

A 3PHV60 típusú műgyanta anyagjellemzőinek meghatározása és összehasonlítása a C24 szilárdsági osztályú puhafák anyagjellemzőivel

Determination and comparison of the mechanical properties of epoxy resin type 3PHV60 with C24 structural graded softwood

drd. MÁRTON Péter

S.C. TRUSTATIK S.R.L., 535500 Gyergyószentmiklós, Gyilkostó sugárút 128,
Hargita megye, www.trustatik.ro
ADECO ÉPÍTÉSZETI TERVEZŐ, SZAKÉRTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT, 1114 Budapest, Kemenes utca 6.
Kolozsvári Műszaki Egyetem (UTC-N)
Str. Memorandumului, nr. 28, Kolozsvár, Kolozs megye, www.utcluj.ro

Abstract

This article deals with the determination of mechanical properties of resin type 3PHV60 from a structural point of view. Fracture-based tests were performed to determine the different material properties. The main research question is whether this material can be used to consolidate pine-based timber structures, knowing the strength and elasticity characteristic values of softwoods.

Keywords: epoxy resin, 3PHV60, mechanical properties, C24 softwood

Kivonat

A jelen cikk a 3PHV60 típusú műgyanta anyagjellemzőinek meghatározásával foglalkozik tartószerkezeti szempontból. A különböző anyagjellemzők meghatározásához töréseken alapuló vizsgálatok készültek. A kutatás legmeghatározóbb kérdése, hogy ezen anyag alkalmas lehet-e a fenyő alapú fa tartószerkezetek megerősítésére, ismerve puhafák szilárdási-, és rugalmassági karakterisztikus értékeit.

Kulcsszavak: műgyanta, 3PHV60, anyagjellemzők, C24 puhafa

1. BEVEZETÉS

A jelen cikk tárgya a 3PHV60 típusú műgyanta anyagjellemzőinek a vizsgálatával, kutatásával foglalkozik. A Kolozsvári Műszaki Egyetem Építőmérnöki karán készülő doktori disszertációm keretén belül foglalkozom a fa tartószerkezetek megerősítésének témakörével, melynek egyik kiemelt témája a fa tartószerkezetek megerősítése a 3PHV60 típusú műgyantával.

Bemutatásra kerülnek a 3P típusú műgyantákon végzett kísérletek, melyek az anyagra jellemző szilárdsági értékek meghatározására szolgálnak.

2. A 3P TÍPUSÚ MŰGYANTA ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

A 3P gyanták kétkomponensű [1] rendszerek, melyek poliizocianát/vízüveg összetételű kopolimerek. A 3P gyanták a nevüket az összetevőik angol-német nyelvű szavak kezdőbetűiből kapták: Polysilicic acid, Polyisocyanates, Phosphoric acid esters.

A kemény 3P gyanták „A” komponense minden esetben Na-vízüveg, a „B” komponense MDI (metiléndifenilizocianát és származékai).



1. ábra

A 3P gyanták „A” és „B” komponensei [1]

A rugalmas 3P gyanták [1] „A” komponense egyrészt lehet Na-vízüveg, másrészt lehet mészhidrát paszta. A rugalmas 3P gyanták „B” komponense MDI-ből előállított prepolimert és egyéb adalékokat tartalmaz. Amennyiben az „A” komponens vízüveg, úgy a képződő elasztomer víz hatására duzzadó anyag. Amennyiben az „A” komponens mészhidrát paszta, a képződő elasztomer víz hatására nem duzzad, ezért szélesebb körben alkalmazható, mint az előző típus.

A 3P gyanta előállítása az „A” és „B” komponensek egyszerű, de gondos összekeverésével kezdődik.

A vízüveg modulusza (M) az a jellemző érték, amely megadja, hogy a két fő alkotóelem milyen arányban van jelen.

$$M = \frac{SiO_2}{Na_2O} = \frac{\text{Silíciumdioxid}}{\text{Nátriumoxid}}, \text{ a 3P gyanták esetén ez a hányados } 2,0 \pm 0,1. \quad [1]$$

A két komponenst [1] az 1:2 térfogatarányban homogenizáljuk, minden esetben a nagyobb sűrűségű, áttetsző vízüveg helyezkedik el alul, a tetején pedig a sötétbarna színű „B” komponens foglal helyet. A gyanta akkor tekinthető homogénnek, ha teljes tömege egy egységes tejeskávét szint kapott. A késztermék minősége romlik, ha a homogenizálás nem megfelelő vagy, ha túl gyorsan vagy túl hosszú ideig történik. Túl gyors vagy sokáig tartó keverés hatására a gyanta fazékideje lecsökken és a kötési folyamat felgyorsul.

A 3P gyanták [1] „A” és „B” komponensének összekeverésekor – ellentétben az összes hagyományos műgyantával, nem oldat, hanem – emulzió képződik. A vízüveg a szerves fázisban, azaz a „B” komponensben finom cseppeket képezve diszpergálódik, azaz víz az olajban típusú emulzió jön létre. A vízüveg cseppek mérete függ a „B” komponens típusától, a keverés paramétereitől, a komponensek hőmérsékletétől, de ezek általában 1-50 µm közötti átmérővel jellemezhetők. A vízüveg cseppeken kívül a gyantában kisebb-nagyobb számban még kb. 20-100 µm méretű légbuborékok is előfordulhatnak.

