



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



HRVATSKA
GOSPODARSKA
KOMORA



Europa pred vratima vaše tvrtke



Marija Jelčić Rukavina, Milan Carević, Zoran Veršić

Sigurna uporaba toplinsko-izolacijskih materijala u građevinama s aspekta zaštite od požara

Tehnički priručnik za projektiranje i izvođenje

prosinac 2020. godine

IZDAVAČ

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Hrvatska gospodarska komora

AUTORI

doc. dr. sc. Marija Jelčić Rukavina, dipl. ing. građ.
Milan Carević, dipl. ing. arh., viši predavač
izv. prof. dr. sc. Zoran Veršić, dipl. ing. arh.

RECENZENTI

doc. art. Mateo Biluš, dipl. ing. arh.
prof. dr. sc. Ivana Banjad Pečur, dipl. ing. građ.
Tomislav Skušić, dipl. ing. stroj.

CRTEŽI

Marin Binički, dipl. ing. arh., predavač

LEKTURA

Sandra Baksa, prof.

DIZAJN I PRIJELOM

ART FAMILIA, Zagreb

TISAK

Kerschoffset, Zagreb

NAKLADA

1000 primjeraka

ISBN: 978-953-8168-39-0

e-ISBN: 978-953-8168-40-6

ISBN: 978-953-7622-90-9

PRIRUČNIK JE IZRAĐEN U SURADNJI S:



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



Af



Sveučilište u Zagrebu
Arhitektonski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Architecture



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo prostornoga
uređenja, graditeljstva i
državne imovine



PODRŠKA PRIRUČNIKU

Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine daje podršku priručniku *Sigurna upotreba toplinsko-izolacijskih materijala u građevinama s aspekta zaštite od požara* stoga što osim pregleda postojeće regulative isti nudi i preporuke za unapređenje u cilju povećanja sigurnosti korisnika zgrade, smanjenja materijalne štete, očuvanju okoliša te što je izrađen od strane struke. Posebno pozdravljamo činjenicu da će Priručnik biti namijenjen uključenima u proces procjene pristiglih projekata za energetska obnovu zgrada, investitorima i projektantima, stručnjacima za zaštitu od požara, članovima udruga i komora, studentima i profesorima na fakultetima, inspektorima MUP-a, učenicima graditeljskih strukovnih škola kao i različitim programima cjeloživotnog obrazovanja.

Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine

Ministarstvo unutarnjih poslova pozdravlja i podržava svaku inicijativu koja je vezana na provođenje i unapređenje sustava sigurnosti u slučaju požara u Republici Hrvatskoj, osobito ako je u to uključena šira društvena zajednica (Hrvatska gospodarska komora, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska udruga za zaštitu od požara, predstavnici proizvođača toplinske izolacije). Priručnik *Sigurna upotreba toplinsko-izolacijskih materijala u građevinama s aspekta zaštite od požara* je potreban, da bi se poboljšanja pri projektiranju i izvođenju toplinsko - izolacijskih materijala u građevini jednostavnije primijenila i učinila regulativu jasnijom, a u narednom periodu bit će koristan svim sudionicima u gradnji.

Kao resorno ministarstvo u području sigurnosti u slučaju požara podržavamo ovaj i slične projekte i otvoreni smo za daljnju suradnju u tom području.

Ministarstvo unutarnjih poslova

HRVATSKA GOSPODARSKA KOMORA – EUROPSKA PODUZETNIČKA MREŽA

Europska poduzetnička mreža (Enterprise Europe Network) inicijativa je Europske komisije koja ima za cilj poticati konkurentnost i inovativnost malih i srednjih poduzeća u Europi i šire. Hrvatska gospodarska komora je partner u Europskoj poduzetničkoj mreži već punih 12 godina kroz koju smo umreženi s preko 60 zemalja. Otvaramo vrata europskih i prekorskih tržišta hrvatskim poduzetnicima – brže i lakše.

Naša je misija biti na usluzi poduzetniku u svim segmentima koji se tiču internacionalizacije poslovanja. Iznimno smo predani organizaciji edukacija poduzetnika te informiranju o svim dostupnim mogućnostima financiranja projekata, uspješnim primjerima iz drugih europskih zemalja te europskim regulativama koje su potrebne za plasiranje proizvoda u zemlje Europske Unije. Informiranost i znanje ključni su alati u razvoju poduzetništva.

Želite i Vi proširiti svoje poslovanje izvan granica Hrvatske?

Trebate pravni savjet ili tražite provjerenog poslovnog partnera?

Imate poslovnu ideju, ali ne znate kako dalje?

Tražite dodatne izvore financiranja?

Odgovore na ova i brojna druga pitanja možete potražiti na adresi bilo kojeg partnera u Europskoj poduzetničkoj mreži. Link za detaljnije informacije i kontakte: www.een.hr

Hrvatska gospodarska komora samostalna je stručno-poslovna organizacija, koja promiče, zastupa i usklađuje zajedničke interese svojih članica pred državnim i drugim tijelima u Hrvatskoj i inozemstvu već preko 165 godina.

Jedna od najznačajnijih aktivnosti Hrvatske gospodarske komore je zastupanje interesa članica na nacionalnoj i europskoj razini kroz 63 strukovna udruženja i 33 zajednice. Strukovna udruženja koja djeluju pri Hrvatskoj gospodarskoj komori, punopravne su i aktivne članice 28 europskih i međunarodnih organizacija. Članstvo u EU asocijacijama omogućava pravovremeno praćenje svih relevantnih tema važnih za poslovanje tvrtki članica kao i pravovremeno pokretanje potrebnih aktivnosti.

Hrvatska gospodarska komora podržala je interes svojih članica za izdavanje ovog Priručnika te pomogla njegovo izdavanje. Vjerujemo da će Priručnik pružiti potrebna pojašnjenja stručnoj javnosti te doprinijeti sigurnoj i kvalitetnoj provedbi energetske učinkovitosti građevina.

SADRŽAJ

UVOD	6
POPIS KRATICA KORIŠTENIH U PRIRUČNIKU	8
POJMOVNIK	9
1 UTJECAJ TOPLINSKO-IZOLACIJSKIH MATERIJALA NA ŠIRENJE POŽARA U GRAĐEVINI	11
1.1 Razvoj požara u građevinama	13
1.2 Ponašanje građevnih materijala i elemenata u požaru	15
2 TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJALI U GRAĐEVINARSTVU	21
2.1 Osnovna svojstva toplinsko-izolacijskih materijala	21
2.2 Vrste toplinsko-izolacijskih materijala	24
2.3 Ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava toplinsko-izolacijskih materijala.....	33
3 ZAŠTITA OD POŽARA I GORIVI MATERIJALI - OPĆENITO O CILJEVIMA I STRATEGIJI ZAŠTITE OD POŽARA.....	36
4 HRVATSKI PROPISI KOJI REGULIRAJU PODRUČJE ZAŠTITE OD POŽARA U GRAĐEVINAMA	37
4.1 Kako se određuju mjere zaštite od požara u fazi izrade glavnog projekta građevine	37
4.2 Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, 87/15)	39
4.3 Podjela zgrada i građevina u podskupine prema zahtjevnosti zaštite od požara	39
4.4 Zahtjevi Pravilnika u vezi s požarnim značajkama građevnih proizvoda	42
5 KONKRETNA PROJEKTANTSKA RJEŠENJA ZA POJEDINE GRAĐEVINSKE ELEMENTE I PREPORUKE ZA DOPUNU HRVATSKE REGULATIVE	52
5.1 Podovi	52
5.2 Pregradni zidovi otporni na požar u podu s gorivom izolacijom	53
5.3 Stropovi na granici požarnog odjeljka	54
5.4 Krovovi	55
5.5 Požarni zidovi na krovu s gorivom toplinskom izolacijom	58
5.6 Balkoni i terase.....	60
6 PROBLEMI U PRAKSI I PREPORUKE	63
7 LITERATURA I NORME	64

1 Uvod (zašto je potreban Priručnik i komu je namijenjen)

Povećana, i gotovo neizbježna, uporaba novih vrsta gorivih materijala, od predmeta za svakodnevnu uporabu koji nas okružuju u prostorima u kojima svakodnevno boravimo (elektronički uređaji i oprema, namještaj, tepisi i sl.) pa do građevnih materijala, karakteristika je razvoja tehnologije modernog vremena. Uz brojne dobre značajke koje imaju ti materijali, zbog kojih je njihova uporaba tako masovna (i često bez alternative), činjenica jest da je njihova uporaba dovela do povećanja požarnog opterećenja te opasnosti koje se pojavljuju prilikom požara za korisnike tih zgrada (dim, toksični efekti i sl.), a i samu zgrade i opremu (visoke temperature, korozivnost i dr.). Nedavna istraživanja pokazuju da je danas sigurno vrijeme evakuacije uslijed požara u stambenim zgradama manje od četiri minute. Ovo smanjenje sigurnog vremena za bijeg pripisuje se upravo širokoj uporabi predmeta koji nas okružuju, a koji su izrađeni od zapaljivih materijala (raznih plastika, tekstila, električnih uređaja i sl.).

Uočeni problem posebno se aktualizirao pokretanjem procesa povećanja energetske učinkovitosti zgrada, koji bi prema zaključcima iz Kyota [1], trebao znatno smanjiti emisiju stakleničkih plinova i potrošnju energije i u europskim zemljama. Iako putevi do postizanja spomenutih ciljeva imaju više pravaca, povećanje debljine toplinsko-izolacijskog sloja ovojnice zgrada najznačajniji je pojedinačni čimbenik koji poboljšava energetske svojstvo zgrade.

U tom smislu nedvojbeno je da se već u ovom desetljeću očekuje znatno povećanje radova na povećanju energetske učinkovitosti zgrada, koje neće obuhvatiti samo izgradnju novih zgrada, već i, po opsegu značajniju, obnovu velikog broja postojećih zgrada. O tome da se radi o procesu koji uzima sve više maha govore europska iskustva, a i iskustva maloga hrvatskog tržišta u kojem su već vidljivi nedostaci pojedinih vrsta toplinsko-izolacijskih materijala.

Nekoliko velikih požara u svijetu i Europi, nastalih na zgradama s gorivim toplinskim izolacijama, od kojih je po broju žrtava najveći i najkatastrofalniji požar stambenog nebodera Grenfell u Londonu (2017. godine), aktualizirali su problem gorivih toplinsko-izolacijskih materijala, što se s vremenom pretvorilo u nekritičko i pojednostavnjeno svođenje ovog mnogo složenijeg problema na crno-bijelu matricu gorivo - negorivo. Naravno, laički gledano, tu ne postoji dilema, pa je suvišan komentar da je u požaru bolji negorivi materijal. No, kako se taj problem stvarno očituje u praksi, moguće je vidjeti iz nekih podataka koji se, pored dovoljno egzaktnih podataka o požarnim opterećenjima u modernim građevinama (uključivši i toplinsku izolaciju), temelje i na statističkim podacima o požarima.

Što kažu statistike požara?

Statistički podaci o požarima (i uz njihovu nedovoljnu preciznost u pojedinim detaljima) realno su jedini relevantan izvor za dobivanje informacija o učestalosti požara, uzrocima, mjestu nastanka, broju žrtava, štetama i ostalim parametrima.

Prema podacima najsređenijih i svjetski priznatih statistika o požarima koje se vode u Velikoj Britaniji i SAD-u [2], najveći broj osoba strada u stambenim zgradama, a glavni uzrok smrti jest djelovanje toksičnih plinova koji nastaju toplinskom razgradnjom materijala. To vrijedi i za Republiku Hrvatsku, a i ostale zemlje EU-a. Najčešći je uzrok požara u vezi s nepravilnom uporabom aparata za kuhanje i neispravnošću električnih uređaja (što je, prema dostupnim podacima, i bio uzrok spomenutog požara u Londonu). U najvećem broju slučajeva (više od 80 posto) požar se ograničio na prostoriju u kojoj je nastao. Širenje požara uključivalo je potom predmete u blizini izvora požara (tepihe, namještaja i sl.) te materijale u interijerima (npr. zidne obloge poput tapeta). Tek u slučaju daljnjeg širenja požara i njegova proboja kroz otvore (prozore), ulogu u širenju po ovojnici zgrade imaju i toplinsko-izolacijski materijali. Međutim, ta uloga nije ovisila samo o gorivosti tih materijala, već i o načinu njihove izvedbe (s prekidnim pojasevima od negorivog materijala ili bez njih, s ispravnom izvedbom tih pojaseva i sl.), brzini i mogućnosti intervencije vatrogasaca, tipu i visini zgrade, požarnim odjeljcima, postojanju stabilnih sustava za gašenje požara i drugom.

Ipak, zajednički je svim požarima uzrok stradavanja osoba, a on je u najvećem broju u vezi s toksičnim plinovima nastalim izgaranjem sadržaja prostora koji je najprije bio zahvaćen požarom. Budući da je, kako je već spomenuto, raspoloživo vrijeme za sigurnu evakuaciju samo tri do četiri minute, jasno je da u tim prvim minutama gori sadržaj stana (namještaj, tepisi, zavjese, elektronički uređaji i dr.) i da je gorenje građevnih materijala najčešće posljedica uznapredovale faze požara. Prema podacima o požarnim opterećenjima stanova (TRVB 126 [3]), tzv. mobilno požarno opterećenje (uključuje namještaj i sve mobilne sadržaje) kreće se oko 500 MJ/m². Imobilna požarna opterećenja (uključuju konstrukciju i sve njene imobilne dijelove) u vezi s toplinsko-izolacijskim materijalima dodatno povećavaju to opterećenje za najviše 50 MJ/m², što, uz vrstu i debljinu izolacijskog materijala, ovisi i o mjestu ugradnje (s vanjske ili unutarnje strane). Kako se toplinsko-izolacijski sloj u pravilu izvodi s vanjske strane zgrade, najveća količina dimnih plinova nastala njihovim gorenjem odlazi u vanjski prostor, pa se uloga nepravilno uporabljenih ili izvedenih toplinsko-izolacijskih slojeva/materijala ponajprije odnosi na drugu fazu uznapredovalog požara (nakon rasplamsavanja) i daljnji prijenos požara po zgradi s njene vanjske strane.

Upravo ovakvi zaključci provedeni analizom velikog broja slučajeva rezultirali su u Velikoj Britaniji i SAD-u izradom propisa koji, između ostalog, uz uvođenje sustava vatrodjave, postavljaju strože zahtjeve za tapecirani namještaj i drugu kućnu opremu u slučaju požara. Strogi zahtjevi za izvedbu tapeciranog namještaja, koji su na snazi već od 1988. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu, traže između ostalog, ispitivanje tapeciranog namještaja i provedbu tzv. cigaret-testa [4].

Također, u SAD-u je 2006. godine usvojen savezni propis koji zahtijeva strogu zaštitu od požara za sve madrace prodane u SAD-u od srpnja 2007. godine (otpornost na plamen i ograničena emisija topline). Američka komisija za sigurnost potrošačkih proizvoda (CPSC - *The Consumer Product Safety Commission*) procijenila je da će se ovom mjerom spasiti 240 - 270 života i biti manje od 1150 - 1330 ozlijeđenih godišnje te osigurati neto korist za društvo od 820 milijuna USD godišnje [5].

Slični su rezultati i studije provedene za francusku udrugu Burns Victims (ABF), koji upućuju na to da bi zahtjev za zaštitu od požara tapeciranog namještaj dugoročno smanjio broj poginulih za 210 godišnje i rezultirao neto ekonomskim koristima od više od 700 milijuna eura po godini [6].

Kako omogućiti sigurnu uporabu gorivih materijala s aspekta zaštite od požara?

Iz opisanog je vidljivo da je realna opasnost za život korisnika zgrada zahvaćenim požarom ipak ponajprije u vezi s gorenjem sadržaja prostora u kojima se nađu u vrijeme požara, a utjecaj građevnih materijala značajan je u drugoj fazi uznapredovalog razvoja požara. Time se ne želi umanjiti opasnost od gorivih građevnih materijala, no dugoročno gledano, uporaba gorivih materijala je neizbježna, pa je to razlog za razvoj strategija njihove sigurne uporabe, koja je prisutna u svjetskoj, europskoj, pa tako i hrvatskoj regulativi i praksi. U tom smislu u praksi postoje sljedeći pristupi:

[1] Smanjenje zapaljivosti materijala uporabom usporivača požara (tzv. retardanata). Ovaj pristup ne odnosi se samo na građevinske materijale, već i na predmete i materijale koji su sadržaj prostora u kojima se boravi (od namještaja, tepiha, zavjesa do elektroničkih uređaja). U ovu se skupinu ubraja i oblaganje zapaljivih materijala onima koji su negorivi, čime se sprječava kontakt s plamenom. Tako su poznati paneli s jezgrom od gorivih izolacijskih materijala i oblogama od negorivih materijala, metala (čelik, aluminij i sl.).

[2] Postavljanjem realnih, ali i sigurnijih kriterija selektivne uporabe građevnih materijala u odnosu na njihovo svojstvo reakcije na požar (od evakuacijskih putova s najstrožim zahtjevima glede reakcije na požar do blažih zahtjeva u prostorima zgrade koji su dalje od tih putova). Ti zahtjevi regulirani su važećom regulativom iz područja zaštite od požara koja se glede razine sigurnosti razlikuje po pojedinim državama.

- [3] Projektantskim (konstruktivnim) mjerama koje obuhvaćaju izvedbu zaštitnih pojaseva od negorivog materijala na granicama požarnih odjeljaka ili izvan njih, izvedbom brtvljenja kako bi se spriječio kontakt plamena s gorivim toplinsko-izolacijskim materijalima, uvođenjem sustava za rano otkrivanje i gašenje požara, uvođenjem sustava za odvođenje dima i topline itd. Projektantske mjere također su određene zakonskom regulativom, ali i pravilima tehničke prakse. U nekim slučajevima, investitori mogu imati strože zahtjeve od onih kojih su predviđeni zakonom ili pravilima tehničke prakse (primjer IKEA).

Ciljevi Tehničkog priručnika

Cilj ovoga Tehničkog priručnika upravo su projektantske mjere opisane u točki 3., jer u Hrvatskoj ne postoji tehnička literatura koja obrađuje ovu temu, izuzimajući prvi priručnik iz ove edicije koji obrađuje zaštitu pročelja zgrada od požara. Namjera je prikazati principijelni pristup rješavanju pravilne izvedbe specifičnih detalja gorivih toplinsko-izolacijskih materijala, koji po svojoj količini i opsegu pridonose najviše povećanju požarne opasnosti u zgradama. Također, jedan je od ciljeva uputiti na nedostatke važeće regulative koja je u nekim dijelovima u vezi s uporabom toplinsko-izolacijskih materijala teško primjenjiva, a i različita od uobičajene europske prakse.

Kome je Priručnik namijenjen?

Svim uključenima u proces energetske obnove zgrada:

- investitorima
- projektantima
- izvođačima
- javnopravnim tijelima (prije svega inspeksijskim) koja sudjeluju u tom procesu
- članovima inženjerskih komora
- studentima graditeljske struke (građevinarima i arhitektima)
- članovima različitih udruga koje se bave zaštitom od požara ili udružuju proizvođače toplinskih sustava ili izvođača
- zainteresiranoj javnosti zbog objektivnog informiranja o činjenicama u vezi s energetskom obnovom zgrada s aspekta zaštite od požara.

2 Popis kratica korištenih u Priručniku

PP – protupožarni	Toplinsko-izolacijski materijali	MW – mineralna vuna
TI – toplinska izolacija	CG – ćelijasto staklo	PIR – poliizocijanurat
	CS – kalcijev silikat	PUR – poliuretani
	EPS – ekspanzirani polistiren	XPS – ekstrudirani polistiren

3 Pojmovnik

U ovom poglavlju iznose se definicije pojmova koji se koriste u ovom Priručniku. Definicije pojmova koje postoje u važećoj regulativi preuzete su u izvornom obliku, a ostale su pojmove definirali autori radi lakšeg snalaženja.

- | **Eurorazredi** su razredi reakcije na požar dobiveni razredbom prema kriterijima danim u normi HRN EN 13501-1
- | **Glavni požarni zid** posebna je vrsta pregradnih konstrukcija otpornosti na požar najmanje REI-M 90 i izveden je od negorivih građevnih proizvoda (reakcije na požar najmanje A2 prema normi HRN EN 13501-1) koji presijeca konstrukciju građevine od temelja do krova s posebno izvedenim krovnim završetkom koji sprječava prijenos požara. Glavni požarni zid, osim nosivosti, cjelovitosti i izolacije, mora imati i svojstvo otpornosti na mehanički udar (M) zbog eventualnog padanja okolnih konstrukcijskih elemenata.
- | **Glavni projekt** je skup međusobno usklađenih projekata kojima se daje tehničko rješenje građevine i dokazuje ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu te drugih propisanih i određenih zahtjeva i uvjeta.
- | **Industrijska ili proizvodna građevina** je zgrada ili dio zgrade u kojoj se obavlja proizvodnja, slaganje dijelova, priprema proizvoda za distribuciju i slično, s mogućim pratećim skladištenjem proizvoda ili robe koja se koristi za proizvodnju te pratećim administrativnim i pomoćnim prostorima koji su u funkciji navedene namjene.
- | **Kat (K)** je dio građevine čiji se prostor nalazi između dva stropa iznad prizemlja.
- | **Klasificirani sustav** je sklop od najmanje dva odvojena građevna proizvoda koje treba postaviti zajedno da bi se ugradili u građevinu, za koji su provedene radnje ocjenjivanja i provjere stalnosti svojstava u skladu s tehničkom specifikacijom za taj sklop, uključujući svojstvo reakcije na požar te koji posjeduje valjanu dokumentaciju po posebnom propisu kojim su uređeni uporabljivost i drugi zahtjevi za građevne proizvode namijenjene ugradnji u građevine.
- | **Otpornost na požar** je sposobnost dijela građevine da tijekom određenog vremena ispunjava zahtijevanu nosivost (R) i/ili cjelovitost (E) i/ili toplinsku izolaciju (I) i/ili drugo očekivano svojstvo u slučaju požara.
- | **Podrum (Po)** je dio građevine koji je potpuno ukopan ili je ukopan više od 50 posto svog volumena u konačno uređeni zaravnani teren i koji se nalazi ispod prizemlja, odnosno suterena.
- | **Poslovnom jedinicom** smatraju se prostori određene namjene koji obuhvaćaju radne i pomoćne prostore u funkciji te namjene te ukupne površine do maksimalno dopuštene površine požarnog odjeljka za tu namjenu.
- | **Potkrovlje (Pk)** je dio građevine čiji se prostor nalazi iznad posljednjega kata i neposredno ispod kosog ili zaobljenoga krova.
- | **Potvrda glavnog projekta** je potvrda da je glavni projekt izrađen u skladu s posebnim uvjetima koju izdaje

javnopravno tijelo u slučajevima propisanim posebnim zakonom na način propisan Zakonom o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19).

- | **Požarni odjeljak** je dio građevine koji je odijeljen od ostalih dijelova građevine pregradnom konstrukcijom i elementima određene otpornosti na požar.
- | **Požarna ploča** je negoriva ploča (razreda reakcije na požar A1 ili A2) koja se koristi kao obloga za određeni konstrukcijski element u cilju osiguranja zahtijevane otpornosti na požar tog elementa.
- | **Pročelje** je sustav građevnih proizvoda koji se primjenjuju na vanjskim zidovima zgrade (nosivim ili nenosivim), a kojim se istodobno osiguravaju propisana svojstva fizike zgrade (zaštita od vremenskih utjecaja, toplinska izolacija) i zaštita od požara.
- | **Prekidna udaljenost** je razdjelni građevinski element na granici požarnih odjeljaka koji se nalazi na pročelju zgrade, a koji mora imati otpornost na požar kao i zid, odnosno strop na granici tog požarnog odjeljka na koji se nastavlja, te mora biti izveden od negorivih građevinskih materijala uključujući i toplinsko-izolacijske materijale. Uz navedeno propisane su minimalne dimenzije (širine i visina) tog elemenata kako bi se spriječio prijenos požara između dvaju otvora na susjednim požarnim odjeljcima.
- | **Prizemlje (Pr)** je dio građevine čiji se prostor nalazi neposredno na površini, odnosno najviše 1,5 m iznad konačno uređenog i zaravnanog terena mjereno na najnižoj točki uz pročelje građevine ili čiji se prostor nalazi iznad podruma i/ili suterena (ispod poda kata ili krova).
- | **Reakcija na požar** je doprinos materijala/proizvoda razvoju požara zbog vlastite razgradnje do koje dolazi izlaganjem tog materijala određenim ispitnim uvjetima.
- | **Suteren (S)** je dio građevine čiji se prostor nalazi ispod poda prizemlja i ukopan je do 50 posto svoga volumena u konačno uređeni i zaravnani teren uz pročelje građevine, odnosno najmanje je jednim svojim pročeljem izvan terena.
- | **Toplinski most** je manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela.
- | **Usporivači plamena** (eng. *flame retardant*) su tvari (kemikalije) koje se dodaju u materijal ili primijenjeni tretman na materijalu kako bi se ugušila ili odgodila pojava plamena i/ili smanjila brzina širenja plamena.
- | **Usporivači požara** (eng. *fire retardant*) su tvari (kemikalije) koje se dodaju u materijal ili primijenjeni postupak na materijalu kako bi se odgodilo zapaljenje ili smanjila brzina izgaranja tog materijala.

1 UTJECAJ TOPLINSKO-IZOLACIJSKIH MATERIJALA NA ŠIRENJE POŽARA U GRAĐEVINI

Mnogo je dokumentiranih požara u svijetu u posljednjih desetak godina na građevinama različitih tipova, no svakako najviše spominjani požar, i u medijima zbog velikog broja žrtava i u znanstvenim člancima zbog brzog širenja požara, danas je zasigurno požar koji se dogodio u 24-katnoj stambenoj zgradi, visine 63,7 m, u Londonu 14. lipnja 2017., slika 1 [1].



