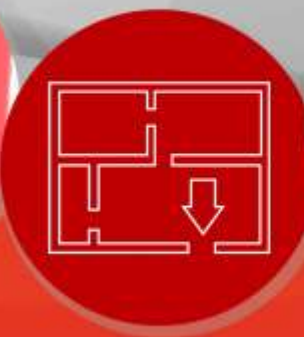


2022. 09. 7-8.

XI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok



2022. 09. 7-8.

XI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok

LI-ION AKKUMULÁTOROK TŰZVÉDELMEVEL KAPCSOLATOS KUTATÁSI TAPASZTALATOK

FARKAS FLÓRA, DR. TAKÁCS LAJOS GÁBOR



Li-ion akkumulátorok felhasználása - elektromos járművek

Elektromos járművek aránya Magyarországon

- 2021. végére 21.544 db tisztán elektromos autó kelt el,
- Hibrid és elektromos (zöld rendszámú) autó 2021. végéig 42.633 db volt forgalomban
- „Zöld busz” program – 2022-től a nagyvárosokban kizárólag elektromos autóbuszokat lehet forgalomba állítani – Magyarország 2050-re vállalta hogy karbonsemlegessé válik – ehhez a szén-dioxid kibocsátást jelentősen csökkenteni kell

Elektromos járművek nemzetközi szinten

- 2020-ban 2,01, 2021-ben 4,2 millió elektromos személygépkocsit adtak el – dinamikus fejlődés
- Az elektromos és a plug-in hibrid járművek a teljes globális személygépkocsi piac 6 %-át tették ki
- A töltőre csatlakoztatott járművek a jövőben energiatárolóként is működhetnek!

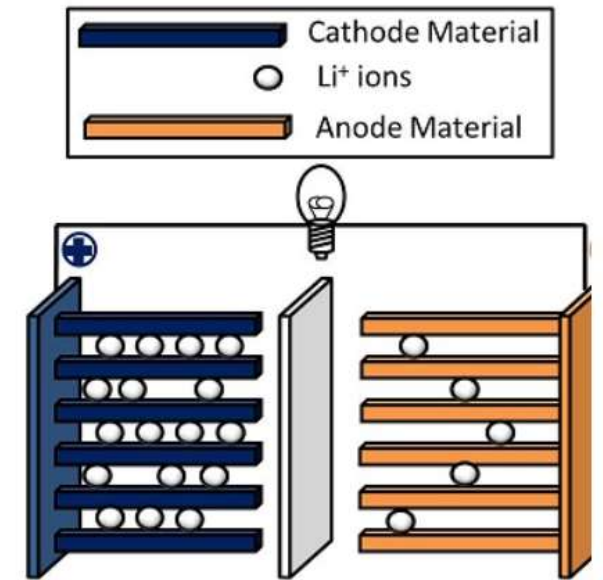


Li-ion akkumulátorok kialakítása és veszélyei

- A Li-ion akkumulátor érzékeny a külső sérülésekre és a szeparátor sérülésére
- A szeparátor sérülése esetén rövidzárlat keletkezik és nő a hőmérséklet – ha eléri a kritikus hőmérsékletet akkor hőtermelő kémiai folyamatok indulnak be (thermal runaway – hőmegfutás?), nő a nyomás, végül felhasad az akkumulátor, mérgező és gyúlékony gázok szabadulnak fel
- Az elektrolit gyúlékony – külső sérülés esetén, ha kifolyik meggyulladhat, illetve éghető gázokat fejleszt
- Túltöltés, különböző típusú töltők – elektronika figyeli és korlátozza – meghibásodás veszélye!
- Minimális és maximális kapcsolófeszültség – ezen kívül az akkumulátor melegedni kezd, majd a kritikus hőmérséklet elérése után meggyullad
- A teljes kisütés utáni töltés szintén veszélyes a dendritképződés miatt!

Miért az e-mobilitás terjedése jelenti a legnagyobb veszélyt?

Egyre nagyobb energiasűrűségű akkumulátorok: 40 Wh/kg (ólom-sav akkumulátorok), 250 Wh/kg (NCA akkumulátorok) – 50...100 km helyett akár 600 km hatótáv; 12 V helyett 500 V feszültség szint



Anód: általában porózus szénből készül,
Katód: lítiumvegyület

- Laptopok: lítium-kobalt-oxid - LiCoO_2 vagy LCO,
- Nissan Leaf: lítium-mangán-oxid (LiMn_2O_4 vagy LMO),
- Tesla Model S: lítium-nikkel-kobalt-alumínium-oxid (LiNiCoAlO_2 vagy NCA)

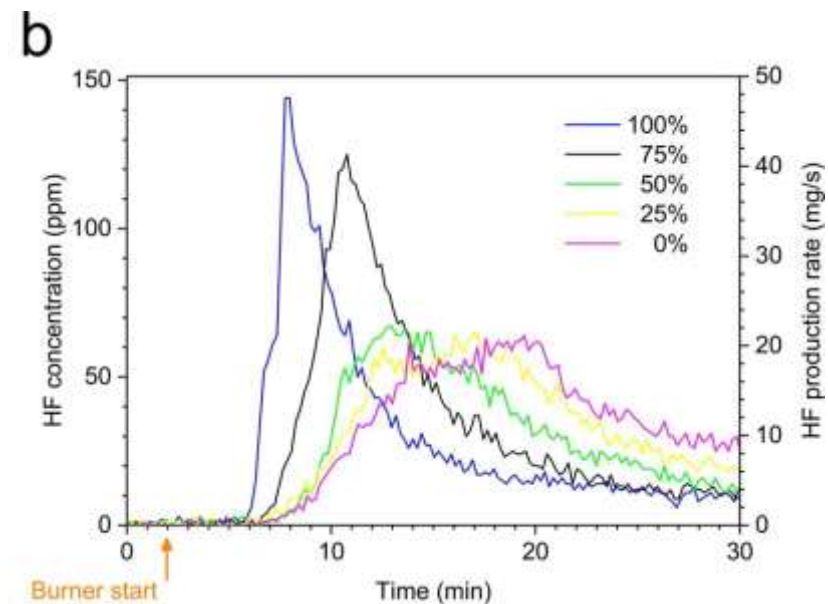
Li-ion akkumulátorok égése során keletkező bomlástermékek