A kikeményedett 3P gyanták [1] fizikai szerkezete tükrözi a homogenizált gyantaelegy fizikai szerkezetét. Lényeges különbségnek az tekinthető, hogy az összefüggő szerves mátrixban a folyadékcseppek helyén olyan üregecskék jönnek létre, amelyekben a vízüvegből képződött kavasav-gél golyócskák helyezkednek el. A kavasav-gél a szinerizáció során folyadékot bocsát ki magából. Ebből a vizes oldatból a víz egy része kidiffundál, másik része beépül a szóda és/vagy Na-szilikát kristályokba. A kristályok, illetve a gélgolyó és a szerves mátrix fala közötti üregekben levegő és több-kevesebb vízgőz található. A műgyanta belsejében a pórusok túlnyomó része zárt, de a felületen, illetve annak közelében különböző mennyiségű nyitott pórus is található. Utóbbiakból a vízüvegből képződött szóda oldat kidiffundálhat a felületre, a felület kifehéredik.

A 3P műgyantákkal készített bevonatok, kompozitok alkalmazása számos területen előnyös, mert:

- térhálósodásukat a víz nem zavarja, így nedves felületen, sőt víz alatt is jól tapadhatnak
- csökkent éghetőség, jó hőállóság
- igényekhez igazítható, széles körben szabályozható fazékidő
- már fagypontról alkalmazható
- jó vegyszerállóság

3. A 3PHV60 TÍPUSÚ MŰGYANTA ANYAGJELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA

A 3PHV 60 típusú kemény műgyanta, a 3P típusú gyanták egyik altípusa. A vizsgálatok két helyszínen történtek. A műgyanta hajlító-, és helyi nyomásra vonatkozó szilárdságait meghatározó kísérleteket a Polinvent KFT gyáli telephelyén levő laborban vittük véghez. A műgyanta nyírási- és húzási teherbírásának meghatározására szolgáló kísérleteket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Czákó Adolf Szilárdságtani Laboratóriumában végeztük el. A műgyanta próbatestek a gyártásuktól számított 7-dik napon lettek vizsgálva.

3.1. A 3PHV60 típusú műgyanta húzószilárdságának meghatározása

A 3PHV60 típusú műgyanta húzószilárdságának meghatározásához a 2. fejezetben leírtak alapján, az „A” és „B” komponensek megfelelő homogenizálásával előállítottuk a folyékony halmazállapotú műgyantát. A próbatestek megfelelő geometriai méreteinek kialakításához öntőformát használtunk. Az öntőformát a még folyékony halmazállapotú műgyantával töltöttük ki, melyet egy 7 napos megszilárdulási folyamat követett. A kísérletet a Zwick Roell Z150 törőgépen végeztük.



2. ábra

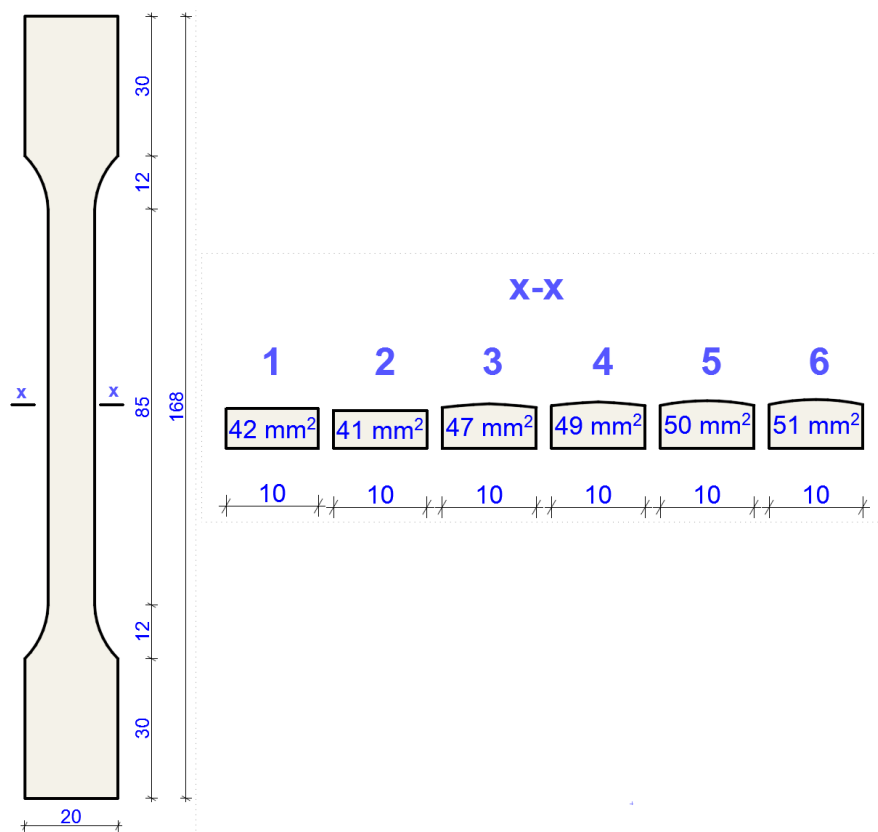
Az öntőforma és a megszilárdult próbatestek



