



Budapest University of Technology and Economics

A MECHANIKAI JELLEMZŐK MÉRÉSE AZ ATOMERŐMŰVI KÁBELEK ÁLLAPOTVIZSGÁLATÁBAN

Zoltán Ádám TAMUS

e-mail: tamus.adam@vet.bme.hu



BME Department of Electric Power Engineering
Group of High Voltage Engineering and Equipment



A MECHANIKAI JELLEMZŐK MÉRÉSE AZ ATOMERŐMŰVI
KÁBELEK ÁLLAPOTVIZSGÁLATÁBAN

BEVEZETÉS



BME Department of Electric Power Engineering
Group of High Voltage Engineering and Equipment



BEVEZETÉS

- A szigetelések legfontosabb tulajdonsága a **villamos szilárdság**.
- A szigeteléseknek (pl. kábelszigeteléseknek) **további követelményeket** (mechanikai, kémiai) is ki kell elégíteniük az élettartamuk során.
- Az üzem közben fellépő igénybevételek miatt a **villamos szilárdság folyamatosan csökken**, amíg eléri a biztonságos üzemelés határát.
- A villamos szilárdsághoz hasonlóan, a **szigetelőanyag egyéb paraméterei is változnak**.
- A szigetelések öregedését kémiai folyamatok okozzák.
- **Az öregedési folyamatok háttérében az anyagszerkezeti változások állnak.**
- **Az anyagszerkezeti változások a kémiai-, a mechanikai- és a villamos tulajdonságok változásában nyilvánulnak meg.**