- Az elektrolit gyúlékony → lítium-hexafluor-foszfátot (LiPF₆), vagy más lítiumsókat tartalmaz
- CO és CO₂ is felszabadul – mindkettő mérgező
- Az elektródák anyaga polivinilidén-fluorid (PVdF) -> égés közben hidrogén-fluoridot (HF) képez
- A hidrogénfluorid felszabadulás mértéke az akkumulátor kapacitásától és annak töltöttségétől is függ
- A hidrogénfluoridgáz belégzése halálos is lehet, bőrre kerülve égési sérüléseket okoz kis mennyiségben is
- SOC – a töltöttségi szinttől is függ a különböző gázok felszabadulása

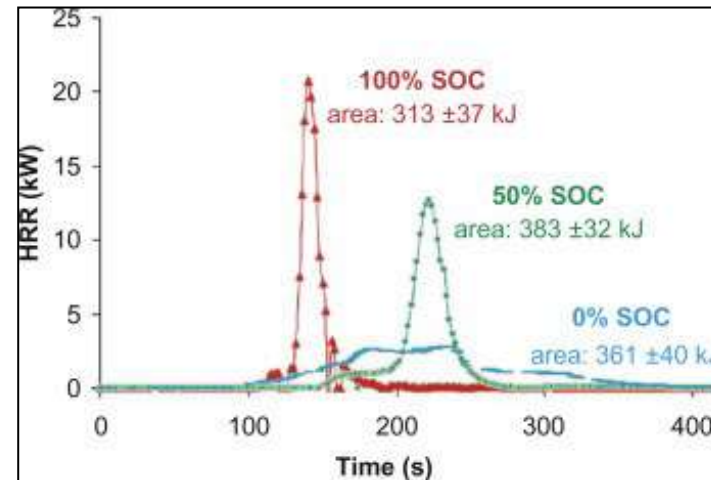
| Bomlástermék | | IDLH (ppm) |
|------------------------|-----------------|------------|
| Szénmonoxid | CO | 1200 |
| Széndioxid | CO ₂ | 40000 |
| Ammónia | NH ₃ | 300 |
| Hidrogén-cianid | HCN | 50 |
| Sósav | HCL | 50 |
| Hidrogénfluorid | HF | 30 |

IDLH (Immediate Dangerous to Life and Health) – felül: CIPA Guideline No 19, alul: kutatási eredmény

[Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires](https://www.nature.com/articles/nature19041) – nature.com

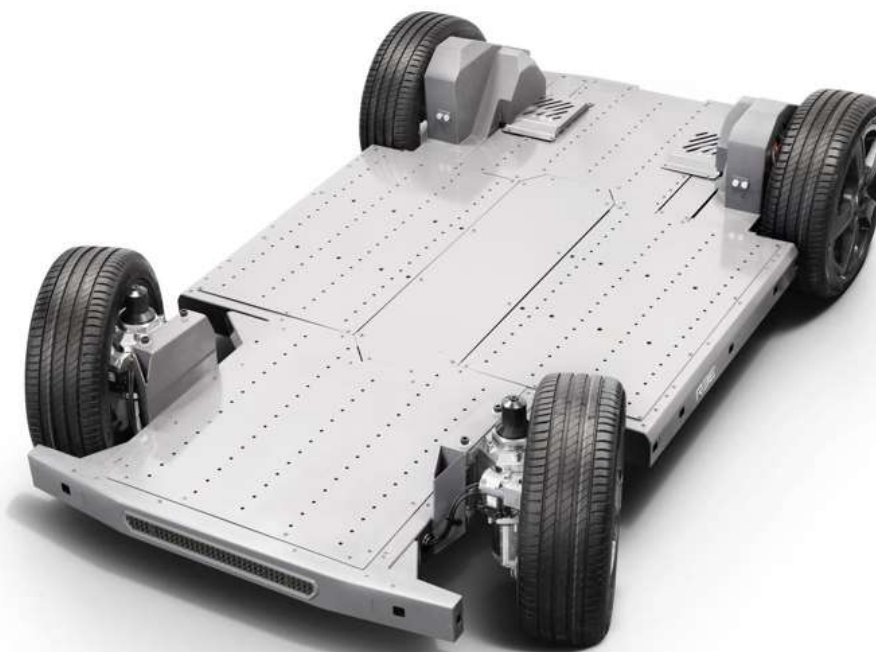


Hidrogénfluorid felszabadulása különböző töltöttségi szinteken



Idő-hő kibocsátási diagram, egy 2,9 Ah li-ion akkumulátor égése különböző töltöttségi szinteken

