

XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Had- és Rendészettudományi Szekció

Gödöllő, 2015. április 15-17.

Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

VILLAMOS VEZETÉKEK ÉS AZOK KÖTÉSEINEK HATÁSA A TŰZVESZÉLYESSÉGRE

Jelige: *kötések*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2013. 11. 26.

2015.

Tartalom

1.	Bevezetés.....	4
2.	A TDK témájának bemutatása	4
3.	A villamos hálózat hibás működése által okozott tüzek	5
3.1.	A lakóépületek villamos hálózataiban leggyakrabban előforduló kötésekből rejlő tűzveszélyek ismertetése	5
3.1.1.	Sorkapcsok	5
3.1.2.	Rugós kötőelemek.....	7
3.1.3.	Kötésre csavarható szorítóelem.....	8
3.1.4.	Érvéghüvelyek, saruk.....	9
3.1.5.	Forrasztott kötések	9
3.1.6.	Sodrott kötések.....	10
3.2.	A lakóépületek villamos hálózataiban gyakran előforduló hibák tűzveszélyessége – karbantartás, módosítást igénylő szerelések	11
3.2.1.	Villamos vezetékek öregedése	11
3.2.2.	Villamos berendezések, szerelvények rossz elhelyezése	11
3.2.3.	Biztosítótáblák, lakáselosztók	12
3.2.4.	Nullaszakadás veszélyei háromfázisú hálózat esetén	13
3.2.5.	Szerelvények előregeredése	13
3.2.6.	Keresztmetszeti alulméretezés	14
3.2.6.1.	Felületes tervezés és kivitelezés.....	14
3.2.6.2.	Régi vezetékhálózat - fogyasztói igények növekedése	15
4.	Vizsgálat.....	16
4.1.	Vizsgált anyagok.....	16
4.2.	Vizsgált kötések	16
4.3.	Vizsgálati módszerek és eszközök	16
5.	Mérési eredmények	20
5.1.	Laza, sodrott kötés 1,5 mm ² alumínium vezetékekkel.....	20
5.2.	Laza, sodrott kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> alumínium vezetékekkel	21
5.3.	Kupolfix kötés 1,5 mm ² alumínium vezetékekkel	22
5.4.	Kupolfix kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> alumínium vezetékekkel.....	23
5.5.	Laza, sodrott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú vezetékekkel	24

5.6.	Laza, sodrott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú <i>mesterségesen előregített</i> vezetékekkel.....	25
5.7.	Laprugós kötőelemmel ellátott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú vezetékekkel.....	26
5.8.	Laprugós kötőelemmel ellátott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú <i>mesterségesen előregített</i> vezetékekkel	27
5.9.	Laza, sodrott kötés 1,5 mm ² réz vezetékekkel	28
5.10.	Laza, sodrott kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> réz vezetékekkel.....	29
5.11.	Forrasztott kötés 1,5 mm ² réz vezetékekkel.....	30
5.12.	Forrasztott kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> réz vezetékekkel	31
5.13.	Laza, sodrott kötés 2,5 mm ² alumínium vezetékekkel.....	32
5.14.	Laza, sodrott kötés 2,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> alumínium vezetékekkel	33
5.15.	Kupolfix kötés 2,5 mm ² alumínium vezetékekkel	34
5.16.	Kupolfix kötés 2,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> alumínium vezetékekkel.....	35
5.17.	Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm ² réz vezetékekkel.....	36
5.18.	Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> réz vezetékekkel.....	37
5.19.	Kupolfix kötés 1,5 mm ² réz vezetékekkel.....	38
5.20.	Kupolfix kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> réz vezetékekkel	39
5.21.	Sorkapcsos kötés 1,5 mm ² réz vezetékekkel.....	40
5.22.	Sorkapcsos kötés 1,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> réz vezetékekkel	41
5.23.	Sorkapocsos kötés 2,5 mm ² alumínium vezetékekkel	42
5.24.	Sorkapocsos kötés 2,5 mm ² <i>mesterségesen előregített</i> alumínium vezetékekkel.....	43
5.25.	Mérési eredmények értékelése	44
6.	JAVASLATOK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK	45
7.	HIVATKOZÁSOK	46

1. Bevezetés

Közösségi, de leginkább lakóépületekben a vagyonbiztosítók statisztikája szerint a keletkezett károk csaknem negyedét elektromos tüzek okozzák. Ezek általában a hozzá nem értő felhasználók számára nem látható, nem jelzi előre semmi, mint például egy nedvesedő fal, egy beázó tető, vagy csepegő csap, stb. Sok helyen, például társas- házakban, lakásokban a falakban lévő vezetékek régiak, nem ritkaság, hogy 50-60 évesek (vagy annál is régebbiek), melyek az akkori szabványoknak és fogyasztási igényeknek még megfeleltek. Ez a mai igényeknek már nem elegendő, nagyobb a fogyasztás, fokozódik a tűzveszély, a régi hálózat már nem bírja el az új igényeket. Ezeket csak fokozza, ha nem a szabványok szerint voltak megszerelve.

Mivel ezek nem láthatóak, leggyakrabban nem is törődnek vele, egyik nap a másik után telik, miközben a veszély egyre fokozódik, egészen addig ameddig a baj meg nem történik. Ráadásul a karbantartás elmulasztása miatt a biztosító sem fizet. Érdemes tehát elgondolkodni azon, hogy ezeket miképp lehetne megelőzni.

2. A TDK témájának bemutatása

Dolgozatomban elsősorban arra szeretnék rámutatni, hogy a lakóépületek hibás villamos hálózataiban milyen veszélyforrások okozhatnak tüzeket. Ezek leggyakrabban a szakszerűtlen szerelési munkákból adódhatnak: anyagok helytelen megválasztása, vezeték keresztmetszetek alulméretezése, túlterhelése. Egy folytonos villamos vezeték (ha a keresztmetszet helyesen van megválasztva) általában nem rejt magában veszélyt, mindaddig, amíg egy másik vezetékkel nem kerül valamilyen formában összeköttetésbe, mint például kötések, kapcsok, kapcsolók. Ezekre, mint gyenge pontokat szeretném hangsúlyozni. A rossz kontaktus az elfogadhatónál nagyobb hőterheléssel jár és ez tovább rontja az érintkező felületek áramátadási tulajdonságát, ami még nagyobb hőterhelést jelent. Tehát egy olyan körfolyamat alakul ki, amely akár tüzesetig is elvezethet, tragédiák sora következett be már emiatt. A fentieket összefoglalva tehát a dolgozatomban főképpen a kisfeszültségű (háztartási) hálózat okozta tüzek megelőzésére, azok lehetőségeivel fogok foglalkozni. Mint már a bevezetőmben is említettem, ezeket a hibákat az esetek többségében nem jelzi ki semmi, ráadásul a felhasználók általában nem szakemberek, a gyerekektől az idősekig mindenki felhasználó. *A háztartásokban nem kötelező az időszakos szabványosság, érintésvédelmi és tűzvédelmi felülvizsgálat, éppen ezért tulajdonítanék a fentieknek megkülönböztetett figyelmet.*

A dolgozatom célja laboratóriumi mérésekkel modellezni az előforduló veszélyes helyzeteket, lehetőségeket, hogy azok milyen tűzveszéllyel járnak.

3. A villamos hálózat hibás működése által okozott tüzek

3.1. A lakóépületek villamos hálózataiban leggyakrabban előforduló kötésekben rejlő tűzveszélyek ismertetése

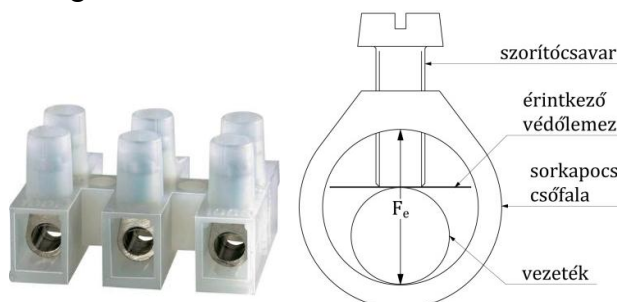
Villamos kötés fogalma: Két áramvezető elem között létrehozott, áramvezetés célját szolgáló kapcsolat. Elsőrendű, rendeltetésszerű követelmény: villamos vezetés, ehhez mechanikai helyzet rögzítési, erőátadási követelmények is kapcsolódhatnak. A vezetékkötésekkel szemben támasztott legfontosabb elvárás az, hogy legalább olyan legyen a vezetőképességük, mint magának a vezetéknek.

Csoportosításuk:

- **erővel záródó:** Villamos érintkezés vagy kontaktus két áramvezető elem (érintkező) között jön létre. A jó villamos kapcsolat érdekében a felületeket mechanikai erő szorítja össze.
- **anyaggal záródó:** Anyaggal történő zárással történik, amelyeknél az összekötés biztonságát molekuláris erők adják. (Pl. az anyagok belső kapcsolódása, hegesztés, forrasztás)
- **alakzáró:** Az alakzáró kötéseknel a terhelés átadását a kapcsolódó két elem geometriai alakja, kialakítása biztosítja, amely meggátolja az elmozdulást.
- **bontható:** Rendeltetésszerűen, a kötésben résztvevő elemek károsodása nélkül alkalmasak a kapcsolat megszüntetésére, majd újbóli létrehozására.
- **nem bontható:** A kötésben résztvevő elemek csak károsodással képesek a kapcsolat megszüntetésére [GÖLLEI A.].

3.1.1. Sorkapcsok

Az egyik leggyakrabban alkalmazott erővel záródó, bontható kötés a sorkapocs („csoki”) (1. ábra). Az összekötendő vezetékeket a sorkapocsban a csavar szorítja össze (1. ábra). A sorkapocs csőfala gyakran készül sárgaréz-ből, amely meghúzott csavar által állandó mechanikai feszültség alatt áll. Túlhúzás esetén eltörhet.



1/a. és 1/b. ábra

Sorkapocs

forrás: 1/a.: ADELS CONTACT

A sorkapcsen belül, ha az érintkezés laza, az érintkező felületek csökkennek, ezáltal közöttük az átmeneti ellenállás növekszik, ami melegedéshez vezethet, elektromos terheléstől függően. Ráadásul ez a folyamat öngerjesztő, mert a hőmérséklet növekedés hatására nő az ellenállás, amitől még jobban nő a hőmérséklet... ez pedig végül tüzeset is vezethet.

$$P = I^2 \cdot R$$

$$R_T = R_{T_0} [1 + \alpha(T - T_0)]$$

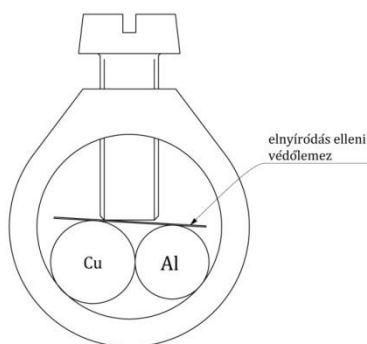
ahol,

R_T a T hőmérsékletű ellenállás [Ω]

α a hőmérsékleti együttható [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]

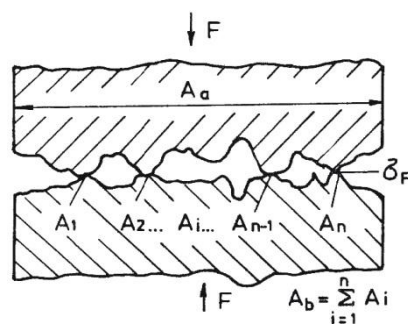
T_0 a környezeti hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$]

Mivel a hőmérsékleti együttható a réz ($4,33 \times 10^{-3} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$) és az alumínium ($4,3 \times 10^{-3} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$) esetében is pozitív értékű, az ellenállás mindkét esetben a hőmérséklettel egyenesen arányos [HAMWIKI].



2. ábra

Sorkapocs helytelen alkalmazása



3. ábra

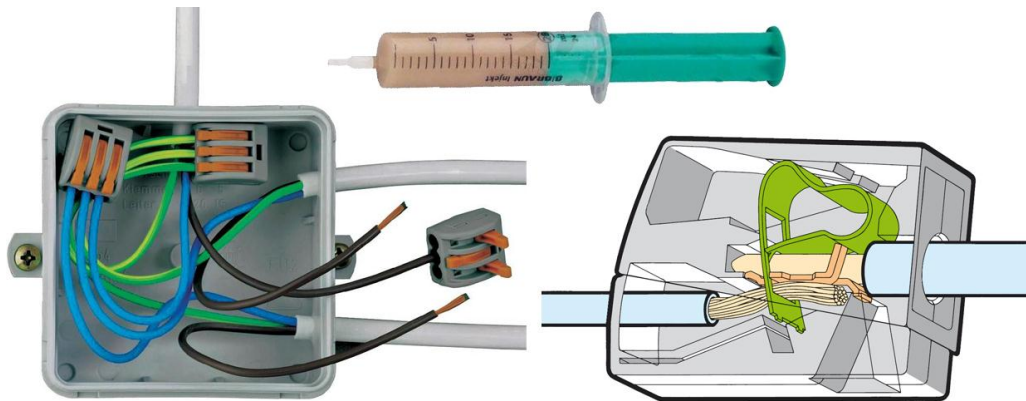
Erővel záró villamos kötések károsodása korrózió hatására
forrás: GÖLLEI A. – Elektronikai technológia

Gyakori megoldás, hogy alumínium hálózatot kötnek össze rézzel. Az alumínium és a réz között jelentős a standard potenciálkülönbség, ami az elektrokémiai korrózió hajtóereje.

A korrózió hatására az érintkező felületek csökkennek, így az átmeneti ellenállás nő [3. ábra], ez pedig melegedéshez vezet, ami fokozódik az elektromos terhelés függvényében, ez pedig a már említett öngerjesztéshez vezet. Két különböző anyagú vezető egymással közvetlenül nem érintkezhetsz (2. ábra), tehát arra kell törekedni, hogy a két anyag között minél kisebb legyen az elektrokémiai standardpotenciál különbsége [BAJNÓCZY G., SZEBÉNYI I., 2006.].

Erővel záró villamos kötéseknel (jelen esetben sorkapocsnál) az elektrokémiai korrózió, oxidáció maradandó károsodást okoz (3. ábra), ami a lecsökkenti az érintkező felületeket, ezáltal az elektromos átmeneti ellenállás nő és a melegedés fokozódik [GÖLLEI A.].

3.1.2. Rugós kötőelemek



4. ábra
Rugós kötőelem és kontaktpaszta
forrás: WAGO

Gyakran előforduló kötési mód a laprugós kötőelem (4. ábra), amely a szakzsargonban „wago” néven ismert (a legközismertebb gyártó után). Rendkívüli előnye, hogy gyors és praktikus a szerelése. Szinte teljesen kizárja a szabványtalan szerelés lehetőségét. Az alumínium és a réz összekötését is megoldhatóvá teszi, mivelhogy egy vezetékhelyre nem lehet többet tenni.

Alumínium alkalmazásánál korrózióvédő kontaktpasztát (pl. WAGO Alu-Plus) kell alkalmazni a hosszú élettartam érdekében. A paszta lítiumot és cinket tartalmaz, stabilitását 150 °C-on is megőrzi. A cink szemcsék lebontják az összepréselt felületek határán képződött nagy átmeneti ellenállású oxidokat is, tehát jó minőségű villamos kötést biztosít [WAGO].

A kontaktpaszta hiányában, alumíniumkötésnél a kötőelem valójában nem a vezetőér anyagával, hanem a vezeték felületén lévő alumínium-oxid réteggel lép kapcsolatba, ami nagy átmeneti villamos ellenállással rendelkezik, ez pedig idővel a kötés melegedéséhez, majd tüzesethez vezethet, már kicsi terhelőáramnál is. Ez a folyamat is öngerjesztő, egyre gyorsuló.

A csavaros szorítókkal szemben, nincs vezetékre gyakorolt nyíróhatása. A gyártók gondoskodtak sodrott, flexibilis vezetékvégek beköthetőségéről is (4. ábra). Létezik bontható és nem bontható kivitel. *A kötésből származó tüzek kialakulásának lehetőségét minimálisra csökkenti.*

3.1.3. Kötésre csavarható szorítóelem



5. ábra

Kötésre csavarható szorítóelem (KF1)

forrás: ELEKTRO-LIGHT KFT.

Összekötő- és leágazó szorítóelem (KUPOLFIX, KF1) (5. ábra), bontható, erővel záró kötőelem. Acélhuzal magja önmetsző és sodró hatást fejt ki, műanyag kupakban szigetelve. A csatlakozó háza hőre lágyuló műanyagból (poliamidból) készül. A háznak kettős funkciója van, egyrészt biztosítja a csatlakozási ponti szigetelését, másrészt mechanikusan rögzíti a rugóelemet. A villamos csatlakozás megfelelő létrehozását a rugóelem biztosítja. A rugóhuzal négyszög profilú, kúpos csavarrugó. A rugó kúpszöge kisebb, mint a szigetelőházé, a létrehozott kötés érintkező nyomása nem kerül át a szigetelő anyagra.

Terhelés hatására a vezetők felmelegszenek és kitágulnak, ilyenkor a szorítórugó kitágul, majd amikor a terhelés megszűnik és a vezetők hőmérséklete csökken, az ellenkező irányú folyamat játszódik le. Ezáltal az egyszer gondosan létrehozott kötésnél a vezetők állandó nyomás szorítja egymáshoz [ELEKTRO LIGHT].



6. ábra

Réz és alumínium vezeték összekötése Kupolfixxel

Hátránya, hogy maximum 4 db azonos keresztmetszetű és anyagú vezeték kötésére használható, mert ennél több vezeték esetén a rugó szorító ereje érintőlegesen nem fogja körbe a vezetéket. Így nem alkalmas nagyobb elágazások létrehozására, valamint az alumínium és a réz vezetékek egymással való összekötésére (esetenként mégis megteszik, helytelenül) (6. ábra).

3.1.4. Érvéghüvelyek, saruk

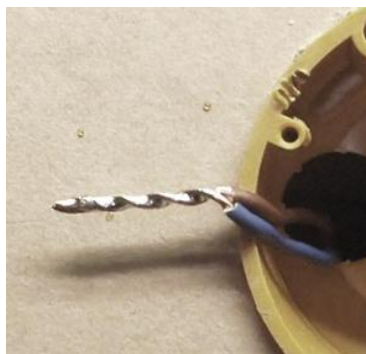


7. ábra
Érvéghüvelyek, saruk
forrás: MIXVILL KFT.