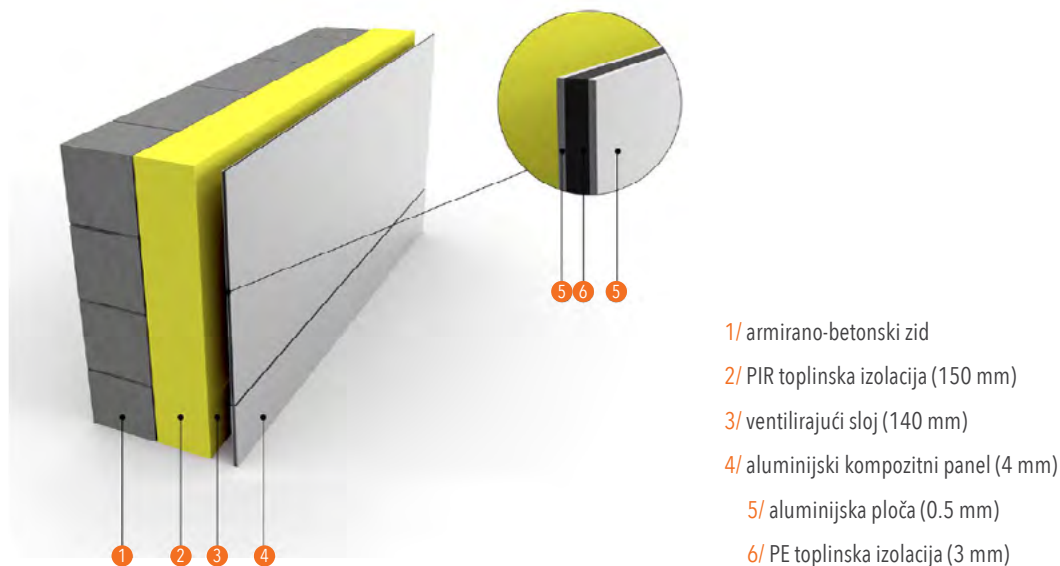
Slika 1 Izgled zgrade Grenfell prije i tijekom požara [7]

Od posljedica ovog požara umrlo je 72 ljudi, a više od 70 ih je bilo ozlijeđeno; najviše od posljedica udisanja otrovnog dima koji se razvio gorenjem. Veliki broj smrtno stradalih ljudi djelomično je i posljedica pogrešne strategije evakuacije, tipičnoj za visoke zgrade, prema kojoj se savjetuje da ljudi na višim katovima ostanu u svojim stanovima dok se ne ugasi požar (eng. *stay in place strategy*). Takva strategija se u ovom slučaju pokazala potpuno pogrešnom jer nitko nije predviđao takvo brzo širenje požara po pročelju zgrade. Istraga i vještačenje uzroka i naglog širenja požara u zgradi Grenfell još uvijek traje i provest će se u više faza.

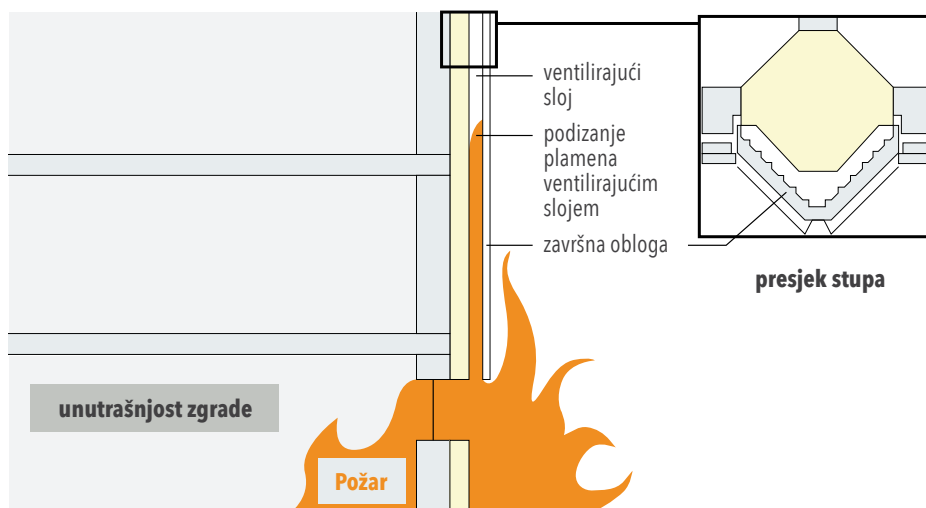
Prema izvještajima prve faze vještačenja, glavni uzrok ovakva naglog širenja požara po zgradi jest tip ventiliranoga fasadnog sustava sa završnom oblogom od aluminijskih kompozitnih panela (ACM) s polietilenskom (PE) jezgrom, jako gorivim materijalom koji se pri gorenju topi te oslobađa velike količine topline i dima te toplinsko-izolacijskim slojem od poliiizocijanuratne (PIR) krute pjene, slika 2, [5]-[6]. Dodatni problem u požaru kod ventiliranih pročelja predstavlja ventilirajući sloj, kojim se plamen može vertikalno širiti i do 10 puta brže u odnosu na vanjski plamen zbog tzv. efekta dimnjaka, slika 3. U tom se slučaju za sprečavanje vertikalnog širenja požara ugrađuju kontinuirane barijere od negorivog materijala, barem na svakoj drugoj etaži zgrade. Prema spomenutim izvještajima, na pojedinim dijelovima toplinsko-izolacijskog sloja (PIR), bile su ugrađene barijere od kamene vune s ekspanzirajućim slojem, koji na visokim temperaturama povećavaju svoj volumen te tako zatvara/brtvi ventilirani sloj i sprečava vertikalno širenje plamena po pročelju zgrade. Međutim, u ovom slučaju požarne barijere nisu mogle osigurati sprečavanje vertikalnog prijenosa požara jer su rezane na

pojednim mjestima zbog lakše ugradnje završne obloge (ACM panela) te zbog degradacije završne obloge (topljenja PE te deformiranja aluminija) tijekom požara. Pročelje ove zgrade obnovljeno je 2016. godine (slika 4), kada su već mnogi primjeri požara u visokim zgradama diljem svijeta (Ajman, UAE, 2016.; Dubai, UAE, 2016.; Pariz, Francuska, 2015.; Dijon, Francuska, 2010.; Miskolc, Mađarska, 2009.) pokazali da, s obzirom na veliko i razvijeno tržište novih toplinsko-izolacijskih materijala, treba biti oprezan s njihovom uporabom, posebno s aspekta sigurnosti u slučaju požara.

Upravo je cilj ovoga tehničkog priručnika uputiti na pravilnu uporabu takvih materijala s aspekta sigurnosti koji se često zanemaruje jer je primarni cilj njihove uporabe povećanje energetske svojstava zgrada u uobičajenoj svakodnevnoj uporabi. U uporabnom vijeku zgrade požar je rijetka pojava, međutim, upravo ovaj primjer pokazuje kakve fatalne posljedice može imati ako se zanemare pravila projektiranja i izvođenja građevina s aspekta sigurnosti u slučaju požara.



Slika 2 Komponente ventiliranog pročelja u zgradi Grenfell



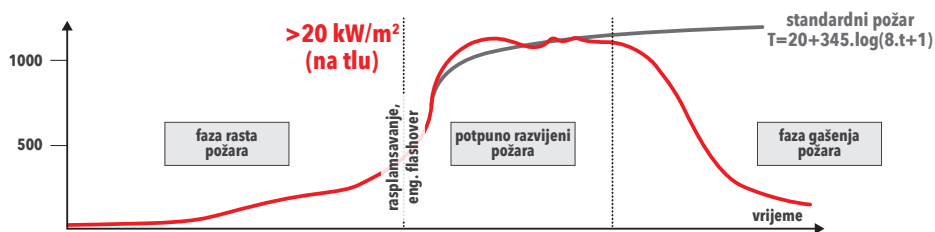
Slika 3 Širenje požara po pročelju "efektom dimnjaka" [7]



Slika 4 Zgrada Grenfell a) prije i b) poslije energetske obnove pročelja [10]

1.1 Razvoj požara u građevinama

Ovisno o lokaciji nastanka požara razlikuju se požari otvorenih i zatvorenih prostora, čija se dinamika razvoja znatno razlikuje. U građevinama se koncept zaštite od požara temelji na razvoju požara u zatvorenom prostoru, prikazanim na slici 5, odnosom temperatura – vrijeme uz pretpostavku da nije došlo do gašenja aktivacijom aktivnih sustava ili intervencijom vatrogasaca.



Požar	kontroliran gorivom	kontroliran ventilacijom	kontroliran ventilacijom
Ljudi	evakuacija	smrt	
Detekcija	detektori dima i topline (nastaje 1-2000 m ³ dima/kg goriva)	Plamen izvan prostorije nastanka; temperatura oko stropa > 600°C; toplinski tok na podu > 20 kW/m ²	
Aktivne mjere zaštite	gašenje ugrađenim sustavima ili vatrogasci; kontrola dima	kontrola vatrogasnim jedinicama	
Pasivne mjere zaštite	svojstva građ. proizvoda/materijala obzirom na REAKCIJU NA POŽAR Razredi: A1, A2, B, C, D, E i F _(t1, i1) Dim: s1, s2 i s2; Kapljevite čestice: d0, d1 i d2	osigurati dovoljnu otpornost na požar konstrukcije, tj. OTPORNOST NA POŽAR KONSTRUKCIJE Razredi: R, E, I, W, M, C, S, G, K, D, DH, B _{roof} itd. (od 15 do 360min)	

Slika 5 Faze razvoja požara u zatvorenom prostoru

Na prikazanoj krivulji razlikuju se sljedeće karakteristične faze razvoja:

1. FAZA RASTA - nakon zapaljenja, požar se razvija u jednom od mogućih pravaca, ovisno o geometriji prostora, vrsti i količini gorive tvari, ventilaciji i dr. U ovoj fazi, razvoj požara ovisi o količini gorive tvari u prostoru s obzirom na to da najčešće ima dovoljno kisika za izgaranje. Najznačajniji produkti izgaranja u ovoj su fazi dim i toksični plinovi kao posljedica reakcije na požar materijala u opožarenom prostoru (primjerice namještaj, tepisi te različiti obložni materijali), a ne gorenja konstrukcijskih elemenata jer su temperature relativno niske (200 – 300 °C). Primarni cilj zaštite jest zaštita ljudi i sadržaja unutar građevine.

2. RASPLAMSAVANJE (eng. *flashover*) brzo je tranzijentno razdoblje razvoja požara, koje vodi do stanja potpuno razvijenog požara. Trenutak rasplamsavanja nije jednoznačno određen, ali se procjenjuje da nastaje kod razvijene temperature unutar prostora od 500 do 600 °C, odnosno toplinskog toka zračenjem na podu prostorije oko 20 kW/m².

3. POTPUNO RAZVIJENI POŽAR je faza u kojoj je sav gorivi materijal unutar prostora involviran u požaru i plamen u cijelosti ispunjava prostor. U ovoj fazi, požar ovisi o uvjetima ventilacije zbog ograničene količine kisika u prostoru. Primarni cilj zaštite od požara jest stabilnost konstrukcijskih elemenata, odnosno građevine određeno razdoblje zbog razvijenih temperatura u rasponu od 700 do 1200°C i zaštita vatrogasaca.

4. SPONTANO GAŠENJE (FAZA GAŠENJA POŽARA) nastupa kada se potrošnjom gorive tvari požar postupno, spontano gasi i umiruje.

Nemaju svi požari prikazani razvoj; neki se sami od sebe ugase ili ne dođe do rasplamsavanja jer nema dovoljno gorive tvari ili dotoka kisika koji bi potpomogli gorenje. Ili, npr., ako prostor u kojem nastane požar ima previše otvora, oslobođena toplina izlazi kroz njih i ne dopušta stvaranje uvjeta koji bi doveli do rasplamsavanja. Također, utjecaj gašenja požara zbog aktivacije aktivnih sustava zaštite od požara ili vatrogasne intervencije u pravilu naglo hladi požarno žarište, pa krivulja razvoja požara ima drukčiji tijek.

Odgovarajuća zaštita od požara postiže se sinergijom **aktivnih i pasivnih** mjera zaštite od požara. Cilj spomenutih mjera jest u prvom redu spašavanje ljudskih života, zatim održavanje temperature elemenata (npr. čeličnih elemenata, električnih instalacija i sl.) građevine ispod kritične vrijednosti i zadržavanje požara određeni vremenski period unutar požarnog odjeljka u kojem je nastao.

Aktivne mjere zaštite kontroliraju požar ili učinke požara djelovanjem osobe ili automatski kad je požar već započeo, a bitne su u fazi razvoja požara prije rasplamsavanja.

Pasivne mjere zaštite kontroliraju požar ili učinke požara mjerama koje su „ugrađene“ u konstrukciju ili obložnim materijalima u prostoru. Kad se razmatraju pasivne mjere zaštite od požara, ne zahtijeva se posebno djelovanje u vrijeme požara. Osnovna uloga pasivnih mjera zaštite od požara jest pokušati zadržati požar u požarnom odjeljku u kojem je nastao ili usporiti njegovo širenje na okolne požarne odjeljke kako bi se korisnici zgrade mogli sigurno evakuirati ili otići na sigurno mjesto. To se postiže adekvatnim izborom građevnih proizvoda u vezi s njihovim ponašanjem u požaru, koje se može opisati svojstvima: a) **reakcije na požar** i b) **otpornosti na požar**.

1.2 Ponašanje građevnih materijala i elemenata u požaru

Radi omogućavanja slobodne trgovine unutar nacionalnih granica Europske ekonomske zajednice većina europskih država članica prihvatila je harmonizirani europski sustav razredbe, koji se temelji na usklađenim ispitivanjima pomoću kojih se procjenjuje ponašanje i doprinos građevnih proizvoda razvoju požara. Temelj za proces harmoniziranja postavljen je Odlukom Komisije 94/611/EZ [11] o provedbi članka 20. Direktive Vijeća 89/106/EEZ o građevnim proizvodima, a koja je zamijenjena Uredbom (EU) br. 305/2011 [12].

1.2.1 REAKCIJA NA POŽAR

Reakcija na požar podrazumijeva odgovor materijala / građevnih proizvoda na izloženost visokim požarnim temperaturama, a uključuje svojstva kao što su zapaljivost, brzina širenja plamena, brzina oslobođene topline, stvaranje gorivih kapljica/čestica, sposobnost stvaranja dima, toplinska moć / toplinski potencijal i sl. Ova su svojstva bitna u ranoj fazi razvoja požara, tj. kada gorivi građevni proizvodi u prostoru mogu znatno pridonijeti daljnjem razvoju požara.

Europska norma za razredbu građevnih proizvoda prema reakciji na požar HRN EN 13501-1 [13] dijeli građevne proizvode u tri grupe: **podove, toplinsko-izolacijske linearne obloge za cijevi i sve druge građevne proizvode (u koje spadaju i toplinsko-izolacijski materijali)**. Sve tri grupe mogu imati sedam osnovnih razreda reakcije na požar s oznakama A1, A2, B, C, D, E i F, gdje razredi A1 i A2 označavaju **negorive** građevne proizvode, a ostali razredi (B - F) **gorive**. Ako se radi o toplinsko-izolacijskim linearnim oblogama za cijevi, pojedini razred dobiva u indeksu oznaku (tj. A_{1L}, A_{2L}, B_L, C_L, D_L, E_L i F_L), a ako se radi o podovima, tada razred u indeksu dobiva oznaku _{fl} (tj. A_{1fl}, A_{2fl}, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl}, E_{fl} i F_{fl}).

Uz osnovne razrede reakcije na požar, postoje tri dodatna razreda s obzirom na proizvodnju dima (s1, s2 i s3) i stvaranje gorućih kapljica/čestica (d0, d1 i d2). Npr. za posljednju skupinu proizvoda (svi drugi građevni proizvodi) kombinacijom navedenih svojstava postoje 40 različitih razreda građevnih proizvoda, koje definiraju njihovu reakciju na požar. Da bi se pojedini građevni proizvod svrstao u određeni razred reakcije na požar, potrebno je provesti određena normirana ispitivanja navedena u tablici 1.

Tablica 1 Pregled razreda reakcije na požar i zahtijevanih ispitivanja za skupinu svi drugi građevni proizvodi

RAZREDI REAKCIJE NA POŽAR ILI EURORAZREDI			ZAHTIJEVANA ISPITIVANJA			
osnovni razred	razvoj dima	goruće kapljice/čestice	zapaljivost prema HRN EN ISO 11925 - 2 [14]	SBI* prema HRN EN 13823 [15]	toplinski potencijal prema HRN EN ISO 1716 [16]	negorivost prema HRN EN ISO 1182 [17]
A1	-	-	-	-	X	X
A2	s1, s2 ili s3	d0, d1 ili d2	-	(X	X)**	ili (X)**
B	s1, s2 ili s3	d0, d1 ili d2	X	X	-	-
C	s1, s2 ili s3	d0, d1 ili d2	X	X	-	-
D	s1, s2 ili s3	d0, d1 ili d2	X	X	-	-
E	-	- ili d2	X	-	-	-
F	-	-	X	-	-	-

*SBI - kratica od eng. pojma *single burning item*, a označava ispitivanje toplinskim opterećenjem pojedinačno gorućeg elementa

** za razred A2 potrebno je provesti ispitivanja SBI i toplinskog potencijala ili negorivosti

Provedbenim odlukama Europske komisije moguća je razredba reakcije na požar materijala bez ispitivanja (CWFT - *Classification Without Further Testing*) koja se odnosi na građevne proizvode s poznatim i stabilnim svojstvima tijekom proizvodnje. Primjer takve odluke jest Odluka Komisije 96/603/EZ, kojom je propisano da se proizvodi/materijali koji sadrže manje od jedan posto organskog materijala (maseno ili po obujmu – u obzir se uzima nepovoljniji slučaj) mogu bez ispitivanja svrstati u razred **A1 (negorivi materijali)**.

Popis ostalih provedbenih odluka za svrstavanje građevnih proizvoda u pojedine razrede reakcije na požar bez ispitivanja, uz onaj na stranicama Europske komisije, može se pronaći na mrežnim stranicama Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (<https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/3691>).

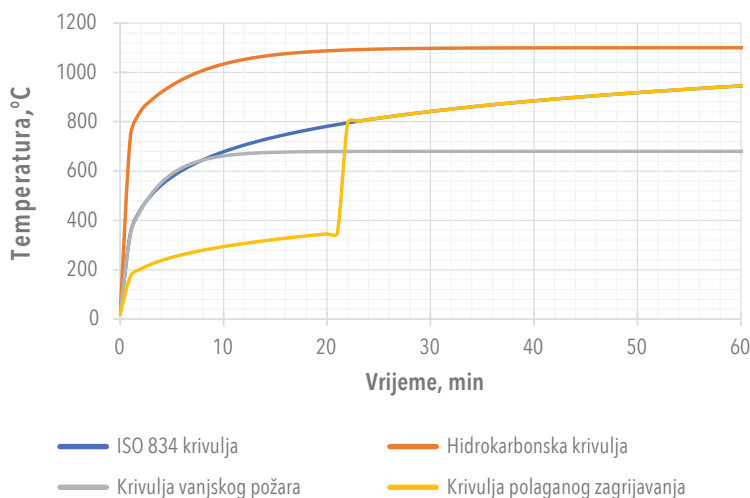
1.2.2 OTPORNOST NA POŽAR

Otpornost na požar jest svojstvo koje se odnosi na konstruktivne elemente koji služe za odvajanje pojedinih prostora u građevini, a najvažnije je u fazi potpuno razvijenog požara.

Dokazivanje otpornosti na požar konstrukcija i konstrukcijskih elemenata provodi se ili proračunskim dokazom prema pripadajućim eurokodovima ili ispitivanjem u standardnim pećima. Osnovno načelo dokazivanja otpornosti na požar ispitivanjem nosivih konstrukcijskih elemenata sastoji se od sljedećih koraka:

- na konstrukcijski element, ugrađen u požarnu peć, nanosi se statičko opterećenje na način da se u njemu pojave naprezanja kakva se očekuju u konstrukciji čiji je ispitivani element dio
- element se, zatim, u opterećenom stanju, izloži definiranom režimu temperatura – vrijeme (nazivne krivulje, slika 6) dok ne dođe do otkazivanja elementa prema zadanim kriterijima.

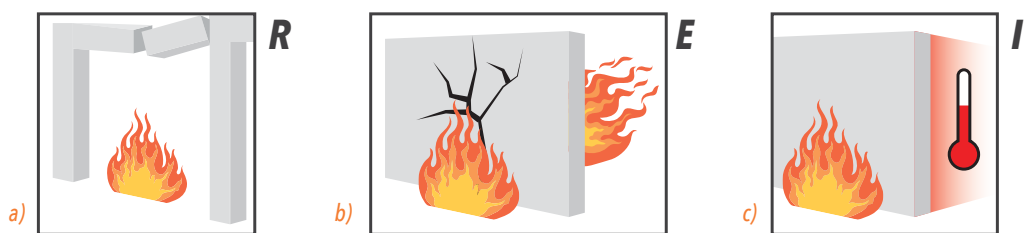
Ako se ispituju nenosivi konstrukcijski elementi, tada se ispitivanje otpornosti na požar sastoji samo od drugog koraka s tim da se ispituju elementi bez statičkog opterećenja.



Slika 6 Nazivne krivulje za ispitivanje otpornosti na požar konstrukcijskih elemenata

Osnovni kriteriji obuhvaćaju sljedeće parametre (slika 7):

1. **Nosivost, R**, je sposobnost konstrukcijskog elementa da pod određenim mehaničkim djelovanjima izdrži izloženost požaru s jedne ili više strana, određeni vremenski period, bez ikakvog gubitaka konstrukcijske stabilnosti. Za dokazivanje nosivosti kriterij se odnosi na veličinu i brzinu razvoja progiba u elementu (ili veličinu i brzinu razvoja skraćčenja za vertikalne elemente).
2. **Cjelovitost, E**, je sposobnost razdjelnog elementa konstrukcije da izdrži izloženost požaru samo s jedne strane i spriječi prijenos požara na stranu, koja nije izložena, prolaskom plamena i vrućih plinova. Plamen i vrući plinovi mogu uzrokovati paljenje površine elementa koja nije izložena ili bilo kojeg materijala, koji se nalazi uz tu površinu.
3. **Izolacija, I**, je sposobnost elementa konstrukcije da izdrži izloženost požaru samo s jedne strane i spriječi prijenos požara zbog značajnog prijenosa topline s izložene strane na stranu koja nije izložena požaru. Pri ispitivanju, temperatura na strani koja nije izložena požaru ne smije postići povećanje prosječno više od 140°C ili na pojedinim dijelovima 180°C.



Slika 7 Osnovni kriteriji za dokazivanje otpornosti na požar građevnih elemenata: a) nosivost, b) cjelovitost i c) izolacija

Prema rezultatima ispitivanja, otpornost na požar izražava se kao vrijeme u minutama, u kojem se element sposoban oduprijeti standardno definiranom požaru. Vrijeme otpornosti na požar određuje se kao prvo manje vrijeme (u odnosu na standardizirane vremenske intervale 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240 min. itd.), od vremena u kojem je prekoračen pojedini kriterij otpornosti na požar. Primjerice, ako nosivi konstrukcijski element, izložen standardnome požarnom ispitivanju, zadrži kriterij nosivosti u vremenu od 155 minuta, cjelovitosti 80 i izolacije 42 minute, klasificirat će se u sljedeće razrede:

- R120 (samo za nosivost 120 < 155 < 180)
- RE60 (za nosivost i cjelovitost)
- REI30 (za nosivost, cjelovitost i izolaciju).

Za pojedine elemente npr. krovove, požarne zavjese, požarne premaze, obujmice, kabele, zatvarače i slično, potrebno je dokazivanje dodatnih parametara, koji moraju biti zadovoljeni u slučaju djelovanja požara, kako je prikazano u tablici 2. Način dokazivanja pojedinog svojstva može se pronaći u odgovarajućoj normi ispitivanja.

Tablica 2 Dodatni parametri kod dokazivanja otpornosti na požar ispitivanjem

KRATICA	ZNAČENJE
W	zračenje - sposobnost elementa konstrukcije da izdrži izloženost požaru samo s jedne strane, tako da smanji vjerojatnost prijenosa požara kao posljedicu značajne odzračene topline kroz element ili sa strane koja nije izložena na susjedne materijale.
M	mehanički udar - sposobnost elementa da izdrži udar, koji predstavlja slučaj kada otkazivanje druge konstrukcijske komponente u požaru uzrokuje udar na razmatrani element.
S	propuštanje dima - sposobnost elementa da smanji ili u potpunosti spriječi prolaz plinova ili dima s jedne strane elementa na drugu.
C	samozatvaranje - sposobnost otvorenih vrata ili prozora da se potpuno zatvore u okvir, bez ljudske intervencije, pohranjenom energijom ili napajanjem mrežom koja se napaja pohranjenom energijom u slučaju nestanka struje.
P/PH	funkcioniranje energetskog ili signalnog voda u uvjetima požara - sposobnost električnoga kabela da u slučaju požara određeno vrijeme pouzdano dovodi energiju od izvora do požarno sigurnosnog uređaja.
K	sposobnost zaštite od požara - sposobnost zidne ili stropne obloge da osigura da se materijal, koji se nalazi iza obloge, zaštiti od paljenja, pougljenja i drugih oštećenja tijekom određenog vremenskog perioda.
B_{roof} (t1)	otpornost krova na djelovanje požara s vanjske strane; ponašanje krova pod toplinskim djelovanjem gorućih ugaraka. Ponašanje uključuje zaštitu od širenja požara na vanjskoj površini krova, širenja požara unutar krova i prodora požara kroz krov.

U ovom će se Priručniku detaljnije objasniti dokazivanje otpornosti krovova na djelovanje požara s vanjske strane, tzv. zahtjev $B_{\text{roof}}(t1)$, jer on u praksi često izaziva nedoumice, tim više što u Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, 87/15) zahtjevi za ovo svojstvo nisu jasno definirani.

1.2.3 OTPORNOST KROVA NA DJELOVANJE POŽARA S VANJSKE STRANE

Dokazivanje otpornost krova na djelovanje požara s vanjske strane (slika 8) provodi se ispitivanjem prema normi HRS CEN /TS 1187 [18]. Ispitivanjem se ocjenjuje širenje požara preko vanjske površine krova, širenje požara unutar krova, prodor požara te proizvodnju gorućih kapljica i čestica s donje strane ili izložene površine krova.



Slika 8 Mogućnost prenošenja požara na zgradu preko krova s vanjske strane

Spomenuta norma opisuje četiri različita načina ispitivanja, a nacionalno se svaka država EU-a odlučuje za jedan od njih što rezultira razredbom od $B_{\text{roof}}(t1)$, $B_{\text{roof}}(t2)$, $B_{\text{roof}}(t3)$ do $B_{\text{roof}}(t4)$. Najviše država EU-a usvojilo je metodu ispitivanja letecim ugarcima, koja rezultira razredbom $B_{\text{roof}}(t1)$, tzv. metodu 1- ispitivanje s gorućim ugarcima (slika 9).



Slika 9 Postav i provedba ispitivanja otpornosti krova na djelovanje požara s vanjske strane gorućim ugarcima na normiranoj podlozi [19]

Normirano ispitivanje uzima u obzir sljedeće nagibe krovova:

- 15° i u tom slučaju rezultati vrijede za krovove nagiba < 20°
- 45° i u tom slučaju rezultati vrijede za krovove nagiba $\geq 20^\circ$.

U posebnim slučajevima (pružanje dokaza za određenu vrstu krova) može se odstupiti od navedenih nagiba i ispitivanje provesti za stvarni nagib krova. Rezultati ispitivanja dobiveni pri takvom ispitivanju vrijede samo za ispitani krov pri ispitanoj nagibu.

Ispitni uzorak može biti:

1. krovna konstrukcija sa svim slojevima koji će se pojaviti u krovu
2. sustav krovnog pokrova predviđen za opću upotrebu na različitim normiranim podlogama.

Uzorci, koji predstavljaju krovnu konstrukciju, moraju biti reprezentativni u svim detaljima praktične primjene, u odnosu na podloge, vrstu i broj slojeva krovnih materijala (uključujući sve izolacije, parne barijere, itd.) te spajanje tih slojeva.

Kada je uzorak sustava krovnog pokrova predviđen za opću upotrebu na različitim podlogama, ispitivanje se provodi na točno definiranim normiranim podlogama.

