dimensionet në katin e 13-të, pra 35x40cm dhe 35x35cm.
- Trarët gjatësorë BA, 6m në hapësirë, me një prerje të tërthortë drejtkëndore me dimensione të ndryshueshme, nga katet 8 deri në 11 - 80x35cm dhe 60x35cm, dhe në katin e 12 - 35x45cm.
- Trarët transversalë BA, 6m në hapësirë me një prerje të tërthortë drejtkëndore 35cm të lartë dhe me gjerësi të ndryshueshme, 44cm - 38cm nga kati 8 në 12.
- Muret BA të ndërtuara përgjatë tërë lartësisë së ndërtesës në zonën e shkallëve dhe ashensorit, me trashësi konstante 30cm.

- Muret BA të bodrumit dhe katit përdhes.
- Struktura e tabanit BA, një pllakë e trashë 5 cm; dimensionet e brinjëve janë 10x25cm me një distancë boshtore 60cm ndërmjet brinjëve.
- Pllakë e ngurtë BA mbi bodrum dhe mezaninë.
- Trarët e fasadës BA, me dimensione 10x32cm.
- Shkallët me dy pushimore BA, të ndërtuara përgjatë gjithë lartësisë së ndërtesës, me një pllakë të trashë 10 cm.
- Grumbuj dhe trarë lidhës të themelit.
- Struktura mbajtëse e çelikut e fasadës së ndërtesës është e lidhur me strukturën BA. Është ndërtuar në tre anët e ndërtesës, nga kati i tretë deri në majë.

Muret ndarëse nga kati 3 deri në 12 janë ndarje të lehta, të përbëra nga një kornizë druri e mbështjellë me kompensatë. Shtyllat janë mbështjellë me të njëjtin material. Sistemi i ulur i katit përbëhet nga tabela të shpuara në një strukturë prej druri. Brendësia e parapetit të fasadës është e mbështjellë me kompensatë të shtypur. Në katin më të lartë, të 13-të, tavani i pezulluar është bërë me llaç në një shtresë teli. Në këtë kat shtyllat janë të mbuluara me pllaka mermeri të vendosura në llaç.

2.3. VLERËSIMI I STRUKTURËS PAS ZJARRIT

Për të vlerësuar shkallën e dëmtimit të strukturës mbajtëse dhe fasadës së ndërtesës, si dhe llojin dhe shtrirjen e punëve riparuese, janë bërë regjistrimet dhe testimet e mëposhtme:

- Testimi pasues i cilësisë së materialeve të ndërtuara (beton dhe armaturë).
- Vëzhgim i hollësishëm i strukturës së BA dhe strukturës së fasadës së çelikut.
- Llogaritja e kontrollit të strukturës.

Testimi i mëposhtëm i forcës shtrënguese të betonit u krye duke përdorur metoda destruktive dhe jo destruktive. Numri dhe rregullimi i pikave matëse u zgjodhën me qëllim të vlerësimit të ndryshimeve të mundshme në karakteristikat mekanike të betonit të shkaktuar nga zjarri. Për atë qëllim, u kryen teste në elementët BA të ekspozuar drejtpërdrejt në zjarr, si dhe në elementet strukturorë që nuk ishin të ekspozuar ndaj zjarrit ose ishin të mbrojtur nga pllaka mermeri dhe/ose llaç.

Në secilin kat të djegur nga zjarri, të gjithë elementët e strukturës së BA u vëzhguan në detaje, me fokus në vijim:

- Defektet që vijnë nga gabimet në fazën e ndërtimit;
- Dëmet e shkaktuara nga zjarri.

2.3.1. Gjendja e elementeve strukturorë nga kati 8 deri në 12

Kjo pjesë e punimit paraqet vetëm konkluzionet e gjendjes së strukturës pas zjarrit dhe fotografitë e dëmeve tipike të elementeve strukturorë individuale. Një përshkrim i hollësishëm i kushteve të strukturës pas zjarrit dhe të gjitha rezultatet e testimit janë paraqitur në një punim të mëparshëm [3], [5].

Pamja e përgjithshme e katit karakteristik pas zjarrit dhe pastrimit të mbetjeve të brendshme është paraqitur në Figurën 5.



Figura 5. Pamja e strukturës së dëmtuar në katin e 8-të pas zjarrit dhe pastrimit

Përfundimet në lidhje me gjendjen e strukturës së RC pas zjarrit ishin:

- Rezistenca në shtypje e betonit për shtyllat, trarët dhe muret e perdes ishte rreth ca. 30 MPa.
- Rezistenca në shtypje e betonit për tavanin e brinjëzuar ishte ca. 20 MPa.
- Çeliku për armim kishte karakteristikat mekanike që korrespondojnë me ato të cilësisë së përforcimit të butë GA 240/360.
- Ulja e forcës së betonit (31-34%) dhe ruajtja e karakteristikave mekanike të çelikut përforcues konfirmojnë pasqyrat teorike mbi ndryshimin e vetive të këtyre materialeve kur ekspozohen ndaj zjarrit.
- Struktura e betonit të armuar është ndërtuar me gabime të shumta (sipërfaqe të vrazhdë betoni, të pabarabarta, shpesh të pamjaftueshme mbrojtëse të shtresave, papërsosmëritë, prishje të parregullt dhe vazhdimësi në betonim).
- Të gjitha shtyllat e betonit të armuar u dëmtuan në zjarr (pamje karakteristike në Figurën 6). Mbulesa e betonit, përafërsisht. 4 cm e trashë, është thërrmuar, shkatërruar dhe plasaritur. Në pjesën e brendshme të betonit, në thellësinë deri në 12 cm, ka plasaritje që tregojnë për ndarjen e shtresës së jashtme nga thelbi i zërit i betonit. Skajet e shtyllave janë të ndara ose të rrëzuara deri në përforcim gjatësor. Lidhja midis betonit dhe armaturës është dëmtuar.
- Të gjitha trarët e betonit të armuar longitudinal dhe transversal u dëmtuan si rezultat i zjarrit (pamje karakteristike në Figurën 7). Shtresa sipërfaqësor e betonit nga ana e poshtme u shkatërrua dhe u copëtua (trashësia e kësaj shtrese ishte afërsisht 5 cm). Skajet ishin plasaritur ose thyer përgjatë gjithë lartësisë, dhe armimi gjatësor ishte zhveshur. Ka plasaritje vertikale në anët e përafërsisht. 0.5 mm gjerësi, dhe plasaritje horizontale në nyjat e trarëve transversal dhe në pllakë. Ngjitja midis betonit dhe shufrave të armaturës në zonën e ulët është dëmtuar.
- Struktura e tabanit ishte elementi më i dëmtuar rëndë i strukturës ngarkuese për shkak të dimensioneve të vogla dhe pozitës së pafavorshme në lidhje me zjarrin (pamje karakteristike në Figurën 8 dhe 9). Pjesët e poshtme të brinjëve deri në 15 cm në lartësi ishin thyer, ndërsa pjesët e mbetura ishin plasaritur dhe shkatërruar. Armimi ishte zhveshur përgjatë gjithë gjatësisë së brinjëve, dhe ngjitja midis saj dhe betonit ishte dëmtuar. Kishte plasaritje të pjerrëta ose vertikale në pikat e lëkundjes së shufrave të armaturës nga e poshtme në zonën e sipërme dhe plasaritje horizontale në bashkim me pllakën. Pllaka ishte e trashë 5 cm dhe kishte të çara në rrjetë në anën e

poshtme. Mbulesa e trashësisë prej 3 cm ishte shkatërruar, shpërbërë dhe kishte rënë, veçanërisht në vendet me ndryshime të pabarabarta në dimensione dhe thyerje të betonit, ku dëmet kishin ndikuar në tërë trashësinë e pllakës.

- Muret e armuara në boshtin 11 janë dëmtuar nga ana që nuk ishte suvatuar, dhe e cila i ishte ekspozuar drejtpërdrejt zjarrit. Mbulesa e betonit, përafërsisht 4 cm e trashë ishte shkatërrua, shpërberë dhe kishte rënë, veçanërisht në vendet e sipërfaqes së vrazhdë e betonit. Kishte plasaritje në rrjetë dhe vertikale. Armimi ishte zhveshur pjesërisht.



Figura 6. Pamje tipike e shtyllës pas zjarrit



Figura 7. Pamja karakteristike e trarit longitudinal pas zjarrit

2.3.2. Gjendja e elementeve strukturorë të katit të 13-të

- Rezistenca në shtypje e betonit në shtyllat ishte ca. 60 MPa.
- Rezistenca në shtypje e betonit në murin perde në aksin 11 ishte ca. 30 MPa.
- Shtyllat nuk janë dëmtuar nga zjarri. Disa prej tyre pësuan vetëm dëme të izoluar sipërfaqësore.
- Muri sizmik në boshtin 11 është dëmtuar vetëm në anën e boshtit 10 në të njëjtën mënyrë si muret në katet e poshtme.
- Trarët dhe tavani i brinjëzuar nuk janë dëmtuar.



Figura 8 dhe 9. Pamja karakteristike e strukturës së tabanit pas zjarrit

2.3.3. Gjendja e elementeve të çelikut të fasadës

- Dëmi karakteristik i elementeve të fasadës së çelikut ishte përkulja për shkak të zgjatjes së përmbajtur. Është konstatuar se të gjithë elementët e fasadës së çelikut nga kati 8 deri në 12 ishin shkatërruar në zjarr.

Pas analizës së të gjitha të dhënave të mbledhura, u arrit në përfundimin se dëmet e regjistruara të strukturës BA që mbart ngarkesën nga kati 8 deri në 12, rrezikuan stabilitetin dhe kapacitetin mbajtës të kësaj pjese të ndërtesës. Megjithatë, u arrit në përfundim që struktura e dëmtuar mund të riparohet.

2.4. REHABILITIMI DHE PËRFORCIMI I ELEMENTEVE KRYESORE TË STRUKTURËS

Ky kapitull paraqet masat e zgjedhura të riparimit, të cilat u zgjodhën sipas shkallës dhe llojit të dëmtimit dhe llojit të elementit të strukturës BA të mbajtjes [4], [7].

2.4.1. Shtyllat BA

Në zgjedhjen e masave të riparimit për shtyllat RC në 8 - 13 në dysHEME, është marrë në konsideratë prania e plasaritjeve në brendësi të shtyllës dhe gjendja e shtresës së jashtme të betonit. Gjithashtu, ishte paraparë zëvendësimi i kapakut të dëmtuar të betonit dhe forcimi i shtyllave duke shtuar një përforcim të ri longitudinal dhe transversal.

Masat e riparimit përbëhen nga:

- Heqja e pjesëve të dëmtuara, të shkatërruara dhe të plasaritura të betonit deri në beton të shëndoshë dhe zbulimin e armaturës kryesore (Fig. 10, 11),
- Vendosja e shufrave shtesë të përforcimit vertikal $\varnothing 14$ mm dhe stafë $\varnothing 8$ mm / 10cm (Fig. 12 dhe 13),
- Lidhja e shufrave të reja me përforcimin ekzistues duke i salduar drejtpërdrejtë dhe pllaka çeliku shtesë (Fig. 12),
- Veshje e sipërfaqes së betonit ekzistues dhe përforcimit të shtyllave me materialin për përmirësimin e lidhjes midis betonit të vjetër dhe të ri,
- Aplikimi i një mbulesë të re të betonit me polimer të modifikuar të klasës C40 / 50 në dy faza përmes vrimave në kallëpe nga pllaka e sipërme (Fig. 14, 15 dhe 16).

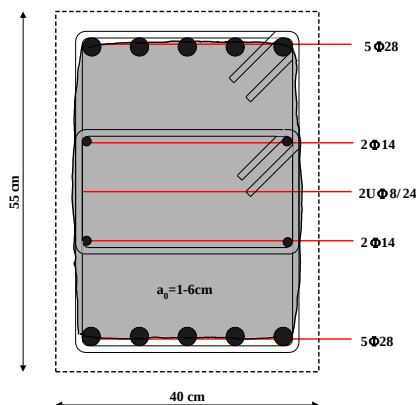


Figura 10 dhe 11. Heqja e shtresës së dëmtuar të betonit nga shtylla

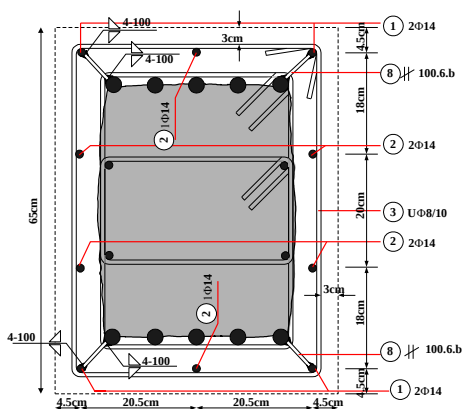


Figura 12. Vendosja e armaturë së re në shtyllë



Fig 14. Vndosja e shtresës së re në shtyllë

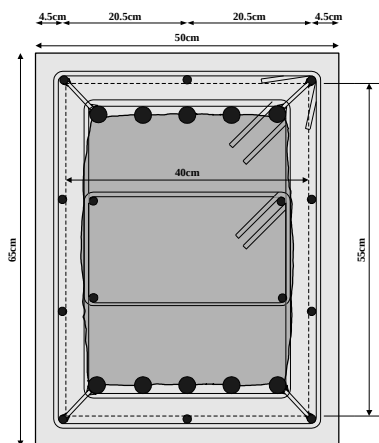


Figura 15 dhe 16. Shtylla e riparuar

Me këtë metodë të rehabilitimit dhe forcimit të shtyllave të dëmtuara, dimensionet ekzistuese të prerjes së tërthortë janë rritur për 10 cm.

2.4.2. Trarët e betonit të armuar

Meqë dëmtimet e trarëve të betonit të armuar si pasojë e zjarrit prekën vetëm shtresën e betonit, armatura nuk është dëmtuar dhe elementet janë riparuar vetëm përmes zëvendëzimit të shtresës së dëmtuar të betonit.

Riparimi i trarëve të betonit të armuar përfshiu:

- Heqjen e shtresës së dëmtuar, rrënuar dhe plasarit të betonit nga anët fundore dhe anësore (deri te pjesa e padëmtuar e betonit dhe duke zbuluar pjesërisht armaturën gjatësore kryesore dhe diagonalet (Fig. 17 dhe 18),
- Vndosja e shtresës së re duke derdhur llaç riparues vetë-nivelizues përmes vrimave në pllakë (Fig. 19 dhe 20),

- Pjesa e sipërme në sipërfaqet anësore të këtyre shtyllave u riparua përmes aplikimit manual të llaçit të modifikuar polimer të çimentos (Fig.21).

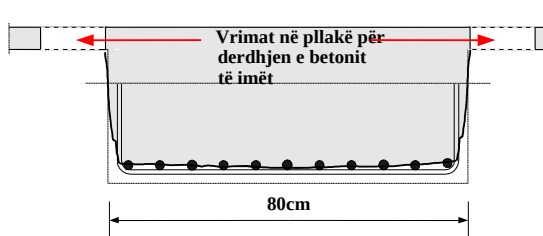


Figura 17 dhe 18. Heqja e mbulesës së dëmtuar të betonit dhe shpimi i vrimës në pllakë

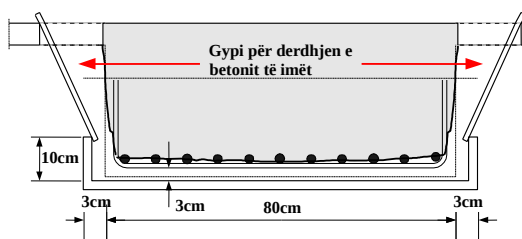


Figura 19. Vendosja e mbulesës së re në pjesën e poshtme të trarit



Figura 20. Pamja e mbulesës së re mbrojtëse në pjesën e poshtme të trarit

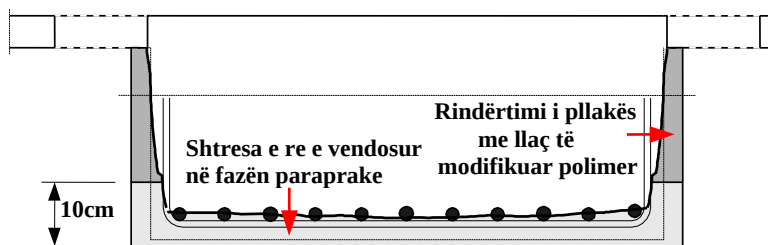


Figura 21. Aplikimi i shtresës së re mbrojtëse në sipërfaqet anësore të trarit

2.4.3. Struktura e mbi-trajeve (pan-joint)

Struktura e mbi-trajeve të betonit të armuar ishte elementi më i dëmtuar i strukturës. Riparimi dhe përforcimi i nevojshëm i strukturës së dyshemesë së pllakës me ruajtjen e të njëjtit sistem ndërtimi do të kërkonte punësimin e një numri të madh të punëtorëve të ndërtimit, të cilët do të duhet të riparonin në mënyrë manual pothuajse të gjitha brinjët dhe pjesën më të madhe të pllakës. Prandaj, masat e riparimit ku struktura ekzistuese e dyshemesë zëvendësohet pa u hequr, d.m.th., ndërtimi i trarëve të rinj të betonit të armuar përgjatë 1/3 të hapësirës dhe pllaka

me trashësi 6 cm mbi atë ekzistuese (Fig. 22) u vendosën si zgjidhje. Figurat 23 dhe 24 tregojnë prerjet tërthore dhe të zakonshme të trarëve të rinj me rregullimin e armaturës.

Radhitja e punimeve riparuese është treguar më poshtë:

- Heqja e pjesëve të dëmtuara, rrënuara dhe plasaritura të betonit nga brinjët dhe sipërfaqja e poshtme e pllakës dhe largimi i mastarit;
- Përforcimi i brinjëve ekzistues të strukturës së mbi-trajeve;
- Heqja e pjesëve të pllakës për vendosjen e trarëve të ri të betonit të armuar (Fig. 25 dhe 26);
- Instalimi i trarëve me armaturë të re në pllakë përmes ankorimit në shtyllat ekzistuese gjatësore dhe vendosjes së rrjetës së armaturës për pllakën e re (Fig. 27);
- Betonimi i trarëve dhe pllakës së re me beton të klasit C30/37 (Fig 28.)

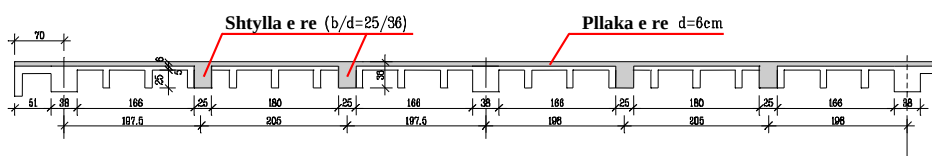


Figura 22. Rregullimi i trarëve të ri të betonit të armuar dhe pllakës së re në strukturën ekzistuese të dyshemesë

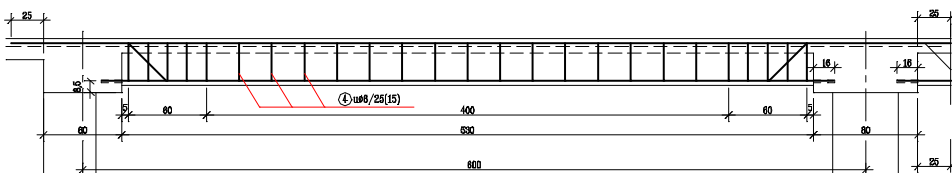


Figura 23. Plani i armimit të trarëve të ri: prerja tërthore gjatësore

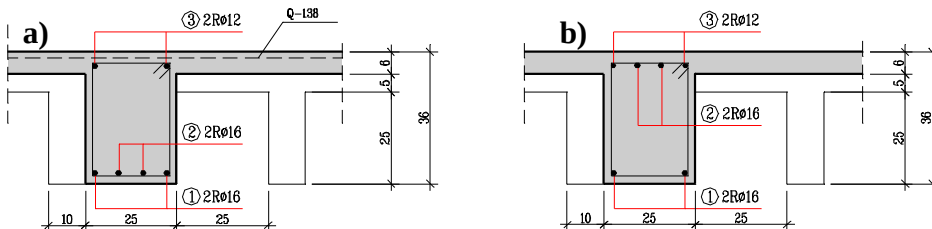


Figura 24. Plani i armimit të trarit të ri: prerjet tërthore: a) në hapësirë; b) në zonën mbështetëse

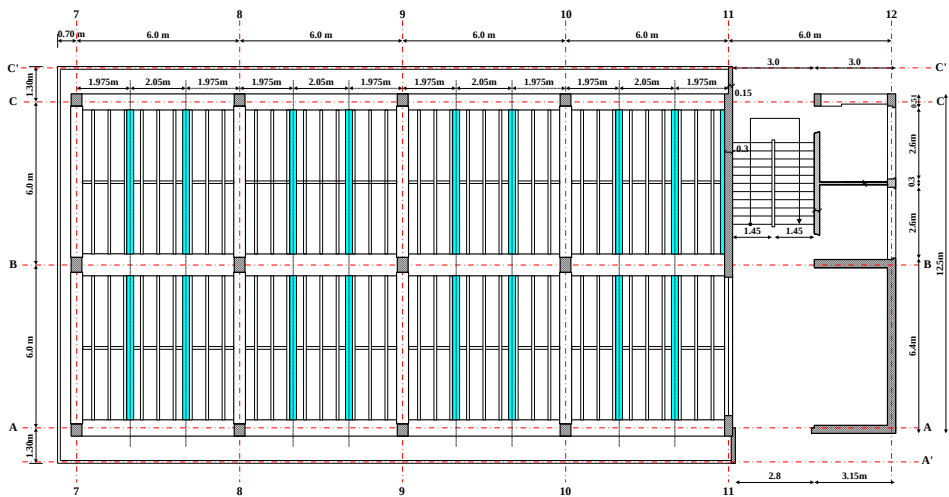


Figura 25. Vendosja e trarëve të ri në pllakën ekzistuese



Figura 26. Armimi i trarit të ri



Figura 27. Armimi me rrjetë teli në pllakë



Figura 28. Betonimi i pllakës së re

Riparimi i strukturës së dëmtuar u përfundua me sukses në mars të vitit 2001.