Közvetlen vezetékkötéseket tömör vezetékeknél alkalmazunk. Nagyobb keresztmetszet vagy hajlékony vezetékek esetén viszont elő kell készíteni a vezetéket a kötéshez. Magyarországon már nem használnak *új szereléshez* alumínium vezetékeket 16 mm² alatt. Mivel a tömör rézvezeték használata 2,5 mm² fölött nehézségekbe ütközik, nagyobb méretnél a hajlékony (sodrott erű) vezetékeket alkalmazzák. Ezek viszont közvetlen kötésre nem alkalmasak, először a vezetékvégeket kell kialakítani. Itt használhatók az érvéghüvelyek és a saruk (7. ábra). *Jó minőségű sajtolt vezeték kötések feltétele a minél nagyobb érintkező felület, és a minél nagyobb összeszorító erő ötvözése. Így lesz két fém között a legkisebb átmeneti ellenállás. A kötés a kötőelem és a kötőszerszám minőségétől függ.* Az érvéghüvely a hajlékony, sodrott erű vezetéket összefogja, és nem engedi a benne lévő vékony szálakat szétágazni a csavarkötés alatt, ezzel megakadályozza azt is, hogy a vezetékszálak mellé csússzanak a kötőelemnek és más a környezetében levő fémtárggyal érintkezzenek, esetleg zárlatot okozzanak.

3.1.5. Forrasztott kötések

Forrasztással a fémek között oldhatatlan, anyaggal záró kötést lehet készíteni (8. ábra). A forrasztás a diffúziós kötés egyik fajtája, a kötést azonban a hegesztéssel ellentétben az alapanyagok megolvadása nélkül lehet létrehozni. Léteznek lágy és keményforrasztók, a villamosiparban általában lágyforraszt alkalmaznak. A mai napig sok villamos ipari szerelő arra esküszik, hogy az a jó kötés, ha a hosszan lecsupaszított vezetékeket összezsavarás után végigfuttatják forrasztanyaggal és ezután szigetelik.



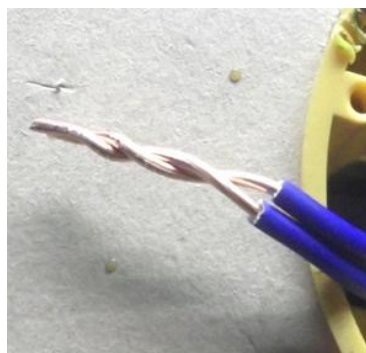
8. ábra

Forrasztott kötés

A lágyforrasztó anyagok használata nem javasolt, mert sem hőhatással, sem mechanikai igénybevétellel szemben nem ellenálló. Használatuk esetén a kötések megvalósításánál figyelembe kell venni a tartós folyáshatárt, a mechanikai igénybevételt és a hőmérséklet növekedését zárlat esetén. Bár a lakóépületek falaiban lévő kötődobozban ha nem is jön létre mechanikai igénybevétel, de zárlati áram hőhatása esetén már beszélhetünk kötéskárosodásról [MSZ 60361-1:2005].

Ha egy lakóépületben egyéb okból tűz alakul ki és az ebből származó hő hatására a lágyforrasztó leolvad, a tűzvizsgálat során már csak nehezen, vagy egyáltalán nem állapítható meg, hogy valójában hogyan volt szerelve a hálózat. (Ilyen esetben a szerelőt elmarasztalhatják.)

3.1.6. Sodrott kötések



9. ábra

Sodrott kötés

A sodrott kötések [9. ábra] a lecsupaszított vezetők egymással való összetekérése, sodrása, amely semmiféleképpen nem elfogadható, de sajnos mégis gyakoriak. (Rosszabb esetben különböző anyagú vezetők vannak összesodorva.) Az elektromos terhelésből adódó hőingadozás hatására a sodrott kötések meglazulhatnak, oxidálódhatnak, ívet húzhatnak, tüzet okozhatnak. Különböző anyagú vezetők összesodrása esetén ez a folyamat gyorsabb (különböző hőtágulási együtthatók, elektrokémiai korrózió miatt).

3.2. A lakóépületek villamos hálózataiban gyakran előforduló hibák tűzveszélyessége – karbantartás, módosítást igénylő szerelések

3.2.1. Villamos vezetékek öregedése

Régebbi épületeknél a villamos hálózat kiépítése gyakorta egyidős az épülettel, tehát vezetékai, szerelési anyagai előregedtek, csakúgy, mint a lakásban levő villamos készülékek, berendezések is. A villamos szigetelőanyagok öregedésekor, a villamos szigetelőképeség csökken, mígnem eléri azt a határt, amikor az már nem megfelelő, ekkor az általa leszigetelt vezetőkben lévő feszültség a szigetelést átütheti. Ilyenkor ívhúzás keletkezhet, amitől kigyulladhat, tüzet okozhat.

A szigetelőanyagok főbb kémiai öregedési folyamatai a következők:

- *oxidáció*: oxigén-molekulák beépülése a molekulaszervezetbe,
- *depolimerizáció*: a szigetelést alkotó óriásmolekulák tördelődése,
- *polimerizáció*: a szigetelést alkotó molekulák nagyobb móltömegű molekulákká való átalakulása. [KOLLER L. ET AL., 2011.]

Vezetékszigeteléseknél a két leggyakoribb anyag a polivinilklorid (PVC) és a polietilén (PE). Tekercshuzalok szigetelésénél pedig gyakori a zománc, selyem (cerimel), textília. Az öregedési folyamatok jellege függ az egyes szigetelőanyagok anyagi minőségétől, és az öregedést előidéző igénybevételek fajtájától. Másképpen öregszik az itatott papíros szigetelés, a polivinilklorid vagy a polietilénszigetelés, stb.

A vezetékek felületén hosszú idő alatt általában a hőváltozások hatására oxid réteg alakul ki, aminek vezetőképessége jelentősen rosszabb a fémtiszta vezetőétől. Ha a környezeti tényezők és az idő is megfelelően eljár az adott vezetékek fölött, akkor a vezetékrendszer kapcsolódási pontjainál már nem megfelelő a vezetőképesség. A réz esetében ez az oxid a Cu_2O , amit mesterségesen hevítéssel lehet előállítani [J. J. SHEA, 2010].

A szigetelések előregedésének folyamatát az időszakos műszeres szigetelési ellenállásméréssel, karbantartással illetve vezetékcserevel lehetne megelőzni.

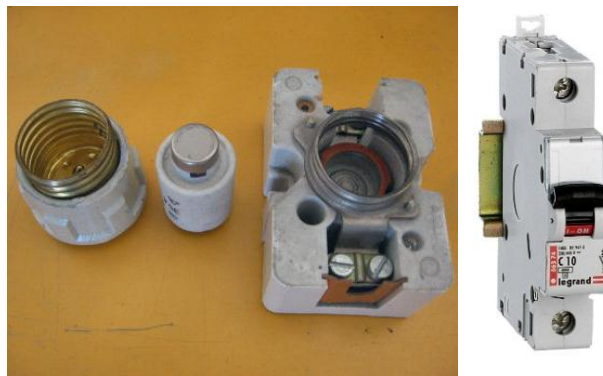
3.2.2. Villamos berendezések, szerelvények rossz elhelyezése

A lakóépületekben is a villamos berendezéseket, szerelvényeket az erre vonatkozó létesítési előírások szerint kell elhelyezni, attól függően, hogy milyen környezetbe kerül (környezeti hőmérséklet, külső hőforrás, víz jelenléte, korróziót okozó vagy szennyező anyagok jelenléte, növényzet és/vagy penész jelenléte, állatok jelenléte, napsugárzás, épületszerkezet mozgása, szél, mechanikai igénybevételek stb.).

Például gyakori hiba, hogy éghető anyagra (pl. fa, lambéria) úgy szerelnek fel lámpatestet, hogy az kellőképpen nincs hőhatástól távol tartva, kiszigetelve (főleg hagyományos, nagy hőleadású wolfram-szálas izzó esetén) és így az tüzet foghat, kigyulladhat.

3.2.3. Biztosítótáblák, lakáselosztók

A biztosítótábla, illetve lakáselosztó a villamos fogyasztásmérőből kiinduló mért fővezeték végén elhelyezett elosztó berendezés, amely áramkörönként biztosítja a lakás fogyasztóit, a villamos vezetékhálózatot a túlterheléstől, zárlattól, amely általában kétféle módon történik.



10/a. és 10/b. ábra

Olvadóbiztosító foglalattal és kismegszakító

forrás: 10/a: VILLAMOSENERGETIKAI INTÉZET - ÓBUDAI EGYETEM 10/b: LEGRAND ZRT.

Az egyik régebbi, a már szabványon kívül helyezett olvadóbiztosító, a másik pedig az önműködő kismegszakító („automata”) (10. ábra).

Az olvadóbiztosító egyik nagy hátránya a kismegszakítóval szemben, hogy kiolvadás esetén új betétet kell berakni, ami nincs mindig kéznél, ezért kézenfekvő, gyors megoldásként rendszerint „megpatkolják”, ami úgy történik, hogy a kiolvadt biztosító fémszálat, valamilyen huzallal pótolják. Rendszerint ez sokkal nagyobb keresztmetszetű az eredeti, méretezett olvadó száltól. Így már lehetőség van arra, hogy a lakásban lévő hálózat túlterhelődjön, tehát a túláramvédelmi feladatát nem megfelelően látja el. A hálózat melegedhet, a tűzveszély kialakulhat.

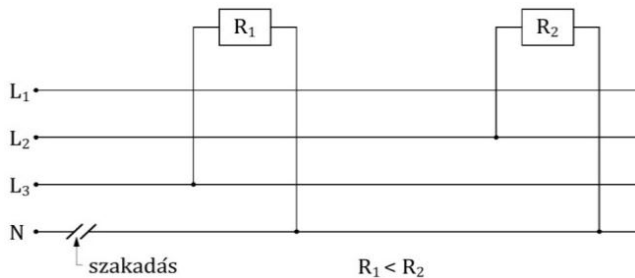


11. ábra

Laza kötésből származó égésnyomok

A már említett csavarkötések (sorkapcsok) megtalálhatók biztosítóaljzatok, kismegszakítók, földelő- és nullázósínek kapcsainál, amelyek kilazulhatnak és a már említett módon tüzet okozhatnak (11. ábra).

3.2.4. Nullaszakadás veszélyei háromfázisú hálózat esetén



12. ábra

Nullaszakadás háromfázisú hálózatban



13. ábra

Kiégett TV készülék maradványai

forrás: SÁRBOGÁRDI TŰZOLTÓSÁG, LÁNGLOVAGOK

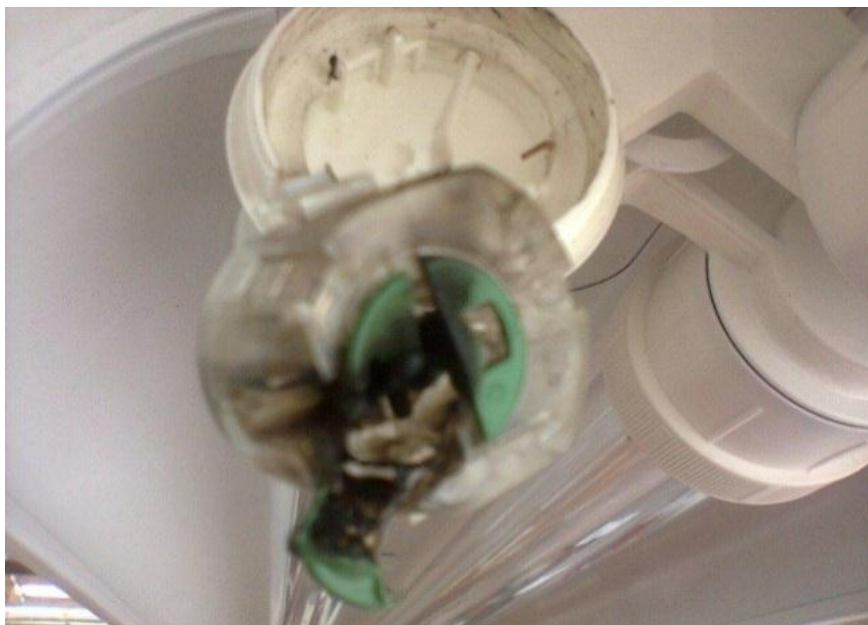
Háromfázisú hálózatban bármelyik két fázis között mért feszültség 400 V, a nulla és fázisvezető között 230 V.

A 12. ábrán látható R_1 fogyasztó kisebb belső ellenállású, mint R_2 , ezért R_2 fogyasztó túlfeszültséget kap R_1 fogyasztón keresztül, nullaszakadás esetén. Az R_2 fogyasztó károsodni fog, mert nagyobb feszültséget kap, mint a névleges feszültsége, ami tüzet okozhat.

Megtörtént eset: nagyobb teljesítményű fogyasztó (villanytűzhely sütője) egyszerre volt bekapcsolva a televízióval, miközben a lakáelosztóban lévő nullbontó laza csavarkötése olyan mértékű túlmelegedéshez vezetett, hogy emiatt a nullavezető folytonossága megszakadt. A televízió túlfeszültség hatására leégett, hasonlóan a 13. ábrán látható illusztrációhoz.

3.2.5. Szerelvények előregedése

A szerelvények (pl.: kapcsolók, dugaszolóaljzatok, lámpatestek) hosszú, több éves használat után előregedhetnek, érintkezőjük rugalmassága (főleg melegedés hatására) csökken, ezáltal kitágulhat, az elektromos kapcsolat gyengül, a melegedés fokozódik. Főleg a kikapcsolás, a kapcsolat megszűnése pillanatában induktivitás hatására általában ívhúzás jöhet létre, amitől az érintkező felületek helyenként olvadhatnak, elfröccsenhetnek (14. ábra), így a tűzveszély fokozódik.



14. ábra

Fénycsöves világítótest foglalatában lévő érintkező-lazulás okozta égésnyomok

Az épületben elhelyezett szerelvények (kapcsolók, dugaljok, izzófoglalatok) terhelhetősége sem elhanyagolható szempont, mert gyakran megtörténik, hogy az adott szerelvényeket túlterhelik. Leggyakoribb eset, hogy egy izzó foglalatába az előírtnál nagyobb teljesítményű izzó kerül. Gyakori eset még az is, hogy egy dugaszolóaljzat sokszoros elosztón keresztül túlterhelődik. A fenti esetek elkerülésére az időszakos karbantartás jelent megoldást.

3.2.6. Keresztmetszeti alulméretezés

A keresztmetszeti hiányosság, alulméretezés ellenállás növekedéshez vezet, ami a vezetékek melegedését okozza.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

ahol,

R - ellenállás [Ω]; ρ - a vezeték anyagára jellemző fajlagos ellenállás [$\Omega \text{mm}^2/\text{m}$];

l - a vezeték hossza [m]; A - vezeték keresztmetszete [mm^2]

A keresztmetszeti hiányosság legszembetűnőbb jelensége, hogy valamely nagyobb fogyasztó bekapcsolásának pillanatában az áramkörben lévő lámpa fényereje csökken (legkönnyebben wolfram-szálas izzónál észlelhető).

3.2.6.1. Felületes tervezés és kivitelezés

Bár nem gyakori, de előfordulhat új lakások tervezésénél is, hogy megrendelővel nem egyeztetik le pontosan, hogy milyen és hány darab fogyasztó fog működni az épületben, ezért kisebb keresztmetszettel méretezhetik a vezetékrendszer bizonyos részeit.

Olyan esetekkel is lehet találkozni, amikor egy védőcsőben (Bergmann vagy műanyag) az előírtnál több vezetéket húznak be, ez is elősegítheti a vezetékek melegedését. Sok helyen fordul elő, hogy az erősáramú vezetékek védőcsöveibe gyengeáramú vezetékeket is behúznak, ami szintén fokozhatja a vezetékek melegedését, a szigetelés elolvadása esetén a gyengeáramú vezetékekre erősáram kerülhet, ami a gyengeáramú berendezésekben zárlatot, tüzet okozhat.

3.2.6.2. Régi vezetékhálózat - fogyasztói igények növekedése

Sűrűn előfordul, hogy egy lakóépületben a hálózat olyan régen volt szerelve, amikor még lényegesen kevesebb háztartási gép, készülék működött a lakásban. Rendszerint csak egy áramkört alakítottak ki, mert akkor csak szobánként egy-egy lámpát, esetleg még rádiót, vasalót használtak. A technika korszerűsödésével sok újfajta fogyasztó került be a háztartásokba, amelyekre a régi hálózat teherbírása már nem elegendő, de ennek ellenére mégis használják őket, ráadásul esetenként egy időben, még rosszabb esetben patkolt olvadóbiztosítóval, G1-es típusú textilszigetelésű vezetékkel (15. ábra). Ez utóbbi eset igényli az egyik legfokozottabb figyelmet.



15. ábra

*Régi, elavult G1 típusú vezeték
forrás: SZITÁNYI ANDRÁS*

4. Vizsgálat

4.1. Vizsgált anyagok

- 1,5 mm² szigetelt, tömör alumínium vezeték
- 2,5 mm² szigetelt, tömör alumínium vezeték
- 0,75 mm² szigetelt, tömör réz vezeték
- 1,5 mm² szigetelt, tömör réz vezeték

Általában a lakásokban, lakóépületekben, a háztartásokat ellátó vezetékrendszerek legtöbb esetben a fent felsorolt típusok fordulnak elő, ezért találtam indokoltnak és legfontosabbnak ezeket a típusokat vizsgálni. A felsorolt anyagokon kívül nagyobb keresztmetszetű vezetékfajták is rendszerint előfordulnak, azonban ezek vizsgálatát nem tartom fontosnak, mivel azok már nem kritikusak, pontosan a nagyobb keresztmetszet miatt.

