



A szürke nyár nyomószilárdságának vizsgálata

Compression Strength Testing of Grey Poplar

Szöke Fanni,¹ Tárkányi Sándor,² Kánnár Antal³

¹ Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet. Sopron, Magyarország, Szoke.Fanni@phd.uni-sopron.hu

² Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet. Sopron, Magyarország, tarkanyi.sandor@uni-sopron.hu

³ Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet. Sopron, Magyarország, kannar.antal@uni-sopron.hu

Abstract

Knowledge of the strength values of *Populus canescens* is important for expanding the range of applications of this species. The use of wood as an orthogonally anisotropic material in structural engineering is significantly influenced by its strengths in different anatomical directions. The results obtained from tensile and compressive strength tests of test specimens in the main anatomical directions allow the determination of the strength surface, which makes it possible to determine the strength of wood in any direction. A further within-group classification is provided by the separation of sapwood and duramen, so that the strength behaviour of the individual wood sections within the wood body can be revealed in addition to the different ultimate strengths.

Keywords: grey poplar, strength surface, anisotropy.

Összefoglalás

A szürke nyár (*Populus canescens*) alkalmazási lehetőségeinek bővítése érdekében fontos szilárdsági értékeinek ismerete. A faanyag mint ortogonálisan anizotróp anyag szerkezetépítési felhasználását jelentősen befolyásolják annak különböző anatómiai irányokban mérhető szilárdságai. A fő anatómiai irányokban kialakított próbatestek húzó- és nyomószilárdsági vizsgálataiból adódó mérési eredményekkel lehetőség nyílik a szilárdsági felület meghatározására, amely tetszőleges irányban meghatározhatóvá teszi a faanyag szilárdságát. További csoporton belüli osztályozást jelent a szíjács- és gesztminták különválasztása, így a vizsgálat során a különböző irányú szilárdságok mellett a fatesten belül az egyes farészek szilárdsági viselkedése is feltárható.

Kulcsszavak: szürke nyár, szilárdság, felület, anizotrópia.

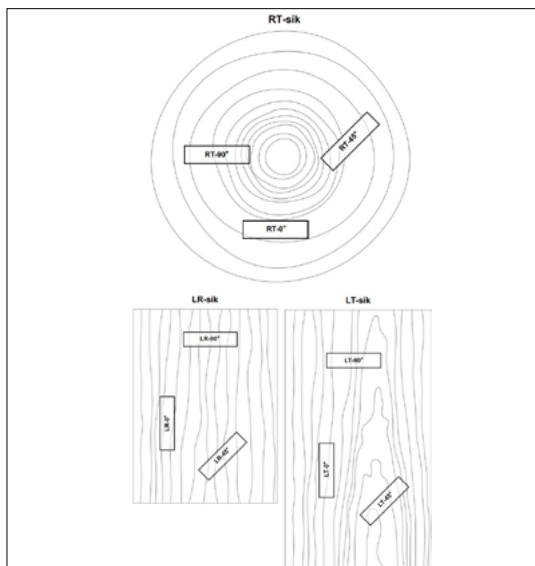
1. Bevezetés

Erdészeti területen végzett kutatások kimutatták, hogy a növekedő évi átlaghőmérsékletek és a csökkenő csapadékmennyiségek következtében az érzékeny fajok mortalitásának kockázata fokozódik [1]. A Magyarországon őshonos, jelentős hazai állománnyal rendelkező szürke nyár (*Populus × canescens*) kiemelkedő lehetőséget nyújt a klímaváltozás következtében csökkenő számú állományok helyettesítésére. Gyorsan növő, jól termeszthető fafaj, amely a mai magyar fagazdaság-

ban 1,5 millió hektár erdőterületet foglal el, ebből évente 1,3–1,5 millió m³ faanyag kerül kereskedelembbe. Ez a mennyiség az összes évi fakitermelés 23–25%-a. Felhasználását elsősorban ládák, raklapok, alátétek, forgácslapok, farostlemezek gyártása jellemzi [2]. Szerkezeti felhasználása a nyárfajok átlagánál nagyobb sűrűsége miatt elvben lehetséges, ugyanakkor a kiszámítható tervezés érdekében további szilárdsági vizsgálatokra van szükség. Jelen kutatás az anizotróp tulajdonságokból eredő szilárdsági felületek meghatározására irányul a különböző anatómiai irányokban.