Rezultati ispitivanja dobiveni sa normiranim podlogama primjenjuju se na sve sustave s istim komponentama (uključujući i debljine) postavljene na isti način, ali s različitim podlogama (tablica 3):

Tablica 3 Područje primjene rezultata ispitivanja otpornosti na požar krovova s vanjske strane

NORMIRANA PODLOGA	PODRUČJE PRIMJENE
drvene gredice s razmacima dasaka $\leq 0,5$ mm	svaka drvena kontinuirana podloga minimalne debljine 16 mm i s razmacima $\leq 0,5$ mm
	svaka negoriva kontinuirana podloga minimalne debljine 10 mm
drvene gredice s razmacima dasaka $5 \pm 0,5$ mm	svaka drvena podloga
	svaka negoriva podloga s razmacima ≤ 5 mm (uključujući neprofilirane čelične podloge)
negorive kalcij-silikatne ploče	svaka negoriva kontinuirana podloga minimalne debljine 10 mm
trapezni profilirani čelični lim	svaka profilirana i neprofilirana čelična podloga
	svaka negoriva kontinuirana podloga minimalne debljine 10 mm

Rezultati ispitivanja dobiveni s alternativnim podlogama primjenjuju se samo na sustav jednak ispitanom (jednaki materijali, dimenzije, komponente, debljine itd.). Da bi krov/krovni pokrov mogao zadovoljiti razred $B_{\text{roof}}(t1)$ prema HRN EN 13501-5 [20], nakon trajanja ispitivanja od 60 minuta (od paljenja), moraju biti ispunjeni parametri prikazani u tablici 4.

Tablica 4 Kriteriji za ocjenu pri ispitivanju otpornosti krova na djelovanje požara s vanjske strane

RAZRED	KRITERIJ
$B_{\text{roof}}(t1)$	napredovanja plamena prema gore, unutar i izvana na uzorku $< 0,700$ m
	napredovanje plamena prema dolje, unutar i izvana na uzorku $< 0,700$ m
	maksimalna duljina zapaljenja – unutarnja i vanjska $< 0,800$ m
	ne pojavljuje se otpadanje zapaljivih čestica s izložene strane uzorka
	ne pojavljuje se otpadanje zapaljivih čestica s neizložene strane uzorka
	pojedinačni otvor na uzorku krova > 25 mm ²
	zbroj površina svih otvora na uzorku krova < 4500 mm ²
	bočno širenje plamena ne doseže rubove zone mjerenja
	ne pojavljuje se tinjanje u uzorku
	maksimalan promjer unutarnjeg i vanjskog napredovanja plamena na ravnim krovovima $< 0,200$ m (širenje plamena ocjenjuje se u bilo kojem smjeru)

Ako nije zadovoljen bilo koji od navedenih parametara, krov /krovni pokrov se svrstava u razred $F_{\text{roof}}(t1)$.

Provedbenom Odlukom Komisije 2000/553/EZ moguća je razredba bez potrebe za ispitivanjem, poštujući usklađenost sa svim nacionalnim odredbama o projektiranju i građenju građevina (CWFT-*Classification Without Further Testing*) kojom se iznosi popis proizvoda za pokrivanje krova (i/ili materijali) za koje se može smatrati da ispunjavaju sve zahtjeve za razred otpornosti krova na djelovanje požara s vanjske strane $B_{\text{roof}}(t1)$.

Krovovi sa gorivim toplinskim izolacijama (eurorazredi B- E) mogu zadovoljiti zahtjeve spomenutog razreda. Bitno je, dakle, naglasiti da na otpornost na požar krova s vanjske strane utječu svi slojevi krovne konstrukcije (tj. nosiva konstrukcija, razdjelni i završni slojevi) što se dokazuje prethodno opisanim ispitivanjem.

2 TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJALI U GRAĐEVINARSTVU

Toplinsko-izolacijski materijali imaju veliku ulogu u osiguranju energetske učinkovitosti zgrada. Naime, zahvaljujući svojim svojstvima pridonose uštedi energije za grijanje i hlađenje te smanjuju emisiju ugljikovog dioksida. Toplinska vodljivost predstavlja najvažnije svojstvo kada se radi o odabiru vrste toplinsko-izolacijskog materijala za određenu primjenu, međutim, za neke primjene ograničavajući čimbenik može predstavljati zahtijevani razred reakcija na požar, otpornost na vlagu ili određeni razred tlačne čvrstoće. U današnje vrijeme na tržištu postoje različiti materijali, međutim, rijetki su oni, pa čak i oni najskuplji, koji mogu zadovoljiti sva svojstva u potpunosti. U nastavku su opisana najvažnija svojstva toplinsko-izolacijskih materijala koja se moraju zadovoljiti ovisno o namjeravanoj uporabi, a u tablicama u vezi s pojedinim materijalom dane su okvirne vrijednosti tih svojstava za materijale razmatrane u ovom Priručniku.

2.1 Osnovna svojstva toplinsko-izolacijskih materijala

2.1.1. TOPLINSKA VODLJIVOST, λ

Toplinska vodljivost predstavlja količinu topline (J) koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala površine presjeka 1 m^2 i debljine 1 m okomito na njegovu površinu pri razlici temperature od 1 K . Ili pojednostavnjeno, sposobnost materijala da provodi toplinu. Zbog male vrijednosti toplinske vodljivosti toplinsko-izolacijskih materijala, toplinski tok kroz materijal jest ograničen, a razlog tomu je veća količina „zarobljenog“ zraka (odnosno plina) u odnosu na ostale građevinske materijale. Bitno je naglasiti da toplinska vodljivost nema konstantnu vrijednost, nego ovisi o mnogim parametrima, a najviše o gustoći, sadržaju vlage i temperaturi materijala. Općenito se može konstatirati da su glede toplinske vodljivosti najpoželjnije gustoće materijala u području $20 - 100 \text{ kg/m}^3$. Kod materijala nižih gustoća povećava se toplina koja se prenosi zračenjem, a kod materijala većih gustoća toplina vođenjem. Jedinica toplinske vodljivosti je W/mK .

2.1.2. GUSTOĆA, ρ

Gustoća predstavlja omjer mase materijala i volumena koji zauzima spomenuta masa, a izražava se u kg/m^3 . To je svojstvo o kojem je izravno ovisna toplinska vodljivost, odnosno manja gustoća znači i veću poroznost ili veći volumen šupljina u materijalu, pa samim time i manju toplinsku vodljivost. Međutim, za određene namjene, npr. ravne krovove ispune zidova, potrebni su materijali s većom tlačnom čvrstoćom koja se može postići s nešto većom gustoćom toplinsko-izolacijskog materijala ili s materijalima za toplinsku izolaciju manjih gustoća u tvrdim pjenama (XPS, PUR/PIR, CG).

2.1.3. SPECIFIČNI TOPLINSKI KAPACITET, c_p

Specifični toplinski kapacitet označava količinu topline potrebnu da se masi od 1 kg toplinsko-izolacijskog materijala promijeni temperatura za 1 K , odnosno 1°C . Drugim riječima, specifični toplinski kapacitet predstavlja sposobnost materijala da upija toplinu u ovisnosti o svojoj masi. Izražava se u J/kgK . Gušći materijali duže se zagrijavaju, a ako imaju i veći specifični toplinski kapacitet, znači da mogu uskladištiti više topline. Ovo svojstvo važno je tijekom ljetnih mjeseci jer veće vrijednosti materijala rezultiraju pozitivnim učinkom na unutarnju klimu u laganim konstrukcijama (većina krovnih konstrukcija).

2.1.4. OTPOR DIFUZIJU VODENE PARE, μ

Molekule vodene pare, koje se u određenom postotku nalaze i u zraku i u građevnim materijalima, uvijek se kreću iz područja veće u područje manje koncentracije vodene pare. Koncentracija vodene pare je proporcionalna parcijalnom tlaku vodene pare (tlak vodene pare u zraku pri postojećem stanju vlage i temperature zraka), pa se stoga umjesto gradijenta koncentracije može promatrati gradijent parcijalnog tlaka vodene pare. U građevinarstvu se proučava pojava difuzije vodene pare kroz porozne građevne materijale i građevne elemente zgrade, koji odjeljuju dva prostora s različitim parcijalnim tlakovima vodene pare. Građevni materijali, ovisno o svojoj mikrostrukтури, predstavljaju određeni otpor tom kretanju. Mjera spomenutog otpora jest faktor otpora difuzije vodene pare materijala, μ , koji se definira sljedećim omjerom:

$$\mu = \frac{\text{otpor difuziji vodene pare promatranog materijala debljine } d=1 \text{ m}}{\text{otpor difuziji vodene pare mirnog sloja zraka debljine } d=1 \text{ m}}$$

Što je veća vrijednost faktora μ , to materijal pruža veći otpor difuziji vodene pare, odnosno može se reći da je materijal paronepropusniji. Vlakanasti toplinsko-izolacijski materijali (npr. mineralna vuna) u pravilu imaju malu otpornost difuziji vodene pare, tek nešto više od sloja mirnog zraka čija je μ -vrijednost jednaka 1, dok su neke vrste toplinsko-izolacijskih materijala (npr. ćelijasto staklo) gotovo paronepropusni, odnosno otpor difuziji vodene pare teži beskonačnoj vrijednosti.

2.1.5. VODOUPOJNOST

S obzirom na to da je toplinska vodljivost vode u pravilu 20 puta veća od stacionarnog zraka, bilo kakvo upijanje vlage toplinsko-izolacijskog materijala nepoželjno je jer se povećava njegova toplinska vodljivost. Većina toplinsko-izolacijskih materijala nije higroskopna, tj. ne upija vlagu iz zraka ili u proizvodnji prolazi tretman koji im osigurava da mogu podnijeti određenu količinu vlage bez promjene ostalih svojstava. Općenito se ne savjetuje ugradnja vlažnog materijala u građevine jer se u pravilu uz njih ugrađuju slojevi hidroizolacije koji sprječavaju isušivanje te vlage. I suhi toplinsko-izolacijski materijali osjetljivi na promjenu toplinske vodljivosti ili degradaciju (bubrenje, truljenje), zbog utjecaja vode i vlage, ne smiju biti ugrađeni u građevinama na pozicijama gdje nisu zaštićeni od vanjskih ili unutarnjih utjecaja vanjske vode i vlage (kondenzacijska vlaga unutar građevnih dijelova zbog neispravne ugradnje slojeva toplinske izolacije, površinska vlaga mokrih prostorija, vanjska voda i vlaga u zonama podnožja zgrade uz teren, uz terase, balkone, lođe, kod zidova i podova prema tlu). U praksi se obično definiraju maksimalne vrijednosti koje se ne bi smjele doseći tijekom kratkotrajnog ili dugotrajnog ispitivanja upijanja vlage.

Kod elemenata na pozicijama izloženim vodi i vlazi, gdje bi primjena isključivo negorivih toplinsko-izolacijskih materijala mogla izazvati njihovu degradaciju tijekom vremena (MW, CS), mogu se i kod visokih zahtjeva zaštite od požara građevine ograničeno primijeniti gorivi toplinsko-izolacijski materijali u tvrdim pjenama zatvorenih ćelijastih struktura, koji bitno ne mijenjaju toplinsku vodljivost niti degradiraju zbog utjecaja vode ili vlage na građevni dio zgrade (XPS, PUR/PIR, CG).

2.1.6. TLAČNA NAPREZANJA, TLAČNA ČVRSTOĆA

Tlačna čvrstoća toplinsko-izolacijskih materijala ovisi ponajviše o njihovoj gustoći. Tlačno naprezanje definira se kao maksimalno naprezanje pri 10-postotnoj deformaciji (tj. pri kojem je materijal stlačen 10 posto od svoje debljine). Tlačna čvrstoća definira se maksimalnim naprežanjem pri kojem dolazi do loma uzorka materijala. Oba spomenuta parametra određuju se tijekom brzoga kratkotrajnog ispitivanja i zahtijevaju se za praćenje kvalitete ili za poredbene svrhe.

2.1.7. STALNO/KONSTANTNO TLAČNO NAPREZANJE

Za materijale koji se koriste za tlačno opterećene elemente kritični faktor predstavlja dugotrajno puzanje pod tlačnim opterećenjem. Takve primjene uključuju: industrijski podovi, prohodni krovovi i nosive izolacije ispod podnih ploča. Visoke temperature mogu smanjiti nosivost toplinsko-izolacijskih materijala.

2.1.8. VLAČNA ČVRSTOĆA

Kod materijala koji su izloženi opterećenju okomito na plohu (npr. djelovanje vjetra na toplinsko-izolacijski kompozitni sustav pročelja) mora se osigurati da ne dođe do odvajanja pojedinih slojeva unutar sloja izolacije. Npr. za uporabu EPS-a za toplinski kontaktni sustav mora biti osigurana vlačna čvrstoća od najmanje 100 kPa.

2.1.9. SAVOJNA ČVRSTOĆA

Savojna čvrstoća jest važan kriterij za određene materijale, npr. materijale na bazi drvene vune ili kompozitne ploče na bazi drvene vune, koji se ugrađuju bez dodatnih potpornih materijala.

2.1.10. SVOJSTVA U VEZI SA ZVUČNOM IZOLACIJOM (DINAMIČKA KRUTOST I ZVUČNA IMPEDANCIJA PO JEDINICI DULJINE)

Uz toplinsku zaštitu, toplinsko-izolacijski materijali koriste se za zaštitu od zračnog i udarnog zvuka. Općenito se može reći da su mekani, elastični toplinsko-izolacijski materijali bolji u usporedbi s krutim i teškim. Najvažnija svojstva ovog aspekta su: dinamička krutost i zvučna impedancija po jedinici duljine. Dinamička krutost predstavlja najvažnije svojstvo u vezi sa zaštitom od udarnog zvuka – što je manja dinamička krutost, bolja je izolacija od udarnog zvuka. Izražava se u koracima od 5 do 90 MN/m³. Dinamička krutost važan je parametar i za lagane predstijenke te lagane pregradne zidove gdje se postavljaju zahtjevi za zvučnom izolacijom. Ponajprije se postavlja kao parametar kod zahtjeva za smanjenjem prijenosa udarnog zvuka u plivajućim podnim i međukatnim konstrukcijama, prohodnim krovovima i podovima terasa, balkona ili lođa gdje se mogu primijeniti kao elastični slojevi i materijali koji su primarno u funkciji toplinske izolacije.

Zvučna impedancija po jedinici duljine jest parametar u ocjeni materijala (npr. kod spuštenih stropova) za koje se zahtijeva apsorpcija zvuka. Izražava se u Ns/m⁴ ili kPas/m². Što je vrijednost niža, materijal će bolje apsorbirati zvuk.

2.1.11. REAKCIJA NA POŽAR (EURORAZREDI)

Svojstvo reakcije na požar građevnih proizvoda i metode dokazivanja objašnjene su u poglavlju 1.2.1. ovog Priručnika. Bitno je naglasiti da se dodatni razredi reakcije na požar u vezi s dimom (s1-s3) odnose isključivo na količinu dima koja se razvije tijekom gorenja građevnih proizvoda, ali ne i njegovu toksičnost i gustoću. Toksičnost dima važna je stoga što 80 posto ljudi u požaru strada upravo udisanjem takvog dima. Neki toplinsko-izolacijski materijali (npr. poliuretanske pjene) tijekom gorenja, uz ugljični monoksid, ispuštaju toksični plin hidrogen cijanid (HCN), pa s primjenom takvih materijala na određenim pozicijama u zgradi treba biti oprezan. Također, materijali koji se koriste kao usporivači požara i plamena u toplinsko-izolacijskim materijalima mogu sadržavati halogene spojeve koji su, također, toksični u požaru.

Kako će u nastavku Priručnika biti pokazano, prema hrvatskoj regulativi u području zaštite od požara, zahtjevi glede reakcije na požar toplinsko-izolacijskih materijala odnose se na određeni konstrukcijski sklop (pročelje, krov, pod, strop i sl.) i podskupinu zgrade (ZPS1-5 i visoke zgrade). Za određene konstrukcijske sklopove mogu se koristiti materijali različitog razreda reakcije na požar za istu podskupinu zgrade, ovisno o tome radi li se o klasificiranom sustavu (vidjeti značenje u Pojmovniku) ili se promatra pojedinačna komponenta tog sustava. Npr. za zgrade skupine ZPS5, (osim u zoni tzv. prekid-

nih udaljenosti), može se koristiti i toplinsko-izolacijski materijal razreda reakcije na požar E (npr. EPS) jer takav materijal u sustavu može zadovoljiti razred B. Ako se promatraju pojedinačne komponente, onda se za istu podskupinu zgrade mogu primijeniti isključivo negorivi materijali (razreda A1 i A2). Slijedi da je moguća primjena toplinsko-izolacijskih materijala nižih razreda reakcije na požar (npr. E) u zahtjevnijim skupinama zgrade glede zaštite od požara, u slučajevima kada su dio klasificiranog sustava u zahtijevanom razredu reakcije na požar.

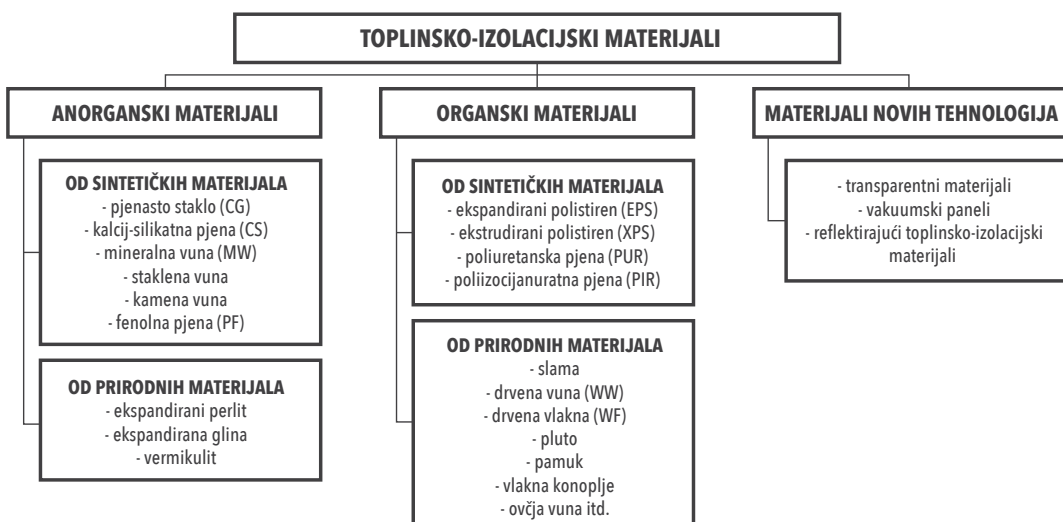
2.1.12. TOPLINSKA STABILNOST - GRANIČNA (MAKSIMALNA) TEMPERATURA ZA PRIMJENU

U praksi je otpornost na ekstremne temperature toplinsko-izolacijskih materijala bitna kod izolacijskih materijala koji dolaze u kontakt s vrućim bitumenom ili ostalim vrućim ljepilima. Za neke primjene, npr. u sustavima zelenih krovova, važne su minimalne temperature na kojima je materijal postojan. Za toplinsku stabilnost materijala kritično je vrijeme toplinskog djelovanja. Većina toplinsko-izolacijskih materijala može podnijeti kratko vrijeme temperature više od njihove kritične. Međutim, ako ekstremne temperature djeluju duže vrijeme, može doći do dimenzijskih promjena, gubitka oblika i čvrstoće, a u konačnici i toplinske razgradnje materijala.

2.2 Vrste toplinsko-izolacijskih materijala

Najčešće korišteni toplinsko-izolacijski materijali se prema sirovinским materijalima mogu podijeliti na organske, anorganske te materijale novih tehnologija (slika 10). Na tržištu EU-a prevladavaju prve dvije grupe proizvoda, odnosno anorganski materijali (najviše staklena i kamena vuna) čine oko 60 posto tržišta, a organski, ekspanzirani i ekstrudirani polistireni te u manjoj mjeri poliuretani čine oko 27 posto tržišta [21]. Svi ostali materijali zajedno čine nešto manje od 13 posto tržišta.

Prateći prethodno spomenutu podjelu, u nastavku će biti opisani toplinsko-izolacijski materijali koji se u Republici Hrvatskoj koriste najviše. Svojstva ostalih toplinsko-izolacijskih materijala mogu se pronaći u literaturi korištenoj za izradu ovog Priručnika, npr. [22]-[24].



Slika 10 Podjela toplinsko-izolacijskih materijala [21]

Mineralna vuna (MW)

Mineralna vuna se, s obzirom na sirovinski materijal, dijeli na staklenu i kamenu vunu. Staklena vuna (slika 11) proizvodi se od borosilikatnoga recikliranog stakla, kvarcnog pijeska, vapnenca, natrijeva karbonata i ostalih materijala. Najprije se sirovinski materijali rastale na temperaturi od 1400 °C do 1500 °C te se takva rastaljena masa raspuhuje kroz mlaznice u vlakna [22]. Tijekom procesa raspuhivanja vlakna se miješaju s organskim vezivima (najčešće fenolna smola) za mehaničku čvrstoću i mineralnim uljima za zaštitu od prašenja te smanjenja površinske vodoupojnosti. O namjeni gotovog proizvoda ovisi i gustoća i način slaganja vlakana, debljina i tvrdoća proizvoda te dimenzije i smjer rezanja. Temperatura taljenja gotovog proizvoda je oko 700 °C [25].

Kamena vuna (slika 12) proizvodi se od prirodnih minerala, npr. vulkanskih stijena kao što su bazalt, diabaz, dolerit i sl. te ostalih materijala koji se koriste i za proizvodnju staklene vune. Osnovna je razlika, u odnosu na staklenu vunu, u višoj temperaturi taljenja tijekom proizvodnje i kraćim vlaknima, stoga je konačni materijal teži i ima višu točku taljenja (iznad 1000°C), pa i bolju postojanost na višim temperaturama.

Obje su vrste mineralne vune negorive (razred reakcije na požar A1 ili A2) te se koriste u vanjskim konstrukcijama za toplinsku zaštitu, u pregradnim zidovima za zvučnu zaštitu te za zaštitu od požara u svim elementima građevine. Ne preporučuje se za izolaciju zidova pod zemljom [22].

Obje vrste mineralne vune, i kamena i staklena, te ostali vlaknasti toplinsko-izolacijski materijal i materijali otvorene strukture ćelija nisu primjenjivi na pozicijama izloženima vodi ili vlazi (podnožja zidova uz teren, uz podove terasa, lođa, balkona, krovna atike) zbog gubljenja toplinsko-izolacijskih svojstava i trajne degradacije materijala toplinske izolacije kod ugradnje na navedenim pozicijama. Osnovna svojstva obje vrste mineralne vune navedena su u tablicama 5 i 6.

Tablica 5 Fizikalna svojstva staklene vune [12], [24]

SVOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	15-150
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.035 - 0.050
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	840-1000
Reakcija na požar (eurorazred)	-	A1, A2 (negorivi)
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	1-2
Dugotrajna vodoupojnost	kg/m ²	≤ 3
Maksimalna temperatura uporabe		
s vezivom	°C	100 - 200
bez veziva	°C	do 500
Tlačna čvrstoća za nanoseno opterećenje (materijali za udarni zvuk)	kPa	3.5
Zvučna impedacija	kPas/m ²	≥ 5
Norma proizvoda	HRN EN 13162 [13]	

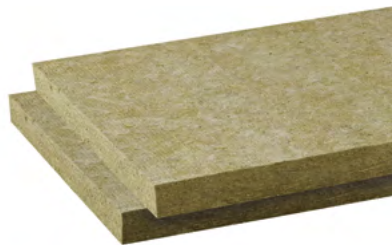


Slika 11 Ploče od staklene vune [26]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvoda.

Tablica 6 Fizikalna svojstva kamene vune [12], [24]

SOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	20 - 200
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.035 - 0.050
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	600 - 840
Reakcija na požar (eurorazred)	-	A1 (negorivi)
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	1,2
Dugotrajna vodoupojnost	kg/m ²	≤ 3
Maksimalna temperatura uporabe		
s vezivom	°C	100 - 200
bez veziva	°C	600 - 750
Tlačna čvrstoća pri deformaciji od 10 % ili tlačna čvrstoća	kPa	15 - 80
Tlačna čvrstoća za nanoseno opterećenje (materijali za udarni zvuk)	kPa	5 - 20
Zvučna impedacija	kPas/m ²	≥ 6-43
Norma proizvoda	HRN EN 13162 [13]	



Slika 12 Ploče od kamene vune [27]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno - točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvoda.

Čelijasto staklo (CG)

Ovaj toplinsko-izolacijski materijal (slika 13) proizvodi se kao i obično staklo zagrijavanjem kvarcnog pijeska, feldspata, kalcijevog te natrijeva karbonata na temperaturama od 1400°C. Udio recikliranog stakla može činiti oko jedne trećine ukupne mase sirovine. Nakon hlađenja, staklo se melje u prah, kojem se dodaje ugljik za ekspanziju (otuda siva boja) prije ponovnog zagrijavanja. Oksidacija ugljika uzrokuje stvaranje mjehurića zraka koji zapjenjuju tekuću mješavinu. Tako se stvara struktura materijala sastavljena od zatvorenih ćelija koja je male gustoće, niske toplinske vodljivosti, nepropusna za zrak, vodoodbojna, negoriva i s dobrim svojstvima dimenzijske stabilnosti. Stoga se uglavnom upotrebljava za elemente građevina u kontaktu s vlagom ili izložene tlačnom opterećenju. S obzirom na to da je ćelijasto staklo krto i lako se lomi pod koncentriranim opterećenjem, u elementima konstrukcija oblaže se bitumenom što otežava recikliranje ovoga toplinsko-izolacijskog materijala.

Čelijasto staklo upotrebljava se za: obodnu podrumsku izolaciju i izolaciju ispod nosivih podnih ploča, toplinsku izolaciju površina s velikim tlačnim opterećenjima (npr. industrijski podovi, prohodni krovovi sl.), unutarnju izolaciju, izolaciju šupljina, ravne i zelene krovove. Nije pogodno za zvučnu zaštitu u zgradama [22], [23]. Osnovna svojstva ćelijastog stakla su dana u tablici 7.

Tablica 7 Fizikalna svojstva ćelijastog stakla [12], [24]

SVOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	100 - 150
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.045 - 0.060
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	800 - 1100
Reakcija na požar (eurorazred)	-	A1
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	∞ (beskonačno)
Dugotrajna vodupojnost	kg/m ²	-
Maksimalna temperatura uporabe	°C	-260 do +430
Tlačna čvrstoća za nanoseno opterećenje	kPa	700 - 1700
Konstantno tlačno opterećenje	kPa	160 - 480
Norma proizvoda	HRN EN 13167 [13]	



Slika 13 Ploča od ćelijastog stakla [28]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvoda.

Kalcij – silikatna pjena (CS)

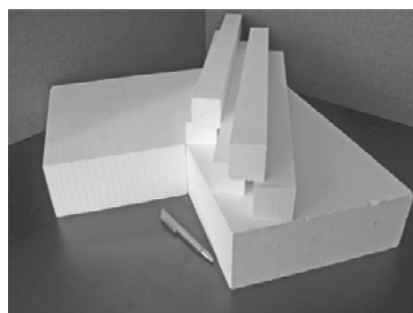
Pjenaste ploče kalcijevog silikata (CS) (slika 14) poznate su i pod imenom mineralne pjene ili mineralne izolacijske ploče.

