

## **ELEKTROMOS VEZETÉKEK TÚLTERHELÉSÉNEK HATÁSA A T ZVÉDELMI BIZTONSÁGRA**

### **Absztrakt**

Bevezetés: A mai világban egyre több eset keletkezik az elektromos vezetékek túlterhelésének okán, ezért a témában történő kutatások egyre fontosabb szerepet kapnak a tűzvédelem területén. Magyarországon is számos cég dolgozik elektromos vezetékekkel, ez pedig hatással van a dolgozók tűzvédelmi biztonságára. A cikk éppen ezért az elektromos vezetékek terhelésének hatásait vizsgálja a tűzvédelmi biztonságra vonatkozóan. Módszertan: A cikk sikeres megírását segítette a hazai és a külföldi releváns szakirodalom részletes tanulmányozása és elemzése. Emellett a szerzők túlterheléses vizsgálatokat és méréseket folytattak, a probléma elemzése érdekében. Eredmény: A cikk eredményeként meghatározható, hogy a különböző típusú vezetékek miként reagálnak, abban az esetben ha túlterheléses hatásnak vannak kitéve. Ennek megismerése pedig hozzájárulhat a biztonság növeléséhez.

**Kulcsszavak:** túlterhelés, gyúlékonyság, polimerek, önfenntartó égés, dohányzó égés.

## **INSPECTION OF OVERCHARGE OF ELECTRONIC CABLES BASED ON FIRE PROTECTION ASPECTS**

### **Abstract**

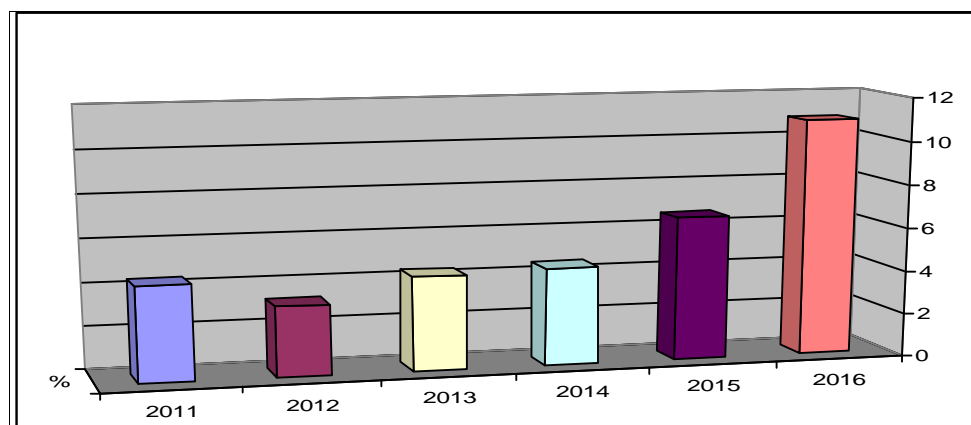
Introduction: Today, more and more fires are generated due to the overload of power lines, so researches of this subject is becoming more importance in the field of the fire protection. In Hungary, many companies also work with electrical wiring, which has an impact on the fire

safety of the workers. The article therefore examines the effects of charging electrical wires on fire safety. Methods: The article was facilitated by the detailed study and analysis of the relevant domestic and international literature. In addition, the authors conducted overload tests and measurements to analyse the problem. Result: As a result of the paper, it is possible to determine how different types of wires react, in case of overload. Knowing this can help to increase the security.

**Keywords:** overcharge of electronic cables, flammability, polymers, self-sustaining combustion, smoking combustion.

## 1. BEVEZETÉS

A témám kiválasztása során nagy szerepet játszott, egy az OKF által, még tavasszal kiadott statisztika, ahol a hivatalból indított vizsgálati eljárások során azt állapították meg, hogy az utóbbi években erőteljesen megnőtt a villamos energia által okozott tüzek aránya [1]. Ez mind a lakóépületek, mind a műemlékvédelmi épületek esetében komoly problémát jelenthet [2].