2. Anyagok és módszerek

A szürke nyár geszt- és szíjácsrésze jelentősen elkülönül egymástól. A 30–40% arányban jelen lévő szíjács nedvességtartalma nagyobb, mint a geszté, ugyanakkor a szakirodalom szerint fizikai jellemzői között nincs lényeges különbség. A próbatestek kialakításánál figyelembe vettük a két farész különválasztását, hogy az egyes részekre vett szilárdságok elkülöníthetőbbek legyenek, valamint az eredményeket az eltérő nedvességtartalom se befolyásolja. A minták kialakításánál ügyelni kell a megfelelő hossz méretre. Amennyiben az túl hosszú, a nyomásból származó normál-feszültségek mellett a minta kihajlik és hajlításból származó feszültség is keletkezik, míg a túl rövid kialakítás során az erőátadási helyeken keletkező feszültségi állapot befolyással van a középső rész lineáris feszültségi állapotára. A szakirodalom az ideális méretet úgy határozza meg, hogy a próbatest hossza a legkisebb keresztmetszeti méret 2-3-szorosa legyen [3, 4]. Ez alapján a saját minták névleges méretét $20 \times 20 \times 50$ mm-ben határoztam meg. A szilárdsági vizsgálatok során a kialakított próbatesteken kiemelt szerepet kapott az anatómiai irányok figyelembevétele. Ahogyan az első ábra is mutatja, longitudinális (L), radiális (R), tangenciális (T) irányokat és ezek síkjait különböztetjük meg, melyen irányfüggően 0° , 45° és 90° -os kialakítású próbatesteket készítettünk (1. ábra). A többirányú próbatestekkel a későbbiekben a szilárdsági felületek meghatározása vált lehetővé.



1. ábra. A próbatestek irányfüggő kialakítása

A 45° -os rostlefutás a nyírószilárdság kísérleti meghatározására irányul, melyet az Askenazi-féle anizotróp szilárdságelmélet és gyakorlati tapasztalat tesz lehetővé [3]. A kialakításnak köszönhetően a normál igénybevétel ellenére a próbatestek az anatómiai fősíkok főtengelyével párhuzamosan elnyíródnak, melynek során normál- és nyírófeszültségek lépnek fel. Tiszta nyírás ekkor sem fog fellépni, ugyanakkor a nyírási keresztmetszet mentén a nyírófeszültség eloszlása egyenletes lesz, mely más módszer esetén nem mondható el. A normál-feszültségek befolyása a nyírófeszültségre meghatározható a húzó- és nyomószilárdsági vizsgálatok feszültségfüggvényeinek maximuma közötti összehasonlítással, mely egy meghatározott valószínűségi szinten belül bizonyíthatóan nem befolyásolja a nyírószilárdságot. Így húzószilárdsági mérésekkel közvetett módon meghatározható a nyírószilárdság [4].

A vizsgálatok során irányonként – $LR0^\circ$, $LR45^\circ$, $LR90^\circ$, $LT45^\circ$, $LT90^\circ$, $RT45^\circ$ – 30 szíjács és ugyanennyi geszt, összesen mintegy 400 próbatesten történt nyomószilárdsági mérés, melyhez Instron 5985 univerzális anyagvizsgáló gép állt rendelkezésre. Ezen próbatestszám mellett mintegy 0,2 MPa pontossággal határozhatóak meg a szilárdsági értékek. A mérés menete az ISO 13061-17 szabvány alapján zajlott, mely többek között meghatározta, hogy a vizsgálatokat 1 és 5 perc közötti időre kell kalibrálni, míg a próbatest törése be nem következik [5]. A szabványban írtak eléréséhez alapvetően 0,6 mm/perc értéket kalibráltunk a műszer vizsgálati sebességéhez, viszont az anatómiai irányok, valamint eltérő szilárdságok végett $LT90^\circ$ és $LR45^\circ$ gesztminták esetén 1,2 mm/perc, $LR45^\circ$ szíjács és $LT45^\circ$ esetén 1,8 mm/perc értékre kellett növelni a sebességet. A nedvességtartalmat a nedves és az abszolút száraz tömeg segítségével határoztuk meg, amelyet a szabványban foglalt átszámító képlet (1) segítségével 12%-os légszáraz tömegre vonatkoztattunk. A nyomószilárdságot „ σ ” jelöli, „ U ” a nedvességtartalom, „ α ” egy korrekciós tényező, mely a nedvességtartalomra jutó szilárdságváltozást jellemzi, értéke 0,04 [5]:

$$\sigma_{12} = \sigma_U [1 + \alpha(U - 12)] \quad (1)$$

Az ily módon korrigált, maximum erő és a felület hányadosaként számított feszültségi értékek figyelembe vehetőek a szakirodalmi összehasonlításhoz, melyek szintén légszáraz szilárdságra vonatkoznak.

Meghatározásra került mindemellett a próbatestek rugalmassági modulusza, amely befolyásolja

a későbbiekben bemutatott görbék meredekségét is. Ehhez ki kell fejezni a fajlagos hosszváltozást a teljes hosszváltozás, valamint az eredeti hossz hányadosaként (2):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

A rugalmassági modulusz a nyomófeszültség és a hozzá tartozó fajlagos alakváltozás hányadosaként határozható meg az adatok ismeretében (3), a lineáris elasztikus tartományban:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

A számításokat a mérési hibák kizárását követően minden mintatest eredményein elvégeztük, majd kiértékelésre kerültek a minimum, maximum, átlag szórás figyelembevételével.