A fejlődés iránya: 30 – 100 kWh

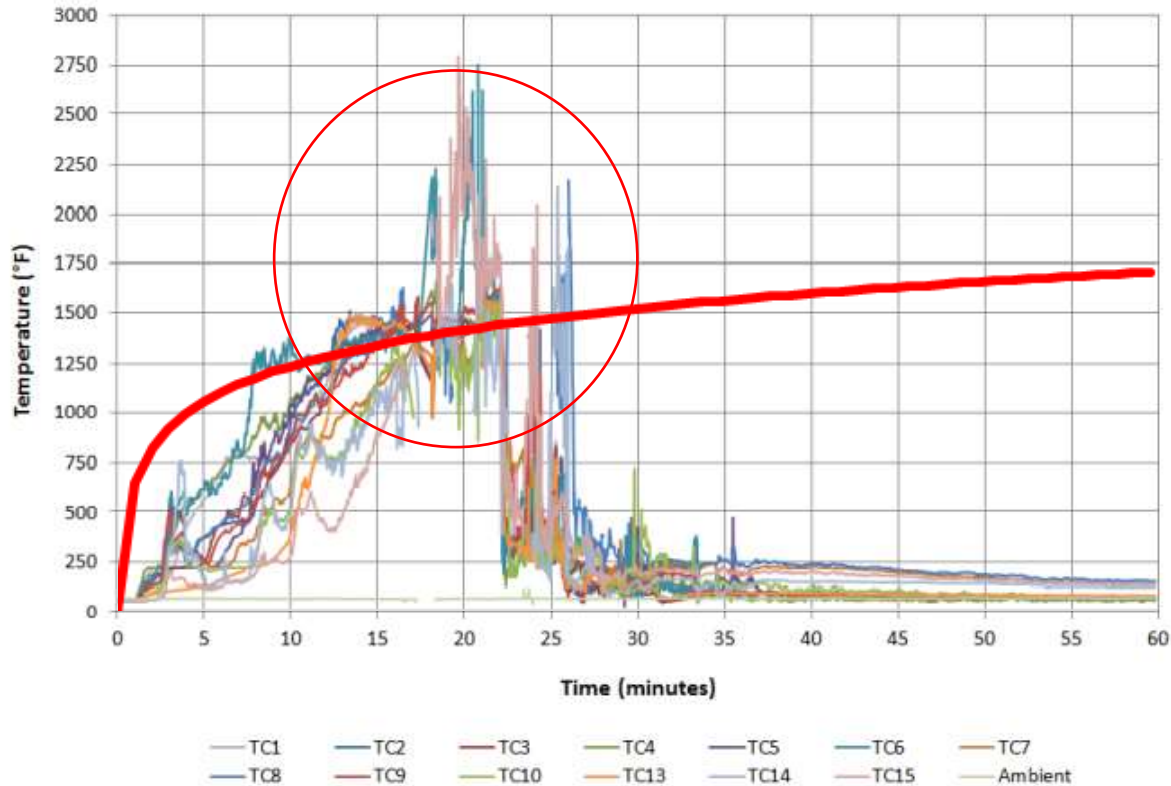


Problémák:

- Ütközés (a jármű széléhez egyre közelebb van az akkucsomag)
- Alulról érkező sérülés (fennakadás)