4.2. Vizsgált kötések

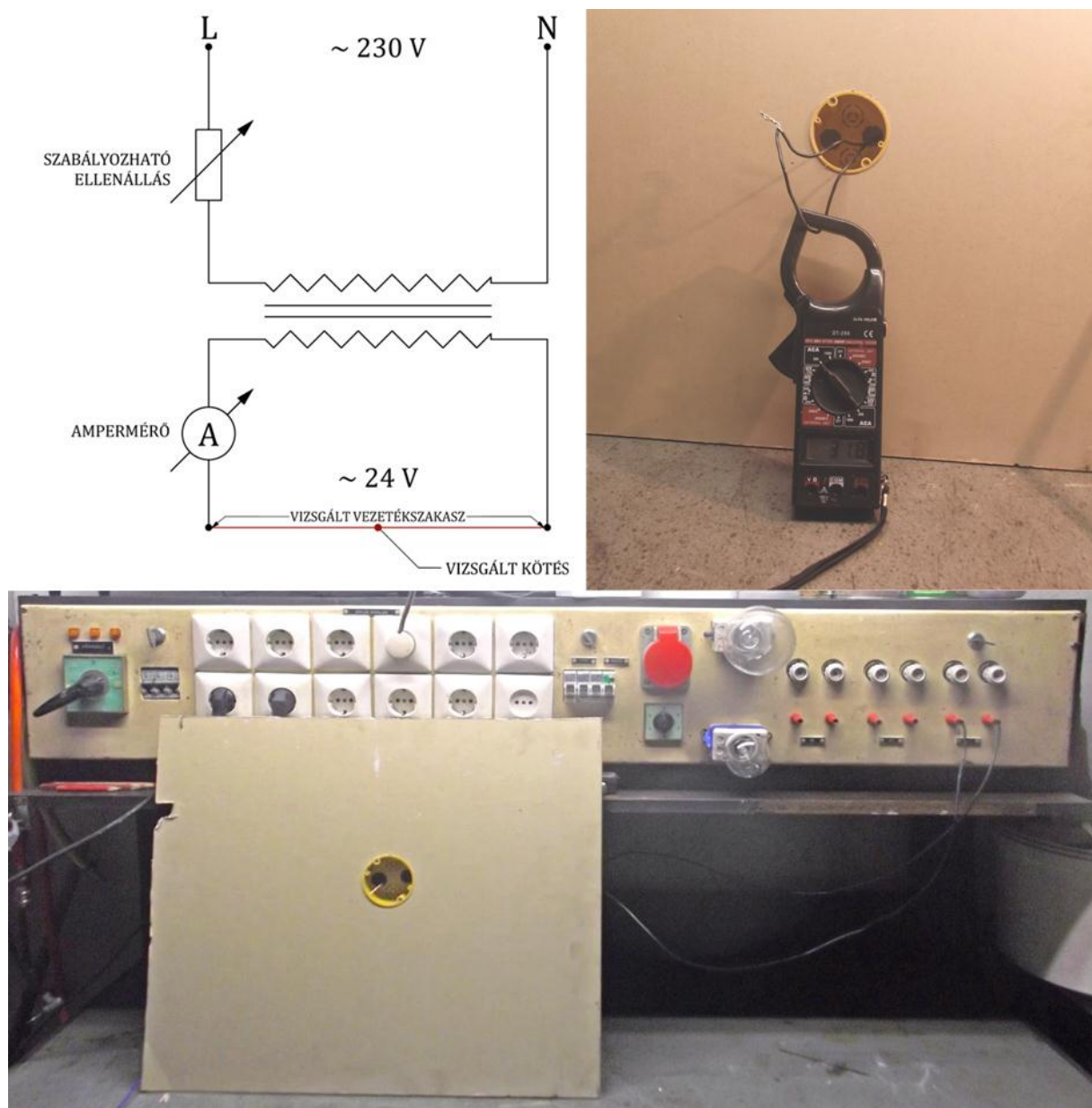
- laza, sodrott (nem szabványos) kötés
- csavarmenetes sorkapcsos kötés
- laprugós kötőelem (XBS típusú)
- Kupolfix kötőelem
- forrasztott kötés, réz vezetővel (ónozott)

A fent felsorolt kötésfajták a leggyakoribbak (megjegyzés: ritkán található másfajta megoldás).

4.3. Vizsgálati módszerek és eszközök

Az előforduló kötésfajtákat különböző elektromos terheléseknek vetettem alá, majd vizsgáltam azok melegedését, a vezetékek szigetelőanyagának olvadását. A terheléseket 32, illetve 16 Amper áramerősségekben hoztam létre, mivel ezek a nagyságrendek leginkább jellemzőek a lakossági felhasználók köreibben. A 32 Amperes terhelésben (áramszolgáltatók által leggyakrabban adható áramkorlátozó teljesítmény) arra szeretnék rámutatni, hogy milyen káros hatások mutatkoznak, abban az esetben, ha a lakáelosztóban lévő biztosítókat valamilyen formában túlméretezve (vagy „megpatkolva”) alkalmazzák.

A lakóépületek általános vezetérendszerének teherbírása 16 A (az MSZ HD 60364-5-52:2011 szabvány szerinti minimum $1,5 \text{ mm}^2$ Cu vagy a $2,5 \text{ mm}^2$ Al vezeték). A vizsgálatomban azokat a kirívó esetek is figyelembe vettem, amikor ezek a vezetékrendszerek alulméretezettek, de ennek ellenére ugyanolyan terhelésnek vettem alá, mintha azok megfelelő keresztmetszetűek lennének, azért mert a lakásokban előfordulnak a már fent említett túlméretezett biztosítók („patkolások”).



16. ábra
A mérés és vázlata



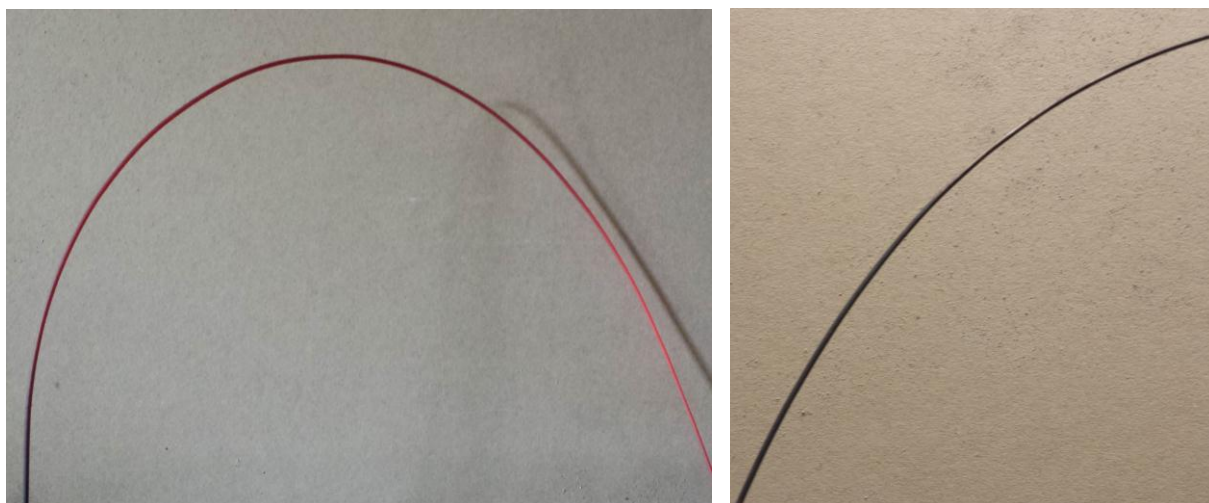
17. ábra
A mérés eszközei

Az áramerősséget DT-266 típusú lakatfogós multiméterrel mértem, amit a váltakozó áram 200 A-os mérési határára kapcsoltam. Majd a műszerpad beépített transzformátorának 24 V-os kimenetére csatlakoztattam a mérendő vezetéket, úgy, hogy a mérendő vezeték és a rajta levő kötés a transzformátor szekunder tekercsével zárt áramkört alkosson. A transzformátor fokozatkapcsolójának (amely a transzformátor primer tekercsével, előtét ellenállásaival sorosan van kötve) fokozathelyzetét úgy választottam meg, hogy a műszer megközelítőleg 32, illetve 16 A terhelést mutasson. Ezen a két áramerősségi fokozaton mértem a különböző keresztmetszetű, anyagú vezetékeknek és azok különböző kötéseinek hőmérsékletét.

A pirométert állványra rögzítettem a pontos mérés érdekében. Az állványt a mérési ponttól olyan távolságban (1,15 m) helyeztem el, hogy annak fókusz pontja a lehető legkisebb legyen. A hőmérsékletet a vezetékek lecsupaszított részein, közvetlenül a szigetelés közelében végeztem. A műszeren a feketeségi fokot (ϵ) a mérendő anyagnak megfelelően állítottam be. A méréseket 10 másodpercenként jegyeztem be a mérési táblázatokba, majd az így kapott eredményeket diagramon ábrázoltam. A diagramokon jól látható a hőmérsékletemelkedések jelleggörbéje és az azok közötti összefüggés.

Ahhoz, hogy egy vezeték elhasználódjon, illetve korrodált felület jöjjön rajta létre, sok időre van szükség, függően attól is, hogy ezek milyen környezetben vannak. A mesterséges előregítéshez a legegyszerűbben úgy juthatunk hozzá, hogyha felgyorsítva utánózzuk az előregedés folyamatát. Normál üzemben, hosszú időn keresztül a vezeték sokszor

felmelegszik és kihűl (a használatától függően). A gyorsított öregedési eljárásban ezt utánózzuk, úgy, hogy a vizsgálandó vezeték két végét nagyteljesítményű transzformátor szekunder oldalának kapcsaira csatlakoztatjuk, ugyanúgy, mint a fent említett méréseknél, csak itt jelentősen nagyobb áramerősséggel. Így az üzemi hőfoktól többszöri alkalommal lényegesen magasabb hőmérsékletre hevítjük, majd hagyjuk kihűlni, amíg a kísérlethez megfelelő oxid réteget el nem érjük. Ilyenkor a réz esetében a vezeték felületén fekete színű réz-oxid réteg (Cu_2O) képződik (18. ábra). Többszöri ismétléssel az oxid réteg növelhető.



18. ábra

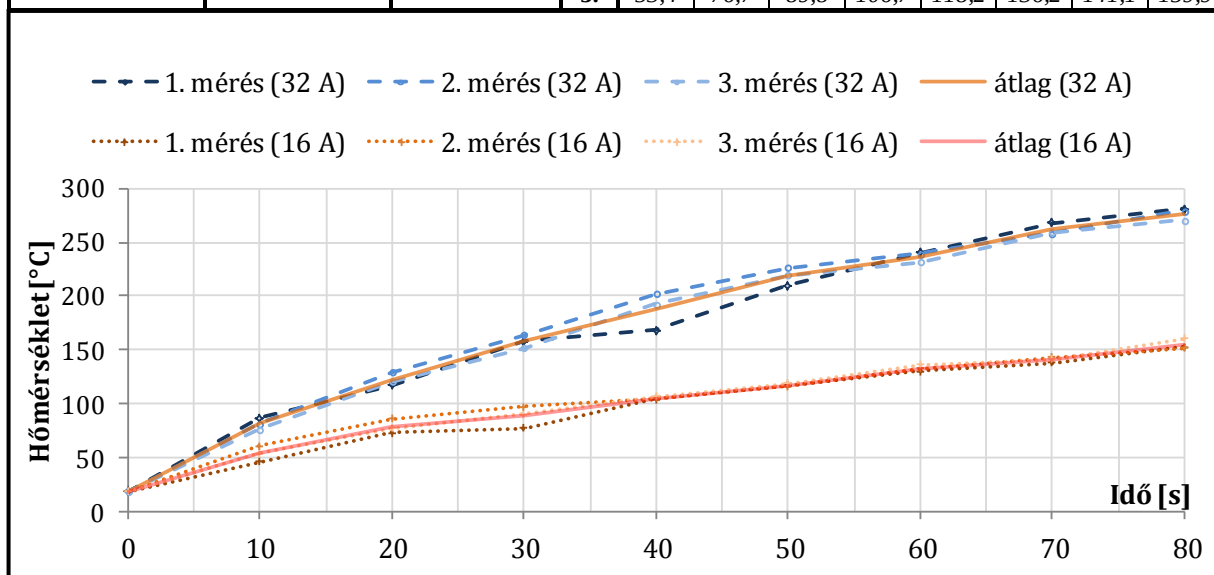
Réz vezeték hevítés előtt és után: fekete Cu_2O réteggel

5. Mérési eredmények

5.1. Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ alumínium vezetékekkel

1. táblázat: Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ alumínium vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18°C)							
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
laza, sodrott Al-Al (1,5 + 1,5 mm ²)	31,7	0,11	1.	86,4	116,4	157,4	168,2	209,5	240,1	267,8	281,2
			2.	81,5	129,3	163,3	201,7	226,2	238,8	258,2	279,1
			3.	76,3	120,5	151,8	192,7	218,8	231,3	259,4	270,3
	15,6		1.	45,7	72,3	76,7	103,5	116,6	129,6	137,8	152,6
			2.	60,3	85,5	96,9	104,3	116,0	132,1	143,2	151,2
			3.	53,4	76,7	89,8	106,7	118,2	136,2	141,1	159,9



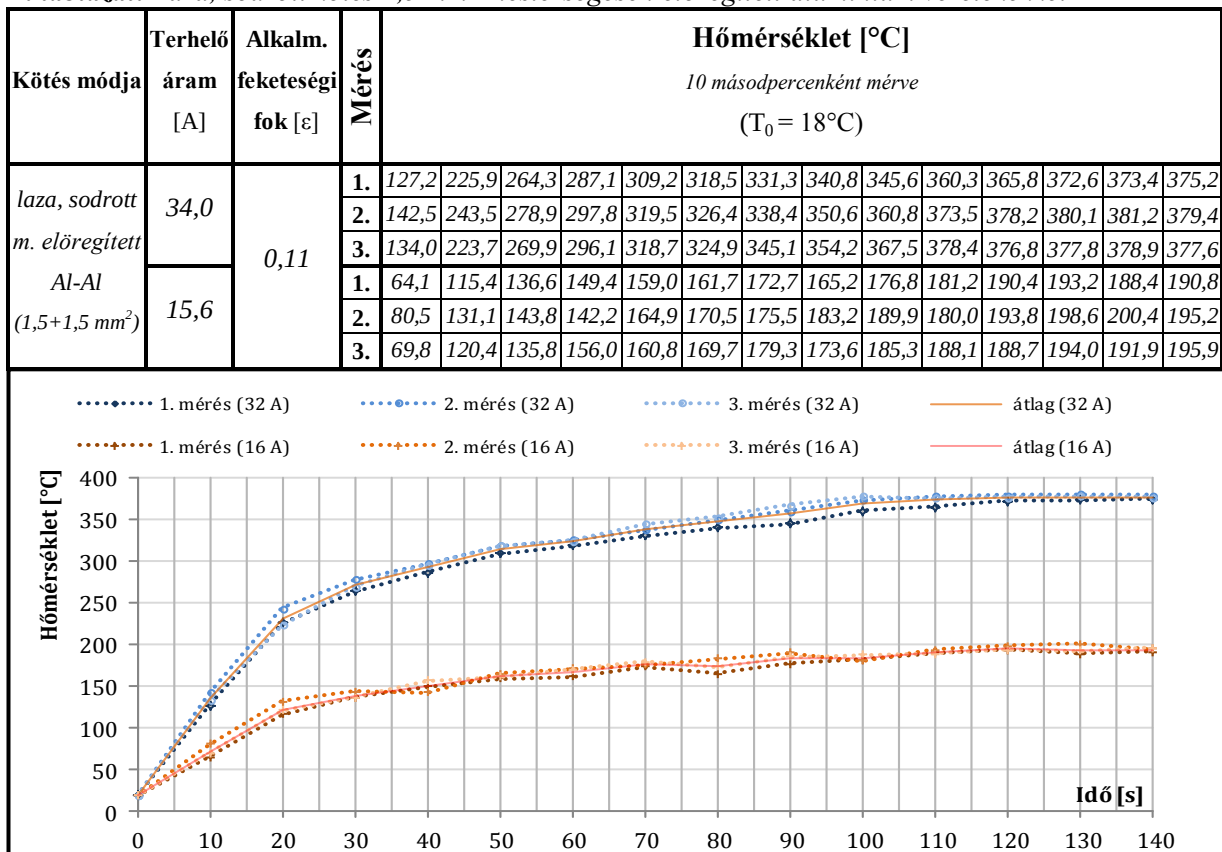
19. ábra

Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ alumínium vezetékekkel

A túlterhelt alumínium ($1,5 + 1,5 \text{ mm}^2$) 16, ill. 32 A terheléssel. A 32 A-es terhelés esetében kb. 70 másodperc elteltével a szigetelés a kötés közelében megolvadt. A kötés hőmérséklete 250°C fölé emelkedett, ezért a vizsgálatot befejeztem. A 16 A-es terhelés esetében a melegedés arányosan csökkent.

5.2. Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

2. táblázat: Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel



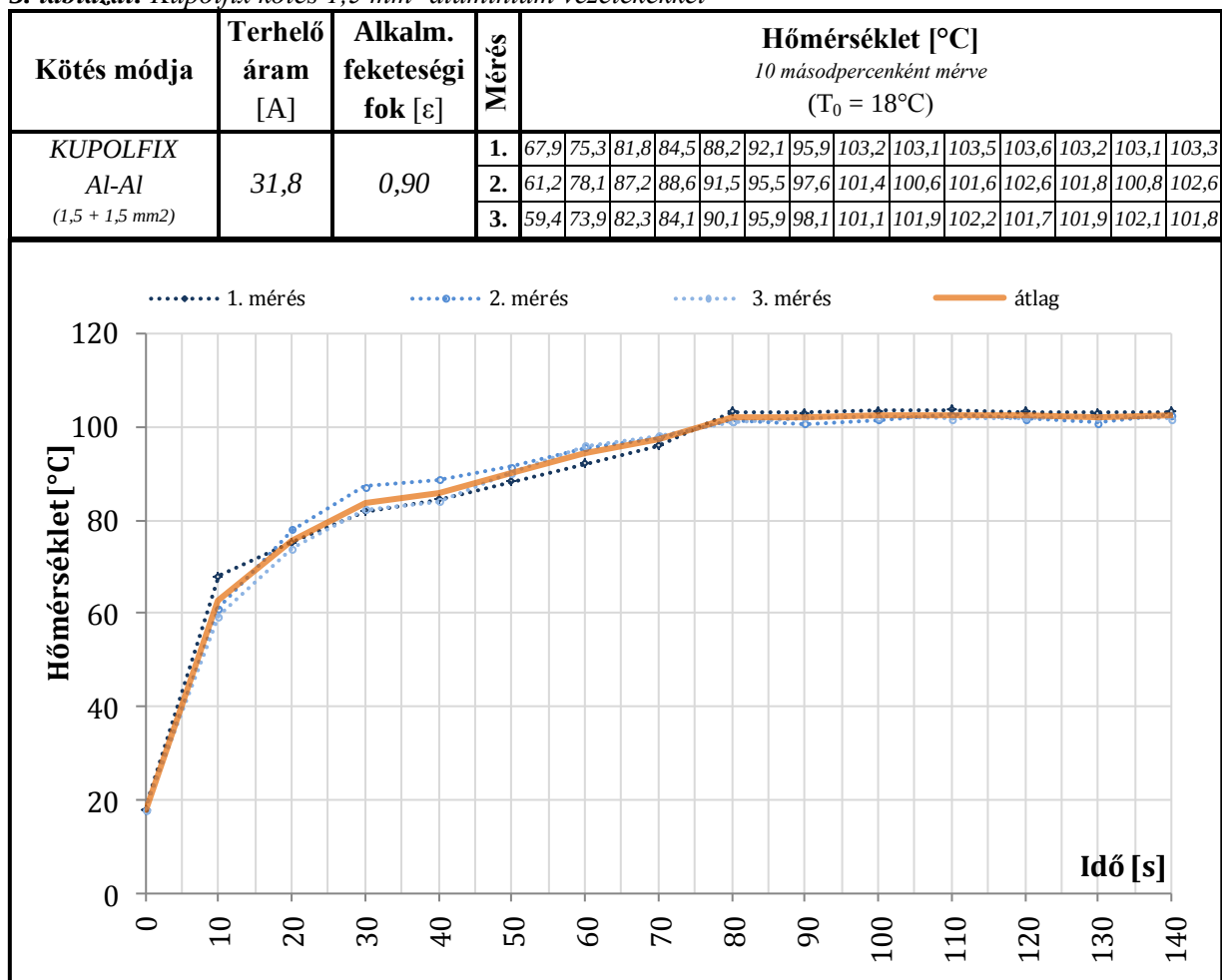
19. ábra

Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

Ugyanúgy, mint a nem előregített változatnál ugyanazoknak a terheléseknek lett kitéve, de már szigetelés nélkül, mert a kísérlet során kiderült, hogy lényegesen magasabb hőfokra emelkedik (a másik ok pedig, az előregítéshez a vezeték hevítésekor csupasz vezetékre volt szükség). A diagramról leolvasható, hogy az előregített vezeték ugyanazt a terhelést már jóval nagyobb melegedéssel viseli el.