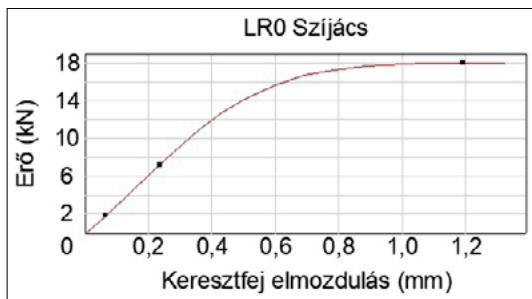
3. Eredmények és kiértékelésük

A vizsgálat során a műszer minden próbatestről erő-elmozdulás diagramot készített, melyen jól nyomon követhető a tönkremenetel és annak mértéke. Az egyes szakaszok jól elkülöníthetők minden esetben. Először a felületi kiegyenlítőds ment végbe, melyet egy lineárisan emelkedő szakasz követett, ez az erő egyenletes felvételét mutatta. Ennek meredekségét a rugalmassági modulusz mértéke határozta meg. A harmadik fázisban a próbatestben szemmel nem látható repedések mentek végbe a maximum erőfelvétel pontjáig. A faszerkezet roncsolódása, szemmel látható tönkremenetele a negyedik, utolsó szakaszban történt, melyet a műszer 40%-os visszaesésig folytatott. Minden vizsgálat a szemmel látható tönkremenetelig zajlott.

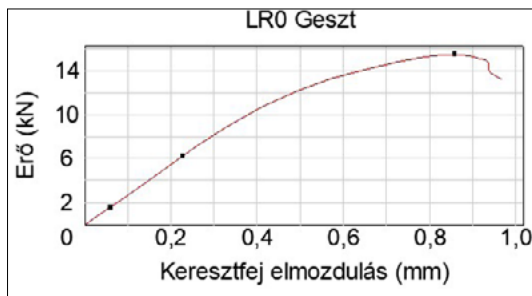
Az LR0 – szíjács-próbatestek erő-elmozdulás diagramján megfigyelhetők az egyes fázisok (2. ábra). A lineáris szakaszt egy elhajló görbe szakasz követi, a tönkremenetel a negyedik, utolsó szakaszban rajzolódott ki, ahol nem jellemző a hirtelen törés, csak kismértékű erőcsökkenés tapasztalható. A szilárdsági adatokat az 1–6. táblázatok tartalmazzák.

Ugyanezen irányban a geszt próbatestek valamennyivel kisebb mértékű erőfelvételt mutattak (3. ábra), a tönkremeneteli részben pedig sokkal jelentősebb mértékű csökkenés volt látható. A hirtelen ugrást a minta törése okozta.

A törésképekre a szakirodalom szerint longitudinális, rostokkal párhuzamos irányban több különböző alaptípust lehet megkülönböztetni, mint például összeroppanás, ék alakú hasadás, nyíródás, hasadás, összeroppanás és hasadás, valamint a végek elcsúszása, kinyílása [6]. A mérés során



2. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LR0-szíjács



3. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LR0-geszt



4. ábra. A próbatestek jellemző törésképe – LR0

ezekre a próbatestekre jellemző törésképet a következő ábra mutatja (4. ábra). Jól látható, hogy a legjellemzőbb törésképe a nyíródás, mely a geszt részek esetében kismértékű hasadással társult, a próbatest egyben maradásával, ez okozta a diagramon megjelenő törésképet is.

LR45 irányban a szíjácsminták jellemző diagramja (5. ábra) meredek lineáris szakasszal kezdődik, majd a harmadik, szemmel nem tapasztalható tönkremeneteli szakaszban minden esetben hirtelen váltás következett egy kisebb meredekségű szakaszra. A negyedik szakaszban folyamatos töredezés után hirtelen tönkremenetel ment végbe.

A geszt próbatestek a szíjáccsal ellentétben kisebb mereedségű görbét eredményeztek, kiemelkedő változás nélkül (6. ábra). A tönkremeneteli szakaszon a fokozatosan bekövetkező roppanások után egy hirtelen, a próbatest szétválását okozó törés keletkezett.

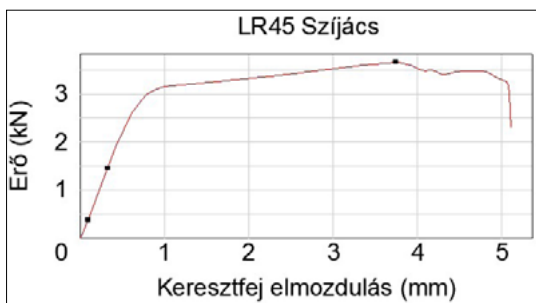
A törésképek (7. ábra) jellemzően a szíjács esetén összeroppanást és elnyíródást mutattak az évgűrűk mentén. A próbatestek egyben maradtak, jelentős maradó alakváltozással. A geszt minden esetben ridegen viselkedett, a törésképeket nyíródás jellemezte, amely a próbatest szétválását eredményezte, jelentős, maradandó alakváltozás nélkül.