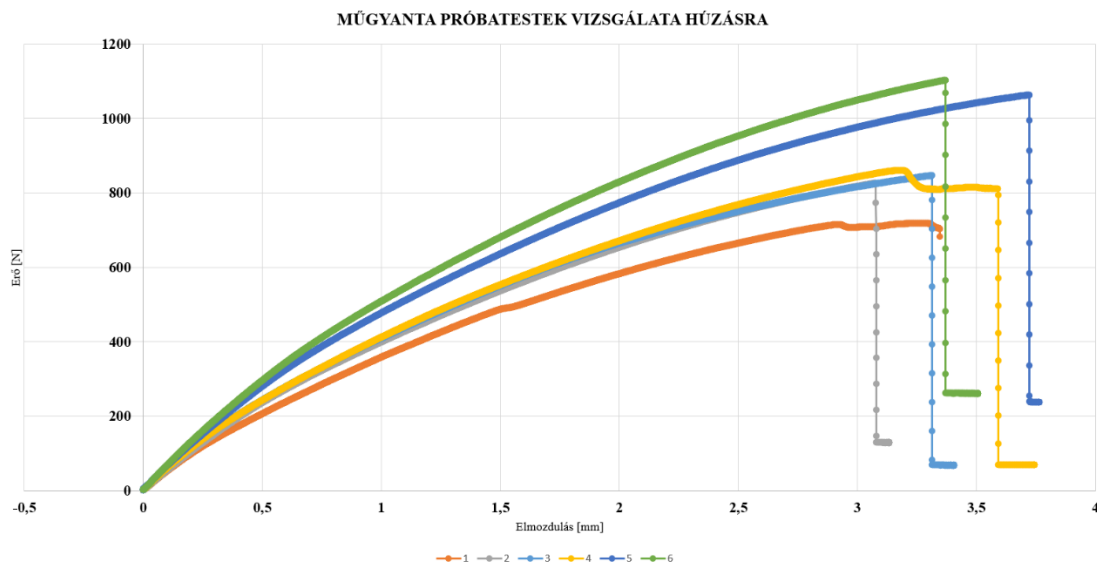
3. ábra

A húzási teherbírás mérése a Zwick Roell Z150 törőgépet használva

A húzásra vizsgált 6 darab próbatest keresztmetszeti méretei az alábbiak voltak:



4. ábra
A húzásra vizsgált próbatestek geometriai adatai



5. ábra
A húzásra vizsgált próbatestek erő-elmozdulás diagrammja

A húzásra vizsgált próbatetek törésnél mért eredményei

1. táblázat

Próbatest	F_{max} [N]	A [mm ²]	σ [N/mm ²]
1	719,58	42,36	16,99
2	826,58	41,126	20,10
3	846,67	46,598	18,17
4	861,335	48,298	17,83
5	1063,34	49,08	21,67
6	1102,94	50,14	22,00

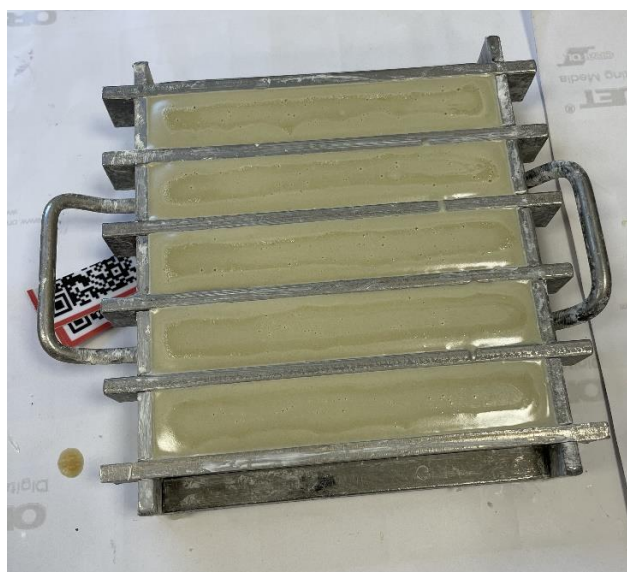
σ átlag [N/mm ²]	19,46
szórás	1,92

F_{max} – a törésnél mért maximum erő
A – a húzott keresztmetszet területe
 σ – normál feszültség

Összehasonlításképpen egy, a gyakorlatban használt, C24 szilárdsági osztályú fenyőfa, MSZ EN 338:2016 szabvány által megadott rostirányú húzási teherbírásának karakterisztikus értékével, mely $f_{t,0,k} = 14,0$ N/mm², a műgyanta valószínűsíthetően alkalmazható a faszerkezetet húzási teherbírásának növelésére, amennyiben a két anyag együttdolgozása biztosított.

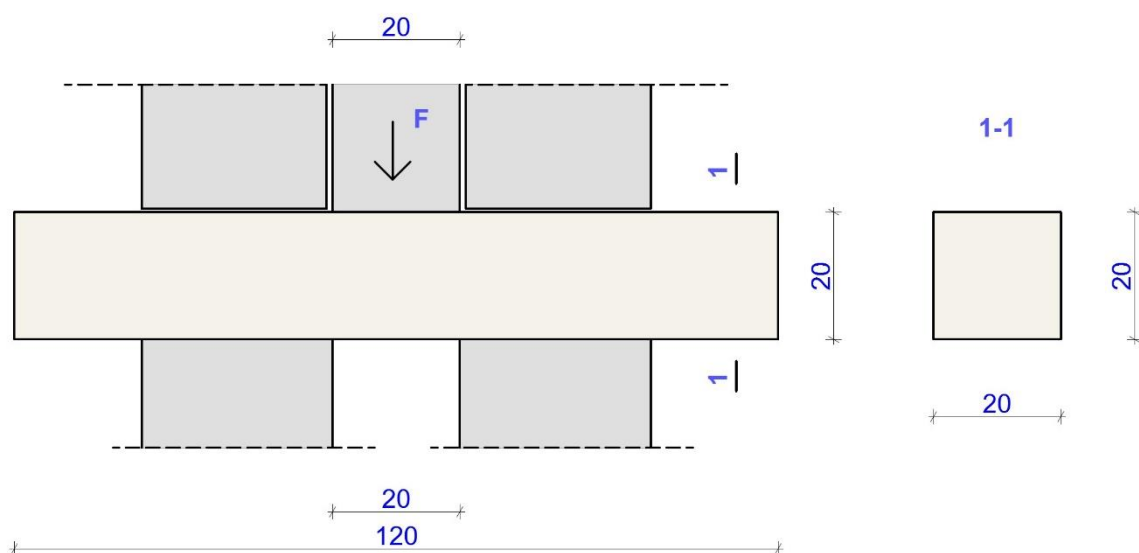
3.2. A 3PHV60 típusú műgyanta nyírási teherbírásának meghatározása