Sirovine za CS su kalcijev i silicijev dioksid i agregati koji sadrže 3 – 6 posto celuloze. Spomenute sirovine miješaju se s vodom u kalcij-silikat-hidrat (CSH). Smjesa se ulijeva u kalupe i zatim izloži istodobno visokoj temperaturi i tlaku (autoklaviranje). U konačnici se dobije čvrsta pjena s finim otvorenim ćelijama, koja se reže na ploče i obrađuje posebnim aditivima kako bi se postiglo svojstvo hidrofobnosti.

Kalcij-silikatne ploče su negorive (razred reakcije na požar A1 ili A2). Zbog visoke radne temperature i dobre nosivosti idealno područje primjene jest industrijski sektor. Zbog svojstava kapilarnosti (kalcij-silikatna pjena može upiti, zadržati i na kraju lagano otpustiti vlagu) često se upotrebljava kao unutarnja izolacija pri energetskej obnovi postojećih zgrada gdje nije dopuštena ugradnja vanjske izolacije. Dodatno, visoki pH od 10 sprječava rast gljivica. Nije otporna na djelovanje kiselina [22], [24]. Osnovna svojstva kalcij-silikatne pjene navedena su u tablici 8.

Tablica 8 Fizikalna svojstva kalcij-silikatne pjene [12], [24]

VOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	115 - 300
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.045 - 0.065
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	1000
Reakcija na požar (eurorazred)	-	A1 i A2 (negorivi)
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	3 - 20
Maksimalna temperatura uporabe, dugotrajna	°C	1050 - 1100
Tlačno naprezanje pri 10% deformacije	kPa	500 - 1500
Savojna čvrstoća	kPa	800 - 1000



Slika 14 Ploče od kalcij-silikatne pjene (CS) [22]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvoda.

Ekspandirani polistiren (EPS)

Ekspandirani polistiren (slika 15) proizvodi se od sitnih kuglica polistirena veličine 0,1 - 2 mm (dobivenih od sirove nafte), pentana (4 – 6 posto) i usporivača plamena (eng. *flame retardant*).

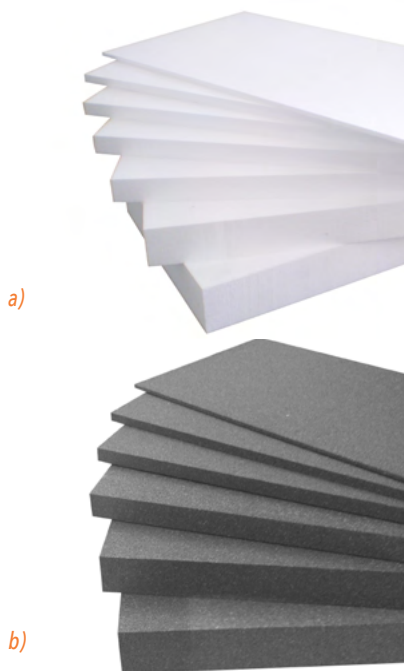
Kuglice polistirena ekspandiraju zagrijavanjem parom na temperaturi od približno 100 °C dok se ne dostigne potrebna gustoća materijala. Svako zrnce ekspandira na veličinu veću oko 30 - 50 puta od svoga početnog volumena. Tako predeksandirane granule sazrijeavaju na zraku u ventiliranim silosima, nakon čega se ugrađuju u metalne kalupe i sljepljuju u konačni oblik. Nakon vađenja iz kalupa potrebno je sazrijevanje kako bi iz materijala izašli zaostala voda i pentan. Tvrda EPS pjena sadrži 98 posto zraka te zbog toga ima odlična svojstva toplinske vodljivosti. EPS ima slaba svojstva na visokim temperaturama jer je termoplastični polimer niske toplinske inercije koji se topi na temperaturama višim od 100°C stvarajući topljive kapljice.

Posebne vrste EPS-a s poboljšanim elastičnim svojstvima (elastificirani EPS) koriste se za zaštitu od udarnog zvuka (u međukatnoj konstrukciji) gdje se mogu postići poboljšanja i do 30 dB na tvrdim podlogama. Također postoji i sivi EPS sa dodatkom grafita koji mu daje još bolja svojstva toplinske vodljivosti.

Koristi se kao toplinska zaštita u svim vanjskim konstrukcijama (zidovima, podovima i krovovima) koje nisu izložene vodi ili vlazi (osim posebnih ploča EPS-a lijevanih u kalupima, sa zatvorenom strukturom površinskih ćelija, koje se mogu koristiti i na ovim pozicijama) te za zvučnu izolaciju u konstrukcijama plivajućih podova u međukatnim konstrukcijama, kada se zahtijeva elastificirani EPS. Osnovna svojstva ekspandiranog polistirena navedena su u tablici 9.

Tablica 9 Fizikalna svojstva ekspandiranog polistirena (EPS) [12], [24]

SOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	10-30
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.032 - 0.042
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	1260
Reakcija na požar	-	E
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	20 /40 - 40/100
Dugotrajna vodoupojnost	% vol.	1-5
Maksimalna temperatura uporabe, dugotrajna	°C	80 do 85
Tlačno naprezanje pri 10 % deformacije	kPa	60 - 200
Konstantno tlačno naprezanje	kPa	20 - 60
Vlačna čvrstoća okomito na plohu	kPa	> 100
Savojna čvrstoća	kPa	≥ 50
Norma proizvođa	HRN EN 13163 [13]	



Slika 15 Ekspandirani polistiren (EPS) [29]:
a) bijeli, b) sivi

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvođa.

Ekstrudirani polistiren (XPS)

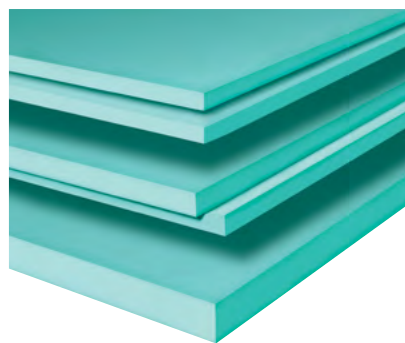
Kemijski sastav ekstrudiranog polistirena (slika 16) isti je kao i kod ekspaniranog polistirena. Granule polistirena tope se u ekstruderu te zapjenjuju s dodatkom za ekspanziju (odnedavno najčešće ugljikov dioksid). Nakon završetka proizvodnog procesa sav ugljikov dioksid izađe iz materijala te ostane samo zrak.

XPS apsorbira zanemarivu količinu vode zbog zatvorene strukture ćelija i ima minimalno odstupanje u vodljivosti topline ili dimenzijama i kod dugotrajne izloženosti vodi ili vlazi, visoku tlačnu čvrstoću, visoku otpornost na difuziju, ali nije otporan na ultraljubičasto zračenje i na otapala. Kao i EPS, XPS spada u grupu termoplastičnih polimera koji nisu otporni na visoke temperature, a najveća temperatura primjene je 85°C.

Koristi se na mjestima u građevini gdje je uz toplinsku zaštitu potrebno osigurati i određenu nosivost (veću površinsku ili tlačnu čvrstoću) ili otpornost toplinske izolacije na vodu i vlagu, a najčešće za toplinsku izolaciju i zaštitu hidroizolacije zidova prema tlu s toplinskom izolacijom s vanjske strane hidroizolacije i podova pod zemljom, za toplinsku izolaciju industrijskih podova, toplinsku izolaciju konvencionalnih i obrnutih ravnih krovova (neprohodnih, prohodnih i zelenih krovova), toplinsku sanaciju krovova te najčešće u zonama podnožja zidova uz teren, podove terasa, lođa, balkona, uz krovne nadozide kod primjene drugih sustava toplinsko-izolacijskih materijala i sl. [23]. Osnovna svojstva ekstrudiranog polistirena navedena su u tablici 10.

Tablica 10 Fizikalna svojstva ekstrudiranog polistirena (XPS) [12], [24]

SVOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	25 - 50
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.033 - 0.040
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	1300 - 1700
Reakcija na požar (eurorazred)	-	E
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	80 - 200*
Dugotrajna vodoupojnost	% vol.	0.1-0.3
Maksimalna temperatura uporabe, dugotrajna	°C	75
Tlačno naprezanje pri 10 % deformacije	kPa	150-700
Konstantno tlačno naprezanje	kPa	50-250
Norma proizvoda	HRN EN 13164 [13]	



Slika 16 Ekstrudirani polistiren (XPS) [30]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvoda.

* ovisi o debljini ploče; tanke ploče imaju visoku vrijednost faktora

Poliuretanska (PUR) kruta pjena

Poliuretanska pjena (Slika 17) je, prema svojstvima toplinske vodljivosti, među najboljima u odnosu na uobičajene toplinsko-izolacijske materijale jer 90 posto materijala čine zatvorene ćelije. Osnovne komponente za proizvodnju ovoga toplinsko-izolacijskog materijala su poliizocijanurat (P-MDI) i polialkoholi koji se proizvode od sirove nafte ili nekih obnovljivih materijala (npr. šećerna repa, kukuruz ili krumpir). Poliuretanska pjena proizvodi se miješanjem i kemijskim reakcijama tekućih komponenti s ekspandirajućim dodatkom, pentanom ili ugljikovim dioksidom. Tijekom proizvodnje dodaju se i usporivači požara.

Poliuretanske ploče laminirane aluminijskom folijom s jedne strane ili obostrano otporne su na difuziju vodene pare i mogu doseći vrijednost toplinske vodljivosti od 0,023 W/mK. Poliuretani nisu otporni na ultraljubičasto zračenje, ali su otporni na vrući bitumen i različita otapala.

Poliuretanske pjenaste tvrde ploče izrazito su male osjetljivosti na promjenu vodljivosti u slučaju povećanja vlažnosti materijala (za razliku od vlaknastih izolacija ili materijala s otvorenom strukturom ćelija, kod kojih se toplinska vodljivost - gubljenje toplinsko-izolacijskih svojstava drastično povećava s povećanjem vlažnosti unutar sloja materijala). Zbog toga su primjereni za primjenu na svim pozicijama izloženima vodi i vlazi kao i XPS ploče toplinske izolacije.

PUR spada u grupu termostabilnih polimera koji ne omekšavaju (za razliku od EPS-a i XPS-a), nego se pri gorenju na površini stvaraju sloj drvenog ugljena koji povoljno djeluje na zaštitu ostatka materijala. Počinju se razgrađivati na 150 – 200°C, a gore na temperaturama iznad 300°C.

Tablica 11 Fizikalna svojstva tvrde poliuretanske (PUR) pjene [12], [24]

VOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	≥ 25
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.023 - 0.040
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	1400 - 1500
Reakcija na požar (eurorazred)	-	D - E
Faktor otpora difuziji vodene pare	-	60
Dugotrajna vodoupojnost	% vol.	1.3 - 3
Maksimalna temperatura uporabe, dugotrajna	°C	-30 do +120
Tlačno naprezanje pri 10 % deformacije	kPa	100 - 500
Konstantno tlačno naprezanje (2 % deformacije nakon 50 godina)	kPa	20 - 30
Vlačna čvrstoća okomito na plohu	kPa	40
Norma proizvođača	HRN EN 13165 [13]	

Međutim, pri gorenju razvija izrazito toksične pirolitičke plinove, te se gašenje građevina s toplinskim izolacijama od poliuretana obvezno mora provoditi s maskama s kisikom jer svako udisanje produkta gorenja poliuretana može biti fatalno. Brzina izgaranja ovisi o količini usporivača požara, koji je tijekom proizvodnje dodan u materijal. Osnovna svojstva poliuretanske pjene navedena su u tablici 11.



Slika 17 Tvrda poliuretanska (PUR) pjena [31]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvođača.

Poliizocijanuratna (PIR) kruta pjena

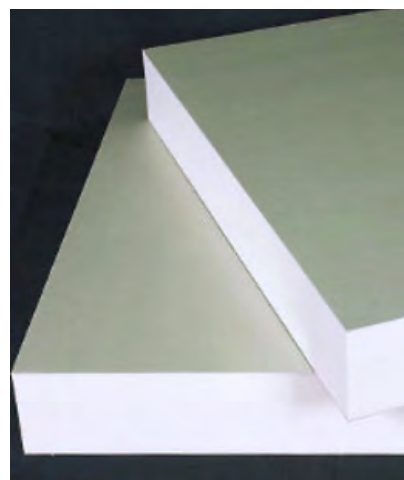
Poliizocijanurat, također poznat kao PIR (slika 18), spada u grupu termostabilnih polimera, kemijskog sastava sličnog poliuretanskoj pjeni (PUR). Za razliku od PUR-a, najveći udio PIR-a čine prstenovi izocijanurata što rezultira čvršćim vezama pjenastog materijala. Zbog toga PIR ima bolju toplinsku stabilnost i otpornost na visoke temperature [24][32].

S aspekta gorenja, PIR se, kao i PUR, ubraja u skupinu termostabilnih polimera, ali ima bolja svojstva od njega. U ranoj fazi razvoja požara PIR se ponaša kao i PUR s usporivačem požara, ali stvaranje sloja drvenog ugljena na površini PIR-a znatno usporava daljnje napredovanje gorenja. U posljednje se vrijeme na tržištu mogu naći proizvodi PIR pjene ojačane staklenim vlaknima koji pri gorenju razvijaju manje dima od obične PIR pjene.

Česta je primjena PIR krute pjene u krovovima te sendvič-panelima s valovitim čeličnim limom zaštićenim od korozije, koji se koriste za krovne konstrukcije ili zidove (npr. u skladištima, tvornicama, poslovnim zgradama itd.). Osnovna svojstva poliizocijanuratne pjene navedena su u tablici 12.

Tablica 12 Fizikalna svojstva poliizocijanuratne (PIR) krute pjene [12], [24]

SVOJSTVO	JEDINICA	VRIJEDNOST
Gustoća	kg/m ³	≥ 25
Toplinska vodljivost	W/(mK)	0.023 – 0.040
Specifični toplinski kapacitet	J/(kgK)	1400
Reakcija na požar (eurorazred)	-	C - E
Dugotrajna vodoupojnost	% vol.	do 3
Maksimalna temperatura uporabe, dugotrajna	°C	-30 do +90
Tlačno naprezanje pri 10 % deformacije	kPa	≥ 100
Vlačna čvrstoća okomito na plohu	kPa	≥ 70
Norma proizvoda	HRN EN 13165 [13]	



Slika 18 Poliizocijanuratna kruta pjena (PIR) [33]

OPASKA | U ovoj tablici vrijednosti za pojedino svojstvo iznesene su okvirno – točne vrijednosti za svaki proizvod mogu se pronaći u Izjavi o svojstvima proizvoda.

2.3 Ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava toplinsko-izolacijskih materijala

Od 1. srpnja 2013. godine u Republici Hrvatskoj svi se građevni proizvodi u usklađenom području, pa tako i toplinsko-izolacijski proizvodi/materijali, moraju isporučivati i označavati u skladu s Uredbom (EU) br. 305/2011, koja propisuje usklađene uvjete trgovanja građevnim proizvodima i ukida Direktivu Vijeća 89/106/EEZ [34]. Usklađeno područje odnosi se na građevne proizvode koji su obuhvaćeni usklađenom normom ili su u skladu s europskom tehničkom ocjenom (ETA). Primjena Uredbe (EU) br. 305/2011 u Republici Hrvatskoj uređena je Zakonom o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17, 39/19 i 118/20).

Ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava toplinsko-izolacijskih materijala provodi se prema sljedećim sustavima definiranim Uredbom (EU) br. 305/2011 [34] i Delegiranom uredbom Komisije (EU) br. 568/2014 [35], a koji su prikazani u tablici 13.

Tablica 13 Sustavi za provjeru i ocjenjivanje stalnosti svojstva prema ZA dodatku normi specifikacije toplinsko-izolacijskih materijala (npr. HRN EN 13164, HRN EN 13162 i sl.)

GRAĐEVNI PROIZVODI	PREDVIĐENA UPORABA / UPORABE	RAZREDI REAKCIJE NA POŽAR	SUSTAV OCJENE I PROVJERE STALNOSTI SVOJSTAVA
Proizvodi za toplinsku izolaciju (tvornički izrađeni)	Uporabe koje podliježu propisima reakcije na požar	(A1, A2, B, C) ^a	1
		(A1, A2, B, C) ^b , D, E	3
		(A1 do E) ^c , F	4
	ostali	-	3
Sustav 1: pogledati Uredbu (EU) br. 305/2011 (CPR), Dodatak V, 1.2 ili tablicu 12 [34]			
Sustav 3: pogledati Uredbu (EU) br. 305/2011 (CPR), Dodatak V, 1.4 ili tablicu 12 [34]			
Sustav 4: pogledati Uredbu (EU) br. 305/2011 (CPR), Dodatak V, 1.5 ili tablicu 12 [34]			
^a Proizvodi/materijali za koje određena faza u proizvodnji može utjecati na poboljšanje razreda reakcije na požar (dodavanje usporivača požara - retardanata ili ograničavanje udjela organske tvari)			
^b Proizvodi/materijali koji nisu obuhvaćeni fusnotom ^(a)			
^c Građevni proizvodi za koje je moguća razredba reakcije na požar bez ispitivanja (npr. proizvodi/materijali razreda A1 prema Odluci Komisije 96/603/EZ spomenutoj u poglavlju 1.2.1 ovog Priručnika)			

Prema prethodna dva spomenuta dokumenta, sustavi ocjenjivanja stalnosti svojstava uključuju radnje koje su definirane tablicom 14.

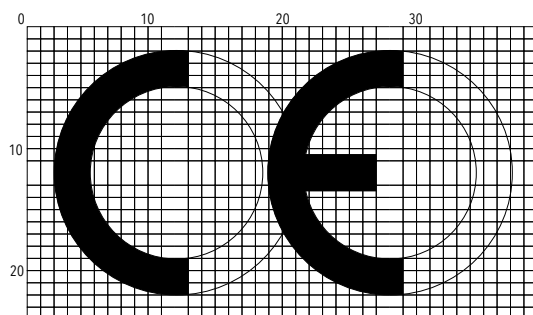
Tablica 14 Ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava građevnih proizvoda/materijala prema Prilogu V Uredbe (EU) br. 305/2011/EZ

1+	1	2+	3	4	SUSTAV
●	●	●	●	●	kontrola tvorničke proizvodnje
●	●	●			daljnje ispitivanje uzoraka u skladu s propisanim planom ispitivanja
○	○	●	○	●	određivanje vrste proizvoda na osnovu ispitivanja tipa (uključujući uzorkovanje), proračuna tipa, tabličnih vrijednosti...
○	○	○			početni pregled proizvodnog pogona i kontrole tvorničke proizvodnje
○	○	○			kontinuirani nadzor, ocjenjivanje i vrednovanje kontrole tvorničke proizvodnje
○					ispitivanje slučajnih uzoraka uzetih prije stavljanja proizvoda na tržište

- radnje koje provodi proizvođač
- radnje koje provodi prijavljeno tijelo

Proizvođač i prijavljeno tijelo (*eng. notified body, NB*), ovisno o sustavu, provode navedene radnje ocjenjivanja i provjere stalnosti svojstava te na temelju njih prijavljeno tijelo izdaje **certifikat o stalnosti svojstava proizvoda ili certifikat o sukladnosti kontrole tvorničke proizvodnje ili izvještaj o ispitivanju** (ovisno o sustavima ocjenjivanja i provjere stalnosti svojstava), a proizvođač izrađuje tehničku dokumentaciju na temelju koje sastavlja **izjavu o svojstvima** (*eng. Declaration of Performance - DOP*), uputu i sigurnosne obavijesti te postavlja **CE oznaku** (*fr. Communautés Européennes*), slika 19, i to sa sadržajem na hrvatskom jeziku latiničnim pismom.

Izjava o svojstvima jest najvažniji dokument koji „prati” oznaku CE s obzirom na to da sadrži cjelokupne informacije o proizvođaču, građevnom proizvodu, njegovim svojstvima i namjeravanoj uporabi. Sastavljanjem izjave o svojstvima proizvođač preuzima odgovornost za sukladnost građevnog proizvoda s objavljenim svojstvima, slijedom čega su države članice obvezne prihvatiti izjavu o svojstvima koju je sastavio proizvođač kao točnu i pouzdanu. Proizvođač u izjavi o svojstvima mora objaviti svojstvo barem jedne bitne značajke građevnog proizvoda.



Slika 19
Standardizirani format CE oznake prema Uredbi (EZ) br. 765/2008

Oznaka CE postavlja se prije nego što je građevni proizvod stavljen na tržište te predstavlja jedinu oznaku kojom se potvrđuje sukladnost građevnog proizvoda s objavljenim svojstvom u vezi s bitnim značajkama buhvaćenima usklađenom normom ili europskom tehničkom ocjenom. Država članica ne zabranjuje niti sprječava, unutar svojeg područja ili na području pod njenom odgovornošću, stavljanje na raspolaganje na tržište ili uporabu građevnih proizvoda koji nose oznaku CE, ako objavljena svojstva odgovaraju zahtjevima za takvu uporabu u toj državi članici [36].

U tablici 15 navedena su sva svojstva i njihove oznake prema točki 4. normi specifikacije pojedinog toplinsko-izolacijskog materijala (spomenuto u prethodnom poglavlju).

Tablica 15 Popis svojstava toplinsko-izolacijskih materijala i njihove oznake prema HRN EN normama

SVOJSTVO	OZNAKA U SKLADU S HRN EN NORMAMA TOPLINSKO-IZOLACIJSKIH MATERIJALA
Toplinska vodljivost	λ_D
Toplinski otpor	R_D
Reakcija na požar (eurorazredi)	A1, A2, B, C, D, E, F
Tlačna čvrstoća ili tlačno naprezanje pri 10-postotnoj deformaciji	CS (10/Y)
Vlačna čvrstoća okomito na ravninu ploče	TR
Puzanje	CC (i1, i2, γ)
Vodoupojnost pri kratkotrajnom djelomičnom uranjanju	WS
Vodoupojnost pri dugotrajnom djelomičnom uranjanju	WL(P)
Vodoupojnost pri dugotrajnom potpunom uranjanju	WL(T)
Otpornost na cikluse smrzavanje-odmrzavanje	FT
Faktor otpora difuziji vodene pare	MU
Točkasto opterećenje za zadanu deformaciju	Fp
Stabilnost dimenzija u standardnoj klimi	DS(N)
Stabilnost dimenzija kod određenih uvjeta temperature i vlažnosti okolnog zraka	DS(TH)
Stabilnost dimenzija kod određenih uvjeta tlačnog naprezanja i temperature okolnog zraka	DLT(i)
Širina	b
Stlačivost	c
Debljina	d
Razred stlačivosti	CP
Praktični koeficijent apsorpcije zvuka	α_p
Procjena koeficijenta apsorpcije zvuka	α_w
Dinamička krutost	SD
Savojna čvrstoća	BS
Razred tolerancije debljine	T
Debljina pod opterećenjem od 250 Pa	d_L
Debljina pod opterećenjem od 2 kPa nakon uklanjanja dodatnog opterećenja od 48 kPa	d_B

3 ZAŠTITA OD POŽARA I GORIVI MATERIJALI - OPĆENITO O CILJEVIMA I STRATEGIJI ZAŠTITE OD POŽARA

Cilj zaštite od požara u građevinama u osnovi se svodi na:

1. zaštitu života, koja podrazumijeva sigurnost korisnika u prostoru u kojem je nastao požar, sigurnost drugih korisnika u preostalom dijelu zgrade i susjednim zgradama te sigurnost spašavatelja (vatrogasaca)
2. zaštitu imovine, koja se odnosi na samu građevinu u kojoj je nastao požar, ali i susjedne građevine.

Strategija kojom se ostvaruju ti ciljevi propisana je u nacionalnom zakonodavstvu pojedinih država, ovisno o vrsti i tipu građevine, no u osnovi se najčešće svodi na:

- osiguranje otpornosti na požar nosivih konstrukcija
- ograničenje širenja požara stvaranjem požarnih odjeljaka
- selektivnu primjenu gorivih materijala
- kontrolu razvoja požara korištenjem aktivnih sustava (automatski sustavi za gašenje, odimljavanje i dr.)
- osiguranje evakuacijskih putova
- izvedbu sustava detekcije (vizualnom i zvučnom signalizacijom) i dr.

Već iz ovih općih napomena vidljivo je da je razina zaštite od požara ovisna o nizu parametara, te se ne može promatrati uzevši u obzir samo jedan parametar (primjerice, primjenu gorivih materijala ugrađenih u građevinu). Riječ je o sustavu i sinergijskom djelovanju pojedinih mjera koje u konačnici daju određeni stupanj razine sigurnosti građevina u slučaju požara.

Npr. metoda koja je razvijena u skandinavskim zemljama (tzv. indeks-metoda) za ocjenjivanje razine sigurnosti građevina od drveta u slučaju požara [31] koristi 18 parametara, a to su:

1. Broj i vrsta korisnika (pokretni, nepokretni i sl.)
2. Sadržaj prostora (požarno opterećenje)
3. Građevni materijali (obloge i izolacija) koji mogu pridonijeti požaru
4. Požarno odjeljivanje (veličina, broj, složenost)
5. Otpornost na požar nosivih konstrukcija
6. Brtvljenje na granicama požarnih odjeljaka
7. Vrata (vatrootporna i dimonepropusna) između korisničkih prostora i evakuacijskih putova
8. Prozori (udaljenost prostora zbog prijenosa požara)
9. Postojanje i izvedba potkrovlja
10. Izvedba pročelja (gorivost materijala, požarne barijere iznad prozora, ventilirana izvedba i dr.)
11. Izvedba putova za evakuaciju - broj, dimenzije, materijali koji se koriste, sustavi za odimljavanje
12. Sustavi za detekciju (vatrodojava)
13. Alarmni sustavi
14. Sustavi za kontrolu dima
15. Sustavi za automatsko gašenje
16. Udaljenost i opremljenost vatrogasaca
17. Udaljenost i vrsta susjednih zgrada
18. Postojanje službe za upravljanje u slučaju požara i edukaciju, odnosno obvezu praktičnih vježbi.

Na temelju ocjene i numeričkog pridruživanja određenih vrijednosti pojedinom parametru dobiva se razina sigurnosti građevine koja mora biti prihvatljiva. Ako ta razina nije u skladu sa zahtijevanom, potrebno je poduzeti promjenu kritičnih parametara, što ovisi o konkretnom slučaju. U tom smislu treba promatrati primjenu gorivih materijala u građevinama, koji nesumnjivo imaju nepovoljniji utjecaj na razvoj požara u građevini od negorivih materijala (prije svega glede toksičnosti). Međutim, njihovu primjenu zbog drugih dobrih svojstava u praksi nije moguće spriječiti, pa primjenom drugih mjera treba umanjiti potencijalne negativne učinke tih materijala u slučaju požara.