Az LR90 szíjács próbatestek diagramja (8. ábra) egyenletes merekségű képet mutat, még a tönkremeneteli szakaszban sem mutatkozott hirtelen

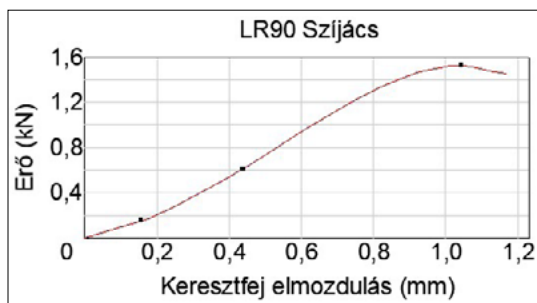
törés. A rostok fokozatosan, arányosan nyomódtak össze a vizsgálat során.

A gesztre (9. ábra) hasonló jelleggörbe vonatkozik, az utolsó szakaszt kivéve, ahol szinte minden esetben a maximum erőfelvétel pontja után jelentősebb esés mutatkozott, amely hirtelen roppanásra utalt. Ez a folyamat olyan gyorsan ment végbe, hogy a próbatest újra erőt kezdett el felvenni, melyet a kisebb emelkedő szakaszon tapasztalhattunk.

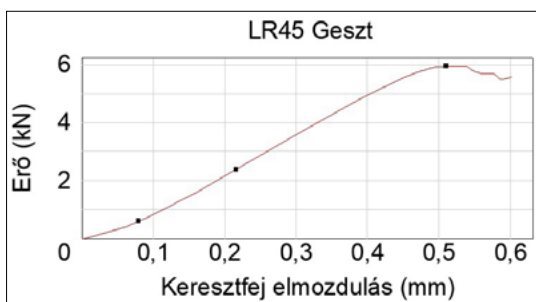
A szakirodalom szerint tangenciális és radiális irányban, a rostra merőleges nyomás jellemző törésképei a korai pászta egy területének összeroppanása (elnyíródás egy évgűrű mentén), valamint az évgűrűk kihajlása [6]. Szíjács esetében a korai pászta összeroppanása, míg a gesztre emellett a nyíródás is jellemző volt, amely az évgűrű kiválásában is megmutatkozott (10. ábra).



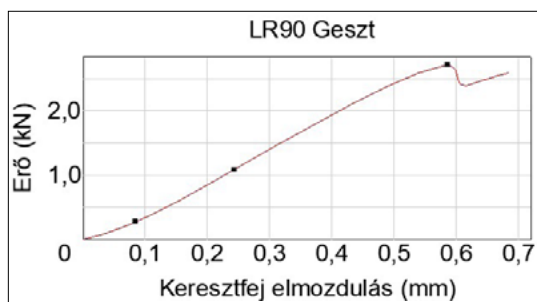
5. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LR45-szíjács



8. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LR90 szíjács



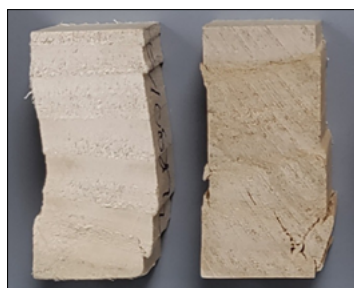
6. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LR45 geszt



9. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LR90 geszt



7. ábra. A próbatestek jellemző törésképe – LR45



10. ábra. A próbatestek jellemző törésképe – LR90

Az LT45 próbatetek közül a szíjács diagramja (11. ábra) az LR45 szíjácsnál tapasztalható ábrát mutatja, ugyanakkor a tönkremeneteli szakaszban itt nem jelentkeztek hirtelen változások, csekély intenzitással csökkenő szakaszt tapasztaltunk.

A gesztminták is hasonló görbét mutattak, a lineáris szakasz kisebb meredekségével (12. ábra). Az utolsó szakaszban fellépő gyors mértékű értéksökkenést a próbatest teljes törése okozta.

A törésképeket az LT45 próbatetek esetén (13. ábra) főleg nyíródás jellemezte, amely a szíjácsnál egyfajta „S” alakú tartós alakváltozással társult, a húzott oldalak szétnyílásával. Geszt esetén jelentős alakváltozás nélkül ment végbe a próbatetek szétválása.

LT90 esetén (14. ábra) viszonylag nagy meredekségű lineáris szakasz lépett fel, ugyanakkor a szemmel látható tönkremenetel nem jelentkezett törés formájában, ami a diagramon is látható.

