

Li-ionske baterije in nevarnost za nastanek požara na vozilih v cestnem prometu

Dr. Aleš Jug
Zavod za gradbeništvo
E-mail: ales.jug@zag.si

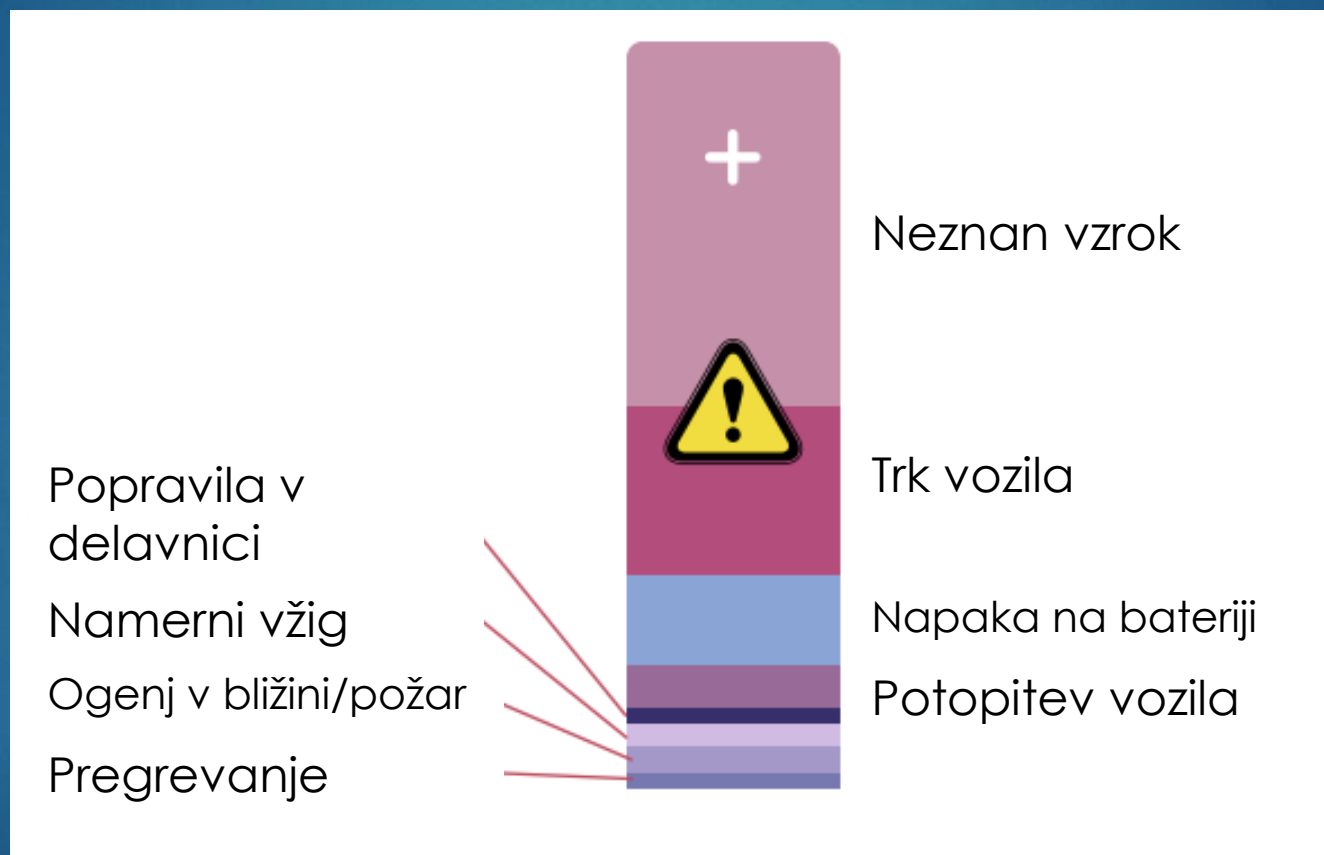
Izhodišča za oceno tveganj, vezanih na e-mobilnost – pogostost in posledice požarov ter vzroki zanje

- ▶ Nova vrsta tveganj
- ▶ Požari, ki vključujejo litijeve baterije, so najhitreje rastoča požarna nevarnost – ZDA – 7 mesto med tveganju za nastanek požarov
- ▶ Dve kategoriji tveganj:
 - ▶ električna vozila
 - ▶ druge kategorije električnih prevoznih sredstev (skiroji, kolesa, rolke...)