5.3. Kupolfix kötés 1,5 mm² alumínium vezetékekkel

3. táblázat: Kupolfix kötés 1,5 mm² alumínium vezetékekkel



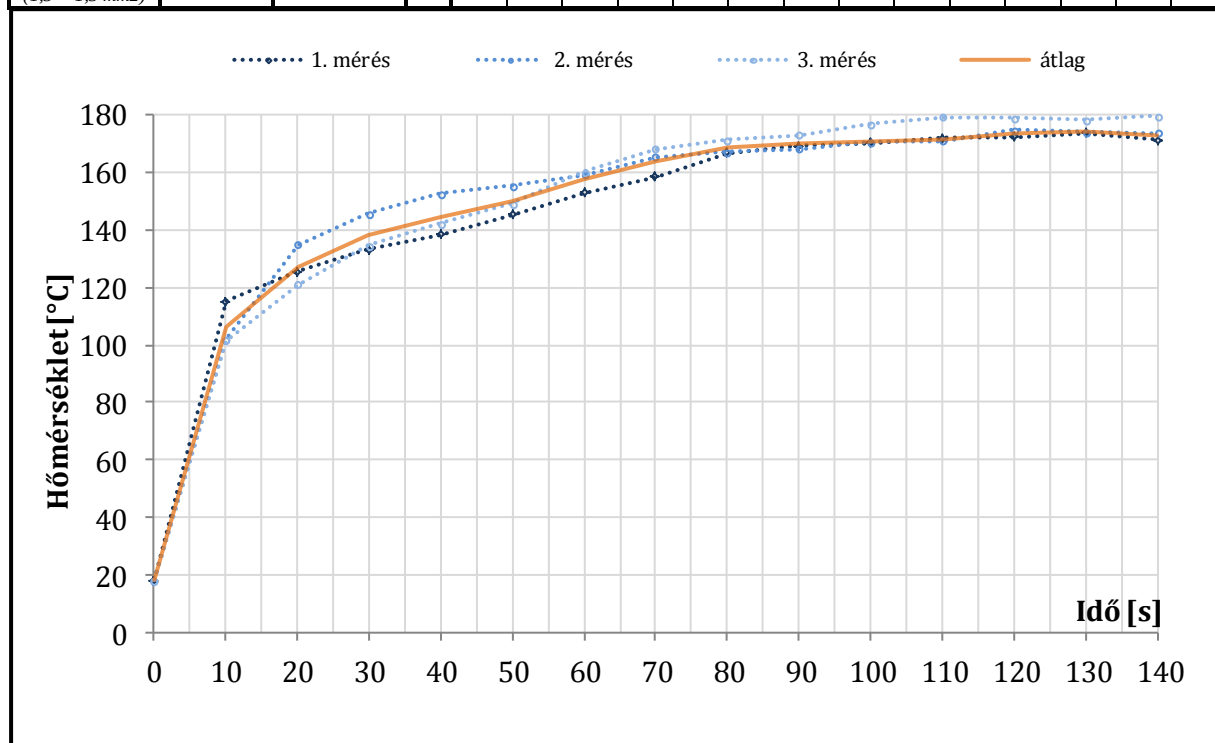
20. ábra
Kupolfix kötés 1,5 mm² alumínium vezetékekkel

A vizsgálat során a Kupolfix-es kötés javára írható, hogy ha az szakszerűen van elvégezve, még a túlterhelt 1,5 mm² Al vezetékeknel sem haladta meg a szigetelőanyag olvadáspontját.

5.4. Kupolfix kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

4. táblázat: Kupolfix kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. fek. fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18°C)													
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
KUPOLFIX m. előregített Al-Al (1,5 + 1,5 mm ²)	33,9	0,90	1.	115,0	125,6	133,3	138,4	145,3	152,9	158,5	167,0	169,3	170,4	172,0	172,4	173,8	171,5
			2.	101,8	135,1	145,8	152,8	155,4	159,1	165,5	167,2	168,1	170,7	171,0	175,0	174,3	173,7
			3.	101,5	121,2	134,6	142,3	149,3	160,2	168,1	171,2	173,0	176,8	179,5	178,9	178,2	179,8

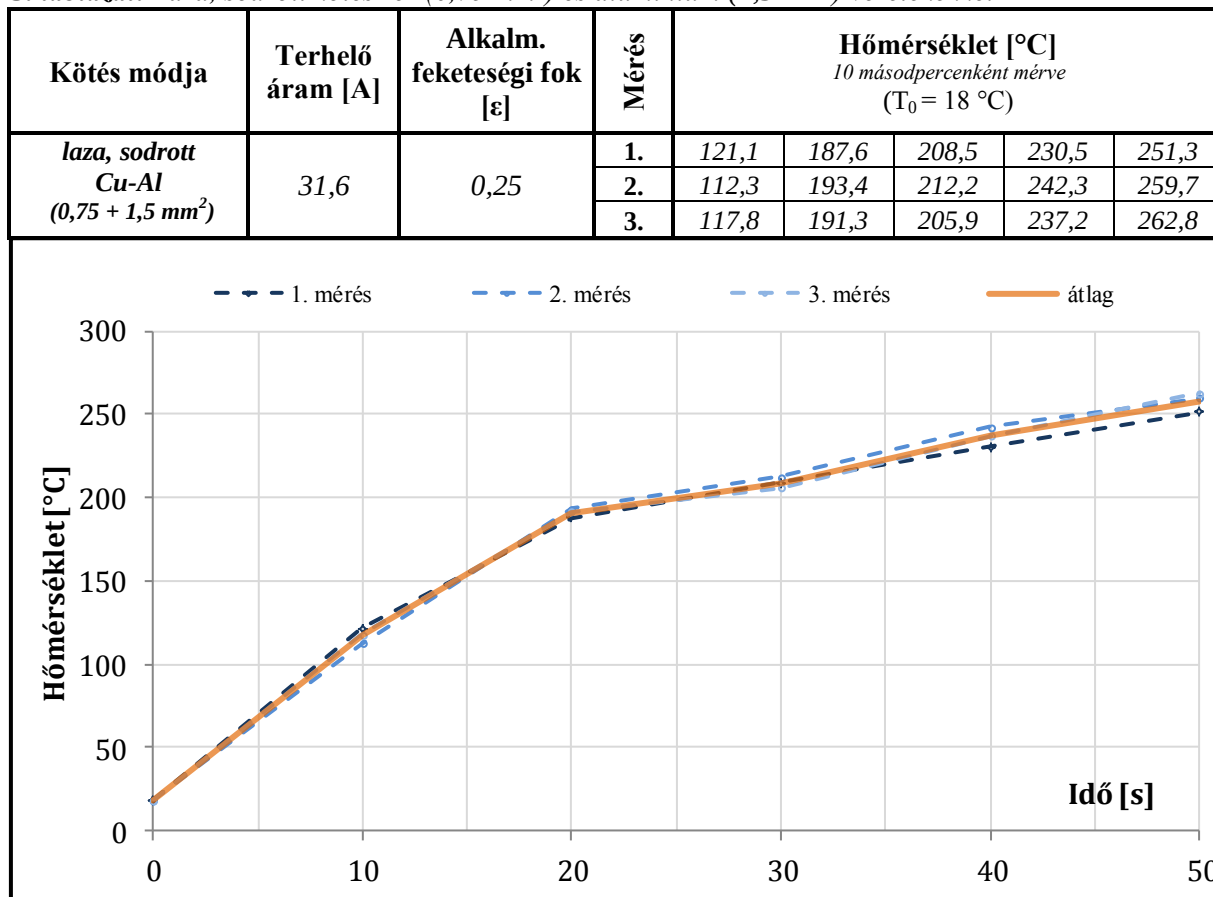


21. ábra
Kupolfix kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

Az előregített vezetékű Kupolfix-es kötésnél az ábrán látható, hogy a melegedés oly mértékű volt, hogy a Kupolfix kötőelem szigetelését szinte teljesen tönkretette.

5.5. Laza, sodrott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú vezetékekkel

5. táblázat: Laza, sodrott kötés réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel



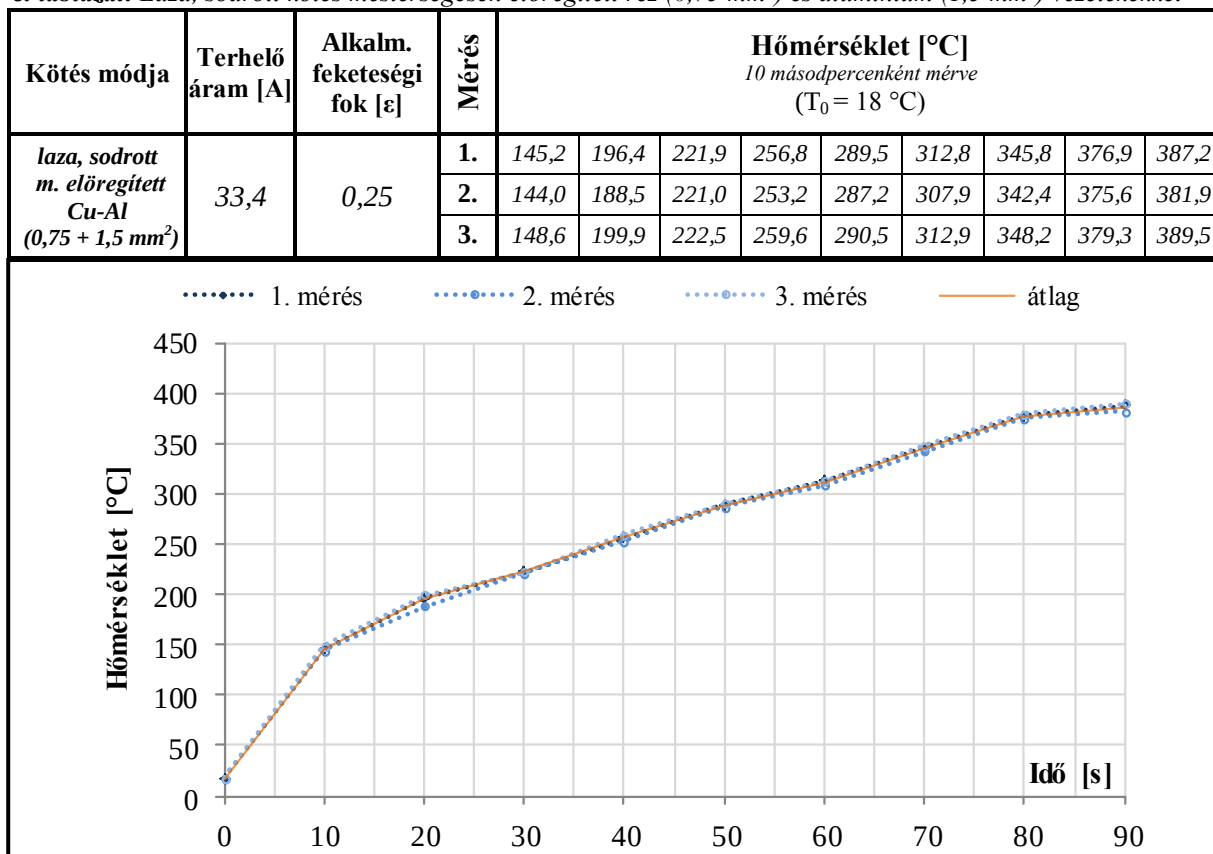
23. ábra

Laza, sodrott kötés réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel

Alulméretezett, egymással lazán összecsavart $0,75 \text{ mm}^2$ réz és $1,5 \text{ mm}^2$ alumínium vezeték, 32 A-es terhelés hatására mindkét vezeték szigetelése a kötés közelében megolvadt.

5.6. Laza, sodrott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú mesterségesen előregített vezetékekkel

6. táblázat: Laza, sodrott kötés mesterségesen előregített réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel



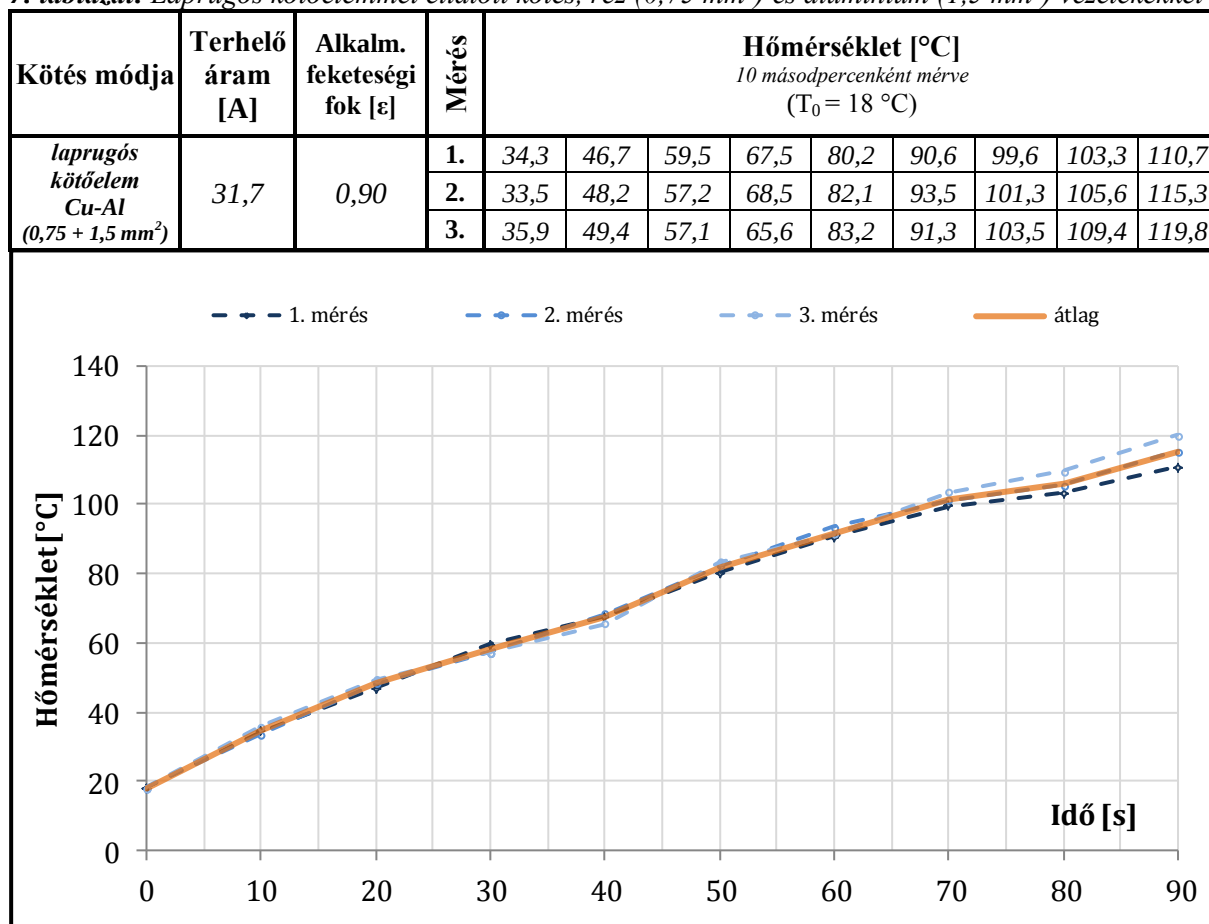
22. ábra

Laza, sodrott kötés mesterségesen előregített réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel

A két különböző anyagú és keresztmetszetű ($0,75 \text{ mm}^2 \text{ Cu} + 1,5 \text{ mm}^2 \text{ Al}$) mesterségesen előregített vezetékek esetében a melegedés a 32 A-os túlterhelésre még fokozottabb.