1. ábra: Elektromos okok miatti tüzkeletkezés

A diagramon látható, az elektromos keletkezési okok százaléka az adott év összes kivizsgált tüzesetéhez mérten. A diagram, a 2011.01.01. és 2016.05.23. közötti időszakot öleli fel. Az OKF további statisztikát is készített, ahol a villamos energia által okozott tüzeket 3 főbb keletkezési okra vezették vissza. Úgy, mint: kábelek, vezetékek túlterhelése; nagy átmeneti ellenállás; rövidzárlat vagy villamosív. [3] A statisztikák tanulsága szerint a villamos eredet

tüzek viszonylag gyakoriak és jelentős gazdasági károk forrásai. Ez alapján azt gondolhatnánk, keletkezésük folyamata részletesen tanulmányozott. A témában fellelhető szakirodalom meglehetősen szűkös. Pedig a villamos vezetékrendszerek konzekvens tűzvédelme szempontjából nem nélkülözhetjük annak megismerését, hogy milyen jelenségek következtében válhat a vezetékrendszer gyújtóforrássá.

A cikk során ezek közül a túlterhelés viselkedést tanulmányoztuk illetve azt, hogy a különböző terhelési értékek, a kábelekben milyen szintű károsodáshoz vezetnek. Ha a vezetékek megnövekvő ellenállása miatt bekövetkező túlmelegedés okozta hőnek az elvezetése nem biztosított, a vezeték anyag hőmérsékletének fokozatos növekedése a kábel szigetelésének vagy más anyagoknak meggyulladásához vezethet. Ennek megfelelően a villamos vezeték hőleadását szellőzéssel, vagy más módon kell lehetőséget tenni, vagy a leadott teljesítményt kell csökkenteni a vezetékben folyó áramerősség (terhelés) nagyságának csökkentésével, a veszélyes mértékű hőmérsékletnövekedés megakadályozásának érdekében. Ez magyarázza, hogy a tűzvédelmi szempontból a terhelésre történő méretezés a villamos berendezés tervezésének egyik fontos mozzanata, melynek során a különböző elhelyezési módokra (egyedi, csoportos kábelhelyezés, falban, védőcsőben kábeltálcán stb) általában kísérleti módszerekkel meghatározott redukciós tényezőket kell alkalmazni. [4] A vezeték ellenállását a hőmérséklet mellett más fizikai tényezők is befolyásolják, mint pl. a nagy frekvenciák esetén a skin - effektus, a nagy áramok esetén pedig a közelhatás. E jelenségek hatása azonban a szokásos alkalmazásoknál tűzvédelmi szempontból elhanyagolható, ezért nem foglalkozunk velük.

A réz- és alumíniumkábelekkel kapcsolatban említésre méltó az a tény is, hogy az azonos terhelhetőségű vezetékek közül a nagyobb fajlagos ellenállású vezetékanyagból készült vezetékek szükségképp nagyobb keresztmetszetűek is. Emiatt az alumínium kábelek több szigetelőanyagot tartalmaznak, amit tűzvédelmi szempontból a kockázatok növekedéseként. [5]. Vezetékeképességnél meg kell említeni, hogy a fém vezetékanyag hővezetése olyan, hogy egy lokálisan keletkezett rossz kontaktus következtében fejlődhet a fém elvezetési, a vezetékek mentén szétoszlatja, ezzel vezetékek egész hosszán növelve az ellenállást, ami tovább növeli a hőmérsékletet. Mindaddig, amíg a kábelek megolvadása, meggyulladásáig nem következik. A hő ilyen módon történő elvezetése kedvező, hiszen gátolja a koncentrált hőmérsékletnövekedést. Amint azonban bekövetkezik a vezetékek szigetelőanyagának

meggyulladása, az addig szétesztott h által felmelegített vezeték szigetelés a hibahely környezetében is gyorsan lángra kaphat, el segítve ezzel a t z terjedését.

## 2. VILLAMOS VEZETÉKRENDSZER, MINT GYÚJTÓFORRÁS

Szükséges éghet anyag, égést tápláló oxigén és a gyulladáshoz szükséges aktiválási energia ( $h$ ). A gyulladáshoz szükséges  $h$  mérséklet nagyságát els sorban a villamos vezetékrendszerekben alkalmazott szigetel anyagok fajtája és állapota határozza meg, de természetesen figyelembe kell venni a vezeték környezetében elhelyezett anyagokat is.