Tveganja vezana na električna vozila

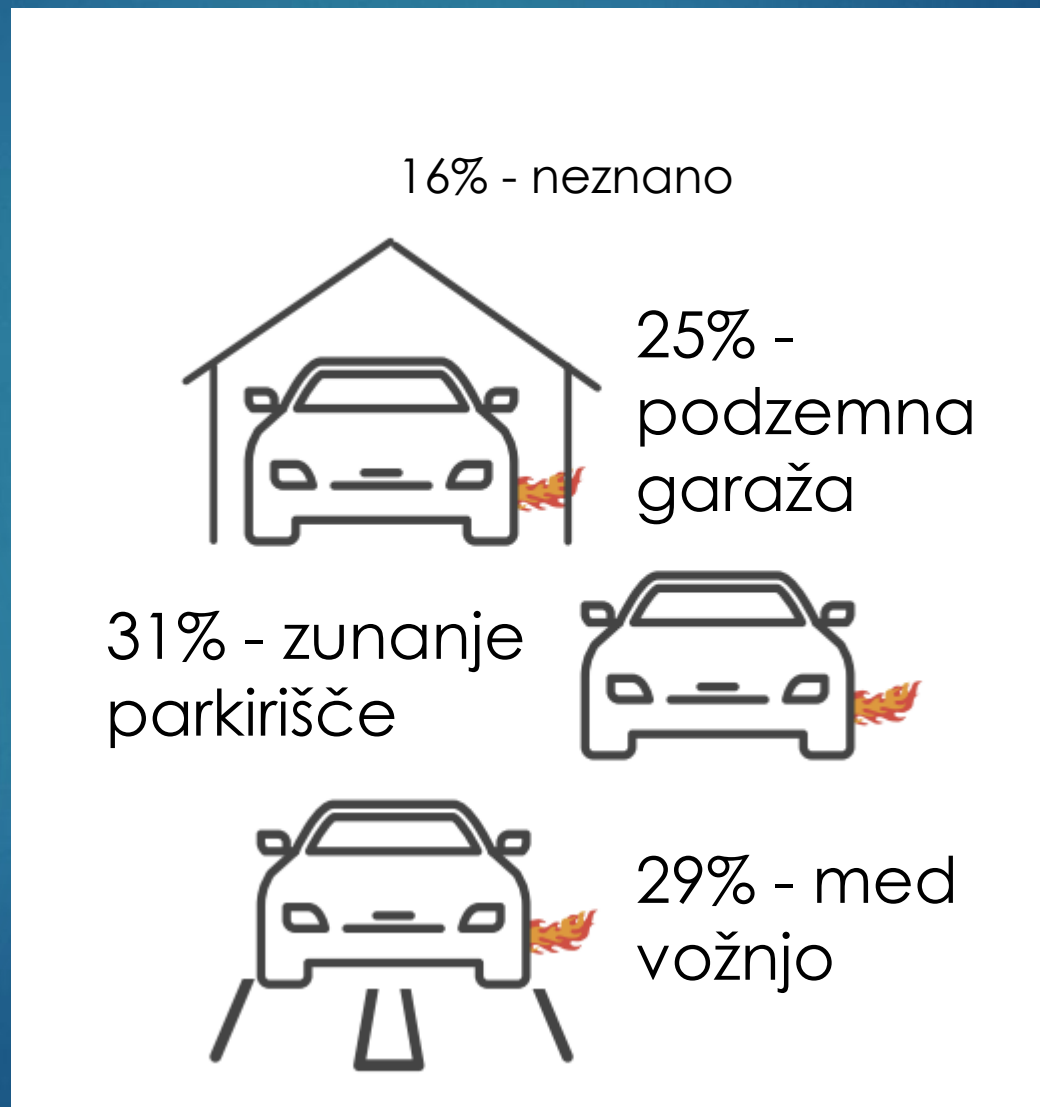
- ▶ Požari v električnih vozilih so zelo redki. Tveganje za nastanek požara na vozilih, ki jih poganjajo motorji z notranjim zgorevanjem je vsaj 20-29 krat večje (MSB, Švedska)
- ▶ Od leta 2010 do 06/2023 - 393 evidentiranih požarov električnih vozil v globalnem merilu + 74 v fazi raziskave + 21 nepotrjenih (EV Firesafe)
- ▶ Povprečna letna stopnja požarov: EV $2,44 \times 10^{-4}$ požarov na registrirano EV (EU Fire research), s številom novih EV vozil se tveganje za nastanek požarov ne povečuje (MSB, Švedska)

Požari EV vozil po vzroku



Po podatkih NFPA je glavni vzrok požarov v EV vozilih mehanska okvara ali okvara, ki predstavlja 45 odstotkov vseh tovrstnih požarov. Težave z elektriko so na drugem mestu in predstavljajo 23 odstotkov vseh.

Požari EV vozil po lokaciji



Požari EV po trku

Podatki NTSB (2023): po 20.315 smrtnih nesrečah, v katerih so bila udeležena **bencinska vozila**, je zagorelo 644-krat (3,17 %). Po 543 smrtnih nesrečah, v katerih so bila udeležena **hibridna vozila**, zagorelo 12-krat (2,21 %).