ISO 834 zárttéri hőmérséklet-idő kitéti görbe és valós léptékű tűztesztek tapasztalatai

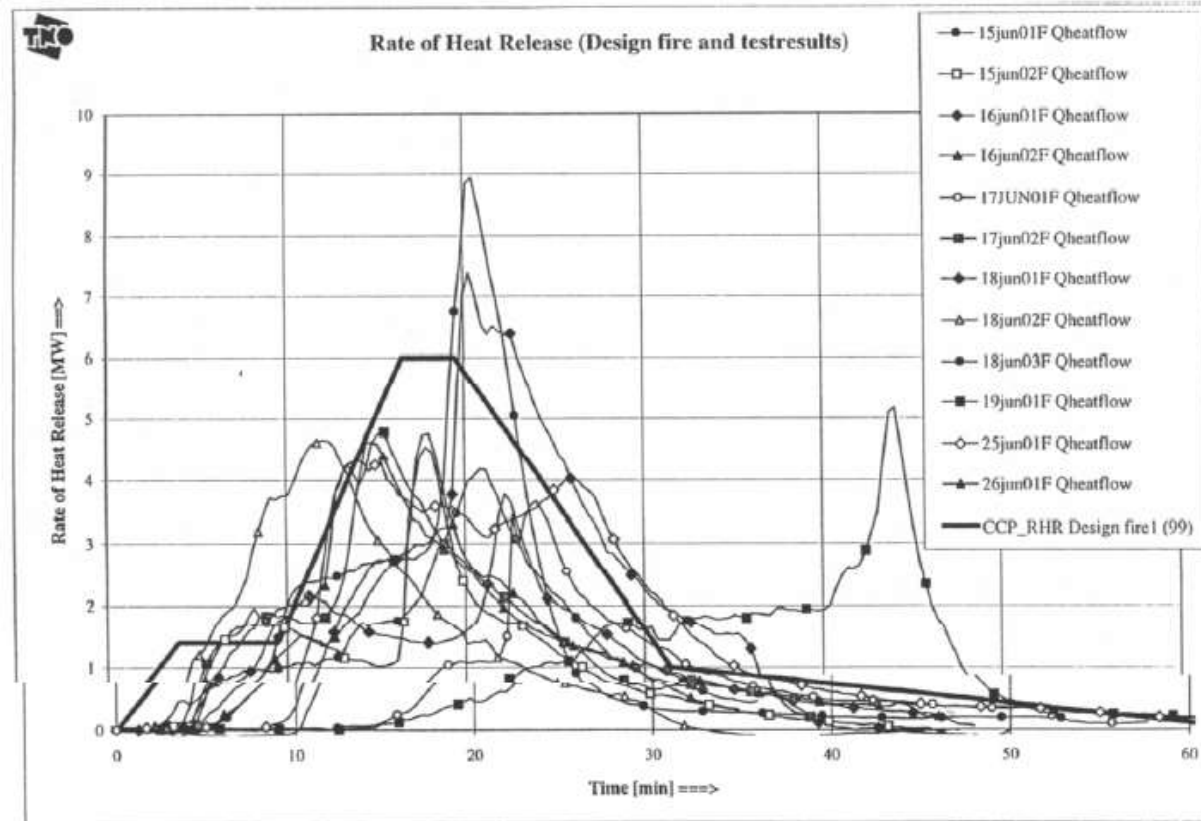
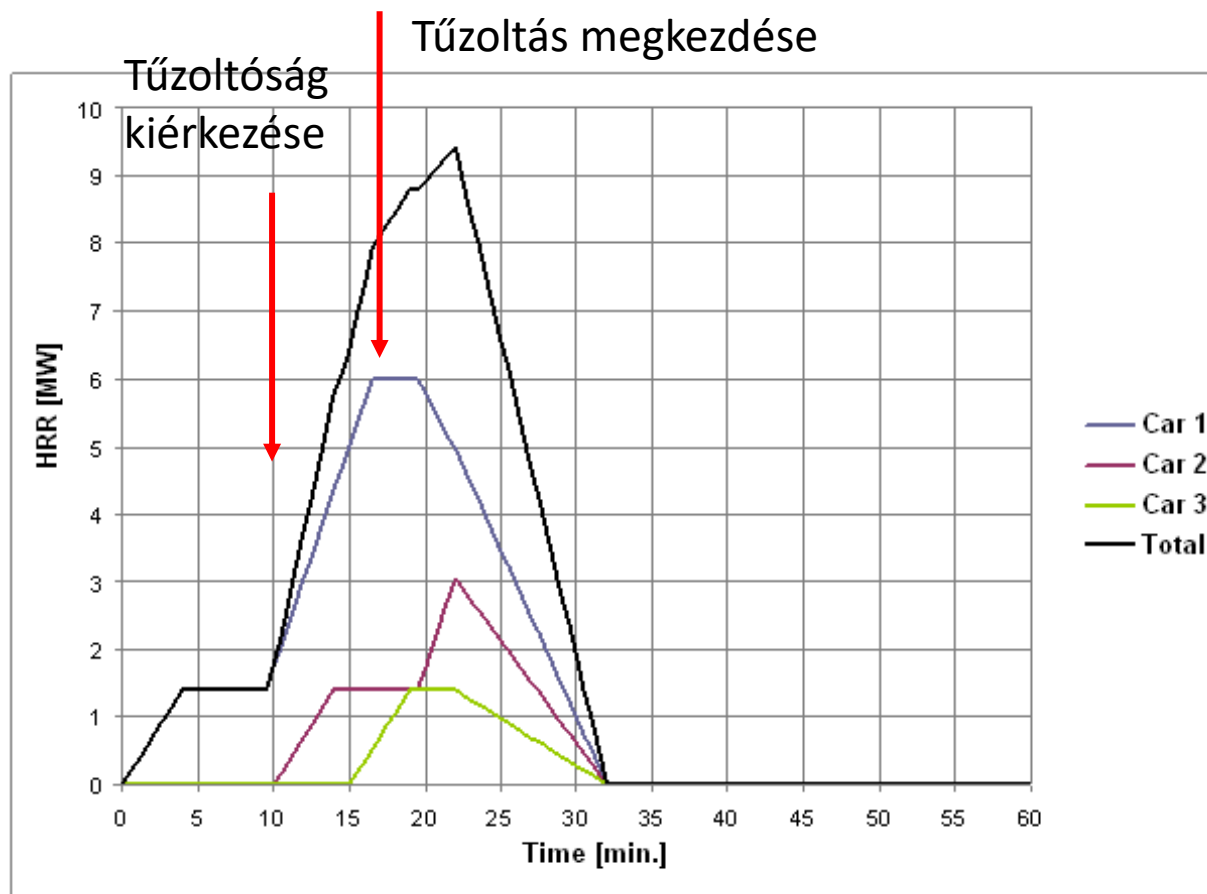
Test B3 Temperature Measurements



