

HAZAI LOMBOSFÁK JUVENILIS (BÉL KÖRÜLI) FAANYAGÁNAK ANATÓMIAI ÉS FIZIKAI SAJÁTÓSÁGAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A HAZAI ERDŐGAZDÁLKODÁSI VISZONYOKRA

2005-2007

AG_48954

KÍSÉRLETEKHEZ HASZNÁLT ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

A fa mint alapanyag már hosszú évezredek óta kíséri az emberiség fejlődését. A mai fogyasztói társadalomban a faanyag felhasználása is növekszik. Ezért a faipar törekszik a kihozatal növelésére. Ennek egyik lehetősége, hogy a faanyag kisebb értékű részét is hasznosítják. A bélkörűli faanyag (juvenilisfa) is a fa azon része, melyet az asztalos mesterek nem szívesen használnak fel. A faanyag eme belső részének vizsgálatát csak az utóbbi évtizedekben kutatták részletesebben, a kutatások főleg a fenyőkre irányultak. A lombos fafajok juvenilis farészeinek tulajdonságaira kevés adat áll rendelkezésünkre. A lombos fafajok bonyolultabb szerkezete miatt nehezebben találhatóak a juvenilisfa és a geszt tulajdonságai között olyan egyértelmű összefüggések mint a fenyőknél. Ezért ebben az OTKA kutatásban azt tűztük ki célul, hogy a hazai erdőgazdálkodásban jelentős lombos fafajok fontosabb anatómiai és fizikai paramétereit megvizsgálva megpróbálunk eltéréseket kimutatni az érettfá (geszt) és a juvenilisfa között. A vizsgálatokban 5 féle lombos fafajt vizsgáltunk, 3 gyűrűslikacsú- (kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), csertölgy (*Quercus cerris*), akác (*Robinia pseudoacacia*)) és 2 szórtlikacsú fafajt (bükk (*Fagus silvatica*), nyár 'I-214' (*Populus*)). A vizsgálatokhoz 1-1 külsőleg egészséges és egyéb fahibáktól mentes törzset választottunk. A rönk végéről korongot vágunk, ezen végeztük el az évgyűrűelemzést valamint az anatómiai vizsgálatokat. A rönk többi részét pedig szárítás után a mechanikai és fizikai tulajdonságok mérésekhez használtuk fel.

Anatómiai vizsgálatok

A mintatörzsekből kivett korongokon meghatároztuk az átlag átmérőt és innen vettünk mintát az anatómiai vizsgálatokhoz. Az átlag átmérő mentén végeztük az évgyűrűelemzést, mértük a korai-kései pászta arányát a gyűrűslikacsú fák esetén.

A kivett mintákból először a farostok hosszúságát határoztuk meg, mivel ez alapján megállapítható a juvenilisfa-érettfá rész határa. A vizsgálatoknál az első 30 évgyűrűnél 2 évenként, míg a többi farészben 5 évenként mértük a rosthosszúságot. A rosthosszúság méréshez a kései pászta alapszövetében a farostok közti középlemezt Jeffry oldattal feloldottuk, majd egy mikroszkóppal egybeépített számítógépes mérőrendszerrel határoztuk meg a farostok hosszát.

A további anatómiai vizsgálatokhoz mikroszkópos metszeteket készítettünk és ezen mértük, az edények átmérőjét, a farostok falvastagságát, illetve az edények, bélsugarak és farostok terület arányát a keresztmetszethez viszonyítva (3. melléklet).

Mechanikai tulajdonságok mérése

A mechanikai és fizikai tulajdonságok méréséhez a rönköket pallókra vágtuk, majd leszárítottuk 12%-os nedvesség tartalomra. A leszárított faanyagból alakítottuk ki a próbatesteket úgy, hogy a rönk teljes keresztmetszetét 10x10x1000 (sugár-, húr-, rost irány) mm-es rudacskákra osztottuk fel (2. melléklet). Ezeket a rudacskákat vágtuk fel hosszában a különböző mérésekhez. A próbatestek jelölésére a 1. mellékleten közölt jelölésrendszert használtuk.

A mechanikai mérésekhez az előkészített anyagokat a mérések előtt klímaszekrényben pihentettük (20 °C; 65 relatív páratartalom). A statikus mechanikai vizsgálatokhoz (nyomó-, hajlító-, húzószilárdság mérés) általános anyagvizsgáló gépet (4. melléklet), míg a dinamikus mechanikai vizsgálatokhoz (ütő-hajlító szilárdság mérés) Charpy-féle ütőművet (5. melléklet) használtunk.

A **nyomószilárdság** méréshez 10x10x15 (sugár-, húr-, rost irány) mm próbatesteket (6. melléklet) használtunk. A nyomószilárdság kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$\sigma_{ny} = \frac{F_{max}}{A} [MPa]$$

ahol: σ_{ny} : nyomószilárdság [MPa]
 F_{max} : maximális törőerő [N]
A: próbatest keresztmetszete [mm²]

A **hajlítószilárdság** méréséhez 10x10x150 (sugár-, húr-, rost irány) mm-es próbatesteket (6. melléklet) használtunk, az alátámasztási köz 120 mm volt. A próbatesteken a hajlítószilárdság mérésén kívül mértük a hajlító rugalmassági moduluszt is. A hajlítószilárdság kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$\sigma_{haj} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l}{2 \cdot a \cdot b^2} [MPa]$$

ahol: σ_{haj} : hajlítószilárdság [MPa]
 F_{max} : maximális törőerő [N]
l: alátámasztási köz (120 mm)
a: próbatest szélessége [mm]
b: próbatest vastagsága [mm]

A hajlító rugalmassági moduluszt a következő összefüggéssel számítottuk ki:

$$E = \frac{l^3}{4 \cdot a \cdot b^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta y} [MPa]$$

ahol: E: hajlító rugalmassági modulusz [MPa]
l: alátámasztási köz (120 mm)
a: próbatest szélessége [mm]
b: próbatest vastagsága [mm]
 ΔF : a rugalmassági határon belül mért erő különbség [N]
 Δy : a ΔF -hez tartozó lehajlás értéke [mm]