A 3PHV60 típusú műgyanta nyírási teherbírásának meghatározásához a 2. fejezetben leírtak alapján, az „A” és „B” komponensek megfelelő homogenizálásával előállítottuk a folyékony halmazállapotú műgyantát. 5 db 20x20x120 mm geometriájú próbatest készült, melyet a 6. ábra szemléltet. A próbatetek megfelelő geometriai méreteinek kialakításához öntőformát használtunk. Az öntőformát a még folyékony halmazállapotú műgyantával töltöttük ki, melyet egy 7 napos szilárdulási folyamat követett. A kísérletet a Zwick Roell Z150 törőgépen végeztük.

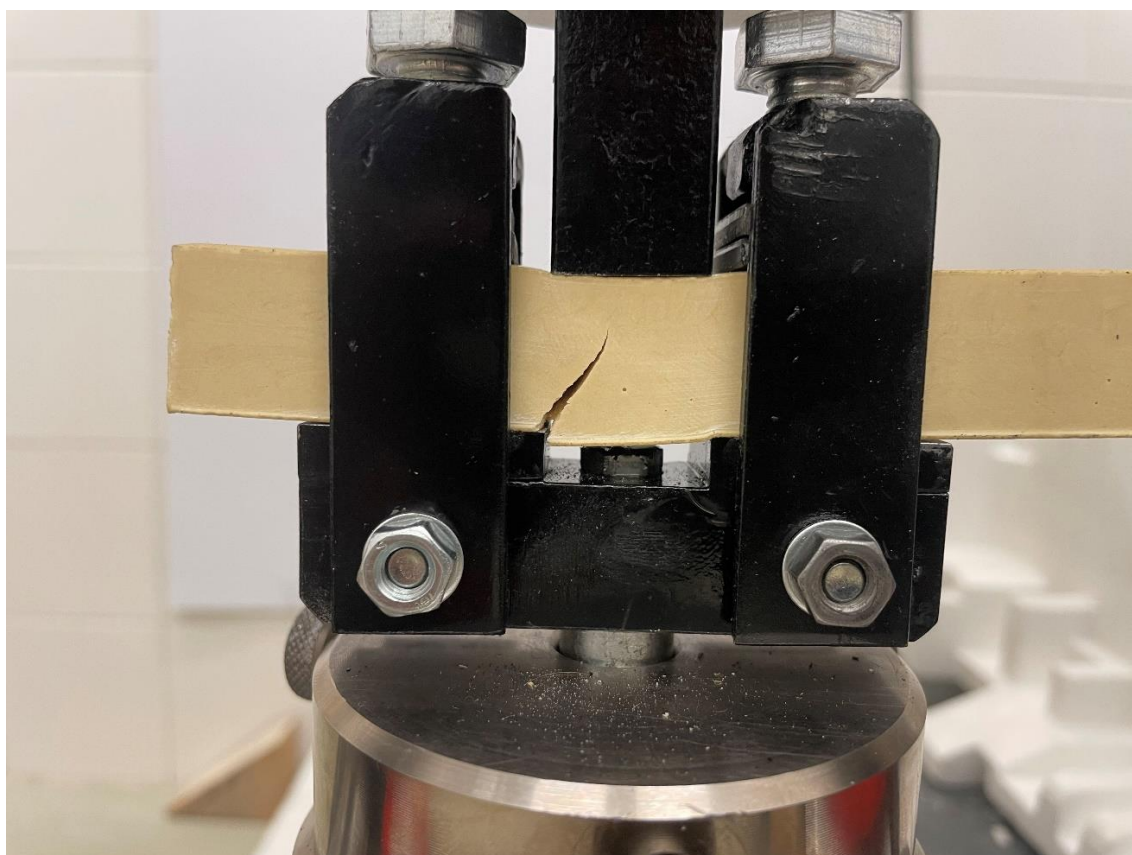


6. ábra

A nyírásra vizsgálandó műgyanta próbatetek a szilárdulási fázis elején



7. ábra
A nyírásra vizsgált próbatetek geometriája



8. ábra
A nyírásra vizsgált próbatetek jellegzetes törésképe

A nyírásra vizsgált próbatestek törésnél mért eredményei

Próba- test	F_{\max} [N]	V_{\max} [N]	A [mm ²]	τ [N/mm ²]
1	12884,4	6442,2	400	16,11
2	12114,1	6057,05	400	15,14
3	11935,1	5967,55	400	14,92
4	10882,9	5441,45	400	13,60
5	12272,8	6136,4	400	15,34

τ átlag [N/mm ²]	15,02
Szórás	0,81

F_{\max} – törésnél mért maximum erő
 V_{\max} – törésnél mért maximum nyíróerő
A – a nyírt keresztmetszet területe
 τ – nyírófeszültség

Összehasonlításképpen egy, a gyakorlatban használt, C24 szilárdsági osztályú fenyőfa, MSZ EN 338:2016 szabvány által megadott nyírási teherbírásának karakterisztikus értékével, mely $f_{v,k} = 4,0 \text{ N/mm}^2$, a műgyanta valószínűsíthetően alkalmazható a faszerkezetet nyírási teherbírásának növelésére.