5.7. Laprugós kötőelemmel ellátott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú vezetékekkel

7. táblázat: Laprugós kötőelemmel ellátott kötés, réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel



23. ábra

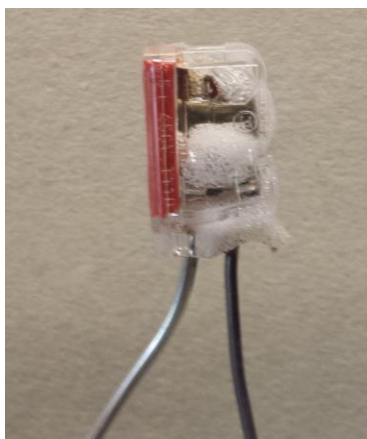
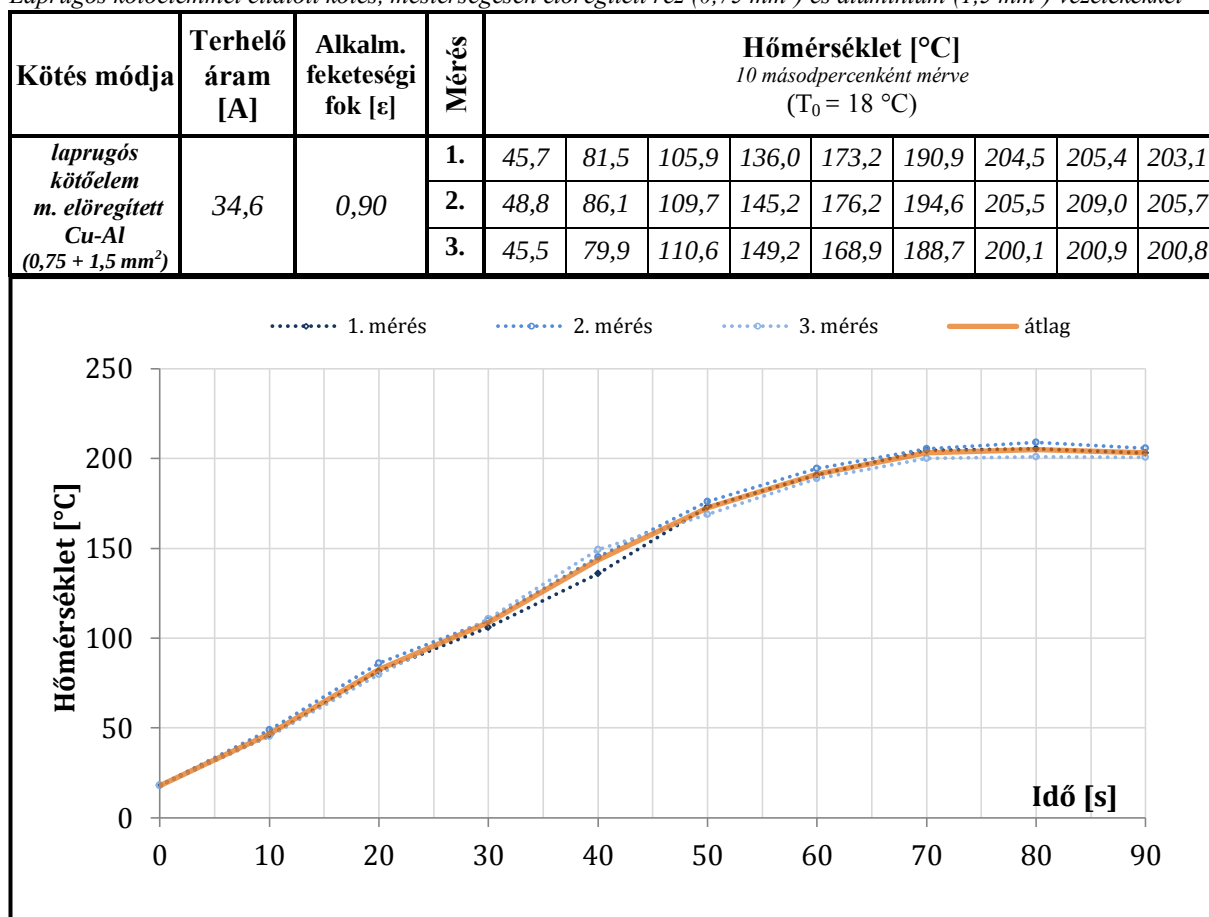
Laprugós kötőelemmel ellátott kötés, réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel

Laprugós kötőelemmel a $0,75 \text{ mm}^2$ -es réz és $1,5 \text{ mm}^2$ alumínium vezeték esetében a kötés károsodás nélkül maradt, de a $0,75 \text{ mm}^2$ -es vezeték szigetelése teljes hosszában leolvadt.

5.8. Laprugós kötőelemmel ellátott kötés különböző keresztmetszetű és anyagú mesterségesen előregített vezetékekkel

8. táblázat

Laprugós kötőelemmel ellátott kötés, mesterségesen előregített réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel



24. ábra

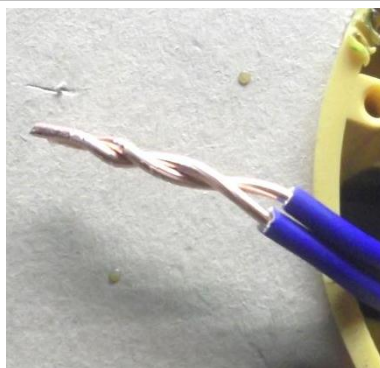
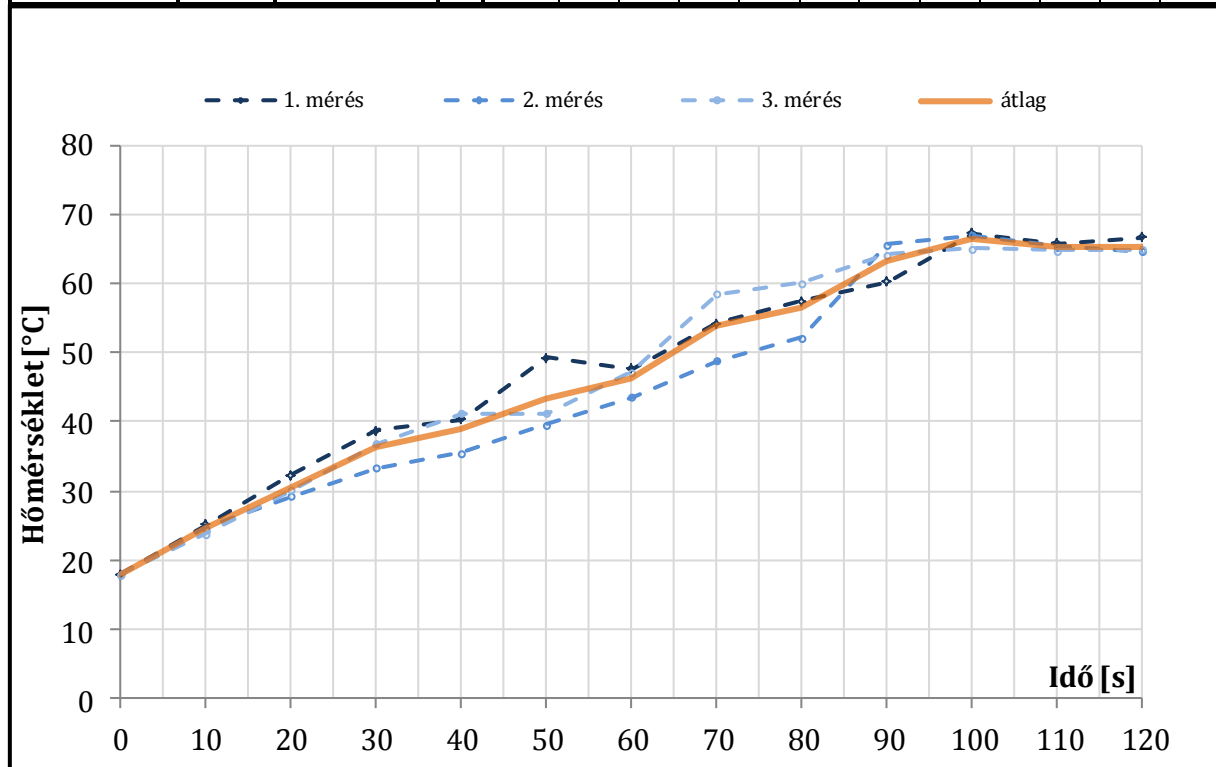
Laprugós kötőelemmel ellátott kötés, mesterségesen előregített réz ($0,75 \text{ mm}^2$) és alumínium ($1,5 \text{ mm}^2$) vezetékekkel

Laprugós kötőelemmel az előregített $0,75 \text{ mm}^2$ réz és $1,5 \text{ mm}^2$ alumínium vezeték esetében a kötés károsodott, műanyag szigetelése megolvadt.

5.9. Laza, sodrott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

9. táblázat: Laza, sodrott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C]											
				10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18°C)											
laza, sodrott Cu-Cu (1,5 + 1,5 mm ²)	32,5	0,25	1.	25,2	32,3	38,8	40,3	49,3	47,7	54,2	57,5	60,2	67,2	65,8	66,7
			2.	24,7	29,3	33,4	35,5	39,7	43,6	48,9	52,2	65,6	66,9	65,3	64,6
			3.	23,9	30,1	36,8	41,2	41,3	47,2	58,4	60,1	64,2	65,1	64,8	64,9



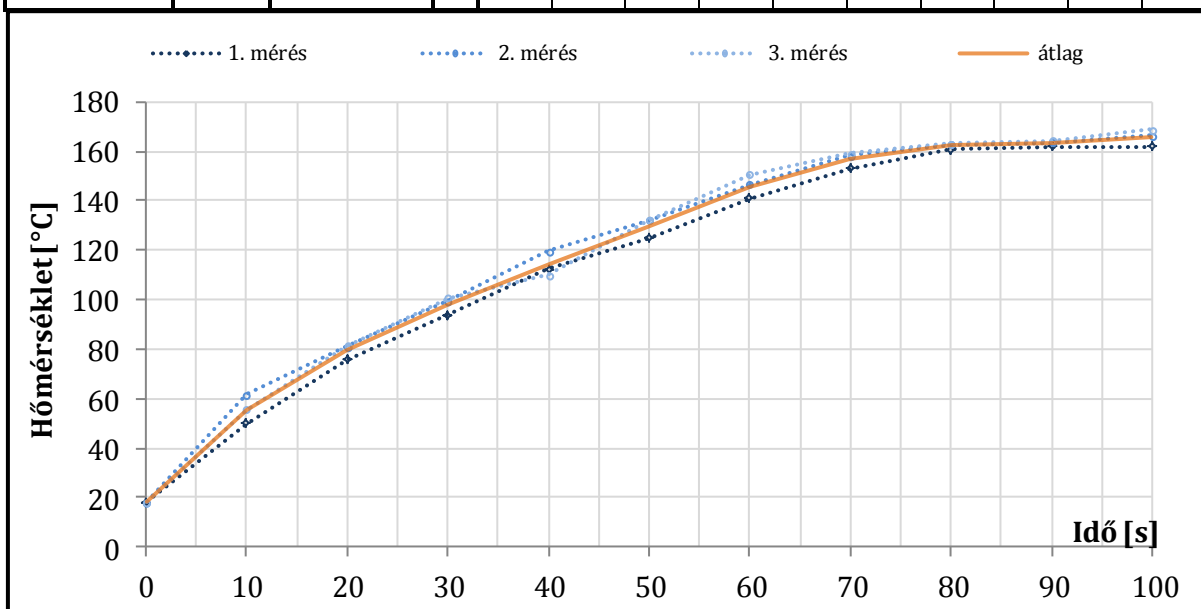
25. ábra
Laza, sodrott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es réz laza, sodrott kötés esetén még a 32 A-es terheléssel sem haladta meg a 70 °C-ot.

5.10. Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített réz vezetékekkel

10. táblázat: Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített réz vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C]									
				10 másodpercenként mérve ($T_0 = 18^\circ\text{C}$)									
laza, sodrott m. előregített Cu-Cu ($1,5 + 1,5 \text{ mm}^2$)	31,9	0,25	1.	49,9	75,6	93,7	112,5	124,9	140,8	153,1	160,9	162,1	161,8
			2.	61,7	81,1	99,4	119,8	132,0	146,5	158,5	162,6	163,4	166,4
			3.	55,7	81,4	100,7	110,0	132,1	150,6	159,0	163,3	164,3	168,9



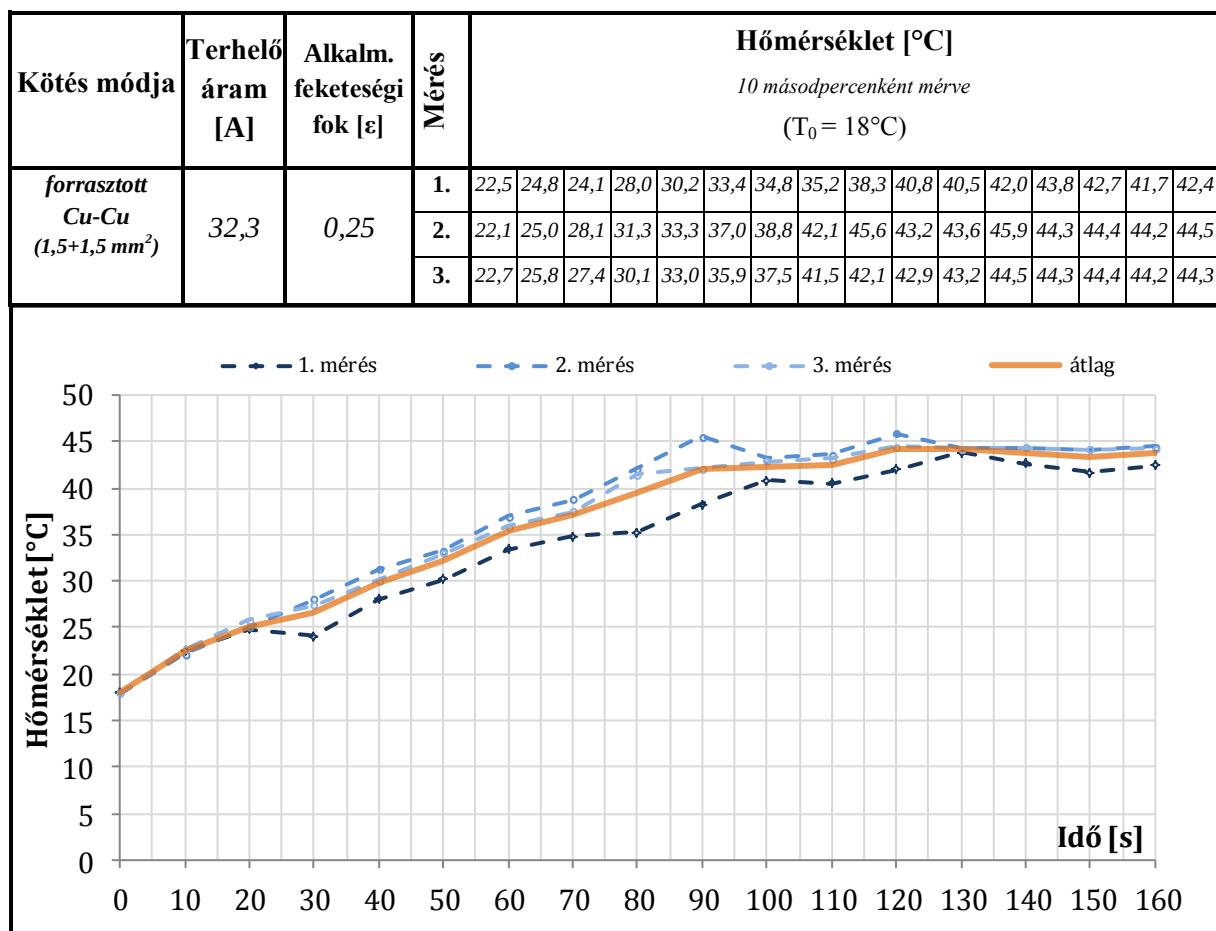
26. ábra

Laza, sodrott kötés $1,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített réz vezetékekkel

A régi szerelők nagyon sok esetben megelégedtek azzal, hogy a réz vezetékét elég ha csak összecsavarják és azt elég biztonságosnak hitték (pedig már akkor sem volt szabványos). A 28. ill. 29. ábrán jól látható, hogy az előregedett vezeték mennyivel jobban melegszik, 32 A-es terhelésnél elérte a szigetelő anyag olvadáspontját.

5.11. Forrasztott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

11. táblázat: Forrasztott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

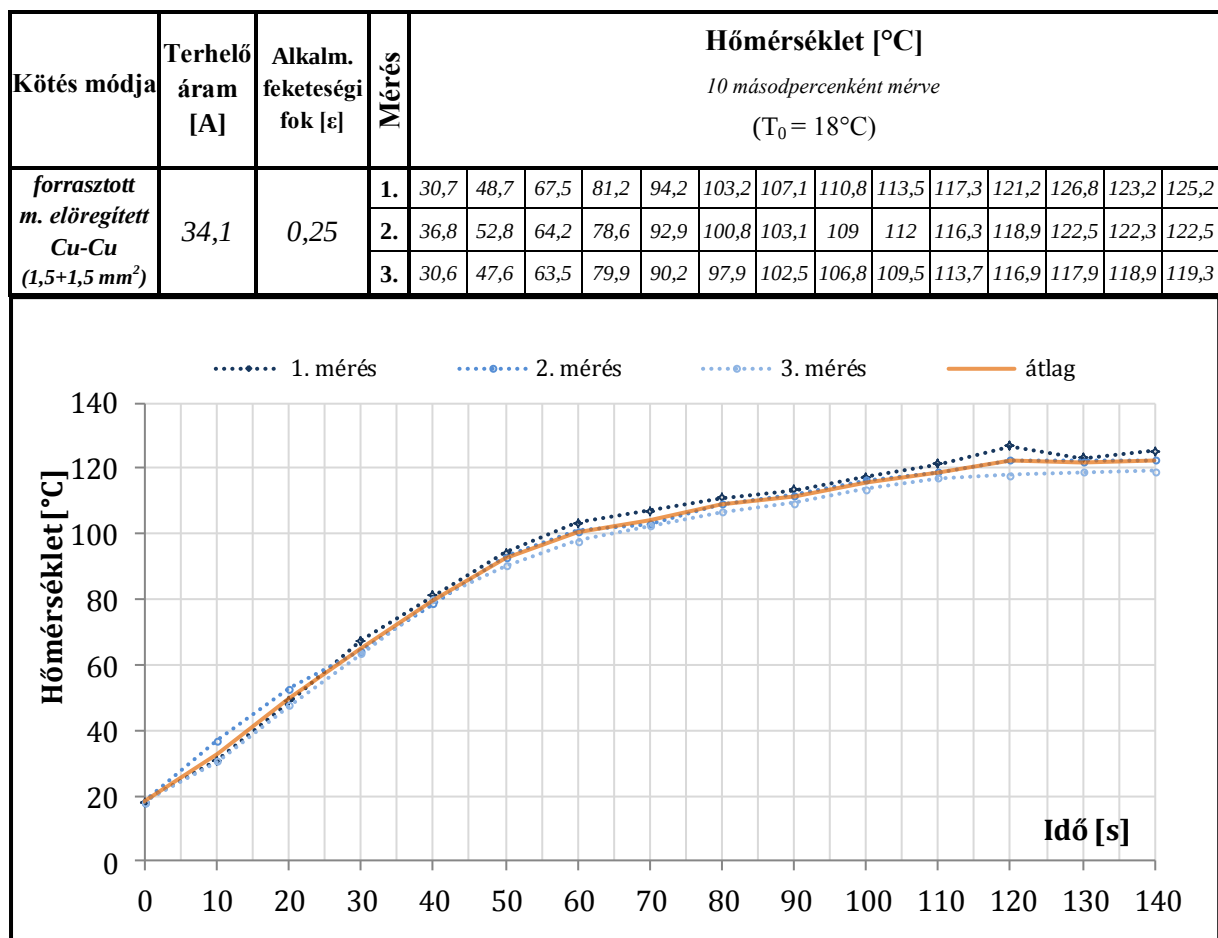


29. ábra
Forrasztott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es réz szakszerű forrasztott kötésnél 32 A-es terhelésnél a melegedés nem lépte túl az 50 °C-ot. Mivelhogy túlterhelt állapotban is az eredmény megfelelő volt, így a 16 A-es vizsgálatot már nem volt szükséges elvégezni.