A **húzószilárdság** méréséhez 10x10 (sugár-, húr irány) mm keresztmetszetű befogó részű és 130 (rost irány) mm hosszú próbatesteket (6. melléklet) használtunk. A próbatestek középső részét a vizsgálatokhoz kikönyítettük, a középrész nyár esetén 3x10 mm, többi fafaj esetén 3x3 mm. A húzószilárdság kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$\sigma_h = \frac{F_{\max}}{A} [\text{MPa}]$$

ahol: σ_{ny} : húzószilárdság [MPa]
 F_{\max} : maximális törőerő [N]
A: próbatest keresztmetszete [mm²]

Az **ütő-hajlító szilárdság** méréséhez 10x10x130 (sugár-, húr-, rost irány) mm-es próbatestet (6. melléklet) használtunk, az alátámasztási köz 80 mm volt. Az ütő-hajlítószilárdság kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$w = \frac{a}{A} [\text{J} / \text{cm}^2]$$

ahol: w : ütő-hajlítószilárdság [J/cm²]
a: törő munka [J]
A: próbatest keresztmetszete [cm²]

Fizikai tulajdonságok vizsgálata

A fizikai mérések közül az abszolút száraz sűrűséget és a zsugorodási érték meghatározását végeztük el. A méréshez 10x10x15 (sugár-, húr-, rost irány) mm-es próbatesteket (6. melléklet) használtunk. Mindkét vizsgálatot ugyanazon próbatesten végeztük el. A méréshez az anyagot tömegállandóságig szárítottuk (105 °C-on), majd megmértük a tömegét és a befoglaló méreteket. Ezután az átlagos átmérő és az arra merőleges átmérő mentén két-két sor próbatestet vízbe (20 °C-os) helyeztünk 2 hétig. A vízből kivéve ismét megmértük a befoglaló méreteit. Az abszolút száraz sűrűség kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$$

ahol: ρ_0 : abszolút száraz sűrűség [g/cm³]
 m_0 : abszolút száraz tömeg [g]
 V_0 : abszolút száraz térfogat [cm³]

A zsugorodási érték kiszámításához a következő összefüggést alkalmaztuk:

$$Z_{h,s,r} = \frac{l_u - l_0}{l_u} \cdot 100 [\%]$$

ahol: $Z_{h,s,r}$: vonalas zsugorodási érték (húr, sugár, rost) [%]
 l_u : nedves méret [mm]
 l_0 : abszolút száraz méret [mm]

KUTATÁSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

Akác mérési eredményeinek kiértékelése

Az akác mintatörzs 35 éves volt, a külső 2 évgyűrű alkotta a szijácsot. A rosthosszúságmérés alapján a juvenilisfa határa a 12-14 évgyűrűnél állapítható meg, ez kb. az átmérő 1/3-a. A farostok hossza átlagosan a bél közelében 0,70 mm, mely a kéreg felé haladva emelkedik és 1,05-1,10 mm körül állandósul (1. ábra). A farostok falvastagságánál szintén hasonló jelenség figyelhető meg, a bél közelében 3,20-3,25 μm , mely 3,85-4,00 μm körül állandósul a 11-13. évgyűrű táján (2. ábra). Az edények a gyűrűslikacsú fák jellegét mutatják, azonban érdekes, hogy az első évben a szörtlikacsúakra jellemző tulajdonságok figyelhetőek meg (az edények mérete kisebb és az évgyűrűben egyenletesen elszórtan helyezkednek el). A korai pászta edényátmérőit vizsgálva is megfigyelhető, hogy az átlagos edényátmérő az első évgyűrűben nagyon alacsony kb.70 μm (ez a szörtlikacsú jelleggel magyarázható). A második évgyűrűben az átlagos edényátmérő már kb.135 μm , mely a kéreg felé haladva emelkedést mutat és a 12-13. évgyűrű körül állandósul 190-205 μm mérettel (3. ábra). A fontosabb anatómiai elemek arányát megfigyelve nem találtunk jelentős különbségeket az átmérő mentén haladva, az első évgyűrűt leszámítva ahol az edények aránya nagyon alacsony kb.1,5%, ebből adódóan a farostok aránya itt igen magas. A különböző sejtek a következő arányban találhatóak a keresztmetszeten: edények 11-17%, bélsugarak 20-24%, farostok 52-63% (4. ábra). Az évgyűrűelemzést elvégezve nem találtunk különbséget a juvenilisfa és az érett geszt között. Az évgyűrűkben a korai pászta mérete közel azonos 0,45-1,15 mm, míg a kései pásztáé 0,8-4,6 mm.

A belső farész sűrűségét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a bél és a körülötte lévő 2-3 évgyűrű sűrűsége kisebb (600-750 kg/m^3), mint az érett farész többi részében (750-850 kg/m^3) (9. ábra). A hajlítószilárdság mérésénél is megfigyelhető volt a sűrűségmérésnél tapasztalt tendencia. A nyomószilárdság a bélnél alacsonyabb (kb 62 MPa), az érett farész többi részén 70-90 MPa között változik (10. ábra). Az ütő-hajlító szilárdság értékei nagyon nagy mértékű változékonyságot mutatnak, az értékek 2-14 J/cm^2 között változnak, de itt is a bélnél volt mérhető a legalacsonyabb érték (11. ábra). A húzószilárdság értékei 110-160 MPa között változnak, és a bél közelében itt is alacsonyabbak a mért értékek. A zsugorodási értékeknél megfigyelhető, hogy az érett farészen belül az eltérések kis mértékűek, azonban a bélhez közeledve az évgyűrűk görbülete miatt nem függetleníthető egymástól a sugár és a húr irányú érték (a húrirányú zsugorodás kétszerese a sugár irányú zsugorodásnak).