4 HRVATSKI PROPISI KOJI REGULIRAJU PODRUČJE ZAŠTITE OD POŽARA U GRAĐEVINAMA

Opći pristup projektiranju građevina u dijelu zaštite od požara definiran je s više zakona od kojih su osnovni: *Zakon o zaštiti od požara* (NN 92/10) i *Zakon o gradnji* (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19). Tim je zakonima određeno da je sigurnost građevine u slučaju požara jedan od temeljnih zahtjeva za građevinu. Prema članku 8. Zakona o gradnji, temeljni zahtjevi za građevinu su:

1. mehanička otpornost i stabilnost
2. sigurnost u slučaju požara
3. higijena, zdravlje i okoliš
4. sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe
5. zaštita od buke
6. gospodarenje energijom i očuvanje topline
7. održiva uporaba prirodnih izvora.

U članku 10. Zakona o gradnji detaljnije se razrađuje temeljni zahtjev sigurnosti u slučaju požara, pa se navodi da građevine moraju biti projektirane i izgrađene tako da u slučaju izbijanja požara:

1. nosivost građevine može biti zajamčena tijekom određenog razdoblja
2. nastanak i širenje požara i dima unutar građevine budu ograničeni
3. širenje požara na okolne građevine bude ograničeno
4. korisnici mogu napustiti građevinu ili na drugi način biti spašeni
5. sigurnost spasilačkog tima bude uzeta u obzir.

Smisleno, isti zahtjev naveden je i u članku 25. Zakona o zaštiti od požara gdje se govori o bitnim zahtjevima za građevinu u području zaštite od požara, no kako se radi o nešto starijem propisu, on nije usklađen s novom terminologijom koja govori o temeljnim zahtjevima za građevinu.

4.1 Kako se određuju mjere zaštite od požara u fazi izrade glavnog projekta građevine

Citiranim zakonima riješena je i procedura projektiranja građevina u području zaštite od požara, pa se u članku 28. Zakona o zaštiti od požara navodi:

„Podaci za projektiranje mjera zaštite od požara u glavnom projektu, koji je sastavni dio potvrde glavnog projekta (...), dobivaju se iz elaborata zaštite od požara koji je poslužio kao podloga za njegovu izradu.“

U stavku 2. istog članka određena je izrada elaborata zaštite od požara samo za građevine skupine 2, što podrazumijeva

složenije građevine. Koje građevine spadaju u skupinu 2 definirano je *Pravilnikom o razvrstavanju građevina u skupine po zahtjevnosti mjera zaštite od požara (NN 56/2012)*.

Stavkom 3. istog članka određeno je tko može izrađivati elaborat zaštite od požara, a to može biti samo ovlaštena (licencirana) osoba, dok je člankom 69. *Zakona o gradnji* određeno da svi glavni projekti moraju sadržati i podatke iz elaborata koji su poslužili kao podloga za njihovu izradu.

Iz navedenog je vidljivo da se elaboratom iznosi koncept zaštite od požara buduće građevine te drugi brojni zahtjevi, među kojima su i oni povezani s požarnim značajkama materijala i konstrukcije, koji moraju biti razrađeni glavnim projektima.

Tako izrađena projektna dokumentacija mora dobiti potvrdu javnopravnoga tijela nadležnog za poslove zaštite od požara, a to je Ministarstvo unutarnjih poslova, odnosno nadležni Područni ured civilne zaštite, što je uvjet za građevinsku dozvolu.

Izmjenama i dopunama Zakona o gradnji (NN 39/19) Elaborat zaštite od požara kao obvezni dokument koji je prethodio izradi glavnog projekta prestao je biti obavezan, a kao obavezan postao je novi dokument s nazivom **Prikaz mjera zaštite od požara**, koji je sastavni dio prve mape glavnog projekta.

Nedavno objavljenim *Pravilnikom o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevine (NN 118/19 i 65/20)* definirana su neka pitanja koja pobliže utvrđuju načine izrade i popisivanja Prikaza. Tako u članku 12. stavak 4. navodi:

“(4) Naprednim elektroničkim potpisom naslovne stranice prve mape glavnog projekta stručna osoba ovlaštena po posebnom propisu koja izrađuje Prikaz svih primijenjenih mjera zaštite od požara preuzima odgovornost u skladu s odredbama Zakona i posebnih propisa za Prikaz svih primijenjenih mjera zaštite od požara u svim dijelovima glavnog projekta za građevinu razvrstanu u 1., 2.a ili 2.b skupinu građevina, za koju se prema posebnom propisu utvrđuju posebni uvjeti zaštite od požara.”

U članku 28., s podnaslovom Prikaz svih primijenjenih mjera zaštite od požara, u više stavaka pojašnjavaju se detaljni zahtjevi u vezi s Prikazom ZOP-a pa se u tom članku navodi:

„(1) Za građevine kod kojih se utvrđuju posebni uvjeti zaštite od požara, ispunjavanje temeljnog zahtjeva sigurnosti u slučaju od požara dokazuje se u svim dijelovima glavnog projekta u skladu s člankom 27. ovoga Pravilnika te Prikazom svih primijenjenih mjera zaštite od požara kao sastavnog dijela prve mape glavnog projekta.

(2) Prikaz svih primijenjenih mjera zaštite od požara jest skup podataka o sustavnoj zaštiti od požara koji podrazumijeva organizacijske mjere i radnje za otklanjanje opasnosti od nastanka požara u građevini, rano otkrivanje požara u građevini, obavješćivanje korisnika građevine o izbijanju požara, sprječavanje širenja požara i dima u građevini te učinkovito gašenje požara u građevini, sigurno spašavanje ljudi i životinja ugroženih požarom građevine, sprječavanje i smanjenje štetnih posljedica požara u građevini.

(3) Prikaz svih primijenjenih mjera zaštite od požara obvezno sadrži zaključak da je u svim dijelovima glavnog projekta dokazano ispunjenje temeljnog zahtjeva sigurnosti u slučaju od požara.

(4) Detaljan sadržaj Prikaza svih primijenjenih mjera zaštite od požara određuje se posebnim propisom.

(5) U suradnji s glavnim projektantom Prikaz svih primijenjenih mjera zaštite od požara izrađuje stručna osoba ovlaštena po posebnom propisu.”

Na kraju u Prijelaznim i završnim odredbama u članku 51. navodi se:

„Do donošenja posebnog propisa iz članka 28. stavka 4. ovoga Pravilnika detaljan sadržaj Prikaza svih primijenjenih mjera zaštite od požara određuje nadležno javnopravno tijelo u postupcima izdavanja posebnih uvjeta iz područja zaštite od požara, a stručnom osobom koja izrađuje i supotpisuje taj Prikaz smatra se osoba ovlaštena za izradu elaborata zaštite od požara na temelju posebnog propisa.”

Pravilnikom o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina riješena je većina dilema koje su ostale nakon donošenja novih izmjena Zakona o gradnji. Međutim, i dalje ostaje ključno pitanje sadržaja Prikaza mjera zaštite od požara, koje će odrediti karakter tog dokumenta i sustav edukacije svih sudionika ovog procesa (od projekatara, inspektora, pa do nadzornih inženjera), a ostaje i pitanje razloga ukidanja Elaborata kao izvora ulaznih podataka za sve projekte. Uz navedeno, činjenica je da su oba zakona na snazi (Zakon o zaštiti od požara koji traži Elaborat i Zakon o gradnji koji traži Prikaz mjera zaštite od požara), što dovodi do zaključka da slijedi još dug put do usklađenja tih zakona, ali i usklađenja i donošenja brojnih podzakonskih akata.

Detaljni zahtjevi za projektiranje građevina u području zaštite od požara, pa tako i zahtjevi u vezi s požarnim značajkama toplinsko-izolacijskih materijala određeni su nizom podzakonskih akata tzv. pravilnika od koji je najznačajniji novi pravilnik, koji je u bitnim dijelovima, usklađen s europskom regulativom iz tog područja. Radi se o **Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara** (NN 29/13 i 87/15).

4.2 Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, 87/15)

Pravilnik detaljno obrađuje temeljne zahtjeve za građevinu, što je razrađeno u sljedećim poglavljima tog propisa:

- Temeljne odredbe
- Otpornost na požar konstrukcija i elemenata
- Reakcija na požar građevnih proizvoda
- Sprječavanje širenja vatre i dima unutar građevine
- Sprječavanje širenja požara na susjedne građevine
- Sustavi za odvodnju dima i topline te sustavi nadtlaka
- Evakuacijski putovi
- Zaštita spašavatelja.

U sklopu prvog poglavlja zgrade i građevine podijeljene su u podskupine prema zahtjevnosti zaštite od požara u skladu s kojom se, između ostalog, određuju i požarne značajke toplinsko-izolacijskih materijala. Detaljni zahtjevi kojima se određuju požarne značajke materijala obrađeni su u poglavlju 1.2.1 *Reakcija na požar*.

4.3 Podjela zgrada i građevina u podskupine prema zahtjevnosti zaštite od požara

Kriteriji za podjelu obuhvaćaju više parametara od značaja za razvoj požara te mogućnosti gašenja i spašavanja osoba. Osnovni kriteriji podjele povezani su s kotom poda za boravak ljudi, površinom zgrade ili požarnog odjeljka, brojem osoba koje se nalaze u građevini, statusom tih osoba glede njihove mogućnosti za evakuaciju te dostupnosti otvora na pročelju za intervenciju spašavanja i gašenja požara.

ZGRADE PODSKUPINE 1 (ZPS 1)

slobodno stojeće su zgrade, s najmanje tri strane dostupne vatrogascima za gašenje požara s razine terena, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do sedam metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan ili jednu poslovnu jedinicu, tlocrtne (bruto) površine do 400 m² i do ukupno 50 korisnika.

ZGRADE PODSKUPINE 2 (ZPS 2)

slobodno stojeće su zgrade i zgrade u nizu, koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do sedam metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže najviše tri stana odnosno najviše tri poslovne jedinice pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400 m² i ukupno do 100 korisnika.

ZGRADE PODSKUPINE 3 (ZPS 3)

zgrade su koje sadrže do tri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do sedam metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, u kojima se okuplja manje od 300 osoba, a nisu obuhvaćene podskupinama ZPS 1 i ZPS 2.

ZGRADE PODSKUPINE 4 (ZPS 4)

zgrade su koje sadrže do četiri nadzemne etaže s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 11 metara mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, i koje sadrže jedan stan odnosno jednu poslovnu jedinicu bez ograničenja tlocrtne (bruto) površine ili više stanova odnosno više poslovnih jedinica pojedinačne tlocrtne (bruto) površine do 400 m² i ukupno do 300 korisnika.

ZGRADE PODSKUPINE 5 (ZPS 5)

zgrade su s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi do 22 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, a koje nisu razvrstane u podskupine ZPS 1, ZPS 2, ZPS 3 i ZPS 4, kao i zgrade koje se pretežno sastoje od podzemnih etaža, zgrade u kojima borave nepokretne i osobe smanjene pokretljivosti te osobe koje se ne mogu samostalno evakuirati (bolnice, domovi za stare i nemoćne, psihijatrijske ustanove, jaslice, vrtići i slično) te zgrade u kojima borave osobe kojima je ograničeno kretanje iz sigurnosnih razloga (kaznene ustanove i slično) i/ili imaju pojedinačne prostore u kojima se može okupiti više od 300 osoba.

VISOKE ZGRADE

imaju kotu poda najviše etaže za boravak ljudi iznad 22 metra mjereno od kote vanjskog terena s kojeg je moguća intervencija vatrogasaca, odnosno evakuacija ugroženih osoba, uporabom automehaničkih ljestvi odnosno autoteleskopske košare ili zglobne platforme.

Radi lakše usporedbe zahtjeva za pojedinu podskupinu zgrada, isti su prikazani u tablici 14.

Kad se radi o industrijskim građevinama, člankom 6. stavkom 3. citiranog propisa utvrđeno je:

“Razredi reakcije na požar građevnih proizvoda industrijskih građevina određuju se prema podskupini u koju se razvrstavaju prema zahtjevnosti zaštite od požara ako posebnim propisom nije drukčije određeno. Ako je mjerilo za razvrstavanje broj osoba u građevini, podrazumijeva se smjena s najvećim brojem osoba koje se mogu zateći u građevini.”

Tablica 16 Zahtjevi zaštite od požara za pojedinu podskupinu zgrada

Zahtjevi / Podskupina zgrada	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
Kota poda najviše etaže za boravak ljudi, m	7 m	7 m	7 m	11 m	< 22 m	≥ 22 m
Ukupna površina	≤ 400 m ²	≤ 1200 m ²	Nema ograničenja	Nema ograničenja	Nema ograničenja	Nema ograničenja (posebni Pravilnik u izradi)
Pojedinačna bruto površina poslovnih, odnosno stambenih jedinica	≤ 400 m ²	≤ 400 m ²	Nema ograničenja	Nema ograničenja ako je jedna stambena ili poslovna jedinica ≤ 400 m ² po poslovnoj ili stambenoj jedinici	Nema ograničenja	Nema ograničenja (posebni Pravilnik u izradi)
Max. broj jedinica	1	≤ 3	Nema ograničenja	Nema ograničenja	Nema ograničenja	Nema ograničenja (posebni Pravilnik u izradi)
Broj korisnika	≤ 50 ukupno	≤ 100 ukupno	≤ 300 ukupno	≤ 300 ukupno	≥ 300 u pojedinačnom prostoru	Nema ograničenja (posebni Pravilnik u izradi)

4.4 Zahtjevi Pravilnika u vezi s požarnim značajkama građevnih proizvoda koji se ugrađuju u građevine

Zahtjevi u vezi požarnih značajki materijala koji se ugrađuju u građevine određeni su člankom 6. citiranog Pravilnika u kojem se navodi:

„(1) Građevni proizvod koji se ugrađuje u građevinu treba zadovoljiti zahtjeve glede reakcije na požar prema Prilogu 2, tablicama 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11. i 12. ovog Pravilnika, u skladu s hrvatskom normom HRN EN 13501-1 i HRN EN 13501-5”.

U nastavku teksta prikazane su samo tablice u kojima su dani zahtjevi za toplinsko-izolacijske materijale s komentarima koji su povezani s problemima koje pojedine odredbe tog Pravilnika stvaraju u odnosu na uobičajenu tehničku praksu.

Tablica 17 Zahtjevi za razrede reakcije na požar građevnih elemenata u pročeljima (Prilog 2, tablica 4. Pročelja iz Pravilnika [37])

Građevni dijelovi	Zgrade podskupine (ZPS)								
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4		ZPS5	Visoke zgrade		
Ovješeni ventilirani elementi pročelja									
Klasificirani sustav	E	D-d1	D-d1	C-d1		B-d1	A2-d1		
ili									
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama									
Vanjski sloj	E	D	D	A2-d1	ili	B-d1	B-d1	A2-d1	
Potkonstrukcija									
- štapasta	E	D	D	D	ili	D	C	A2	
- točkasta	E	D	A2	A2		A2	A2	A2	A2
- izolacija	E	D	D	B		A2	A2	A2	A2
Toplinski kontaktni sustav pročelja									
Klasificirani sustav	E	D	D-d1	C-d1		B-d1	A2-d1		
ili									
Sastav slojeva sa sljedećim klasificiranim komponentama									
- pokrovni sloj	E	D	D	C		B-d1	A2-d1		
- izolacijski sloj	E	D	C	B		A2	A2		

KOMENTAR NA ZAHITJEVE TABLICE 17:

Uočeni problemi iz citirane tablice, proizašli su iz zahtjeva za razredima reakcije na požar toplinsko-izolacijskih materijala u nekim skupinama zgrada (ZPS-ova), kao i zbog nejasnoća vezanih za izolacijske slojeve koji nisu toplinski (npr. hidro izolacijske slojeve, parne brane i sl.). U nekim tablicama se navodi termin „toplinska izolacija“, a u drugim „izolacijski sloj“ ili „izolacijski sloj tj. toplinska izolacija“. Budući da hidroizolacije, parne brane i slični slojevi u pravilu imaju niske razrede reakcije na požar (uglavnom E), često je nemoguće na tržištu pronaći građevni proizvod u zahtijevanom razredu. Iz tih razloga u nekim su slučajevima zahtjevi teško provedivi i/ili traže nerazuman trošak koje istovremeno ne prati povećana razina zaštite od požara zbog koje su ti zahtjevi i propisani. Neki od tih problema vezanih za zaštitu od požara pročelja detaljno su obrađeni u posebnom priručniku istog izdavača (Zaštita pročelja zgrada od požara, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2017. [38]), pa se tamo analizirani problemi neće posebno komentirati. Ostali, tamo neobrađeni problemi, koji pokazuju potrebu za drugim pristupom analizirani kroz prikaz prakse zemalja EU-a čiji su zahtjevi detaljnije razrađeni, pa time i jasniji i provediviji u praktičnoj primjeni bez narušavanja razine sigurnosti zaštite od požara.

Ovdje je svakako najrelevantnija austrijska smjernice OIB 2 [39], koja je u tom dijelu bila uzor pri izradi hrvatskog pravilnika. U tom smislu prenosi se dio tablice (tablica 18) i citiranog dokumenta [39] iz kojeg je vidljivo da su zahtjevi za razredom reakcije na požar toplinsko-izolacijskih slojeva znatno blaži i pri tome dopuštaju i odstupanja koja, između ostalog, omogućuju primjenu drveta kao modernog materijala koji se posljednjih godina često koristi na pročeljima zgrada u europskim zemljama. Pritom treba napomenuti da podjela zgrada po skupinama u našem propisu (ZPS 1-5 i visoke zgrade) ima nešto drukčije kriterije¹ od onih u OIB-u (ovdje označenih s GK 1-5), pa se usporedba razreda reakcije na požar ne može u potpunosti izjednačiti i izravno primijeniti bez sagledavanja tih razlika. Međutim, s obzirom na znatno strože zahtjeve glede prekidnih udaljenosti (od 1 m do 5 m) kod podjele zgrada na požarne odjeljke (slika 20), koji zahtijevaju izvedbu tih prekida s negorivim materijalima reakcije na požar A1 ili A2, ovakav pristup sigurno je prihvatljiv i u hrvatskoj regulativi, jer stupanj zaštite od požara ostaje i dalje visok.



Slika 20 Primjer izvedbe pojaseva od negorivog materijala kod gorive toplinske izolacije pročelja u skladu sa zahtjevima hrvatskog propisa u širinama od 1,2 metra po vertikali te 2 metra i 5 metara kod horizontalnog spoja požarnih odjeljaka [38]

¹ Prema hrvatskom propisu kao dodatni kriteriji uveden je broj osoba u zgradi te njihova pokretljivost u slučaju evakuacije (pokretni, nepokretni ili osobe s ograničenom pokretljivošću) dok zahtjevi u OIB-u vezani samo za prostorne parametre zgrade. Također u skupini GK 5 postoji dodatna podjela na zgrade sa 6 i manje nadzemnih katova one koje imaju više od 6 katova.

Tablica 18 Opći zahtjevi glede reakcije na požar (iz tablice 1a, OIB 2: Opći zahtjevi za ponašanje u slučaju požara [39])

RAZRED ZGRADE (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 nadzemnih katova	> 6 nadzemnih katova
1. Fasade						
1.1 Vanjski zidovi – Sustavi za toplinsku izolaciju	E	D	D	C-d1	C-d1	C-d1
1.2 Fasadni sustavi, ovješene ventilirane, ventilirane ili neventilirane fasade						
1.2.1 Klasificirani skupni sustav ili	E	D-d1	D-d1	B- d1 ⁽¹⁾	B-d1 ⁽¹⁾	B - d1
1.2.2 Klasificirane pojedinačne komponente						
– Vanjski sloj	E	D	D	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽³⁾
– Potkonstrukcija trakasta/ točkasta	E/E	D/D	D/A2	D / A2	D / A2	C / A2
– Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija	E	D	D	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	B ⁽³⁾
1.3 Ovješene fasade						
Pojedinačne komponente						
– Profil (okvir, stup ili zasun)	E	D	D	D	D ⁽¹²⁾	A2
– Ispuna staklom	E	D	D	C-d2	B-d1	B-d1
– Ispuna pločom (panelom)	E	D	D	A2-d1 ^(12,13)	A2-d1 ^(12,13)	A2-d1
– Brtvljenje između ispune i profila	E	E	E	E	E	E
– Premazivanje (ako nije ispitano s profilom ili ispunom)	E	D	D	D	B	B
1.4 Ostale oplate ili obloge vanjskih zidova i nenosivi vanjski građevni dijelovi	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1 ⁽⁴⁾	B-d1
1.5 Materijal za granične spojeve	E	E	E	A2	A2	A2
1.6 Ispune ograda balkona, lođa i sl.	-	-	-	B ⁽⁴⁾	B ⁽⁴⁾	B
(1) Dopušteni su i drvo te drveni materijali iz razreda D, ako cjelokupni sustav zadovoljava razred reakcije na požar D-d0						
(2) Ako se izvodi izolacijski sloj / toplinska izolacija u razredu A2, dopušten je vanjski sloj razreda B-d1 od drveta ili drvenih materijala u razredu reakcije na požar D						
(3) Ako se izvodi izolacijski sloj / toplinska izolacija u razredu A2, dopušten je vanjski sloj u razredu B-d1						
(4) Dopušteno je drvo i drveni materijal u razredu D						
(12) U međuprostoru dvoslojnog ovješene pročelja najmanje A2						
(13) Za izolacijski sloj / toplinsku izolaciju razreda A2 dopušten je vanjski sloj razreda reakcije na požar B-d1 ili u drvu i materijalima na bazi drveta razreda reakcije na požar D						

Tablica 19 Zahtjevi za zidne obloge i završne slojeve glede reakcije na požar (Prilog 2, tablica 5. Zidne obloge i završni slojevi iz Pravilnika [37])

Građevni dijelovi	Zgrade podskupine (ZPS)															
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade										
Unutarnje zidne obloge, izuzimajući evakuacijske putove																
Klasificirani sustav	D	D	D	D	D	B										
ili																
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama																
- obloga	D	B	D	B	C	B	C	B	A2							
- izolacija	C	ili	E	C	ili	E	C	ili	D	B	ili	D	B	ili	C	A2
Unutarnje zidne obloge, u evakuacijskim putovima																
Klasificirani sustav	NIJE PRIMJENJIVO	D	C	B	A2	A2										
ili																
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama																
- obloga	NIJE PRIMJENJIVO	D	C	A2	B	A2	B	A2	A2							
- potkonstrukcija	NIJE PRIMJENJIVO	D	A2	ili	A2	A2	ili	A2	A2	ili	A2	A2				
- izolacija	NIJE PRIMJENJIVO	C	B	D	A2	C	A2	B	A2							
Unutarnji završni slojevi zida unutar evakuacijskih putova																
- pokrovni sloj	NIJE PRIMJENJIVO	D	C-s1, d0	C-s1, d0	B-s1, d0	A2-d0										
- izolacijski sloj	NIJE PRIMJENJIVO	D	C-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0										

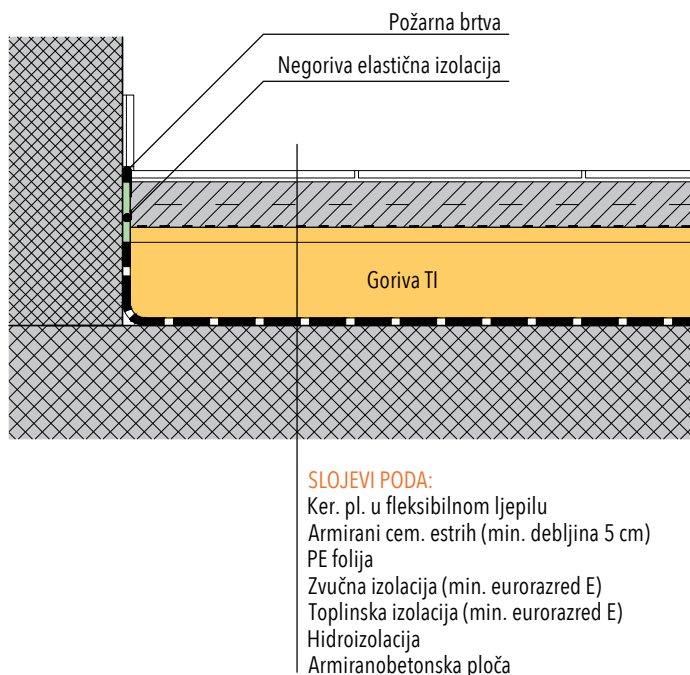
Tablica 20 Zahtjevi za građevne proizvode za podove i stropove glede reakcije na požar (Prilog 2, tablica 6. Građevni proizvodi za podove i stropove [37])

Građevni dijelovi	Zgrade podskupine (ZPS)					
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
Podne obloge na evakuacijskim putovima						
- hodnici	D _{fl}	C _{fl} -s1	C _{fl} -s1	C _{fl} -s1	A2 _{fl}	A2 _{fl}
- stubište	D _{fl}	C _{fl} -s1	C _{fl} -s1	A2 _{fl}	A2 _{fl}	A2 _{fl}
Podne obloge u neizgrađenim dijelovima potkrovlja	D _{fl}	D _{fl}	D _{fl}	A2 _{fl}	A2 _{fl}	A2 _{fl}
Podne konstrukcije						
Klasificirani sustav	D	D	D	D	B	B
ili						
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama						
Nosivi dio	D	C ili C	C ili C	C ili B	B ili B	B ili A2
Izolacijski sloj	E	C ili D	C ili D	B ili C	B ili C	A2 ili C
Konstrukcije ispod neobrađene stropne ploče uključujući i pričvršćenja osim stropne obloge						
Klasificirani sustav	D-d0	D-d0	D-d0	D-d0	D-d0	B-d0
ili						
Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama						
Potkonstrukcija	D ili D	D ili D	A2 ili A2	A2 ili A2	A2 ili A2	A2 ili A2
Izolacijski sloj	C-d0 ili D	C-d0 ili D	C-d0 ili D	B-d0 ili D-d0	B-d0 ili D-d0	B-d0 ili D-d0
Obloga ili spuštenu strop	D-d0 ili B-d0	D-d0 ili B-d0	D-d0 ili B-d0	C-d0 ili B-d0	C-d0 ili B-d0	B-d0 ili B-d0
Stropne obloge na evakuacijskim putovima						
- hodnici	NIJE PRIMJENJIVO	D	C-s1, d0	C-s1, d0	B-s1, d0	A-s1, d0
- stubište	NIJE PRIMJENJIVO	D	C-s1, d0	A-s1, d0	A-s1, d0	A-s1, d0

KOMENTAR NA ZAHTEJEVE TABLICE 20:

Toplinsko i zvučno-izolacijski sloj koji se najčešće primjenjuje u podnim konstrukcijama jest u razredu reakcije na požar E. Taj sloj u pravilu je obložen najmanje s 5 cm materijala u razredu A1 ili A2 (npr. cementni estrih + keramičke pločice). Zahtjev za taj toplinsko i zvučno-izolacijski sloj na evakuacijskim putovima kreće se u rasponu razreda reakcije na požar od E (samo za ZPS1) do B, C, D te A2 kod visokih zgrada. Uz negorivi zaštitni sloj iznad toplinsko-izolacijskog sloja i ispravno brtvljenje spojeva, ovakav zahtjev je pretjeran jer gorivi materijali ne mogu biti u kontaktu s plamenom, a i proces go-

renja u prostoru bez izravnog dotoka kisika nije realan. Grafički primjer na slici 21 pokazuje ispravan način izvedbe koji zadovoljava zahtjeve zaštite od požara i uz primjenu gorivoga toplinsko-izolacijskog materijala razreda reakcije na požar E.