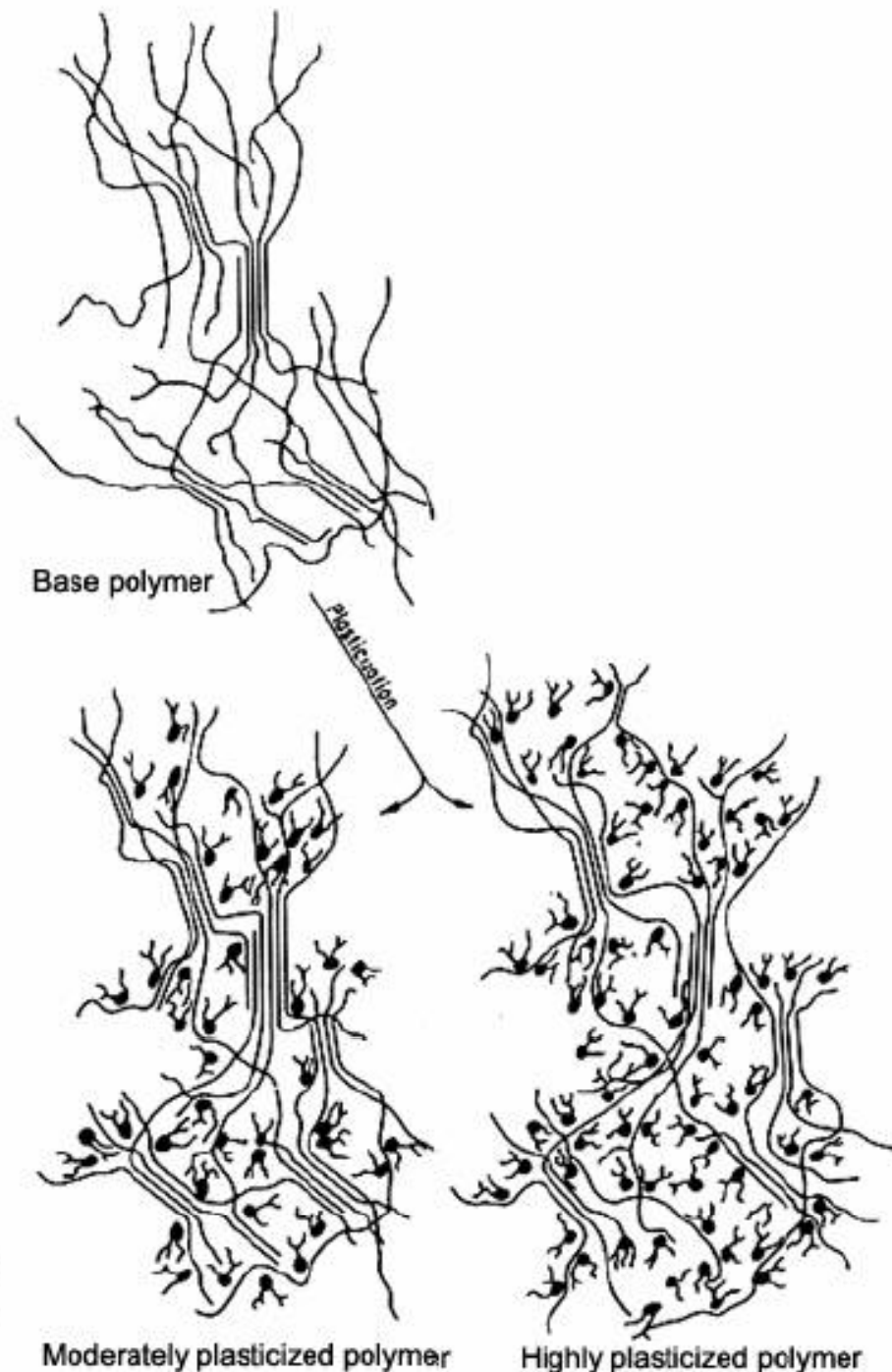
BEVEZETÉS

- A **kábelek szigetelése** általában valamilyen szerves anyag, melyet hosszú láncmolekulák (**polimerek**) alkotnak. A polimerek egyforma elsődleges molekulákból (**monomerekből**) állnak.
- A hosszú láncmolekulákon kívül számos egyéb **adalékanyagot** adnak az anyaghoz (stabilizátort, lágyítót, színezéket stb.), hogy annak jellemzőit, használhatóságát javítsák.
- A PVC kábelszigetelés egyik legfontosabb öregedési folyamata a **lágyító fogyása**, amely a **mechanikai tulajdonságok romlásában** nyilvánul meg.



A LÁGYÍTÓ SZEREPE

- A lágyító gyengíti a molekulák közti kötéseket
- Növeli a szabad térfogatot
- Csökkenti az üvegesedési hőmérsékletet
- Lágyítja a PVC-t



KÁBELDIAGNOSZTIKÁBAN HASZNÁLT MECHANIKAI VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

- A leggyakoribb mechanikai vizsgálatok:
- Sűrűség
- Szakító vizsgálatok
 - Szakadási nyúlás
 - Szakítószilárdság
- Hajlítóvizsgálatok
- Keménységi mérések
 - Indenter modulus
 - Shore D keménység



A MECHANIKAI JELLEMZŐK MÉRÉSE AZ ATOMERŐMŰVI
KÁBELEK ÁLLAPOTVIZSGÁLATÁBAN

LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK



BME Department of Electric Power Engineering
Group of High Voltage Engineering and Equipment



A VIZSGÁLT KÁBELMINTÁK

- A vizsgálat minták kisfeszültségű (0,6/1 kV) PVC szigetelésű kábelből készültek
- SZRMKVM-J:
 - Tömör rézvezető
 - PVC szigetelés
 - PVC szalag
 - Acélszalag páncélzat
 - PVC köpeny



A LABORATÓRIUMI ÖREGÍTÉS

- A vizsgált kábelek **30 évig** üzemeltek szinte állandó **35 °C-os** környezetben
- A laboratóriumi **gyorsított öregítés** paraméterei: **1000 h, 100 °C**
- Az Arrhenius-összefüggés szerint a **laboratóriumi öregítés** további **27.71 év** üzemidőnek felel meg.
- $t_a = 365 t_s / \exp(E_A / K_B (1/T_s - 1/T_A))$

A MINTÁK JELÖLÉSE

- A méréseket öregítés előtt és öregítés után is elvégeztük.
- Az öregítés előtti mérések eredményeire '**Service**' jelöléssel hivatkozunk.
- Az öregítés utáni mérések eredményeit '**Service+Ageing**' módon jelöljük.