Kocsánytalan tölgy mérési eredményeinek kiértékelése

A kocsánytalan tölgy mintatörzs 85 éves volt, a külső 4 évgyűrű alkotta a szijácsot. A rosthosszúságmérés alapján a juvenilisfa határa a 10-12 évgyűrűnél állapítható meg, ez kb. az átmérő 1/5-e. A farostok hossza átlagosan a bél közelében 0,80 mm, mely a kéreg felé haladva emelkedik és 1,20-1,28 mm körül állandósul (1. ábra). A farostok falvastagságánál szintén hasonló jelenség figyelhető meg, a bél közelében 3,40-3,50 μm , mely 4,30-4,60 μm körül állandósul a 10-11. évgyűrű táján (2. ábra). Az edények a gyűrűslikacsú fák jellegét mutatják, azonban érdekes, hogy az első évben (az akáchoz hasonlóan) a szörtlikacsúakra jellemző tulajdonságok figyelhetőek meg (az edények mérete kisebb és az évgyűrűben egyenletesen elszórtan helyezkednek el). A korai pászta edényátmérőit vizsgálva is megfigyelhető, hogy az átlagos edényátmérő az első évgyűrűben kb.120 μm , mely a kéreg felé haladva emelkedést mutat és a 9-10. évgyűrű körül állandósul 225-260 μm mérettel (3. ábra). A fontosabb anatómiai elemek arányát megfigyelve nem találtunk jelentős

különbségeket az átmérő mentén haladva, az első évgyűrűt leszámítva ahol az edények aránya nagyon alacsony kb.3%, ebből adódóan a farostok aránya itt igen magas. A különböző sejtek a következő arányban találhatóak a keresztmetszeten: edények 8-16%, bélsugarak 23-30%, farostok 52-62% (5. ábra). Az évgyűrűelemzést elvégezve azt tapasztaltuk, hogy az első 15-17 évben az évgyűrűszélesség emelkedik (3,0-4,5 mm évi sugár növekedés), ezután lassan csökken, majd 25 évgyűrű után 1-2 mm évi sugár növekedésnél állandósul. Az évgyűrűkben a korai pászta mérete közel azonos 0,45-1,15 mm, míg a kései pásztáé 0,7-4,6 mm. A belső farész sűrűségét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a bél körül lévő évgyűrűkben és az érett geszt belső részének is azonos a sűrűsége (750-850 kg/m³). A 20-22. évgyűrűtől a szíjács felé haladva azonban a sűrűség csökken és a geszt szélén már csak 600-650 kg/m³ (12. ábra). A nyomószilárdság mérésénél is megfigyelhető volt a sűrűségmérésnél tapasztalt tendencia, azzal a különbséggel, hogy itt a bél körüli 2-3 évgyűrűnél kissé alacsonyabb a szilárdság (13. ábra). Az ütő-hajlító-, és a hajlítószilárdság értékei nagyon nagy mértékű változékonyságot mutatnak (ütő-hajlító szilárdság: 1,8-5,4 J/cm², hajlítószilárdság: 75-145 MPa), de a bél körüli évgyűrűk szilárdsági értékei közt vannak nagyon alacsonyak. A húzószilárdság értékei 110-160 MPa között változnak és a bél közelében itt is alacsonyabbak a mért értékek. A zsugorodási értékek a sűrűséghez hasonló tendenciákat mutatnak, de itt is tapasztalható, hogy a bélhez közeledve az évgyűrűk görbülete miatt nem függetleníthetők egymástól a sugár és a húr irányú értékek egymásra hatása (a húr irányú zsugorodás kétszerese a sugár irányú zsugorodásnak).

Csertölgy mérési eredményeinek kiértékelése

A csertölgy mintatörzs 80 éves volt, a külső 19 évgyűrű alkotta a szíjácsot. A rosthosszúságmérés alapján a juvenilisfa határa a 12-14 évgyűrűnél állapítható meg, ez kb. az átmérő 1/5-e. A farostok hossza átlagosan a bél közelében 0,70 mm, mely a kéreg felé haladva emelkedik és 1,12-1,18 mm körül állandósul (1. ábra). A farostok falvastagságánál szintén hasonló jelenség figyelhető meg, a bél közelében 3,80-3,90 μm, mely 5,25-5,70 μm körül állandósul a 10-11. évgyűrű táján (2. ábra). Az edények a gyűrűlikacsú fák jellegét mutatják, azonban érdekes, hogy az első évben (az akáchoz és a kocsányos tölgyhöz hasonlóan) a szörtlikacsúakra jellemző tulajdonságok figyelhetőek meg (az edények mérete kisebb és az évgyűrűben egyenletesen elszórtan helyezkednek el). A korai pászta edényátmérőit vizsgálva is megfigyelhető, hogy az átlagos edényátmérő az első évgyűrűben kb.150 μm, mely a kéreg felé haladva emelkedést mutat és a 8-10. évgyűrű körül állandósul 225-260 μm mérettel (3. ábra). A fontosabb anatómiai elemek arányát megfigyelve nem találtunk jelentős különbségeket az átmérő mentén haladva, az első évgyűrűt leszámítva ahol az edények aránya nagyon alacsony kb.2%, ebből adódóan a farostok aránya itt igen magas. A különböző sejtek a következő arányban találhatóak a keresztmetszeten: edények 10-17%, bélsugarak 21-28%, farostok 41-53% (6. ábra). Az évgyűrűelemzést elvégezve azt tapasztaltuk, hogy az első 15-17 évben az évgyűrűszélesség emelkedik (3,0-4,0 mm évi sugár növekedés), ezután lassan csökken a szíjács irányába. Az évgyűrűkben a korai pászta mérete közel azonos 0,3-0,7 mm, míg a kései pásztáé 0,7-4,6 mm.

A belső farész sűrűségét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a bél körül lévő évgyűrűknek és az érett gesztenek is azonos a sűrűsége (750-850 kg/m³) (14. ábra). A nyomószilárdságnál megfigyelhető volt, hogy a nyomószilárdsági értékek a bélkörüli 20 évgyűrűnél alacsonyabbak (40-55MPa), mint a geszt többi részén (60-67 MPa) (15. ábra). Az ütő-hajlító szilárdság értékei közt nagy eltérések vannak (0,5-8,0 J/cm²) és a bél körüli 10-15 évgyűrű értékei a legalacsonyabbak a geszten belül (16. ábra). A hajlító- és a húzószilárdság értékei is változékonyságot mutatnak (hajlítószilárdság: 40-140 MPa; húzószilárdság: 85-160 MPa), de

nem állapítható meg olyan terület a geszten belül ahol az értékek egységesen alacsony értékkel rendelkeznek. A zsugorodási értékek a sűrűséghez hasonló tendenciákat mutatnak, de itt is tapasztalható, hogy a bélhez közeledve az évgyűrűk görbülete miatt nem függetleníthetők egymástól a sugár és a húr irányú értékek egymásra hatása (a húrirányú zsugorodás kétszerese a sugár irányú zsugorodásnak).

