



**HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA**  
**Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.**

# Analiza razvoja i posljedica požara u zgradi Grenfell

**Marija Jelčić Rukavina**  
**Miodrag Drakulić**  
**Milan Carević**

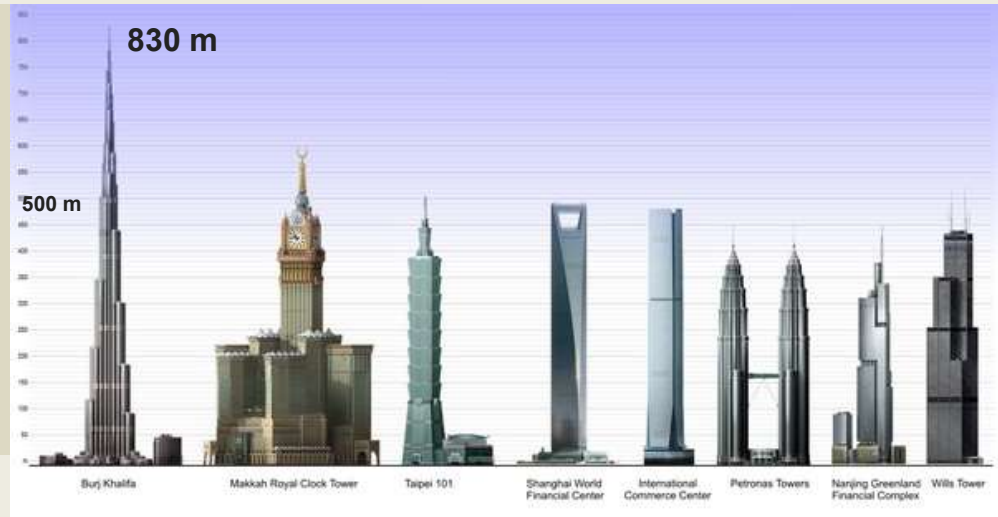
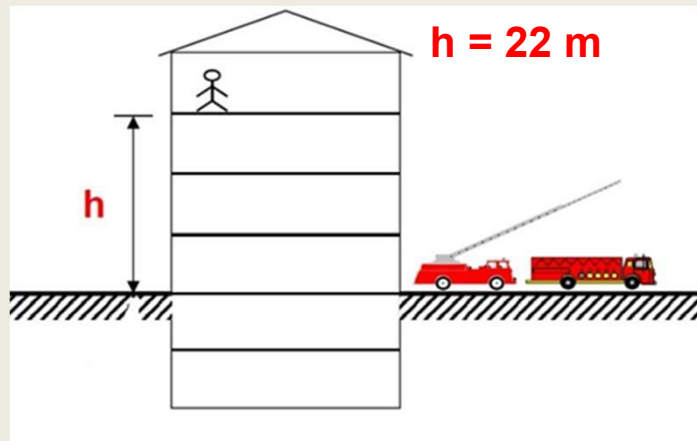
Doc.dr.sc. Marija Jelčić Rukavina, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet, Zagreb

Doc. dr. sc. Miodrag Drakulić, dipl. ing. stroj., CTP Projekt d.o.o.

viši predavač, Milan Carević, dipl. ing. arh., Visoka škola za sigurnost, Zagreb

# VISOKE ZGRADE

Prema *Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara, NN 29/23, 87/15 visoke građevine* su zgrade s kotom poda najviše etaže za boravak ljudi iznad 22,00 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



[https://www.quora.com/What-is-the-tallest-tower?top\\_ans=60638503](https://www.quora.com/What-is-the-tallest-tower?top_ans=60638503)



# POŽARI U VISOKIM ZGRADAMA



*Madrid, Španjolska  
(kolovoz, 2020)*



*Ajman, UAE  
(Ožujak, 2016)*



*Dubai, UAE (Siječanj,  
2016)*



*Dubai, UAE  
(Veljača, 2015)*



*Sj. Makedonija  
(Veljača, 2016)*



*Paris, Francuska  
(Rujan, 2015)*



*Melborne, Australia  
(Studenj, 2010)*



*Dijon, Francuska  
(Studenj, 2010)*



*Miskolc, Mađarska  
(Kolovoz, 2009)*



*Beijing, Kina  
(Veljača, 2009)*

# POŽAR U NEBODERU GRENFELL, 14.7.2017.

14.7.2017: Požar u Grenfell Tower-u, London



SOURCE: <https://libcom.org/news/council-blamed-tower-blaze-deaths-14062017>

- Požar u jednoj zgradi (24 kata)
- Službeno je 72 mrtva stanara zgrade

1666: Veliki požar u Londonu



- Požar koji je zahvatio gotovo cijeli London i trajao 4 dana
- Službeno je prijavljeno 6 mrtvih osoba



# SLUŽBENO VJEŠTAČENJE – 1. FAZA

14.9.2017. – 12.12.2018. godine

Filters:



**Grenfell Tower Inquiry**

**GRENFELL TOWER INQUIRY: PHASE 1 REPORT OVERVIEW**

REPORT of the PUBLIC INQUIRY into the FIRE at GRENFELL TOWER on 14 JUNE 2017

Chairman: The Rt Hon Sir Martin Moore-Bick  
October 2019

<https://www.grenfelltowerinquiry.org.uk/about>

**UNIVERSITY OF DUNDEE**  
Grenfell Tower Public Inquiry  
FINAL REPORT  
Ref: GTPI/18/001

Professor Niamh Nic David,  
BSc, BSc (Hons), FRSE, FRSC, CEng, FIEng, FCGS, FGS,  
Director Lovatburn Research Centre for Fire Engineering  
Ewing Building  
School of Science and Engineering  
University of Dundee  
Dundee,  
Scotland, UK  
Tel: 01382 264560  
n.nicdavid@dundee.ac.uk

01<sup>st</sup> November 2018

**Grenfell Tower Phase 1 – Expert Witness Report**  
Signed: *Luka Blisby*  
Dated: 2<sup>nd</sup> April 2018

THE UNIVERSITY OF EDINBURGH  
School of Engineering

TÆC  
Towers, Alloys, Steels and Corrosion

GRENFELL TOWER: PHASE 1

Prof. Jozsef L. Tórossa CEng, FRSE, FRSGE, FRSE, FTSE, FRSE

23<sup>rd</sup> May 2018

**Grenfell Tower – fire safety investigations:**  
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;  
the extent to which they contributed to the speed at which the fire spread.