Slika 21 Princip zatvaranja gorive izolacije s negorivim materijalima u podu s detaljem PP brtljenja

Nadalje, tablica 20 ne razlikuje izolacijske slojeve – toplinska izolacija (koja može biti u podnim slojevima od gorivih materijala – EPS, XPS, PUR/PIR ili negorivih – MW, CS, CG), zvučna izolacija za udarni zvuk (koja može biti od gorivih materijala – EPS, pjenasti PE, sjeckana guma ili negorivih – MW), privremena hidroizolacija (PVC ili PE folija za odjeljivanje negorivih toplinsko/zvučno izolacijskih materijala od građevinske vlage iz estriha reakcije su na požar E) ili trajna hidroizolacija mokrih prostora – koja mora biti, kod kvalitetne izvedbe, elastični hidroizolacijski premaz, traka ili folija, koji su uvijek reakcije na požar E, iznimno D – tako da je, primjerice, dosljednim pridržavanjem zahtjeva iz tablice 20, neprovediva ispravna hidroizolacijska zaštita podova u dodiru sa zemnom vlagom ili podzemnom vodom. Budući da se s gornje strane dilatacijske reške ugrađuje požarna brtva kako požar ne bi mogao doći u kontakt s gorivom toplinskom izolacijom, realno ne postoji opasnost od zapaljenja gorivog toplinsko-izolacijskog materijala okruženog negorivim materijalima. Stoga, propisani zahtjevi nisu opravdani niti tehnički provedivi.

Ovakvo rješenje uobičajeno je i u stranoj tehničkoj praksi (vidjeti citirani OIB 2 [39]).

Na tragu navedenog izraženo je mišljenje resornog Ministarstva unutarnjih poslova, Uprave za upravne i inspekcijske poslove, Sektora za inspekcijske poslove, klasa 214-02/18-21/4, ur. br. 511-01-208-18-2, datiranog 18. siječnja 2018.:

“Kod izvedbe podnih konstrukcija toplinska izolacija može biti razreda reakcije na požar E (EPS, XPS) za sve podskupine zgrada (ZPS), uz uvjet da je nosiva podna konstrukcija razreda reakcije na požar A2 propisane otpornosti na požar (armiranobetonska ploča) te da se iznad toplinske izolacije nalazi sloj materijala od najmanje 5 cm debljine razreda reakcije na požar A2 (cementna glazura i slično), odnosno da ne postoji mogućnost izravnog prijenosa požara na toplinsku izolaciju.”

Dilatacijska fuga uza zid mora biti izvedena od negorivog materijala, razreda reakcije na požar A1 ili A2.

Tablica 21 Zahtjevi za krovove glede reakcije na požar (Prilog 2, tablica 7. Krovovi iz Pravilnika [37])

Konstrukcija	Zgrade podskupine (ZPS)					
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
Ravni krovovi						
Gornji sloj debljine od najmanje 5 cm šljunka ili istovrijednog materijala						
- Izolacija (hidroizolacija i slično)	E	E	E	E	D	D
- Toplinska izolacija*	E	D	D	C	B	A2
Kad gornji sloj ne odgovara prethodnoj točki						
Izolacija	BKROV (t1)	BKROV (t1)	BKROV (t1)	BKROV (t1)	BKROV (t1)	NIJE PRIMJENJIVO
- Toplinska izolacija*	E	E	E	C	B	
Kosi krovovi ($20^\circ \leq \text{nagib} \leq 60^\circ$)						
- Pokrov	$B_{\text{KROV}}(t1)$	$B_{\text{KROV}}(t1)$	$B_{\text{KROV}}(t1)$	$B_{\text{KROV}}(t1)$	A2	A2
- Krovna ljepenka i folije	E	E	E	E	E	A2
- Krovna konstrukcija	E	E	E	A2	A2	A2
- Toplinska izolacija	E	D	C	A2	A2	A2

*vrijedi za toplinsku izolaciju položenu na armirano-betonsku ploču, odnosno negorivu podlogu

Napomena:

U potkrovljima stambene namjene razred reakcije na požar A2 za krovne konstrukcije ZPS4 i ZPS5 postiže se gradnjom krovne konstrukcije od negorivih elemenata ili od drvene građe obložene negorivim građevnim proizvodom. Prihvatljivo je i rješenje gdje je drvena krovna konstrukcija izvana zatvorena sa svih strana negorivim elementima propisane reakcije na požar uz uvjet da unutar tog prostora nema instalacija. Tada se dopušta da drvo krovne konstrukcije ima razred reakcije na požar D u skladu s HRN EN 13986 [40]. Ako je potkrovlje poslovne namjene (npr. uredske), dopušta se uporaba prema otpornih na požar za otvorene krovne konstrukcije ako je postignut razred reakcije na požar B uz instaliran i funkcionalno ispravan sustav za automatsku detekciju, dojavu i gašenje požara (sprinkler sustav).

Ako se radi o prostoru krovišta koje nije stambene namjene ili nije predviđen za boravak ljudi (običan tavan), tada se dopušta da drvo krovne konstrukcije ima najmanje razred reakcije na požar D u skladu s HRN EN 13986 [40] ako je tavan požarno odvojen od stambenog dijela i susjednih građevina, a pokrov je razreda reakcije na požar A2. Isto tako, ako se radi o rekonstrukciji postojeće građevine koja zadire i u dio postojeće drvene konstrukcije krovišta tavana, dopušta se na isti način riješiti kao u prethodnom slučaju.

KOMENTAR NA ZAHTEJEVE TABLICE 21:

Oznaka u BKROV(t1) u tablici 21 je pogrešno naveden razred otpornosti krova na djelovanja požara s vanjske strane. Ispitna ustanova ne može vrednovati rezultate ispitivanja drugačijim razredima od onih koje navodi razredbena norma. Razredbena norma HRN EN 13501-5 [20] za ispitnu metodu tzv. test 1 definira samo dva moguća razreda $B_{\text{roof}}(t1)$ i $F_{\text{roof}}(t1)$ (vidjeti Poglavlje 1.2.3).

Izolacija ravnih krovova se ne može (prema stavu ispitne norme) ispitati za dobivanje razreda $B_{\text{roof}}(t1)$, što je navedeno kao mogućnost u tablici, već samo na prije definirane razrede reakcije na požar (A-E). Prema ispitnoj normi moguće je ispitiva-

nje samo vanjskog sloja krova (pokrov) ili cjelokupnog sustava krova. Razred reakcije na požar toplinskih izolacija ravnih krovova (sa završnim slojem šljunka od 5 cm) kreće se od E za ZPS1, D za ZPS2 i ZPS3, C za ZPS4, B za ZPS5 i A2 za visoke zgrade. Ovakav zahtjev praktično znači izbacivanje materijala koji se u svijetu najčešće koriste u takvim situacijama, a to su materijali razreda E, pa se najčešće koriste materijali razreda A2 koji su, osim više cijene, i lošiji glede osjetljivosti na vlagu. Materijali toplinskih izolacija razreda E zaštićeni s donje strane nosivom stropnom armiranobetonskom konstrukcijom, a s gornje strane debljim slojem šljunka, cementnim estrihom, armiranim betonom ili nasipom zemlje na zelenom krovu, kod krovnih konstrukcija gdje nije dostupan dotok kisika za gorenje ne bi trebali imati ograničenu primjenu na ravnim krovovima. U konkretnom slučaju austrijska smjernica OIB 2 [39] dopušta i primjenu materijala razreda E pod određenim uvjetima (tablica 22).

Tablica 22 Izvod iz tablice 1a smjernice OIB- Richtlinien 2 [39]

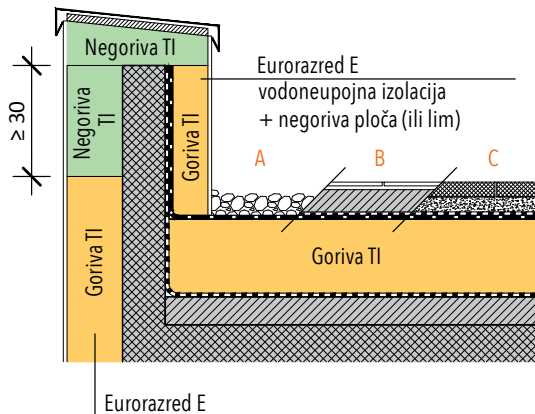
RAZRED ZGRADE (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 nadzemnih katova	> 6 nadzemnih katova
4. Krovovi s nagibom ≤ 60°						
4.1 Krov (7)	$B_{roof}(t1)$	$B_{roof}(t1)$	$B_{roof}(t1)$	$B_{roof}(t1)$	$B_{roof}(t1)^{(8)}$	$B_{roof}(t1)^{(8)}$
4.2 Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija u krovnoj konstrukciji	E	E	E	B ⁽⁹⁾	B ⁽¹⁰⁾	B ⁽¹⁰⁾
⁽⁷⁾ Kod krovova s nagibom <20° dovoljan je gornji sloj od 5 cm šljunka ili sličnog materijala						
⁽⁸⁾ Kod krovova s nagibom od ≥20° pokrov, letve, kontraletve i oplata moraju odgovarati razredu A2; za letve, kontraletve i oplatu dopušteni su drvo i drveni materijali iz razreda D						
⁽⁹⁾ U sljedećim slučajevima dopušteni su i EPS, XPS i PUR razreda reakcije na požar E: - na krovovima s nagibom od <20° tj. na stropu posljednjeg kata ili - na krovovima s nagibom od ≥20°, koji su izvedeni u razredu reakcije na požar A2 te, u skladu s tablicom 1b glede otpornosti na požar, ispunjavaju kriterije E i I						
⁽¹⁰⁾ Na krovovima s nagibom od <20° tj. na stropu gornjeg kata dopušteni su i EPS, XPS i PUR razreda reakcije na požar E, ako je strop izveden od materijala razreda reakcije na požar A2 i ako, u skladu s tablicom 1b glede otpornosti na požar, ispunjava kriterije E i I						

U napomenama (7), (9) i (10) pod određenim uvjetima (vidjeti u tablici 22) dopuštena su odstupanja zahtjeva razreda reakcije na požar za toplinsku izolaciju koja može biti u razredu E. Na tom tragu je i mišljenje nadležnog Ministarstva unutarnjih poslova, Uprave za upravne i inspeksijske poslove, Sektora za inspeksijske poslove, klasa: 214-02/19-11/17, ur.broj: 511-01-208-19-2 datiranog 27.5.2019. godine (a koji se poziva i na dopis istog izvora, klasa: 214/02/17-14/60, ur.broj: 511-01-208-17-2 datiran 20.6.2017.) u kojem se navodi:

„Kod izvedbe ravnog krova toplinska izolacija može biti razreda reakcije na požar E, uz uvjet da je nosiva krovna konstrukcija razreda reakcije na požar A2, otpornosti na požar REI 90 te da je vanjski završni sloj debljine najmanje 5 cm razreda reakcije na požar A2 (kamene ploče, glazura, keramika i slično te šljunak), odnosno da ne postoji mogućnost prijenosa požara na toplinsku izolaciju.

Ukoliko se radi o prizemnoj samostojećoj zgradi, iz koje je moguće provesti kompletno brzu evakuaciju, mišljenja smo da nosiva krovna konstrukcija može biti otpornosti na požar REI 60. U 2. izmjeni i dopuni Pravilnika, koja je u završnoj fazi donošenja, otpornost na požar nosive konstrukcije ovisit će o podskupini u koju se zgrada razvrstava.“

Iz citiranih mišljenja resornog Ministarstva proizilazi da je dopuštena primjena gorivih materijala iz razreda E za sve skupine zgrada pod uvjetima navedenim u tom dopisu.



SLOJEVI KROVA:

Završni sloj

- A. Nasip oblutaka (min. debljina 5 cm) ili
- B. Keramičke pločice
Bet. podloga (min. debljina 5 cm) ili
Drenažna traka
- C. Betonski opločnici i tucanik
(min. debljina 5 cm) ili
- D. Završni sloj koji zadovoljava $B_{roof}(t1)$

Drenažna traka

Hydroizolacija

Toplinska izolacija (min. eurorazred E)

Parna brana

Beton za nagib (ili drugi sustav postizanja nagiba sloja hidroizolacije)

AB ploča

Slika 22 Princip izvedbe gorive izolacije na ravnom krovu izvedene iznad armirano-betonske ploče razreda reakcije na požar A1 te razreda otpornosti na požar EI (30,60, 90 itd.) – odstupanje uz napomenu 10 iz prethodne tablice

Slika 22 prikazuje princip izvedbe krova, koji omogućuje korištenje gorivog toplinsko-izolacijskog materijala i kod građevina viših skupina (do ZPS 5), sukladno citiranom mišljenju MUP-a RH i prema principima i odstupanjima navedenim u novoj austrijskoj smjernici OIB. Za sada, prema hrvatskom propisu, uporaba toplinsko-izolacijskih materijala razreda reakcije na požar E moguća samo kod samostojećih zgrada skupine ZPS 1.

U konkretnom primjeru (Slika 22) goriva toplinsko-izolacijski sloj razreda reakcija na požar E, nalazi se u negorivom „sendviču“. S donje strane je negoriva (razred reakcije na požar A1) armirano betonska ploča, čija otpornost na požar može biti razreda 30, 60 ili 90, što ovisi o skupini u koju spada zgrada. S gornje strane je sloj negorivih materijala u debljini 5 cm (sloj oblutaka, keramičke pločice ili betonski opločnik). Potencijalni prijenos požara na toplinsko-izolacijski sloj krova preko pročelja riješen je prekidom od negorive izolacije u visini 30 cm, u sklopu rješenja nadozida.

Tablica 23 Zahtjevi reakcije na požar za kanale za dovod zraka, kanali i ventilacijski kanali (Prilog 2, tablica 8. Kanali za dovod zraka, kanali i ventilacijske kanale iz Pravilnika [37])

Građevni dijelovi	Zgrade podskupine (ZPS)					
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4	ZPS5	Visoke zgrade
Kanali	E	D	C	B	A2	A2
Izolacija	C ili E	C ili D	C ili D	B	B	A2
Obloge	D ili B	D ili B	D ili B	D	C	A2

Tablica 24 Zahtjevi za natkrivena parkirališta i garaže glede reakcije na požar (Prilog 2, tablica 12. Natkrivena parkirališta i garaže iz Pravilnika [37])

Građevni dijelovi	Klase građevina		
	Natkrivena mjesta za parkiranje	Garaže manje od 250 m ² (podzemne i nadzemne)	Garaže veće od 250 m ² (podzemne i nadzemne)
Podne obloge	B _{fl}	B _{fl}	A2 _{fl}
Zidne obloge			
Klasificirani sustav	BEZ ZAHTJEVA	B -s1	B -s1
ili Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama			
- izolacija	BEZ ZAHTJEVA	C	B
- obloga	BEZ ZAHTJEVA	B -s1	B -s1
Konstrukcije ispod neobrađene stropne ploče (uključujući i pričvršćenja) uključujući stropne obloge			
Klasificirani sustav	BEZ ZAHTJEVA	B -s1, d0	B -s2, d0
ili Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama			
- potkonstrukcija	BEZ ZAHTJEVA	A2	A2
- izolacija	BEZ ZAHTJEVA	C	B
- i obloge ili obješeni stropovi	BEZ ZAHTJEVA	B -s1, d0	B -s1, d0

(1) Odgovarajućim rješenjem u smislu tražene klase smatraju se i asfaltne obloge s najviše 10 % bitumena.

(2) U garažama sa sustavom za automatsku dojavu i gašenje požara podovi mogu biti od asfalta.

Mogućnost smanjenja razreda reakcije na požar građevnih proizvoda

Člankom 6. citiranog Pravilnika utvrđuje se mogućnost smanjenja razreda reakcije na požar materijala pa se navodi :

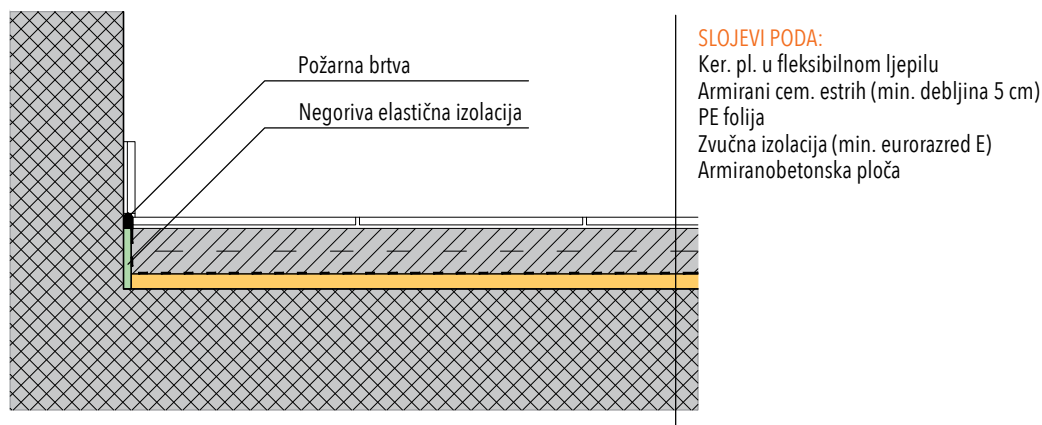
“Reakcija na požar građevnog proizvoda (...) može se u unutarnjem prostoru građevine smanjiti za jedan stupanj u slučaju kada će u građevini biti ugrađen sustav za automatsko gašenje požara.”

Svi drugi slučajevi koji u pravilu imaju razloge za smanjenje razreda reakcije na požar - kao što su slučajevi ugradnje toplinske izolacije između dvaju negorivih slojeva, primjerice između betonskih slojeva kod podnih konstrukcija, krovnih konstrukcija ili između povezanih negorivih slojeva zidova, ili ugradnje toplinskih izolacija ispod slojeva zemlje, ili debljih nasipa na ravnim krovovima, odnosno ugradnje toplinsko-izolacijskih materijala u slojevima tzv. mokrih zona - nisu obrađeni spomenutim Pravilnikom.

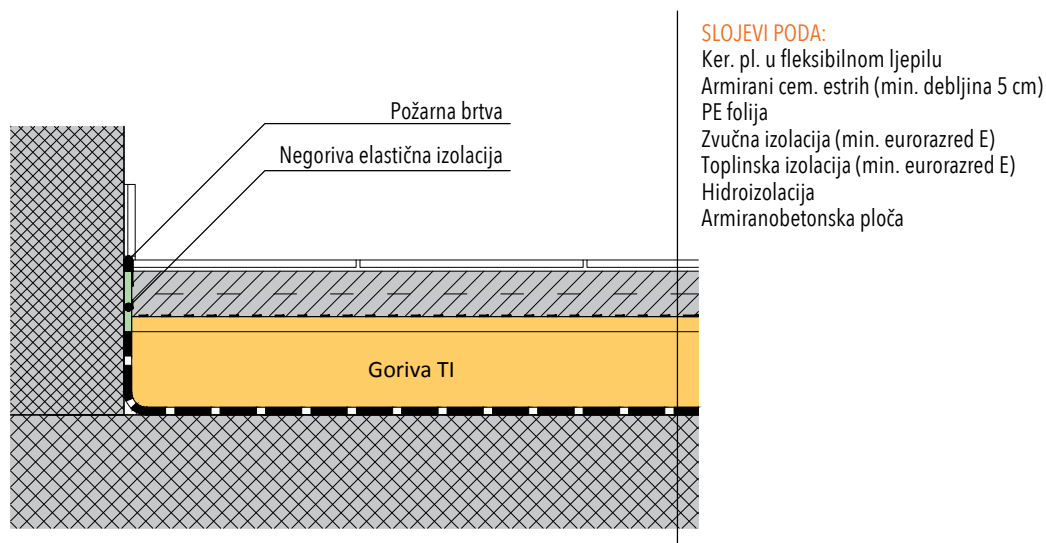
5 KONKRETNA PROJEKTANTSKA RJEŠENJA ZA POJEDINE GRAĐEVINSKE ELEMENTE I PREPORUKE ZA DOPUNU HRVATSKE REGULATIVE

5.1 Podovi

Već opisani problemi s gorivom toplinskom izolacijom razreda reakcije na požar E mogu se riješiti na način prikazan na sljedećem slikama (slike 23 i 24), koji se temelji na principu zatvaranja gorive izolacije negorivom.



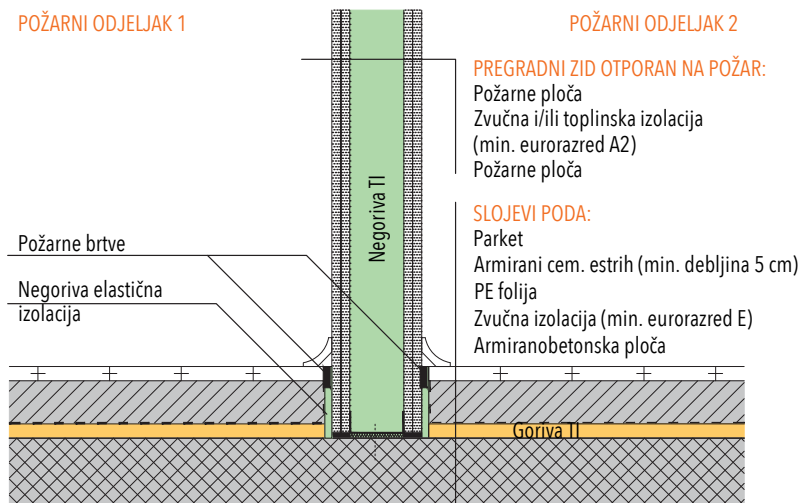
Slika 23 Rubni detalj poda međukatne konstrukcije s gorivom zvučnom i toplinskom izolacijom



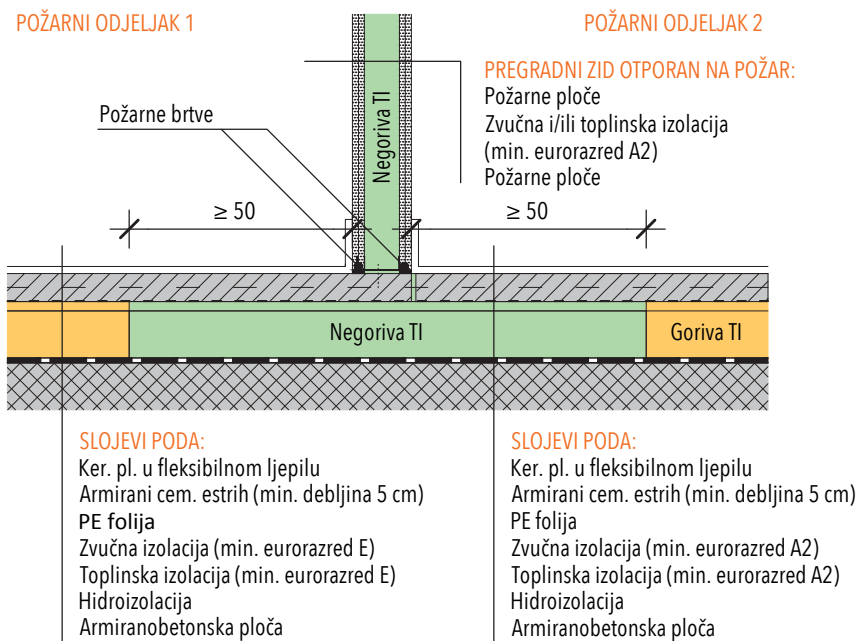
Slika 24 Rubni detalj poda na tlu s gorivom zvučnom i toplinskom izolacijom

5.2 Pregradni zidovi otporni na požar u podu s gorivom izolacijom

Mogućnost korištenja horizontalne gorive toplinske i/ili zvučne izolacije traži rješenje spoja pregradnih zidova otpornih na požar i zidova s takvom izolacijom. Na slikama 25 i 26 dani su primjeri ispravne izvedbe tog spoja.



Slika 25 Pregradni zid otporan na požar - međukatna konstrukcija



Slika 26 Pregradni zid otporan na požar - pod na tlu

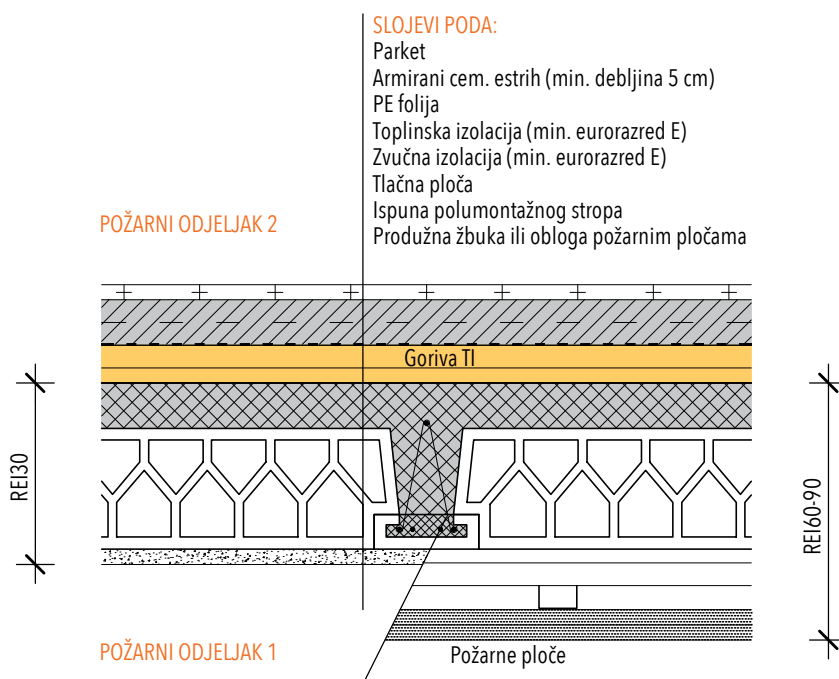
Preporuka:

Na slikama 25 i 26 dani su primjeri rješenja spoja pregradnog zida otpornog na požar s podnom, odnosno stropnom pločom iznad koje je izvedena goriva izolacija.

Na slici 26 prikazano je i drugo moguće rješenje prekida gorive zvučne i/ili toplinske izolacije u podnoj konstrukciji, koje je primjerenije koristiti u prostorima u kojima se pojavljuju otvori u podu (sifoni), a posebice ako se radi o prostorima za skladištenje zapaljivih tekućina. U tom slučaju bi se požar preko sifona (osim ako je u posebnoj izvedbi), mogao proširiti kroz slojeve toplinske izolacije u drugi požarni odjeljak. Odabir rješenja ovisi o konkretnom slučaju.