Bükk mérési eredményeinek kiértékelése

A bükk mintatörzs 88 éves volt és nem tartalmazott álgesztet. A rosthosszúságmérés alapján a juvenilisfa határa a 18-20 évgyűrűnél állapítható meg, ez kb. az átmérő 1/5-e. A farostok hossza átlagosan a bél közelében 0,75 mm, mely a kéreg felé haladva emelkedik és 0,98-1,06 mm körül állandósul (1. ábra). A farostok falvastagságánál szintén hasonló jelenség figyelhető meg, a bél közelében 4,50-4,60 μm , mely 6,60-7,10 μm körül állandósul a 17-19. évgyűrű táján (2. ábra). Az edények a szórtlikacsú fák jellegét mutatják. Az évgyűrűk edényátmérőit vizsgálva megfigyelhető, hogy az átlagos edényátmérő 32-50 μm körüli érték, a beltől a kéreg felé haladva tapasztalható nagyon kis mértékű méret növekedés (3. ábra). A fontosabb anatómiai elemek arányát megfigyelve nem találtunk jelentős különbségeket az átmérő mentén haladva. A különböző sejtek a következő arányban találhatóak a keresztmetszeten: edények 22-27%, bélsugarak 24-29%, farostok 41-49% (7. ábra). Az évgyűrűelemzést elvégezve azt tapasztaltuk, hogy a fatesten belül nem állapítható meg egyértelmű változás az évgyűrűségeiben és az értékek tág határok közt változnak (1,0-4,5 mm).

A sűrűségét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a fatest jelentős részén közel azonos a sűrűség értéke (550-650 kg/m^3), viszont egy kis területen jelentősen magasabb (750-800 kg/m^3), de ez nem hozható összefüggésbe a bélkörűli farésszel (17. ábra). A nyomószilárdság értékei között nem találtunk jelentős eltérést az évgyűrűn belül (55-65 MPa) azonban, megfigyelhető, hogy ahol a sűrűség magasabb volt ott magasabb a nyomószilárdság is (18. ábra). Az ütő-hajlító-, a hajlító- és a húzószilárdság értékei nagy változékonyságot mutatnak, de hasonlóan itt is a sűrűbb területeken magasabb a szilárdság. A bél körűli első 20-30 évgyűrűnél alacsonyabb szilárdsági értékek voltak tapasztalhatóak. Az ütő-hajlító szilárdságértéke 1,0-6,5 J/cm^2 (19. ábra), a hajlítószilárdságé 85-130 MPa; a húzószilárdságé 55-90 MPa. A zsugorodási értékek a sűrűséghez hasonló tendenciákat mutatnak, de itt is tapasztalható, hogy a bélhez közeledve az évgyűrűk görbülete miatt nem függetleníthetők egymástól a sugár és a húr irányú értékek egymásra hatása (a húrirányú zsugorodás kétszerese a sugár irányú zsugorodásnak).

Nyár mérési eredményeinek kiértékelése

A nyár mintatörzs 28 éves volt és nem tartalmazott álgesztet. A rosthosszúságmérés alapján a juvenilisfa határa a 10-12 évgyűrűnél állapítható meg, ez kb. az átmérő 1/2-e. A farostok hossza átlagosan a bél közelében 0,83 mm, mely a kéreg felé haladva emelkedik és 1,17-1,28 mm körül állandósul (1. ábra). A farostok falvastagságánál nem tapasztaltunk kimutatható eltérést a fatesten belül. A farostok falvastagsága átlagosan 2,20-2,50 μm körűli érték volt (2. ábra). Az edények a szórtlikacsú fák jellegét mutatják. Az évgyűrűk edényátmérőit vizsgálva megfigyelhető, hogy az átlagos edényátmérő 30-50 μm körűli érték, a beltől a kéreg felé haladva tapasztalható nagyon kis mértékű méretnövekedés (3. ábra). A fontosabb anatómiai elemek arányát megfigyelve nem találtunk jelentős különbségeket az átmérő mentén haladva. A különböző sejtek a következő arányban találhatóak a keresztmetszeten: edények 24-29%, bélsugarak 24-30%, farostok 42-49% (8. ábra). Az évgyűrűelemzést elvégezve azt

tapasztaltuk, hogy a fatesten belül nem figyelhető meg egyértelmű változás az évgyűrűszélességben és az értékek tág határok közt változnak (3-10 mm).

A sűrűségét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a teljes fatesten belül közel azonos a sűrűség értéke (350-450 kg/m³) (20. ábra), de a bél körüli 1-2 évgyűrűben ennél kicsit magasabb (470-550 kg/m³). A nyomószilárdság értékei között nem találtunk jelentős eltérést az évgyűrűn belül (30-40 MPa, néhány kiugró értéken kívül) (21. ábra). Az ütő-hajlító-, a hajlító- és a húzószilárdság értékei nagy változékonyságot mutatnak (ütő-hajlító szilárdság: 1,0-4,0 J/cm², hajlítószilárdság: 55-90 MPa; húzószilárdság: 35-60 MPa), azonban nem állapítható meg olyan terület a fatesten belül ahol az értékek egységesen alacsony vagy magas értéket mutatnának. A zsugorodási értékek a sűrűséghez hasonló tendenciákat mutatnak, de itt is tapasztalható, hogy a bélhez közeledve az évgyűrűk görbülete miatt nem függetleníthetők egymástól a sugár és a húr irányú értékek egymásra hatása (a húr irányú zsugorodás kétszerese a sugár irányú zsugorodásnak).