A m anyagok meggyulladását okozó, legalább  $300-400^{\circ}\text{C}$  h mérséklet általában összetett eseménysorok következtében alakul ki, melynek utolsó, a gyulladás bekövetkezését közvetlenül megelőző fázisa a

- villamos ívképz és vagy,
- a m ködés során keletkez túlzott mérték h .

Ez a h keletkezik tervez elhibázott méretezéséb l (pl. vezetékátmér , biztosító betét méret), rossz kivitelezés okán, villamos berendezés m szaki hibájából, üzemeltetésének körülményeib l, stb.

### 2.1. Villamos ívképz és

Villamos ívkisülésnek tekintünk minden olyan kisülési-átütési jelenséget, amely két elektród között leveg ben vagy leveg és szilárd anyag határfelületén következik be és amelyet intenzív h fejl és kísér.

Alábbi folyamatok eredményeképpen jöhet létre:

- zárlat,
- szigetel anyagok elszenesedése,
- leveg villamos szilárdságának letörése.

## 2.2. Zárlat

Áramkörben hirtelen kialakuló, kis ellenállású, nagy áramot vezető hibahely, amely jellege szerint lehet:

- ível
- fémes (merev)

Ível zárlatot okozhat fémrészek pillanatnyi érintkezése, vagy a korábban érintkezett fémrészek egymástól való eltávolítása (pl. kapcsolóban). Fémes zárlat általában hibás áramköri kapcsolás miatt alakulhat ki [6], [7].

Zárlat helye szerint lehet

- terheléssel párhuzamos, vagy
- terheléssel soros.

A soros zárlat általában nagyobb valószínűséggel okoz tüzet, mint a párhuzamos, mert az áramkörök részét képező túláram védelmi eszköz (kismegszakító, olvadó betét stb.) nem nyújt ellene védelmet. Soros zárlat esetén ugyanis nem növekszik, hanem csökken az áramkörben folyó áram nagysága, ezért a túláramvédelmi eszköz nem lép működésbe, következésképpen a zárlati állapot tartósan fennállhat. A soros zárlat révén tartós villamos ív azonban csak akkor alakulhat ki, ha a zárlati helyen a feszültségesés legalább 30-40V, ami az ív alacsony ellenállása miatt legalább 15-20 kW teljesítményt fogyasztót tápláló áramkört feltételez. Emiatt, illetve a túláramvédelmi eszközöknek a zárlati áram nagyságát korlátozó hatása miatt a szokásos kismegszakító (230V/400V AC) hálózatok legfeljebb 32A-es túláramvédelemmel rendelkező részein a zárlatból eredő gyújtásveszélyt általában elhanyagolhatónak tekintjük, mind párhuzamos, mind soros zárlat esetén. Lényeges, hogy ez a kijelentés csak a váltóáramú hálózatra igazak. Az egyenáramú hálózatokban, mint pl. a napelemes rendszerek esetében a zárlatok más természetűek. Napelemek nagy belső ellenállása miatt csak kevéssel az üzemi áramot a zárlati áram. Ezért a zárlatvédelem problémásabb itt. Emiatt a napelemes rendszerek DC-oldali hálózatán az esetleges zárlat által okozott tüzveszélye nagyobb, mint az AC oldalon, amire a vezetékek elhelyezésénél, mechanikai védelménél célszerű tekintettel lenni.

### 2.3. M anyagok elszenesedése

Tartósan vagy ismétlődően magas (200-300°C) hőmérséklet hatására műanyagok kémiai összetétele megváltozik. Szigetelő képességük, a képződött szén félvezető képessége miatt olyan mértékben romolhat, hogy ível zárlat kialakulásához vezethet. A műanyagoknál eltér az elszenesedés veszélye. A PVC, amely leggyakoribb szigetelő anyag e tekintetben a legkedvezőtlenebb viselkedést mutató műanyagok közé tartozik. [8] [9]

### 2.4. A levegő villamos szilárdságának letörése

Lángok vagy egyes villamos berendezések működése révén kialakult villamos ív ionizáló hatására a levegő villamos szilárdsága jelentősen csökkenhet, amely különböző potenciálú, szigeteléssel nem rendelkező áramkörü részek között okozhat villamos ívet. Kisfeszültségű hálózatokra nem jellemző a zárlat keletkezésének ezen módja.

Működés során keletkező túl sok hő:

Oka lehet:

- túlterhelés,
- hőleadó képesség romlása,
- kóboráram,
- túlfeszültség,
- rossz kontaktus.