A MECHANIKAI JELLEMZŐK MÉRÉSE AZ ATOMERŐMŰVI
KÁBELEK ÁLLAPOTVIZSGÁLATÁBAN

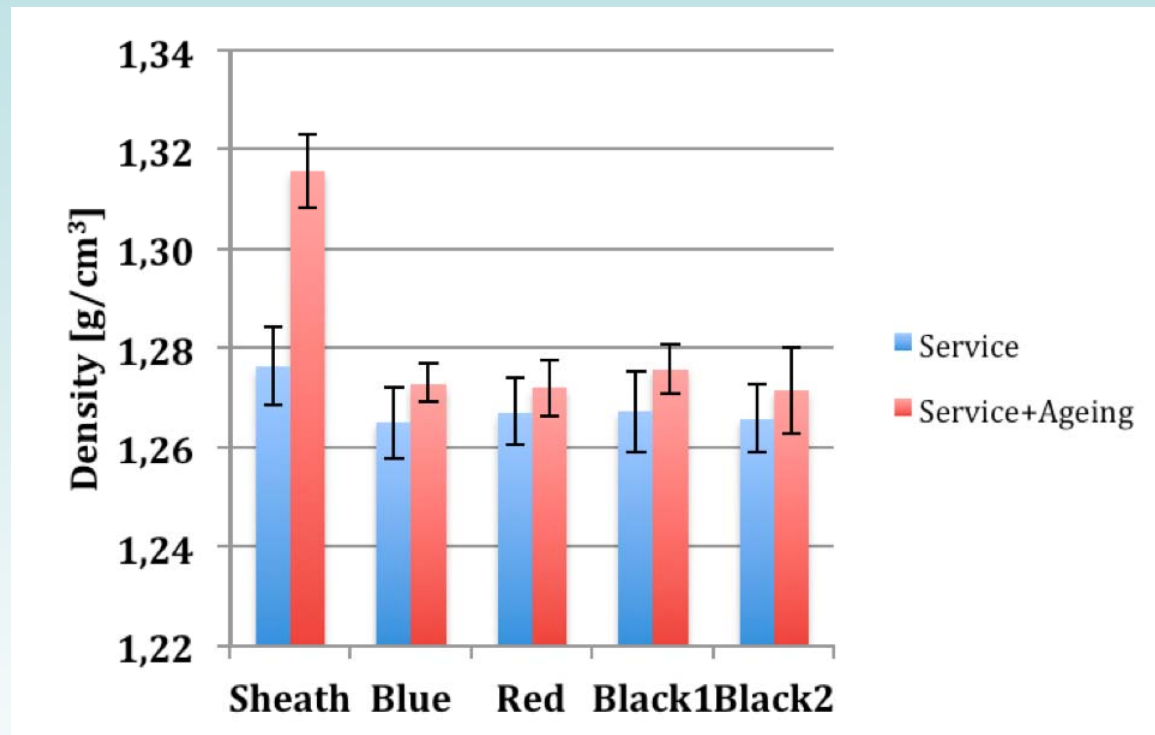
EREDMÉNYEK



BME Department of Electric Power Engineering
Group of High Voltage Engineering and Equipment