3.3. A 3PHV60 típusú műgyanta hajlítási teherbírásának meghatározása

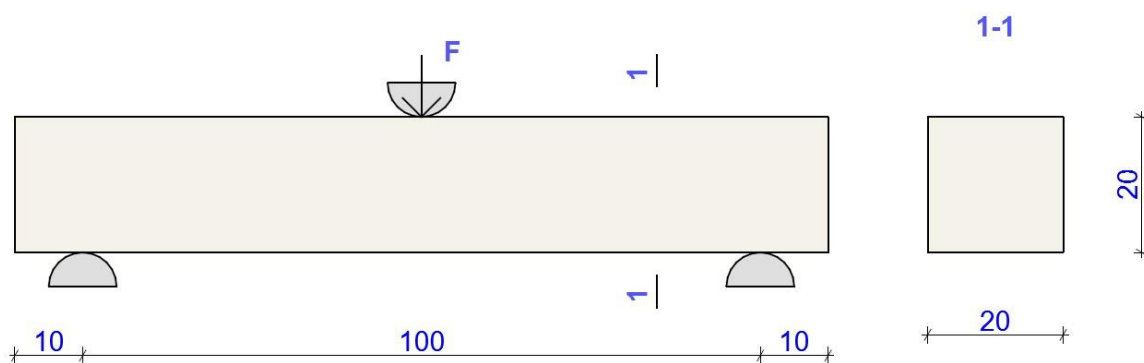
A 3PHV60 típusú műgyanta hajlítási teherbírásának meghatározásához a 2. fejezetben leírtak alapján, az „A” és „B” komponensek megfelelő homogenizálásával előállítottuk a folyékony halmazállapotú műgyantát. 5 db 20x20x120 mm geometriájú próbatest készült, melyet a 6. ábra szemléltet. A próbatestek megfelelő geometriai méreteinek kialakításához öntőformát használtunk. Az öntőformát a még folyékony halmazállapotú műgyantával töltöttük ki, melyet egy 7 napos szilárdulási folyamat követett. A kísérletet egy Instron törőgépen végeztük a gyáli székhelyű Polinvent KFT laborjában.

A hajlítási teherbírás meghatározásához az [2] „MSZ EN 13892-2:2003 – Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei, 2. rész: A hajlító-húzó és a nyomószilárdság meghatározása” című szabványt vettük alapul.



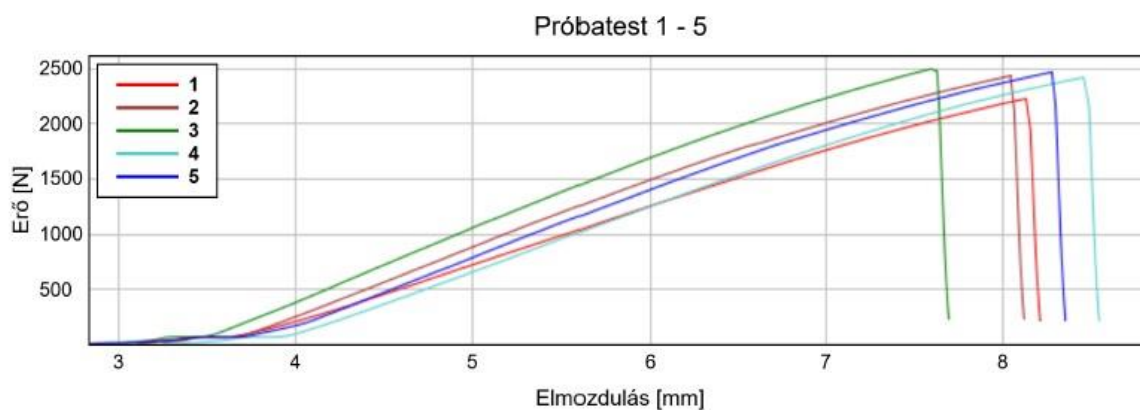
9. ábra

A műgyanta hajlítási teherbírásának vizsgálata az Instron gép használatával



10. ábra

A műgyanta hajlítási teherbírásának vizsgálatának vázlatja



	Vastagság [mm]	Fmax [N]	Hajlítóerő-nálTörés (szakadás) (Szabvány) [MPa]
1	20,00	2228,40	41,78
2	20,00	2433,53	45,63
3	20,00	2496,98	46,82
4	20,00	2420,61	45,39
5	20,00	2467,25	46,26
Középérték	20,00	2433,53	45,63
Szabvány eltérés (SD)	0,00	105,46	1,98

	Elmozdulás-nálMaximum Erő [mm]	Alakváltozás hajlító igénybevételnél (Elmozdulás) jeltávolság [mm]	Hajlási elmozdulás-nálTörés (szakadás) (Szabvány) [mm]
1	8,13	83,33	5,01
2	8,04	83,33	4,94
3	7,59	83,33	4,71
4	8,45	83,33	5,21
5	8,27	83,33	5,44
Középérték	8,13	83,33	5,01
Szabvány eltérés (SD)	0,32	0,00	0,28

11. ábra

A mogyanta hajlítási teherbírasi értékei a törőerőnél

Összehasonlításképpen egy, a gyakorlatban használt, C24 szilárdsági osztályú fenyőfa, MSZ EN 338:2016 szabvány által megadott hajlítási teherbírásának karakterisztikus értékével, mely $f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$, a mogyanta próbatestek hajlítás hatására a $45,63 \text{ N/mm}^2$ átlag feszültségértéknél törtek el.