TC14, TC15 az akkumulátor belsejében méri a hőmérsékletet
TC8 – akkumulátor külső felületén
TC10 – 10 ft (3,048 m) magasságban
A görbék jelentős csökkenése az oltás megkezdése miatt történt

- The Fire Protection Research Foundation keretein belül, 2013-ban valós akkumulátor tűztesztekot végeztek el
- „B” típusú akkumulátor – 16 kWh, ami megfelel egy kis hatótávolságú elektromos autó akkumulátorának (de jelentősen elmarad egy korszerű, tisztán elektromos, nagy hatótávolságú jármű akkumulátorától)
- Az akkumulátor felületén és közvetlen környezetében akár 800-1500 °C közötti hőmérsékletek is mérhetők → magasabb hőmérsékletek alakulnak ki, mint az ISO 834 zárttéri görbén
- Vb. szerkezet: a magas hőmérséklet, illetve annak hirtelen emelkedése miatt spalling kialakulása komoly veszély

Különböző járművek valós tűztesztjeinek összevetése



Jelenlegi szimulációs gyakorlat mélygarázsokban: 4-6 MW közötti tűzfészek

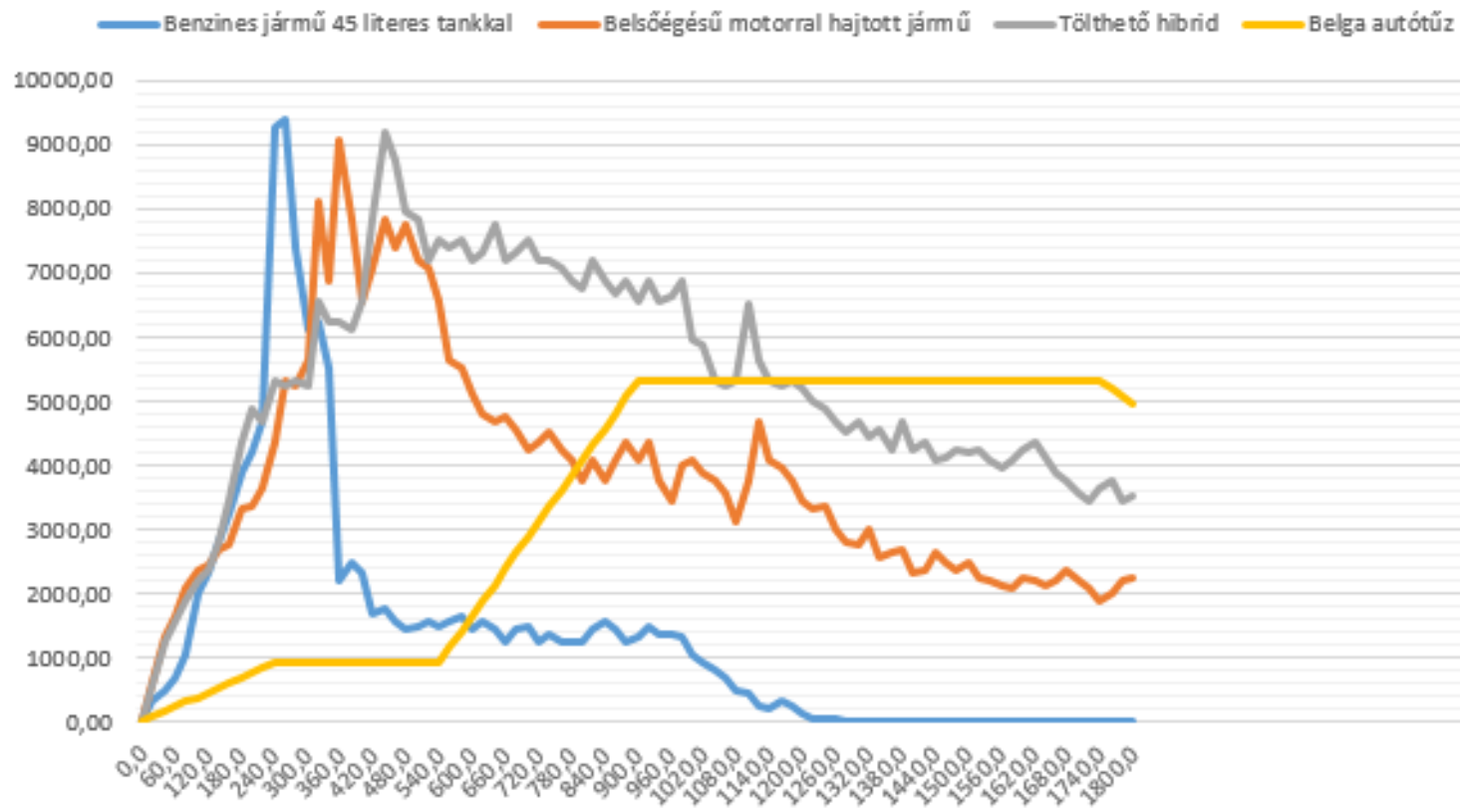
Holland szabvány: NEN 6098 (2013)

A tűz terjedését és teljesítményét két körülmény befolyásolja:

- Beépített oltóberendezés
- Tűzjelzés és időben megkezdett beavatkozás (10 percen belül nincs lényeges különbség!)

Különböző járművek valós tűztesztjeinek összevetése

Járművek tüzeinek összehasonlítása



Jelenlegi szimulációs gyakorlat: 4-6 MW közötti tűzfészek

Belga szabvány (NBN S 21-208-2/A1:2010): 1 jármű 4,0 MW, 2 jármű 5,3 MW

(koromtartalom: 22 % - ez a hazai szimulációs gyakorlatban 20 %)

A tűz terjedését és teljesítményét két körülmény befolyásolja:

- Beépített oltóberendezés
- Tűzjelzés és időben megkezdett beavatkozás (10 percen belül nincs lényeges különbség!)

Különbségek:

- HRR maximuma növekszik (nemcsak az elektromos hanem az újabb hagyományos üzemanyagú járműveknél is)
- A tűz teljesítményének növekedési fázisa gyorsabb, rövidebb vagy elmarad a lappangási vagy kis teljesítményű tűz időszaka ami a hatékony beavatkozás lehetőségeit jelentősen lerontja!
- Hosszabb csökkenő fázis

Tűzjelzési és tűzoltási kérdések

Tűzkeletkezést megelőző melegedési folyamat során a beavatkozás még nagyobb károk nélkül megoldható:

- Melegedés
- jelzése – az akkumulátorok elhelyezkedése miatt hagyományos pontszerű hő- vagy hősebesség érzékelők helyett infra tartományban működő hőkamerák (drága opció)
- Melegedés esetén az akkumulátor vagy jármű eltávolítása

Mélygarázsokban, parkolóházakban a fentiek nem reálisak!

Hibrid és elektromos autók akkumulátor tűzének eloltásához szükséges vízmennyiség (példák – a valóság ezektől erősen eltérhet):

- hibrid: 2240 l víz, 39 perc
- hibrid: 16 kWh akkumulátorral ellátott jármű – 11000 l víz
- tisztán elektromos: 6400 l víz, 50 perc

Oltást nehezítő körülmények (akkumulátor elhelyezkedése) – emiatt a sprinkler oltó hatása sem hatékony, legfeljebb a tűzterjedést tudja megakadályozni vagy csökkenteni



OTÉK előírások 2016 óta léteznek!

42.§ (10)

A kereskedelemről szóló törvény szerinti napi fogyasztási cikket értékesítő, 300 m²-nél nagyobb bruttó alapterületű üzlet esetében:

a) az árusítótér minden megkezdett 10 m² nettó alapterülete után egy személygépkocsi elhelyezését kell biztosítani

42. § (15)

A meglévő, (10) bekezdés a) pontjában meghatározott minden megkezdett 100 várakozó- (parkoló) helyből legalább kettőt elektromos gépjármű töltőállomással kell ellátni

42. § (17) Az ellenérték fejében várakozó- (parkoló) hely értékesítését szolgáló, meglévő építmények esetén minden megkezdett 100 várakozó- (parkoló) helyből 2017. január 1-jéig legalább egyet, 2019. január 1-jéig legalább kettőt elektromos gépjármű töltőállomással kell ellátni.

Már vannak olyan új középület fejlesztések, ahol az elhelyezendő teljes járműállomány elektromos a vállalati politikának megfelelően!