ÖSSZEGZÉS

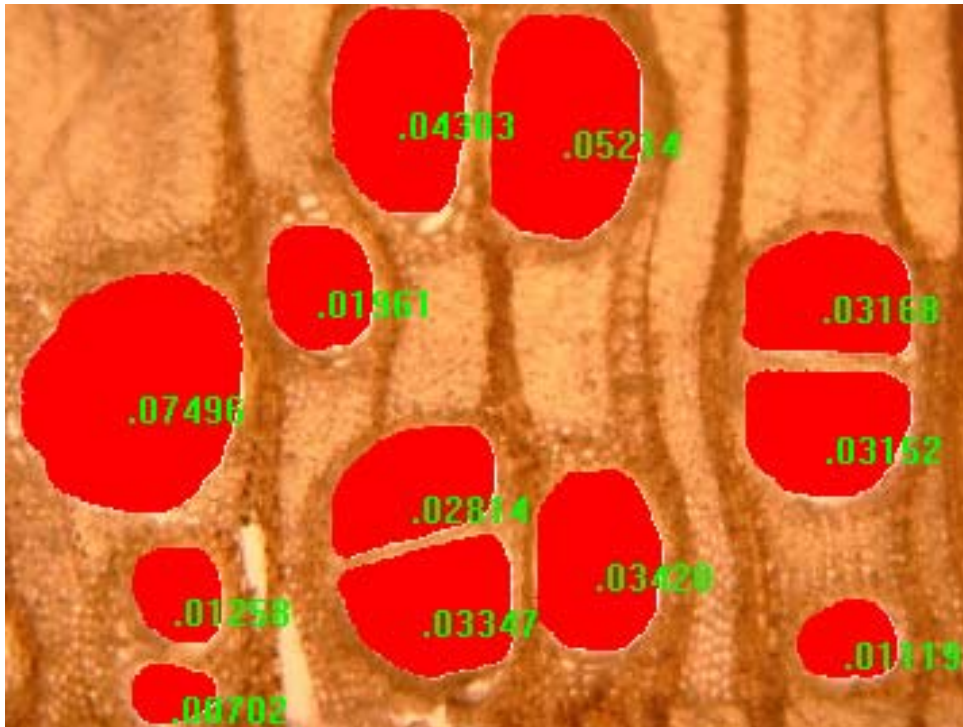
Kutatómunkánk eredményeként megállapítottuk, hogy mind a szórtlikacsú (bükk - *Fagus silvatica*, nyár *Populus 'I-214'*) mind a gyűrűslikacsú fák (kocsánytalan tölgy - *Quercus petraea*, csertölgy - *Quercus cerris*, akác (*Robinia pseudoacacia*) esetén farostok hosszúsága, falvastagsága, edényeinek (gyűrűslikacsú fáknál a korai pászta edényeinek) átmérője a beltől a juvenilis határ felé haladva emelkedik, majd az érett fában állandósul. A jelenség fafajonként eltérő módon mutatkozik meg. Az általunk mért lombos fák esetében a juvenilis határt a bükk kivételével (bükknél: 18-20.) 10-14 évnél határoztuk meg. A fatestet felépítő sejtek arányaiban nem találtunk olyan eltérést, mely összefüggésbe hozható lenne a juvenilis fával. A sűrűségmérésnél nyár kivételével (itt ellenkező tendencia figyelhető meg) az összes vizsgált fafajnál a bélkörüli faanyag sűrűsége kisebb értékeket vett fel az érett fáéhoz viszonyítva. A nyomószilárdsági értékek a sűrűségi értékekkel mutattak szoros kapcsolatot. A hajlító-, ütő-hajlító, és húzószilárdságok tekintetében nem mutatható ki statisztikailag igazolható különbség a juvenilis fa és az érett fa között, bár megfigyelhető, hogy a bél körüli farész általában alacsonyabb szilárdsági értékekkel rendelkezik. A maximális zsugorodási értékeket megvizsgálva megállapítottuk, hogy a fatest nagy részén közel azonos értékek mérhetők, a maximális méretváltozások értékei mnem hozhatók összefüggésbe a juvenilis fa jelenlétével