3.4. Az ANTI CRAK HP12 üvegszállal erősített 3PHV60 típusú mogyanta hajlítási teherbírásának meghatározása

Kísérleteztünk egy olyan változattal is, ahol a még folyékony halmazállapotú, homogenizált mogyantához üvegszálat adtunk hozzá. A két anyag tömege szempontjából, a keverés, 5 egységnyi mogyantához 1 egységnyi üvegszál recept szerint történt.

Ezúttal is a hajlítási teherbírás meghatározásához az [2] „MSZ EN 13892-2:2003 – Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei, 2. rész: A hajlító-húzó és a nyomószilárdság meghatározása” című szabványt vettük alapul. A kísérlet a 10. ábrán bemutatott statikai modell alapján lett végrehajtva.

A 12. ábra a felhasznált üvegszál, gyártó által megadott anyagjellemzőit mutatja.

ANTI-CRAK® HP 12

GLASS FIBER TO PREVENT CRACKING IN CONCRETE AND MORTAR

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Fiber length	Aspect ratio (length/diameter)	Filament Diameter (ISO 1888 : 2006)	Loss on Ignition (%) (ISO 1887 : 1995)	Moisture (%) (ISO 3344 : 1997)
12 mm – ¾"	58	17 µm / 0.00067"	1.00	0.50 max.

- Electrical Conductivity: Very low
- Specific Gravity: 2.68 g/cm³
- Material: Alkali resistant glass*
- Softening point: 860°C – 1580°F
- Chemical Resistance: Very high
- Modulus of elasticity: 72 GPa – 10 x 10⁶ psi
- Tensile Strength: 1000-1700 MPa – 145-250 x 10³ psi

DOSAGE

Fibers can be introduced in the ready mix plant or directly in the concrete truck in the last stage, when all the aggregates have been added and mixed. Addition rates are dependent on the application and desired performance levels. Please, contact your Owens Corning sales representative for further recommendations. Recommended dosages are:

Benefits	No cracking during plastic shrinkage	Replacement of the anti-cracking welded wire mesh
Recommended dosage	0.3 – 0.6 kg/m ³ 0.5 – 1 lb/cu. yd	0.9 – 1.5 kg/m ³ 1.5 – 2.5 lb/cu. yd

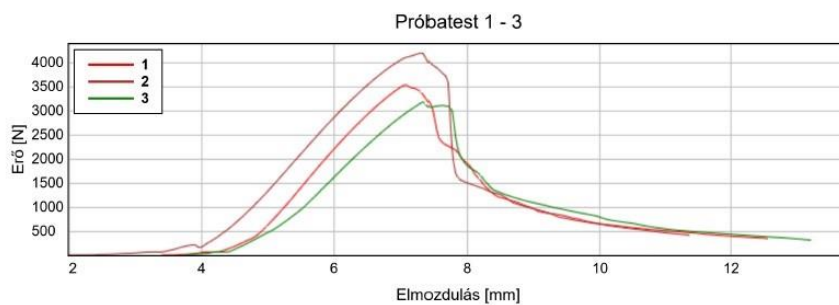
12. ábra

A műgyanta erősítéséhez használt üvegszál anyagjellemzői



13. ábra

A műgyanta erősítéséhez használt üvegszál és az öntőformába helyezett üvegszál+műgyanta együttes



14. ábra

Az üvegszállal erősített műgyanta próbatestek erő-elmozdulás diagrammja a hajlítási teherbírása meghatározásánál

Az üvegszállal erősített műgyanta próbatestek hajlítási teherbírása 3. táblázat

Próbatest	F_{max} [N]	M_{max} [Nmm]	W [mm ³]	σ [N/mm ²]
1	3536,36	88409	1333,33	66,31
2	4202,56	105064	1333,33	78,80
3	3181,05	79526,25	1333,33	59,64

$\sigma_{\text{átlag}}$ [N/mm ²]	68,25
Szórás	7,94

F_{max} – a törésnél mért maximum erő
W – keresztmetszeti modulus
 σ - normál feszültség

Megfigyelhető, hogy az üvegszállal történő erősítés hozzájárult a műgyanta próbatest hajlítási teherbírásának növekedéséhez. A sima műgyanta- és az üvegszállal erősített műgyanta próbatestek közötti hajlítási teherbírás átlagértékbeli különbsége 49,57% volt. Ennek a jelenségnek a pontos tanulmányozásához nyilvánvalóan több mérésre van szükség, de az eddig elkészített kísérlet igazolhatja, hogy amennyiben nagyobb hajlítási teherbírásra van szükségünk, akkor az üvegszállal való műgyanta erősítés egy megfelelő opció lehet.