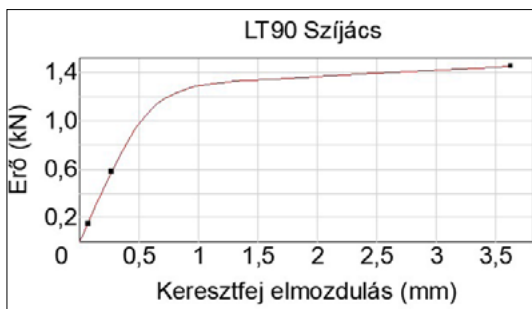
Az LT90 geszt próbatetek ezzel ellentétben nem jelentős, de könnyebben elkülöníthető tönkremenetelt mutattak a görbén (15. ábra).

Az LT90 próbatetek jellemző törésképe (16. ábra) az LR90 próbatetek esetében ismertett szakirodalommal vehető össze. Tangenciális irányra vonatkoztatva az évgűrűk kihajlása jellemzi, szíjács és geszt esetében is. Mindkét mintatípus maradó alakváltozást szenvedett el, amely a geszt esetén volt jelentősebb.

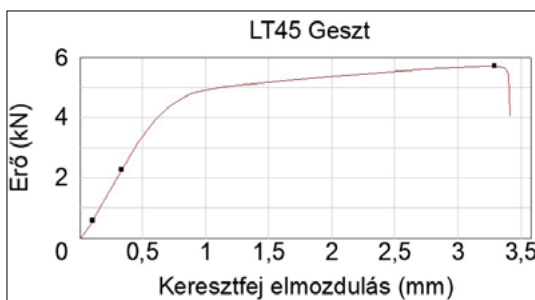
Az RT45 szíjács próbatetek (17. ábra) a maximum erőfelvétel pontját követően enyhe mere-



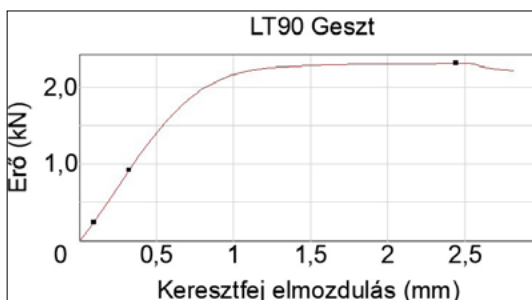
11. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LT45 szíjács



14. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LT90 szíjács



12. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LT45 geszt



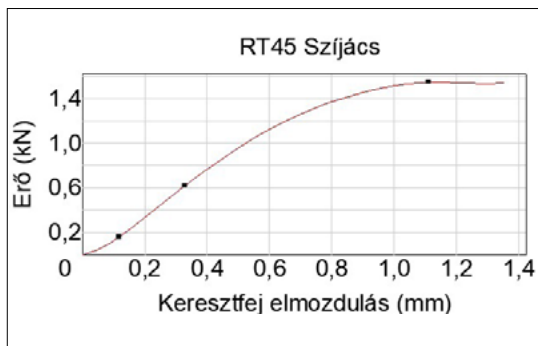
15. ábra. Erő-elmozdulás diagram – LT90 geszt



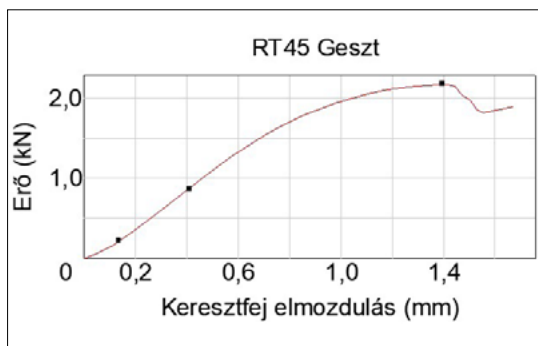
13. ábra. A próbatetek jellemző törésképe – LT45



16. ábra. A próbatetek jellemző törési képe – LT90



17. ábra. Erő-elmozdulás diagram – RT45 szíjács



18. ábra. Erő-elmozdulás diagram – RT45-geiszt

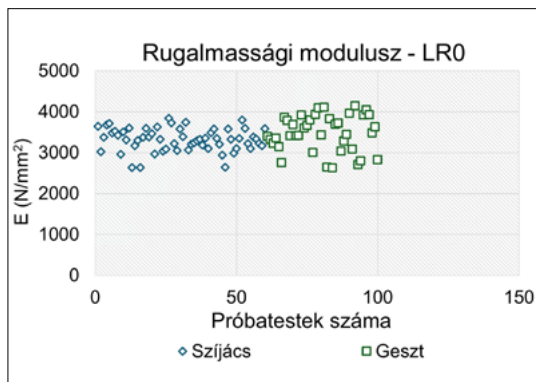


19. ábra. A próbatetek jellemző törési képe – RT45

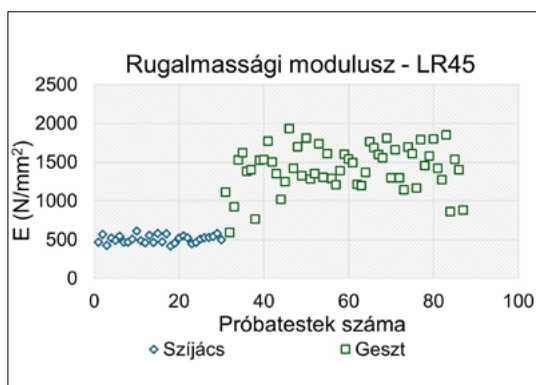
dekségű csökkenő szakasszal jelezték tönkremenetelüket, hirtelen törésképet nem mutatva.