Létesítési javaslatok



Preszkriptív tűzvédelmi tervezési elvek, intézkedések:

- **Tulajdonosok tájékoztatója** a tűz észlelését követően a tűzoltók kiérkezéséig a teendőkről
- Mélygarázs vagy általános parkolóházi szint helyett – lehetőség szerint **tetőszinti töltőpontok**
- Töltőpontok, épületek és benzinkutak között **megfelelő védőtávolság** betartása, ahol lehetséges ott oltási konténer elhelyezése
- A töltők megfelelő használata: **villámtöltőt, gyorsöltőt** nem javasolunk épületben (az ingatlanfejlesztőknek nem is célja)
- **Épületszerkezetek megfelelő kialakítása (spalling megelőzése)** a várható tűz teljesítményre, illetve hőmérséklet-idő kitére
- **Légcsatornák hőmérsékletállósága:**
 - Single (vízzel oltóval): 300 °C
 - Single (vízzel oltó nélkül): 600 °C
 - Multi: kívül-belül ISO 843 zárttéri hőmérséklet-idő kitért szerint (legalább utóbbi lenne indokolt)
- **Elektromos töltőhelyek elhelyezésének elvei parkolóházakban:**
 - Ne a menekülési útvonalakra vezető kijáratok közelébe kerüljenek
 - Tűzoltósági beavatkozási megközelítési lehetőségektől ne a legmesszebb kerüljenek!
 - Légpótló nyílásoktól, tűzszakasz-határoltól lehetőleg távol kerüljenek

Létesítési javaslatok

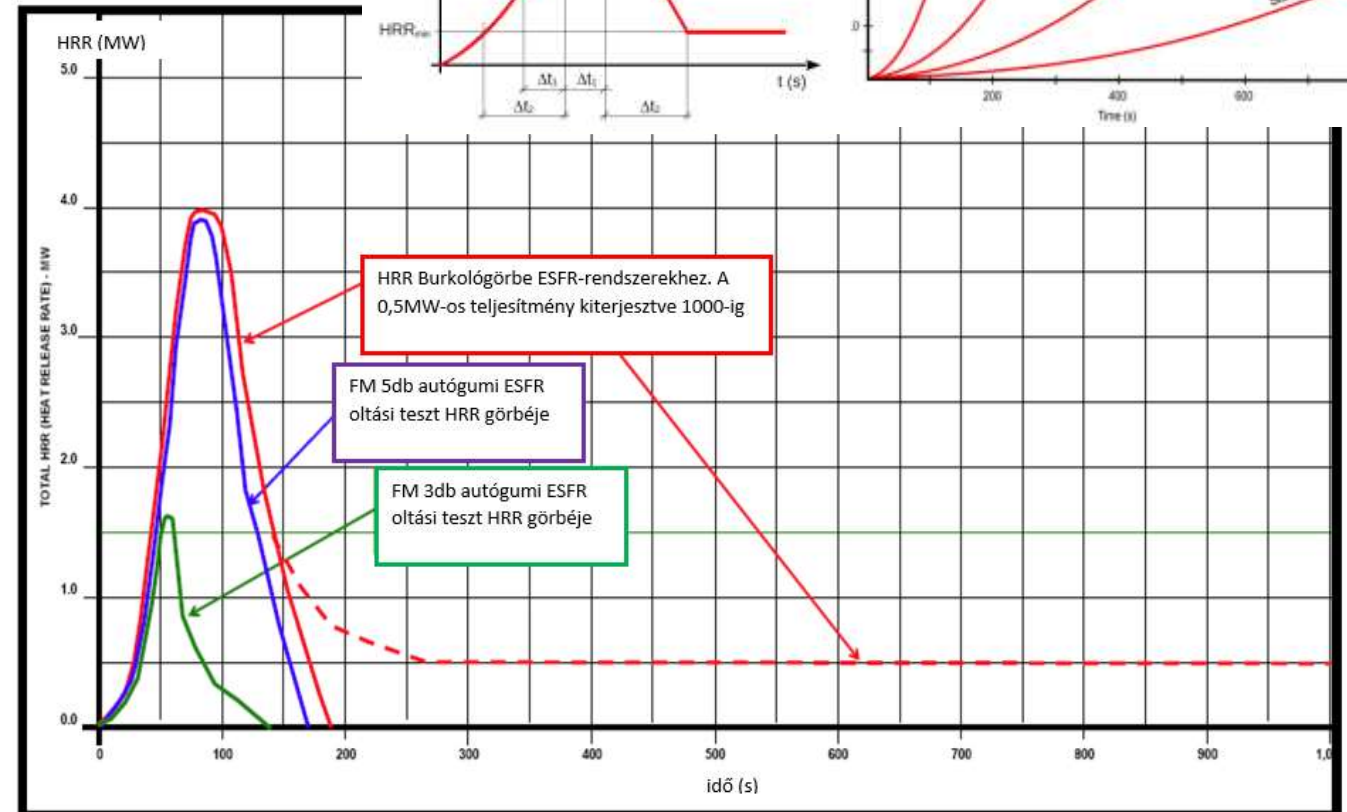
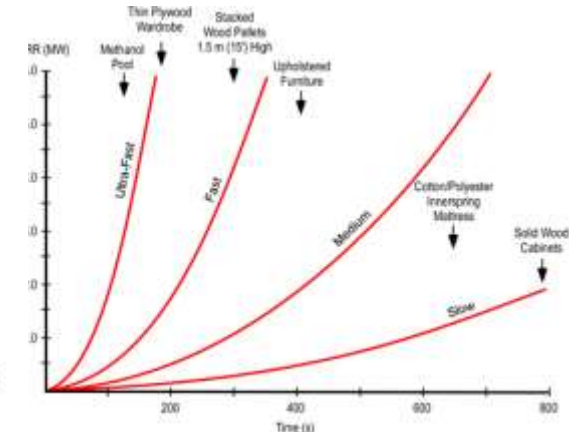
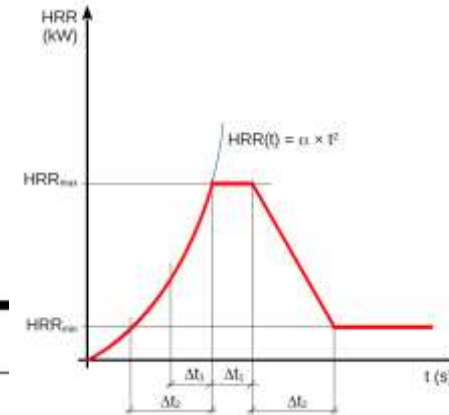
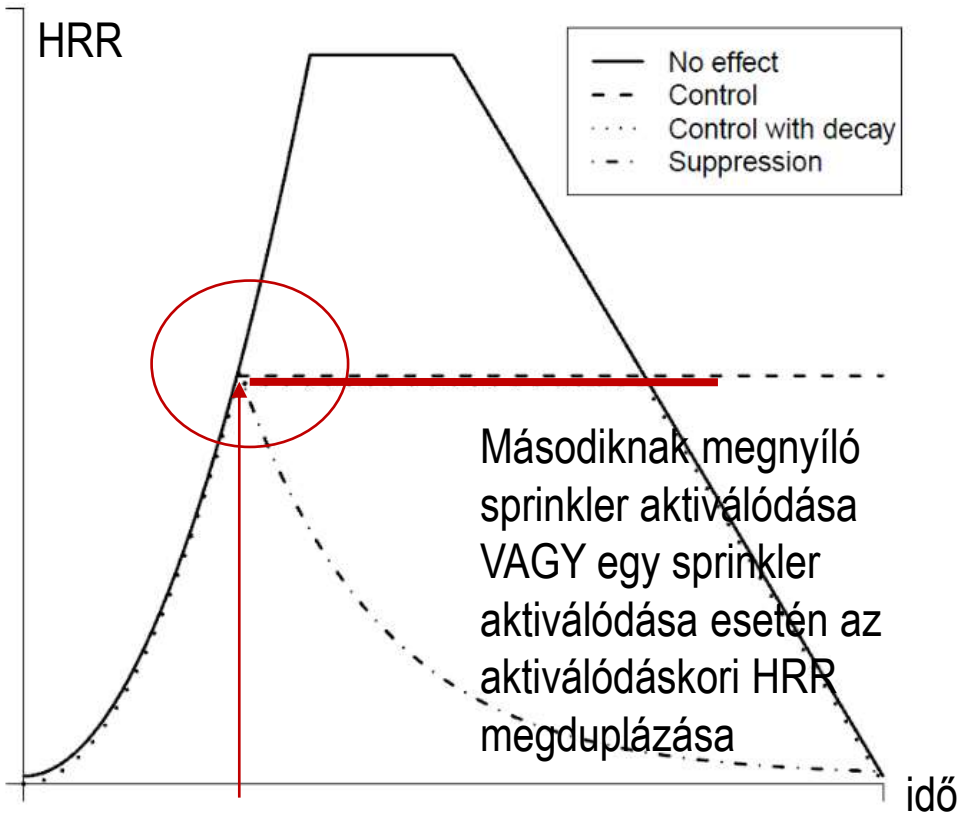