REFERENCAT

- [1] Bungey, J. H. 1982. The testing of concrete in structures. New York.
- [2] Damage Classification 1992. RILEM TC 104 DCC. Proceeding. .
- [3] Folić, R., Radonjanin, V., Malešev, et all, 2000, Study about assessment of load-bearing structure of Novi Sad Open University building after fire, E-031-700/145, Novi Sad, pp.1-145.
- [4] Folić, R., et all, 2000. Repair project of damaged load-bearing structure of Novi Sad Open University building after fire. Faculty of technical sciences, Institute for architecture and civil engineering. Novi Sad.
- [5] Folić, R., Radonjanin, V., Malešev, M., 2002. *The assessment of the Structure of Novi Sad Open University Damaged in Fire*. Journal "Construction and Building Materials", No. 16. Elsevier Science. pp.427 - 440.
- [6] Radonjanin, V., Malešev, M. 1997. Diagnosis of industrial buildings state. Contemporary civil engineering practice '97. Proceedings. DGITNS,. Novi Sad. pp.105 - 123.
- [7] Radonjanin, V., Folić, R., Malešev, M., Pavlović. P., 2002. *The Rehabilitation and Strengthening of the High Building Structure Damaged in a Fire*. The Seventh International Scientific Conference. Kosice. Slovakia.

Seksioni III

Legjislacioni i Ballkanit Perëndimor dhe Rastet studimore

VËSHTRIM MBI MENAXHIMIN E RREZIKUT NGA ZJARRI NË BALLKAN

Autore: Jelena Marković, Edisa Nukić

1. BOSNJE DHE HERCEGOVINË, RASTE STUDIMORE

Janë përshkruar tre raste studimore karakteristike të zjarreve të fundit në Bosnje dhe Hercegovinë, me shkaqe dhe burime të ndryshme ndezjeje. Janë analizuar dy zjarre që kanë ndodhur në qendrat tregtare. Sipas raporteve të ekspertëve, zjarri i parë u shkaktua nga instalimi elektrik dhe dështimi i një pajisjeje, ndërsa i dyti u ndez qëllimisht. Një zjarr në një shtëpi banimi ishte rezultat i shpërthimit të metanit për shkak të instalimit jo të rregullt të kanalizimit dhe gropës septike.

1.1. ZJARRI NË QENDRËN TREGTARE “BINGO”, KOMUNA E LUKAVACIT

Më 27 korrik 2014, rreth orës 12:28, filloi zjarri në magazinën e qendrës tregtare “Bingo”, Komuna e Lukavacit. Magazina u shkatërrua plotësisht nga zjarri (Figura 1). Zjarri filloi në ventilatorin e vogël gypor të vendosur në pjesën e sipërme të murit ndërmjet magazinës dhe hapësirës sanitare (tualetit).

Hetimi i zjarrit konstatoi që shkaktar i zjarrit ishte mbingarkesa ose qarku i shkurtër jodirekt (jo i plotë) në përçuesin Cu të kabllit lidhës (P/L-2'0,75 mm²) për ventilatorin gypor të vendosur në pjesën e sipërme të murit ndërmjet magazinës dhe hapësirës sanitare (tualetit) [1].

Nuk pati viktima nga zjarri, as shpërthime, as në afërsi e as brenda ndërtesës së prekur nga zjarri. Humbja materiale dhe shtrirja e shkatërrimit të shkaktuar nga ky zjarr ishin shumë të mëdha.



Figura 1. Zjarri në qendrën tregtare “Bingo” në Lukavac

Hollësitë e ndodhjes dhe zhvillimit të zjarrit janë dhënë në Figurën 2, d.m.th. videot e marra nga kamera mbikëqyrëse e vendosur në magazinën e dëmtuar nga zjarri. Videoja është marrë nga agjencia përgjegjëse e sigurimit “Flek”. Vendi i fillimit të zjarrit dhe zhvillimi i tij shihen lehtë në këtë video.



Figura 2. Hollësi mbi fillimin dhe zhvillimin e zjarrit

Një numër i madh i zjarreve në objektet banuese, tregtare dhe publike, në botë dhe në Bosnje dhe Hercegovinë, shkaktohen nga dështimi i instalimeve elektrike. Meqenëse numri i objekteve të ndërtuara në Bosnje dhe Hercegovinë rritet vazhdimisht, numri i përgjithshëm i konsumatorëve elektrikë në to është rritur gjithashtu. Si rezultat, ka një rritje të numrit të vendeve ku dështimet e instalimit elektrik mund të shkaktojnë zjarr. Për më tepër, ka produkte

elektrike me cilësi të ulët të disponueshme në treg në Bosnje dhe Hercegovinë, me karakteristika që nuk përputhen me ato të deklaratave të produkteve. Gjithashtu, një numër i madh i individëve të paautorizuar kryejnë riparime dhe rregullime në instalime dhe pajisje elektrike. Prandaj, probabiliteti i zjarrit për shkak të instalimeve elektrike në Bosnjë dhe Hercegovinë është më i lartë se në vendet me legjislacion më të rreptë.

Kjo që u tha më sipër dikton nevojën për rregulla më të rrepta ligjore në Bosnjë dhe Hercegovinë në lidhje me sa vijon: kriteret për inspektimin periodik të instalimeve elektrike, licenca e lëshuar për ofrimin e produkteve elektrike në treg dhe gjobat e shqiptuara për individët që kryejnë në mënyrë të paautorizuar riparime dhe rregullime të instalimeve dhe pajisjeve elektrike. Për më tepër, është e nevojshme të organizohen programe që synojnë edukimin e popullatës gjithashtu mbi pasojat e mundshme të mosrespektimit të legjislacionit në fushën përkatëse.

Duhet të bëhen përpjekje të përbashkëta nga institucionet kërkimore në mënyrë që të përfitohen njohuri në lidhje me shkaktarin më të shpeshtë të zjarreve që rezultojnë nga dështimet e instalimit elektrik dhe mbi bazën e të cilave do të trajtohet përmirësimi i legjislacionit.

1.2. ZJARRI NË QENDRËN TREGTARE “SHKAFA”, KOMUNA E ILIDZHËS

Më 27 korrik 2014 rreth orës 22:50 një zjarr tejet shkatërrues filloi në hapësirën afariste të qendrës tregtare “ShKAFA” në Komunën e Ilidzhës.

Shkaku i zjarrit: zjarri i përket kategorisë së zjarrvënies së qëllimshme [2].

Nuk pati viktima nga zjarri, as shpërthime, as në afërsi e as brenda ndërtesës së prekur nga zjarri. Qendra tregtare “ShKAFA” u shkatërrua plotësisht nga zjarri.

Objekti dhe ballina e tij pas zjarrit shihen në figurat 3 deri 6.



Figura 3. Hyrja e Sallës 1- nga rruga



Figura 4. Ballina e djathtë e qendrës tregtare nga hyrja kryesore



Figura 5. Ballina e majtë e qendrës tregtare nga hyrja kryesore



Figura 6. Hyrja e Sallës 2 në katin përdhes (ana përballë hyrjes kryesore)

Pas vëzhgimit të hollësishëm të qendrës tregtare, veçanërisht në zonën e vendit të zjarrit, mund të konstatohet se hapësira e plotë e punës e qendrës tregtare, d.m.th. Salla 1, Salla 2 dhe hapësira ndërmjet tyre me strukturë çeliku, përbëjnë një ndarje të vetme zjarri.

Studimi i Mbrojtjes nga Zjarri thotë që dera e mbrojtjes nga zjarri, me 60 minuta rezistencë ndaj zjarrit, duhet të instalohet në Sallën 2, në nivelin 4,70 m. Duke marrë parasysh faktin se të gjitha hapësirat e brendshme të qendrës tregtare përbëjnë një hapësirë të madhe ajri, kjo

derë e mbrojtjes nga zjarri nuk ka asnjë domethënie dhe nuk ka asnjë provë se është instaluar edhe pse ekziston një vërtetim i rezistencës së tyre ndaj zjarrit.

Dera e mbrojtjes nga zjarri nuk ishte projektuar si duhet nga Studimi i Mbrojtjes nga Zjarri. Dera nuk ishte planifikuar të instalohet në një mur mbrojtës kundër zjarri, dimensionet e të cilit duhet të tejkalonin dimensionet e jashtme të ndërtesës. Gjithashtu, dera nuk e bënte plotësisht ndarjen e zjarrit në qendrën tregtare. Prandaj, instalimi i derës së mbrojtjes nga zjarri i përcaktuar nga Studimi do të ishte i padobishëm.

Struktura lidhëse ndërmjet Sallës 1 dhe Sallës 2, ku ishte vendosur një sasi e madhe tekstili, ishte qendra e zjarrit, siç tregojnë Figurat 7, 8 dhe 9.

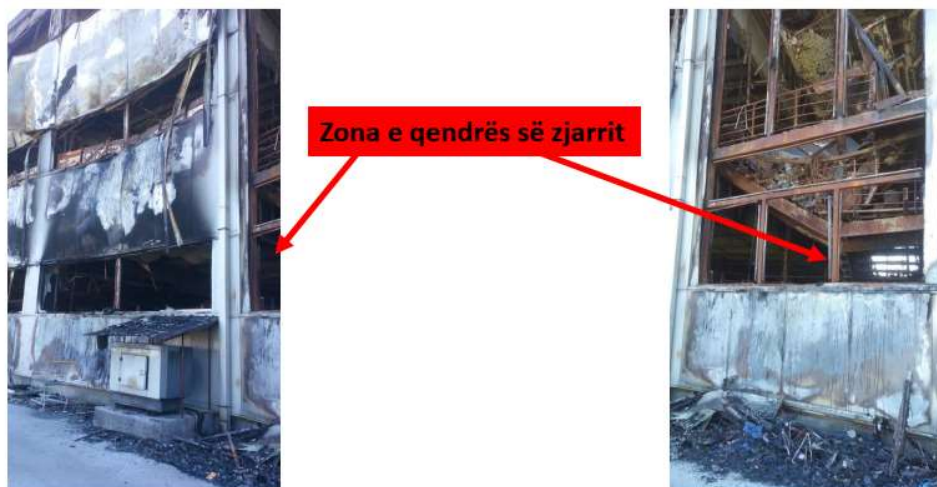


Figura 7. Hapësira qendrore e zjarrit – vrojtuar nga jashtë, d.m.th. ballina e qendrës tregtare



Figura 8. Hapësira qendrore e zjarrit – vrojtuar nga Salla 2 në katin përdhës



Figura 9. Zona e qendrës së zjarrit - vrojtuar nga kati përdhësë i sallës 2

Marrë parasysh qendrën ku kishte shpërthyer zjarri ajo ishte në zonën e strukturës që lidhë dy salla, nëse muri me derë mbrojtëse nga zjarri do të ishte i dizajnuar siç duhet, d.m.th. si mur mbrojtës nga zjarri, zjarri nuk do përhapej nga qendra deri tek salla 2 për 60 minuta, për aq sa reziston dera mbrojtëse ndaj zjarrit.

Lëshimet e bëra nga pronari i qendrës tregtare, të cilat bënë që zjarri të ishte shkatërrues, janë:

- E gjithë brendësia e qendrës tregtare ishte një pjesë zjarri,
- Nuk kishte instalime automatike në ndërtesë, për shuarjen e zjarrit,
- Në ndërtesë nuk kishte instalime alarmi të zjarrit, që do të informonin me kohë departamentin e zjarrit,
- Materiali i ndezshëm u mbajt në ndërtesë pa zonën e zjarrit të ndarjes për mbrojtje,
- Departamenti i zjarrëfikjes nuk u informua në kohë lidhur me zjarrin (telefoni celular i një roje të sigurisë nuk ishte funksional),
- Pasi morën informacione për hyrje të paligjshme në ndërtesë, personeli i sigurimit nuk inspektoi tërë brendësinë e qendrës tregtare, por vetëm derën e hyrjes.
- Shuarja e zjarrit ishte joefektive për shkak të mungesës së ujit, që është i nevojshëm për shuarjen e zjarrit, etj.

Të gjitha kushtet u plotësuan që zjarri të zhvillohej në kufijtë ekstrem brenda dhomës së zjarrit, d.m.th strukturës së jashtme të objektit, dhe më tej.

1.3. SHPËRTHIMI I METANIT NGA NJË REZERVUAR SEPTIK NË APARTAMENTIN NË KATIN E 4-TË TË NDRËTESËS BANESORE-AFARISTE NË BIJELJINA

Në sistemin e ujërave të zeza, veçanërisht në rezervuarët septikë, ndodhin procese të degradimit aerobik dhe anaerob të produkteve të mbetjeve të transportuara dhe të depozituara. Degradimi aerobik ndodh në prani të ajrit dhe karakterizohet nga çlirimi i dyoksidit të karbonit, ndërsa degradimi anaerob shkaktohet nga aktiviteti i mikroorganizmave në rezervuarin septik pa praninë e oksigjenit. Këto procese karakterizohen nga çlirimi mbizotërues i metanit dhe dyoksidit të karbonit dhe një sasi pak më e vogël e amoniakut. Për shkak të pranisë së këtyre gazrave, kur sistemi i ujërave të zeza i nënshtrohet një shfrytëzimi jo korrekt, ekziston rreziku i mundshëm i shfaqjes së përzierjeve të ndezshme dhe shpërthyesë të gazit.

Më 1 maj 2010, rreth orës 19:20, në një objekt banesor-afarist në Bijeljina ndodhi një shpërthim i madh i metanit, i cili shkaktoi dëme të konsiderueshme në banesën Nr.9.

Shkaku i shpërthimit të këtij apartamenti ishte akumulimi i metanit në banjo, si rezultat i instalimit të gabuar të ujërave të zeza dhe rezervuarit septik. Hetimi i rezervuarëve septikë përcaktoi se gypi i zhytur në përmbajtjen e rezervuarit septik mundësoi që ujërat e zeza të rrjedhin në rezervuar për shkak të shpejtësisë së rrjedhës dhe gravitetit. Një gjë e tillë e parandalon ventilimin e gypit. Si rezultat, biogazi u grumbullua në gypin e ujërave të zeza të mbushura me përmbajtjen e rezervuarit septik.

Një shpërthim gazi në banjë u krijua menjëherë pasi u ndez ngrohësi elektrik. Ngrohësi ishte vendosur mbi një lavatriqe pas derës së hyrjes së banjos. Kur pronari i apartamentit u fut në banjo, një pjesë e biogazit veçse u zbraz, dhe kjo gjë inicioi që shtresa e biogazit të lëvizë në banjo, dhe krijoi kushtet që biogazi të ketë kontakt me një ngrohës elektrik. Temperatura e ngrohësit në pajisje ishte dukshëm më e lartë se temperatura e ndezjes së biogazit me

përmbajtje dominante të metanit, e cila u ndez dhe shpërtheu duke pasur efekte shkatërruese me intensitet të kufizuar.

Shpërthimi nuk shkaktoi viktima në njerëz. Megjithatë prona kishte dëme të konsiderueshme.



Figura 10. Apartamenti ku ndodhi shpërthimi dhe vendndodhja e rezervuarit septik

Shpërthimi kishte një forcë shkatërruese të konsiderueshme me presion të lartë në pjesën e përparme ku u krijua rryma e ajrit të ndikuar në procesin e shpërthimit. Rryma e ajrit e theu derën e banjos, derën e hyrjes së apartamentit, si dhe derën e dhomës. Përveç kësaj, fuqia e shpërthimit shkaktoi zhvendosjen e pllakave të murit në banjo, dëmtimin e murit të ndarjes midis banjos dhe dhomës së gjumit dhe deformimin e kornizave të dyerve në banjo dhe në dhomën e gjumit. Rryma e ajrit që ishte e lagur shkaktoi plasaritjen e murit ndarës midis banjos dhe dhomës së gjumit, gjithashtu rrëzoi dollapin e mbështetur në muri.

Presioni i krijuar nga ajri shkatërroi derën e banjos dhe dhomës së gjumit. Dyert u ndalën në vendet ku elementët strukturorë të banesës dhe mobilet parandaluan lëvizjen e tyre të mëtejshme. Dera e hyrjes së banesës u ndal në krye të shkallëve që çojnë në katin e sipërm të ndërtesës.

Efektet e shpërthimit tregohen në figurat 11 dhe 12.



Figura 11. Plasaritja e murit ndarës dhe rrotullimi i derës së dhomës së gjumit, shkaktuar nga shpërthimi i rrymës së ajrit



Figura 12. Dëmtimet e kornizës në derën së banjos dhe kornizat e dyerve të dhomës së gjumit

Sipas efekteve të shpërthimit, u përcaktua që në momentin e kontaktit të biogazit me telat e nxehtë të ngrohësit, ndodhi një "ënjtje" e biogazit dhe përzierjes së ajrit. Përqendrimi i gazrave të ndezshëm në banjo ishte i ulët, afër kufirit të poshtëm të shpërthimit prej 6%. Djegia e tyre nuk zgjati shumë, për aq sa ngrohësi elektrik ishte i ndezur. Djegia e shkurtër ndodhi në prani të oksigjenit të tepërt, në krahasim me sasinë stoikometrike të nevojshme për të prodhuar dyoksidin e karbonit dhe ujin. Prandaj efektet e zakonshme të djegies, të tilla si formimi i tymit, munguan. Efektet termike të djegies për shkak të temperaturës së lartë nuk u vunë re, gjë që duket logjike pasi djegia ishte e shkurtër në dhomë me mure të mbuluara me pllaka qeramike. Ngrohësi u ndal së punuari për shkak të një qarku të shkurtër dhe burimi i ndezjes i biogazit dhe përzierjes së ajrit u zhduk shpejt.

Drejtimi i valës elastike të goditjes nënkupton që qendra e shpërthimit ishte në banjon e apartamentit, nga ku pas vijave më pak rezistuese, ajo veproi si shkatërruese poshtë sallonit, dhe më tej përmes dhomës së gjumit, dhomës së ndenjës dhe dyerve të hyrjes deri tek të gjitha anët.

Intensiteti i valës elastike të ndikimit ra nga thyerja e dyerve dhe kishte një rritje të vëllimit të dhomave në të cilën vala ishte përhapur. Intensiteti i tij u ulë në kufirin në të cilin presioni në pjesën e përparme të valës elastike të ndikimit arriti nivelin e presionit të ajrit në kushte normale.

Ky fenomen, në një intensitet më të fortë ose më të dobët, me shkatërrime më të mëdha ose më të vogla, madje dhe me pasoja më të rënda, mund të ndodhë në çdo kohë dhe në çdo vend ku vendoset sistemi i kanalizimeve dhe rezervuari septik në mënyrën si është kryer në këtë ndërtesë banesore-afariste.

1.4. LEGJISLACIONI NË BOSNJË DHE HERCEGOVINË

1.4.1. Federata e Bosnjës dhe Hercegovinës

Legjislacioni i Bashkimit Evropian EU 89/106 / EWG i 21 dhjetorit 1988, ishte të përcaktojë udhëzimet dhe zbatimin e direktivave të BE-së në tregtinë e produkteve të ndërtimit - CPD (Direktiva e Produkteve të Ndërtimit) është zëvendësuar nga Parlamenti Evropian dhe Direktiva e Këshillit të BE-së më 9 Mars 2011. Për produktet e ndërtimit - CPR 305/2011 e BE (Rregullorja për produktet e ndërtimit), që hyri në fuqi më 1 korrik 2013 [4]. Federata e Bosnjës dhe Hercegovinës miratoi kërkesat e CPD duke shpallur "Dekretin për pronat teknike të ndërtesave në lidhje me sigurinë, aplikimin dhe mirëmbajtjen".

Pas nxjerrjes së Rregullores për produktet e ndërtimit - EU CPR 305/2011, është e nevojshme të harmonizohet legjislacioni i brendshëm për atë fushë:

- “Ligji për produktet e ndërtimit” dhe
- “Dekreti për pronat teknike të ndërtesave në lidhje me sigurinë, aplikimin dhe mirëmbajtjen”,

me kërkesat dhe udhëzimet e CPR 305/2011 të BE-së, për të rregulluar tregun e brendshëm të produkteve dhe punëve të ndërtimit, dhe kështu të lejojë prodhuesit nga Bosnja dhe Hercegovina të eksportojnë produktet e tyre në tregun e BE-së dhe më gjerë. Legjislacioni i Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës në lidhje me mbrojtjen nga zjarri në objekte, përveç Dekretit që pranon Direktivën Evropiane për pronat teknike që ndërtesat duhet të plotësojnë për sa i përket sigurisë ose aftësisë për t'i bërë ballë kapaciteteve të parashikuara, duke ruajtur të gjitha vetitë thelbësore teknike gjatë periudhës së planifikuar kohore, përfshirë mbrojtjen nga zjarri. Dispozitat e vlefshme të standardeve ndërkombëtare dhe të pranuar të BAS janë përfshirë në katër rregullore dhe një dekret. Metodologjia rregullon përmbytjen dhe metodën e vlerësimit të cënueshmërisë nga zjarri për kantonet dhe komunat, d.m.th. qytetet dhe entitete juridike.

Legjislacioni që rregullon fushën e mbrojtjes nga zjarri lëshohet në nivelin e shtetit të Bosnjës dhe Hercegovinës, dy entitete, Rrethi Brčko i Bosnjës dhe Hercegovinës dhe 10 kantone.