A geszt erőváltozási görbéje hasonlóan alakult (18. ábra), ugyanakkor az utolsó szakaszban megjelent a fokozatos tönkremenetelre utaló csökkenő szakasz. Az egyes kis ugrások utaltak az évgűrűk törésére.

Jellemző tönkremenetel a tangenciális és radiális irányra vonatkoztatva az évgűrűk kihajlása (19. ábra). A töréskép a szíjácsnál szinte mindegyik évgűrűre vonatkozott, a gesztnél az egész próbatest maradandó kihajlást szenvedett.



20. ábra. Rugalmassági modulusz-értékek – LR0



21. ábra. Rugalmassági modulusz-értékek – LR45

A diagramok lineáris szakaszának meredekségét a rugalmassági modulusz határozza meg a lineáris elasztikus tartományban, melyet a korábban bemutatott képletek alapján lehet meghatározni. A következő ábrákon az egyes irányokra vonatkozó rugalmassági modulusz-értékek láthatóak, külön a szíjács és a geszt részekre vonatkozóan, az egyes próbatetek számának függvényében. A pontos átlagértékek táblázatban kerülnek bemutatásra.

Az LR0 minták esetében (20. ábra) mindegyik rész hasonló rugalmassági értékeket mutatott, a geszt minimálisan nagyobb átlaggal rendelkezett, ugyanakkor a szórása is nagyobb a szíjácsénál, mely a ridegebb viselkedésből adódott.

Az LR45 próbatetek értékei már jóval nagyobb különbségeket mutattak (21. ábra). Míg a szíjács szorosan illeszkedett egy értékhez, a geszt nagy szórást, ugyanakkor sokkal nagyobb eredményeket mutatott, nemcsak átlagban, hanem minimumértékeit is figyelembe véve.

Az LR90 próbatestek rugalmasságimodulusz-értékeinél szintén megfigyelhető a szíjács és geszt részek különbözősége (22. ábra). A szórás mind-egyik esetben jelentős, ugyanakkor egymáshoz képest jól elkülöníthető. A geszt nagyobb átlagértéket eredményezett.

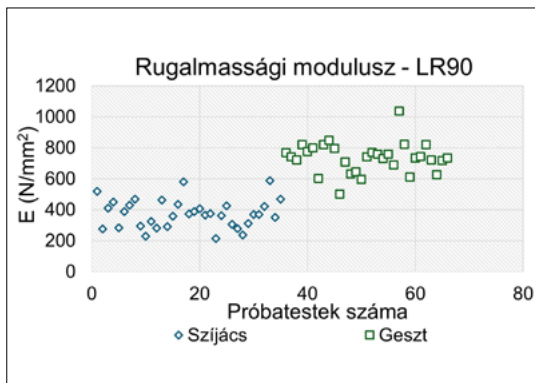
Az LT45 próbatestek eredményei (23. ábra) a rugalmasságimodulusz-értékeit illetően elkülönültek, ugyanakkor a geszt átlaga csak kismértékben haladta meg a szíjács átlagát. A geszt szórása nagyobb mértékű, minimum értékei a szíjács minimumai alatt voltak. Az LR45 próbatestekkel összehasonlítva a szíjács nagyobb szórással rendelkezett, a két farész közötti különbség ugyanakkor kevesebb lett.

LT90 irányban a szíjács- és gesztértékek szórása közel azonos mértékű, a szíjács átlaga a geszt értékeinek átlaga alatt maradt (24. ábra).

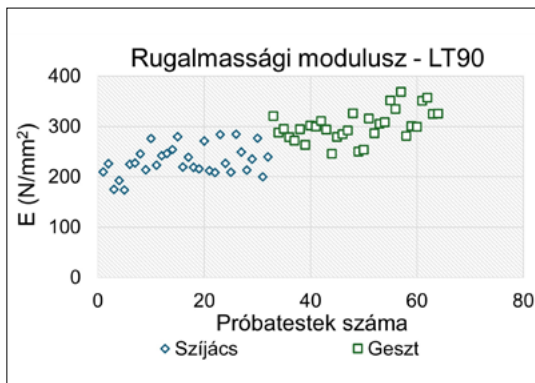
Az RT45 próbatestek rugalmasságimodulusz-értékei szíjács és geszt mellett vegyes csoportokra is osztódtak (25. ábra). A kísérlet olyan próbatestet tartalmazott, melyek a teljes hossz mentén a szíjács-geszt határt is magukban foglalták, s ebből

adódóan mindkét rész tulajdonságai jellemezték. A szórás mindegyik csoportnál nagymértékű volt, az átlagok ugyanakkor a geszt esetében nagyobbak. Jól kivehető, hogy a vegyes minták egyfajta átlagot képviseltek a két rész között.