5.12. Forrasztott kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

12. táblázat: Forrasztott kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel



27. ábra

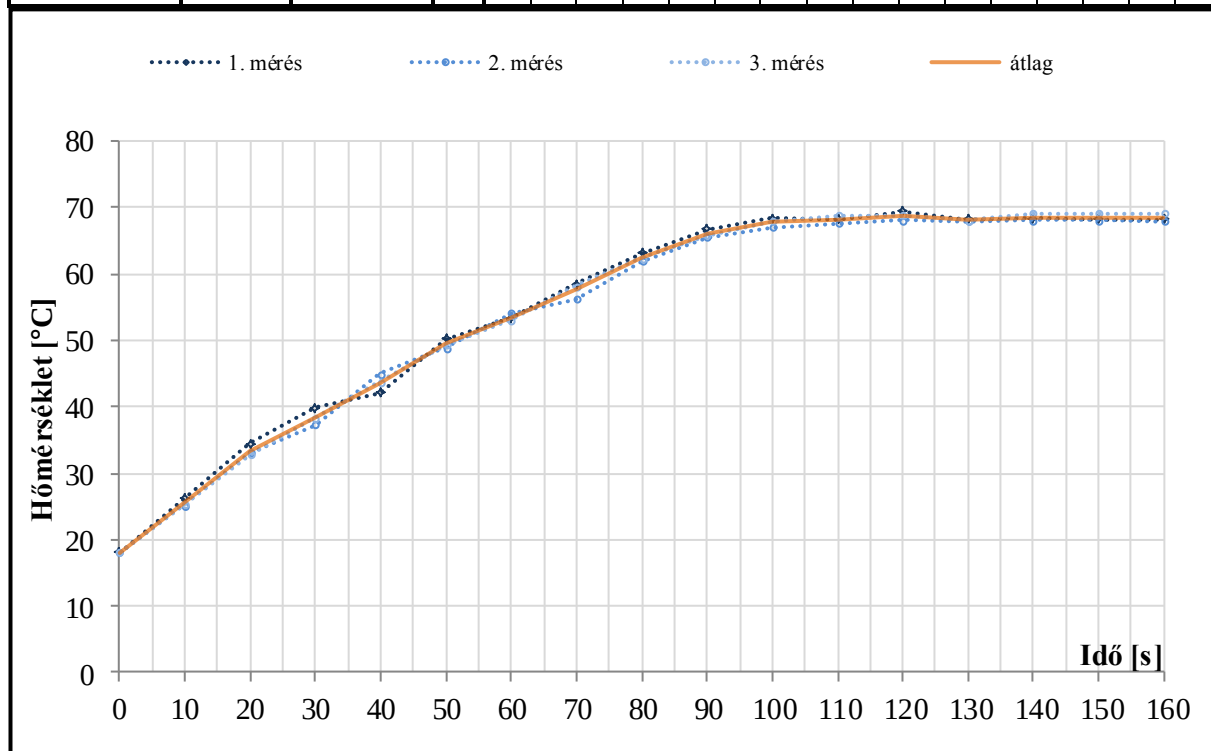
Forrasztott kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

A 31. ábrán látható előregített vezeték összecsavart kötésén a forrasztás utólagos, az oxid rétegre történt, ezért a forrasztanyag nem diffundál kellőképpen és emiatt a 32 A-os terheléskor lényegesen jobban felmelegszik, mint az oxidmentes változatánál.

5.13. Laza, sodrott kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

13. táblázat: Laza, sodrott kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18°C)															
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
laza, sodrott Al-Al (2,5 + 2,5 mm ²)	32,6	0,11	1.	26,2	34,4	39,8	42,1	50,2	53,3	58,5	63,1	66,7	68,4	68,2	69,4	68,2	68,4	68,3	68,2
			2.	25,1	33,1	37,3	44,9	48,9	54,1	56,2	62,0	65,6	67,1	67,6	68,1	68,0	68,1	68,1	68,0
			3.	25,3	32,8	38,4	43,8	49,3	53,0	58,2	62,4	65,9	67,9	68,8	68,9	68,1	69,1	69,1	69,2



28. ábra

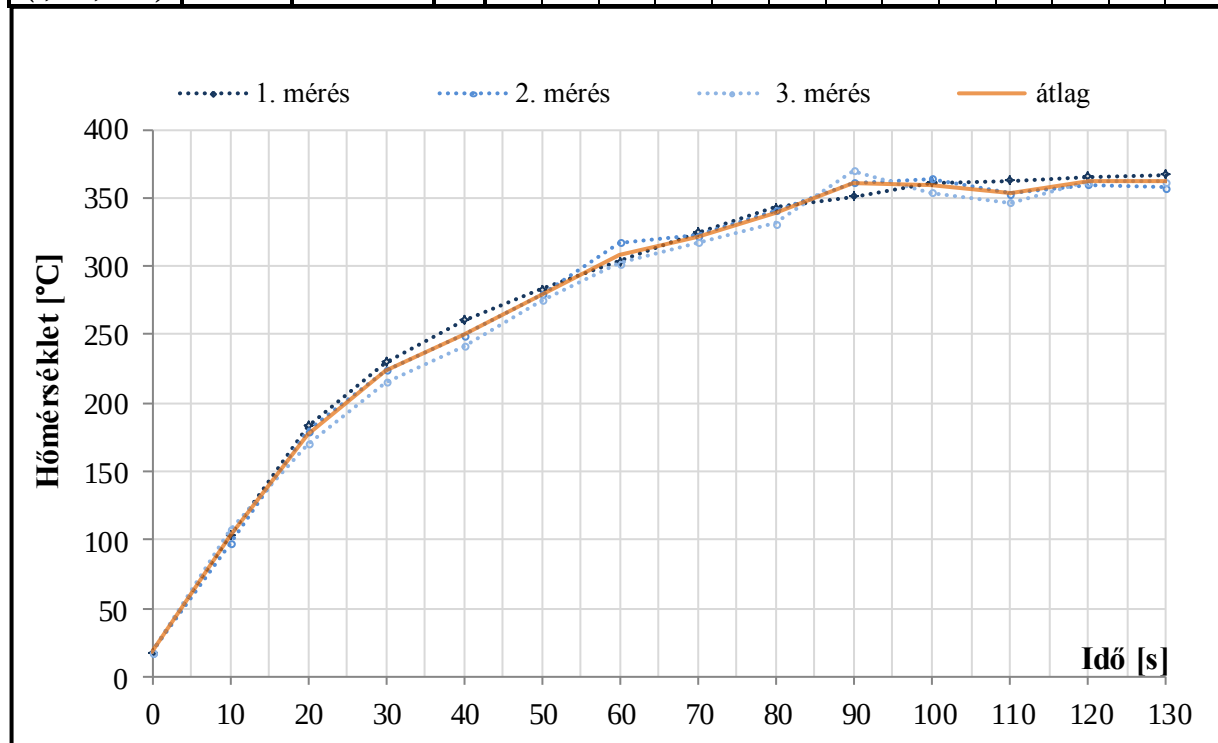
Laza, sodrott kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

A 2,5 + 2,5 mm²-es alumínium laza, sodrott kötés esetén (hasonlóan a 1,5+1,5 mm² sodrott rézhez) a 32 A-es terheléssel sem haladta meg a 70 °C-ot.

5.14. Laza, sodrott kötés $2,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

14. táblázat: Laza, sodrott kötés $2,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve ($T_0 = 18^\circ\text{C}$)											
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
laza, sodrott m. előregített Al-Al ($2,5 + 2,5 \text{ mm}^2$)	33,9	0,11	1.	102,9	183,2	229,7	260,2	283,4	303,6	324,5	342,6	351,0	361,2	362,3	365,7
			2.	97,5	179,9	224,3	249,5	279,6	317,2	322,6	341,0	361,2	364,0	353,1	359,4
			3.	107,4	170,1	215,5	241,2	275,0	302,2	317,4	331,0	369,5	353,7	346,3	361,5



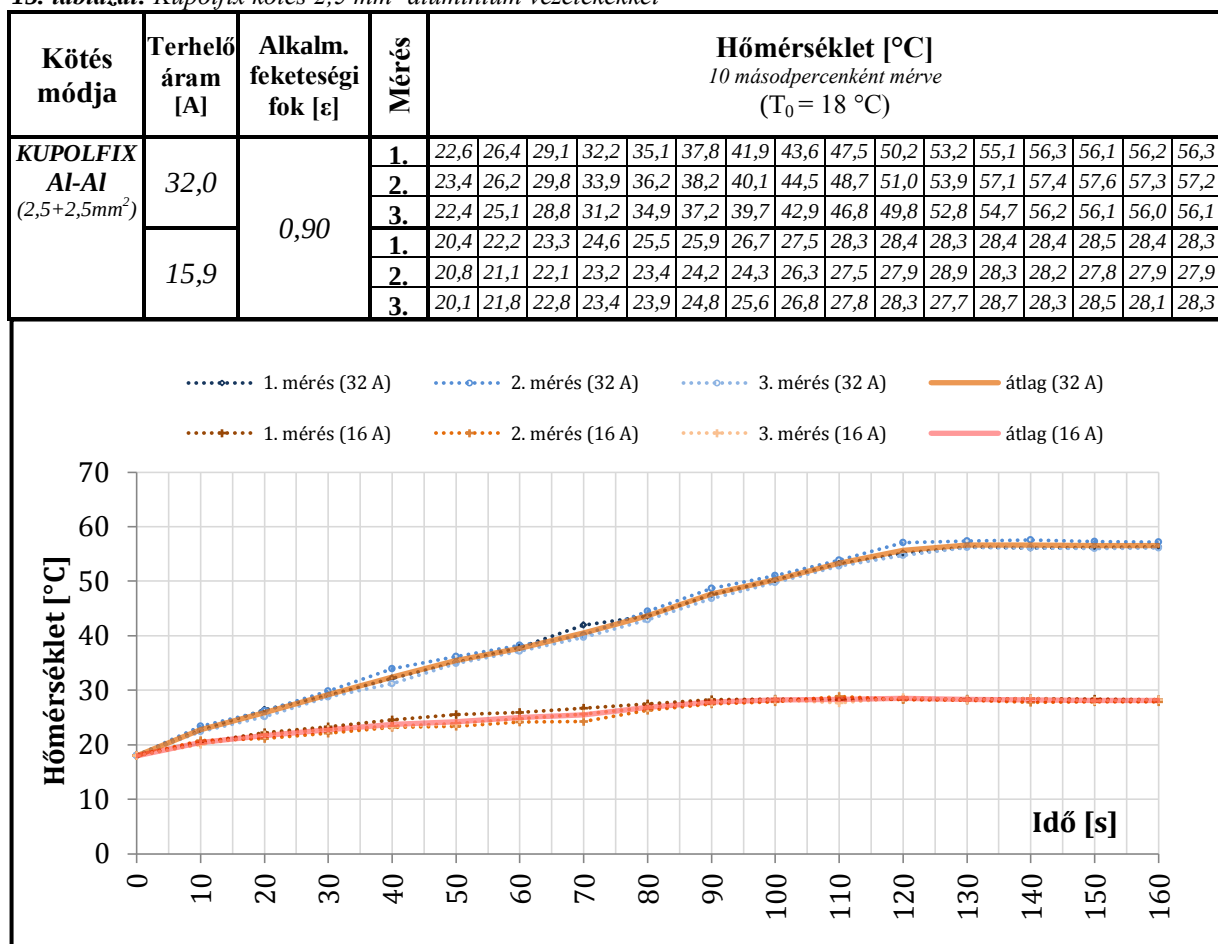
29. ábra

Laza, sodrott kötés $2,5 \text{ mm}^2$ mesterségesen előregített alumínium vezetékekkel

A $2,5 + 2,5 \text{ mm}^2$ -es előregített alumínium vezetékek laza, sodrott kötés esetén többszörösére melegedett fel, mint a normál, „friss” állapotú kötésnél.

5.15. Kupolfix kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

15. táblázat: Kupolfix kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel



30. ábra

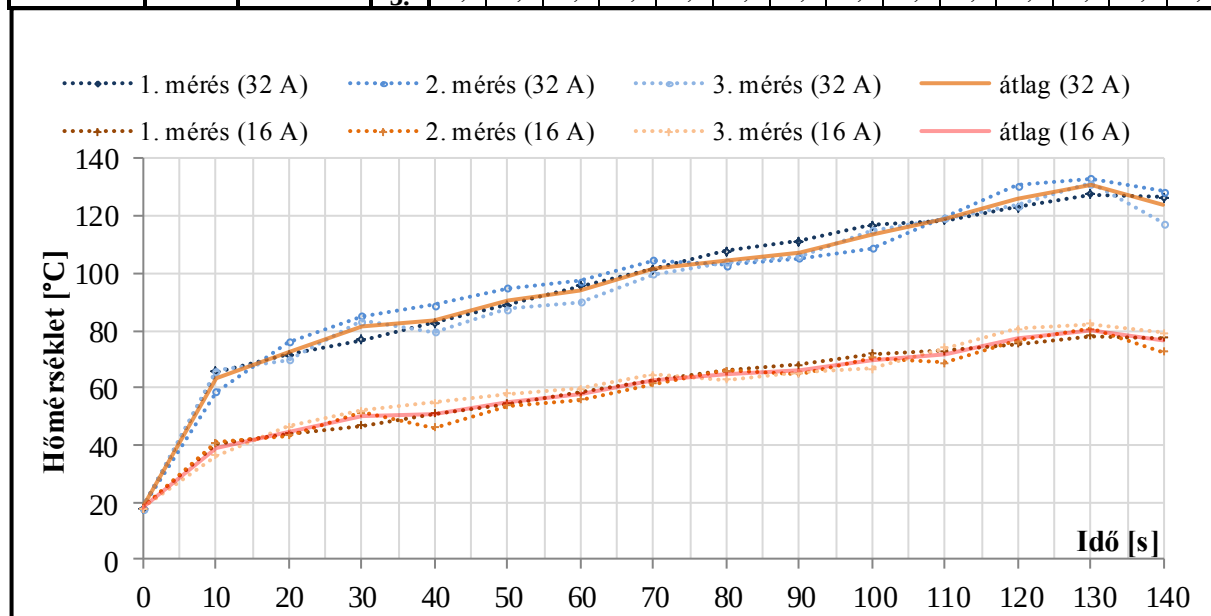
Kupolfix kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

A Kupolfix-es kötést alkalmazva 32 A terheléssel a 2,5 mm² alumínium vezetékeknél a melegedés nem haladta meg a 60 °C-ot, 16 A terhelésnél a hőmérséklet a terheléssel arányosan csökkent.

5.16. Kupolfix kötés 2,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékkel

16. táblázat: Kupolfix kötés 2,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18 °C)													
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	
KUPOLFIX <i>m. előregített</i> Al-Al (2,5+2,5mm ²)	34,2	0,90	1.	65,7	71,4	76,6	82,7	88,9	95,5	101,6	107,6	111,2	116,7	118,4	123,1	127,5	126,4
			2.	58,5	76	85,2	89,1	94,9	97,3	104,5	102,8	105,4	108,9	119,7	130,7	133,2	128,6
			3.	65,8	69,9	83,4	79,5	87,7	89,9	99,7	103,8	105,9	115,2	119,3	123,7	131,4	117,4
	16,3		1.	40,8	43,7	47,4	50,5	54,8	58,7	62,6	65,8	68,5	71,9	73,0	75,8	78,5	77,2
			2.	40,2	43,6	51,7	46,4	54,2	55,2	61,6	66,0	64,7	71,0	68,4	76,2	81,1	71,7
			3.	36,0	47,3	52,2	54,7	58,4	60,3	64,2	63,0	64,5	67,2	73,4	80,4	81,7	79,0



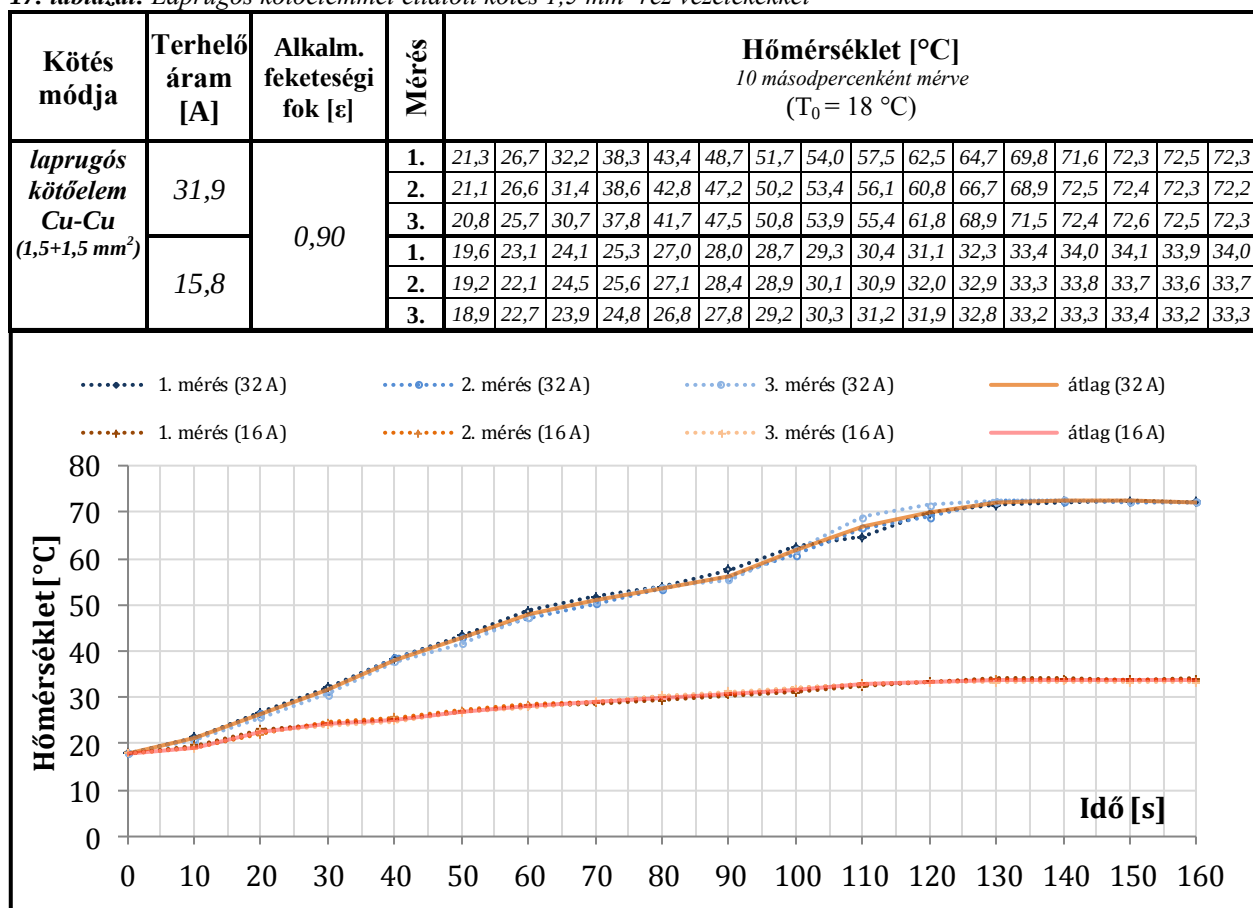
31. ábra

Kupolfix kötés 2,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékkel

A 16. diagramon is látható, hogy a 2,5 mm² alumínium öregített változatának Kupolfix kötése sokkal nagyobb hőfokot ért el, mint az 5.15. mérésnél.