Mérnöki módszerek alkalmazása mellett szükséges tűzvédelmi tervezési elvek, intézkedések:

Tűz teljesítmény-idő görbéjének helyes megválasztása – konzervatív tervezési elvek mentén, az egyszerűsítéseket mindig a biztonság javára eszközölve!

Szimulációs TvMI (8.5:2022.06.13.) J1 és J2 mellékletei

Létesítési javaslatok



Létesítési javaslatok

Valós léptékű tűztesztek különböző eredményekkel



Luciano de Graaf Fotografie

Marktplaats parkolóház, Epe, Hollandia, 2020. szeptember 1: a sprinkler kontroll alatt tartotta a tüzet (a részletek nem ismertek – valószínűleg egyébként sem volt nagy a tűz teljesítménye a tűzoltás megkezdésekor)



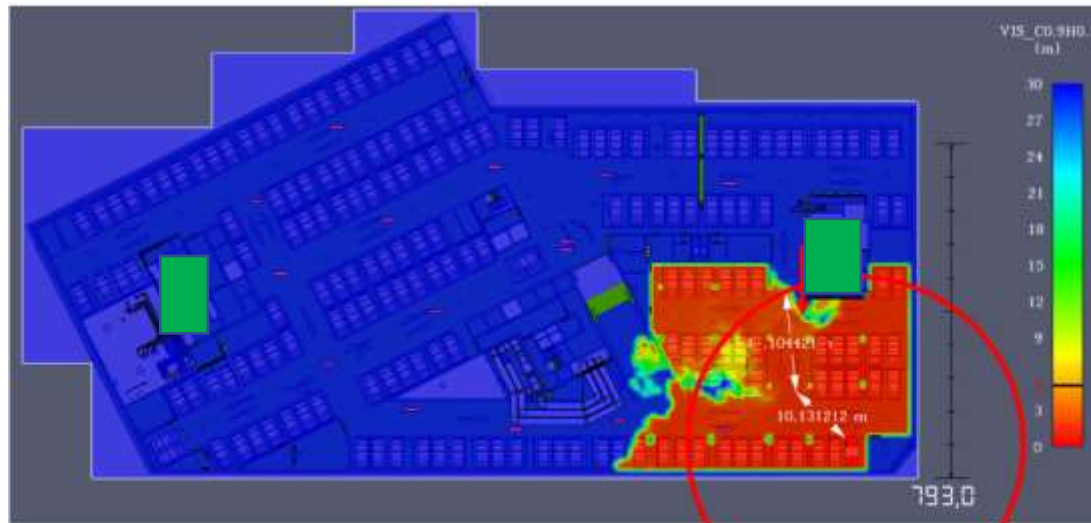
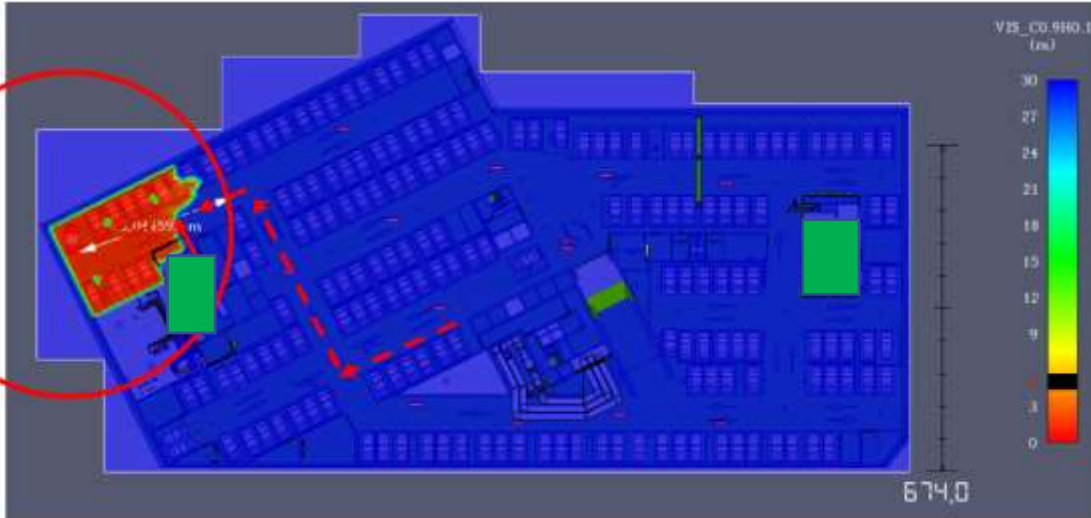
Mérnöki módszerek alkalmazása mellett szükséges tűzvédelmi tervezési elvek, intézkedések:

Létesítési javaslatok

A szimulációs tapasztalatok alapján az elektromos töltőhelyek elhelyezésének elvei parkolóházakban, mélygarázsokban:

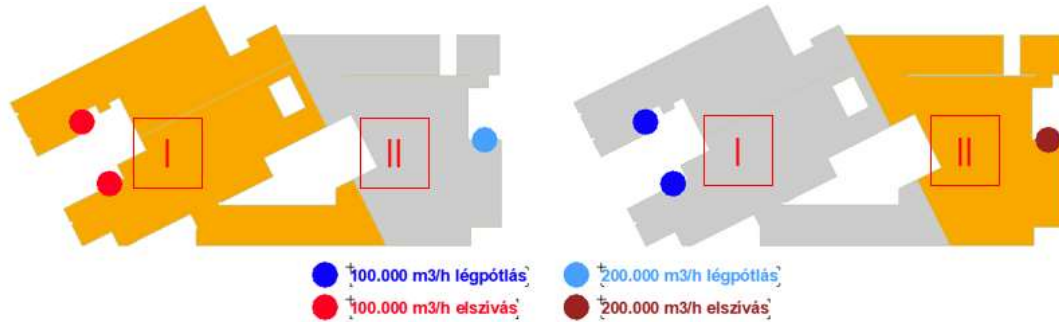
- Ne a menekülési útvonalakra vezető kijáratok közelébe kerüljenek
- Tűzoltósági beavatkozási megközelítési lehetőségektől ne a legmesszebb kerüljenek!
- Légpótló nyílásoktól, tűzszakasz-határoltól lehetőleg távol kerüljenek!
- A reverzibilitás tengelye mellett sem kedvező az elektromos járművek és töltők elhelyezése
- **Tűz, illetve füst kiterjedésének korlátozása falakkal és azokkal összehangolt JET ventilátoros rendszerrel (smoke control system)**

Egy jármű valós léptékű tűztesztjén kimért HRR-idő görbét NEM javasolt módosítani a sprinkler aktiválódás esetén sem!



Mérnöki módszerek alkalmazása mellett szükséges tűzvédelmi tervezési elvek, intézkedések:

Létesítési javaslatok



A szimulációs tapasztalatok alapján az elektromos töltőhelyek elhelyezésének elvei parkolóházakban, mélygarázsokban:

- Ne a menekülési útvonalakra vezető kijáratok közelébe kerüljenek
- Tűzoltósági beavatkozási megközelítési lehetőségektől ne a legmesszebb kerüljenek!
- Légpótló nyílásoktól, tűzszakasz-határoltól lehetőleg távol kerüljenek!
- A reverzibilitás tengelye mellett sem kedvező az elektromos járművek és töltők elhelyezése
- **Tűz, illetve füst kiterjedésének korlátozása falakkal és azokkal összehangolt JET ventilátoros rendszerrel (smoke control system)**

Egy jármű valós léptékű tűztesztjén kimért HRR-idő görbét NEM javasolt módosítani a sprinkler aktiválódás esetén sem!

Szakirodalom

Heizler György: Lítium akkumulátorok tűzvédelmi kérdései. Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, XXVI. évfolyam, 1. szám, p.21-24.

Lítiumion-akkumulátorok – lehet vízzel is? Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, XXVI. évfolyam, 1. szám, p.25-26.

Development of Protection Recommendations for Li-Ion Battery Bulk Storage: Sprinklered Fire Test – Benjamin Ditch, October 2016, FM Global.

VdS 3103:2016-05 (02) Lithium – Batterien

<http://www.vedelemtudomany.hu/articles/06-szabo-molnar-nagy.pdf>

[Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results \(energy.gov\)](#)

[Peak Heat Release Rate - an overview | ScienceDirect Topics](#)

[Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires | Scientific Reports \(nature.com\)](#)

[Battery Aspects on Fires in Electrified Vehicles \(core.ac.uk\)](#)

2022. 09. 7-8.

XI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok



KÖSZÖNJÜK A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!