### 2.5. Túlterhelés

A vezeték rövid időn belül bekövetkező meggyulladásával a megengedett terhelés 3-7-szeresénél kell számolni. A túláramvédelem kialakítására vonatkozó követelmények szabványok miatt, a túlterhelés ritkábban vezet közvetlen módon a tűz keletkezéséhez. Meg kell azért jegyezni, hogy

- a túlterhelési határértékeket közelíti, vagy azt gyakran átlépi igénybevételek eredő hő hatás közvetve hozzájárulhat a tűzveszélynek növekedéséhez;

- háromfázisú hálózatokon az egyes készülékek (pl. kompakt fénycsövek) által termelt felharmonikus zavarok szélsőséges esetben a nullavezet túlterhelését okozhatják akkor is, ha a fázisvezeték túláramvédelme megfelelő. Nem elhanyagolható probléma, mert a kis energiafogyasztású és ennek megfelelően egyre terjedő készülékek jelentős része kisebb nagyobb mértékben termel ilyen zavarokat.  
[10]

### 3. KÍSÉRLETI MÉRÉS – TÚLTERHELÉS VIZSGÁLAT

A kábelek vizsgálatát a kelenföldi Tüv Rheinland-KTI Kft. egyik szerelőcsarnokában volt lehetőségünk elvégezni. A kábelek túlterhelésekor figyeltük, azok miként viselkednek megengedettnél nagyobb terhelés hatására. Milyen elváltozások következnek be akár a szigetelésen, akár a fémen. A vizsgálathoz különböző gyártmányú, anyagú, átmérőjű vezetékeket választottunk. További cél volt a kábeltípusonként egymással való összehasonlítása is. A kábelek vizsgálata során az elsődleges cél az volt, hogy különböző áramerősségek milyen hatással vannak a külső szigetelőburkolatra, ugyanis ezek jelentik az éghető anyagot. Milyen hőmérsékletre képes a külső burkolat felmelegedni egy adott áramerősség hatására. Kérdés volt melyik vezeték mennyire képes ellenállni legjobban magas hőhatásnak. Ezáltal fel lehessen állítani egyfajta sorrendet, melyik mekkora tűzveszélyt rejt magában működés során.

#### VIZSGÁLT VEZETÉKEK TÍPUSAI [11]

	<i>Kábel megnevezése</i>	<i>Vezet anyaga</i>	<i>Vezet kereszt- metszet</i>	<i>Szigetelő anyag megtartás</i>	<i>Funkció megtartás</i>	<i>Halogénmentesség</i>	<i>Erek száma</i>
1. mérés	S.Fire Proof JB- H(St)H	Cu	0,5 mm <sup>2</sup>	FE180	E30	halogénmentes	4
2. mérés	JE-H(St)H FE180 E30	Cu		FE180	E30	halogénmentes	16
3. mérés	Eurosafe 2x1	Cu	1,0 mm <sup>2</sup>	PH120		halogénmentes	2
4. mérés	1 eres Al kábel	Al	1,5 mm <sup>2</sup>	0	0	0	1



5. mérés	Ventcroft No Burn XPS	Cu	1,0 mm <sup>2</sup>	PH30		halogénmentes	2
6. mérés	Ismeretlen adatkábel	Cu	n.a.	0	0	0	sok
7. mérés	Közönséges PVC szig. Kábel	Cu	1,5 mm <sup>2</sup>	0	0	0	3

#### TÚLTERHELÉS KIVITELEZÉSE

Vizsgálat során 50 cm-es darabok kerültek befogásra. A mintákat egyenként mérjük le. Egy soros kapcsolású mér kört létesítettünk. Kábeleket visszafejtettük mindkét végén 2-2cm-es hosszón. Az áram vezetéséhez szükséges tetsz leges vezet t választottunk ki minden egyes kábel esetén. Így hozzáférhettem a réz/alumínium vezet khöz. Ezeket indítókábel csipeszei közé fogattuk. Az áramkörbe egy ampermér is került, közvetlenül a terhelt vezeték elé. Az áramer sség szabályozására nagy teljesítmény toroidot szolgált, amivel akár 150A el állítására is képes. Ez igen nagy teljesítmény toroidnak számít. A biztonságosságunk érdekében a mérést egy vastag szigetel lapon végeztük. Kezdetben egy adott áramer sségre állítottuk be a rendszert, majd mikor a h mérséklet emelkedésének üteme visszaesett, akkor döntöttünk áramer sségek emelése mellett. A h mérsékleti adatokat 30 másodpercenként olvastuk le egy K típusú termoelem kijelz jén. A termoelem szál a mérés megkezdése el tt a vezeték nagyjából közepén a küls burkolatára lett feler sítve. Fontos volt, hogy szorosan érintkezzen a termoelem, különben könnyen megtéveszt eredményeket produkálhat.