5.17. Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

17. táblázat: Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

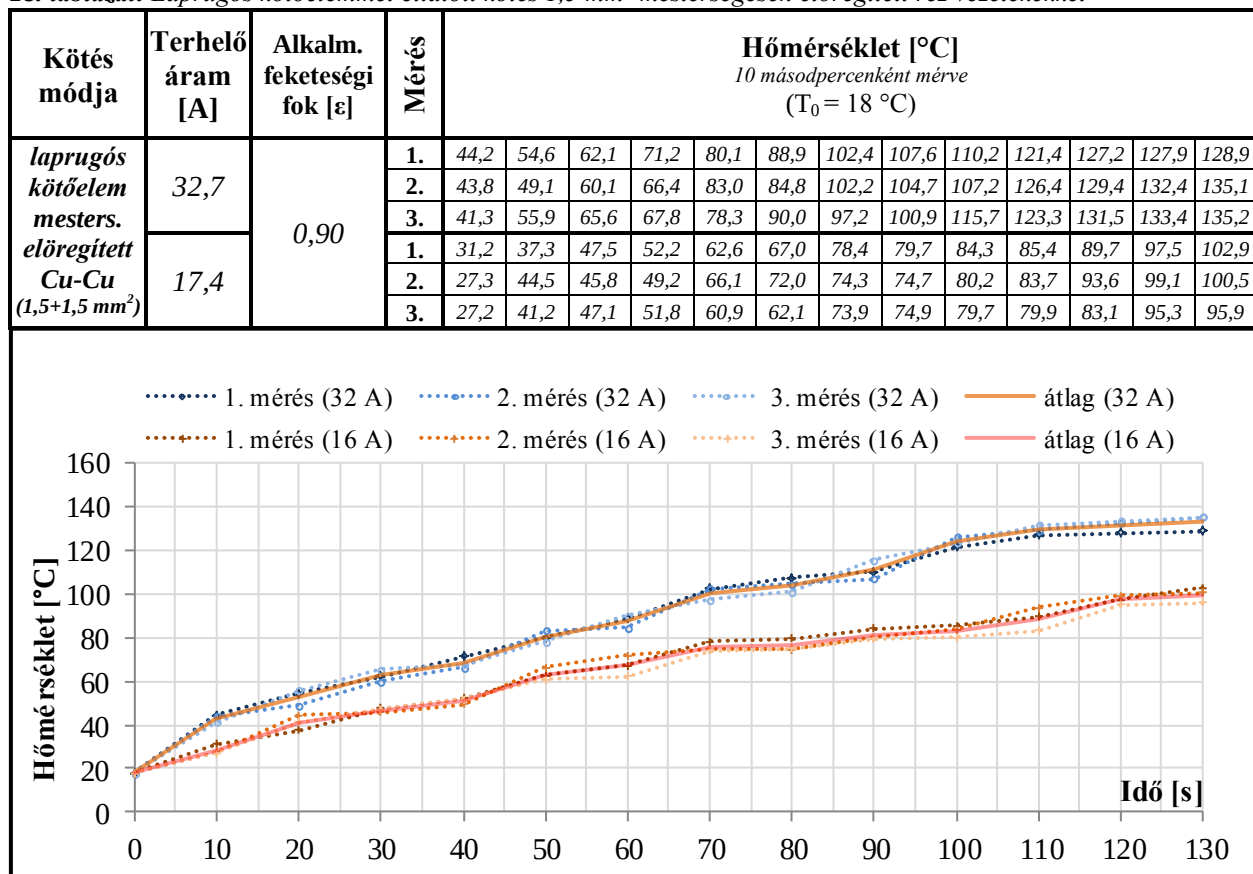


32. ábra
Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es réz laprugós kötőelemnél a 32 A-es terhelés esetében 2 perc elteltével folytonosan beállt 72°C-ra, majd azt már nem haladta meg. A 16 A-es terhelésnél pedig arányosan kisebb volt a melegedés.

5.18. Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

18. táblázat: Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel



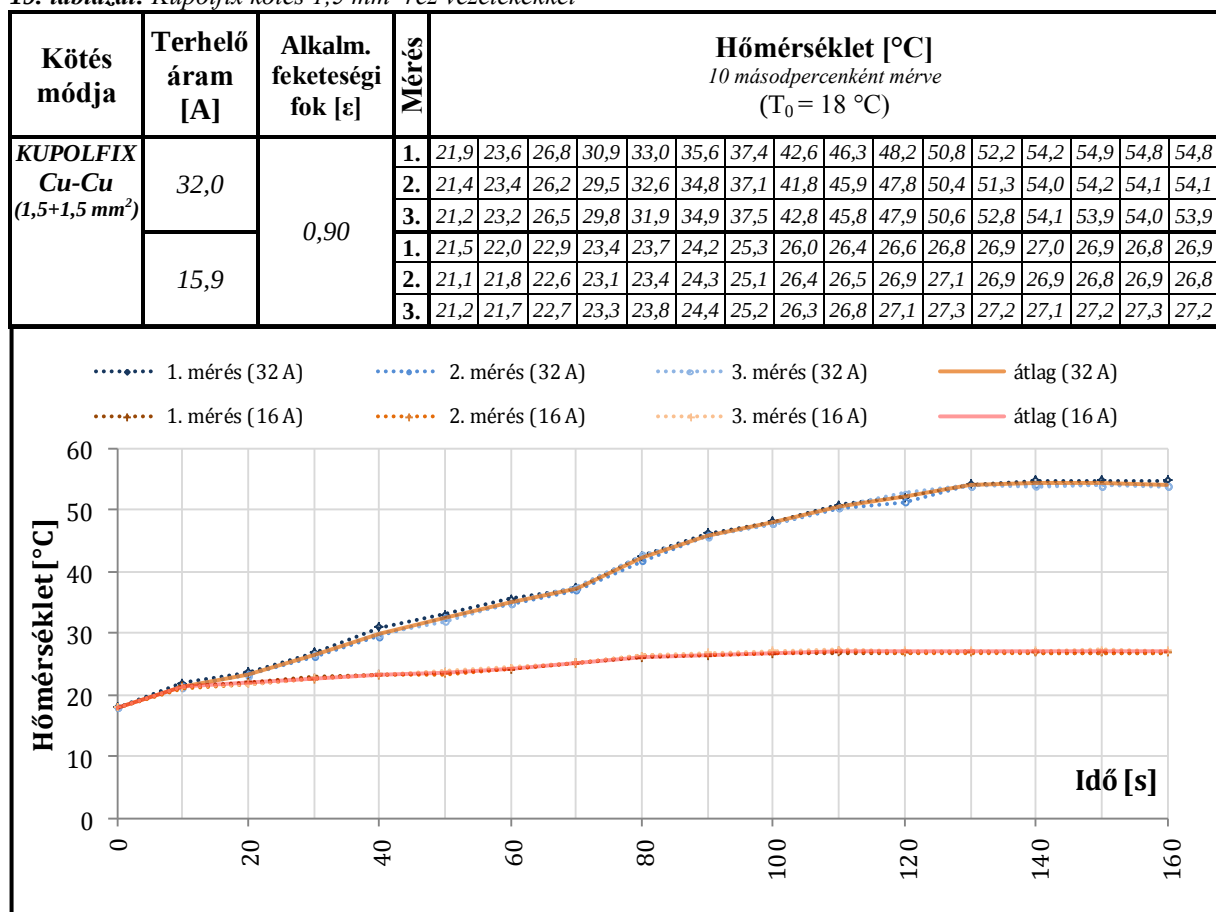
33. ábra

Laprugós kötőelemmel ellátott kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es öregített réz vezetékű laprugós kötésnek köszönhetően a terhelés hatására a melegedés nem olyan nagymértékű, mint az előző előregített vezetékű kötéseknel, mert a laprugóba való betoláskor a vezeték oxid rétege lesúrlódik, a szorító erő a laprugónak köszönhetően folytonos.

5.19. Kupolfix kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

19. táblázat: Kupolfix kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel



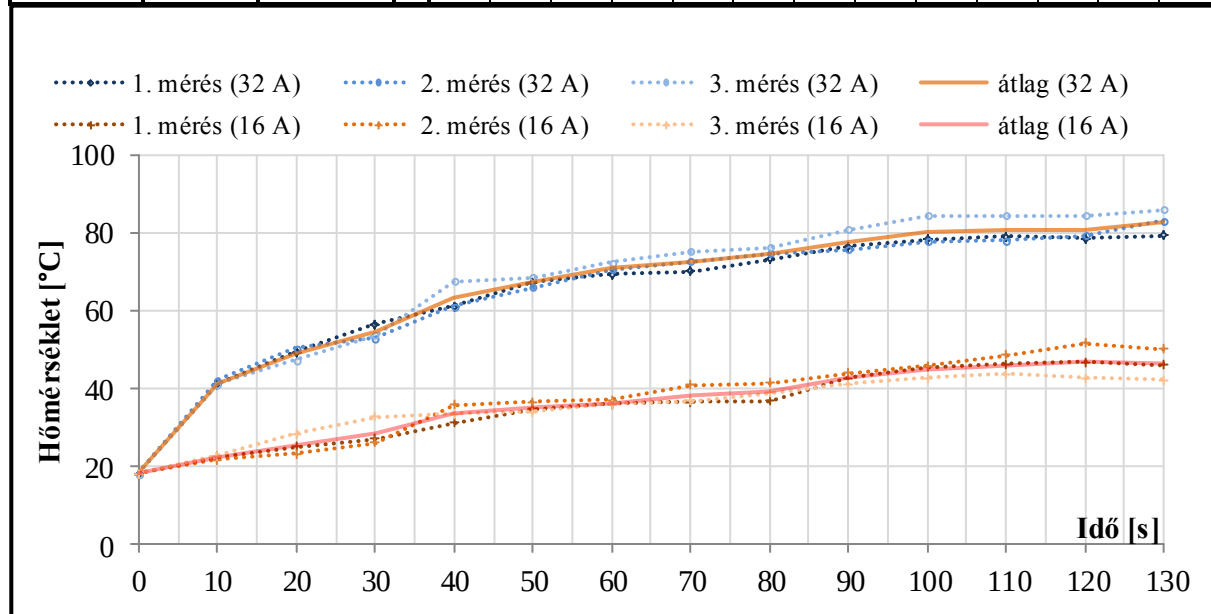
34. ábra
Kupolfix kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es réz Kupolfix-es kötése esetén a 32 A-es terhelés esetében kb. 2 perc után a kötés hőmérséklete 55 °C-nál folytonos maradt. A 16 A-es terhelésnél arányosan kisebb volt a melegedés.

5.20. Kupolfix kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

20. táblázat: Kupolfix kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18 °C)												
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
KUPOLFIX mesters. előregített Cu-Cu (1,5+1,5 mm ²)	33,2	0,90	1.	41,1	49,3	56,4	61,2	67,2	69,2	70,1	73,2	76,4	78,2	79,1	78,4	79,2
			2.	42,0	50,2	52,8	61,2	66,1	70,5	72,6	74,8	75,6	77,8	78,0	79,2	83,0
			3.	41,2	47,3	53,8	67,5	68,5	72,5	75,3	76,2	80,9	84,4	84,4	84,5	86,0
	16,9		1.	22,6	25,1	27,1	31,2	34,7	35,9	36,4	36,8	42,8	45,5	46,2	46,8	46,1
			2.	21,8	23,2	26,0	35,9	36,6	37,0	40,8	41,3	43,9	45,9	48,5	51,5	50,2
			3.	22,7	28,5	32,6	33,3	33,9	36,0	36,9	38,9	41,2	42,6	43,6	42,8	42,1



35. ábra

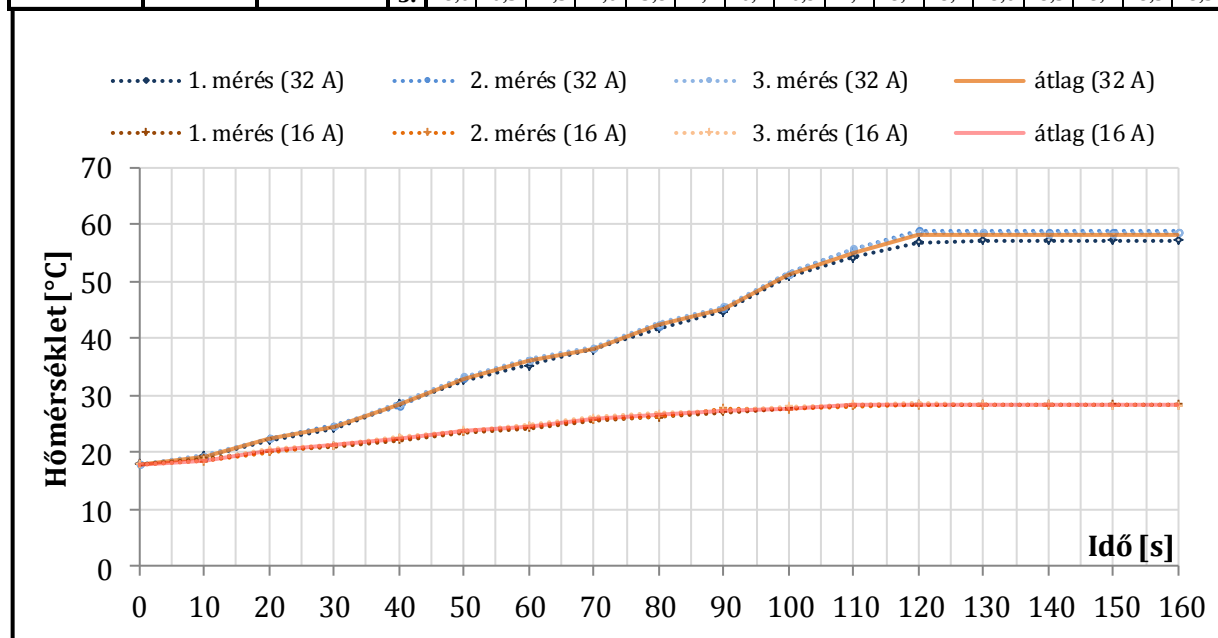
Kupolfix kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es réz Kupolfix-es kötése esetén a 32 A-es terhelés esetében kb. 2 perc után a kötés hőmérséklete 80 °C-nál folytonos maradt, mert a kötés szakszerűségénél fogva a Kupolfix fém spirálrugója sikeresen lesúrolta a réz felületéről az oxid réteg bizonyos részeit, így a túlmelegedés nem kritikus. A 16 A-es terhelésnél arányosan kisebb volt a melegedés.

5.21. Sorkapcsos kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

21. táblázat: Sorkapcsos kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18 °C)															
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
sorkapocs Cu-Cu (1,5+1,5 mm ²)	31,9	0,90	1.	19,4	22,1	24,3	28,4	32,7	35,3	38,1	41,7	44,7	50,8	54,1	56,8	57,2	57,1	57,2	57,2
			2.	19,1	22,4	24,8	28,1	33,1	36,1	38,2	42,2	45,3	51,4	55,6	58,9	58,7	58,8	58,7	58,8
			3.	19,5	22,5	24,6	28,6	33,4	36,3	38,4	42,7	45,6	51,3	55,7	58,6	58,5	58,4	58,4	58,5
	16,0		1.	18,9	20,2	21,1	22,2	23,5	24,3	25,6	26,2	27,1	27,7	28,2	28,4	28,5	28,4	28,5	28,4
			2.	18,4	20,1	21,3	22,5	23,7	24,6	25,8	26,4	27,8	27,6	28,1	28,3	28,2	28,3	28,3	28,2
			3.	18,6	20,5	21,3	22,6	23,8	24,7	26,1	26,9	27,4	28,1	28,4	28,6	28,5	28,4	28,3	28,3



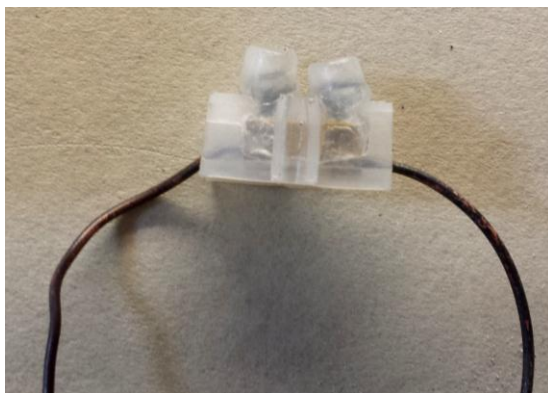
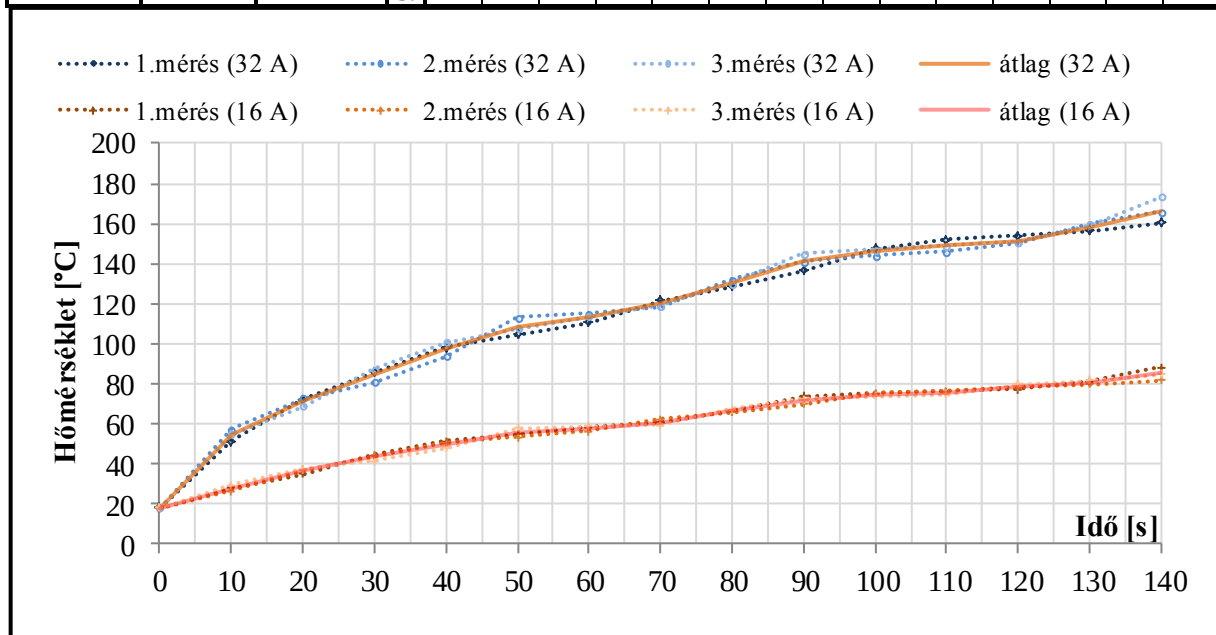
39. ábra
Sorkapcsos kötés 1,5 mm² réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es réz vezetékek sorkapcsos kötésénél mért eredmények az előző mérés eredményeivel közel azonos eredményeket mutattak.