MELLÉKLETEK

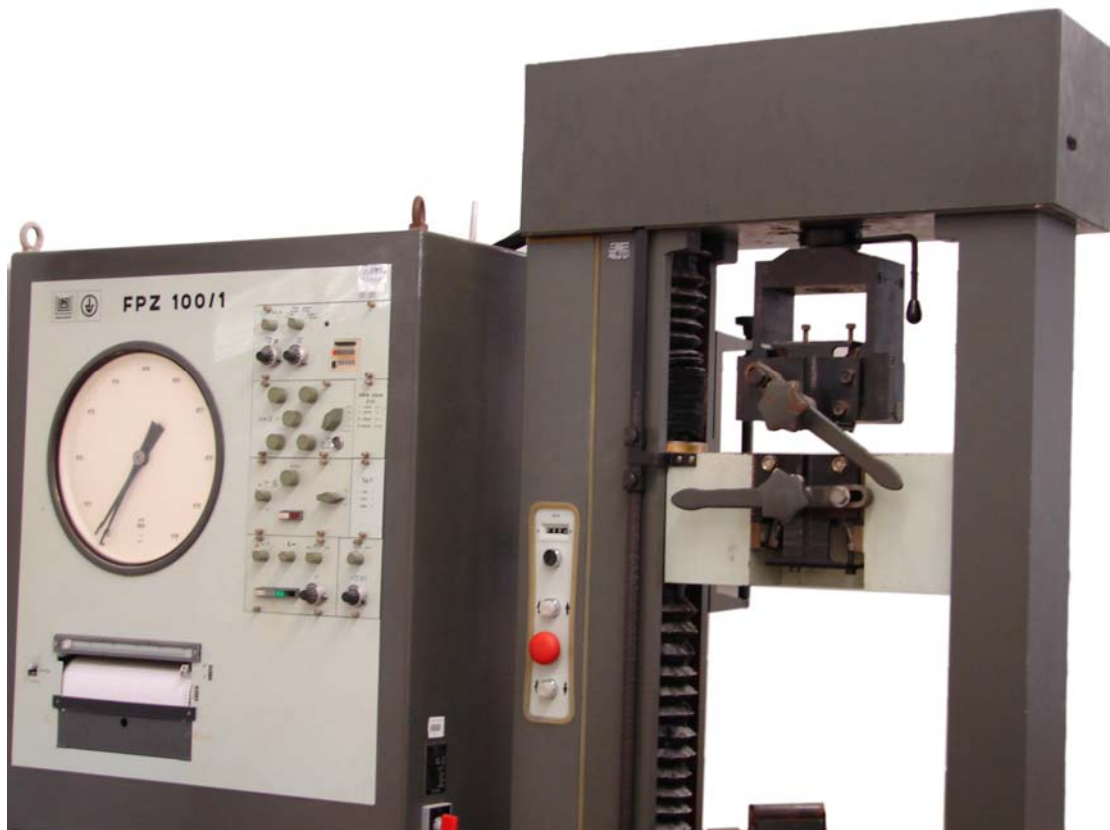
		első szám																													
		-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	-15/15	-14/15	-13/15	-12/15	-11/15	-10/15	-9/15	-8/15	-7/15	-6/15	-5/15	-4/15	-3/15	-2/15	-1/15	1/15	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15	14/15	15/15	
14	-15/14	-14/14	-13/14	-12/14	-11/14	-10/14	-9/14	-8/14	-7/14	-6/14	-5/14	-4/14	-3/14	-2/14	-1/14	1/14	2/14	3/14	4/14	5/14	6/14	7/14	8/14	9/14	10/14	11/14	12/14	13/14	14/14	15/14	
13	-15/13	-14/13	-13/13	-12/13	-11/13	-10/13	-9/13	-8/13	-7/13	-6/13	-5/13	-4/13	-3/13	-2/13	-1/13	1/13	2/13	3/13	4/13	5/13	6/13	7/13	8/13	9/13	10/13	11/13	12/13	13/13	14/13	15/13	
12	-15/12	-14/12	-13/12	-12/12	-11/12	-10/12	-9/12	-8/12	-7/12	-6/12	-5/12	-4/12	-3/12	-2/12	-1/12	1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12	13/12	14/12	15/12	
11	-15/11	-14/11	-13/11	-12/11	-11/11	-10/11	-9/11	-8/11	-7/11	-6/11	-5/11	-4/11	-3/11	-2/11	-1/11	1/11	2/11	3/11	4/11	5/11	6/11	7/11	8/11	9/11	10/11	11/11	12/11	13/11	14/11	15/11	
10	-15/10	-14/10	-13/10	-12/10	-11/10	-10/10	-9/10	-8/10	-7/10	-6/10	-5/10	-4/10	-3/10	-2/10	-1/10	1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10	
9	-15/9	-14/9	-13/9	-12/9	-11/9	-10/9	-9/9	-8/9	-7/9	-6/9	-5/9	-4/9	-3/9	-2/9	-1/9	1/9	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	9/9	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9	
8	-15/8	-14/8	-13/8	-12/8	-11/8	-10/8	-9/8	-8/8	-7/8	-6/8	-5/8	-4/8	-3/8	-2/8	-1/8	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	
7	-15/7	-14/7	-13/7	-12/7	-11/7	-10/7	-9/7	-8/7	-7/7	-6/7	-5/7	-4/7	-3/7	-2/7	-1/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	8/7	9/7	10/7	11/7	12/7	13/7	14/7	15/7	
6	-15/6	-14/6	-13/6	-12/6	-11/6	-10/6	-9/6	-8/6	-7/6	-6/6	-5/6	-4/6	-3/6	-2/6	-1/6	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6	8/6	9/6	10/6	11/6	12/6	13/6	14/6	15/6	
5	-15/5	-14/5	-13/5	-12/5	-11/5	-10/5	-9/5	-8/5	-7/5	-6/5	-5/5	-4/5	-3/5	-2/5	-1/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5	6/5	7/5	8/5	9/5	10/5	11/5	12/5	13/5	14/5	15/5	
4	-15/4	-14/4	-13/4	-12/4	-11/4	-10/4	-9/4	-8/4	-7/4	-6/4	-5/4	-4/4	-3/4	-2/4	-1/4	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	12/4	13/4	14/4	15/4	
3	-15/3	-14/3	-13/3	-12/3	-11/3	-10/3	-9/3	-8/3	-7/3	-6/3	-5/3	-4/3	-3/3	-2/3	-1/3	1/3	2/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3	9/3	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	15/3	
2	-15/2	-14/2	-13/2	-12/2	-11/2	-10/2	-9/2	-8/2	-7/2	-6/2	-5/2	-4/2	-3/2	-2/2	-1/2	1/2	2/2	3/2	4/2	5/2	6/2	7/2	8/2	9/2	10/2	11/2	12/2	13/2	14/2	15/2	
1	-15/1	-14/1	-13/1	-12/1	-11/1	-10/1	-9/1	-8/1	-7/1	-6/1	-5/1	-4/1	-3/1	-2/1	-1/1	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1	13/1	14/1	15/1	
-1	-15/1	-14/1	-13/1	-12/1	-11/1	-10/1	-9/1	-8/1	-7/1	-6/1	-5/1	-4/1	-3/1	-2/1	-1/1	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1	13/1	14/1	15/1	
-2	-15/2	-14/2	-13/2	-12/2	-11/2	-10/2	-9/2	-8/2	-7/2	-6/2	-5/2	-4/2	-3/2	-2/2	-1/2	1/2	2/2	3/2	4/2	5/2	6/2	7/2	8/2	9/2	10/2	11/2	12/2	13/2	14/2	15/2	
-3	-15/3	-14/3	-13/3	-12/3	-11/3	-10/3	-9/3	-8/3	-7/3	-6/3	-5/3	-4/3	-3/3	-2/3	-1/3	1/3	2/3	3/3	4/3	5/3	6/3	7/3	8/3	9/3	10/3	11/3	12/3	13/3	14/3	15/3	
-4	-15/4	-14/4	-13/4	-12/4	-11/4	-10/4	-9/4	-8/4	-7/4	-6/4	-5/4	-4/4	-3/4	-2/4	-1/4	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	8/4	9/4	10/4	11/4	12/4	13/4	14/4	15/4	
-5	-15/5	-14/5	-13/5	-12/5	-11/5	-10/5	-9/5	-8/5	-7/5	-6/5	-5/5	-4/5	-3/5	-2/5	-1/5	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5	6/5	7/5	8/5	9/5	10/5	11/5	12/5	13/5	14/5	15/5	
-6	-15/6	-14/6	-13/6	-12/6	-11/6	-10/6	-9/6	-8/6	-7/6	-6/6	-5/6	-4/6	-3/6	-2/6	-1/6	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6	8/6	9/6	10/6	11/6	12/6	13/6	14/6	15/6	
-7	-15/7	-14/7	-13/7	-12/7	-11/7	-10/7	-9/7	-8/7	-7/7	-6/7	-5/7	-4/7	-3/7	-2/7	-1/7	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	8/7	9/7	10/7	11/7	12/7	13/7	14/7	15/7	
-8	-15/8	-14/8	-13/8	-12/8	-11/8	-10/8	-9/8	-8/8	-7/8	-6/8	-5/8	-4/8	-3/8	-2/8	-1/8	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	
-9	-15/9	-14/9	-13/9	-12/9	-11/9	-10/9	-9/9	-8/9	-7/9	-6/9	-5/9	-4/9	-3/9	-2/9	-1/9	1/9	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	9/9	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9	
-10	-15/10	-14/10	-13/10	-12/10	-11/10	-10/10	-9/10	-8/10	-7/10	-6/10	-5/10	-4/10	-3/10	-2/10	-1/10	1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10	
-11	-15/11	-14/11	-13/11	-12/11	-11/11	-10/11	-9/11	-8/11	-7/11	-6/11	-5/11	-4/11	-3/11	-2/11	-1/11	1/11	2/11	3/11	4/11	5/11	6/11	7/11	8/11	9/11	10/11	11/11	12/11	13/11	14/11	15/11	
-12	-15/12	-14/12	-13/12	-12/12	-11/12	-10/12	-9/12	-8/12	-7/12	-6/12	-5/12	-4/12	-3/12	-2/12	-1/12	1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12	13/12	14/12	15/12	
-13	-15/13	-14/13	-13/13	-12/13	-11/13	-10/13	-9/13	-8/13	-7/13	-6/13	-5/13	-4/13	-3/13	-2/13	-1/13	1/13	2/13	3/13	4/13	5/13	6/13	7/13	8/13	9/13	10/13	11/13	12/13	13/13	14/13	15/13	
-14	-15/14	-14/14	-13/14	-12/14	-11/14	-10/14	-9/14	-8/14	-7/14	-6/14	-5/14	-4/14	-3/14	-2/14	-1/14	1/14	2/14	3/14	4/14	5/14	6/14	7/14	8/14	9/14	10/14	11/14	12/14	13/14	14/14	15/14	
-15	-15/15	-14/15	-13/15	-12/15	-11/15	-10/15	-9/15	-8/15	-7/15	-6/15	-5/15	-4/15	-3/15	-2/15	-1/15	1/15	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15	14/15	15/15	