Phase 1 Report – Master file  
incorporating Section 1, 2.3 and 4  
&  
Summary, Conclusions and Next Steps

REPORT OF  
Dr Barbara Lane FRSE CEng  
Fire Safety Engineering  
12<sup>th</sup> April 2018

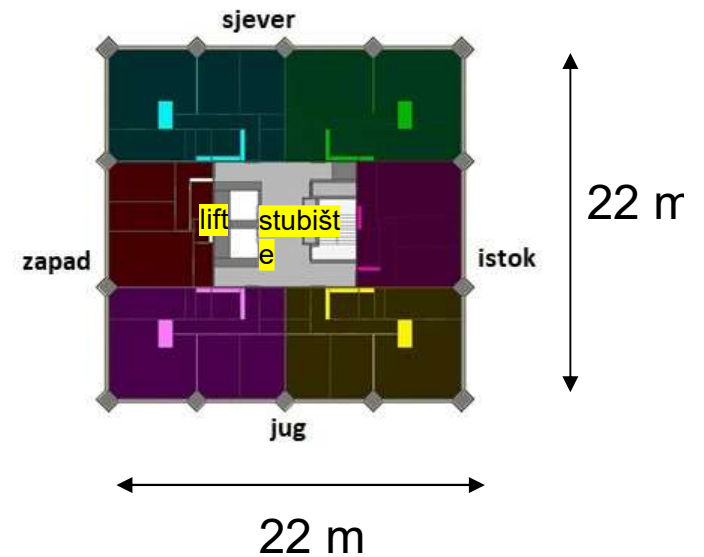
Specialist Field : Fire Safety Engineering  
Assisted by : Dr Susan Denny, Dr Peter Woodburn, Dr Giacomo Filat,  
Mr Tom Parker, Ms Danielle Antonellis, Mr Aife Chapman  
On behalf of : Grenfell Tower Inquiry  
On instructions of : Cathy Kennedy, Solicitor, Grenfell Tower Inquiry  
Subject Matter : To examine the circumstances surrounding the fire at  
Grenfell Tower on 14 June 2017  
Inspection Date(s) : 6<sup>th</sup> October, 1<sup>st</sup> November, 7-9<sup>th</sup> November 2017

Dr Barbara Lane  
Ove Arup & Partners Limited  
13 Finsbury Square  
London W1T 4BQ



# NEBODER GRENFELL – PRIJE ENERGETSKE OBNOVE

- sagrađena 1974. godine
- ukupna visina: 67,3 m
- 24 kata
- armirano-betonska nosiva konstrukcija
- 120 stambenih jedinica
- visina pojedinih etaža 2.6 m osim etaže 2 (4.3 m) i etaže 3 (3.9 m)



# “OSTANAK NA MJESTU” STRATEGIJA ZA VISOKE ZGRADE

CP3:1962, ADB 2013 i BS9991, 2015

- Veliki broj požarnih odjeljaka – svaki stan pojedinačno, servisni lift, stubište, zajednički hodnici
- Oprema za unutarnje gašenje požara u ranoj fazi
- Požarna vrata na stanovima, koja će osigurati funkciju požarnih odjeljaka
- Kontrola dima u foajeima
- Ventilacija stubišta
- Kratak put evakuacije do sigurnog mjesta u zgradi, osiguranje odgovarajućeg osvjetljenja i adekvatnih oznaka putova evakuacije
- Konstrukcije i materijali koji će ograničiti širenje požara unutar foajea ako se požar proširi iz stanova
- **Vatrodjava unutar svakog pojedinog stana u zgradi koji će omogućiti alarmiranje i evakuaciju stanara stana u kojem je nastao požar**
- Stanari upoznati sa planom evakuacije za koji je zadužen vlasnik zgrade
- Održavanje aktivnih i pasivnih sustava zaštite, itd.



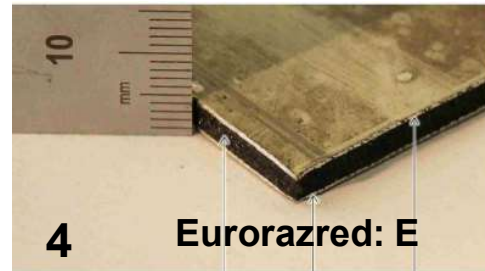
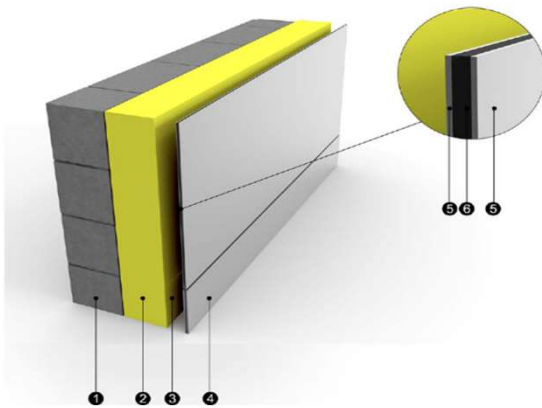


# RADOVI NA ZGRADI 1974-2017

- Zamjena vrata, 2011-2016.
- Energetska obnova tornja, 2011-2016:
  - Ventilirano ovješeno pročelje
  - Zamjena prozora
  - “Arhitektonska kruna” na vrhu zgrade
- Obnova plinskih instalacija, 2016-2017.



# ENERGETSKA OBNOVA, 2011-2016



**4 Eurorazred: E**

PE filler Aluminium skin (outer surface) Aluminium skin (inner surface)

1. armirano-betonski zid

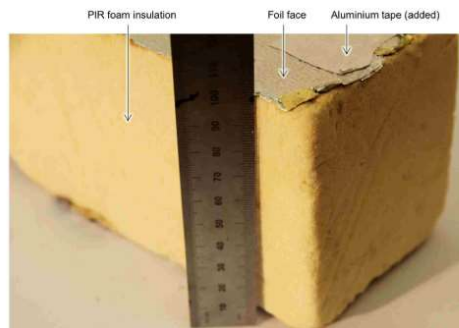
2. PIR (poliizocijanurat) toplinska izolacija (2 x 80 mm)

3. ventilirani sloj (140 mm; na stupovima i 155 mm)

4. aluminijski kompozitni panel (4 mm)

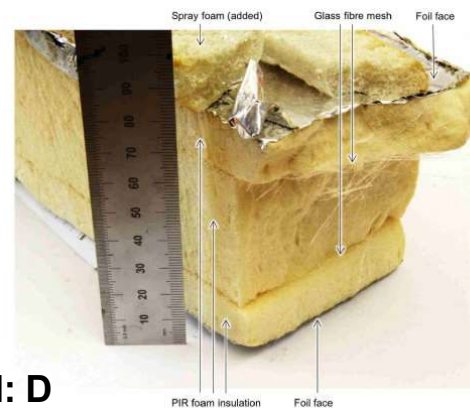
5. aluminijska obloga (0.5 mm)

6. PE toplinska izolacija (2 mm)



PIR foam insulation Foil face Aluminium tape (added)