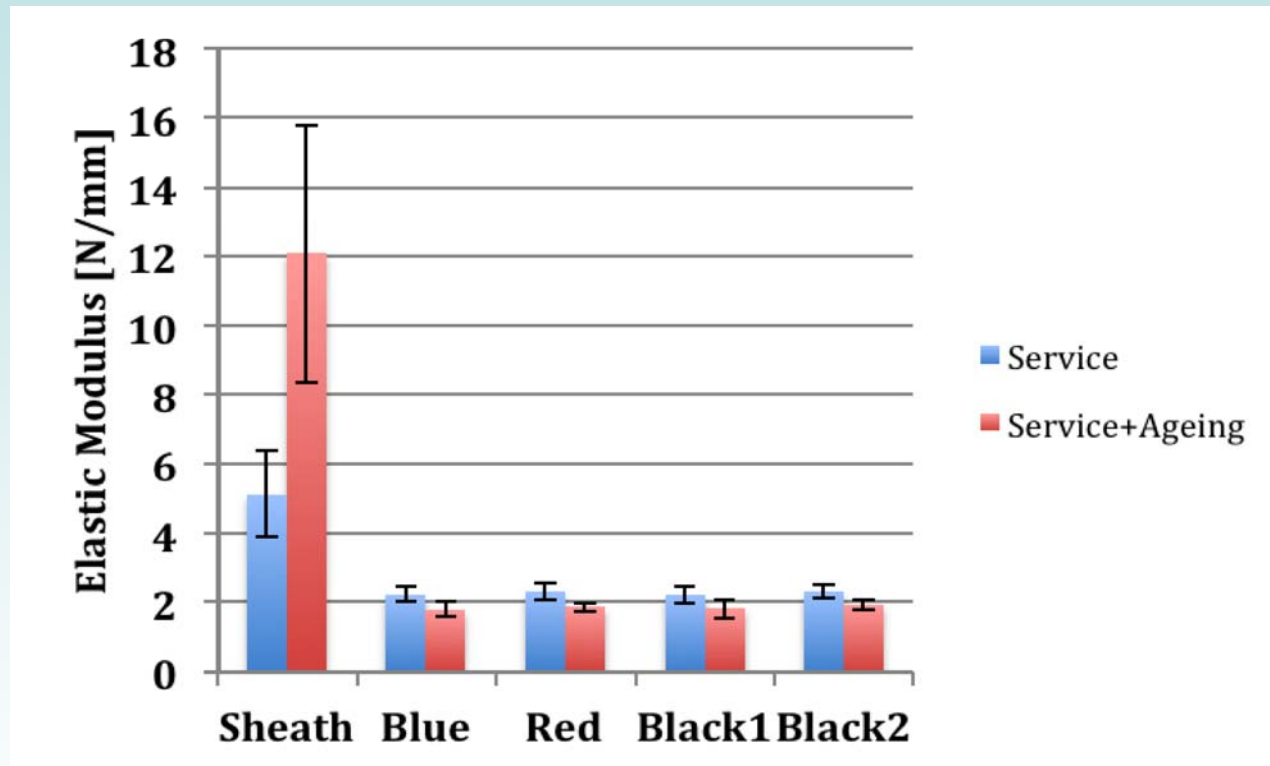
SŰRŰSÉG



- A **köpeny sűrűsége** jól mérhető módon **növekedett**.
- Az eredmények jelentős adalékanyag, főként lágyító távozását mutatják a köpenyanyagból.