Në nivelin e Bosnjës dhe Hercegovinës, kjo fushë është e rregulluar me "Ligjin kornizë për mbrojtjen dhe shpëtimin e njerëzve dhe pronave në rast të fatkeqësive natyrore dhe fatkeqësive të tjera në Bosnjë dhe Hercegovinë (Gazeta Zyrtare e Bosnjë dhe Hercegovinës 50/2008). Në nivelin e Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës rregullohet si në vijim:

1. Ligji për mbrojtjen nga zjarri dhe shuarjen e zjarrit (Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës, 64/09) (përveç Ligjit në nivelin e Federatës, Kantonet nxjerrin ligjet e tyre për mbrojtjen nga zjarri dhe shuarjen e zjarrit për zonën e tyre),
2. Rregullore për mbrojtjen e ndërtesave të larta nga zjarri (Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës, 81/11),,
3. Rregullore për kushtet, bazat dhe kriteret për klasifikimin e ndërtesave në kategoritë e cënueshme nga zjarri (Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës, 79/11),
4. Rregullore për standardet teknike për rrjetin hidrant të brendshëm dhe të jashtëm për shuarjen e zjarrit (Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnje dhe Hercegovinës, 87/11),
5. Rregullore për mbrojtjen e ndërtesave publike nga zjarri (Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnje dhe Hercegovinës ", 86/11),
6. Rregullore për zgjedhjen dhe mirëmbajtjen e aparateve për shuarjen e zjarrit, të destinuara për zjarrin fillestar, i cili mund të ofrohet për një treg me garanci dhe afatin e shërbimit të përfshirë ("Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës", 46/11),
7. Rregullorja e kushteve në lidhje me rrugët e zjarrit për hyrje dhe kalim për ndërtesat banesore dhe ndërtesat e tjera, strukturat dhe zonat e konsideruara si ndërtime ("Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjë dhe Hercegovinës", 70/12),
8. Rregullore për fushën dhe procedurën e testimit të saktësisë dhe funksionalitetit të sistemit të instaluar për mbrojtjen nga zjarri, kushtet që duhet të përmbushen nga personat juridikë që kryejnë testin e saktësisë dhe funksionalitetit, si dhe programin dhe metodën e kryerjes së provimit profesional për këto detyra ("Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjës dhe Hercegovinës", 69/13 dhe 2/18),

9. Rregullore për përmbajtjen dhe metodën për kryerjen e mbikëqyrjes së inspektimit në fushën e mbrojtjes nga zjarri dhe shuarjes së zjarrit nën kompetencën e Administratës Federale të Mbrojtjes Civile ("Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjë dhe Hercegovinës", 22/16),
10. Dekret për përmbajtjen dhe metodën për krijimin e planeve të mbrojtjes dhe shpëtimit nga fatkeqësitë natyrore dhe nga fatkeqësitë e tjera dhe planet e mbrojtjes nga zjarri ("Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjë dhe Hercegovinës", 87/11),
11. Metodologjia për vlerësimin e cenueshmërisë ndaj zjarrit ("Gazeta Zyrtare e Federatës së Bosnjë dhe Hercegovinës", 8/2011)

Rregullorja për mbrojtjen e ndërtesave të larta nga zjarri rregullon masat e duhura planifikuese, organizative, arkitekturore, ndërtimore dhe tekniko-teknologjike të mbrojtjes nga zjarri për ndërtesat e larta. Këto masa zvogëlojnë mundësinë e zjarreve dhe, në fillim të zjarrit, mundësojnë evakuimin e sigurt të njerëzve dhe pronave dhe parandalojnë përhapjen e zjarrit. Rregullorja rregullon masat për zhvillimin e dokumentacionit të planifikimit të projektit në përputhje me rregulloret ligjore për mbrojtjen nga zjarri (zhvillimi i projekteve për mbrojtjen nga zjarri, zhvillimi i studimit për mbrojtjen nga zjarri dhe vlerësimet e ekspertëve për aplikimin e masave të mbrojtjes nga zjarri në dokumentacionin e projektit, krijimin e hartimeve për rregulloret e mbrojtjes nga zjarri, prodhimin e vlerësimeve për ndjeshmërinë e mbrojtjes nga zjarri, hartimi i planit të mbrojtjes nga zjarri). Rugët e zjarrit dhe të hyrjes, sektorët e zjarrit, rezistenca ndaj zjarrit e produkteve të ndërtimit, shkallët e sigurisë, rugët e evakuimit dhe sinjalizimi i alarmit nga zjarri përcaktohen si pjesë e masave arkitekturore-ndërtimore.

Masat tekniko-teknologjike përfshijnë të paktën të gjitha masat e rregulluara nga pikëpamja e instalimeve mekanike dhe elektrike dhe pajisjeve të instaluar në ndërtesë dhe zbatohen për mbrojtje parandaluese nga zjarri dhe shpërthimi. Të tilla janë: dyert e zjarrit, roletat, grilat, kanalet, instalimi i lëshimit të tymit, ashensorët e sigurisë, dhoma e kazanit, furnizimi me energji elektrike i rregullt dhe rezervë, instalimet elektrike dhe sistemet për parandalimin e hershëm dhe alarmi kundër rrjedhjes nga zjarri dhe gazi, sistemet aktive dhe pasive të shuarjes së zjarrit duke përdorur ujë, shkumë, aerosole, etj.

Rregullorja për kushtet, bazat dhe kriteret për klasifikimin e ndërtesave në kategoritë e cenueshmërisë nga zjarri rregullon kategoritë e ndërtesave, kushtet, bazat dhe kriteret për klasifikimin e ndërtesave dhe seksioneve të ndërtesave në kategori të cenueshmërisë nga zjarri dhe përcakton masat minimale ligjore parandaluese për mbrojtjen nga zjarri dhe shpërthimi.

Rregullorja për mbrojtjen nga zjarri për ndërtesat publike rregullon masat adekuate të planifikimit-organizativë, arkitekturore-ndërtuese dhe tekniko-teknologjike për mbrojtjen nga zjarri të ndërtesave publike që zvogëlojnë mundësinë e zjarreve dhe, në kohën e krijimit të tij, mundësojnë evakuimin e sigurt të njerëzve dhe pronave dhe parandalon përhapjen e zjarrit.

Rregullorja e kushteve në lidhje me rrugët e zjarrit për hyrje dhe kalim për ndërtesat banuese dhe ndërtesat e tjera, strukturat dhe zonat e konsideruara si ndërtime, rregullon kushtet që duhet të përmbushen nga rrugët e hyrjes së zjarrfikësve në ndërtesë ose në ndërtim në mënyrë që të mundësohet teknika e zjarrfikësve të arrijë një hapje në murin e jashtëm për shpëtimin e njerëzve dhe shuarjen e zjarrit.

Rregullore për standardet teknike për rrjetin hidrant të brendshëm dhe të jashtëm për shuarjen e zjarrit rregullon standardet teknike kur instalohet sistemi i shuarjes së zjarrit hidrant me qëllim mbrojtjen e ndërtesave dhe / ose zonave, llojet e shuarjes së zjarrit, mirëmbajtjen e rrjeteve dhe llogaritjen e sasisë së nevojshme të ujit.

Dekreti për përmbajtjen dhe metodën për krijimin e planeve të mbrojtjes dhe shpëtimit nga fatkeqësitë natyrore dhe nga fatkeqësitë e tjera dhe planet e mbrojtjes nga zjarri përcakton përmbajtjen, metodën e krijimit, një procedurë për koordinimin, pranimin, azhurnimin dhe ruajtjen e planeve për mbrojtjen dhe shpëtimit e njerëzve dhe pronave nga fatkeqësitë natyrore dhe nga fatkeqësitë e tjera, dhe planeve për mbrojtjen nga zjarri në Federatën e Bosnje dhe Hercegovinës. Plani i mbrojtjes dhe shpëtimit përcakton organizimin dhe mënyrën e zbatimit të masave të mbrojtjes. Në mënyrë të veçantë, këto masa janë si më poshtë: zbatimi i rregulloreve të ndërtimit (dokumentet urbanistike-hapësinore dhe teknike, etj.); masat teknike për ndërtimin e ndërtesave në zona komplekse ndërtimi i strukturave mbrojtëse kundër rrëshqitjeve të tokës, përmytjeve (argjinaturave, rezervuarëve, tërheqjeve dhe objekteve të ngjashme për mbrojtjen nga përmytjet), ekzekutimi i punimeve në rrjedhat dhe rregullimi i lumenjve, rregullimi i rrëshqitjeve, ndërtimi i mureve mbështetëse.

Metodologjia për vlerësimin e cenueshmërisë nga zjarri rregullon përmbajtjen dhe metodën në prodhimin e vlerësimit të ndjeshmërisë ndaj zjarrit për kantone dhe bashki, d.m.th qytetin dhe entitetin juridik, dhe procesin e koordinimit, përditësimit dhe ruajtjes së vlerësimit të cenueshmërisë nga zjarri në të gjitha nivelet gjatë krijimit të tij.

REFERENCAT

- [1] S. Bajrić, A. Hodžić, “Vještačenje po Naredbi Kantonalnog tužilaštva TK – Naredba broj: T03 0 KTA 0040994 14 – “Bingo” Lukavac, - Vještačenje uzroka požara, koji se dogodio dana 27. 7. 2014. godine od 12,35 do 12,40 sati u poslovnom objektu Trgovinskog centra “Bingo”, ulica Lukavačkih brigada, Lukavac, Općina Lukavac, u dijelu objekta gdje se nalazi magacinski proctor koji je u cjelosti izgorio”, novembar 2014.
- [2] S. Bajrić, A. Hodžić, S. Mičević, “Vještačenje uzroka požara, koji se dogodio dana 27. 7. 2016. godine oko 22,50 sati u Tržnom centru “ŠKAFA”, ulica Rakovička cesta broj 120, Rakovica, Općina Ilidža”, Vještačenje po zahtjevu “UNIQA osiguranja” d.d. Sarajevo, oktobar 2016.
- [3] S. Mičević, “Eksplzija plina iz septičke jame u Bijeljini”, Bilten Agencije za prostore ugrožene eksplozivnom atmosferom 2014, Zagreb, ISSN 1845-0172
- [4] T. Dreca, “Zaštita od požara objekata realizovanih u Sarajevu od kraja 19. stoljeća do danas”, Magistarski rad, Sarajevo, 2013.

SIGURIA E ZJARRIT NË FASADË - KORNIZA LIGJORE NË VENDET E BP

2. RËNDËSIA E SIGURISË NGA ZJARRI NË FASADË DHE RREGULLORET E HARMONIZUARA TË SIGURISË NGA ZJARRI

Siguria nga zjarri është një nga kërkesat themelore që ndërtesat duhet të plotësojnë gjatë periudhës së shfrytëzimit. Sipas statistikave botërore mbi zjarrin, në vitin 2017, përqindja më e lartë e zjarreve totale ishin zjarre të ndërtesave (37.3%) [1]. Të dhënat për zjarret e ndërtesave shumëkatëshe për ndërtim u mblodhën në Finlandë dhe Suedi, përkatësisht për periudhën 2004-2012 dhe 2004-2011. Rezultatet treguan se nga 508 zjarre mesatare në vit në Finlandë, 10% përqind e tyre filluan si ndezje të jashtme. Në Suedi, numri mesatar i zjarreve në vit ishte 2739, me 9% të zjarreve si ndezje të jashtme. Për më tepër, analiza statistikore e zjarreve të ndërtesave të raportuara në Shtetet e Bashkuara tregoi se nga 177.833 zjarre, 68% ishin zjarre banimi. Edhe pse zjarret e mureve të jashtme (d.m.th zjarret ku muret e jashtme janë elementi i parë i ndezjes së ndërtimit) shkaktojnë 1.3% - 3% të zjarreve të ndërtesave totale dhe 2% të zjarreve të banimit, për shkak të masës së madhe të përhapjes së zjarrit dhe dëmtimeve të shkaktuara nga sistemet e fasadave të djegshme, vitet e fundit, zjarret e fasadës morën me dhjetëra jetë njerëzish dhe shkaktuan dëme të mëdha materiale[2]. Incidentet fatkeq në të gjithë botën konfirmojnë atë çfarë u tha më lart - Kulla Tamweel në Dubai, Emiratet e Bashkuara Arabe (2012), Kulla Mermoz, në Roubaix, Francë (2010), ndërtesë banimi në Dijon, Francë (2010), ndërtesë banimi në Shanghai, Kinë (2010), etj.[2]. Ngjarja më e fundit me pasoja katastrofike ishte zjarri i Kullës Grenfell në Londër, në Mbretërinë e Bashkuar (2017), duke shkaktuar 72 viktima[3].

Performanca e materialeve të ndërtimit veçanërisht reagimi ndaj zjarrit, të cilat janë pjesë e mureve të jashtme të ndërtesave, mund të ndikojnë dukshëm në mundësinë e përhapjes së zjarrit në fasadën e ndërtesës, si dhe transferimin e zjarrit në dhomat ngjitur në ndërtesë të prekur nga zjarri. Kërkesat minimale në lidhje me dizajnimin e fasadave përcaktohen ndryshe në vende të ndryshme. Ndërsa qëllimi i përgjithshëm është i njëjtë - për të arritur nivelin e kërkuar të sigurisë nga zjarri, struktura dhe zbatimi praktik i kornizës ligjore, si dhe niveli i zhvillimit të kërkesave janë të ndryshme nga një rajon në tjetrin, apo edhe nga një vend në tjetrin.

Për të përcaktuar kërkesat minimale të sigurisë nga zjarri që duhet të zbatohen në legjislacionin kombëtar të vendeve anëtare të BE-së, Bashkimi Evropian (BE) përcakton Rregulloren për produktet e ndërtimit (CPR) [4]. Megjithatë, studimet e mëparshme kërkimore mbi rregulloret e vendeve të BE zbuluan një ndryshim të dukshëm në kërkesat funksionale dhe të performancës në vendet evropiane gjithashtu[5], [6], edhe pas zbatimit të CPR-së dhe zhvillimit të kodeve euro. Shumë prej këtyre rregulloreve nuk janë plotësisht të njëjta, për faktin se ato duhej të përshtateshin me specifikat kombëtare.

Vendet e Ballkanit Perëndimor janë kryesisht në procesin e anëtarësimit në BE dhe për këtë arsye janë në periudhë tranzicioni midis legjislacionit kombëtar dhe BE. Vendet që janë në BE po zbatojnë rregulloret e BE-së, megjithëse jo në të njëjtën masë. Ky kapitull i librit synon të analizojë sistemet rregullatore në vendet e Ballkanit Perëndimor përmes analizës krahasuese të sigurisë nga zjarret e fasadave, si një faktor i rëndësishëm në ndërtimin e sigurisë nga zjarri. Dallimet duhet të tregojnë "pikat e dobëta" të zbatimit të rregulloreve në praktikë, ndërsa ngjashmëritë duhet të shënojnë potencialin e bashkëpunimit të ardhshëm dhe

zhvillimin e rregulloreve të sigurisë nga zjarri në të njëjtën mënyrë përtë gjithë rajonin. Kjo ka një rëndësi të madhe, duke pasur parasysh që kompani të caktuara projektimi dhe ndërtimi dhe produkte ndërtimi janë të pranishme në tregjet e të gjitha vendeve të Ballkanit Perëndimor. Analiza krahasuese është bërë mbi kërkesat ligjore në Serbi dhe vendet e ish Jugosllavisë, Kroacia dhe Sllovenia.

2.1. RAST STUDIMOR: ANALIZA KRAHASUESE E KORNIZËS LIGJORE TË SIGURISË SË ZJARRIT NË FASADA NË SERBI, KROACI DHE SLOVENI

Serbia, Kroacia dhe Sllovenia kanë zbatuar CPR në legjislacionin kombëtar - Kroacia dhe Sllovenia si vende anëtare të BE-së, ndërsa Serbia e bëri atë në dritën e procesit të pranimit në BE. Përkundër këtij fakti dhe faktit që rregulloret në të tre vendet ishin të njëjta dhe u zhvilluan në të njëjtën mënyrë deri në vitet 1990, shumëllojshmëria e kërkesave për sigurinë nga zjarri apo edhe disa përkufizime është e pranishme.

Struktura e sistemit rregullator në të tre vendet e analizuara bazohet në të njëjtat parime. Rregulloret kryesore që përcaktojnë parimet e përgjithshme për sigurinë nga zjarri janë Ligji për mbrojtjen nga zjarri (Serbia), Akti i mbrojtjes nga zjarri (Kroacia) dhe Akti i mbrojtjes nga zjarri (Sllovenia). Kërkesat e hollësishme rregullohen me akte nënligjore, udhëzime dhe standarde [7] - [9]. Në Kroaci, akti nënligjor është Urdhëresë ndaj rezistencës ndaj zjarrit dhe kërkesave të tjera për ndërtesat në rast zjarri (në tekstin e mëtejme: Urdhër). Akti nënligjor i Sllovenisë rregullon sigurinë nga zjarri në ndërtesa, përcakton Udhëzimin teknik TSG-1-001: 2019 për Sigurinë nga Zjarri në Ndërtesa (në tekstin e mëtejme udhëzimin teknik), si dokument i detyrueshëm për hartimin e sigurisë nga zjarri [10]. Këto dokumente ndërthurin kërkesat për (ndër të tjera) ndërtesa banimi dhe sigurinë nga zjarri i fasadave [11], [12]. Në sistemin rregullator serb, Rregullorja për Kërkesat Teknike për Mbrojtjen nga Zjarri i Ndërtesave të banimit, afarizmit dhe publikut parashikon kërkesa për sigurinë nga zjarri për ndërtesat e banimit në aspektin e qasjes së projektimit, kërkesave të performancës, etj. Siguria nga zjarri i fasadës rregullohet me dokument të veçantë: Rregullorja mbi Kërkesat teknike për sigurinë nga zjarri i mureve të jashtme të ndërtimit (në tekstin e mëtejme rregullorja) [13]. Për më tepër, ndërsa në Serbi dhe Slloveni siguria nga zjarri i ndërtesave të larta përcaktohet në dokumente të veçantë (rregullorja e Serbisë, udhëzimi i Sllovenisë), sistemi rregullator kroat i përfshiu këto kërkesa në Urdhëresë [11], [13] - [15]. Klasifikimi i zjarrit i produkteve të ndërtimit dhe elementeve strukturorë bazohet në standardin e BE-së EN 13501-1: 2010 Klasifikimi i zjarrit i produkteve të ndërtimit dhe elementeve të ndërtimit në të tre vendet, duke bërë bazën për krahasimin e kërkesave të performancës. Në përgjithësi, standardet kombëtare në secilin vend janë miratuar standardet e BE-së, ndërsa ndryshimet rregullore reflektojnë në akte nënligjore, të përshtatura me specifikimet kombëtare.

Baza për analizë krahasuese të kornizës ligjore të sigurisë nga zjarri rrjedh nga rregullore të detyrueshme të secilit vend për sigurinë nga zjarri i fasadave, përkatësisht Rregullorja për Kërkesa Teknike për Sigurinë nga Zjarri i Mureve të Jashtme të Ndërtimit (Serbi, Gazeta Zyrtare 59/2016, 36/2017 dhe 6/2019), Urdhëresa për rezistencën ndaj zjarrit dhe kërkesat e tjera për ndërtesat në rast të zjarrit (Kroacia, Gazeta Zyrtare 29/13, 87/15) dhe udhëzimi teknik TSG-1-001: 2019 për sigurinë nga zjarri në ndërtesa (Slloveni) [11] - [13], si dhe rregullore të tjera plotësuese dhe udhëzime teknike për sigurinë nga zjarri (d.m.th. kritere për përcaktimin e ndërtesave të larta).

Për të analizuar gjendjen aktuale në kornizën ligjore të secilit vend, kërkesat për fasadën e ndërtesave të banimit krahasohen si shembull, ndërsa grupet e tjera të qëllimeve të ndërtimit

janë të përjashtuara. Rregulloret e projektimit të ndërtesave në të tre vendet përdorin klasifikimin e ndërtesave bazuar në Klasifikimin e Llojeve të Ndërtimit të Bashkimit Evropian (CC) [16], por përdoren klasifikime shtesë [12], [13], [17], duke marrë parasysh karakteristikat përkatëse të ndërtesave në lidhje me sigurinë e fasadës nga zjarri (p.sh. lartësia e ndërtesës dhe zona e plotë e katit). Tabela 12 tregon kategoritë e ndërtesave të listuara në rregullore dhe përshkrimet e ndërtesave të banimit në secilën kategori. Rregullorja serbe klasifikon ndërtesat në 5 kategori, me ndërtesa të larta të lëna jashtë dhe të rregulluara me rregullim specifik, i cili nuk është i përqendruar vetëm në fasadat, por të gjitha elementet e strukturës, si dhe [15]. I njëjti numër i kategorive njihet në Urdhrin Kroat me shtimin e kërkesave për fasada të ndërtesave të larta, ndërsa udhëzimet teknike sllovene përdorin klasifikimin e CC dhe gjithashtu ndajnë ndërtesat sipas lartësisë. Përkundër faktit se ato kategori i referohen edhe grupeve të tjera për qëllime ndërtimi, Tabela 12 tregon vetëm llojet e ndërtesave të banimit, bazuar në kriteret e përfshirjes së këtij studimi.