**Eurorazred: D**



Spray foam (added) Glass fibre mesh Foil face

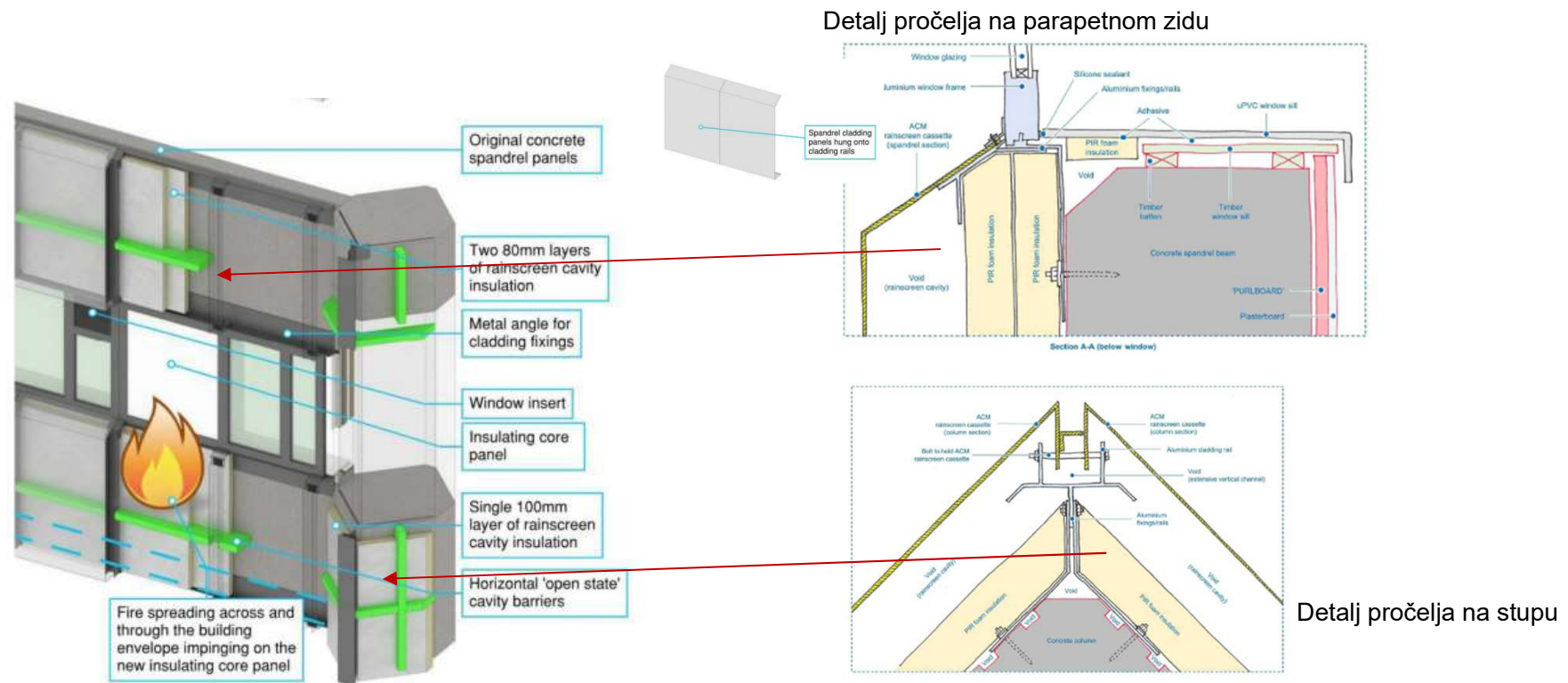
PIR foam insulation Foil face

*OPASKA: Gore navedeni građevni proizvodi povučeni su iz prodaje za primjenu u zgradama višim od 18 m, neposredno nakon požara*

IZVOR: Bisby, L. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1 - Expert Report.

# ENERGETSKA OBNOVA, 2011-2016

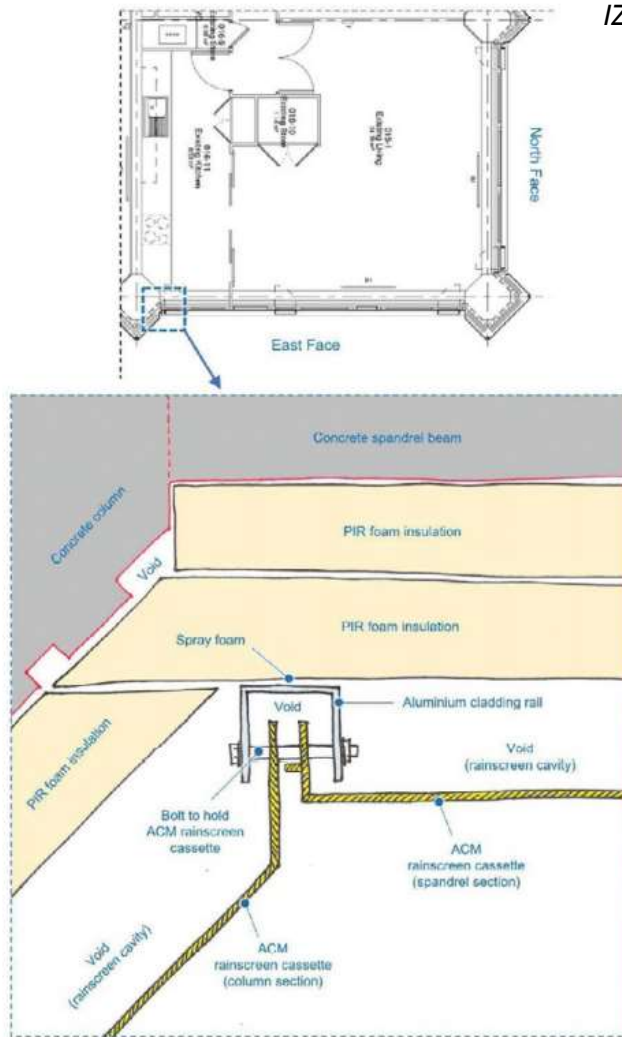
- Ventilirano ovješeno pročelje



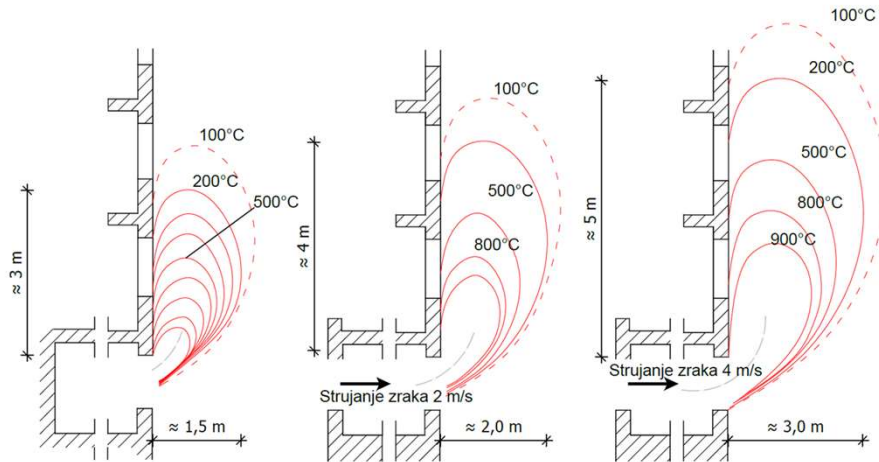
IZVOR: Bisby, L. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1 - Expert Report.