## 4. KONKRÉT MÉRÉSI EREDÉNYEK

### 4.1. Els mérés- S. Fire Proof JB-H(St)H

A réz vezet az el tt megszakadt, hogy a m anyagok számára oly kritikus 300-400 °C –os zónát elérte volna a szigetelés h mérséklete. Ennél a mérésnél a h mérséklet emelkedése miatti ellenállás növekedés okozta áramer sség visszaesést nem korrigáltuk. Ha egyszer

beállítottuk a rendszert 30 A-ra, onnantól csak akkor emeltünk az áramerősségen, ha beállni látszott a hőmérséklet.



2. ábra: Viselkedés: 40 amper és 188 °C -nál füstölni kezdett a szigetelés. Forrás: szerzők

#### 4.2. Második mérés- JE-H(St)H FE180 E30

Ez a réz vezető jóval kisebb átmérőjű volt, mint az 1. mérésnél alkalmazott, viszont sokkal több ér futott a kábelben belül. Ez a hőterjedés szempontjából lassította a melegedés folyamatát. Végül a szakadás előbb következett be, mint a szigetelés tönkremenetele.



3. ábra: Viselkedés: Pipál, ill. buborékosodik a szigetelés. 38 ampernél és 189 °C-nál.

Szenesedik a burkolat. 40 ampernél és 200 °C-nál. Forrás: szerzők

#### 4.3. Harmadik mérés: EUROSAFE 2x1

Az előző két méretű kábelhez képest ennek viszonylag nagy átmérője volt, ezért várható is volt, a tönkremenetel a szigetelést ért hőterhelés hatására fog végbe menni. A mérés sokkal több időt vett igénybe, mint a korábbi kettő. Folyamatosan korrigált 50A értékkel 300 °C-t meghaladó értéket lehetett mérni a külső burkolaton. Amint 60A-ra növeltem a terhelést, a folyamat exponenciálisan felfutott, nem kellett hozzá 2 percnél több, hogy meggyulladjon a

küls szigetelés. Érdeemes megjegyezni, a vezet n a lángok felcsapása után is áram haladt keresztül.

- 151 °C és 46 amper: Füstöl
- 174 °C és 48 amper Kezd ráolvadni a szigetelés.
- 241 °C és 48 amper Fehér elszínez dött füst áramlik ki a végeken. Nagyobb a s r sége a leveg nél.
- 430 °C és 52 amper Látni, ahogy izzik a réz.
- 700 °C és 50 amper Hirtelen kigyullad, de áram még folyik, amit mi állítottunk le.

#### 4.4. Negyedik mérés: Al kábel

A kábel 1 eres volt, így nagy volt a h leadása és a termoelem a korábbiakhoz képest kis felületen tudott csak érintkezni. Meg kell jegyezni, hogy 100 °C –körül minden korábbi kábel tünet mentes volt. Persze t zállóságuk jóval magasabb is a korábbi mért anyagoknak. A mérést 10 perc körül befejeztük, mert a szigetelés már 150 ° felett égve csepegve kezdett leválni az alumíniumról.



4. ábra: 174 °C és 40 amper forr a m anyag, égve csepeg. 185 °C és 38 amper végig feketedik. Forrás: szez k

#### 4.5. Ötödik mérés: NO BURN XPS 2x1,0mm<sup>2</sup>

13 perc alatt az 50A felmelegítette 300 °C –ra a burkolatot. A vezet vörös izzásba került. A szigetelés teljesen átlukadt, és a lángok felcsapása után is folyt áram a vezet n.

#### 4.6. Hatodik mérés: Ismeretlen kék adatkábel

A mérés során próbáltam miatt pontatlannak indult. Ami érdekesség volt a vizsgálat során, hogy a többi vezetékkel ellentétben ennek a végén jelentek meg tönkremenetel jelei.