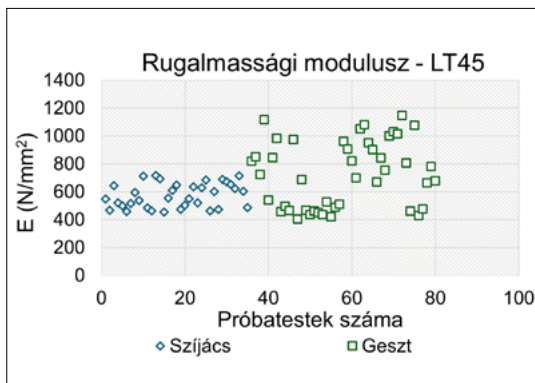
Az ismertetett eredmények alapján az alábbi táblázatok mutatják be a nyomószilárdságra, rugalmassági moduluszra vonatkozó átlagokat, minimum, maximum, szórás- és a szórásszázalék-értékeket, amelyek minél kisebbek, annál megbízhatóbb anyagviselkedésre utalnak. Az fc.k az alsó 5%-os kvantilis értékeire vonatkozik, melynek segítségével meghatározhatóvá válik a szilárdsági osztály. Az összehasonlítás alapjául a szerkezeti tervezésnél is használatos Eurocode 5 szabványsorozat szilárdsági értékei szolgáltak, melyek szintén a karakterisztikus érték alsó 5%-os kvantilisét veszik figyelembe [7]. A 45°-os próbatesteket nem tárgyalja a szabvány, így nem besorolhatóak (N. B.). Az LR0-ra a rosttal párhuzamos, az LR90 és az LT90-re a rostra merőleges irányú nyomás vonatkozik.



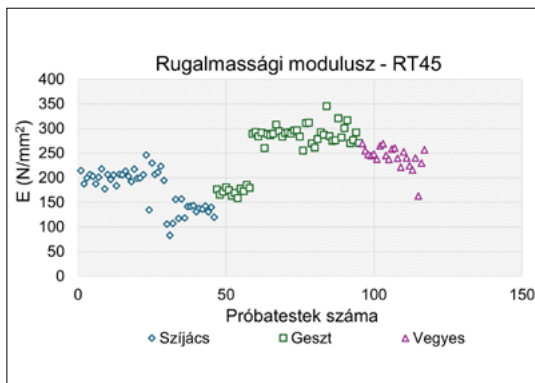
22. ábra. Rugalmasságimodulusz-értékek – LR90



24. ábra. Rugalmasságimodulusz-értékek – LT90



23. ábra. Rugalmasságimodulusz-értékek – LT45



25. ábra. Rugalmasságimodulusz-értékek – RT45

1. táblázat. LR0 – rosttal párhuzamos nyomás

LR0 – rosttal párhuzamos nyomás (N/mm ²)			
Szójács		Geszt	
Átlag	33,72	Átlag	33,02
Min.	24,71	Min.	21,48
Max.	38,18	Max.	41,01
Szórás	2,85	Szórás	5,17
Sz%	8,46	Sz%	15,66
Szójács és geszt			
σ_{12}	33,44	$f_{c,k}$	24,93
E_{mean}	3384	Szil. o.	C30

4. táblázat. LT45 – rostra 45°-os nyomás

LT45 – rostra 45°-os nyomás (N/mm ²)			
Szójács		Geszt	
Átlag	8,28	Átlag	9,19
Min.	6,88	Min.	6,02
Max.	9,43	Max.	14,09
Szórás	0,80	Szórás	2,80
Sz%	9,70	Sz%	30,42
Szójács és geszt			
σ_{12}	8,79	$f_{c,k}$	6,50
E_{mean}	661,1	Szil. o.	N. B.

2. táblázat. LR45 – rostra 45°-os nyomás

LR45 – rostra 45°-os nyomás (N/mm ²)			
Szójács		Geszt	
Átlag	7,26	Átlag	11,48
Min.	5,69	Min.	5,04
Max.	8,62	Max.	16,44
Szórás	0,64	Szórás	2,69
Sz%	8,88	Sz%	23,45
Szójács és geszt			
σ_{12}	10,02	$f_{c,k}$	5,74
E_{mean}	1108,5	Szil. o.	N. B.