# ENERGETSKA OBNOVA, 2011-2016

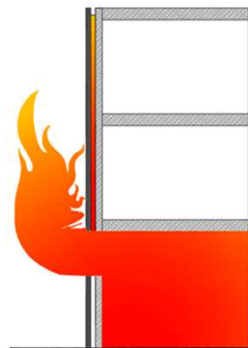
IZVOR: Bisby, L. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1 - Expert Report.



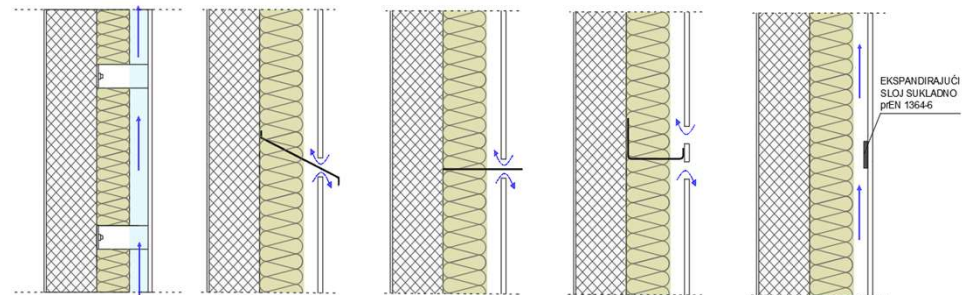
# VENTILIRANA PROČELJA – PROBLEM BRZOG ŠIRENJA POŽARA



**Članak 15, stavak 5:** Kod zgrada iz stavka 3 ovog članka, kod izvedbe ovješnih ventiliranih elemenata pročelja potrebno je kod gorivih i negorivih toplinskih izolacija spriječiti prijenos požara kroz ventilirajući sloj preko otvora na pročelju ili najmanje na svakoj drugoj etaži duž cijelog opsega zgrade. Izvedba ove barijere kod klasificiranih sustava pročelja osigurava se prema uputi proizvođača, a kod sustava s pojedinačnim komponentama prema priznatim pravilima tehničke prakse.



Razvoj temperatura na pročelju nakon rasplamsavanja



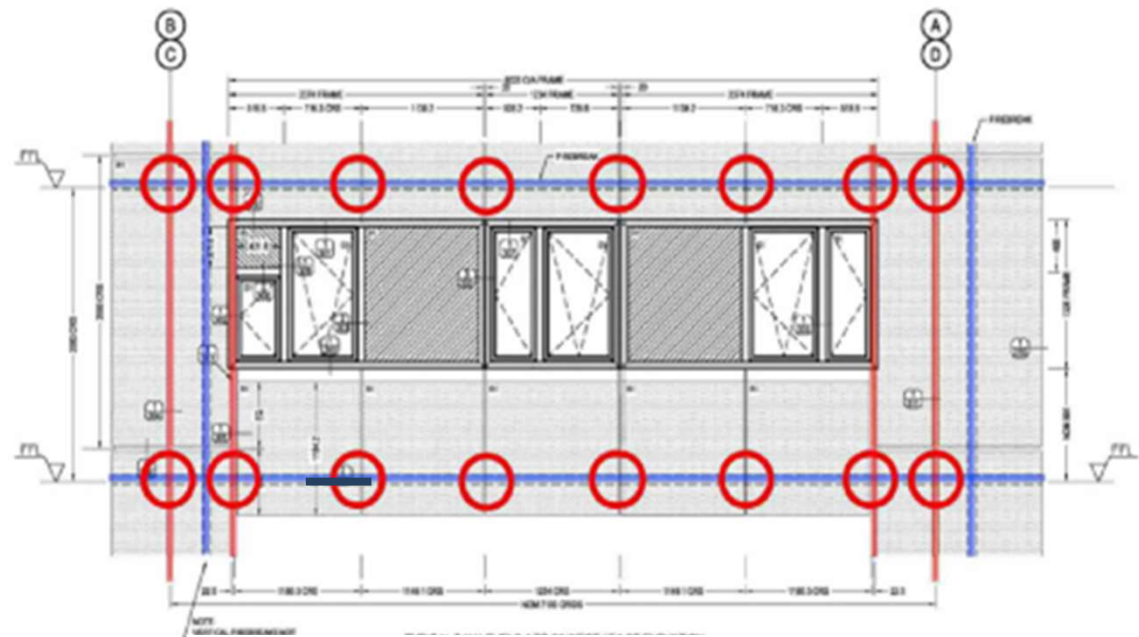
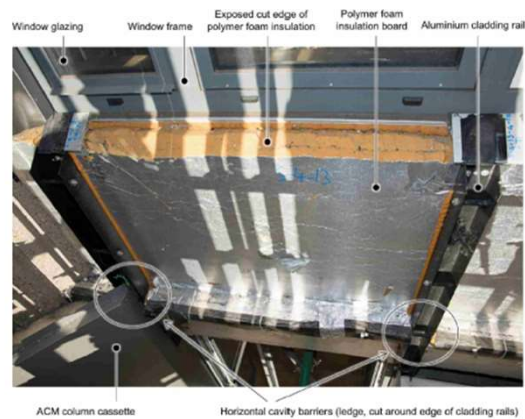
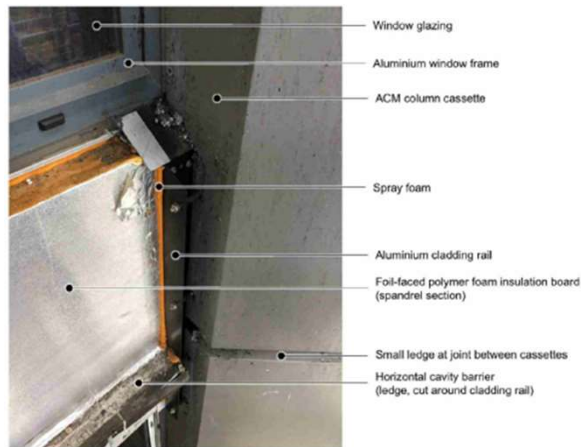
Principi izvedbe barijera kod ventiliranih sustava pročelja

■ NEGORIVA IZOLACIJA



# ENERGETSKA OBNOVA, 2011-2016

- Ventilirano ovješeno pročelje – vertikalne i horizontalne požarne barijere u ventilirajućem sloju

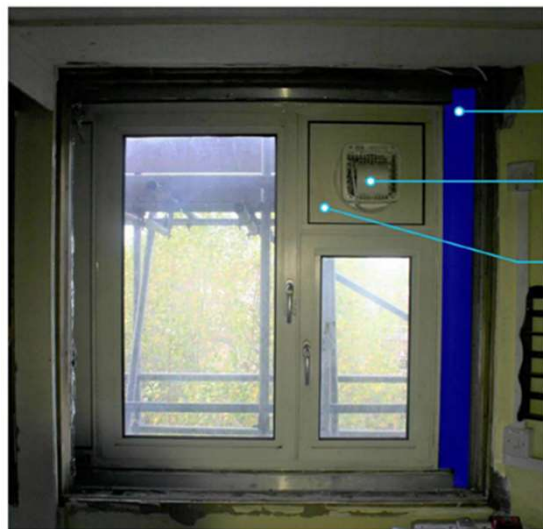


- Lokacija požarne barijera u ventilirajućem sloju pročelja
- Kontinuirani vertikalni kanali sa izloženim PE dijelovima ACM panela
- Mjesta prekida kontinuiteta požarne barijera

IZVOR: Bisby, L. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1 - Expert Report.