Qasja e rregullimit është e njëjtë në të tre vendet. Lartësia e ndërtesës njihet si faktor i rëndësishëm për përcaktimin e rrezikut nga zjarri në çdo rregullore, e cila rezultoi në klasifikimin e ndërtesave sipas lartësisë së saj. Lartësia përcaktohet si distanca nga kati i parë i arritshëm nga kamionët e zjarrëfikësve në nivelin më të lartë të katit të banimit. [11], [12], [15]. Udhëzimet Teknike Sllovene i referohen vetëm ndërtesave deri 10m të larta dhe më shumë se 10m lartësi të lartë, ku ndërtesa me lartësi të lartë përcaktohet si ndërtesë me lartësi > 22m [12]. Rregullorja serbe përcakton kategoritë e ndërtesave duke vendosur kufirin e lartësisë së ndërtesës në 15m dhe 30m dhe rregullorja kroate e vendos këtë kufi në 7m dhe 22m (shiko Tabela 12). Kjo është në përputhje me përkufizimin e ndërtesave të larta në secilin vend (Serbia > 30m, Kroacia > 22m) [11], [15].

Sipërfaqja e vetme e katit bruto përcaktohet vetëm në rregulloren kroate, ndërsa ndërtimi i sipërfaqes së katit bruto përcaktohet në rregulloren serbe, dhe së bashku me lartësinë e ndërtesës, përshkruan kategoritë e ndërtesave. Numri i njërive të banimit dhe dyshemetë janë të rëndësishme në rregulloret sllovene dhe kroate. Për më tepër, Rregullorja Kroate merr parasysh numrin e banorëve në ndërtesë dhe pozicionin e ndërtesave të tjera (p.sh. ndërtesë e shkëputur dhe gjysmë e shkëputur) [11] - [13], [17]. Këto lloje kriteresh klasifikimi janë të pranishme në rregulloret e tjera serbe [18], por në rregulloret për fasadat nuk janë të listuara. Gjetjet e analizës së klasifikimit të ndërtesave treguan vështirësi të mundshme në përputhjen përfundimtare të klasave të ndërtesave nga rregullore të ndryshme, për shkak të mospërputhjes në kriteret e klasifikimit.

Pas përcaktimit të llojeve të ndërtesave të banimit si subjekt të analizës, duhej të përcaktoheshin kriteret për kryerjen e analizës. Për të përmbushur kërkesat e përgjithshme për sigurimin e nivelit të nevojshëm të sigurisë nga zjarri i ndërtesave (p.sh. për të marrë kapacitetin mbajtës të strukturës gjatë zjarrit, parandalimin e përhapjes së zjarrit, evakuimin e sigurt të njerëzve, etj.) Një sërë kërkesash për ndërtimin materialet dhe elementet përcaktohen në rregullore.

Këto përfshijnë reagimin ndaj zjarrit të materialeve të aplikuara, rezistencës ndaj zjarrit të elementeve të strukturës, pengesave ndaj zjarrit të fasadës horizontale dhe vertikale, ndarjen e ndërtesave, etj. [7], [8], [19]. Është vërejtur aspekti kryesor i secilës rregullore që ka ndikim domethënës në sigurinë nga zjarri dhe performancën e fasadave, e cila rezultoi në vendosjen e reagimit ndaj kërkesave ndaj zjarrit si kriteret për analizën krahasuese. [20]. Janë bërë vërejtje shtesë në lidhje me kërkesat e barrierave horizontale dhe vertikale ndaj zjarrit.

Tabela 12

Klasifikimi i ndërtesave në rregulloret e Serbisë, Kroacisë dhe Sllovenisë [11-14]

Serbia		
Kategoria	Përshkrim	
A	Nuk ka ndërtesa banimi	
B	Banim, banim i përzier (banim-biznes) me sipërfaqe bruto të katit ≤400m2	
V1	Ndërtesa banimi, banimi të përzier (banim-biznes) me sipërfaqe bruto 400m2 - 2000m2 dhe lartësi ≤ 15m	
V2	Ndërtesa banimi, banimi të përzier (banimi-biznes) me sipërfaqe bruto të katit> 2000m2 dhe lartësi 15m - 22m.	
G	Ndërtesa banimi, banimi të përzier (banim-biznes) me lartësi 22m-30m	
Kroacia		
ZPS 1	Ndërtesat e shkëputura të qasshme për zjarrfikësit nga tre anët minimale me qëllim të shuarjes së zjarreve nga niveli i tokës, ato kanë deri në tre kate mbi tokë, me lartësinë e katit të banimit më të lartë maksimalisht 7 metra të matur nga shërbimi zjarrfikës niveli i hyrjes ose nga ku evakuimi i njerëzve të rrezikuar është i mundur, dhe të cilat përmbajnë një njësi banimi deri në 400 m² sipërfaqe kati bruto dhe me deri në 50 banorë. Ndërtesa të ndara dhe gjysmë të shkëputura, me deri në tre kate mbi tokë, me lartësi 7 metra lartësi të katit të banimit të matur nga lartësia e jashtme nga niveli i qasjes së shërbimit të zjarrit dhe nga ku është e mundur evakuimi i njerëzve të rrezikuar, dhe të cilat përmbajnë maksimalisht tre njësi banuese me sipërfaqe të një kati të vetëm deri në 400 m² dhe me një total deri në 100 banorë.	
ZPS 2	Ndërtesat me tre kate mbi tokë me lartësinë e katit të banimit më të lartë deri në 7 metra të matur nga lartësia e jashtme nga niveli i qasjes së shërbimit të zjarrfikësve dhe nga ku është e mundur evakuimi i njerëzve të rrezikuar, ku mblidhen më pak se 300 persona. Këto ndërtesa nuk janë përfshirë në nëngrupet 1 dhe 2.	
ZPS 3	Ndërtesat me deri në katër kate mbi tokë me lartësinë e katit të banimit më të lartë deri në 11 metra të matur nga lartësia e jashtme nga niveli i qasjes së shërbimit të zjarrfikësve dhe nga ku është e mundur evakuimi i njerëzve të rrezikuar, dhe të cilat përfshijnë një njësi rezidente pa kufizim në sipërfaqen e katit bruto ose më shumë njësi banuese të sipërfaqes së katit të vetëm deri në 400 m2 dhe një total deri në 300 banorë.	
ZPS 4	Ndërtesa me lartësinë e katit të banimit më të lartë deri në 22 m të matur nga lartësia e jashtme nga niveli i qasjes së shërbimit të zjarrfikësve dhe nga ku është e mundur evakuimi i njerëzve të rrezikuar, dhe të cilat nuk i përkasin nëngrupeve ZPS 1, ZPS 2, ZPS 3 dhe ZPS 4, si dhe ndërtesa që kryesisht përbëhen nga kate nëntokësore, ndërtesa ku banojnë persona të palëvizshëm ose persona me lëvizje të zvogëluar	
ZPS 5	Ndërtesa të larta (> 22 milion)	
ZPS 6		
Sllovenia		
11	Ndërtesa banimi	Lartësia deri në 10m; nga 10m në ngritje të lartë (> 22m)
111	Ndërtesa me një banesë	
112	Dy- dhe më shumë ndërtesa banimi	
11301	Ndërtesa banimi me shërbime banesore për të moshuarit	
11302	Banesa të tjera për komunitetet	

2.1.1. Reagimi ndaj kërkesave ndaj zjarrit

Reagimi ndaj zjarrit përkufizohet si reagimi i materialit ndaj zjarrit përsa i përket kontributit ndaj zjarrit gjatë ekspozimit nga dekompozimi i tij. Në rregulloret e secilit vend, përgjigja materiale ndaj zjarrit klasifikohet sipas Reagimit Evropian ndaj Sistemit të Klasifikimit të Zjarrit (Euroclass), përcaktuar në standardin Evropian EN 13501-1: Klasifikimi i produkteve të ndërtimit dhe elementeve të ndërtimit ndaj zjarrit, i miratuar si standard kombëtar. Ekzistojnë shtatë reagime ndaj klasave të zjarrit - A1, A2, B, C, D, E dhe F që përshkruajnë djegshmërinë e materialit, ku klasa A1 dhe A2 qëndrojnë për materiale jo të djegshme. Për më tepër, tre klasa të prodhimit të tymit caktohen si kritere për reagimin ndaj zjarrit - s1, s2 dhe s3, ku s1 qëndron për sasi të vogël të prodhimit të tymit gjatë zjarrit në s3 prodhimin

thelbësor të tymit. Për më tepër, kriteret për pikat e flakës dhe / ose grimcat përcaktojnë 3 klasa: d0, nëse nuk ndodhin pika / grimca flakëruese brenda 600s; d1, nëse nuk ka pikëza / grimca flakëruese, që vazhdojnë më shumë se 10, ndodhin brenda 600s; d2, nëse nuk është deklaruar asnjë performancë ose nëse produkti nuk i plotëson kriteret e klasifikimit d0 ose d1[21]. Reagimi i detajuar ndaj kërkesave ndaj zjarrit për secilin vend në varësi të kategorive të ndërtesave dhe llojeve të fasadave janë dhënë në Tabelën 13, Tabelën 14 dhe Tabelën 15.

Llojet e fasadave në rregulloret e Serbisë dhe të Kroacisë përcaktohen në të njëjtën mënyrë, duke marrë parasysh mundësinë e përdorimit të tyre si sistem ose si përbërës të veçantë të klasifikuar. Ndërsa Rregullorja e Serbisë i referohet sistemeve të fasadave jo të ventiluara, të ventiluara dhe ETICS (Sistemi i përbërë i izolimit termik të jashtëm), Urdhri Kroat përshkruan serinë e kërkesave për sistemet e fasadave të ventiluara dhe ETICS. Megjithatë kategoritë e ndërtesave mund të krahasohen pasi që të paktën një kriter i klasifikimit është i mbivendosur, intervalet e ndryshme të vlerave të karakteristikave të krahasuara çojnë në kategorizim jo të unifikuar. Prandaj, krahasimi nuk është plotësisht transparent. Llojet e fasadave në rregulloren sllovene nuk përcaktohen si një sistem dhe përbërës si në rregulloret serbe dhe kroate, që rezultojnë në pamundësi për të krahasuar kërkesat në një mënyrë precize dhe të saktë.

Tabela 13
Reagimi ndaj kërkesave ndaj zjarrit për fasadat - rregulloret serbe [13]

Lloji i fasadës	Kategoria e ndërtesës			
	B	V1	V2	G
Murosja (tulla, blloke, etj.) dhe mure prej betoni (i parapërgatitur ose i përgatitura në vend) me izolim termik dhe me murature të jashtme, beton ose veshje të ngjashme për mbrojtje nga ftohja - jo të ajrosura; panelet e fasadave të vetë-mbajtura të parapërgatitura				
Sistemi i jashtëm i murit	C-s2, d2	B-s1, d1	A2-s1, d1	A2-s1, d1
Përbërësit e murit të jashtëm				
Shtresa e jashtme	B-s2, d1	B-s2, d1	A2-s1, d1	A2-s1, d0
Izolimi termik	E-s2, d2	E-s2, d1	D-s2, d1	C-s2, d1
Murosja (tulla, blloka, etj.) dhe mure prej betoni (i parapërgatitur ose i përgatitura në vend) me izolim termik dhe me murosje të jashtme, beton ose veshje të ngjashme për mbrojtje nga ftohja - venteluar				
Sistemi i jashtëm i murit	C-s2, d2	B-s2, d1	A2-s1, d1	A2-s1, d0
Përbërësit e murit të jashtëm:				
Shtresa e jashtme themel	C-s2, d2	B-s2, d1	A2-s1, d1	A2-s1, d0
Nënstruktura e tipit dowel	C	B	A2	A2
Nënstruktura e pikuar	A2	A2	A2	A2
Izolimi termik	B-s2, d1	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
Murosja (tulla, blloka, etj.) dhe mure prej betoni (i parapërgatitur ose i përgatitura në vend) me ETICS				
Sistemi i jashtëm i murit	D-s2, d2	B-s2, d1	B-s1, d1	A2-s1, d0
Përbërësit e murit të jashtëm:				
Shtresa (et) e mbarimit	C-s2, d1	B-s2, d1	B-s1, d1	A2-s1, d0
Izolimi termik	E-s2, d2	B-s2, d1	A2-s1, d1	A2-s1, d0

Tabela 14
Reagimi ndaj kërkesave kundër zjarrit për fasadat - Kroaci [11], [17]

Pjesët e ndërtimit	Nën-grupi i ndërtesave					
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Shumëkatësh
Elemente të pezulluara të ventiluara të fasadave						
Sistemi i klasifikuar	E	D-d1	D-d1	C-d1	B-d1	A2-D1
Ekzekutimi me elementët e klasifikuar në vijim:						
Shtresa e mbarimit	E	D	D	A2-D1 ose B-d1	B-d1	A2-D1
themel						
Nënstruktura e tipit dowel	E	D	D	D ose D	C	A2
Nënstruktura e pikuar	E	D	A2	A2 ose A2	A2	A2
Izolimi	E	D	D	B ose A2	A2	A2
Sistemi i kontaktit termik të fasadave (ETICS)						
Sistemi i klasifikuar	E	D	D-d1	C-d1	B-d1	A2-D1
Përbërja e shtresave me përbërësit e klasifikuar në vijim:						
Shtresa e mbarimit	E	D	D	C	B-d1	A2-D1
Shtresa e izolimit	E	D	C	B	A2	A2

Tabela 15
Reagimi ndaj kërkesave kundë zjarrit për fasadat - Sllovenia [12]

Lartësia e ndërtesës		
Grupet e ndërtesave (banesore)	deri në 10m	nga 10 në ndërtesa të larta
Veshjet e murit të jashtëm		
Një ndërtesë banimi	D-S3, d2	B-d0
Ndërtesa dy e më shumë banesa	D-S3, d2	B-d0
Ndërtesa banimi me rezidencë shërbimi për të moshuarit	ndërtesat e katit përdhes D-d0, ndërtesa me disa kate mbi tokë B-d0	A1 ose A2
Banasa të tjera për komunitetet	për ndërtesat në katin përdhes D-d0, për ndërtesat me disa kate mbi tokë B-d0	A1 ose A2
Panelet sanduiç me pëlhurë metalike nga të dy anët		
Ndërtesa banimi	A2-s1, d0	
Sisteme të përbëra për izolim termik të jashtëm (ETICS) me izolim të djegshëm		
e paspecifikuar	B-d1	A1 ose A2
Fasadat e ventiluara (izolimi)		
e paspecifikuar	A1 ose A2-s1, d0	A1 ose A2-s1, d0

Përdorimi i materialeve F Euroclass nuk lejohet në asnjë rregullore të referuar. Klasa më e ulët e materialit që mund të aplikohet është E në Serbi dhe Kroaci dhe D në Slloveni. Përhapja e tymit dhe kërkesat për pikat e grimcave/pjesëve janë përcaktuar në rregulloren serbe për të gjitha llojet e sistemeve dhe komponentëve të fasadës (lejohen vetëm klasat d0 dhe d1), përveç elementeve të strukturës. Kërkesat për prodhimin e tymit nuk janë të përcaktuara në rregulloret kroate, dhe për disa nga elementët e fasadës përcaktohet vetëm klasa e djegies (shih Tabelën 15). Materialet jo të djegshme janë të detyrueshme për izolimin termik të fasadave të ventiluara në Udhëzuesin teknik Slloven, pavarësisht nga klasa e ndërtesës dhe lartësia. Ky kriter është i përshkruar në Rregulloren Serbe për klasat V1, V2 dhe G, dhe ZPS 4,5,6 në atë kroate. Për më tepër, kërkesat e jo-djegshme përcaktohen për: lartësia e ndërtesës nga 15m në rregulloren serbe (kategoria e ndërtesës V2 dhe G, përveç izolimit termik të fasadave jo të ventiluara dhe ETICS, kur instalohet si sistem i mureve të jashtme), në Kroaci për disa elemente madje edhe për ndërtesa me lartësi 7m (p.sh. ndërtim me pika) (kategoritë ZPS3, ZPS4, ZPS5 dhe ndërtesa me lartësi të lartë) dhe në Slloveni kryesisht për ndërtesat më të larta se 10m me përjashtim të paneleve sanduiç (materialet jo të djegshme aplikohen në ndërtesa me lartësi më të ulët se 10m).

Duke marrë parasysh ndryshimet e listuara, reagimi i kërkesave ndaj zjarrit në rregulloret serbe, kroate dhe sllovene mund të krahasohet me rregullime të caktuara të klasifikimeve të ndërtesave. Pasojat e ndryshimeve në klasifikimin e ndërtesave dhe reagimin e kërkesave ndaj zjarrit, si dhe ndikimin e ndërsjellë të këtyre dy kritereve shpjegohet në shembullin vijues. Në Tabela 16 janë të listuara karakteristikat e tre ndërtesave. Ndërtesat klasifikohen sipas kritereve në rregulloren e secilit vend. Për më tepër, për secilën klasë ndërtimi, përcaktohet reagimi i kërkesave ndaj zjarrit për sistemin fasadë ETICS.

Tabela 16

Dallimet në ndërtimin e klasifikimeve dhe reagimin të kërkesave ndaj zjarrit në Serbi, Kroaci dhe Slloveni – shembull

Përshkrimi i ndërtesës	Ndërtesa 1:		Ndërtesa 2:		Ndërtesa 3:	
	• H = 9.5 • katër kate mbi tokë, • 4 njësi banimi në secilin kat, • 64 banorë, • sipërfaqe bruto: 250m² • zona bruto: 1000m²		• H = 12.5, • pesë kate mbi tokë, • 4 njësi banimi në secilin kat, • 80 banorë • sipërfaqe bruto: 250m² • sipërfaqe bruto: 1250 m²		• H = 25m	
Vend						
Serbia	V1	sistemi: B-s2, d1	V1	sistemi: B-s2, d1	G	sistemi: A2-s1, d0
		shtresat e mbarimit: B-s2, d1 Izolimi: B-s2, d1		shtresat e mbarimit: B-s2, d1 Izolimi: B-s2, d1		shtresat e mbarimit: A2-s1, d0 Izolimi: A2-s1, d0
Kroacia	ZPS4	sistemi: C	ZPS5	sistemi: B-d1	ZPS6	sistemi: A2-d1
		shtresat e mbarimit: C izolimi: B		shtresat e mbarimit: B-d1 izolimi: A2		shtresat e mbarimit: A2-d1 izolimi: A2-d1
Sllovenia	112	sistemi: B-d1	112	sistemi: A1, A2	shumë katësh	sistemi: A1, A2
		NA		NA		NA

Tabela 16 tregon se niveli i përputhjes midis reagimit të kriterëve ndaj zjarrit kryesisht varet nga lartësia e ndërtesës. Për ndërtesën 1, rregulloret serbe dhe sllovene përcaktojnë klasën B të zjarrit për sistemet e fasadave, megjithëse klasa e prodhimit të tymit përcaktohet vetëm në rregulloret serbe (shih Tabela 16). Kërkesat nga Urdhëresa e Kroacisë janë më pak të rrepta, duke lejuar klasën C-d1 për sistemet e fasadave. Sa i përket përbërësve të fasadës, rregullorja serbe parashikon klasën B si për shtresën përfundimtare ashtu edhe për izolimin, ndërsa nga urdhri i Kroacisë klasa C lejohet për shtresë përfundimi dhe klasa B për izolim. Meqenëse ndërtesa 2 është më e lartë se ndërtesa 1, ajo klasifikohet ndryshe në rregulloret Kroate dhe Sllovene për shkak të kriterëve shtesë të përcaktuara, ndërsa mban të njëjtën klasë në rregulloret serbe. Kjo rezultoi në kriterin e njëjtë të kërkesës ndaj zjarrit për sistemin e fasadës në Serbi dhe Kroaci (klasa B), ndërsa rregulloret sllovene kërkojnë klasën A1 ose A2. Sa i përket përbërësve të fasadës, rregullimi kroat është më i rreptë për shtresën e izolimit termik, duke përshkruar klasën e djegies A2. Së fundi, përputhja e plotë është e mundur për ndërtimin e 3 (p.sh. lartësia e ndërtesës > 22m), ku të tre rregullat kërkojnë klasën e djegshme A1 ose A2 (materiale jo të djegshme), me përjashtim të rregullores serbe, e cila përshkruan si klasën e prodhimit të tymit, ashtu edhe pikat / grimcat e ndezshme të klasës gjithashtu. Kjo tregon larminë e kërkesave, më shumë në rreptësinë e përcaktuar të reagimit të klasave ndaj zjarrit (për shkak të klasifikimit të ndryshëm të ndërtesave dhe ndryshimeve në lartësinë maksimale brenda një klase), sesa në konceptin e përgjithshëm të sigurisë nga zjarri.

Për më tepër, rregullorja serbe përshkruan reagimin e shtresave përfundimtare (dekorative) ndaj zjarrit kur ato nuk janë një përbërës i sistemit të fasadave. Kërkesat përcaktohen në varësi të trashësisë së shtresës dhe përqindjes së fasadës të mbuluar nga shtresa [13]. Për shkak të faktit se kjo kërkesë nuk ekziston në rregulloret Kroate dhe Sllovene, ajo nuk u mor në konsideratë për qëllimin e këtij rasti studimor.

2.1.1. Pengesat horizontale dhe vertikale të zjarrit - shënime të përgjithshme

Pengesat vertikale dhe horizontale të zjarrit në fasada përdoren për të parandaluar përhapjen e zjarrit në fasada [11] - [13], [20]. Kërkesat minimale për pengesat horizontale dhe vertikale ndryshojnë në dimensione, ndërsa koncepti është i njëjtë për secilin vend - hapjet janë të rrumbullakosura me materiale jo të djegshme dhe rripa të vazhdueshëm horizontal janë ndërtuar në fasadën e dyshemeve alternative për të parandaluar përhapjen vertikale të zjarrit. Gjerësia e brezave duhet të jetë së paku e barabartë me gjerësinë e izolimit termik në sistemin e fasadave. Përhapja horizontale e zjarrit parandalohet duke u ndërtuar në pengesa vertikale jo të djegshme.