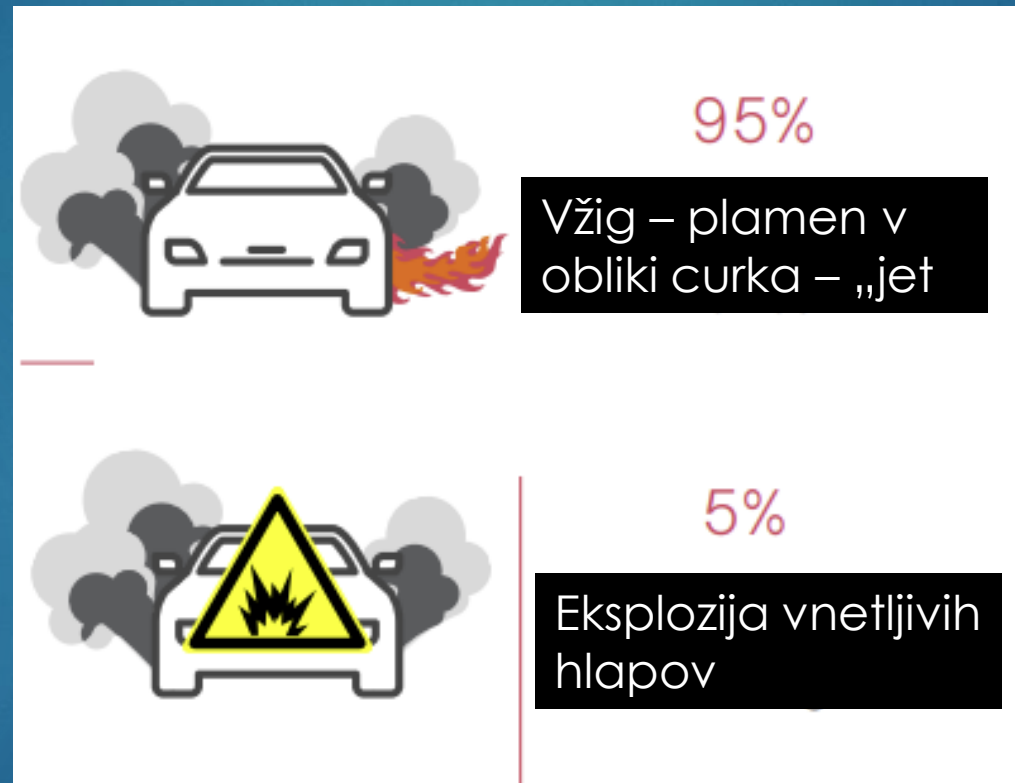
Problematika – EV vozila

- ▶ Za gašenje požara z litij-ionsko baterijo porabimo veliko več vode kot za gašenje običajnega avtomobilskega požara. Proizvajalci avtomobilov, ki so NFPA posredovali smernice, na splošno predlagajo 3.000 litrov vode ali več za gašenje požara v EV
- ▶ Ravnanje z vozilom po trku/potopitvi

Druga električna prevozna sredstva

- ▶ Do 400% porast števila požarov v objektih – kjer je primarni vir požar električnega prevoznega sredstva (London Fire Brigade, NYC Fire Service, 2023).
- ▶ Od leta 2019 do leta 2022 se je število poškodb zaradi požarov, ki so se začeli z električnim kolesom ali skirojem, povečalo za več kot 1000 % (NYC Fire Service, 2023).
- ▶ Velika Britanija – en požar e-kolesa/skiroja na dan (London Fire Brigade)
- ▶ Porast prodaje električnih skirojev in koles – do 50% letno.
- ▶ Več analitikov napoveduje, da bodo do konca leta 2023 električni skiroji predstavljali 8 % vseh dvokolesnih vozil na cesti.

Dinamika gorenja li-ionskih baterij



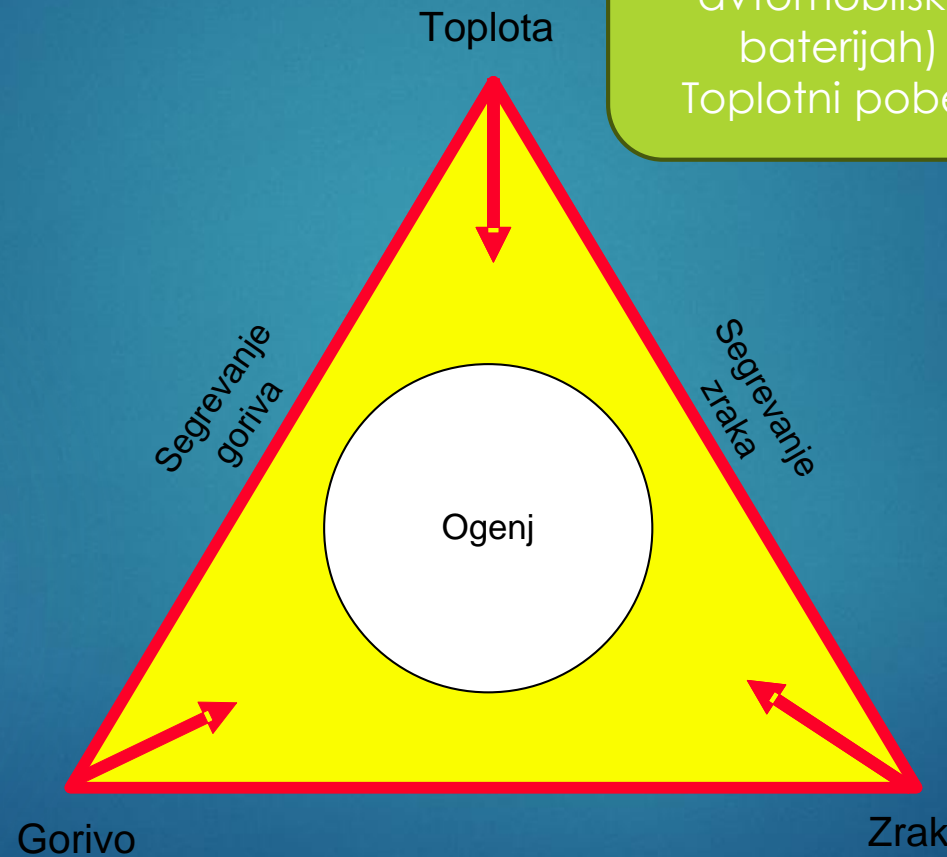
Viri: [evfiresafe.com](https://www.evfiresafe.com), Research Europe, 2023

Li-ionske baterije kot gorivo

Baterije so kombinacija trdnega in plinastega goriva. Sproščeni plini vsebujejo

vnetljive komponente, sestavljene iz ogljikovodikov (etan, eten, etin), ogljikovega monoksida in vodika. Poleg tega so poleg ohišja (plastični deli) med gorenjem prisotni trdni delci ogljika, aluminija in bakra.