5.22. Sorkapcsos kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

22. táblázat: Sorkapcsos kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18 °C)													
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
sorkapocs mesters. előregített Cu-Cu (1,5+1,5 mm ²)	32,8	0,90	1.	51,2	72,2	85,5	98,3	104,6	110,6	121,7	128,5	136,7	147,2	152,1	153,7	156,2	160,4
			2.	57,5	72,7	80,8	93,7	113,0	114,9	118,7	131,8	141,1	144,1	146,0	150,2	159,9	165,7
			3.	54,9	68,5	87,0	100,6	107,6	113,7	119,0	129,9	144,9	147,1	148,9	151,0	159,2	173,1
	16,7		1.	28,1	35,0	44,4	51,4	55,0	58,1	60,8	66,3	73,9	75,0	76,0	77,1	81,3	88,3
			2.	26,2	36,9	43,7	50,2	53,4	56,5	62,1	65,5	69,8	75,1	76,2	78,4	79,7	81,9
			3.	29,3	37,2	41,3	47,9	57,7	58,6	59,2	67,3	72,0	73,5	74,5	79,5	81,6	84,6



36. ábra

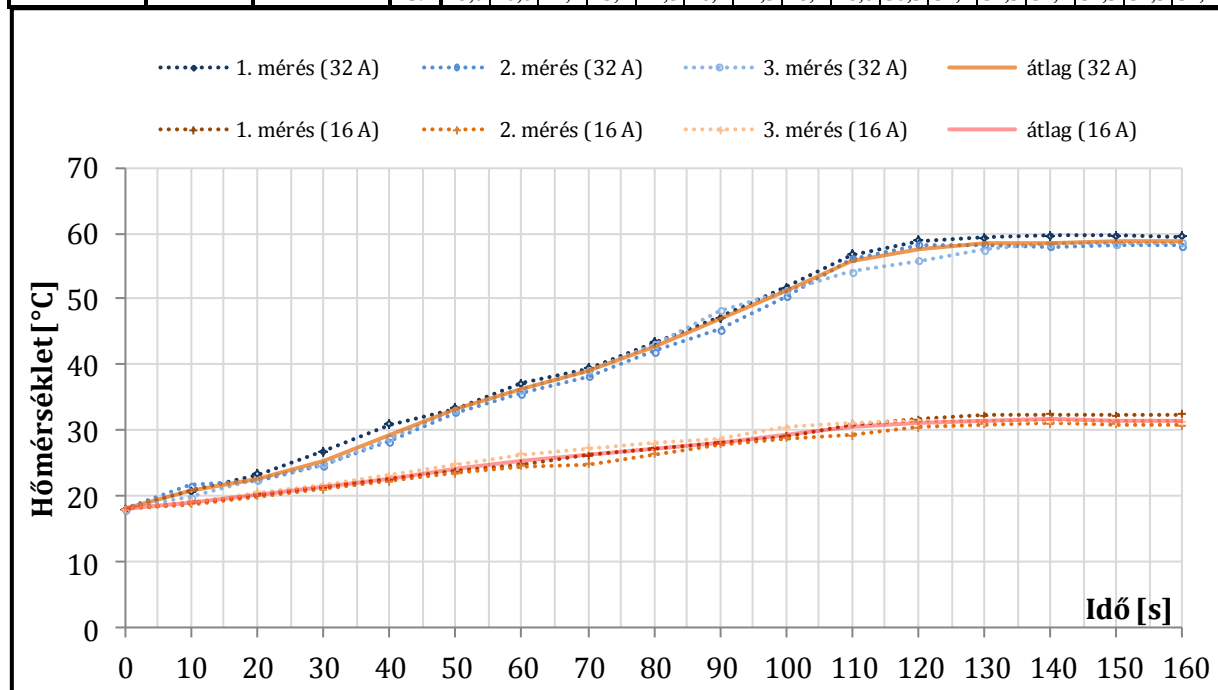
Sorkapcsos kötés 1,5 mm² mesterségesen előregített réz vezetékekkel

A 1,5 + 1,5 mm²-es előregített réz vezetékek sorkapcsos kötésénél a sorkapocs műanyag szigetelése megolvadt.

5.23. Sorkapocsos kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

23. táblázat: Sorkapocsos kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18 °C)															
sorkapocs Al-Al (2,5+2,5mm ²)	32,1	0,90	1.	20,8	23,3	26,8	30,9	33,4	37,1	39,4	43,4	47,2	51,8	56,7	58,9	59,4	59,7	59,5	
			2.	21,6	22,4	24,7	28,3	32,8	35,7	38,2	42,0	45,3	50,4	56,1	58,2	58,3	57,9	58,2	58,1
			3.	19,8	22,6	24,9	28,8	33,2	36,3	39,1	43,0	48,2	51,3	54,2	55,9	57,5	58,4	58,4	58,5
	15,8		1.	19,1	20,3	21,4	22,6	23,8	24,9	26,2	27,3	28,2	29,1	30,9	31,7	32,3	32,4	32,3	32,4
			2.	18,7	19,9	21,1	22,3	23,4	24,6	24,9	26,4	27,9	28,8	29,2	30,4	30,9	31,0	30,9	30,8
			3.	19,0	20,6	21,7	23,1	24,8	26,4	27,3	28,1	28,6	30,5	31,1	31,3	31,4	31,5	31,3	31,4



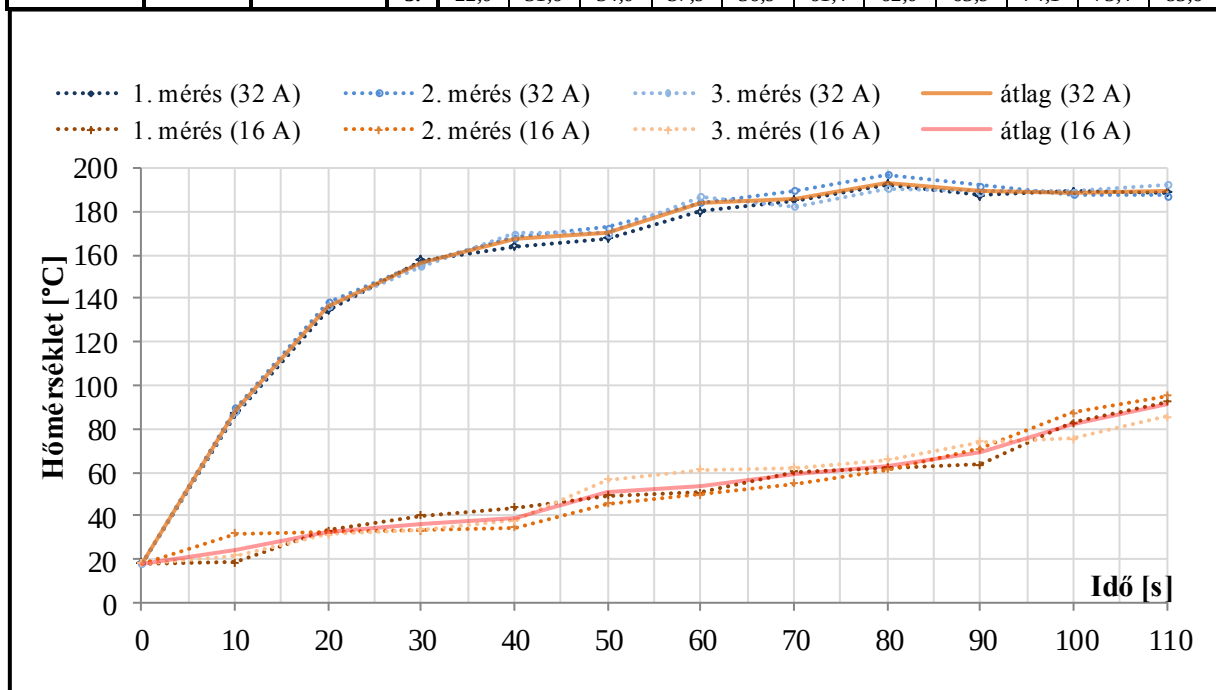
37. ábra
Sorkapocsos kötés 2,5 mm² alumínium vezetékekkel

A 2,5 + 2,5 mm²-es alumínium vezetékek sorkapocsos kötésénél mért eredmények közel azonos eredményeket mutattak a 1,5 + 1,5 mm² réz vezetékek sorkapocsos és Kupolfix-es kötésével.

5.24. Sorkapocsos kötés 2,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékkel

24. táblázat: Sorkapocsos kötés 2,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékkel

Kötés módja	Terhelő áram [A]	Alkalm. feketeségi fok [ε]	Mérés	Hőmérséklet [°C] 10 másodpercenként mérve (T ₀ = 18 °C)											
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
sorkapocs mesters. előregített Al-Al (2,5+2,5mm ²)	33,2	0,90	1.	87,1	134,5	157,8	164,2	167,8	180,1	185,2	192,4	187,3	189,4	188,6	
			2.	89,6	138,2	156,2	168,0	172,7	184,0	189,8	197,1	192,1	188,0	187,5	
			3.	88,1	136,5	154,6	170,1	170,1	186,8	182,5	190,7	189,3	189,2	192,6	
	16,6		1.	18,8	33,5	40,2	44,1	49,6	50,8	60,3	62,1	63,7	82,8	92,5	
			2.	31,8	32,6	33,5	34,5	45,8	49,9	54,9	61,2	70,9	87,5	95,0	
			3.	22,0	31,6	34,0	37,9	56,9	61,4	62,0	65,9	74,1	75,4	85,6	

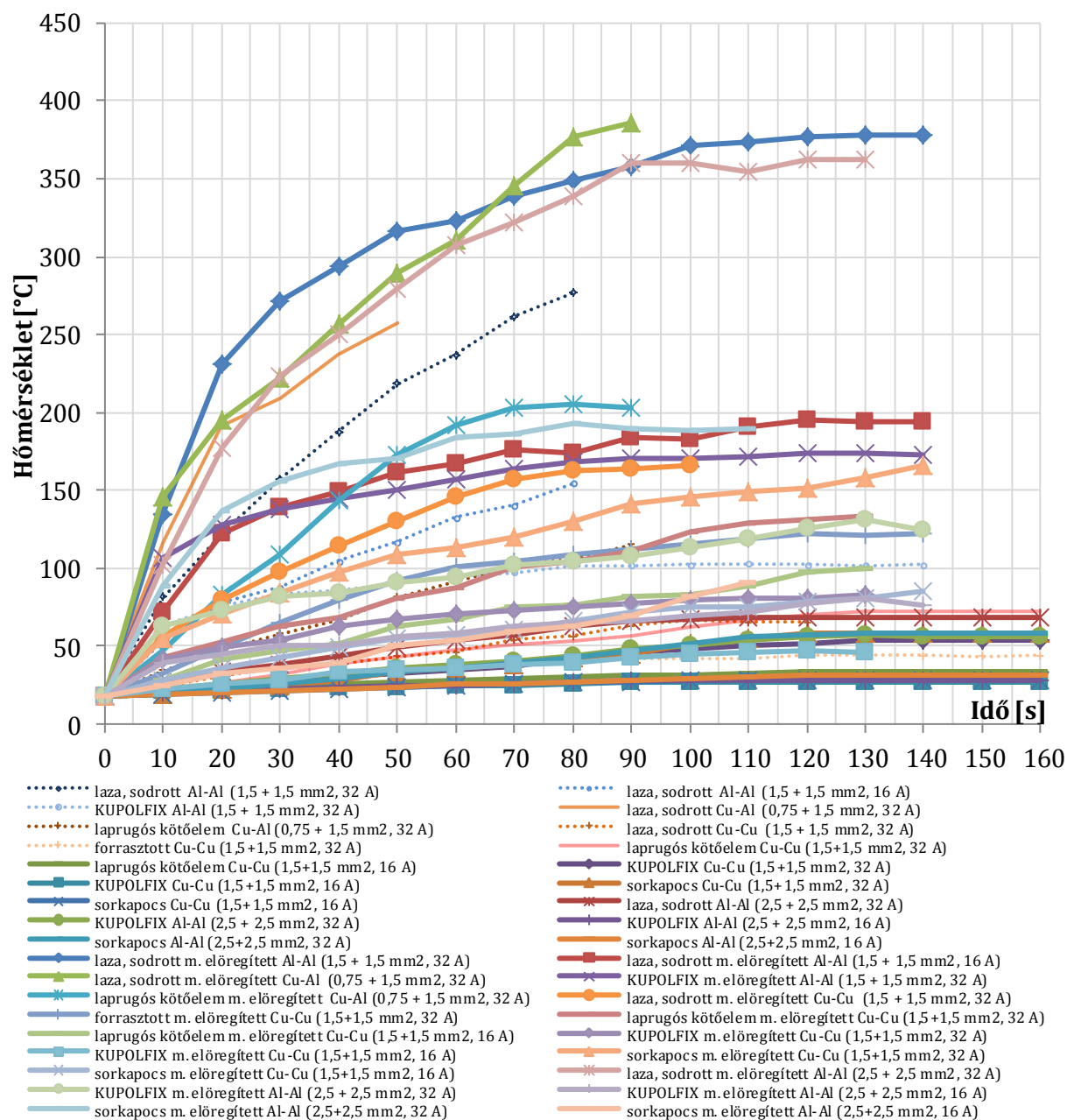


38. ábra

Sorkapocsos kötés 2,5 mm² mesterségesen előregített alumínium vezetékkel

Hasonlóan az előző 5.23. méréshez, a 2,5 + 2,5 mm²-es előregített alumínium vezeték sorkapocsos kötésénél a sorkapocs szigetelése megolvadt.

5.25. Mérési eredmények értékelése



39. ábra
Összesített mérési eredmények

6. JAVASLATOK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A nem szabványos sodrott kötések alkalmazásánál, mivel azok különböző hőmérsékletet mutattak a mérések során, arra a következtetésre jutottam, hogy azok között előfordultak laza kapcsolatok. A sodrott kötésekre nem terjed ki semmilyen előírás, hogy azokat milyen húzóerővel kell ellátni, ahhoz, hogy tűzveszélyes melegedések ne jöhessenek létre.

Ezt a túlmelegedést még fokozza, ha a vezetékek öregsenek. Bár a mesterséges előregítés nem tökéletesen modellezi a gyakorlatban végbemenő folyamatokat, ez csak irányt mutat arra vonatkozóan, hogy a vezeték felületén lévő levő oxid réteg mennyire fokozhatja a melegedést, illetve a tűzveszélyt. Ebben az esetben nem csak maga a kötés, hanem a vezetékhalózat is okozhat tüzet és zárlatot (ahogy a 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 28., 32., 40. és a 42. ábrán látható, a vezetékszigetelés megolvadt). Ugyanezek a vezetékek, ha szabványos kötőelemmel vannak kötve látható, hogy a kötőelem még elviseli a rajta átfolyó áramot, de a vezeték már túlmelegszik, szigetelése megolvad.

A forrasztott réz kötésnél (29. és 30. ábra) mindamellett, ha a tartós folyáshatárt betartották, akkor a kötés a vizsgálatok szerint nem melegszik túl. Bár a szabvány nem javasolja (igaz, bizonyos feltételek mellett nem tilos) [MSZ EN 60598:2011].

A Kupolfix kötőelem jó eredményeket mutatott, de a réz és alumínium, illetve 4-nél több vezeték összekötésére nem alkalmas, ezért alkalmazása meglehetősen korlátozott.

A sorkapcsos kötések szintén jónak bizonyultak, de hosszú idő elteltével a csavarok meglazulhatnak.

A mesterségesen előregített változatok, a mérések során áramvezetői, valamint tűzvédelmi szempontból lényegesen rosszabb eredményeket ért el, mint a nem előregített változatok.

Az alulméretezéseknel, ill. túlterheléseknel a vezetékek és azok kötéseinek túlmelegedésre adnak okot, tehát az előzőekhez hasonlóan, ezek az esetek is ugyanúgy fokozott figyelmet, korrekciót igényelnek.

Az összes kötésfajta közül a legszélesebb körben alkalmazható a laprugós kötőelem, tehát ezek alkalmazását javaslom.

A mesterségesen előregített vezetékek eredményeiből látható, hogy azok mennyivel rosszabb eredményt mutatnak, a vezetékek és azok szigetelésének előregedésének folyamatát az időszakos műszeres szigetelési ellenállásméréssel, karbantartással illetve vezetékcserevel lehetne megelőzni. Javasolnám továbbá a lakások esetében is az időszakos tűzvédelmi szabványossági felülvizsgálatot, ezekkel a tűzeseteket jelentős mértékben lehetne csökkenteni.

7. HIVATKOZÁSOK

Szakirodalom

BAJNÓCZY G., SZEBÉNYI I. [2006]- Műszaki kémia, Műegyetemi Kiadó (BME)

ELEKTRO LIGHT - elektro-light.hu/termek/kf1-vezetekosszekoto

GÖLLEI A. – Elektronikai technológia - elektronikus jegyzet (Pannon Egyetem)

HAMWIKI - Anyagok és tulajdonságaik

(http://wiki.ham.hu/index.php/Anyagok_%C3%A9s_tulajdons%C3%A1gaik)

kereső: google.hu kulcsszavak: hőmérsékleti együttható,

JOHN J. SHEA [2010] – Identifying causes for certain types of electrically initiated fires in residential circuits

KOLLER L., NOVÁK B., TAMUS Á. [2011] - Készülékek és szigetelések, elektr. jegyzet (BME)

WAGO – <http://global.wago.com/>

Szabványok

MSZ HD 60364-5-52 [2011] - A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. A kábel- és vezetékhálók rendszereinek megengedett áramai.

MSZ EN 60598 [2011] - Lámpatestek.

Jogszabályok

OTSZ [2011] Országos Tűzvédelmi Szabályzat a 28/2011. (IX.6.) BM-rendelete