Për të parandaluar përhapjen e zjarrit nga një ndarje zjarri në tjetrën, Rregullorja serbe mbi Kërkesat teknike për sigurinë e mureve të jashtme të ndërtesës nga zjarri përcaktojnë krijimin e pengesave horizontale dhe vertikale kundër zjarrit nëse fasada nuk është bërë plotësisht nga materiale jo të djegshme. Pengesat duhet të ndërtohen përgjatë kufijve të ndarjeve të zjarrit dhe përgjatë kryqëzimeve të mureve të brendshme kundër zjarrit dhe murit të jashtëm. Paraqitja skematike e këtij koncepti është treguar në Figura 28 dhe Figura 30. Reagimi ndaj klasës së pengesave kundër zjarrit përcaktohet në varësi të pozicionit të tij. Klasa A1 është e detyrueshme përgjatë kufijve të segmenteve kundër zjarrit (një pjesë e ndërtesës që përbëhet nga dy ose më shumë ndarje zjarri) dhe A2 në kufijtë e ndarjeve të zjarrit.

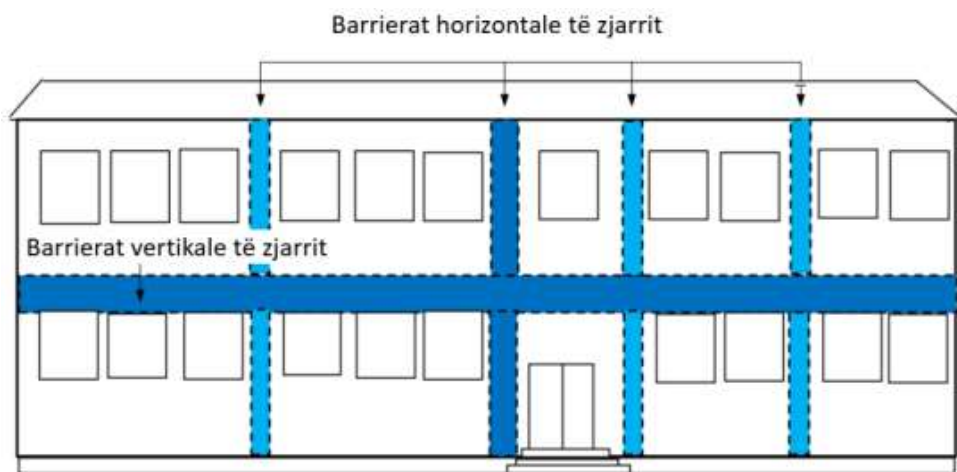


Figura 28. Pengesta horizontale dhe vertikale të zjarrit përgjatë kufijve të ndarjes së zjarrit (e kaltër e mbyllët) dhe nyjet e mureve të brendshme kundër zjarrit dhe murit të jashtëm të ndërtesës (e kaltër e zbehtë) [13].

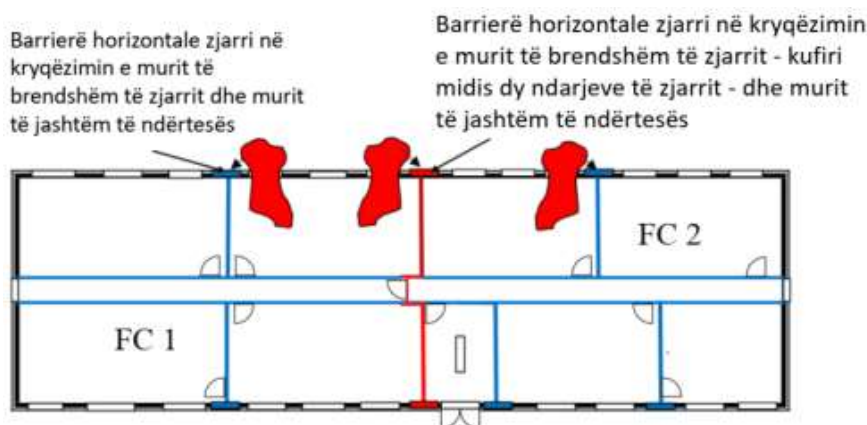


Figura 29. Pengesat vertikale kundër zjarrit përgjatë kryqëzimit të kufirit të dy ndarjeve të zjarrit dhe murit të jashtëm të ndërtesës (e kuqe) dhe përgjatë nyjeve të mureve të brendshme kundër zjarrit dhe murit të jashtëm të ndërtesës (e kaltër)[13].

Për më tepër, grupi i kërkesave minimale për dimensionet e pengesës është i rregulluar. Lartësia minimale (h_p) dhe gjerësia (w_p) e pengesës vertikale dhe horizontale kundër zjarrit është 1m. Përndryshe, këto dimensione mund të zvogëlohen nëse instalohen elementi i konzollës jo të djegshme dhe kallupët, me gjerësi minimale $p > 0.5$ m (Figura 30). Edhe kërkesa më të rrepta duhet të përmbushen kur rindërtoni fasadën e ndërtesës ekzistuese - nëse sistemi i fasadës ETICS i instaluar nuk është bërë plotësisht nga material jo i djegshëm, ato duhet të kenë pengesa vertikale kundër zjarrit përgjatë kontaktit me ndërtimin e dyshemesë së secilit kat të alternuar. Lartësia minimale e këtyre pengesave është 1m, dhe reagimi ndaj klasës kundër zjarrit duhet të jetë A1, ose në përputhje me kërkesat për një ndërtesë më të lartë (shih) [13].

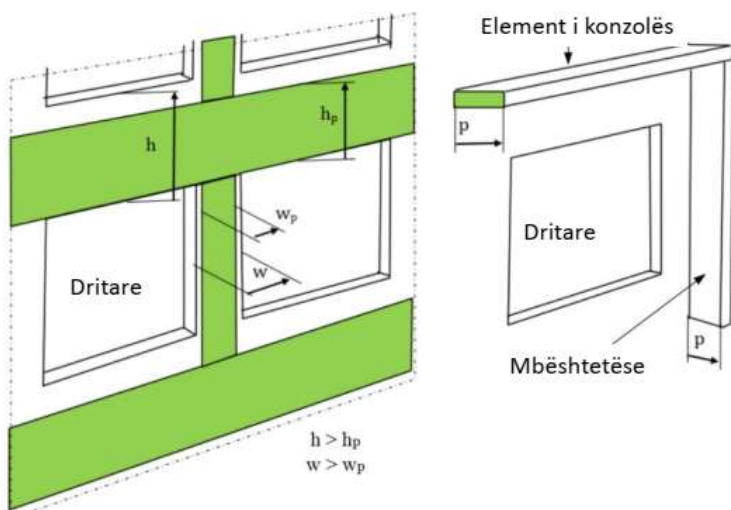


Figura 30. Pengesat horizontale dhe vertikale kundër zjarrit në fasadë - kthinat e vazhdueshme (në të majtë) dhe elementi i vazhdueshëm i konzollës i mbështetur nga kallëpet vertikale (në të djathtë)[13].

Mbrojtja e çatisë së djegshme ose zbritjes nga përhapja vertikale e zjarrit duhet të sigurohet duke ndërtuar në fasadë një reagim A1 ndaj kthinës horizontale të klasës kundër zjarrit mbi hapjet në katin më të lartë, me lartësinë minimale prej 1m, të shtrirë për të paktën 0.5m nga të dy anët e hapjeve. Kjo nuk është e detyrueshme nëse materiali i djegshëm i çatisë ose çadra është e mbuluar me shtresë jo të djegshëm.

Urdhri Kroat përshkruan klasa A1 ose A2-s1, d0 për pengesat që parandalojnë përhapjen horizontale dhe vertikale të zjarrit. Pengesat kundër zjarrit duhet të bëhen në elementë ndërtimi rezistent ndaj zjarrit që parandalojnë përhapjen horizontale dhe vertikale të zjarrit (p.sh. muret kundër zjarrit dhe parimet rezistente ndaj zjarrit midis hapjeve të ndarjeve të ndryshme kundër zjarrit) kur punoni me sisteme fasadash ETICS me izolim termik të djegshëm [11].

Ilustrimet e kërkesave për pengesat horizontale të zjarrit - pozicioni i tyre dhe dimensionet minimale në varësi të kategorisë së ndërtesës (shih Tabela 12) - tregohen në Figura 31.

Një tjetër dispozitë për parandalimin e përhapjes horizontale të zjarrit i referohet nyjeve të këndeve të dy ndarjeve kundër zjarrit. Gjerësia minimale e përshkruar është 3m ose 5m, në varësi të kategorisë së ndërtesave, siç tregohet në Figura 32.

Ngjashëm me rregulloren serbe, edhe nga Urdhëresa e Kroacisë kërkohet të mbrojtë çatinë e një ndërtese nga përhapja e zjarrit. Është e detyrueshme të përfundoni murin kundër zjarrit me një material izolues jo të djegshëm (Figura 33).

Përhapja e zjarrit vertikal midis dy kateve që janë ndarje të ndryshme kundër zjarrit është parandalues duke bërë pengesa horizontale kundër zjarrit midis hapjeve. Lartësia minimale e pengesave është treguar në Figura 34. [11], [17].

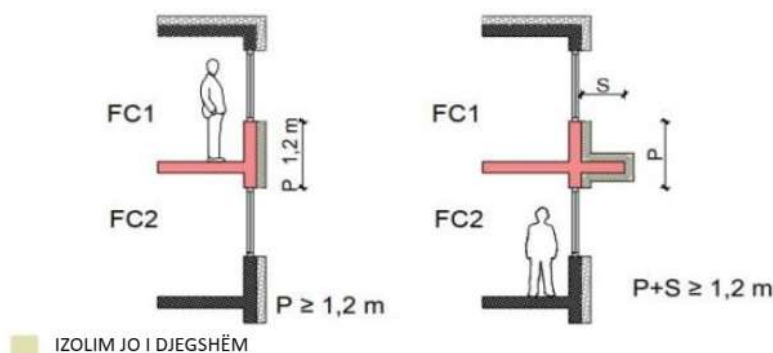


Figura 34. Kërkesat për pengesat horizontale kundër zjarrit [17].

Për të parandaluar që zjarri të përhapet në të gjithë fasadën me izolim termik të djegshëm brenda një ndarje zjarri, për kategorinë e ndërtesës ZP4, ndërtohen pengesat kundër zjarrit rreth hapjeve. (Figura 35). Përndryshe, kthinat horizontale të vazhdueshme mund të bëhen rreth ndërtesës, në çdo kat, në një mënyrë të ilustruar në Figura 36

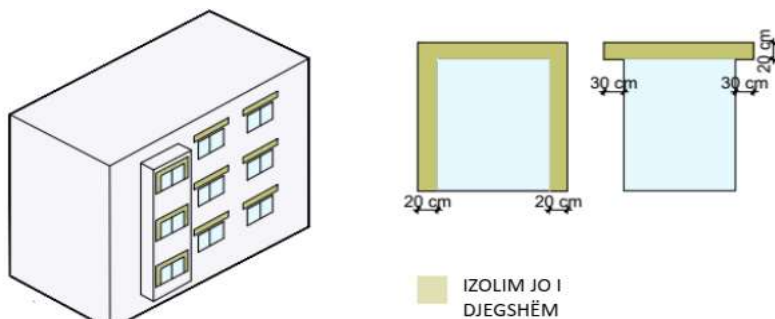


Figura 35. Pengesat kundër zjarrit rreth hapjeve - parandalimi i përhapjes së zjarrit brenda ndarjes së zjarrit [17].

Reagimi i pengesave kundër zjarrit përcaktohet si të paktën A2-s1, d0 në udhëzimin teknik sloven. Kërkesat themelore për parandalimin e përhapjes së zjarrit konsistojnë në sigurimin e një distanca të mjaftueshme - pengesa - midis dritareve, të mbuluara me materiale jo të djegshme. Qoshet e brendshme të ndarjeve kundër zjarrit në hapësira të përbashkëta duhet të mbrohen me pengesa horizontale kundër zjarrit, nëse këndi midis mureve të jashtëm të ndarjeve kundër zjarrit është 135 gradë ose më pak (Figura 37). Distanca midis këtyre mureve, ose gjerësia e pengesës, varet nga ngarkesa e pritshme e zjarrit. Gjithashtu, prania e sistemit të shuarjes në fasadë njihet si faktor që ndryshon. Për ndërtesat që i kanë të instaluar, gjerësia minimale e pengesës horizontale kundër zjarrit mund të zvogëlohet.

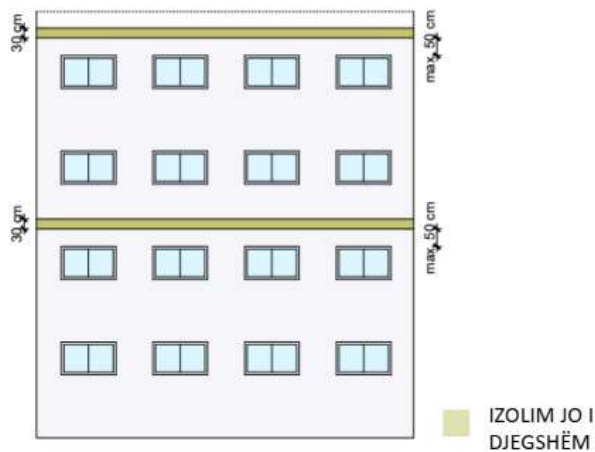


Figura 36. Parandalimi i përhapjes vertikale të zjarrit duke bërë një pengesë vertikale kundër zjarrit përgjatë kryqëzimit të konstruksionit të dyshemesë së secilit kat dhe murit të jashtëm [17].

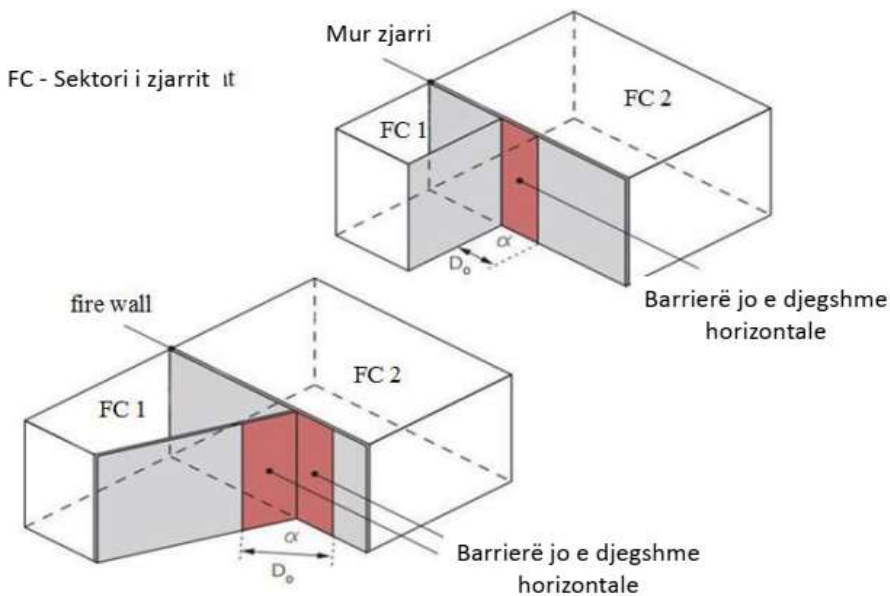


Figura 37. Parandalimi i përhapjes së zjarrit horizontale midis dy ndarjeve të zjarrit [12].

Përhapja vertikale e zjarrit në të gjithë fasadën duhet të parandalohet nga pengesat horizontale kundër zjarrit të vendosura nëpër parapetat rezistente ndaj zjarrit në dyshemetë që nuk kanë qasje brigada e zjarrfikësve. Kërkesat minimale përta i përket dimensioneve është treguar në Figura 38. Përsëri, nëse një sistem spërkatës është instaluar në pjesën e poshtme dhe në pjesën e sipërme të ndarjeve të zjarrit, nuk është e detyrueshme të hartohen pengesat e përmendura [12].

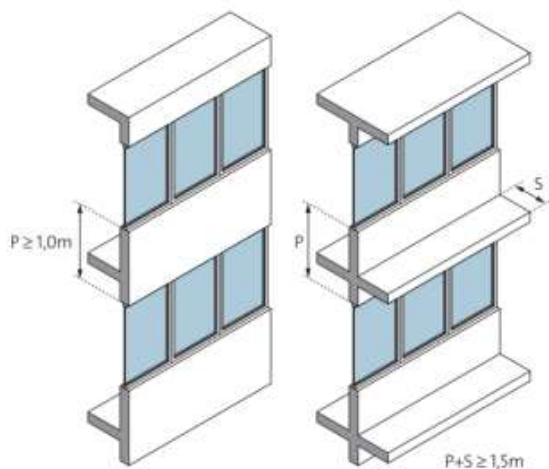


Figura 38. Parandalimi i përhapjes vertikale të zjarrit - dimensionet minimale të pengesave kundër zjarrit të vendosura nëpër elementët rezistues ndaj zjarrit [12].

Rregulloret në secilin vend përcaktojnë gjithashtu kërkesën për krijimin e një pengese horizontale kundër zjarrit për parandalimin e përhapjes së zjarrit vertikal përmes shtresës së venteluar të fasadave të ventiluara me izolim termik të djegshëm ose jo të djegshëm [11]-[13].

2.2. PËRFUNDIME

Duke rishikuar rregulloret aktuale në Serbi, Kroaci dhe Slloveni, konstatohet se kuadri i përgjithshëm dhe qasja ndaj sigurisë nga zjarri bazohet në të njëjtat parime të përgjithshme në të tre vendet. Secili vend ka rregullore të përshtatura me specifikat kombëtare, ndërsa standardet kombëtare kanë miratuar standardet e BE-së.

Rregulloret janë analizuar nga dy kritere të lidhura me performancën e fasadës: reagimi ndaj zjarrit dhe kërkesat e përgjithshme për pengesat horizontale dhe vertikale kundër zjarrit. Për më tepër, ndryshimet në klasifikimet e ndërtesave njihen si çështja kryesore në zbatimin e rregulloreve në praktikë, pasi që është hapi i parë në përcaktimin e kërkesave të performancës. Megjithëse klasat e ndërtimit nga një rregullore mund të përputhet me klasat nga tjetra me rregullime të caktuara, nuk ka mundësi të vendoset sistemi përfundimtar, pasi kriteret për klasifikimin ndryshojnë në rregulloren e secilit vend. Reagimi i kërkesave kundër zjarrit ndryshon në aspektin e nivelit të kërkesave, duke u varur kryesisht nga lartësia e ndërtesës së vlerësuar. Ndërsa rregulloret e Serbisë dhe Sllovenisë përcaktojnë kërkesa më të larta për ndërtesa të ulëta, kjo ndryshon me rritjen e lartësisë së ndërtesës, ku rregulloret e Kroacisë dhe Sllovenisë bëhen më të rrepta se ato të Serbisë. Përputhja e plotë e reagimit të kërkesave kundër zjarrit është e mundur vetëm për ndërtesat më të larta se 22m. Për më tepër, rregulloret i referohen përshkrimeve dhe llojeve të ndryshme të fasadave. Kjo e bën krahasimin dhe zbatimin e rregulloreve të ndryshme jo të unifikuara dhe më pak të sakta. Duke analizuar kërkesat minimale për pengesat horizontale dhe vertikale në rregulloret e të tre vendeve, konstatohet se koncepti i projektimit të pengesave është i njëjtë. Ndryshime të parëndësishme ndodhin në dimensione, por në të gjitha rregulloret përdorimi i materialeve jo të djegshme për pengesa horizontale dhe vertikale është i detyrueshëm.

Studimi i paraqitur në këtë kapitull të librit duhet të konsiderohet si një hap fillestar drejt krahasimit të rregulloreve të Serbisë, Kroacisë dhe Sllovenisë, ndërsa, për analiza më të hollësishme, duhet të bëhen analiza shtesë, duke marrë parasysh të gjitha kërkesat e sigurisë nga zjarri. Këto lloje të analizave vlerësohen si bazë për krijimin e tregut të vetëm në Serbi, Kroaci dhe Slloveni me mbështetjen e CPR të zbatuar si mjet. Megjithëse CPR parashikon rregulla të harmonizuara për tregun e produkteve të ndërtimit, rregulloret në këto vende duhet të ofrojnë të njëjtat koncepte dhe nivelin e kërkesave të sigurisë nga zjarri. Për të mbështetur një treg të vetëm, duhet të sigurohet një nivel i caktuar i transparencës rregullatore në interpretim, kështu që rregulloret mund të kuptohen dhe zbatohen më lehtë në projektimin dhe praktikën e ndërtimit në rajon.