Teorija gorenja

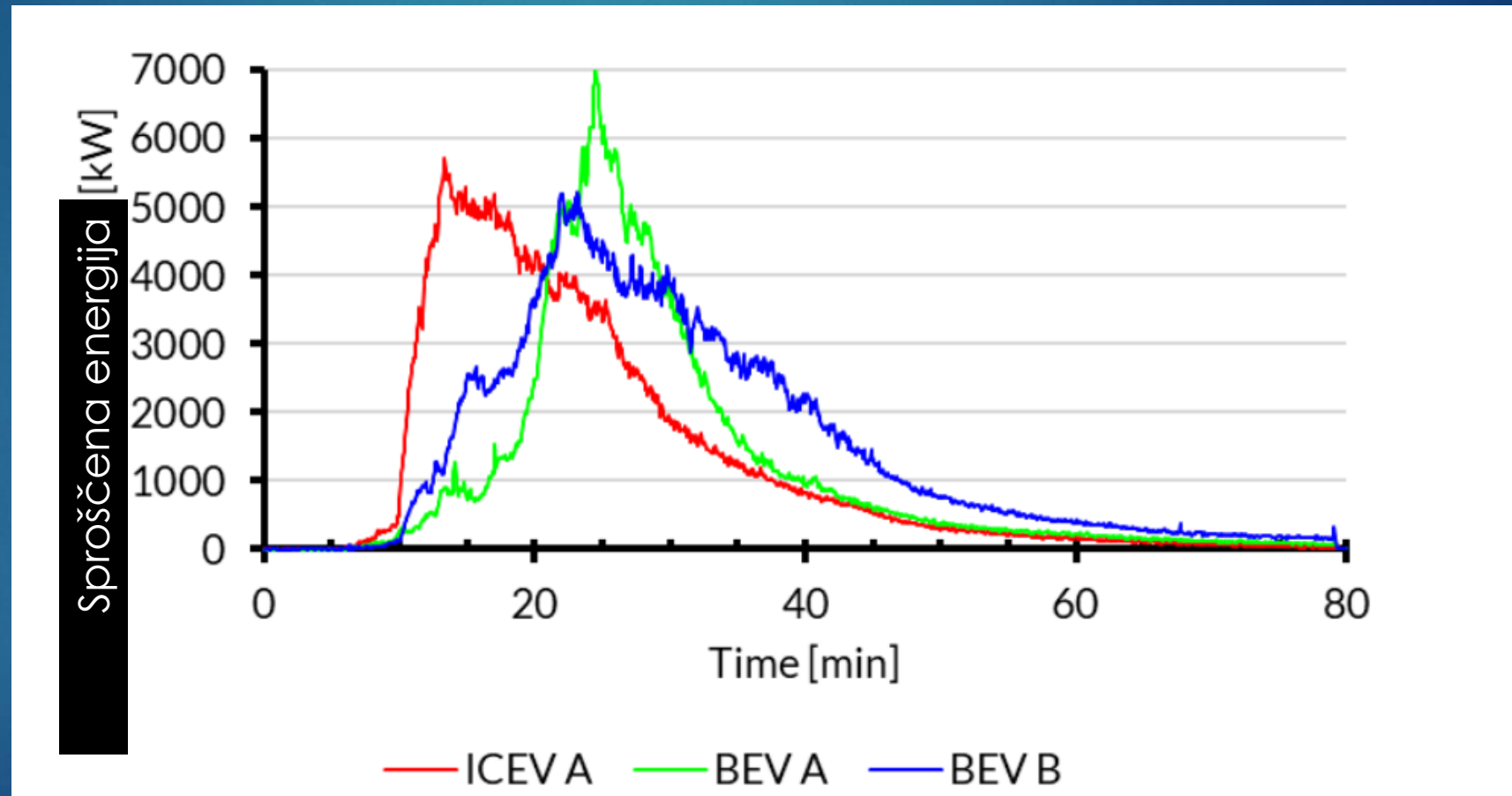


Zunanji vir toplote
(redko pri novejših
avtomobilskih
baterijah)
Toplotni pobeg

Litij – točka
vnetišča: 500 st. C
Vodik – vnetišče:
560 st. C

Litijeve soli so
oksidant – za
gorenje ni potrebe
po kisiku iz okolice.