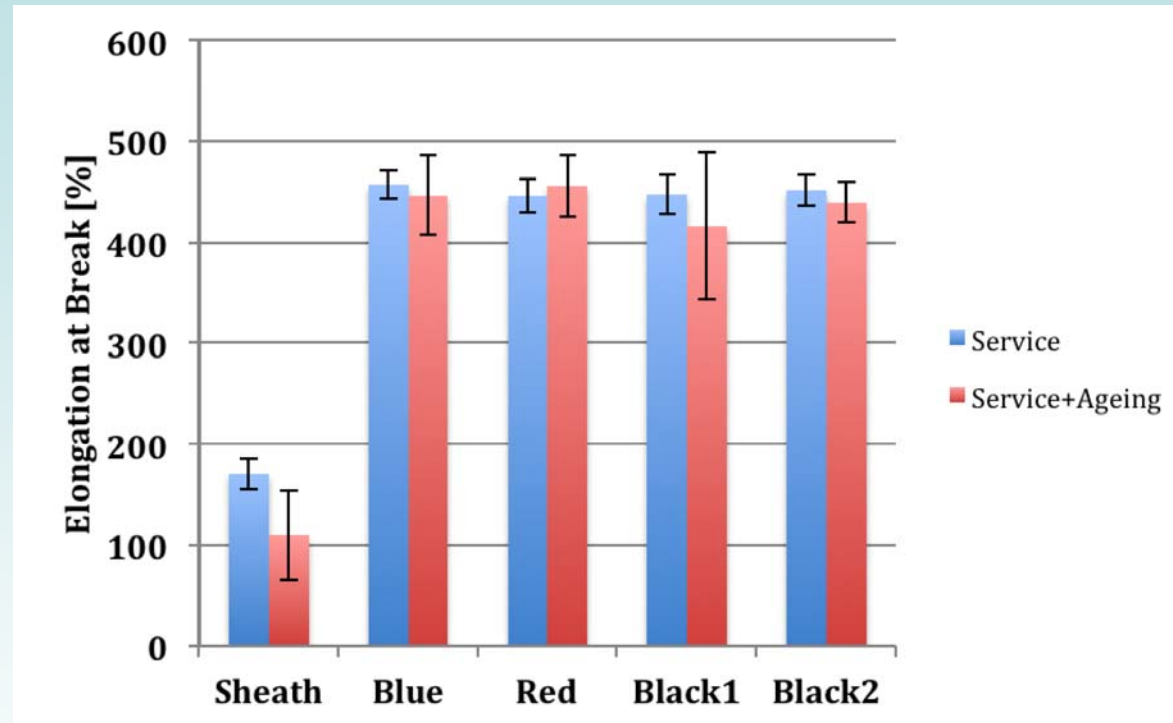


HAJLÍTÓ VIZSGÁLAT



- A köpeny rugóállandója jelentősen növekedett a laboratóriumi öregítés hatására

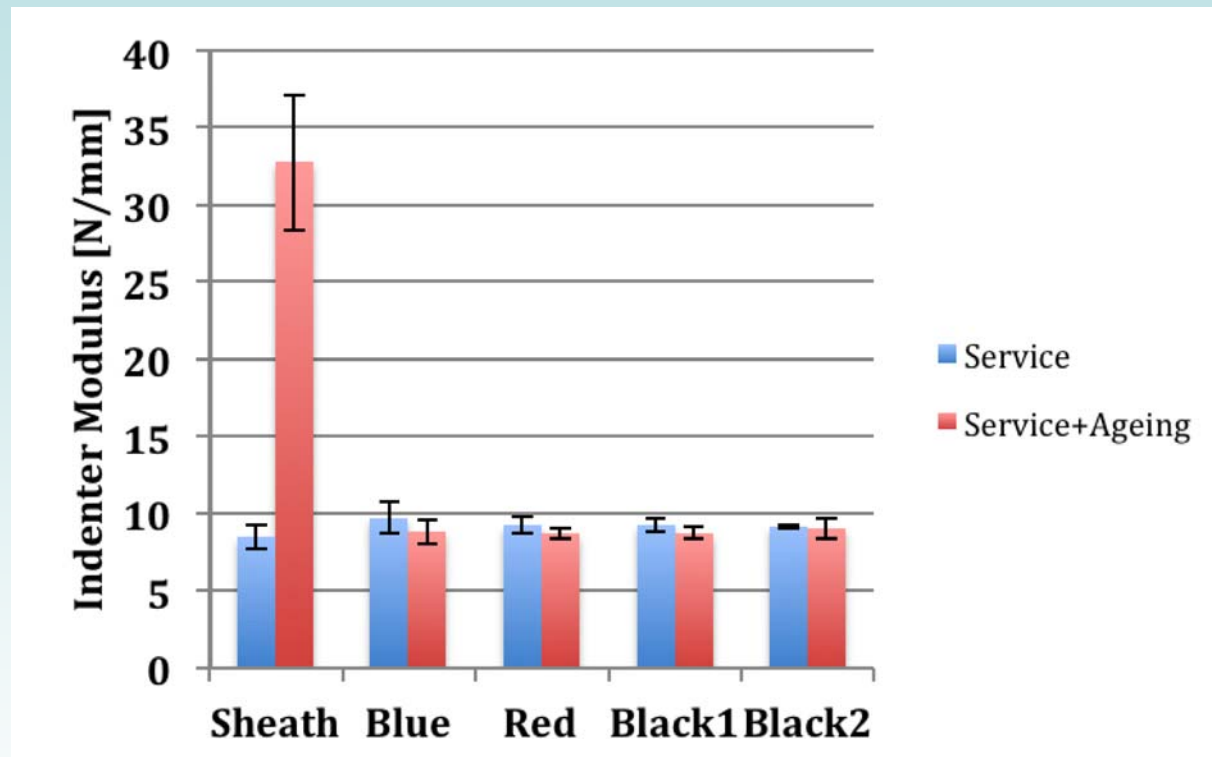
SZAKADÁSI NYÚLÁS



- A köpenyanyagok szakadási nyúlása 60%-kal csökkent, de még mindig a küszöbérték feletti