# ENERGETSKA OBNOVA, 2011-2016

- Zamjena prozora



EPDM membrana iznutra

Plastično kućište ventilatora

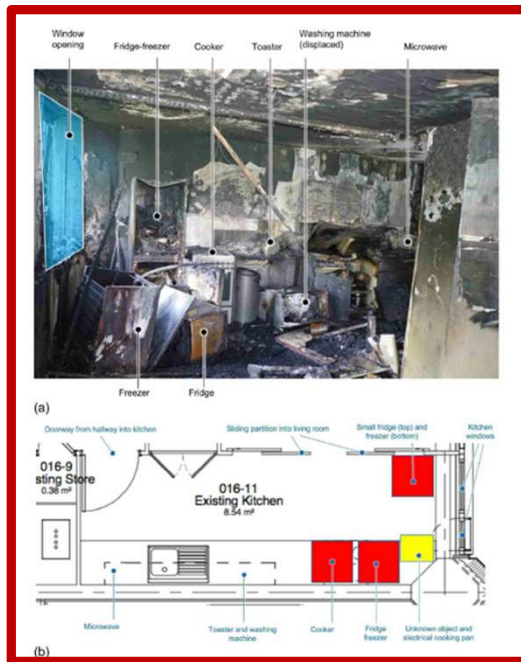
Panel ispunjen gorivom EPS izolacijom

- "Arhitektonska kruna" na vrhu zgrade od ACM panela



IZVOR: Bisby, L. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1 - Expert Report.

# NASTANAK I ŠIRENJE POŽARA PO ZGRADI



**Uzrok požara:** kvar i zapaljenje hladnjaka neposredno uz prozor

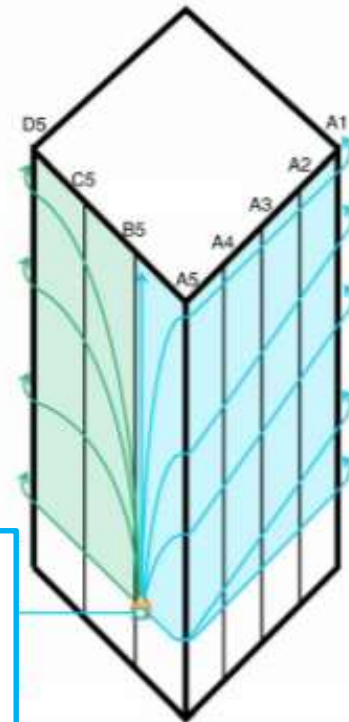
vanjsko širenje plamena – 1. smjer širenja



vanjsko širenje plamena – 2. smjer širenja

**01:14**

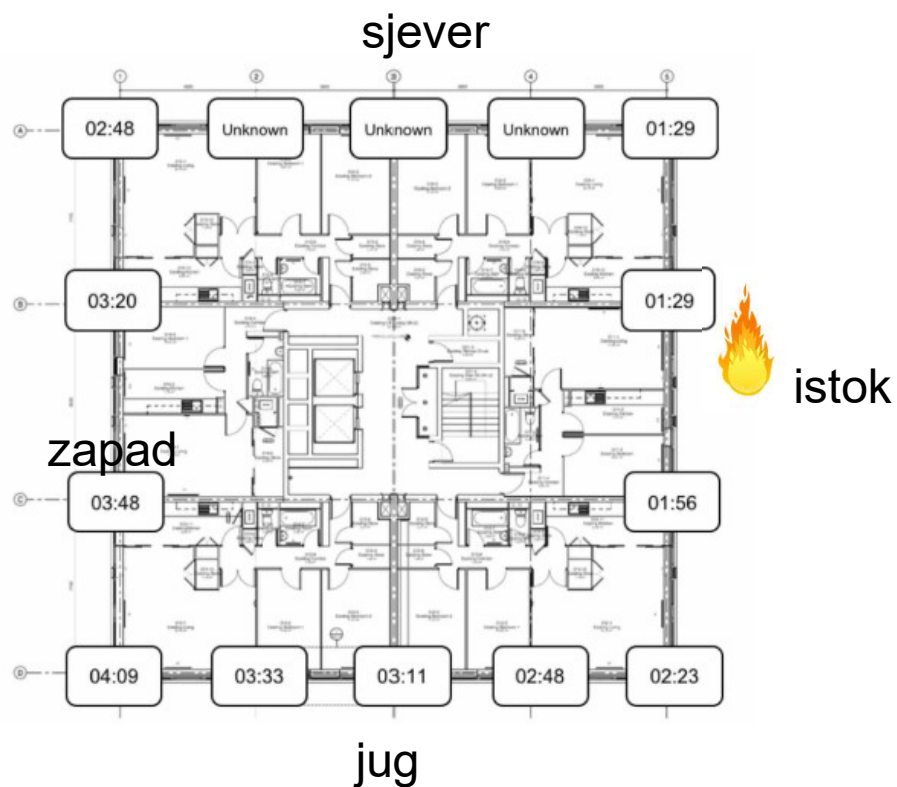
požar se proširio iz stana kroz prozor na vanjski zid



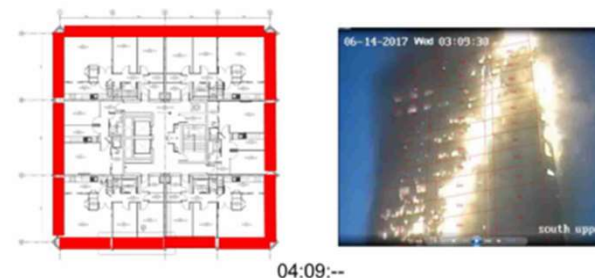


# ŠIRENJE POŽARA PO ZGRADI

- Vrijeme u kojem je plamen došao do vrha zgrade



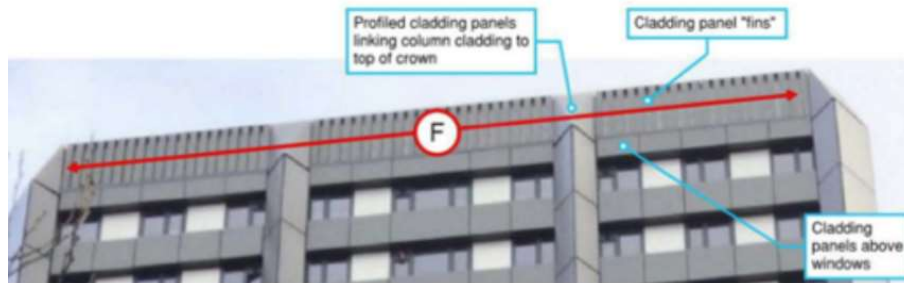
Vrijeme	Kumulativni broj stanova zahvaćenih požarom
01:14	1
01:21	8
01:26	20
01:36	20
01:52	26
02:10	34
02:23	53
02:34	56
02:53	61
03:09	70
03:21	73
03:43	92
04:03	98
04:31	103
04:44	106