Požarna krivulja – ne električna/električna vozila

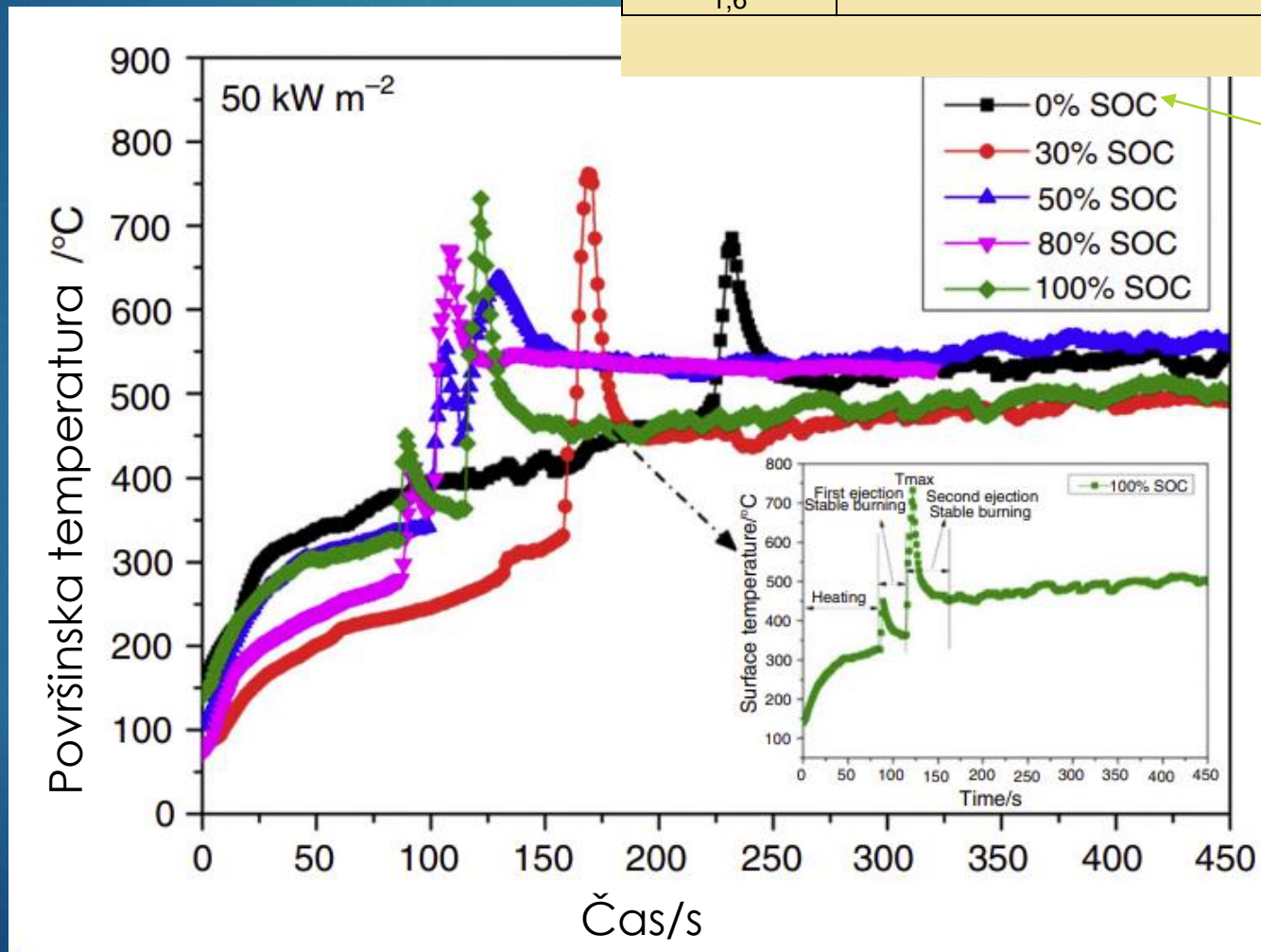


Klasično vozilo

Električno vozilo

Čas do vžiga

Toplotni tok (kW/m ²)	Poškodbe	
	Na opremi	Na ljudeh
60-200	Plamen na površini	
20	Požarni preskok	100% mrtvih v eni minuti večje poškodbe v 10 sekundah
12,5	Minimalna toplotna energija za vžig lesa s plamenom, plastične cevi se topijo	1% mrtvih v eni minuti opekline 1.stopnje po 10 sekundah
4		Povzroča bolečino, če je izpostavljenost daljša od 20 sekund
1,6		Ne vpliva na počutje po daljši izpostavljenosti



SOC – stanje polnitve baterije

Količina sproščene energije

svinčeve baterije (20 MJ/m²)  LiFePO4 baterije (150 MJ/m²) – večja požarna obremenitev

Hitrejši razvoj požara: Večja požarna obremenitev pomeni večjo količino gorljivih snovi, ki lahko hitro sprožijo in širijo požar. To lahko privede do hitrejšega dviga temperature in širjenja ognja, kar otežuje njegovo gašenje.

Intenzivnejši požar: Več gorljivih materialov pomeni intenzivnejši požar, ki sprošča več toplote. To lahko poškoduje strukturo objekta, povzroči deformacije ali celo porušitve konstrukcijskih elementov.

Povečano tveganje za osebe: Hitrejše širjenje in večja intenzivnost požara povečujeta tveganje za osebe, ki se nahajajo v stavbi ali objektu. Evakuacija postane bolj zahtevna in nevarna.