5. táblázat. LT90 – rostra merőleges nyomás

LT90 – rostra merőleges nyomás(N/mm ²)			
Szójács		Geszt	
Átlag	2,62	Átlag	3,81
Min.	1,78	Min.	2,91
Max.	3,32	Max.	4,69
Szórás	0,40	Szórás	0,42
Sz%	15,20	Sz%	10,96
Szójács és geszt			
σ_{12}	3,22	$f_{c,k}$	2,49
E_{mean}	266,7	Szil. o.	C22

3. táblázat. LR90 – rostra merőleges nyomás

LR90 – rostra merőleges nyomás (N/mm ²)			
Szójács		Geszt	
Átlag	3,74	Átlag	5,93
Min.	2,87	Min.	4,48
Max.	4,53	Max.	8,83
Szórás	0,50	Szórás	0,91
Sz%	13,44	Sz%	15,32
Szójács és geszt			
σ_{12}	4,77	$f_{c,k}$	3,79
E_{mean}	543,6	Szil. o.	C50

6. táblázat. RT45 – rostra 45°-os nyomás

RT45 – rostra 45°-os nyomás (N/mm ²)			
Szójács		Geszt	
Átlag	2,46	Átlag	3,34
Min.	1,82	Min.	0,77
Max.	3,05	Max.	4,49
Szórás	0,41	Szórás	0,81
Sz%	16,86	Sz%	24,18
Vegyes		Sz + g + v	
Átlag	3,27	σ_{12}	2,98
Min.	2,96	E_{mean}	223,6
Max.	3,70	$f_{c,k}$	2,51
Szórás	0,21	Szil. o.	N. B.
Sz%	6,48		

4. Következtetések

A fenti mérési eredményekből azt lehetett megállapítani, hogy a faanyag a különböző irányokban jelentősen eltérő viselkedést mutatott. Ez kimutatható a vizsgálatok során kirajzolt diagramokból, melyek a viselkedésre, törnkremenetel típusára is utalnak. A szíjács és a geszt részek között a mérések során jelentős különbség volt megfigyelhető. A szíjács inkább rugalmas viselkedést mutatott, a rostok csúsztak, alakváltozást szenvedtek, de a próbatest egyben maradt. A geszt törnkremenelekor sokkal ridegebb törésképek keletkeztek, többnyire a minták szétválásával, rostok szakadásával, törésével. A rugalmassági moduluszok szintén jelentősen eltérő viselkedést hoztak a szíjács és geszt függvényében, melyek a táblázatokban is látható szórásértékekkel rendelkeztek. Mind a két farészt illetően együttesen is meghatározásra kerültek a rugalmassági modulusz és szilárdsági értékek, figyelembe véve azok együtt dolgozását. A gyakorlatban is behatárolható szilárdsági értékek meghatározásához az alsó 5%-os kvantilisek kiszámítását követően szilárdsági osztályba sorolás is történt. Az eredmények kimutatták, hogy a szíjács kisebb szilárdsági eredményei ellenére megbízhatóbb és rugalmasabb viselkedést mutatott, kis szórással. Ezzel szemben a geszt nagyobb mérési értékekkel rendelkezett, ugyanakkor rideg viselkedése nagyobb szórást mutatva kiszámíthatatlanabb végeredményt adott.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a szürke nyár szilárdsága eléri a szerkezeti fa szilárdsági követelményeit, így szerkezetépítési anyagként javasolható, és ezáltal az import fenyőanyag vele kiváltható.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Gálos B., Führer E.: *A klíma erdészeti célú előre vetítése*. Erdésettudományi Közlemények, 8/1. (2018) 43–55.
<https://www.doi.org/10.17164/EK.2018.003>
- [2] Molnár S., Farkas P.: *Nyár (nyár fajok) – Populus spp.* In: *Földünk ipari fái* (2nd ed.), Eds. Molnár S., Farkas P., Börzsök Z., Zoltán Gy., Photog. Richter H.G., & Szeles P., Faipari Tudományos Egyesület, Sopron, ISBN 978-963-12-5239-2, 97–99.
- [3] Askenazi E. K.: *Anizotropia dreveszinü i drevesznüh materialov (A fa- és faalapú anyagok anizotrópiája)*. 1. kiadás. Lesznaja Promüslennosztty, Moszkva, 1978. 97-99.
- [4] Szalai J.: *A faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság- és szilárdságtana*. 1. rész. A mechanikai tulajdonságok anizotrópiája. Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, 1994. 286–293.
- [5] EN ISO 13061-17: Physical and Mechanical Properties of Wood – Test Methods for Small Clear Wood Specimens-. Part 17: Determination of Ultimate Stress in Compression Parallel to Grain. 2017.
- [6] Bodig J.: *The Effect of Anatomy on the Initial Stress-Strain Relationship*. Forest Products Journal, 15/5. May 1965. 197-202.
- [7] Armuth M., Bodnár M.: *Fa tartószerkezetek – Tervezés az Eurocode alapján*. 3. aktualizált és bővített kiadás. Artifex Kiadó Kft., Budapest, 2018. 19.