5.3 Stropovi na granici požarnog odjeljka

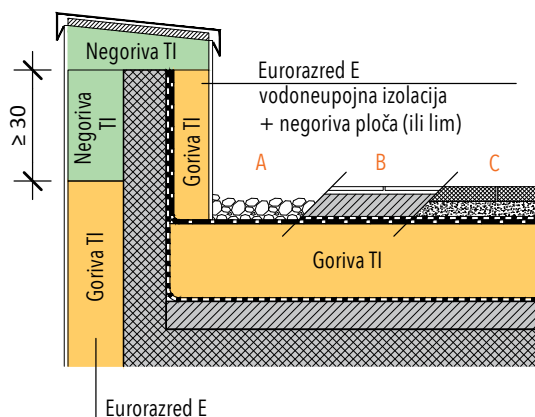
Na slici 27 prikazan je primjer pravilne izvedbe stropa otpornosti na požar REI 30 te s dodatnim požarnim pločama koje povećavaju ukupnu otpornost na požar konstrukcije do razreda REI 90. U oba slučaja dopuštena je primjena gorivih toplinsko-izolacijskih materijala bilo kojeg razreda reakcije na požar pod uvjetom njihove potpune zatvorenosti negorivim materijalima.



Slika 27 Polumontažni strop – granica između požarnih odjeljaka

5.4 Krovovi

Na slikama 28 do 31 prikazani su detalji rješenja izvedbe toplinske izolacija za zgrade pojedinih skupina prema hrvatskom propisu. Ni u jednom slučaju, osim u slučaju skupine zgrada ZPS 1, nije moguća primjena materijala eurorazreda E, iako se radi o zaštićenoj gorivoj izolaciji bez mogućega kontakta s plamenom. Prema prethodno citiranom mišljenju Ministarstva unutarnjih poslova na stranici 47, ovaj zahtjev je ublažen, no još uvijek nije donesena izmjena Pravilnika kojom bi se ova odredba promijenila.



Slika 28 Primjer rješenja zaštite toplinske izolacije kod standardnog ravnog krova s nadozidom i detaljem prekida gorive izolacije prema pročelju.

SLOJEVI KROVA:

Završni sloj

- A. Nasip oblutaka (min. debljina 5 cm) ili
- B. Keramičke pločice
Bet. podloga (min. debljina 5 cm) ili
Drenažna traka
- C. Betonski opločnici i tucanik
(min. debljina 5 cm) ili
- D. Završni sloj koji zadovoljava $B_{roof}(t1)$

Drenažna traka

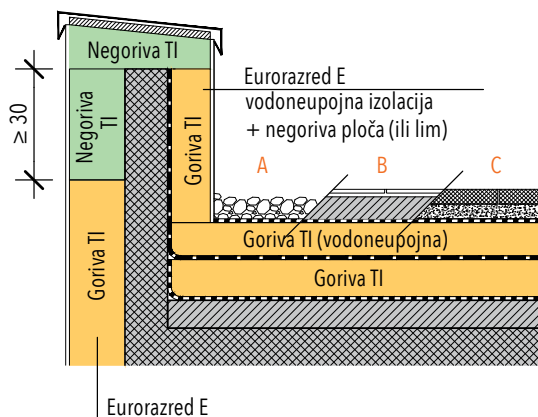
Hidroizolacija

Toplinska izolacija (min. eurorazred E)

Parna brana

Beton za nagib (ili drugi sustav postizanja
nagiba sloja hidroizolacije)

AB ploča



Slika 29 Primjer rješenja zaštite toplinske izolacije kod „duo“ krova s nadozidom i detaljem prekida gorive izolacije prema pročelju.

SLOJEVI KROVA:

Završni sloj

- A. Nasip oblutaka (min. debljina 5 cm) ili
- B. Keramičke pločice
Bet. podloga (min. debljina 5 cm) ili
- C. Betonski opločnici i tucanik
(min. debljina 5 cm) ili
- D. Završni sloj koji zadovoljava $B_{roof}(t1)$

Filc

Vodoneupojna toplinska izolacija
(min. eurorazred E)

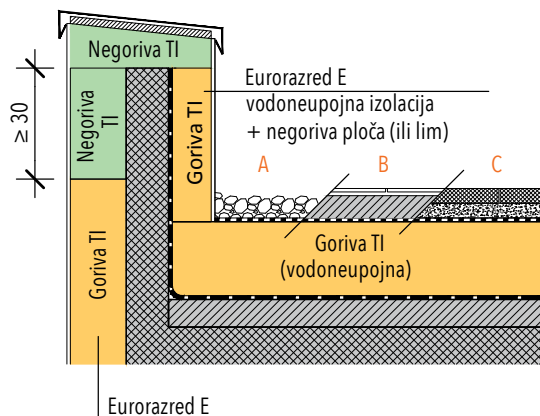
Hidroizolacija

Toplinska izolacija
(min. eurorazred E)

Parna brana

Beton za nagib (ili drugi sustav postizanja
nagiba sloja hidroizolacije)

AB ploča



Slika 30 Primjer rješenja zaštite toplinske izolacije kod „inverznog“ prohodnog krova s nadozidom i detaljem prekida gorive izolacije prema pročelju.

SLOJEVI KROVA:

Završni sloj

- A. Nasip oblutaka (min. debljina 5 cm) ili
- B. Keramičke pločice
- C. Betonski opločnici i tucanik (min. debljina 5 cm) ili
- D. Završni sloj koji zadovoljava $B_{roof}(t1)$

Filc

Vodoneupojna toplinska izolacija (min. eurorazred E)

Hidroizolacija

Beton za nagib (ili drugi sustav postizanja nagiba sloja hidroizolacije)

AB ploča

Komentar uz slike 28 - 30:

Kako je navedeno u nazivima slika 28-30, razred reakcije na požar materijala za toplinsko-izolacijske materijale ne može biti manji od razreda E, i to je prema važećem propisu moguće samo kod zgrada skupine ZPS 1. Međutim iz citiranog mišljenja MUP-a, a i tablice iz OIB-a na stranici 47-49 može se zaključiti da se toplinsko-izolacijski materijali razreda E, mogu uz prikazane načine zaštite, i druge tamo navedene uvjete, primijeniti za ravne krovove zgrada podskupina od ZPS 1 do ZPS 5. Zbog zaštite od prijenosa požara preko gorive toplinske izolacije pročelja, kod zgrada viših skupina, dodan je prekid negorivom izolacijom kod nadozida. Taj detalj nije obavezan kod zgrada skupine ZPS-1.

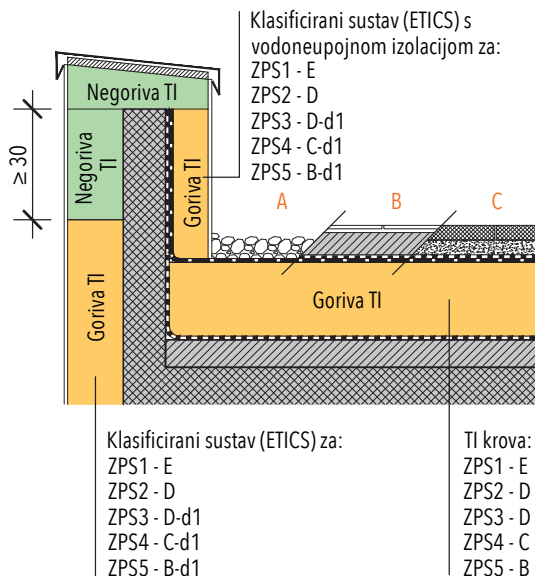
Iznimno, kod spoja zgrada različite visine obvezna je izvedba negorivih toplinsko-izolacijskih materijala (razred reakcije na požar A1 ili A2), kod krovova nižih zgrada zbog opasnosti od prijenosa požara s više zgrade. Prema hrvatskim propisima, na krovu niže zgrade zahtjeva se prekidna udaljenost u širini od 5 m (vidjeti publikaciju Zaštita pročelja zgrada od požara [38]). Prema austrijskoj smjernici OIB 2 [39], kod zgrada s krovovima različite visine, na krovu zgrade manje visine obvezna je primjena negorive toplinske izolacije. Na krovu višeg dijela zgrade je dopuštena toplinska izolacija minimalnog razreda reakcije na požar E pod uvjetima predviđenim tablicom 1., danom u dodatku ovog Priručnika, ako se dokaže da ne postoji mogućnost prijenosa požara na viši dio zgrade, ili na višu susjednu zgradu (slika 31).

* Prema austrijskim smjernicama (OIB), za zgrade ZPS 4 - 5 dozvoljeno je korištenje gorivih toplinskih izolacije eurorazreda E na najvišoj etaži ukoliko ne postoji mogućnost prijenosa požara na viši dio zgrade ili susjednu zgradu

OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik



Slika 31 Razlika u primjeni toplinske izolacije (negorivo-gorivo) kod zgrada različite visine zbog mogućnosti prijenosa požara

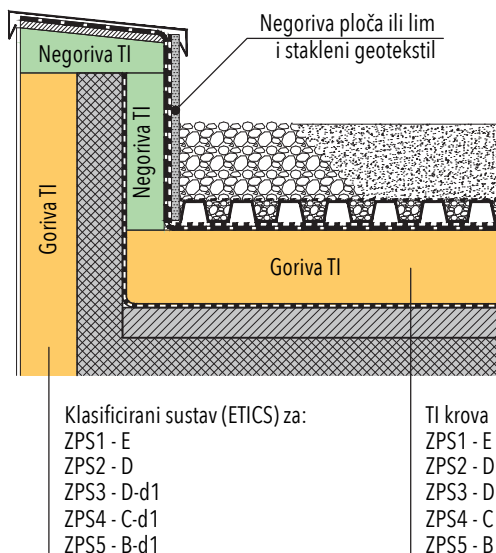


SLOJEVI KROVA:

- Negorivi završni sloj (opcionalno**)
 - A. Nasip oblutaka (min. debljina 5 cm) ili
 - B. Keramičke pločice
 - Bet. podloga (min. debljina 5 cm)
 - Drenažna PEHD traka ili
 - C. Betonski opločnici i tucanik (min. debljina 5 cm)
 - Drenažna PEHD traka ili
 - D. Završni sloj koji zadovoljava $B_{roof}(t1)$
 Hidroizolacija
 Toplinska izolacija (min. eurorazred E)
 Parna brana
 Beton za nagib (ili drugi sustav postizanja nagiba sloja hidroizolacije)
 AB ploča

Slika 32 Razredi reakcije na požar toplinsko-izolacijskih materijala prema hrvatskom propisu kod ravnog krova s nadozidom i primjene klasificiranog (ETICS) sustava pročelja

Prema Tablici 1 OIB smjernice, dane u Dodatku 1 priručnika, toplinsko-izolacijski materijal razreda reakcije na požar E dopušten je za prve tri skupine zgrada (skupine GK1, GK2 i GK3), a B za ostale skupine, tj. GK4 i GK 5. Ovdje su dopuštene iznimke, koje su ranije opisane i koje eksplicite dopuštaju i primjenu EPS-a, XPS-a i PUR-a razreda reakcije na požar E.



SLOJEVI KROVA:

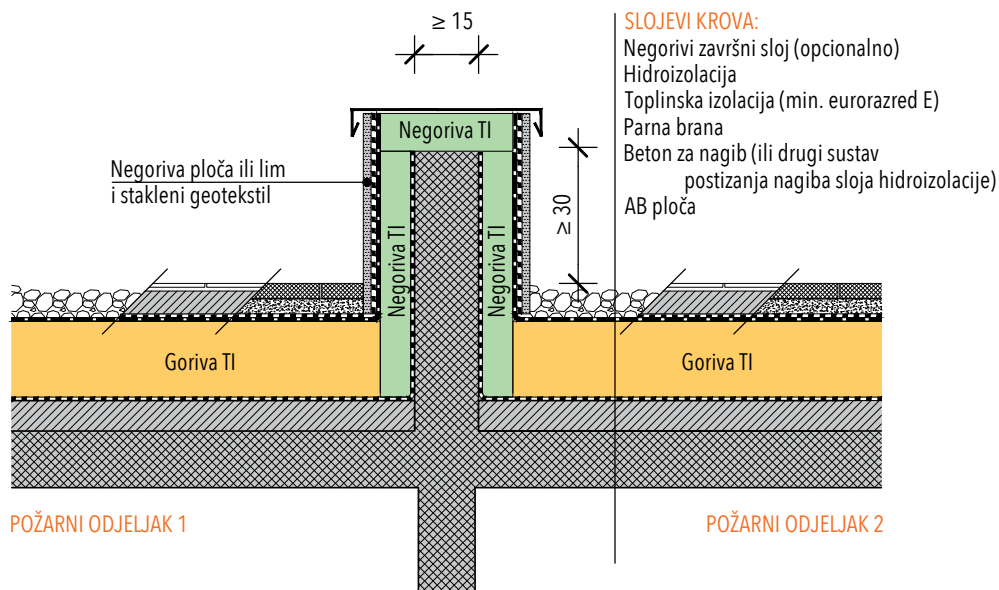
- Plodni supstrat - humus
 Geotekstil
 PEHD ili EPS drenažno akumulacijski sloj
 Hidroizolacija
 Toplinska izolacija (min. eurorazred E)
 Parna brana
 Beton za nagib (ili drugi sustav postizanja nagiba sloja hidroizolacije)
 AB ploča

Slika 33 Primjer izvedbe toplinske izolacije i njenog prekida kod zelenog ravnog krova s nadozidom sa zahtjevima iz hrvatskog propisa

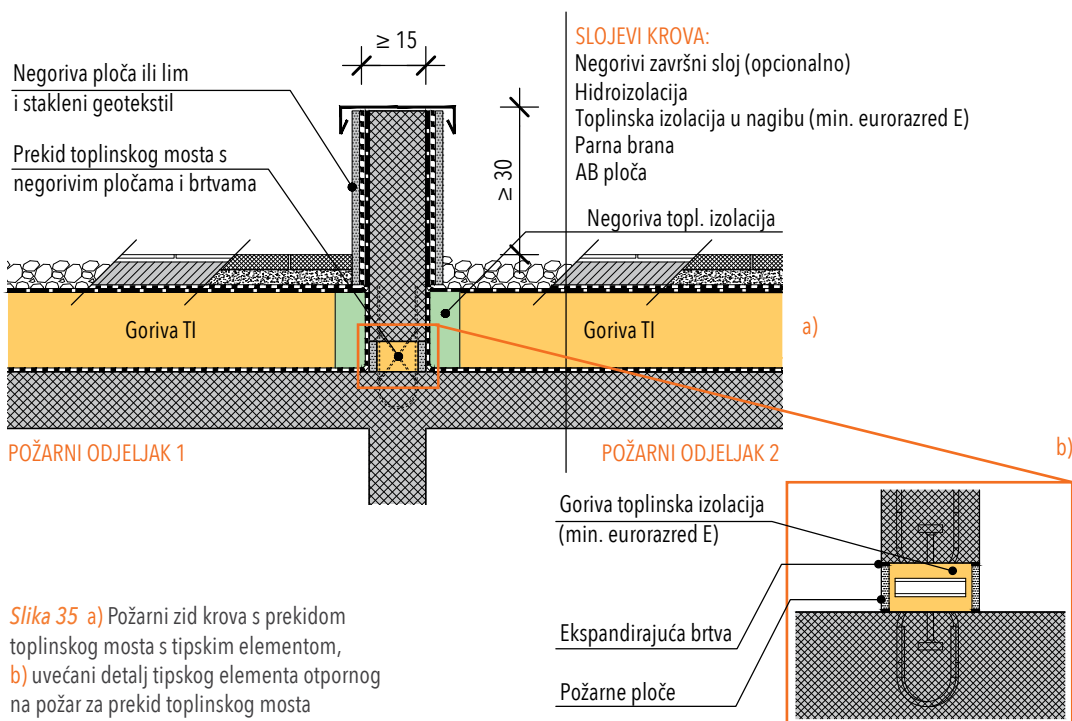
Negorivu toplinsku izolaciju nadozida u funkciji prekida kontinuiteta gorive izolacije moguće je postaviti s vanjske ili unutarnje strane nadozida. U primjeru na slici 33 negoriva toplinska izolacija nalazi se sa unutarnje strane nadozida kako bi se ostvario kontinuitet negorivih materijala – negoriva izolacija i plodni supstrat zelenog krova (humus).

5.5 Požarni zidovi na krovu s gorivom toplinskom izolacijom

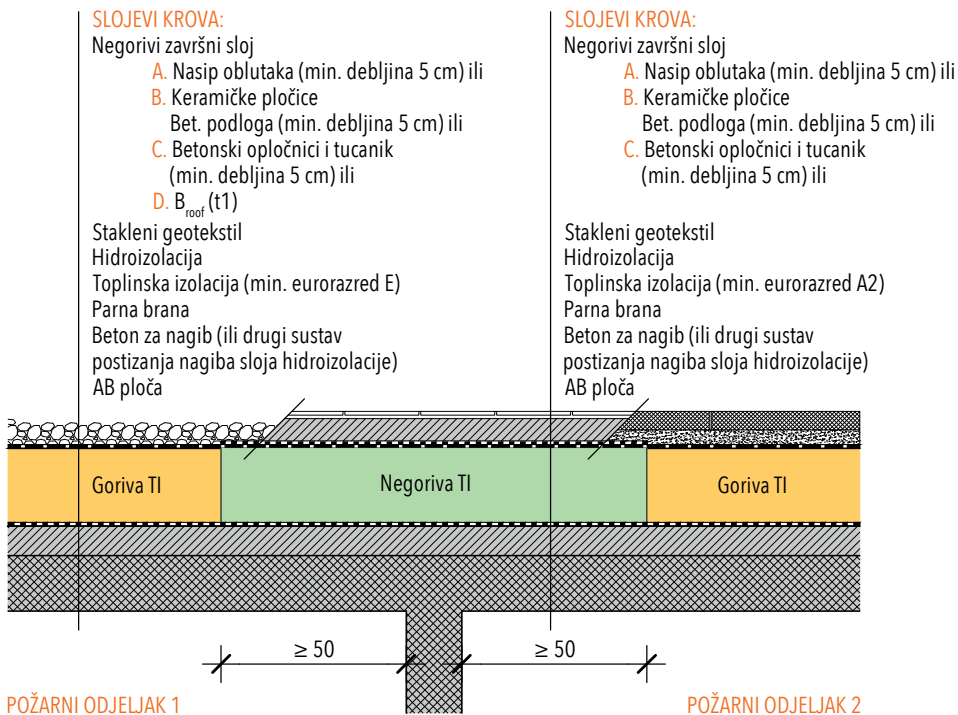
Slike 34-38 prikazuju preporuke za izvedbu požarnih zidova na ravnim i kosim krovovima s gorivom toplinskom izolacijom.



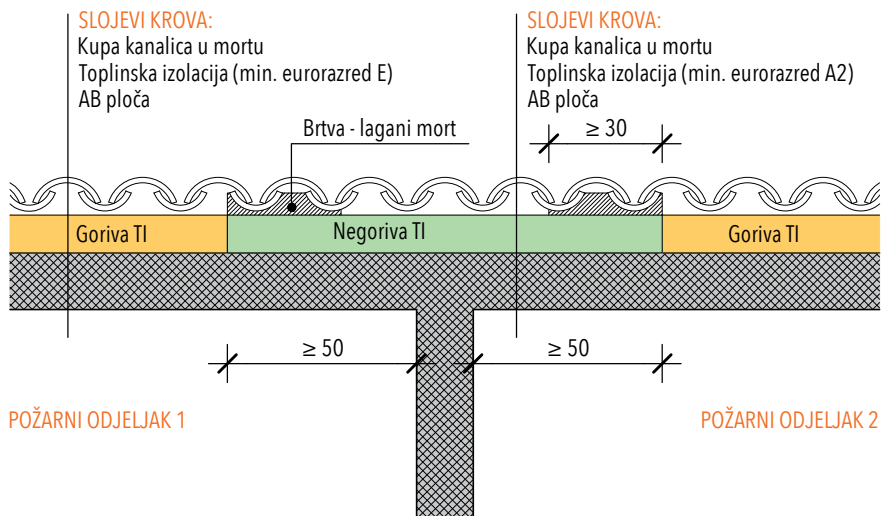
Slika 34 Požarni zid krova s prekidom kontakta negorivom toplinskom izolacijom



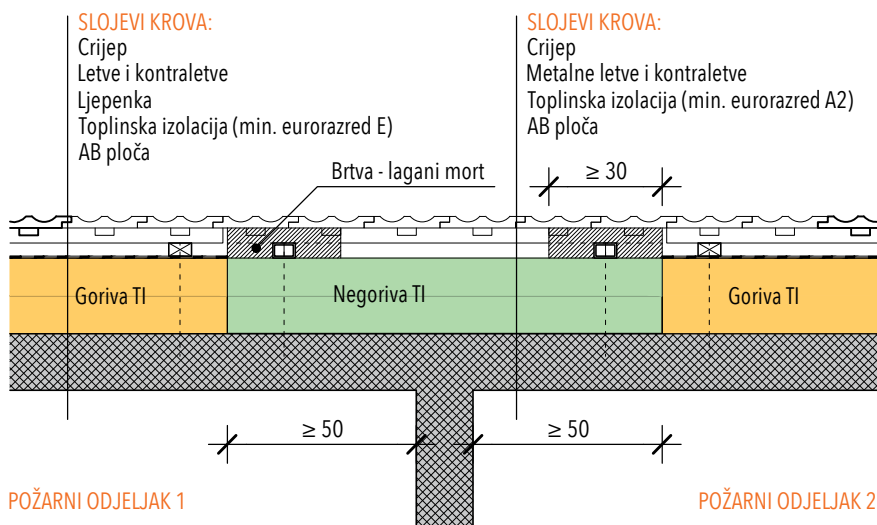
Slika 35 a) Požarni zid krova s prekidom toplinskog mosta s tipskim elementom, b) uvećani detalj tipičnog elementa otpornog na požar za prekid toplinskog mosta



Slika 36 Alternativni završetak požarnog zida na ravnom krovu - dvostruka „konzola“ iste otpornosti na požar kao i požarni zid s prekidom toplinsko-izolacijskog materijala u propisanoj širini



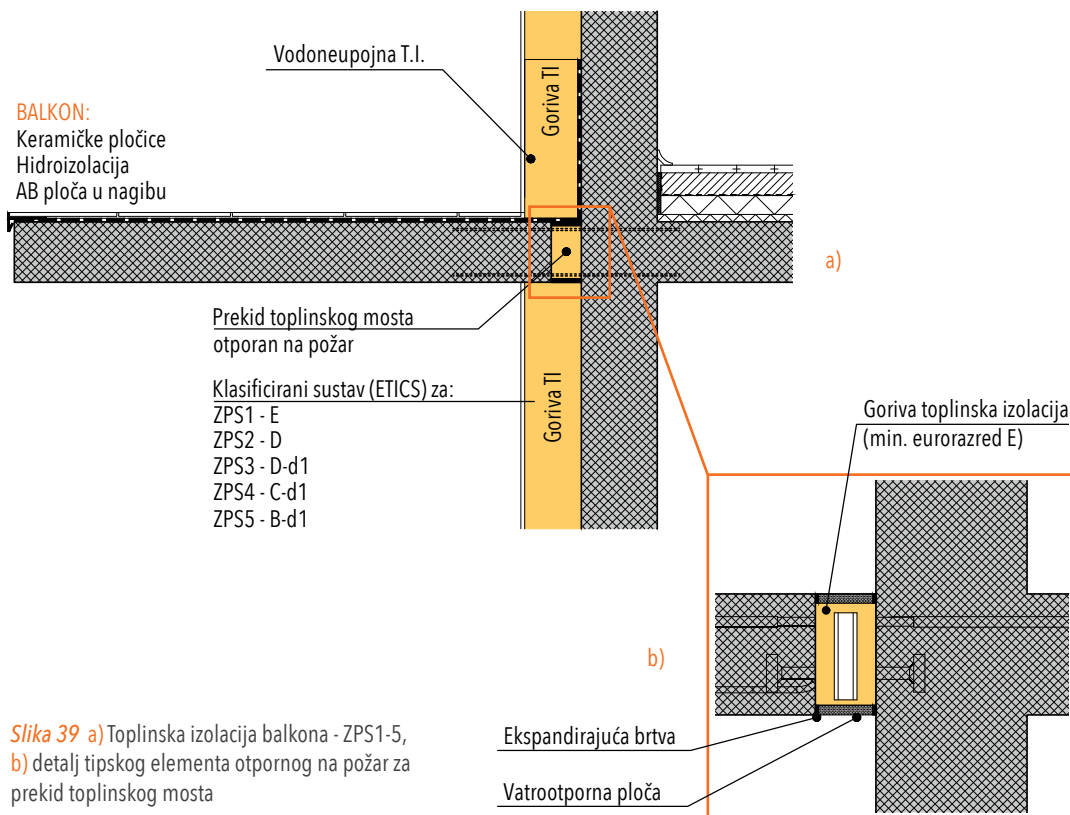
Slika 37 Detalj završetka požarnog zida kao i na slici 36. za kosi krov



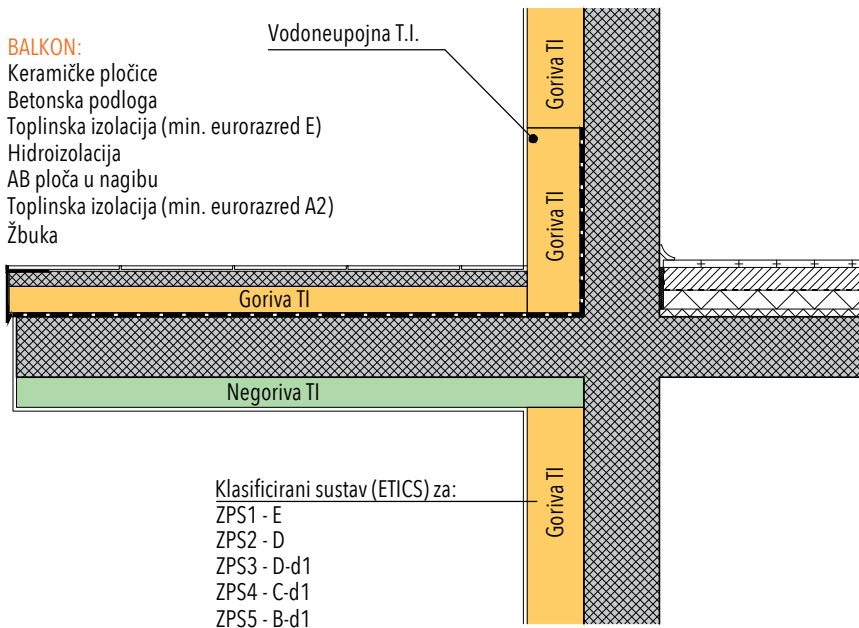
Slika 38 Detalj završetka požarnog zida kao i na slici 36. za kosi krov

5.6 Balkoni i terase

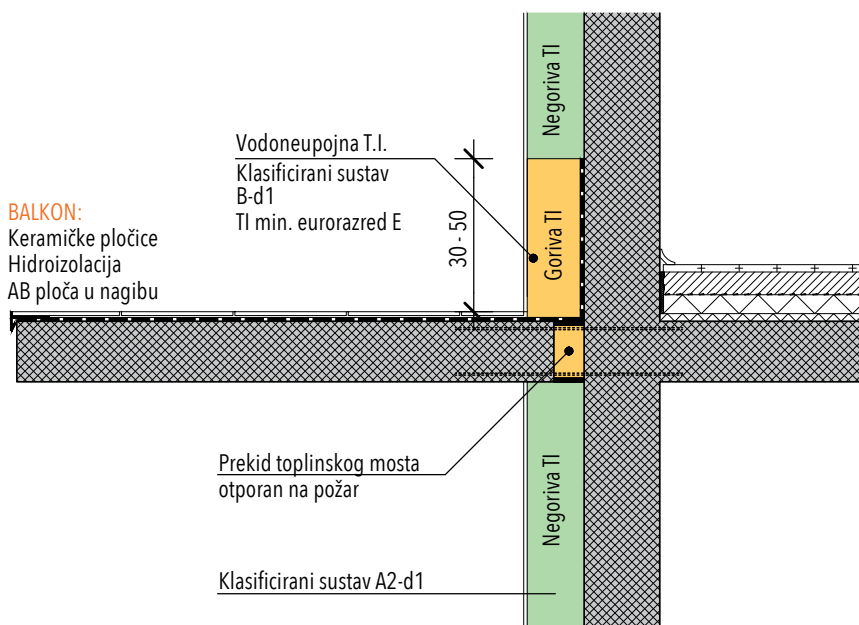
Slike 39-42 prikazuju preporuke za izvedbu toplinskih izolacija na balkonima i loggiama.