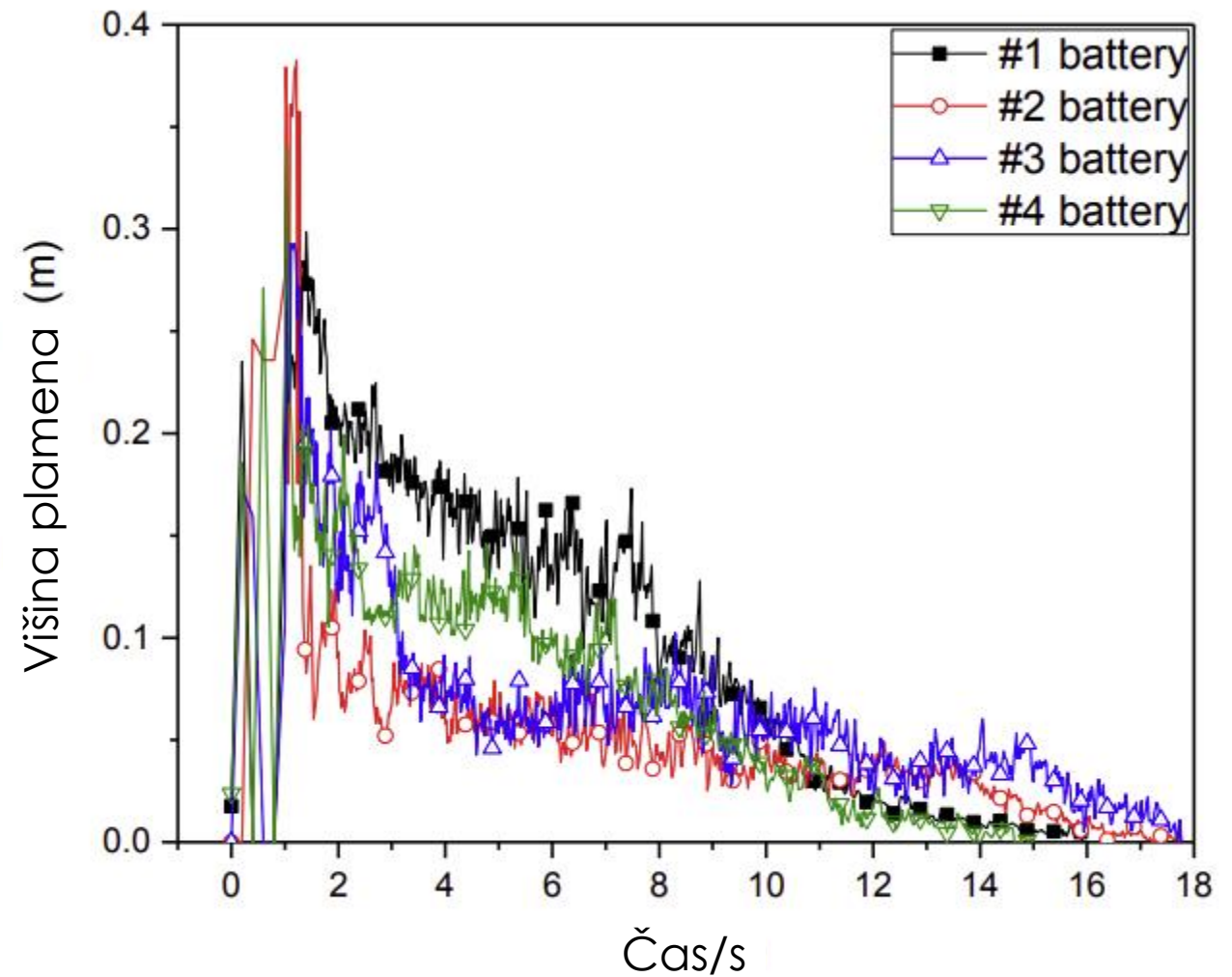
Večja škoda: Intenzivnejši požar lahko povzroči večjo škodo na premoženju, saj se ogenj hitreje širi in uničuje večji del prostora ali objekta.

Težja intervencija gasilcev: Večja požarna obremenitev pomeni zahtevnejše pogoje za gasilce, ki morajo z sredstvi in tehnikami obvladovati požar. To lahko podaljša čas gašenja in poveča tveganje za gasilce.