második szám

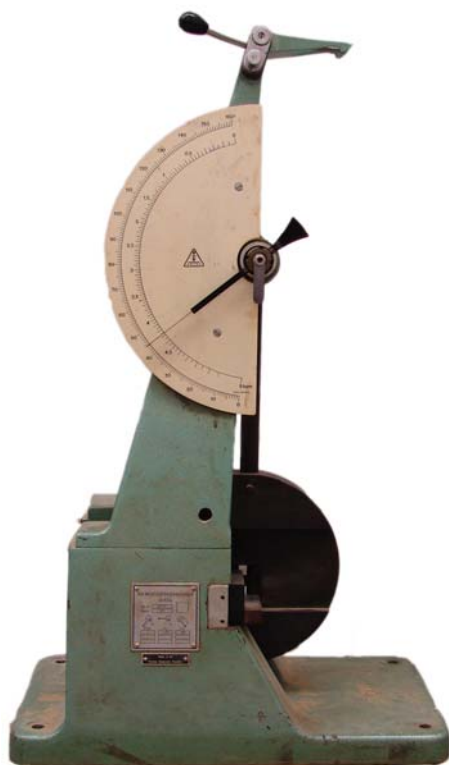
1. melléklet Jelölési rendszer



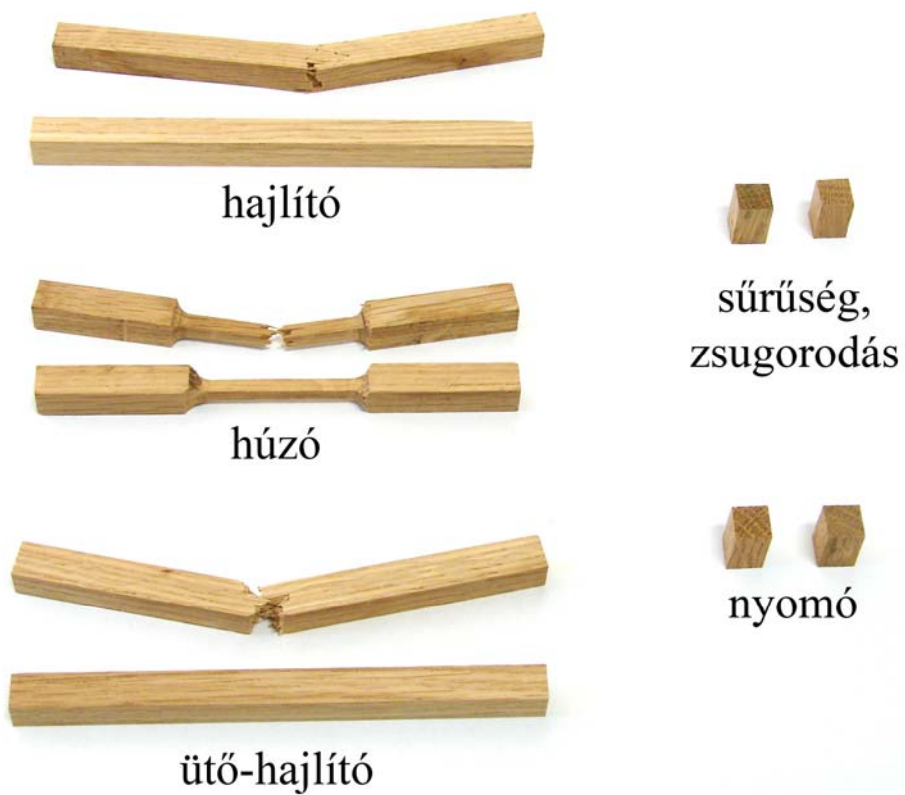
3. melléklet Sejtek méretének megállapítása mérőprogrammal