REFERENCAT

- [1] N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, S. V. Sokolov, and P. Wagner, 'World Fire Statistics', Center of Fire Statistics, International Association of Fire and Rescue Services, 24, 2019.
- [2] N. White, M. Delichatsios, M. Ahrens, and A. Kimball, 'Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components', *MATEC Web Conf.*, vol. 9, p. 02005, 2013, doi: 10.1051/mateconf/20130902005.
- [3] M. Moore-Bick and Chairmen of the Inquiry, *Grenfell Tower Inquiry: Phase 1 Report Overview*. 2017.
- [4] 'Construction Products Regulation (CPR) - Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC', European Parliament, No 305/2011, Mar. 2011.
- [5] L. Sheridan, H. J. Visscher, and F. M. Meijer, *Building regulations in Europe, Part 2 - A comparison of technical requirements in eight European countries*, vol. 24. Delft, Netherlands: DUP Science, Delft University Press, 2003.
- [6] L. Boström *et al.*, 'Development of a European approach to assess the fire performance of façades', p. 312.
- [7] 'Law on Fire Protection', *Off. Gaz. Repub. Serbia 1112009 202015 872018 872018*, [Online]. Available: https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_od_pozara.html.
- [8] 'Fire Protection Act', *Off. Gaz. Repub. Croat. 9210*, 2010, [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_07_92_2588.html.
- [9] 'Fire Protection Act', *Off. Gaz. Repub. Slov. 32007*, 2007.
- [10] 'Rules on Fire Safety in Buildings', *Off. Gaz. Repub. Slov. 6117*, 2017.
- [11] 'Ordinance on Fire Resistance and other Requirements for Buildings in Case of Fire', *Off. Gaz. Repub. Croat. 2913 8715*, 2015.
- [12] 'Technical Guideline TSG-1-001:2019 for Fire Safety in Buildings', *Off. Gaz. Repub. Slov. 6117 7217*, 2019.
- [13] 'Regulation on Technical Requirements for Fire Safety of External Building Walls', *Off. Gaz. Repub. Serbia 592016 362017 62019*, 2019, [Online]. Available: https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik_o_tehnickim_zahtevima_bezbednosti_od_pozara_spoljnih_zidova_zgrada.html.
- [14] 'Smernice požarnovarnostnih ukrepov za visoke stavbe (h>22 m)', *Inženirska zbornica Slovenije, Matična sekcija inženirjev tehnologov in drugih inženirjev*, 2010.
- [15] 'Regulation on Technical Requirements for Fire Protection of High-rise Buildings', *Off. Gaz. Repub. Serbia 802015 672017 1032018*, 2018.
- [16] 'Classification of Types of Construction - CC, final version', *Eurostat*, 1997.

- [17] M. J. Rukavina, M. Carević, and I. B. Pečur, *FIRE PROTECTION OF FAÇADES - The Guidelines for Designers, Architects, Engineers and Fire Experts*. Zagreb, Croatia: University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, 2017.
- [18] 'Regulation on Technical Requirements for Fire Protection of Residential, Business and Public Buildings', *Off. Gaz. Repub. Serbia* 222019, 2019.
- [19] 'Building Act', *Off. Gaz. Repub. Slov.* 11205 10207 10909 3810 6017, 2017, [Online]. Available: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO7108>.
- [20] N. White and M. Delichatsios, 'Chapter 6 - Regulations', in *Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components*, New York: Springer Verlag, 2015.
- [21] 'EN 13501-1:2010 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests', 2010.

SHTOJCË

KORNIZA LIGJORE E SIGURISË NGA ZJARRI NË FASADA NË SHQIPËRI

Autor: Sokol Dervishi

PREZANTIMI

Korniza ligjore e Shqipërisë përmban dy vendime:

- Urdhri i Ministrit të Punëve të Brendshme Nr. 424, datë 24.7.2015: Për miratimin e rregullave teknike për mbrojtjen nga zjarri dhe shpëtimin në ndërtesat e destinuar për banim;
- Vendimi i Këshillit të Ministrit Nr 626, datë 15.7.2015 "Për miratimin e normave të projektimit të banesave".

PARIMET E PËRGJITHSHME TË KORNIZËS LIGJORE

Projektimi i sigurisë nga zjarri për ndërtesa bazohet në të kuptuarit e burimeve të zjarrit dhe materialeve dhe sistemeve që do të ndiznin dhe përhapin zjarrin. Rekomandimet dhe udhëzimet e dhëna në këtë kornizë ligjore bazohen në parimin që në rrethana normale nuk ka gjasa që zjarri të fillojë në dy vende të ndryshme në një ndërtesë. Rekomandimet e dhëna në këtë standard janë të natyrës së përgjithshme dhe për të gjitha masat dhe procedurat për sigurinë dhe mbrojtjen nga zjarri. Rrethanat e veçanta të çdo ndërtese ose kompleksi merren parasysh. Të njëjtat rekomandime zakonisht zbatohen për ndërtesat ekzistuese dhe ato të reja. Sidoqoftë, ndërtesat ekzistuese, veçanërisht ndërtesat historike, shpesh ballafaqohen me probleme me të cilat ndërtesat e reja nuk kanë të ngjarë të ballafaqohen me ato. Ky standard ofron rekomandime dhe udhëzime për projektimin, menaxhimin dhe përdorimin e ndërtesave, në mënyrë që të plotësojnë standarde të arsyeshme për sigurinë nga zjarri, për të gjithë individët që janë në ndërtesë. Kjo kornizë nuk përfshin informacione për një banesë për një familje. Korniza ligjore është e strukturuar që do të zbatohet për projektimin e ndërtesave të reja dhe për rinovime të ndryshme dhe masa të montimit të ndërtesës. Për më tepër, ajo jep udhëzime për administrimin e vazhdueshëm të sigurisë nga zjarri gjatë gjithë ciklit të kohëzgjatjes së ndërtesës, përfshirë udhëzime për projektuesit, në mënyrë që të sigurojë që projekti i përgjithshëm i një ndërtese të ndihmojë në përmirësimin e menaxhimit të sigurisë nga zjarri.

REZISTENCA E STRUKTURAVE NDAJ ZJARRIT

Kërkesat e rezistencës ndaj zjarrit të strukturave të ndërtimit vlerësohen në bazë të përshkrimeve dhe modaliteteve të testimit, të specifikuara me dispozita të posaçme, si dhe akte nënligjore, në varësi të llojit të materialit të përdorur (p.sh. betoni, çeliku, druri i ngurtë, druri i petëzuar, elementet e përbëra, materialet e llakuara). Për strukturat specifike të rrezikut nga zjarri, normat përkatëse duhet të zbatohen me akte nënligjore të veçanta.

KARAKTERISTIKAT KONSTRUKTIVE

Tabela 17

Klasifikimi i tipologjive të strehimit me karakteristikat e shoqëruara të REI

Tipologjia e strehimit	Sipërfaqja maksimale (m ²) e ndërtesës	Sipërfaqja maksimale (m ²) e katit (sipas kategorisë së strehimit)	Tipologjia e setit të shkallëve (të paktën një set për ashensorin)	Karakteristikat "REI" të mureve (të setit të shkallëve, ashensorit, filtrit të tymit, dymit të urgjencës, elementeve të nënndarjes në kat)
a	Nga 12m në 24 m	8000	500	60 (**)
			500	60
			550	60
			600	60
b	Nga 24 m në 32 m	6000	500	60 (**)
			550	60
			550	60
			600	60
c	Nga 32 m në 54	5000	500	90
d	Nga 54 m në 80	4000	500	90
e	Mbi 80 m	2000	350 (*)	120

(*)Me një minimum prej 2 shkallëve për secilën ndarje të katit. Në tarracën e ndërtesës duhet të sigurohet një vend për ulje dhe vendosja e helikopterëve të ndihmës së parë, e cila është e qasshme nga çdo shkallë

(**)Vetëm për elementët e nënndarjes ndërmjet dhomës.

Rezistenca ndaj zjarrit e strukturave dhe sistemeve të ndarjes do të garantojë respektivisht kërkesat e REI, siç specifikohet në tabelën 2: Për strukturat dhe sistemet me zona specifike të rrezikut, përfshirë portat dhe elementet e veçanta ndarëse dhe bllokuese, do të zbatohen normat përkatëse të parashikuara në akte nënligjore.

Tabela 18

Klasifikimi i tipologjive të strehimit me karakteristikat e shoqëruara të REI

Kat	REI
kate te ndërmjetme	REI 60-90;
ndërtesa në lartësi kundër zjarrit deri në 24 m	REI 90
ndërtesa mbi 24 m	REI 90-120

PËRFUNDIMET

Korniza ligjore përfshin analizën dhe vlerësimin e rrezikut, parimet e masave të sigurisë (p.sh. sistemi detektues dhe alarmi nga zjarri, shenjat për arratisje, dyert dhe ashensori) dhe vendosjen e sistemeve vertikale të evakuimit (shkallët dhe ashensorët), aftësinë e evakuimit, sistemet aktive të zjarrfikësve.

Sidoqoftë, kornizave u mungon ndjeshëm informacioni dhe udhëzimet në lidhje me sigurinë nga zjarri i fasadave, përfshirë kodet dhe materialet e përdorura në lidhje me standardet e sigurisë nga zjarri. Si i tillë, një hetim i hollësishëm duhet të bëhet për të përmirësuar kornizën ligjore.

3. REHABILITIMI I ENERGJISË DHE SIGURIA NGA ZJARRI NË FASADA TË NDËRTESAVE REZIDENCIALE TË LARTA

3.1. HYRJE

Ndërtesat janë përgjegjëse për afërsisht 40% të konsumit të energjisë në BE dhe 36% të emetimeve të CO₂, duke i bërë ato konsumatorin më të madh të energjisë në Evropë. Aktualisht, rreth 35% e ndërtesave të BE-së janë mbi 50 vjet të vjetra dhe pothuajse 75% e stokut të ndërtesave është joefikas i energjisë, ndërsa vetëm 0,4-1,2% e stokut të ndërtesave rinovohet çdo vit [1]. Si pasojë, kursimi i mundshëm i energjisë në sektorin e ndërtesave është më i madh se në çdo sektor tjetër, ndërsa përmirësimi i performancës energjetike të ndërtesave është një nga faktorët thelbësorë për zvogëlimin e emetimeve të gazrave serë.

Rehabilitimi i energjisë i mureve të fasadave është një nga masat kryesore për përmirësimin e performancës energjetike të ndërtesave ekzistuese. Në të njëjtën kohë, instalimi i një shtrese shtesë izolimi termik në fasada është gjithashtu një faktor integruar në rinovimin dhe përmirësimin e cilësisë dhe sigurisë së ndërtesës dhe banorëve të saj [2].

Hulumtimet e mëparshme [3] mbi mundësitë e përmirësimit të eficiencës së energjisë në ndërtesa kanë identifikuar nevojën për rehabilitimin e energjisë së fasadave, të cilat mund të zvogëlojnë humbjet e energjisë për ngrohje deri në 60%, si dhe nevojën për përmirësimin e komoditetit të banimit, si dhe ndërtimin e sigurisë nga zjarri.

Siguria në rast zjarri dhe ekonomia e energjisë dhe mbajtja e nxehtësisë përfaqësojnë dy nga shtatë kërkesat themelore që produktet e ndërtimit dhe ndërtesat duhet të plotësojnë për një jetë pune të arsyeshme ekonomikisht, duke iu nënshtruar mirëmbajtjes normale, e cila vlen edhe për ndërtesat ekzistuese në procesin e rinovimit [4],[5]. Meqenëse çështjet e rehabilitimit të energjisë së fasadës janë të lidhura ngushtë me çështjet e sigurisë nga zjarri, zgjidhjet e aplikuara për rinovim duhet të plotësojnë si eficiencën e energjisë, ashtu edhe kërkesat e sigurisë nga zjarri.

Kërkesa themelore e sigurisë nga zjarri plotësohet nëse në rast zjarri [4]-[6]:

- (1) kapaciteti mbajtës i strukturës mbahet për një periudhë specifike kohore;
- (2) gjenerimi dhe përhapja e zjarrit dhe tymit brenda ndërtesës janë të kufizuara;
- (3) përhapja e zjarrit në ndërtesat fqinje është e kufizuar;
- (4) banorët mund të largohen nga ndërtesa ose të shpëtohen me mjete të tjera;
- (5) merret në konsideratë siguria e ekipeve të shpëtimit.

Dizajnimi dhe materializimi i mureve të fasadës ndikon ndjeshëm në kërkesat që lidhen me gjenerimin dhe përhapjen e zjarrit dhe tymit brenda ndërtesës dhe përhapjen e zjarrit në ndërtesat fqinje. Prandaj, brenda rehabilitimit të energjisë së fasadës, përzgjedhja e materialeve me reagim të kënaqshëm termik por të dobët ndaj performancës së zjarrit mund të kontribuojë në përhapjen e zjarrit përgjatë fasadës dhe mund të rezultojë me pasoja katastrofike - siç dëshmohet nga numri i zjarreve të fasadave në botë.

Në Republikën e Serbisë ka 3,23 milion banesa [7] që tregojnë qartë potencialin për kursime të energjisë në këtë sektor. Stoku i strehimit i ndërtuar në gjysmën e dytë të shekullit XX është ndërtuar sipas rregulloreve aktualisht të vjetëruara të energjisë që rezultojnë me konsumin mesatar të energjisë që tejkalon 150 KWh/m² në vit, ndërsa në vendet e zhvilluara evropiane është nën 50 kWh/m² [8]. Për më tepër, kjo periudhë karakterizohet nga rregulloret modeste të

sigurisë nga zjarri, që nuk siguruan udhëzime të hollësishme, kështu që sot këto ndërtesa paraqesin një problem të veçantë kur bëhet fjalë për marrjen e masave mbrojtëse për të zvogëluar rrezikun nga zjarri dhe përhapjen e tij kur ndodh një zjarr. Për të përmirësuar situatën aktuale, është e nevojshme që Serbia të përshpejtojë aktivitetet që lidhen me arritjen e standardeve të BE-së.

Në gjysmën e dytë të shekullit XX më shumë se 41.223 apartamente u ndërtuan në Novi Sad. Shumica e ndërtesave janë të ndërtuara me teknologji industriale ndërtimi (50%), ndërsa të tjera janë ndërtuar në mënyrë tradicionale (36%) ose duke aplikuar teknologji të përparuar ndërtimi (14%) [9]. Më shumë se 70 ndërtesa janë ndërtesa rezidenciale me lartësi të lartë (ndërtesa me katin e parë dhe të paktën 10 kate), të ndërtuara kryesisht me teknologjinë e ndërtesave të parafabrikuara industriale të IMS. Hulumtimet e mëparshme [10] kanë treguar që niveli i sigurisë nga zjarri i këtyre ndërtesave është shumë i ulët. Statistikat e mbledhura dhe të përpunuara për ndodhjen e zjarrit tregojnë një rritje të vazhdueshme të numrit të zjarreve në ndërtesat rezidenciale shumëkatëshe, si dhe rritje të përqindjes së zjarreve rezidenciale në numrin e përgjithshëm të zjarreve [11]. Pas viteve të shfrytëzimit, gjendjes teknike të pakënaqshme të shumicës së elementeve të fasadës dhe mungesës së mirëmbajtjes së rregullt, ekziston nevoja për rinovimin e këtyre ndërtesave përmes përmirësimit të performancave të fasadave, në mënyrë që të përputhen me kërkesat e rregulloreve dhe standardeve teknike bashkëkohore.

3.2 SIGURIA NGA ZJARRI NË FASADA TË NDËRTESAVE TË LARTA

Siguria nga zjarri në fasada në ndërtesat e larta në Republikën e Serbisë rregullohet me *Ligjin për Mbrojtjen nga Zjarri* [6], si dhe *Rregulloren për normat teknike për mbrojtjen e ndërtesave të larta nga zjarri* [12]. Përmëshja e kërkesave të sigurisë nga zjarri i ndërtesës dëshmohet me *Elaboratin për sigurinë nga zjarri* që duhet të bashkangjitet me dokumentacionin teknik për të marrë miratimin për ekzekutimin e rehabilitimit të energjisë [13].

Gjatë gjysmës së dytë të shekullit XX Ligji [6] u rishikua dhe u modifikua disa herë [14],[15].

Rregullorja e parë që ka të bëjë vetëm me ndërtesat e larta [16] u miratua në vitin 1984. Ndërtesa e lartë u përkufizua si *një ndërtesë ku lartësia e katit të fundit të banuar të saj tejkalon 22 m në lidhje me tokën përreth që është e arritshme për automjetet e zjarrfikësve dhe shpëtimit dhe nga e cila është e mundur të ndërhyjnë me përdorimin e shkallëve motorike ose automjeteve të tjera të veçanta për shuarjen dhe shpëtimin nga lartësitë*. Materialet e përdorura për ndërtimin e mureve mbështetëse dhe të përforcuara të fasadës duhet të ishin jo të djegshme dhe rezistente ndaj zjarrit të paktën 1,5 orë. Është lejuar të instalohet një material izolues i djegshëm në anën e jashtme të mureve me kusht që të ngjitet siç duhet në mure dhe të ankorohet në mënyrë që të mos bjerë në rast zjarri dhe të jetë i veshur me material jo të djegshëm rezistent ndaj zjarri për të paktën 1 orë. Nëse materiali izolues i djegshëm do instalohet brenda shtresave të murit, veshja nga brenda duhet të jetë rezistente ndaj zjarrit për të paktën 1,5 orë. Për aplikim në anën e brendshme të mureve, materiali izolues duhet të jetë jo i djegshëm. Për më tepër, muret e jashtme të ndërtesave duhet të ndërtoreshin nga materiale që do të kufizonin përhapjen e zjarrit nga një kat në tjetrin, me të paktën 1 m pengesa vertikale të zjarrit midis hapjeve në dy kate të ngjitura. Nëse kjo distancë do ishte më pak se 1 m, shtegu i flakës midis dy kateve do të duhej të zgjatej duke vendosur pllakat konzollë/cantilever në nivelin e secilës strukturë të katit.

Lartësia e ndërtesave të larta u rrit në 30 m me ndryshimin e Rregullores [16] në vitin 2011, e cila nuk ndikoi në kërkesat për muret e fasadës. Në vitin 2015, Rregullorja u zëvendësua nga një e re që është modifikuar dy herë në periudhën vijuese [12].

Rregullorja aktuale [12] përshkruan kërkesat teknike për sigurinë nga zjarri që duhet të përmbushen gjatë projektimit, ndërtimit, rindërtimit dhe përmirësimit të ndërtesave të larta. Në rast të rindërtimit të ndërtesave, kërkesat e përcaktuara vlejnë vetëm për pjesën e ndërtesës që i nënshtrohet rindërtimit dhe niveli i sigurisë nga zjarri i ndërtesës ekzistuese nuk duhet të zvogëlohet nga rindërtimi.

Muret e jashtme të ndërtesave që mbajnë ngarkesën duhet të jenë rezistente ndaj zjarrit 2,0 orë (RE-M 120) dhe të ndërtuara nga materiale ndërtimi jo të djegshme me të paktën reagim A2-s1, d0 ndaj klasës së zjarrit, sipas standardit SRPS EN 13501-1 [17]. Reagimi ndaj klasifikimit të zjarrit të materialeve të ndërtimit në përbërjen e mureve të fasadës është në përputhje me klasifikimin evropian të zjarrit të produkteve të ndërtimit.

Përhapja e zjarrit midis dy kateve ngjitur përgjatë është e kufizuar nga ndërtimi i një elementi vertikal të ndërtesës me rezistencë ndaj zjarrit 1,5 h (EI 90). Elementi vertikal i ndërtesës që ndan katet (pengesa e zjarrit) duhet të jetë së paku 1 m i lartë ose të paktën 1,4 m i gjatë kur shtrihet shtegu i flakës midis dy kateve duke vendosur konzolla/cantilever në pllaka në nivelin e strukturës së katit (Figura 39).

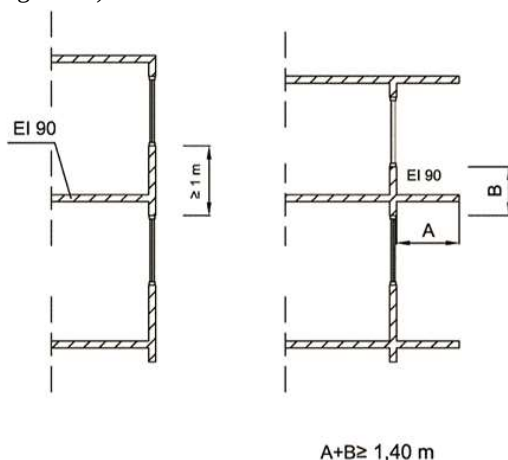


Figura 39. Pengesat vertikale kundër zjarrit [12]

Përhapja horizontale e zjarrit përgjatë fasadës në kufirin e sektorit të zjarrit parandalohet nga pengesat horizontale të zjarrit (Figura 40) duke ndërtuar një pjesë të murit të fasadës në një gjerësi totale prej të paktën 1 m në pikën e kontaktit të mureve. Muri i ndërtuar i fasadës duhet të ketë të njëjtën rezistencë ndaj zjarrit me murin e brendshëm të zjarrit. Mënyra sheshtë për ndërtimin e pengesës horizontale të zjarrit është shtrirja e murit të brendshëm të zjarrit përtej rrafshit të fasadës për 0,5 m. Për strukturat komplekse ku sektorët e zjarrit janë bashkuar në një kënd të barabartë me 135 ° ose më pak, në mënyrë që të parandalohet përhapja horizontale e zjarrit nga një sektor zjarri në tjetrin, një mur 5 m i gjatë me të njëjtën rezistencë ndaj zjarrit si muri në kufiri i sektorit të zjarrit është i ndërtuar në kënde.