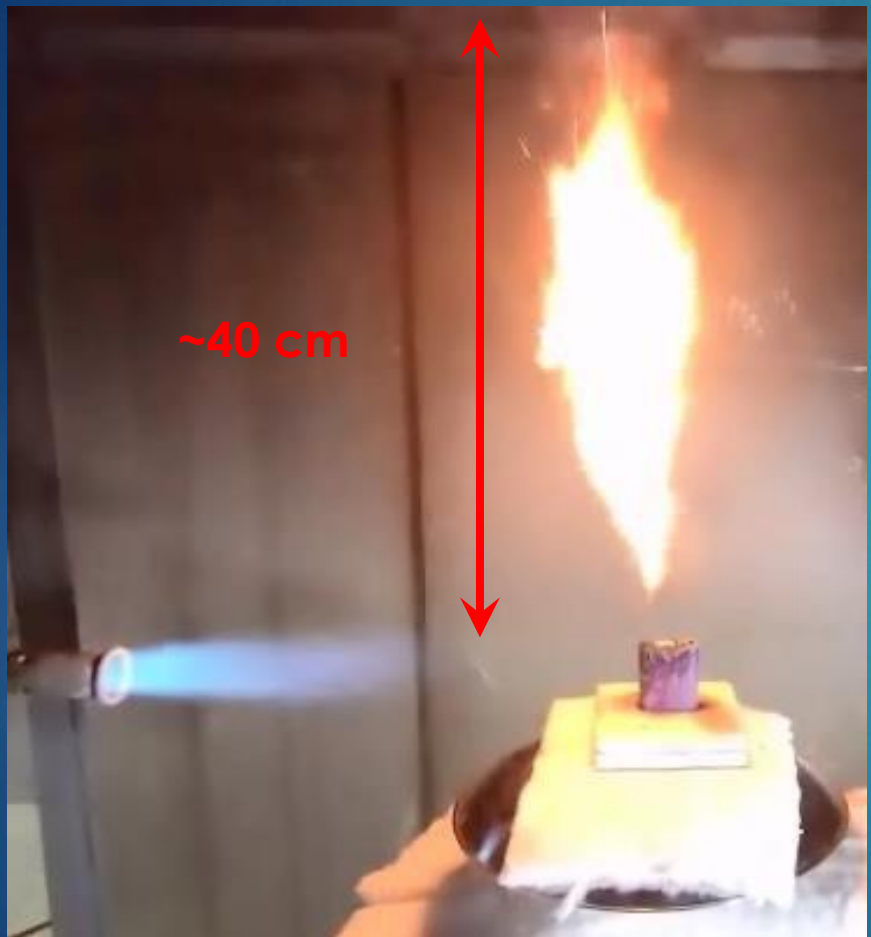
Višina plamena



Li-ionska baterija, tip 18650



Višina plamena



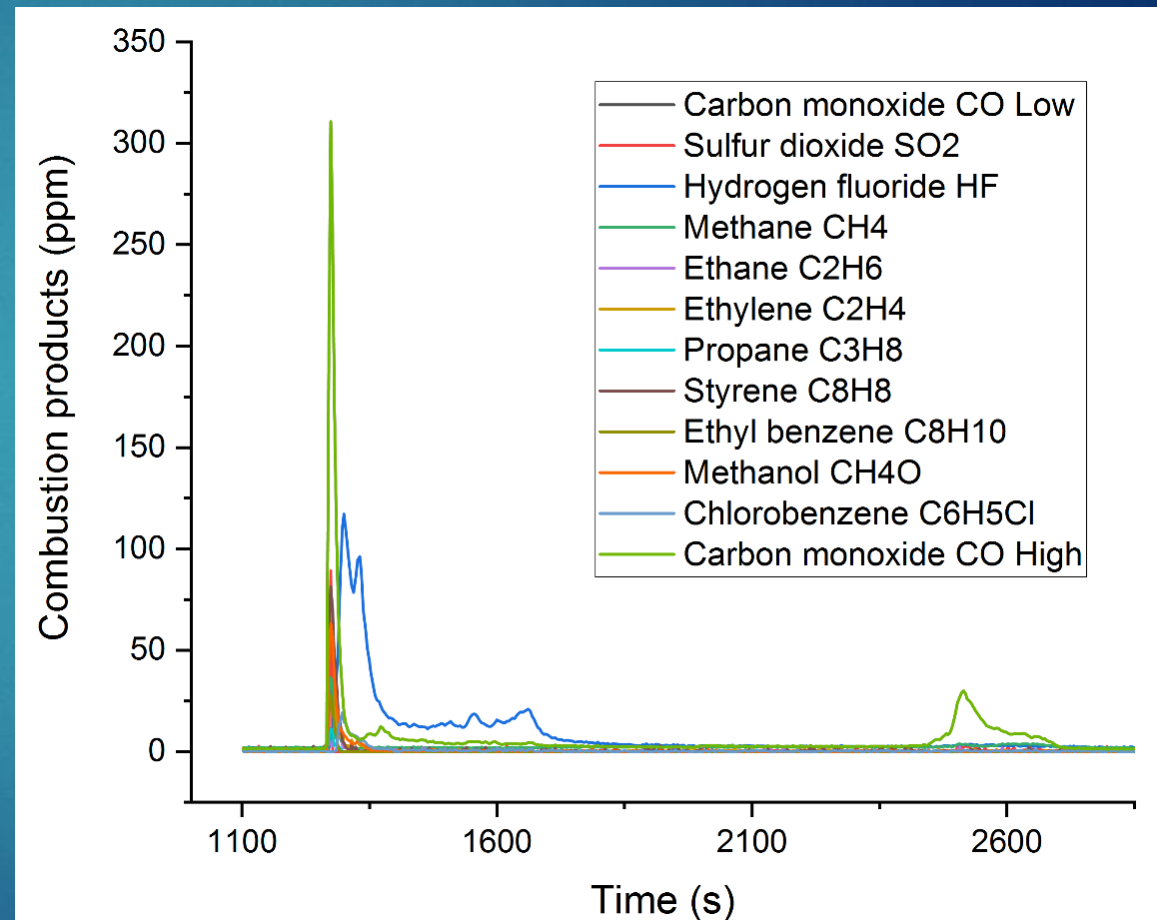
Vir: Chen, Haodong, et al. "An experimental study on thermal runaway characteristics of lithium-ion batteries with high specific energy and prediction of heat release rate." *Journal of Power Sources* 472 (2020): 228585.

Source: U. Rojas Alva, ZAG, 2023

Toksičnost med gorenjem baterij

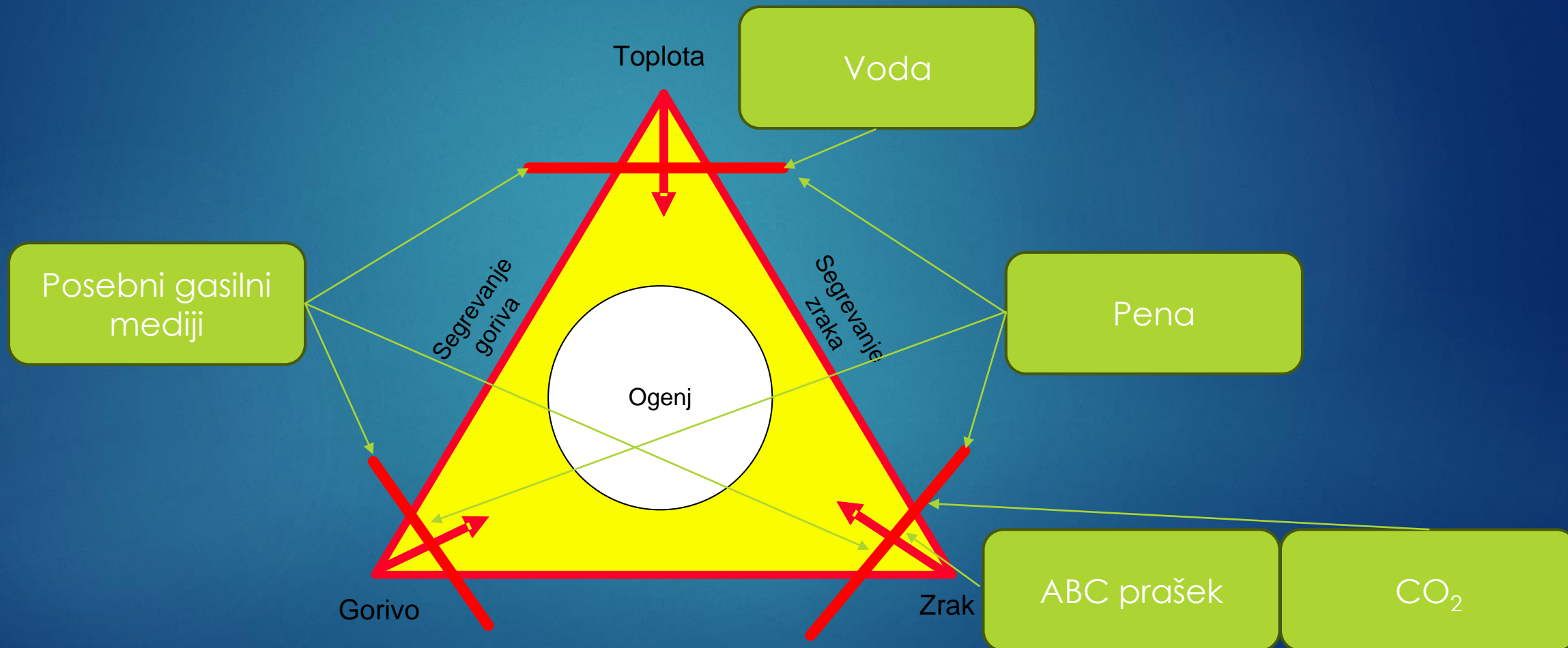
Poleg že znanih produktov gorenja, ki se pojavijo v požaru, se pri gorenju baterij dodatno pojavljajo tudi:

- ▶ vodik, etilen karbonat, metil karbonat,
- ▶ dimetilkarbonat, metan, eten, etan, etin,
- ▶ litijev heksafluorofosfat,
- ▶ težke kovine (kobalt, nikelj, mangan) – **kancerogena svojstva**,
- ▶ vodikov fluorid, fosforna kislina in fosfin.



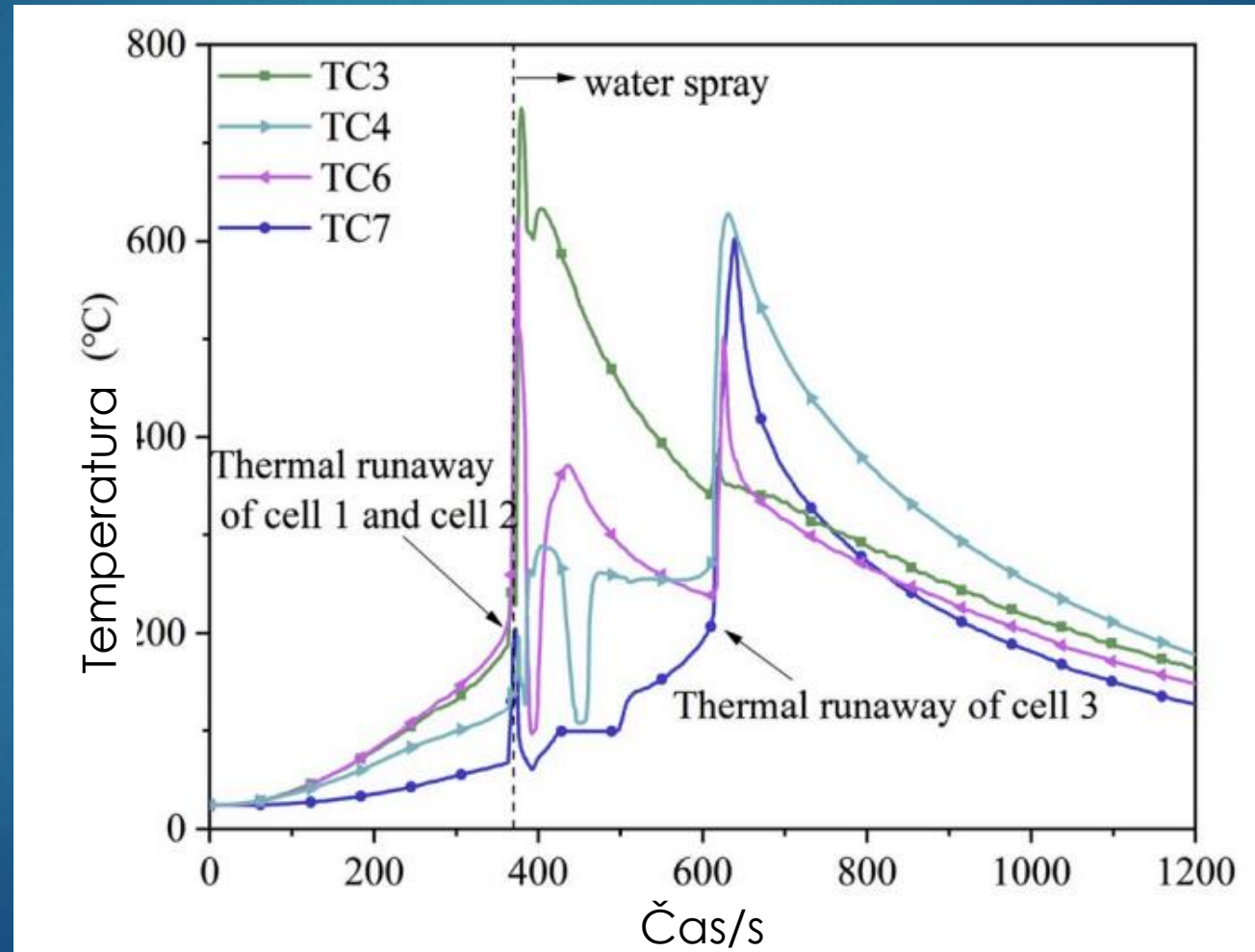
Teorija gašenja

Gasilni medij mora zagotavljati učinek hlajenja in dušenja.



Teorija gašenja

Učinek vode kot gasilnega medija – vodna megla (stabilni sistem)



Teorija gorenja



Dr. Aleš Jug
Zavod za gradbeništvo
E-mail: ales.jug@zag.si