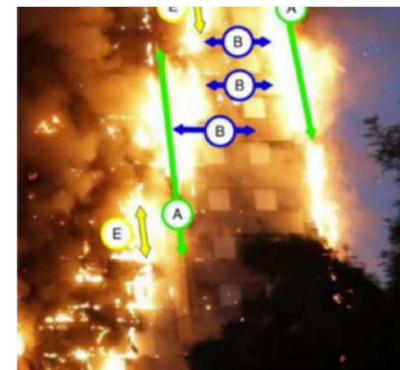
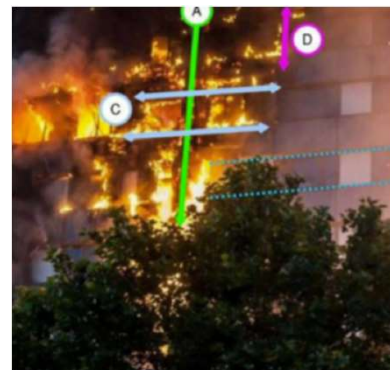
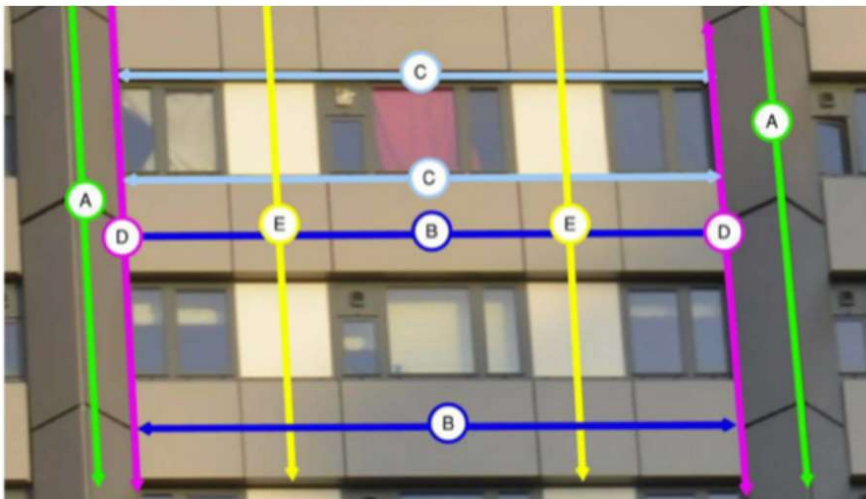
Izvor: Lane, B. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1.

# RAZVOJ POŽARA PO ZGRADI

## 6 mogućih smjerova širenja požara na vanjskom plaštu zgrade

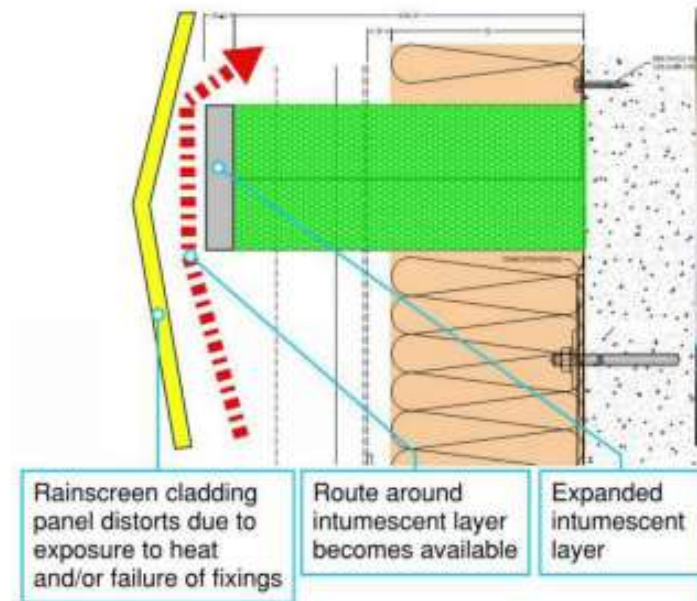
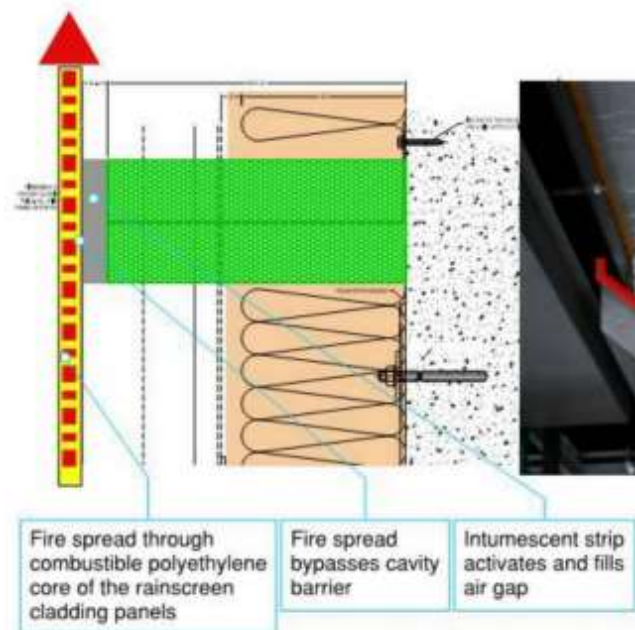


- A:** vertikalno širenja uz i niz stupove
- B:** horizontalno, preko parapetnih panela
- C:** horizontalno duž rubova ispune prozora
- D:** vertikalno duž rubova prozora i izolacijskog panela
- E:** vertikalno duž panela postavljenih između prozora
- F:** oko "arhitektonske krune" na vrhu zgrade



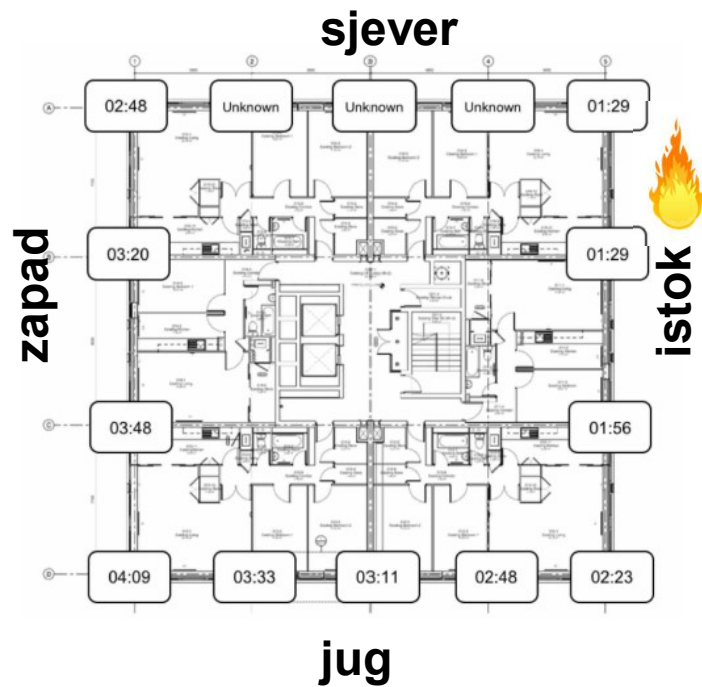
Izvor: Lane, B. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1.