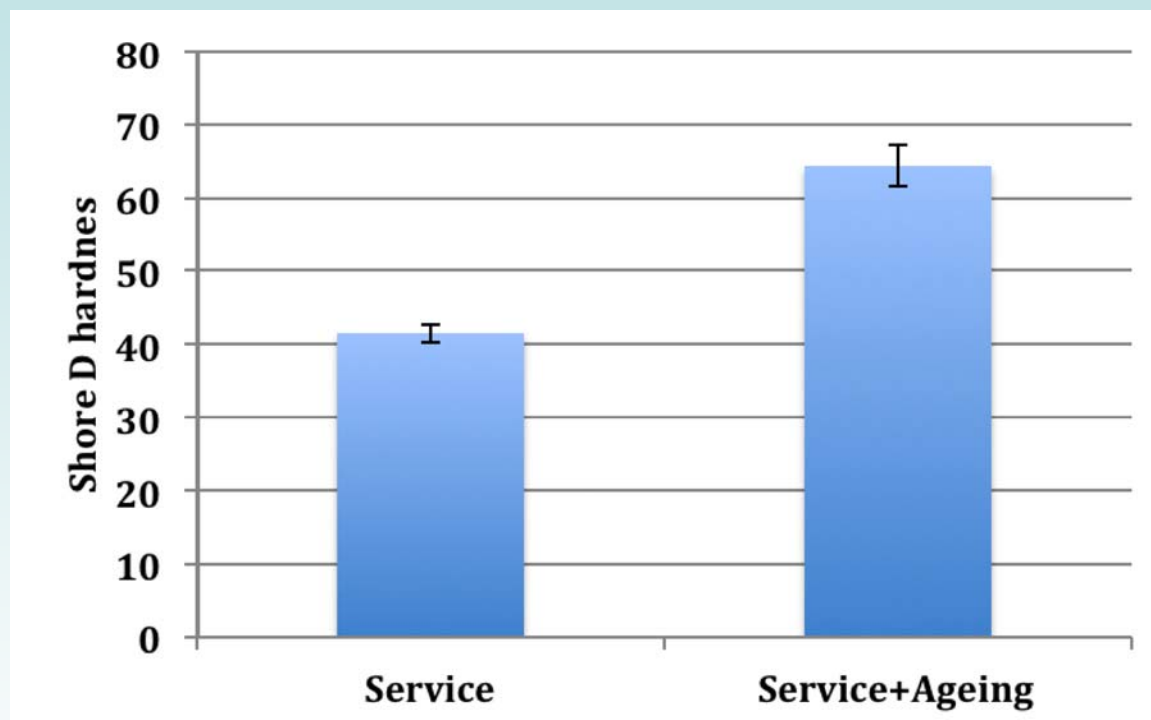


INDENTER MODULUS



- Az indenter modulus jelentősen növekedett a köpenyen.

SHORE D KEMÉNYSÉG



- A Shore D keménységet csak a köpenyeken mértük
- A növekedés jelentős: 40-ről 65 közeli értékre



A MECHANIKAI JELLEMZŐK MÉRÉSE AZ ATOMERŐMŰVI
KÁBELEK ÁLLAPOTVIZSGÁLATÁBAN

EREDMÉNYEK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA A KÉMIAI VIZSGÁLAT EREDMÉNYÉVEL

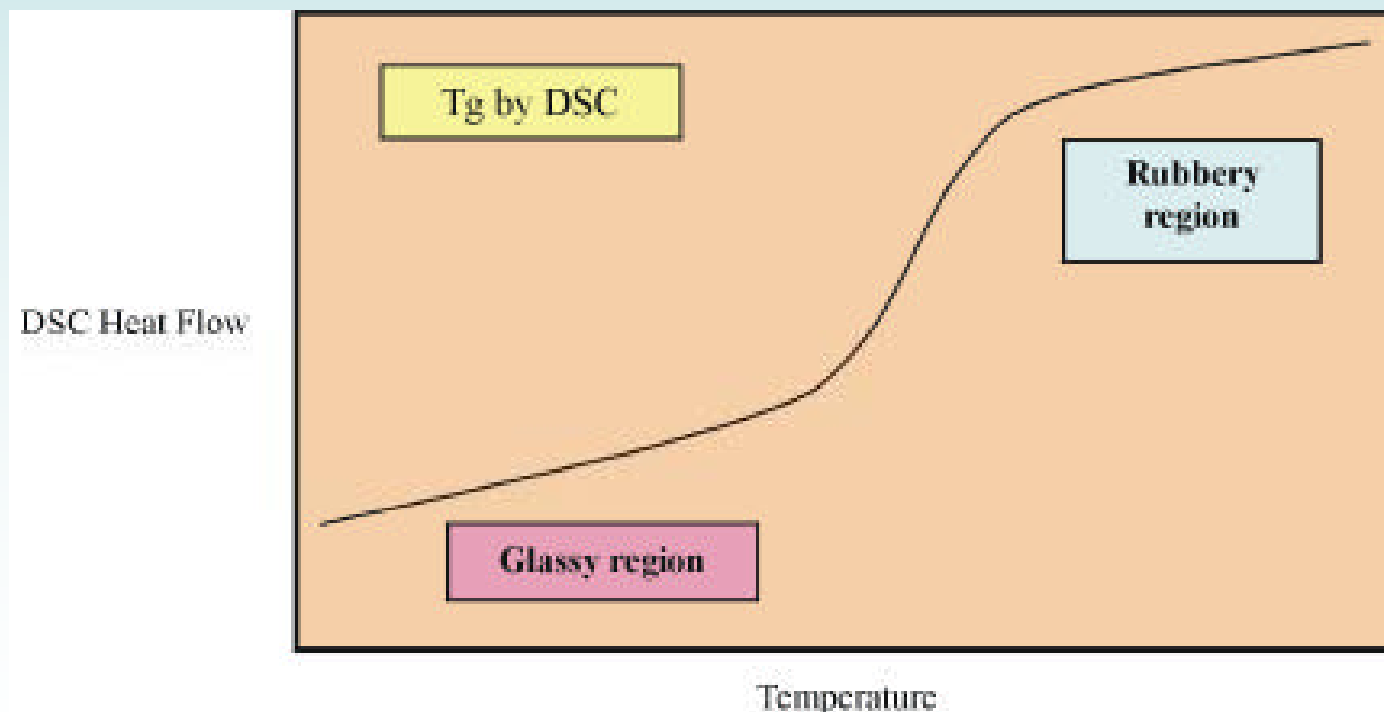


BME Department of Electric Power Engineering
Group of High Voltage Engineering and Equipment