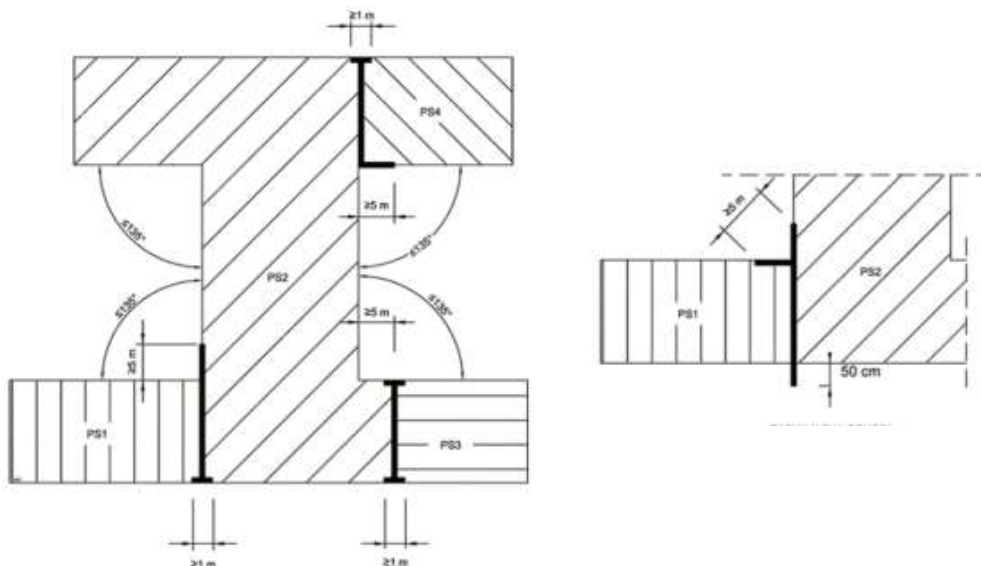


Figura 40. Pengesat horizontale kundër zjarrit [12]

Në rastin e ndërtesave ngjitur me lartësi të ndryshme (Figure 3), në murin më të lartë nuk duhet të ketë hapje të paktën 10 m mbi pikën më të lartë të ndërtesës më të ulët nëse:

- (1) ndërtesa më e ulët ka hapje më pak se 8 m larg murit të fasadës së pjesës më të lartë, ose
- (2) struktura e katit ose çatisë së pjesës më të ulët, përfshirë mbulimi i çatisë, nuk është rezistente ndaj zjarrit të brendshëm për të paktën 2 orë.

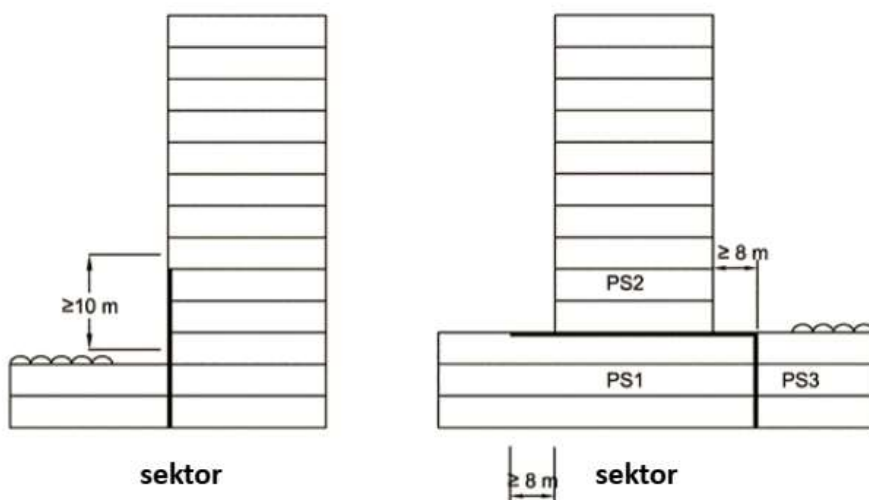


Figura 41. Ndërtesat ngjitur me lartësi të ndryshme [12]

Muri kufitar duhet të ketë një rezistencë ndaj zjarrit prej 2 orë (REI-M 120) dhe duhet të ndërtohet nga materiale ndërtimi jo të djegshme të paktën prej klasës së zjarrit A2-s1, d0.

Reagimi ndaj kërkesave të zjarrit për muret e fasadës së ndërtesave rezidenciale të larta u modifikuan gjithashtu me kalimin e kohës dhe evoluimi i kërkesave është paraqitur në Tabela 19.

Tabela 19

Evolucioni i reagimit ndaj kërkesave të zjarrit për muret e fasadave të ndërtesave rezidenciale të larta [12]

MURET E JASHTME	2015	2017		2018 (aktual)
	të gjitha ndërtesat HR	30 m - 40 m	40 m +	të gjitha ndërtesat HR
Sistemi i murit	A1	A2-s1,d0	A1	A2-s1,d0
Përbërësit e murit				
Shtresa(t) e jashtme	A1	A2-s1,d0	A1	A2-s1,d0
Nën-struktura	e paspecifikuar	e paspecifikuar	e paspecifikuar	A2
Shtresa e izolimit termik	A1	A1	A1	A1

Siç shihet nga Tabela 19, në rast të projektimit, ndërtimit dhe rindërtimit të ndërtesave të larta, të gjithë përbërësit e murit të jashtëm kërkohej të jenë jo të djegshëm. Reagimi ndaj kërkesave të zjarrit për sistemin e murit të jashtëm është zvogëluar pak nga viti 2015 (nga klasa A1 në klasën A2-s1, d0). Modifikimi i vitit 2017 prezantoi kërkesa të ndryshme për dy kategori ndërtesash të larta. Sidoqoftë, brenda modifikimit të fundit, ky kategorizim është përjashtuar dhe janë përcaktuar kërkesa shtesë për elementet e nënstrukturës.

Nevoja për të përmirësuar sigurinë nga zjarri në ndërtesat ekzistuese dhe ato të reja, si dhe detyrimin për të harmonizuar rregulloret teknike kombëtare me rregulloret e BE-së, filloi përgatitjen e *Rregullores për kërkesat teknike për sigurinë nga zjarri i mureve të jashtëm të ndërtesave* [18]. Rregullorja përcakton kërkesat teknike për sigurinë nga zjarri të materialeve ndërtimore të destinuara për ndërtimin e mureve të jashtme, të cilat duhet të përmbushen gjatë projektimit, ndërtimit, rindërtimit, modernizimit, përshtatjes, përdorimit dhe mirëmbajtjes së ndërtesave. Ndërtesat klasifikohen në pesë kategori - A, B, V1, V2 dhe G, të përafruara me klasifikimin e dhënë në [19].

Që nga hyrja në fuqi në 2016, kërkesat janë rishikuar dhe inovuar dy herë. Ndërtesat e larta u klasifikuan kryesisht (2016) në kategorinë G (ndërtesa më të larta se 22 m) me kërkesë që sistemi i murit dhe të gjithë përbërësit e tij të jenë jo të djegshëm (Tabela 20).

Modifikimi i parë ka sjellë një ulje të kriterëve për të gjithë sistemin e murit, si dhe kriteret për përbërësit e sistemit ku në disa raste lejohej instalimi i komponentëve të djegshëm (u lejua të përdorej materiali i djegshëm i klasës B-s2, d1 për izolimin e mureve sanduiç). Brenda modifikimit të fundit, kategoria G ishte e kufizuar në 30 m për sa i përket lartësisë së ndërtesës që ka çuar në përjashtimin e ndërtesave të larta nga Rregullorja.

Tabela 20

Evolucioni i reagimit ndaj kërkesave kundër zjarrit për muret e jashtme të ndërtesave të larta [18]

Kategoria e ndërtesës	G (2016)	G (2017)
Panelet e fasadës së papërpunuar/pre-casted vetëmbajtëse dhe muratura (tulla, blloka, etj.) dhe muret prej betoni (pre-casted ose të hedhur në vend) me izolim termik dhe me muraturë të jashtme, beton ose veshje të ngjashme për mbrojtje nga ftohja - jo e ventuiluar		
Sistemi i murit	A1	A2-s1,d1
Përbërësit e murit		
Shtresa(t) e jashtme	A2-s1,d1	A2-s1,d0
Izolimi termik	A2-s1,d1	B-s2,d1
Muratura (tulla, blloka, etj.) dhe muret prej betoni (papërpunuara/pre-casted ose të hedhur në vend) me izolim termik dhe me muraturë të jashtme, beton ose veshje të ngjashme për mbrojtje nga ftohja - jo e ventuiluar		
Sistemi i murit	A1	A2-s1,d0
Përbërësit e murit		
Shtresa(t) e jashtme	A1	A2-s1,d0
Nën-struktura		
- struktura e tipit me kunj	A1	A2
- struktura me vrima/dotted	A2	A2
Izolimi termik	A1	A1
Muratura (tulla, blloka, etj.) dhe muret prej betoni (papërpunuar/pre-casted ose të hedhur në vend) ETICS		
Sistemi i murit	A1	A2-s1,d0
Përbërësit e murit		
Shtresa(t) e jashtme	A2-s1,d1	A2-s1,d0
Izolimi termik	A1	A1

3.3 EFIÇIENCA E ENERGJISË DHE MBROJTJA TERMIKE E NDËRTESAVE

Zbatimi i legjislacionit evropian në fushën e efijencës së energjisë së ndërtesave në Serbi sigurohet përmes *Rregullores për efijencën e energjisë së ndërtesave* [20] dhe *Rregullores për kushtet, përmbajtjen dhe mënyrën e lëshimit të certifikatës së performancave energjetike të ndërtesave* [21] efektive nga viti 2012. Për ndërtesat ekzistuese, koeficienti i transferimit të nxehtësisë për muret e jashtme është i kufizuar në $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ dhe ndërtesa është me efijencë të energjisë nëse përmbushen kërkesat minimale të komfortit termik dhe nëse konsumi vjetor i energjisë për ngrohje nuk tejkalon 70 kWh/m^2 në vit.

Përmbushja e kërkesave të efijencës së energjisë të ndërtesës vërtetohet me *Elaboratin për efijencën e energjisë* që duhet të bashkangjitet me dokumentacionin teknik për të marrë miratimin për ekzekutimin e rehabilitimit të energjisë [13].

Tabela 21 tregon evolucionin e vlerës kufitare të koeficientit të transferimit të nxehtësisë për muret e fasadës

Tabela 21
Evolucioni i vlerës kufitare të koeficientit të transferimit të nxehtësisë për muret e fasadës
[20],[22],[24]-[28]

Koeficienti i transferimit të nxehtësisë (W / m ² K)	Viti i rregullimit					2011
	1967	1970	1980	1987	1988	
Zona klimatike I	1,79	1,69	1,225	1,20	1,10	ndërtesat ekzistuese: 0,40 ndërtesa të reja: 0,30
Zona klimatike II	1,55	1,45	0,93	0,90	0,90	
Zona klimatike III	1,37	1,10	0,83	0,80	0,80	

Kërkesat e para për mbrojtjen termike të mureve të fasadës u përcaktuan në vitin 1967 përmes *Rregullores për kërkesat minimale teknike për ndërtimin e apartamenteve* [22]. U përcaktuan vlerat kufitare të koeficientëve të transferimit të nxehtësisë për muret rrethuese, për tre zona klimatike. Deri atëherë, koeficienti i transferimit të nxehtësisë nuk ishte një parametër kufizues për muret e fasadës, si qëllimi i llogaritjeve termike (të kryera sipas standardit DIN 4701/1947 [23]) ishte për të përmbushur kërkesat e rehati termike.

Në vitin 1970 u miratua e para normativë që ka të bëjë vetëm me mbrojtjen termike të ndërtesave [24]. Kërkesat për mbrojtje termike janë bërë më të rrepta dhe janë dhënë të dhënat përkatëse për llogaritjen. Është thënë se *strukturat dhe elementët ndërtues duhet të mbrohen nga lagështia*, gjë që tregoi futjen e parametrin të difuzionit të avullit të ujit në llogaritjen termike.

Në 1980 u miratuan standardet e detyrueshme U.J5 për ngrohjen në inxhinierinë civile, të cilat përfaqësuin një hap të rëndësishëm përpara në fushën e mbrojtjes termike të ndërtesave. Standardet përcaktuan kërkesat e mbrojtjes termike në projektimin dhe ndërtimin e ndërtesave [25], metodat e llogaritjes së koeficientit të transferimit të nxehtësisë [26], metodat e llogaritjes së shpërndarjes së avullit të ujit [27] dhe metodat e llogaritjes së stabilitetit termik për strukturat e jashtme të ndërtesave në periudhën e verës [28]. Përveç përmirësimit të kërkesave për mbrojtje termike, përllogaritja e avullit të ujit dhe parametrat e trajtimit të regjimit veror u futën në llogaritjen termike.

Në 1987 rregulloret e mbrojtjes termike u modifikuan duke futur kategorinë e humbjeve specifike të nxehtësisë për ndërtesën në tërësi dhe duke përmirësuar vlerat e koeficientëve të transferimit të nxehtësisë. Rishikimet dhe modifikimet e vogla të standardeve janë bërë në periudhën në vijim, ndërsa risia e fundit prezantoi kategorinë e humbjeve specifike të nxehtësisë për dhomat karakteristike.

3.4 RAST STUDIMI

Tri ndërtesa banimi me ndërtesa të lira S9, S10 dhe S11 (Figura 42) ndodhen në Novi Sad, në zonën e qytetit Novo Naselje. Ndërtesat trembëdhjetë katëshe janë projektuar nga arkitekti Miodrag Milidragovic dhe janë ndërtuar në vitet '80. Do ndërtesë përmban 75 apartamente.

Ndërtesat janë të ndërtuara në një sistem para-fabrikuar IMS me një hapësirë strukturore 4,80m x 4,20m. Sistemi është një strukturë skeletore e përbërë nga kolonat e parafabrikuara trekatëshe, dykatëshe dhe njëkatëshe, 38 cm dhe 38 pllaka dhe pllaka tavan. Të gjitha tavanet e parafabrikuara janë pllaka me shirita me një tavan të përfunduar. Trashësia totale e pllakës së tavanit është 22cm. Kasetat janë të mbushura me pllaka të polistirenit të zgjeruar (EPS) të

trashë 15cm si një formwork e humbur. Pllakat me konzolla/cantilever janë të gjera 150 cm. Struktura skeletore është e ngurtësuar me mure të parafabrikuar RC d = 15 cm, përveç në nivelet e dyshemesë teknike dhe strukturës së çatisë ku ato janë hedhur në vend. Të parafabrikuara janë edhe muret e fasadave, pjesët e gardheve galeritë/loggia, xhardhë /ardiners, banjat, si dhe kabinat e tualetit[29].



Figura 42. Ndërtesat rezidenciale të larta të analizuar

Analizohen dy lloje të mureve të jashtëm të ndërtesave drejt hapësirës së ngrohur (Figura 43):

- lloji A - panelet e fasadave dhe
- lloji B - muret e fasadave brenda galerive/loggia.

Panelet e fasadave janë panele të parafabrikuara betoni me polistiren të zgjeruar si izolim termik. Të gjitha pjesët kryesore të fasadës janë prej këtyre paneleve me shumë shtresa betoni, përveç mureve të pjesës jo-rezidenciale të katit të parë dhe papafingos, të cilat janë hedhur në vend. Muret e fasadës në galeri/loggia janë bërë nga blloqe betoni prej gazi. Për të dy llojet e mureve koeficientët e transferimit të nxehtësisë u llogaritën dhe paraqiten në Figura 43.

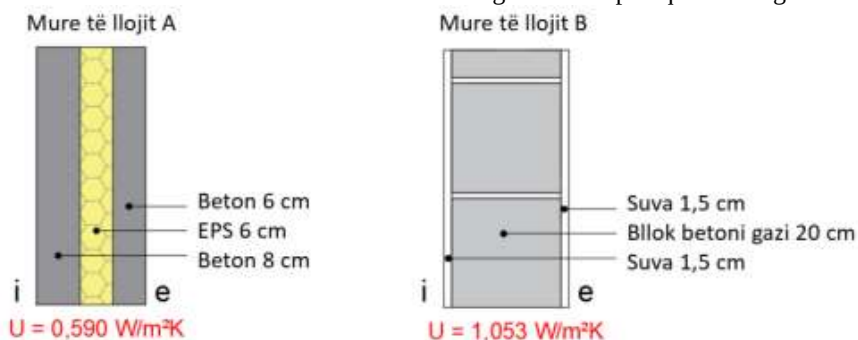


Figura 43. Muret e jashtme të ndërtesës të analizuar: lloji A - panel fasade, lloji B - mur brenda galerisë/loggia

Siç shihet nga Figura 43, muret e fasadave të analizuar nuk plotësojnë rregulloret aktuale të mbrojtjes termike ($U_{2012} < 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prandaj, për të përmirësuar efikasitetin e energjisë në

ndërtesë është e nevojshme të zvogëlohen koeficientët e transferimit të nxehtësisë i cili mund të arrihet duke instaluar një shtresë shtesë të izolimit termik në anën e jashtme të mureve.

Përveç përmirësimit të efikasitetit të energjisë të ndërtesës, instalimi i izolimit termik të jashtëm në fasadën e ndërtesës ka avantazhe të tjera:

- mbron elementet ekzistuese të fasadës dhe ngadalëson ndjeshëm procesin e përkeqësimit;
- parandalon kondensimin e avullit të ujit dhe lejon akumulimin e nxehtësisë në mure, duke kontribuar në komoditetin termik gjithashtu;
- lejon izolimin e vazhdueshëm termik të fasadës, duke shmangur kështu shfaqjen e urave termike, etj.

Sidoqoftë, instalimi i shtresës shtesë të izolimit termik në anën e jashtme të mureve kërkon përdorimin e skelave që rrit ndjeshëm kostot në lidhje me instalimin e izolimit në anën e brendshme të mureve.

Për të përmbushur kriteret e kërkuara të sigurisë nga zjarri (Tabela 19), vetëm materialet e izolimit termik jo të djegshëm janë marrë në konsideratë në përzgjedhjen e materialeve të izolimit termik. Karakteristikat fizike të materialeve të zgjedhura të izolimit termik janë paraqitur në Tabelën 4.

Tabela 22
Karakteristikat fizike të materialeve të izolimit termik të përdorura në rastin studimor

MATERIALI IZOLUES TERMIK	Lesh guri	Lesh xhami	Betoni qelizor
Dendësia (kg/m ³)	100	21	115
Përçueshmëria termike (W/mK)	0,035	0,034	0,045
Nxehtësia specifike (kJ/kgK)	1	1	1,3
Faktori i rezistencës së përhapjes së avullit	1	1	3
Klasifikimi i zjarrit	A1	A1	A1

Përveç përçueshmërisë së tij të ulët termike, *leshi mineral* ka rezistencë të lartë ndaj dëmtimit të lagështirës, vetive të mira akustike, është jo i ndezshëm dhe nuk do të shkrihet derisa temperaturat të arrijnë përtej 1000 °C [30]. *Betoni qelizor* është një material ekologjik, izolues mineral i bazuar në lëndë të para si rëra, gëlqerja, çimento dhe uji. Është jo i ndezshëm, dimensionalisht i qëndrueshëm dhe parandalon problemet e mykut. Materiali mund të merret me frymë, kështu që lagështia të ruhet përkohësisht, pastaj të ri-lëshohet në ajrin e ambientit. Është gjithashtu jo i djegshëm dhe pa emetime toksike [31].

Për të dy llojet e mureve të fasadës, u propozuan tre zgjidhje rinovimi (Figura 44 Figura 46):

Varianti I: ETICS me lesh guri (muret A-I dhe B-I)

Varianti II: sistem panelesh me lesh xhami (muret A-II dhe B-II)

Varianti III: ETICS me beton qelizor (muret A-III dhe B-III)

Për të përmbushur kërkesat e reja të mbrojtjes termike, u përcaktua trashësia minimale e kërkuar e shtresës së izolimit termik për të tre variantet dhe për të dy llojet e mureve të fasadës. Vlerat e përmirësuar të koeficientit të transferimit të nxehtësisë tregohen në Figura 44 Figura 46.

Në variantin I (Figura 44), ETICS është e përbërë nga një panel prej lesi të fortë prej guri, të fiksuar në substrat përmes produkteve lidhëse dhe shtrënguesëve mekanikë. Një shtresë e hollë, e përforcuar është aplikuar mbi izolimin, dhe një shtresë shtesë mbrojtëse përfundimtare. Llogaritjet treguan se për muret e tipit A 3 cm lesi xhami dhe 6 cm për muret e tipit B janë të mjaftueshme për të arritur një koeficient të kënaqshëm të transferimit të nxehtësisë.

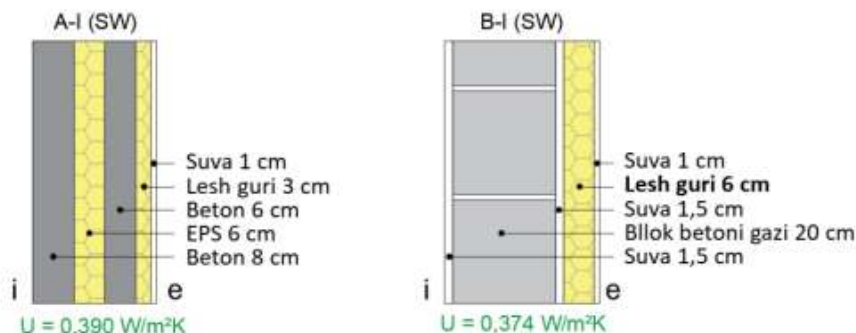


Figura 44. Sistemi i propozuar i fasadës me lesi guri - varianti I

Në variantin II (Figura 45), sistemi i fasadës është i përbërë nga një strukturë metalike, panele izolimi të lesit mineral prej xhami gjysmë të ngurtë dhe një bord çimentoje i papërshkueshëm nga uji, jo i djegshëm i përforcuar me rrjetë tekstil me fije qelqi, të bërë nga betoni i lehtë mineral i pastër. Së pari, një nën-strukturë metalike vendoset në murin ekzistues përmes shtrënguesve mekanikë, pas së cilës lesi i xhamit vendoset midis mbështetësve të nënstrukturës dhe fiksohet në substrat në të njëjtën mënyrë si lesi prej guri në variantin I. Në hapin e fundit bordet e çimentos janë ngjitur në ndërtim dhe aplikohet një shtresë dekorative përfundimtare. Llogaritja tregoi se për muret A 5 cm lesi xhami janë të mjaftueshme për të arritur një koeficient të kënaqshëm të transferimit të nxehtësisë. Sidoqoftë, pasi që trashësia e kësaj shtrese është e kushtëzuar nga dimensionet e nënstrukturës, rrjedhimisht u zgjodh një 6 cm për të dy llojet e mureve.