5. ábra: 98 °C és 30 amper: két végér l kezd szenesedni, a közepén sokkal kisebb deformációk. Forrás: szerz k

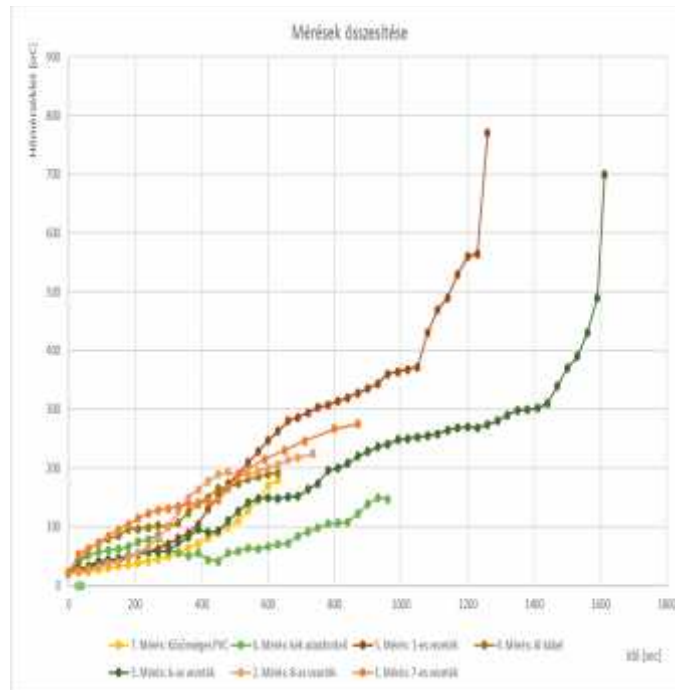
#### 4.7. Hetedik mérés: Közös PVC szigetelés kábel

Ez a kábel a gyakorlatban mind közül a legelterjedtebb. Egyszer közös PVC szigetelés 3-eres réz kábel. Minden épületben található ilyen kábelek. A nagy keresztmetszet miatt a többihez képest sokkal jobban viselte 50A áramer sségig a terhelést. Mindaddig 70 °C alatt maradt a burkolat h mérséklete, míg 50A terhelés érte. A mérést akkor fejeztük be, amikor nagyon er teljes és bűdös füstöt bocsátott ki magából. Ekkor már szabad szemmel is lehetett látni a vörös izzást, mert a burkolat hosszában óriási lyukak tátongtak.

## 5. TÚLTERHETLÉS VIZSGÁLATOK ÖSSZEHASONLÍTÓ ÖSSZEGZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

A színes görbék vége jelenti, hogy az áramvezetés megszakadt, azaz az üzemképességét veszítette a kábel. Az el zetes elméleti megfontolásokból várható volt az 5 -ös (Ventcroft No Burn XPS) és 3- as (Eurosaf 2x1) kábelek tekinthet k t zállónak 700-800 fokos h bírással. Bár ha egy nagyobb h terhelés t zet tekintünk, amelyek h mérséklete 800 fok feletti, akkor már ezek sem tekinthet k biztonságosnak. .És sajnos az 1 es t zálló kábel (S.Fire Proof JB-

H(St)H ) is megbukott. A kísérleteink csak meger sítik azt a korábbi és bizonyított elképzelést, hogy az igazi t zállóságot oxigén index méréssel is ki kellene egészíteni a min sítések megadásakor. Viszont a legelterjedtebben használt háztartási kábelek (1es, 2-es, 7 es) kimondottan t zvesélyesnek mutatkoznak terhelés esetén.