DSC MÉRÉS

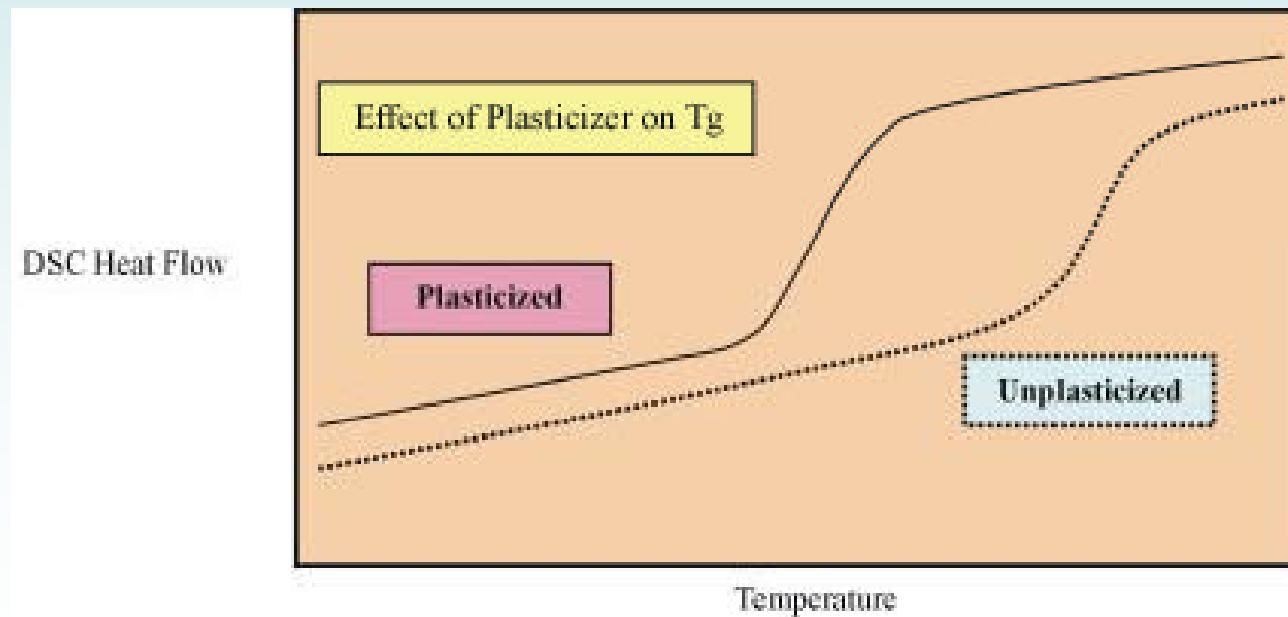
- A Differential Scanning Calorimetry (DSC) méréssel az újrakristályosodási és az üvegesedési folyamatok vizsgálhatók.