# ŠIRENJE POŽARA VENTILIRANOM FASADOM



Izvor: Lane, B. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1.

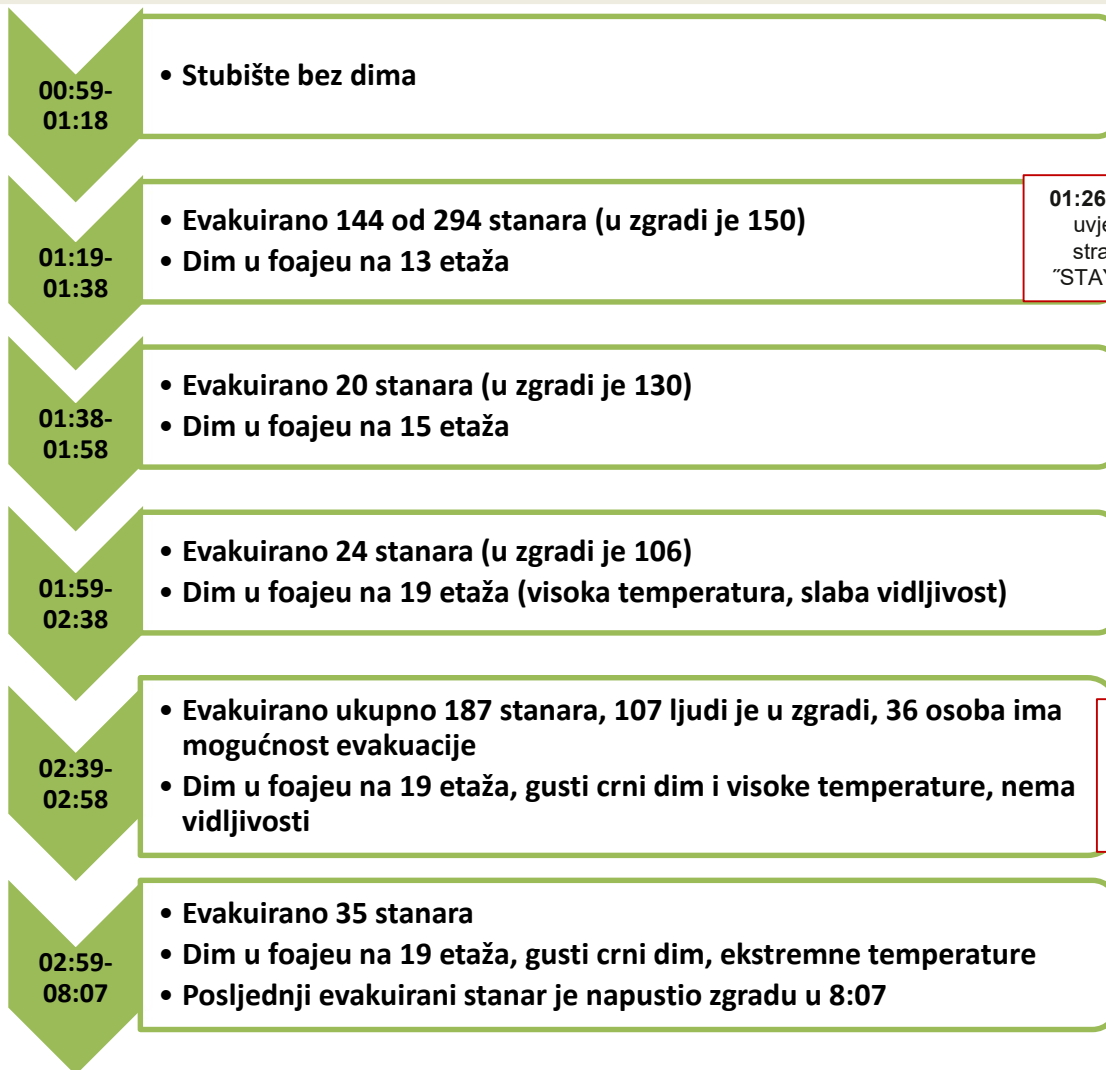
# ŠIRENJE POŽARA PO ZGRADI



Marija Jelčić Rukavina



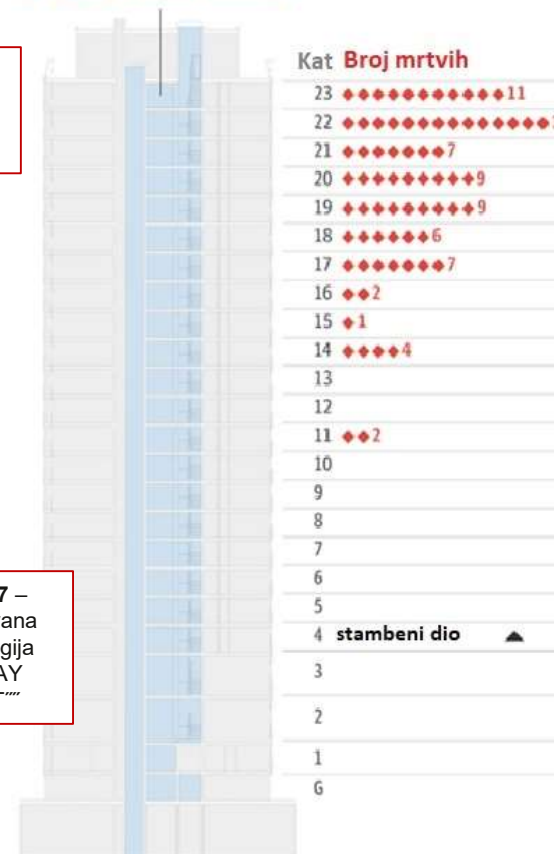
# TIJEK EVAKUACIJE



01:26 – nema uvjeta za strategiju "STAY PUT"

02:47 – opozvana strategija "STAY PUT"