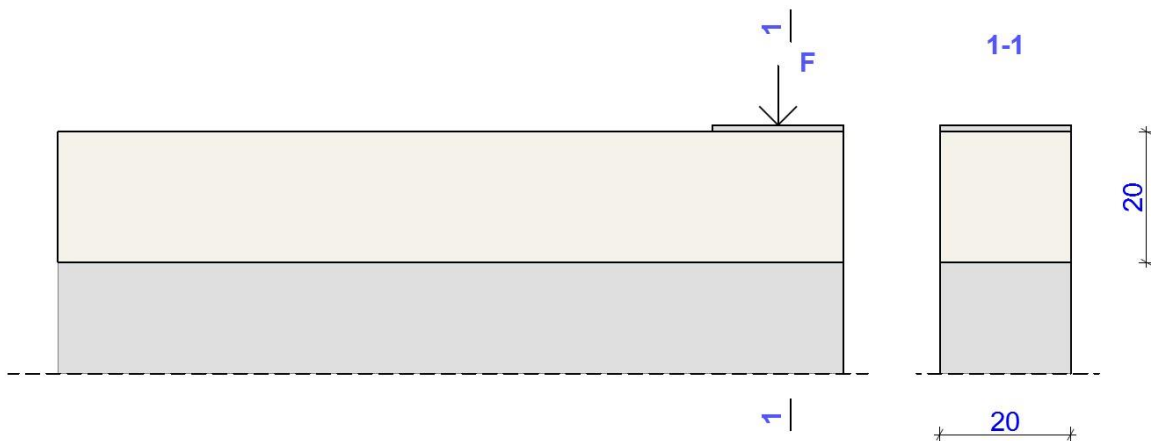


15. ábra

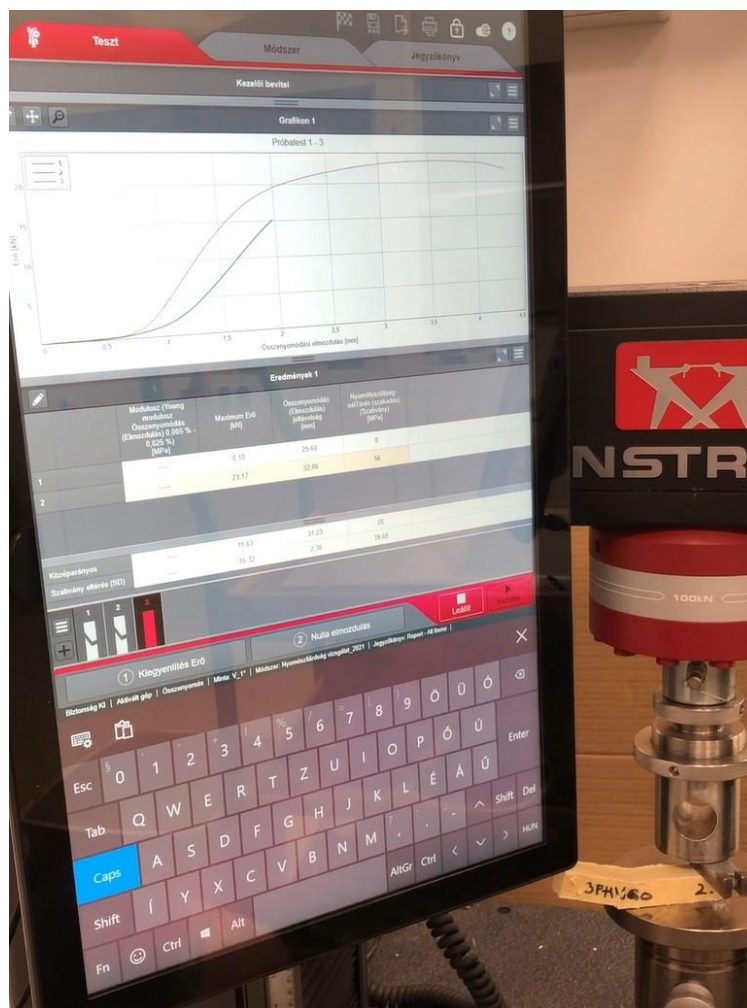
A hajlítási kísérlet során eltört üvegszállal erősített műgyanta próbatestek

3.5. A 3PHV60 típusú műgyanta helyi nyomási teherbírásának meghatározása

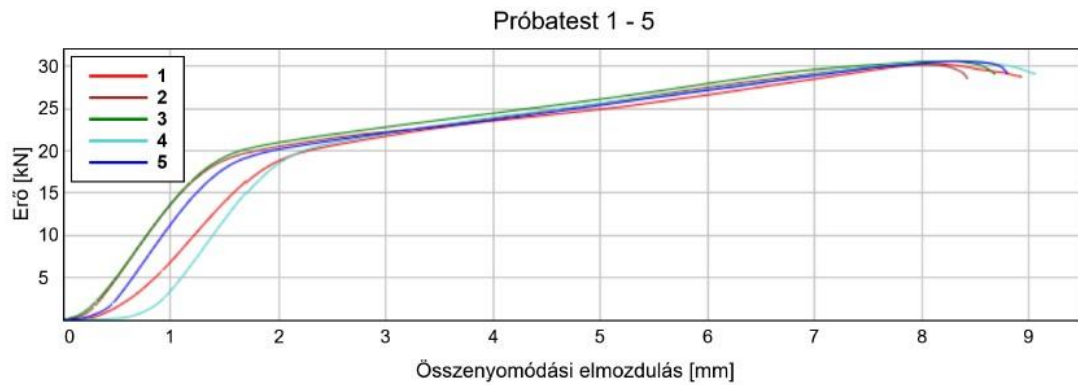
A 3PHV60 típusú műgyanta helyi nyomási teherbírásának meghatározásához, a hajlítási teherbírásnál használt próbatestek lettek vizsgálva, a próbatestek terheletlen végeinél. 5 db 20x20x120 mm geometriájú próbatest készült, melyet a 6. ábra szemléltet. A kísérletet egy Instron törőgépen végeztük, a gyáli székhelyű Polinvent KFT laborjában.