Source: Perkin Elmer

AZ ÜVEGESEDÉSI HŐMÉRSÉKLET

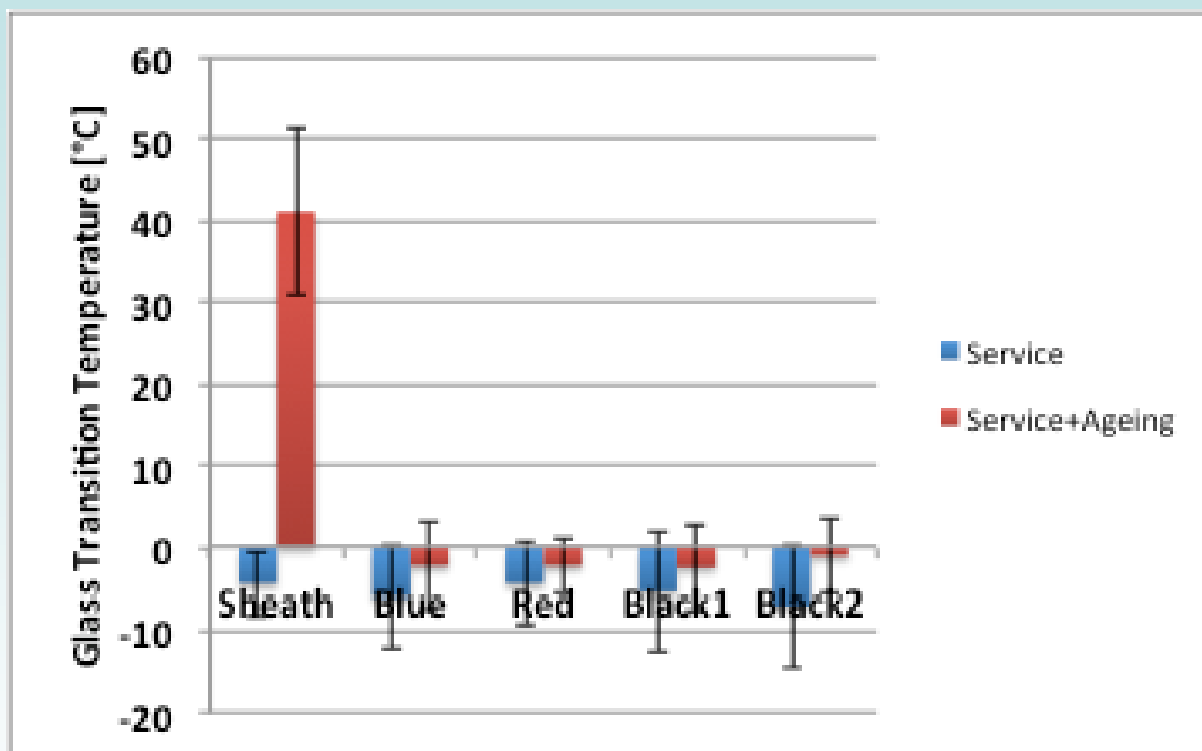
- DSC méréssel az üvegesedési hőmérséklet változása vizsgálható.



Source: Perkin Elmer



A DSC MÉRÉS EREDMÉNYEI



- Az **öregítés előtt** mind a köpeny, mind az érszigetelés hőmérséklete a **-7...-4 °C** tartományba esik.
- Az **öregítés után** a köpeny üvegesedési hőmérséklete **41 °C**-ra növekedett, míg az érszigeteléseké alig változott.



A MECHANIKAI JELLEMZŐK MÉRÉSE AZ ATOMERŐMŰVI
KÁBELEK ÁLLAPOTVIZSGÁLATÁBAN

EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE



BME Department of Electric Power Engineering
Group of High Voltage Engineering and Equipment



ÉRZÉKENYSÉG ÉS MEGBÍZHATÓSÁG VIZSGÁLATA

- Az érzékenység és a megbízhatóság két mérőszám segítségével jellemezhető:
 - **I. index (relatív változás):** az adott paraméter változásának értéke és annak kezdeti értékének a hányadosa.
 - **II. index (szóráshoz mért változás):** az adott paraméter változásának értéke és az öregítés utáni eredmények szórásának a hányadosa.



AZ EREDMÉYNEK KIÉRTÉKELÉSE

Measured parameter	Average		Deviation		Index	
	<i>Service</i>	<i>Service + Ageing</i>	<i>Service</i>	<i>Service + Ageing</i>	<i>I.</i>	<i>II.</i>
Density [g/cm ³]	1.276	1.316	0.008	0.007	0.031	5.287
Elastic modulus [N/mm]	5.140	12.091	1.234	3.707	1.352	1.875
Tensile strength [MPa]	17.787	18.991	1.118	1.417	0.068	0.850
Elongation at break [%]	170.176	109.38	15.234	44.072	0.357	1.379
Indenter modulus [N/mm]	8.451	32.758	0.770	4.355	2.876	5.581
Shore D	41.556	64.389	1.184	2.815	0.549	8.112

SHORE D KEMÉNYSÉG-MÉRÉS



ÖSSZEFOGLALÁS

- A vizsgálat során mechanikai méréseket végeztünk **üzemből kivett és laboratóriumban továbböregített** ksfeszültségű kábelmintákon.
- A különböző mérések eredményeit összehasonlítottuk és **meghatároztuk a legalkalmasabb mechanikai vizsgálati módszert.**
- Az eredmények azt mutatják, hogy a **kábelköpeny öregedése sokkal gyorsabban megy végbe, mint az érszigeteléseké.**