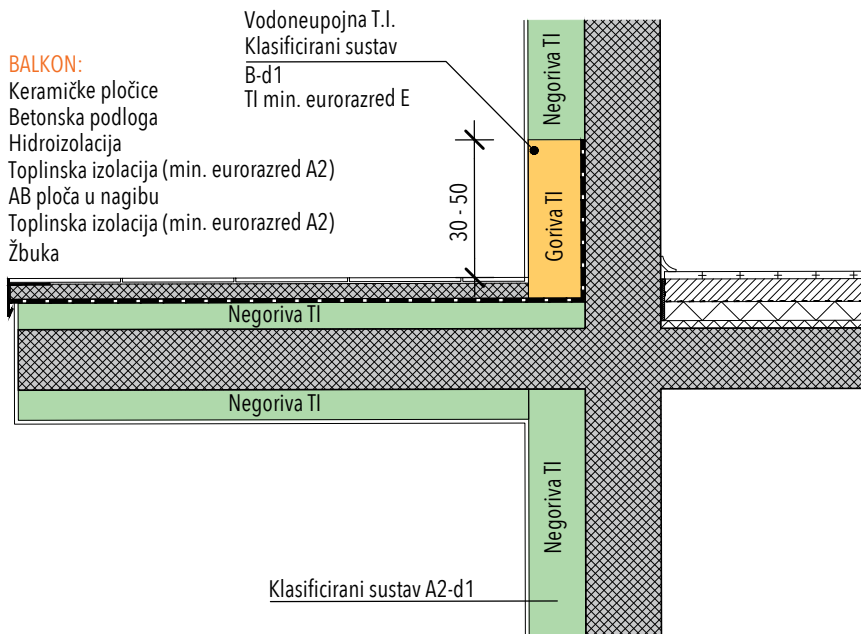
Slika 39 a) Toplinska izolacija balkona - ZPS1-5, b) detalj tipskog elementa otpornog na požar za prekid toplinskog mosta



Slika 40 Toplinska izolacija balkona - ZPS1-5



Slika 41 Toplinska izolacija balkona – visoka zgrada s detaljem elementa za prekid toplinskog mosta (prekid toplinskog mosta je prikazan na slici 39b)



Slika 42 Toplinska izolacija balkona – visoka zgrada

6 PROBLEMI U PRAKSI I PREPORUKE

Stanje regulative

- Glede važeće regulative kojom se regulira 2. temeljni zahtjev za građevinu, sigurnost u slučaju požara, mogu se uočiti neke nedorečenosti kad je riječ o primjeni gorivih materijala, što stvara probleme u praksi. Iako je naizgled dopuštena uporaba široke lepeze gorivih materijala, od razreda reakcije na požar E pa do B, ovako zamišljen sustav ne funkcionira jer pojedinih materijala u spomenutim razredima reakcije na požar praktično nema na hrvatskom tržištu. Zbog navedenih razloga izbor se ograničava na materijal čije druge značajke (primjerice, glede vodoupojnosti) ne zadovoljavaju stvarne potrebe. Budući da je citirani propis rigorozniji kad je riječ o mjerama u vezi s gorivim materijalima, nisu rijetke situacije da se kao toplinska izolacija ugrađuju negorivi materijali koje se potom pokriva slojem betona ili zemlje, što je neopravdano i s aspekta zaštite od požara jer materijali ne mogu doći u kontakt s plamenom, a i s aspekta drugih fizikalnih značajki takvih materijala te aspekta ekonomičnosti i uobičajene tehničke prakse koja se iščitava iz analizirane strane regulative.
- U tom smislu u ovom Priručniku detaljnije su komentirane odredbe propisa u vezi s toplinsko-izolacijskim materijalima kod podnih konstrukcija na evakuacijskim putovima koji se kreće u rasponu razreda reakcije na požar od E (samo za ZPS1) do B, C, D te A2 kod visokih zgrada. U praksi ovakav pristup nije realan jer većina materijala koji se primjenjuju u takvim konstrukcijama u pravilu završi između dva sloja cementnih materijala (betona i cementnog estriha) koji sprječava bilo kakav kontakt potencijalnog požara s tim materijalima, pa požarna svojstva takvih materijala nemaju praktično nikakav značaj. Uz ispravno brtvljenje spojeva (što je pokazano u grafičkim prilozima), ovakav je zahtjev nepotreban, pa ne postoje razlozi da se u takvim situacijama ne koriste i materijali razreda reakcije na požar E, što je uobičajena praksa u mnogim europskim zemljama.
- Sličan problem uočen je i kod toplinsko-izolacijskih materijala za krovove. Primjerice, zahtijevani razred reakcije na požar toplinskih izolacija ravnih krovova (sa završnim slojem šljunka od 5 cm) kreće se od E za ZPS 1, D za ZP2 i ZPS 3, C za ZPS 4, B za ZPS 5 i A2 za visoke zgrade. Ovakav zahtjev najčešće, zbog već spomenutih problema, praktično završi na odabiru negorivih materijala razreda A2 koji su, pored više cijene, i lošiji po osjetljivosti na vlagu. U konkretnom slučaju, austrijska smjernica OIB 2 dopušta primjenu materijala razreda E pod određenim uvjetima (vidjeti komentar u poglavlju o krovovima).
- **PREPORUKA:** dopuniti regulativu u tom dijelu analizirajući regulativu i praksu europskih zemalja.

Stanje projektantskih znanja i znanja nadzornih inženjera

- Sigurna ugradnja gorivih toplinsko-izolacijskih materijala podrazumijeva ispravno projektiranje i izvedbu te je u tom smislu osjetljivija od ugradnje negorivih materijala. Veliki požar u Londonu, prema analizama, pokazuje da je jedan od ključnih problema bio u vezi s krivo odabranom kombinacijom materijala za energetske obnovu te krivo izvedenim barijerama od negorivog materijala. U tom smislu, znanja hrvatskih projektanata te izvođača i nadzornih inženjera traže više edukacije koja, uključujući i istraživanja i ispitivanja u požarnim laboratorijima, praktično ne postoji.
- **PREPORUKA:** organizirati ovakvu vrstu edukacije na razini fakulteta ili strukovnih udruga s obzirom na to da se radi o poslu koji će trajati najmanje jedno desetljeće.

7 LITERATURA I NORME

Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime, NN 5/2007.

- [2] N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, S. V. Sokolov, and P. Wagner, "World Fire Statistics No24," 2019. [Online]. Available: https://www.ctif.org/sites/default/files/news_files/2019-04/CTIF_Report24_ERG.pdf.
- [3] Technische Richtlinien Vorbeugender Brandschutz A 126: 1987 Brandschutztechnische Kennzahlen verschiedener Nutzungen, Lagerungen, Lagergüter.
- [4] Furniture Industry Research Association (FIRA), "Fire safety of furniture and furnishings in the home - A Guide to the UK Regulations," 2009, [Online]. Available: http://www.vitafoam.co.uk/Docs/FIRA_Flammability_Guide_PDF.pdf.
- [5] R. D. Davis and R. D. Davis, "NIST Technical Note 1728 A Review of Fire Blocking Technologies for Soft Furnishings NIST Technical Note 1728 A Review of Fire Blocking Technologies for Soft Furnishings," November, 2011.
- [6] EFRA, "Frequently Asked Questions on Flame Retardants."
- [7] BBC News, "How the tragedy unfolded at Grenfell Tower, <https://www.bbc.com/news/uk-england-london-40272168>," 2018.
- [8] B. Lane, "Grenfell Tower - fire safety investigation: The fire protection measures in place on the night of the fire, and conclusions as to the extent to which they failed to control the spread of fire and smoke and the extent to which they contributed to the speed at which the fire spread," 2018. doi: 10.1002/hpm.2151.
- [9] L. Bisby, "Grenfell Tower Inquiry; Phase 1 - Expert Report," 2018.
- [10] J. Mairs, "Renovation works at Grenfell Tower added 'fuel' to fire, reveals leaked report, <https://www.caddownloadweb.com/renovation-works-at-grenfell-tower-added-fuel-to-fire-reveals-leaked-report/>, 2018. .
- [11] Odluka Komisije (EU) br. 94/611/EC od 9 rujna 1994 kojom se implementira Članak 20 Direktive 89/106/EEC za građivinske proizvode; dostupno na <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication-n/094eb631-2480-4454-a945-c9c3f22f19d4>. .
- [12] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18 i 102/20.
- [13] HRN EN 13501-1 Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru -- 1. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja reakcije na požar, Hrvatski zavod za norme, 2019.
- [14] HRN EN ISO 11925-2 Ispitivanja reakcije na požar -- Zapaljivost proizvoda izloženih izravnom djelovanju plamena -- 2. dio: Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena, Hrvatski zavod za norme, 2011.
- [15] HRN EN 13823 Ispitivanja reakcije na požar građevnih proizvoda -- Građevni proizvodi osim podnih obloga izloženi termičkom opterećenju pojedinačno gorućeg elementa, Hrvatski zavod za norme, 2015.
- [16] HRN EN ISO 1716 Ispitivanja reakcije na požar proizvoda -- Određivanje bruto toplinskog potencijala (kalorična vrijednost), Hrvatski zavod za norme, 2011.
- [17] HRN EN ISO 1182 Ispitivanja reakcije na požar proizvoda -- Ispitivanje negorivosti, Hrvatski zavod za norme, 2010.
- [18] HRS CEN/TS 1187 Metode ispitivanja za izloženost krovova požaru izvana, Hrvatski zavod za norme, 2012.
- [19] T. Skušić, iz prezentacije "Što znači zahtjev za krov, odnosno krovni pokrov, Broof (t1), i kako se to svojstvo ispituje i dokazuje ". Hrvatska udruga za zaštitu od požara, 2019.
- [20] HRN EN 13501-5 Razredba građevnih proizvoda i građevnih elemenata prema ponašanju u požaru -- 5. dio: Razredba prema rezultatima ispitivanja izloženosti krovova požaru izvana, Hrvatski zavod za norme, 2016.
- [21] A. M. Papadopoulos, State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments, Energy Build., vol. 37, no. 1, pp. 77-86, 2005, doi: 10.1016/j.enbuild.2004.05.006.

- [22] M. R. Hall, Ed., *Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings*. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Granta Park, Great Abington, Cambridge CB21 6AH, UK, 2010.
- [23] M. Hegger, V. Auch-Schwelk, M. Fuchs, and T. Rosenkranz, *Construction Materials Manual*. 2011.
- [24] M. Pfundstein, R. Gellert, M. H. Spitzner, and A. Rudolphi, *Insulating materials*. Munich: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, 2007.
- [25] Mineral Wool and Glass Wool Information, https://www.globalspec.com/learnmore/materials_chemicals_adhesives/composites_textiles_reinforcements/mineral_wool_glass_wool.
- [26] STAKLENA VUNA: <https://www.izolirka.hr/katalog-proizvoda/boje-zbuke/termoizolacija/staklena-vuna-elf-30-7500x1200x-50-18m2-ro-241/>.
- [27] KAMENA VUNA: <https://www.knaufinsulation.hr/proizvodi-0/termotop>.
- [28] ČELIJASTO STAKLO: <https://www.nuclear-power.net/wp-content/uploads/foam-glass-cellular-glass-example.png>.
- [29] EPS: <https://www.bauhaus.hr/stiropor-ploca-eps-100-1000x500x50-mm.html>.
- [30] XPS: <https://www.tera-umag.hr/ekstrudirani-polistiren-xps-fibran/>
- [31] PUR: <https://www.foamsales.com.au/products/rigid-polyurethane>
- [32] M. Gravit, A. Kuleshin, E. Khametgalieva, and I. Karakozova, "Technical characteristics of rigid sprayed PUR and PIR foams used in construction industry," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 90, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1755-1315/90/1/012187.
- [33] PIR: <https://www.insulation-info.co.uk/insulation-boards>.
- [34] Uredba (EU) br. 305/2011 Europskog parlamenta i Vijeća od 9. ožujka 2011. koja propisuje usklađene uvjete trgovanja građevnim proizvodima i ukida Direktivu Vijeća 89/106/EEZ, (Službeni list Europske unije L 88, 4.4.2011., str. 5)
- [35] Delegirana Uredba Komisije (EU) br. 568/2014 od 18. veljače 2014. o izmjeni Priloga V. Uredbi (EU) br. 305/2011 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu ocjenjivanja i provjere stalnosti svojstava građevnih proizvoda (Službeni list Europske unije L 157, 27.
- [36] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, <https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/4109>.
- [37] Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požar, NN 29/13 i 87/15.
- [38] M. Jelčić Rukavina, M. Carević, and I. Banjad Pečur, *Zaštita pročelja zgrada od požara*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2017.
- [39] Österreichischen Instituts für Bautechnik, "OIB - RICHTLINIE 2, Brandschutz, OIB- 330.2-012/19," 2019.
- [40] HRN EN 13986 Ploče na osnovi drva za uporabu u graditeljstvu -- Karakteristike, ocjenjivanje sukladnosti i označavanje, Hrvatski zavod za norme, 2008.

DODATAK:

Zahitjevi glede reakcije na požar i otpornosti na požar navedeni u austrijskoj smjernici OIB 2[39], koja je u tom dijelu poslužila kao predložak hrvatskog Pravilnika o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara.

Tablica 1 Opći zahtjevi glede reakcije na požar [39]

RAZRED ZGRADE (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 nadzemnih katova	> 6 nadzemnih katova
1. Pročelja						
1.1 Vanjski zidovi – Sustavi za toplinsku izolaciju	E	D	D	C-d1	C-d1	C-d1
1.2 Sustavi pročelja, ovješena ventilirana, ventilirana ili neventilirana pročelja						
1.2.1 Složeni sustav ili	E	D-d1	D-d1	B- d1 ⁽¹⁾	B-d1 ⁽¹⁾	B - d1
1.2.2 Pojedinačne komponente	E	D	D	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽²⁾	A2-d1 ⁽³⁾
– Vanjski sloj	E/E	D/D	D/A2	D / A2	D / A2	C / A2
– Potkonstrukcija trakasta/točkasta	E	D	D	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	B ⁽³⁾
– Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija						
1.3 Ovještene pročelja						
Pojedinačne komponente						
– Profil (okvir, stup ili zasun)	E	D	D	D	D ⁽¹²⁾	A2
– Ispuna staklom	E	D	D	C-d2	B-d1	B-d1
– Ispuna pločom (panelom)	E	D	D	A2-d1 ^(12,13)	A2-d1 ^(12,13)	A2-d1
– Brtvljenje između ispune i profila	E	E	E	E	E	E
– Premazivanje (ako nije ispitano s profilom ili ispunom)	E	D	D	D	B	B
1.4 Ostale oplave ili obloge vanjskih zidova i nenosivi vanjski građevni dijelovi						
1.5 Materijal za granične spojeve	E	E	E	A2	A2	A2
1.6 Ispune ograda balkona, lođa i sl.	-	-	-	B ⁽⁴⁾	B ⁽⁴⁾	B

Tablica 1 - nastavak Opći zahtjevi glede reakcije na požar [39]

RAZRED ZGRADE (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 nadzemnih katova	> 6 nadzemnih katova
2. Hodnici i stubišta, osim u stanovima						
2.1 Zidne obloge ⁽⁵⁾						
2.1.1 Klasificirani skupni sustav ili	-	D	D	C	B	B
2.1.2 Klasificirane pojedinačne komponente - Vanjski sloj - Potkonstrukcija - Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija		D D C	D D C	C ⁽⁴⁾ A2 ⁽⁴⁾ C	B A2 ⁽⁴⁾ A2	B A2 ⁽⁴⁾ A2
2.2 Ovješeni stropovi	-	D-d0	D-d0	C-s1, d0 ⁽⁴⁾	B-s1, d0 ⁽⁴⁾	B-s1, d0
2.3 Zidne i stropne obloge	-	D-d0	D-d0	C-s1, d0 ⁽⁴⁾	B-s1, d0 ⁽⁴⁾	B-s1, d0
2.4 Podne obloge	-	D _{fi}	D _{fi}	C _{fi} -s1 ⁽⁶⁾	C _{fi} -s1	C _{fi} -s1
2.5 Električni kabeli/vodovi, slobodno položeni	-	E _{ca}	E _{ca}	E _{ca}	E _{ca}	E _{ca}
3. Stubišta						
3.1 Zidne oplatae ⁽⁵⁾						
3.1.1 Složeni sustav ili	-	D	C	B	A2	A2
3.1.2 Pojedinačne komponente - Vanjski sloj - Potkonstrukcija - Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija		D D C	C ⁽⁴⁾ A2 ⁽⁴⁾ C	B A2 ⁽⁴⁾ A2	A2 A2 ⁽⁴⁾ A2	A2 A2 ⁽⁴⁾ A2
3.2 Ovješeni stropovi	-	D-s1, d0	C-s1, d0	B-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
3.3 Zidne i stropne obloge	-	D-s1, d0	C-s1, d0	B-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
3.4 Podne obloge						
3.4.1. U stubištima u skladu s tablicom 2a, 2b	-	D _{fi} -s1	C _{fi} -s1	B _{fi} -s1	A2 _{fi} -s1	A2 _{fi} -s1
3.4.2. U stubištima u skladu s tablicom 3		D _{fi} -s1	C _{fi} -s1 ⁽⁶⁾	C _{fi} -s1	B _{fi} -s1	A2 _{fi} -s1
3.5 Izolacije vodova	-	D-s1, d0	C-s1, d0	B-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
4. Krovovi s nagibom ≤ 60°						
4.1 Krovni pokrov ili krov ⁽⁷⁾	B _{roof} (t1)	B _{roof} (t1)	B _{roof} (t1)	B _{roof} (t1)	B _{roof} (t1) ⁽⁸⁾	B _{roof} (t1) ⁽⁸⁾
4.2 Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija u krovnoj konstrukciji	E	E	E	B ⁽⁹⁾	B ⁽¹⁰⁾	B ⁽¹⁰⁾
5. Neizgrađene potkrovnne prostorije						
5.1 Podne konstrukcije (oplate)						
5.1.1 Klasificirani skupni sustav ili	-	E	D	D	B	B
5.1.2 Klasificirane pojedinačne komponente - Vanjski sloj - Izolacijski sloj, tj. toplinska izolacija	- -	C E	C E	B B ⁽⁹⁾	B B ⁽¹⁰⁾	B B ⁽¹⁰⁾
5.2 Podne obloge	-	E _{fi}	D _{fi}	C _{fi} -s1 ⁽¹¹⁾	B _{fi} -s1 ⁽¹¹⁾	B _{fi} -s1 ⁽¹¹⁾

Tablica 1 - nastavak Opći zahtjevi glede reakcije na požar [39]

RAZRED ZGRADE (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 nadzemnih katova	> 6 nadzemnih katova
6. Vodovi i ostali ugrađeni dijelovi u oknima odnosno kanalima						
6.1 Ventilacijski vodovi sa/bez električnih vodova	-	-	D	A2	A2	A2
6.2 Cijevi za skupljanje u vlažnim prostorima, cijevi za kontroliranu ventilaciju stambenih prostora u šahtovima	-	-	-	-	D	D
6.3 Vodovi kontrolirane kućne ventilacije u oknima s električnim kabelima/vodovima	-	-	-	D	A2	A2
6.4 Ventilacija zapornica	-	A2	A2	A2	A2	A2
6.5 Izolacijski materijali za vodove uključujući rashladne vodove	-	-	-	-	C-s3-d0	C-D3-d0
⁽¹⁾ Dopušteni su i drvo te drveni materijali iz razreda D ako cjelokupni sustav zadovoljava razred reakcije na požar D-d0						
⁽²⁾ Ako se izvodi izolacijski sloj / toplinska izolacija u razredu A2, dopušten je vanjski sloj razreda B-d1 od drveta ili drvenih materijala u razredu D						
⁽³⁾ Ako se izvodi izolacijski sloj / toplinska izolacija u razredu A2, dopušten je vanjski sloj u razredu B-d1						
⁽⁴⁾ Dopušteno je drvo i drveni materijal u razredu D						
⁽⁵⁾ Ako u hodnicima i stubištima nedostaju zidne odnosno stropne obloge, za obloge (kao sustav), odnosno vanjski sloj obloga, vrijede zahtjevi za zidne odnosno stropne obloge u skladu s redovima 2.3 odnosno 3.3						
⁽⁶⁾ Dopušteno je bjelogorično drvo (npr. hrast, bukva, jasen) minimalne debljine 15 mm						
⁽⁷⁾ Kod krovova s nagibom <20° dovoljan je gornji sloj od 5 cm šljunka ili sličnog materijala						
⁽⁸⁾ Kod krovova s nagibom od ≥20° pokrov, letve, kontraletve i oplata moraju odgovarati razredu A2; za letve, kontraletve i oplatu dopušteni su drvo i drveni materijali iz razreda D						
⁽⁹⁾ U sljedećim slučajevima dopušteni su i EPS, XPS i PUR razreda reakcije na požar E: - na krovovima s nagibom od <20° tj. na stropu posljednjeg kata ili - na krovovima s nagibom od ≥20° koji su izvedeni u razredu reakcije na požar A2 i koji, u skladu s tablicom 1b glede otpornosti na požar, ispunjavaju kriterije E i I						
⁽¹⁰⁾ Na krovovima s nagibom od <20° tj. na stropu gornjeg kata dopušteni su i EPS, XPS i PUR razreda reakcije na požar E, ako je strop izveden od materijala razreda reakcije na požar A2 i ako, u skladu s tablicom 1b glede otpornosti na požar, ispunjava kriterije E i I						
⁽¹¹⁾ Dopuštene su podne obloge u Dfl ako se toplinska izolacija / izolacijski sloj izvodi u B						
⁽¹²⁾ U međuprostoru dvoslojne ovješene fasade (pročelja) najmanje A2						
⁽¹³⁾ Pri izolacijskom sloju u A2 dopušten je vanjski sloj u B-d1 ili od drveta u D						

Tablica 2 Opći zahtjevi za otpornost na požar građevnih dijelova [39]

RAZRED ZGRADE (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5	
					≤ 6 nadzemnih katova	> 6 nadzemnih katova
1. Nosivi dijelovi (s iznimkom stropova i zidova na granici požarnih odjeljaka)						
1.1 na najvišoj etaži	-	R 30	R 30	R 30	R 60 ⁽⁵⁾	R 60
1.2 na ostalim nadzemnim etažama	R 30 ⁽¹⁾	R 30	R 60	R 60	R 90	R 90 i A2
1.3 na podzemnim etažama	R 60	R 60	R 90 i A2	R 90 i A2	R 90 i A2	R 90 i A2
2. Pregradni zidovi (s iznimkom zidova u stubištima)						
2.1 na najvišoj etaži	-	REI 30 EI 30	REI 30 EI 30	REI 60 EI 60	REI 60 ⁽⁵⁾ EI 60	REI 60 EI 60
2.2 na ostalim nadzemnim etažama	-	REI 30 EI 30	REI 60 EI 60	REI 60 EI 60	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2
2.3 na podzemnim etažama	-	REI 60 EI 60	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2
2.4 između stanova, tj. poslovnih jedinica u kućama u nizu	NIJE PRIMJENJIVO	REI 60 EI 60	NIJE PRIMJENJIVO	REI 60 EI 60	NIJE PRIMJENJIVO	NIJE PRIMJENJIVO
3. Zidovi i stropovi na granici požarnih odjeljaka						
3.1 Požarni zidovi na granici zemljišta, tj. gradilišta	REI 60 EI 60	REI 90 ⁽²⁾ EI 90 ⁽²⁾	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2	REI 90 i A2 EI 90 i A2
3.2 Ostali zidovi ili stropovi na granici požarnih odjeljaka	NIJE PRIMJENJIVO	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 i A2 EI 90 i A2
4. Stropovi i krovovi s nagibom od ≤ 60°						
4.1 Stropovi iznad najvišeg kata	-	R 30	R 30	R 30	R 60	R 60
4.2 Pregradni stropovi iznad najvišeg kata	-	REI 30	REI 30	REI 60	REI 60	REI 60
4.3 Pregradni stropovi iznad ostalih nadzemnih katova	-	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90	REI 90 i A2
4.4 Stropovi u stanovima, tj. poslovnim jedinicama na nadzemnim katovima	R 30 ⁽¹⁾	R 30	R 30	R 30	R 60	R 90 i A2
4.5 Stropovi iznad podzemnih katova	R 60	REI 60 (3)	REI 90 i A2	REI 90 i A2	REI 90 i A2	REI 90 i A2
5. Balkonske ploče⁽⁶⁾	-	-		R 30 ili A2	R 30 ili A2	R 30 i A2 ⁽⁴⁾

Tablica 2 - nastavak Opći zahtjevi za otpornost na požar građevnih dijelova [39]

(¹) Nije potrebno za zgrade koje imaju samo stambenu ili uredsku te slične svrhe
(²) Kod kuća u nizu za zidove između stanova tj. poslovnih jedinica i na granici zemljišta tj. gradilišta dovoljna je izvedba u razredu otpornosti na požar REI 60 tj. EI 60
(³) Za kuće u nizu te zgrade koje nemaju više od dva stana ili poslovne jedinice s uredskom tj. sličnom namjenom dovoljan je zahtjev za otpornost na požar R60
(⁴) Za pojedinačne balkone dovoljna je izvedba u R30 ili A2 ako površina ne iznosi više od 10 m ² , istaka (konzola) ne više od 2,50 m i razmak između pojedinačnih balkona najmanje 2 m
(⁵) Otpornost na požar od R60 bit će dovoljna za dva najviša kata ako su svi ostali nadzemni katovi izvedeni u R90 i A2, odnosno EI90 i A2
(⁶) Balkonska ploča mora biti potpuno dovršena

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, Hrvatska, 2020.

Hrvatska gospodarska komora, Zagreb, Hrvatska 2020.

Sva prava pridržana. Nije dopušteno niti jedan primjerak ovog priručnika reproducirati i umnožavati bez prethodnog pismenog odobrenja Sveučilišta u Zagrebu, Građevinski fakultet i Hrvatske gospodarske komore.