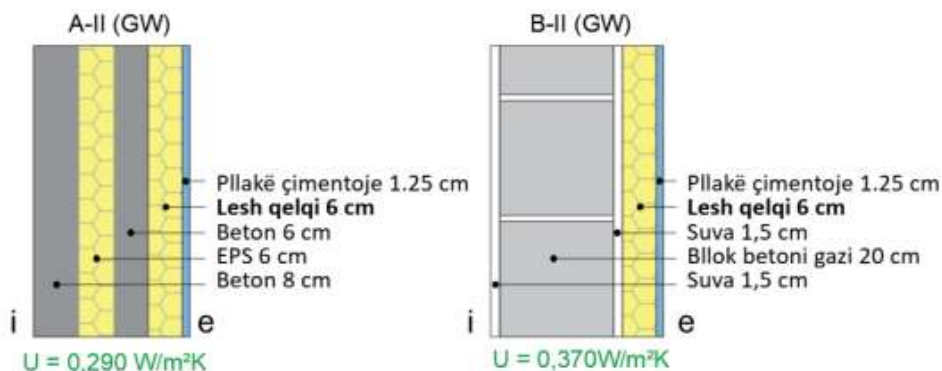


Figura 45. Sistemi i propozuar i fasadës me lesi xhami - varianti II

Në variantin III (Figura 46), ETICS është i përbërë nga një panel qelizorë i betonit dhe instalimi është i ngjashëm me instalimin e variantit I. Llogaritjet treguan se për llojet A, muret

5 cm të izolimit termik dhe 7,5 cm për llojin B, muret janë të mjaftueshme për të arritur një koeficient të kënaqshëm të transferimit të nxehtësisë.

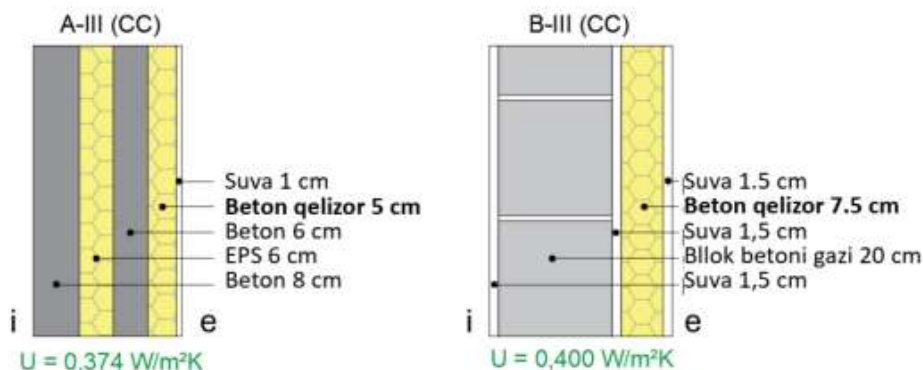


Figura 46. Sistemi i propozuar i fasadës me beton qelizor - varianti III

Brenda fazës së fundit, zgjidhjet e propozuara u analizuan në kontekstin e:

- (1) aplikimit në muret ekzistuese,
- (2) cënueshmërisë ndaj dëmtimeve mekanike,
- (3) rezistencës ndaj veprimit të erës dhe
- (4) kostove materialeve të zgjedhura për izolim termik.

(1) Inspektimi vizual i mureve të fasadës zbuloi dëme, të tilla si përhapja, çarja dhe plasaritja. Në këtë mënyrë, duhet të bëhet vlerësimi i substratit mbi të cilin do të aplikohet ETICS, si dhe përgatitja e substratit. Janë disa metoda për testimin e përshtatshmërisë së substratit për aplikimin ETICS, si dhe masat që do të kryhen në muret ekzistuese para aplikimit të tij [32]. Instalimi i izolimit termik në variantin II nuk kërkon përgatitje të veçantë të substratit, gjë që i jep avantazh këtij sistemi në krahasim me dy sistemet e tjera.

(2) Integriteti i sistemeve të propozuara është thelbësorë për të arritur efikasitetin e dëshiruar të ndërtesës dhe për të marrë nivelin e pritur të performancës [33]. Edhe dëmtimet e vogla mekanike (të shkaktuara nga akte vandalizmi, breshëri ose ndonjë tjetër) në shtresën ETICS të mbaruar e bën më të lehtë që uji të depërtojë në mbyllje dhe të çojë në akumulimin e lagështirës brenda fasadës. Përshpejton procesin e degradimit të tij dhe çdo grumbullim i mundshëm i lagështisë në shtresën e izolimit termik zvogëlon efektivitetin e izolimit termik [34]. Në këtë kontekst, sistemi i fasadës II ka përparësi ndaj dy sistemeve të tjera, falë tabelave të çimentos që e mbrojnë atë nga ndikimet e jashtme.

(3) Veprimi i erës paraqet ngarkesën kryesore që duhet të përballojë fasada. ETICS tregon disa probleme në lidhje me sigurinë operationale, duke qenë i ndjeshëm ndaj veprimit të erës. Tërheqja e ETICS nga fasada e ndërtesës shumicën e kohës shkaktohet nga dështimi i lidhjes ngjitëse ndërmjet llaçit dhe murit [35]. Në këtë kontekst, varianti II paraqet zgjidhjen optimale me vërejtje se dimensionet dhe seksionet e kryqëzuara të nënstrukturës duhet të përputhen me efektet e presionit të erës dhe thithjes së erës [36]. Një analizë shtesë e efektit të erës në sistemet e propozuara duhet të bëhet për të siguruar qëndrueshmërinë dhe sigurinë e tyre.

(4) Përveç kostos së materialit të izolimit termik, shpenzimet e përgjithshme përfshijnë edhe kostot e përbërësve të tjerë të sistemit të fasadës (produkte lidhëse, rrjetë, ankerë, bulona,

suva, etj.), si dhe kostos së instalimit, të cilat varen nga lloji i ndërtesës dhe kompleksiteti, vendndodhja e tij, qasja, gjendja e substratit dhe të tjera. Duke supozuar se kostot e instalimit dhe kostoja e përbërësve të tjerë të sistemit të fasadave për të tre zgjidhjet e propozuara do të ishin të ngjashme, janë analizuar vetëm kostot e materialit izolues, si dhe kostoja e shtresës shtesë (tabela e çimentos) e cila paraqitet në variantin II (Tabela 23).

Tabela 23

Kostot e vlerësuara për materialet e izoluar termike të analizuar dhe tabelën e çimentos të përdorur në variantin II

Sistemi i fasadave		V-I	V-II		V-III
Materiali		Lesh i gurit	Lesh i xhamit	Tabelë e çimentos	Beton qelizor
Muret e tipit A	Trashësia e shtresës	3 cm	6cm	1,25 cm	5 cm
	Kosto	4 €/m ²	5,5 €/m ²	20 €/m ²	8 €/m ²
Muret e tipit B	Trashësia e shtresës	6 cm	6 cm	1,25 cm	7,5
	Kosto	6,5 €/m ²	5,5 €/m ²	20 €/m ²	16,5 €/m ²
Renditja e zgjidhjes së propozuar		1	3	2	

Sistemi i fasadës V-II është më i shtrenjti nga të gjitha zgjidhjet e propozuara pasi kërkon përdorimin e paneleve jo të djegshme që do të mbështesin leshin e xhamit që prodhohet në rrotullon ose në formën e paneleve gjysmë të ngurtë dhe, për rrjedhojë, nuk mund të aplikohet brenda ETIKS. Ky variant është pothuajse 5 herë më i shtrenjtë se varianti V-I dhe dy herë më i shtrenjtë se varianti V-III, ndërsa varianti V-III është mbi 2 herë më i shtrenjtë se varianti V-I. Analiza e çmimeve imponon leshin e gurit (sistemi i fasadës V – I) si zgjidhje optimale për rehabilitimin energjetik të mureve të fasadave.

3.5 PËRFUNDIM

Kursimet e mundshme të energjisë në sektorin e ndërtesave janë më të mëdha se në çdo sektor tjetër. Rrjedhimisht, përmirësimi i performancës energjetike të ndërtesave është thelbësor për arritjen e objektivave të klimës dhe energjisë të BE-së në vitin 2030.

Një nga masat më të zakonshme për rritjen e efikasitetit të energjisë së ndërtesave është instalimi i një shtrese shtesë izolimi termik në fasada. Materialet izoluese duhet të garantojnë performancë të pranueshme gjatë gjithë ciklit jetësor të ndërtesës, por performanca termike nuk është i vetmi parametër që duhet të adresohet kur zgjedh një izolues [37]. Nëse problemi shikohet në mënyrë gjithëpërfshirëse, për të vendosur për zgjidhjen më të mirë kërkon analizë nga disa aspekte të ndryshme dhe zbatimi i një metode të përshtatshme optimizimi.

Vitet e fundit, numri i zjarreve të fasadave në ndërtesa banimi të larta është rritur, kryesisht për shkak të përdorimit të materialeve të djegshme dhe mospërputhjes me standardet e përcaktuara dhe rregulloret ligjore. Prandaj, përzgjedhja e materialeve për rehabilitimin energjetik të fasadës nuk duhet të dëmtojë sigurinë e ndërtesës nga zjarri pasi projektimi dhe materializimi i elementeve të fasadës i përkasin një grupi faktorësh kryesorë për zhvillimin e zjarrit dhe përhapjen e zjarrit.

Kërkesa më të rrepta për ndërtesat me efikasitet energjetik, rinovimin e stokut të ndërtesave ekzistuese, aplikimin e materialeve të reja dhe veçanërisht ngjarjet më të fundit të zjarrit të fasadave në botë [38] iniciojnë nevojën për një analizë më të detajuar të sigurisë së fasadave nga zjarri.

REFERENCAT

- [1] European Commission 2020, Energy performance of buildings directive article, Accessed: 2020-02-06
- [2] Laban, M. et al: Svojstva građevinskih proizvoda i osnovni zahtevi zaštite fasada od požara pri energetske obnove stambenih zgrada, *Tehnika – naše građevinarstvo*, Vol. 69 (2015), pp. 759-766
- [3] Laban, M and Folić, R.: Energy Efficiency of Industrially made buildings influenced by thermal properties of facades, *Thermal science*, Vol. 18, No. 2 (2014), pp. 615-630
- [4] Law on Construction Products (Official Gazette RS, no. 83/2018)
- [5] The Construction Products Regulation No 305/2011
- [6] Law on Fire Protection (Official Gazette RS, no. 111/2009, 20/2015, and 87/2018)
- [7] Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Serbia, Comparative overview of the number of households in 1948-2011 and dwellings in 1971-2011, Statistical Office of the Republic of Serbia, Belgrade, (2014)
- [8] Ćirović, N. et al: Energy efficiency on to examples of remote heating in Serbia, Proceedings of 10th International Scientific Conference on Science and Higher Education in Function of Sustainable Development, pp. 56-65, ISBN 978-86-83573-90-5, Mećavnik-Drvengrad, Užice, October 2017
- [9] Laban, M.: Improvement of envelope performances of multi-floor residential prefabricated and semi-prefabricated buildings in Novi Sad, PhD thesis, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad (2012)
- [10] Milanko, V. et al: Fire safety problems of residential towers, Proceedings of 2nd International Scientific Conference on Fire Engineering, pp. 255-261, ISBN 80-89241-03-4, Lučenec, Slovakia, October 2006
- [11] Fire and Rescue Unit Novi Sad, Directorate for Emergency Situations, Serbian Ministry of Internal Affairs, 2018
- [12] Regulation on technical norms for the protection of high-rise buildings from fire (Official Gazette RS, no. 80/2015, 67/2017 and 103/2018)
- [13] Regulation on content, method and manner of development and performing control of technical documentation according to class and intended use of the structure (Official Gazette RS, no. 73/2019)
- [14] Law on Fire Protection (Official Gazette FPRY, no.18/56 and Official Gazette SFRY, no. 25/70)
- [15] Law on Fire Protection (Official Gazette of Serbia, no. 37/88 and Official Gazette RS, no. 53/93, 67/93 and 48/94)
- [16] Regulation on technical norms for the protection of high-rise buildings from fire (Official Gazette SFRY, no. 7/84 and Official Gazette RS, no. 86/2011)
- [17] SRPS EN 13501-1:2010: Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire test
- [18] Regulation on technical requirements for fire safety of external building walls (Official Gazette RS, no. 59/2016, 36/2017 and 6/2019)
- [19] Regulation on the buildings classification (Official Gazette RS, no. 22/2015)

- [20] Regulations on energy efficiency in buildings (Official Gazette RS, no. 61/2011)
- [21] Regulation on conditions, content and the way of issuing certificate of energy performances of buildings (Official Gazette RS, no. 69/2012)
- [22] Regulation on minimal technical requirements for residential buildings (Official Gazette SFRY, no. 45/1967)
- [23] DIN 4701: 1947 Rules for calculating building heat demand
- [24] Regulation on technical measures and provisions for thermal protection of buildings (Official Gazette SFRY, no. 35/1970)
- [25] SRPS (JUS) U.J5.600 (1980, 1987, 1989, 1998) Heat in civil engineering – Requirements for design and manufacturing of buildings
- [26] SRPS (JUS) U.J5.510 (1980, 1987) Heat in civil engineering – Coefficient of heat transfer in buildings
- [27] SRPS (JUS) U.J5.520 (1980, 1997) Heat in civil engineering – Calculation of water vapour diffusion in buildings
- [28] SRPS (JUS) U.J5.530 (1980, 1990, 1997) Heat in civil engineering – Calculation of damping factor and lating of temperature oscillations in the summer period through the exterior building partitions
- [29] Architectural and structural design for S9, S10 and S11 residential buildings in Novo Naselje, Novi Sad: Technical description, Novi Sad (1982)
- [30] Abu-Jdayil, B. et al: Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview, *Construction and Building Materials*, Vol. 214 (2019), pp. 709–735, ISSN: 0950-061
- [31] [Mineral insulation board](#), Accessed: 2020-02-06
- [32] European association for ETICS: [European guideline for the application of ETICS](#), Accessed: 2020-02-09
- [33] Tavares, J. et al: Computational models applied to the service life prediction of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS), *Journal of Building Engineering*, Vol. 27 (2020), pp. 1-12, E-ISSN: 2352-7102
- [34] Sudol et al: [Impact resistance of external thermal insulation systems](#), MATEC Web of Conferences, Volume 163, 8th Scientific-Technical Conference on Material Problems in Civil Engineering, pp. 1-8, ISBN: 978-2-7598-9052-1, Cracow, Poland, June 2018, DOI: 10.1051/mateconf/201816308004
- [35] Adrian-Cosmin, B. et al: Alternative Solution for Thermal Rehabilitation of Buildings with Polystyrene Panels, *Procedia Engineering*, Vol. 181 (2017), pp. 712-717, ISSN: 1877-7058
- [36] [Technical solutions for drywall exteriors](#), Knauf AQUAPANEL Exterior Wall, Accessed: 2020-02-10
- [37] Schiavoni, S. et al: Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 62, (2016), pp. 988-1011, ISSN 1364-0321
- [38] The Guardian, [Grenfell Tower fire](#), Accessed: 2020-02-10

VËREJTJET PËRMBYLLËSE

Industria e ndërtimit vazhdimisht është duke inovuar në ndjekjen e efikasitetit të mjedisit, ekonomik dhe ndërtimor. Është roli i inxhinierit të sigurisë nga zjarri për të kuptuar, parashikuar dhe reaguar ndaj këtyre risive për të siguruar që të shmanget katastrofa.

Gjatë projektit K-FORCE, me sukses janë dizenuar (ose inovuar) dhe janë implementuar 6 programe master në fushën e Menaxhimit të Rrezikut të Fatkeqësive dhe Sigurisë nga Zjarri, në institucionet e arsimit të lartë në Shqipëri, Bosnjë dhe Hercegovinë dhe Serbi. Për të siguruar qëndrueshmëria e këtyre programeve - për të edukuar arsimtarët dhe shkencëtarët e ardhshëm, gjithashtu u themeluan studime të doktoratës multidisiplinare në Fakultetin e Shkencave Teknike, Universiteti i Novi Sad, Serbi. LLL kurset e reja të dizajnuara kanë për qëllim azhurnimin e profesionistëve në fusha. Kjo ndërmarrje e përbashkët K-FORCE gjithashtu rezultoi me një nivel të lartë bashkëpunimi midis partnerëve të projektit nga BE dhe Ballkani, në mënyrë që të sigurojnë model sa më të mirë të mundshëm të arsimit dhe materialit mësimor.

Inxhinierët e Sigurisë nga Zjarri proejktojnë sisteme dhe struktura që qëndrojnë në qetësi në ambientet tona të ndërtesave, duke pritur për një ngjarje ekstreme. Njohuritë, teknologjia dhe inxhinieria që kontribuon në sigurinë nga zjarri janë thelbësore për t'i shpëtuar banorët, shërbimet e zjarrit dhe ekipeve të shpëtimit, dhe mbrojtjen e pronës. Për të përmbushur këtë sfidë, inxhinierët e sigurisë nga zjarri duhet të pajisen me njohuri dhe përvojë themelore me fenomenet e zjarrit, dhe të kuptojnë se si njerëzit, strukturat dhe sistemet e sigurisë nga zjarri reagojnë ndaj zjarrit. Inxhinierët duhet të jenë në gjendje të kombinojnë këto fusha të ndryshme të njohurive për të krijuar infrastrukturë që është natyrshëm e sigurt, ndërsa plotëson nevojat e klientëve, arkitektëve dhe autoriteteve të zjarrfikësve.

Inxhinierët e sigurisë nga zjarri kanë qenë gjithmonë në kërkesa të mëdha nga industria, ndërmarrjet e sigurimeve, shërbimet e shpëtimit, institucionet arsimore, firmat këshilluese dhe qeveritë e ndryshme nëpër botë. Shpresojmë që studentët tanë të vazhdojnë të përparojnë dhe të përmirësohen gjatë në karrierën e tyre profesionale dhe për të ndërtuar struktura të qëndrueshme ndaj zjarrit dhe për shoqërinë

Redaktorët

Rishikimi i Ekstraktit

ibri shkollor *Siguria nga zjarri në ndërtesa, Qasja dhe praktika e Ballkanit Perëndimor*, përfshin të gjitha aspektet e rëndësishme të sigurisë nga zjarri. Janë definuar masat që duhet të merren me qëllim që të arrihet niveli i kërkuar i sigurisë nga zjarri në ndërtesa, dhe gjithashtu janë dhënë bazat për projektimin e strukturave të ekspozuara ndaj zjarrit, si një aspekt i rëndësishëm i inxhinierisë së zjarrit.

Duke marrë parasysh se zjarri, në përputhje me rekomandimet e dhëna në Eurokodet për projektimin e strukturave, është bërë një ndikim që duhet të merret si ngarkesë e rastësishme e strukturave, ky libër shkollor jep vetitë e materialeve të ndërtimit në temperatura të ngritura, si dhe metodat e projektimit për strukturat prej betoni, çeliku dhe druri të ekspozuar ndaj zjarrit.

Problemi i dëmeve të mundshme të shkaktuara nga zjarri trajtohet veçanërisht, si dhe metodat e vlerësimit dhe rehabilitimit që janë adekuate për këto dëmtime. Më në fund, problemi i sigurisë nga zjarri i ndërtesave me efikasitet të energjisë trajtohet veçanërisht, me një theks të veçantë në rinovimin energjetik të fasadave.

Duke marrë parasysh përmbajtjen, ky libër mësimor mbulon plotësisht planprogramin e lëndës *Siguria nga Zjarri në Ndërtesa* dhe është menduar për inxhinierët e sigurisë nga zjarri, inxhinierët e strukturës dhe arkitektët. Prezantimi i përmbajtjes me ilustrime dhe fotografi, si dhe përmbledhja e legjislacionit në lidhje me sigurinë nga zjarri, e bën këtë libër shkollor një literaturë të rëndësishme në fushën e inxhinierisë së zjarrit.

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Mbështetja e Komisionit Evropian për prodhimin e këtij botimi nuk përbën një miratim të përmbajtjes që pasqyron pikëpamjet e autorëve, dhe Komisioni nuk mund të mbahet përgjegjës për çdo përdorim që mund të bëhet nga informacionet e përmbajtura në të.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

partners



UNIVERSITY OF NOVI SAD



HIGHER EDUCATION TECHNICAL
SCHOOL OF PROFESSIONAL
STUDIES



UNIVERSITY OF TIRANA



UNIVERSITY OF BANJA LUKA



TURGUT OZAL EDUCATION
SHA EPOKA UNIVERSITY



Univerzitet u Tuzli
Bosna i Hercegovina

UNIVERSITY OF TUZLA



LUND
UNIVERSITY

LUND UNIVERSITY

DTU



TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK



SS. CYRIL AND METHODIUS
UNIVERSITY IN SKOPJE



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

AALBORG UNIVERSITY



PROTECTION AND RESCUE DIRECTORATE
OF THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA



NATIONAL FIRE PROTECTION
ASSOCIATION RS



EUROPEAN YOUTH PARLIAMENT
SRBIJA SERBIA

associated



UNION OF CHAMBERS
OF COMMERCE &
INDUSTRY OF ALBANIA



MINISTRY OF SECURITY
OF BOSNIA AND HERZEGOVINA
Protection and Rescue Sector,
Sector for International Cooperation
and European Integrations

www.kforce.uns.ac.rs



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
АУТОНОМНА ПОКРАЈИНА ВОЈВОДИНА

ПОКРАЈИНСКИ СЕКРЕТАРИЈАТ ЗА ФИНАНСИЈЕ