Jezgra zgrade s liftovima i stubištem



# UVJETI U STANOVIMA ZA VRIJEME POŽARA



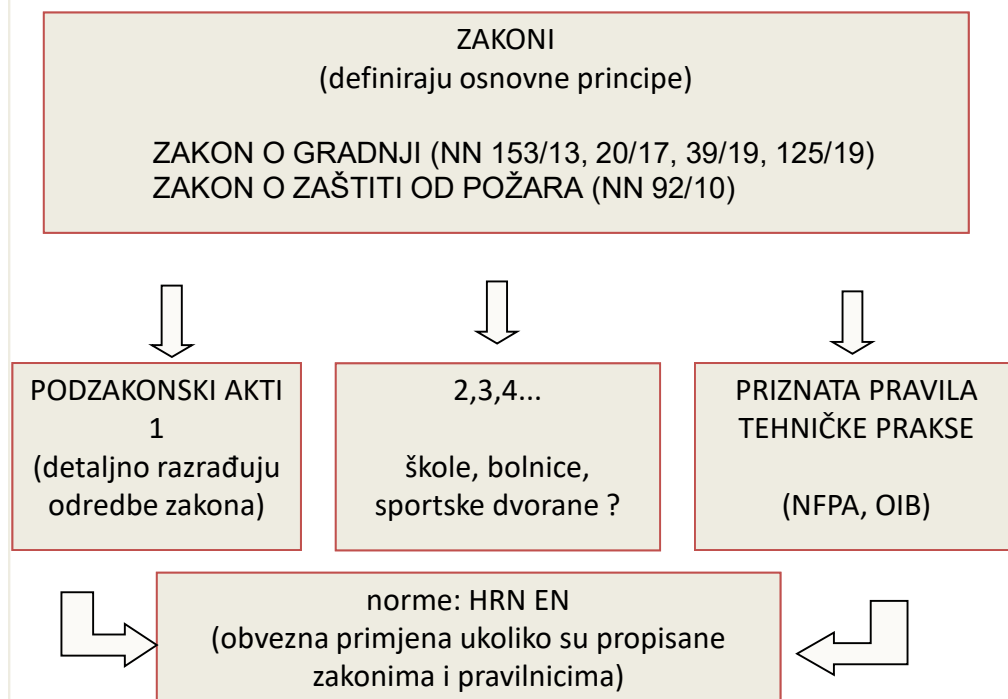
[Video: uvjeti u stanovima za vrijeme požara, 21 kat](#)

Gusti crni dim je zabilježen u foajeima na 12., 14., 16., 18. i 21. katu između **1:30 i 2:00**.

Prema jednom od vještaka eksperata (prof. Purser):

**“Da je bila omogućena evakuacija, svi stanari bi mogli izaći iz zgrade u vremenu od 7 min!”**

# REGULATIVA U REPUBLICI HRVATSKOJ ZA VISOKE ZGRADE

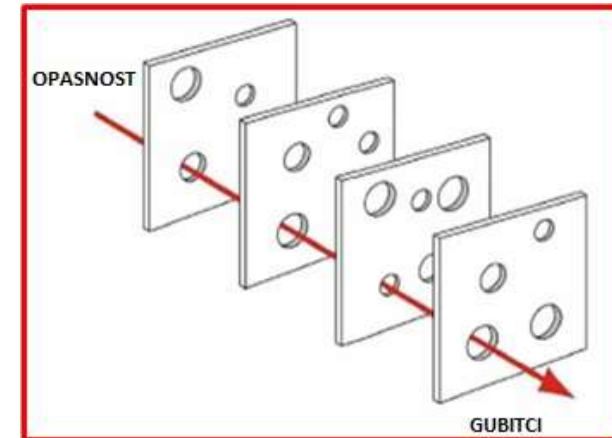


**Značajna obnova zgrade** je obnova ili rekonstrukcija zgrade gdje se obnovi podvrgava više od 25 % površine ovojnice zgrade.

- **Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13, 87/15):** Reakcija na požar materijala, uključujući i zahtjeve za pročelja visokih zgrada (**samo kontaktnih i ventiliranih!!!!**)
- Trenutno se zahtjevi navedenog pravilnika odnose kod projektiranja i građenja novih građevina, a na odgovarajući način i kod rekonstrukcija (projektiranja i građenja) - **ENERGETSKA OBNOVA NIJE OBUHVAĆENA**
- **Tehnički propis o izmjenama i dopunama Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 102/20):**  
(15) **Prije značajne obnove zgrade** projektant, prema nadležnosti struke, treba napraviti analizu postojećeg stanja zgrade te dati prikaz mjera za poboljšanje postojećeg stanja cijele zgrade s procjenom investicije po pitanju zdravih unutarnjih klimatskih uvjeta, **zaštite od požara** i rizika povezanih s djelovanjem potresa, a sažetak analize prikazuje se u glavnom projektu.

# Zaključak

- Izborom ***fasadnog sustava, materijala u sustavu i detaljima izvedbe*** pri energetskej obnovi zgrada utječemo na rizik širenja požara po pročelju zgrade.
- Međutim, da bi se zadovoljio 2. temeljni zahtjev za građevinu, ***sigurnost u slučaju požara***:“ građevine trebaju biti projektirane i izgrađene tako da u slučaju pojave požara:
  1. nosivost građevine može biti zajamčena tijekom određenog vremena;
  2. širenje požara i dima unutar građevine je ograničeno;
  3. širenje požara na okolne građevine je ograničeno;
  4. korisnici mogu sigurno napustiti građevinu ili na drugi način biti spašeni;
  5. sigurnost spasilačkog tima je uzeta u obzir.”
- Navedeno se postiže međusobnom ***sinergijom aktivnih i pasivnih mjera*** zaštite od požara.





# Literatura

1. Bisby, L. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1 - Expert Report.
2. Daeid, N. N. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Provisional Report.
3. Jelčić Rukavina, M., Carević, M., & Banjad Pečur, I. (2017). Fire Protection of Façades: The Guidelines for Designers, Architects, Engineers and Fire Experts. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering.
4. H. Evans, D. (2018). High-Rise Facade Fires: A Worldwide Concern. Fire Protection Engineering.
5. Lane, B. (2018). Grenfell Tower Fire Public Inquiry: Phase 1.
6. <https://grenfellenquirer.blog/2019/03/10/not-just-the-cladding/>
7. <https://www.bbc.com/news/uk-44381387>
8. Potton, E., Ares, E., & Wilson, W. (2017). Grenfell Tower fire : Response and tackling fire risk in high rise blocks.
9. <https://www.dezeen.com/2018/04/17/grenfell-tower-fire-report-london-uk-news>
10. Passive Fire Protection Forum statement regarding the Grenfell Tower fire - <https://pfpf.org/pdf/PFPF%20Statement%20-%20Grenfell%20Tower.pdf> (Accessed on January 26th, 2019)
11. <https://www.hvnplus.co.uk/news/grenfell-inquiry-burning-cladding-overrode-the-buildings-passive-fire-protection/10031740.article> (Accessed on January 26th, 2019)
12. [http://www.fsmatters.com/page\\_899252.asp](http://www.fsmatters.com/page_899252.asp)



Najljepše zahvaljujem  
na pažnji!

[jmarija@grad.hr](mailto:jmarija@grad.hr)

[miodrag.drakulic@ctp-projekt.hr](mailto:miodrag.drakulic@ctp-projekt.hr)

[inspeking.car@gmail.com](mailto:inspeking.car@gmail.com)