6. ábra: Mérések összesítése. Forrás: szerz k

A vizsgálatok bemutatták, hogy folyamatos túlterhelés során óriási károk képesek keletkezni a vezet kben. Az látszik, hogy az MSZ 2364-523 szabványban meghatározott megengedett plusz áram terhelés során valóban nem történik nagy változás a kábelben. A vizsgálataim során egyik esetben sem. Nem lehet azonban elmenni amellett, hogy a méréseim során 2 kivételt l eltekintve új, vagy korábban használatlan kábeleket vizsgáltam. A kábelek viszont 20-30-40 év vagy még annál is tovább velünk élnek. Ezért érdemes lenne kidolgozni egy olyan eljárást, amivel 224 naposnál (MSZ EN 60811) jobban el tudnánk öregíteni kábeleket, mielőtt szabvány szerint vizsgálnánk ket. Ezzel csak pár éves öregítését lehet vele szimulálni. További javaslatunk hogy folyamatos túlterhelés melletti öregítést is elérhet az öregítés. Az elektromos tüzek kialakulásához vezet közvetlen okok között látszólag elenyész , és nem csak az OKF statisztikái szerint is a túlterhelésre visszavezetett tüzek aránya, viszont ezt, mint rendszert kell értékelni. Ha a túlterhelés csak megkönnyíti, hogy más

közvetlen ok miatt  $t$   $z$  keletkezzen, akkor végeredményben egy kombinált hatás során igenis van szerepe a  $t$   $z$  kialakulásában.

## 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] HESZ J.: A m veletirányítás tapasztalatai; T zoltó Szakmai Napok 2016. Szentendre, Magyarország, 2016.03.02 Budapest: BM OKF, 2016. pp. 88-91. ISBN 978-615-80429-0-1
- [2] HORVÁTH L.: A m emlék épületek t zvédelmi kérdései; Bolyai Szemle, 22: (3) pp. 109-114 (2013) ISSN 1416-1443.
- [3] OKF: katasztrófavedelem.hu (Letöltés ideje: 2017.08.23.)
- [4] BEDA L., CSEPREGI CS.: T zvizsgálattan egyetemi jegyzet 2013. SZIE – Ybl Miklós Építéstudományi Kar
- [5] KRUPPA A.: Villamos vezetékrendszerek t zvédelme; OBO Bettermann Kft, Bugyi, 2013
- [6] TÖRÖK Á., KERÉKES ZS: Háztartási villamos vezetékek és azok kötéseinek hatása a t zveszélyessége, VÉDELEM TUDOMÁNY: KATASZTRÓFAVÉDELMI ONLINE TUDOMÁNYOS FOLYÓIRAT (ISSN: 2498-6194) 2: (3) (2017)
- [7] GYÖNGYÖSSY É., KERÉKES ZS., ELEK B.: T zálló kábelek m anyag burkolatának új és hagyományos vizsgálati módszereinek összehasonlító elemzése, VÉDELEM TUDOMÁNY ISSN: 2498-6194, 2: (3) (2017)
- [8] TÖRÖK A.: Villamos vezetékek és azok kötéseinek hatása a t zveszélyességre. Effects of electrical wires and its connection on fire hazard, TDK dolgozat 2014. SZIE – YMÉ Kar
- [8] VARGA D: Elektromos vezetékek túlterhelésének vizsgálata t zvédelmi szempontok szerint. Inspection of overcharge of electronic cables based on fire protection aspects; TDK dolgozat 2016. SZIE – Ybl Miklós Építéstudományi Kar
- [10] GYÖNGYÖSSY É.: T zálló kábelek m anyag burkolatának min sítési kérdései, TDK dolgozat 2016; SZIE – Ybl Miklós Építéstudományi Kar
- [11] Schrack Energietechnik: <http://www.schrack.hu/energia/dokumentaciok/>; Kábelek és vezetékek. Letöltés ideje: 2017.08.30.

**Varga Dávid**

t zvédelmi mérnök, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, T z-, és  
Katasztrófavédelmi Intézet, Fire Protection Engineer

Email: [dawyd88@gmail.com](mailto:dawyd88@gmail.com),

Orcid: 0000-0002-0401-4763

**Kerekes Zsuzsanna**

egyetemi docens, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, T z-, és  
Katasztrófavédelmi Intézet,;

Email: [Kerekes.Zsuzsa@ybl.szie.hu](mailto:Kerekes.Zsuzsa@ybl.szie.hu)

orcid: 0000-0002-4286-2333

**Elek Barbara**

egyetemi docens, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, T z-, és  
Katasztrófavédelmi Intézet,

Email: [Elek.Barbara@ybl.szie.hu](mailto:Elek.Barbara@ybl.szie.hu)

Orcid: 0000-0002-2855-7228

A kézirat benyújtása: 2017.09.17.

A kézirat elfogadása: 2017.09.23.