16. ábra
A műgyanta helyi nyomási kísérletének vázlata



17. ábra
A műgyanta helyi nyomási teherbírési kísérlete



	Modulusz (Young modulusz Összenyomódás (Elmozdulás) 0,005 % - 0,025 %) [MPa]	Maximum Erő [kN]	Összenyomódás (Elmozdulás) jeltávolság [mm]
1	----	30,31	32,77
2	----	30,15	32,49
3	----	30,59	32,79
4	----	30,59	33,08
5	----	30,61	32,75
Középarányos	----	30,45	32,77
Szabvány eltérés (SD)	----	0,21	0,21

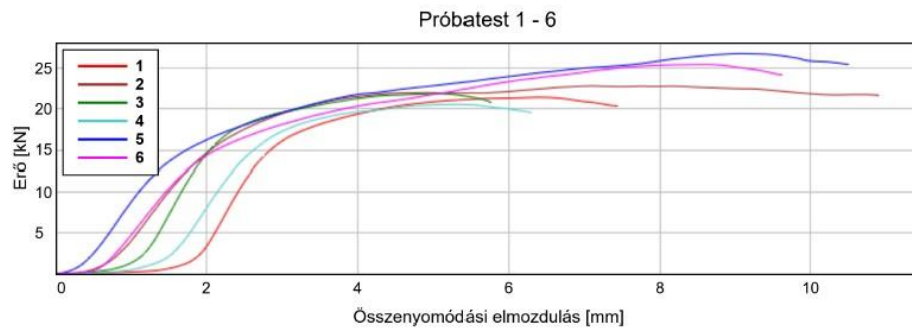
	Nyomófeszültség- nálTörés (szakadás) (Szabvány) [MPa]
1	73
2	75
3	76
4	74
5	76
Középarányos	75
Szabvány eltérés (SD)	1,14

18. ábra
A műgyanta helyi nyomási teherbírás értékei

Összehasonlításképpen egy, a gyakorlatban használt, C24 szilárdsági osztályú fenyőfa, MSZ EN 338:2016 szabvány által megadott rostirányú nyomási teherbírásának karakterisztikus értékével, mely $f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$, illetve a rostirányra merőleges nyomási teherbírás karakterisztikus értékével, mely értéke $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$.

3.6. Az ANTI CRAK HP12 üvegszállal kevert 3PHV60 típusú műgyanta helyi nyomási teherbírásának meghatározása

A 3.4-es fejezethez hasonlóan, megvizsgáltuk az üvegszállal kevert műgyanta próbatestek helyi nyomási teherbírását. A két anyag tömege szempontjából ezúttal is, a két anyag összekeverése 5 egységnyi műgyantához 1 egységnyi üvegszál recept szerint történt.



	Modulusz (Young modulus) Összenyomódás (Elmozdulás) 0,005 % - 0,025 % [MPa]	Maximum Erő [kN]	Összenyomódás (Elmozdulás) jeltávolság [mm]
1	-----	21,44	31,42
2	-----	22,84	30,78
3	-----	21,91	30,84
4	-----	20,58	31,72
5	-----	26,79	30,97
6	-----	25,45	30,91
Középarányos	-----	23,17	31,11
Szabvány eltérés (SD)	-----	2,44	0,38

	Nyomófeszültség-nálTörés (szakadás) (Szabvány) [MPa]
1	51
2	54
3	53
4	50
5	64
6	61
Középarányos	56
Szabvány eltérés (SD)	5,76

19. ábra

Az üvegszállal kevert műgyanta helyi nyomási teherbírás értékei



20. ábra

A helyi nyomásra összeroncsolt üvegszállal kevert műgyanta próbatest

Összehasonlítva azokat a próbatesteket, amelyekbe nem került üvegszál, azokkal amelyekbe 5:1 arányban került üvegszál, azt vettük észre, hogy az üvegszállal kevert próbatestek körülbelül 24%-kal kisebb erőnél már elérik a 30 mm összenyomódást. Az eddigi kísérletek azt mutatják, hogy a helyi nyomásra az üvegszállal kevert próbatestek kedvezőtlenebbül viselkednek, mint a sima műgyanta próbatestek.

4. KÖVETKEZTETÉS

A bemutatott műgyantákkal kapcsolatos anyagvizsgálati mérések eredményei alapján megállapítható, hogy a műgyanta szilárdsági értékei az összehasonlítási alapul vett C24 szilárdsági osztályú puhafánál magasabbak. Amennyiben a két anyag rugalmassági modulusainak értékei ezt lehetővé teszi és sikerül igazolni, hogy a 3PHV60 műgyanta és a puhafa együttdolgozása, a műgyanta fára való tapadása megfelelő, akkor a 3PHV60 műgyanta egy igazán jó alternatíva lehet a fa tartószerkezeti elemek lokális megerősítésére. Ezen felvetések megválaszolására irányul a következő kutatási célkitűzésem.

SZAKIRODALOM

- [1] Dr. Nagy Gábor: A Polinvent Kft. direkt és indirekt polikarbamid (PU) rendszerei, Gyál, 2012. december
- [2] MSZ EN 13892-2:2003 – Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei, 2. rész: A hajlító-húzó és a nyomószilárdság meghatározása
- [3] MSZ EN 13892-1:2003 – Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei, 1. rész: Mintavétel, vizsgálati próbatestek készítése és tárolása
- [4] MSZ EN 338:2016 – Szerkezeti fa. Szilárdsági osztályok