4. melléklet FPZ 100/1-es általános anyagvizsgáló berendezés

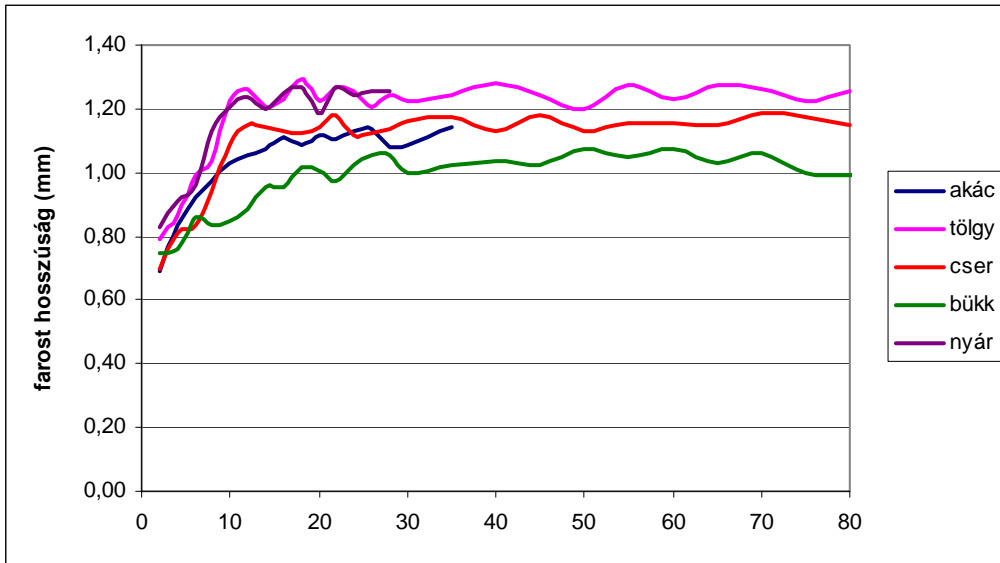


5. melléklet Charpy inga

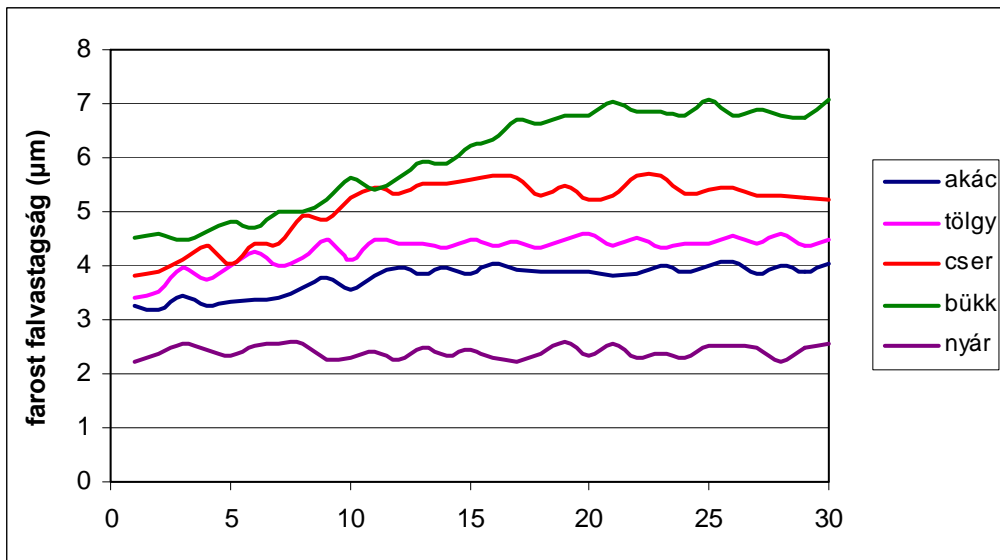


6. melléklet A különböző szilárdság mérési próbatestek vizsgálat előtt és után

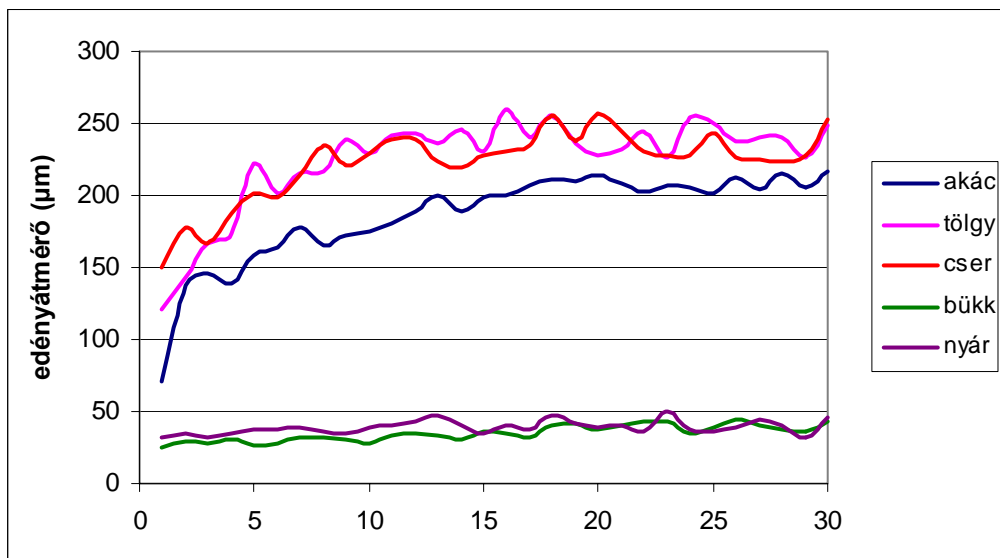
ÁBRÁK



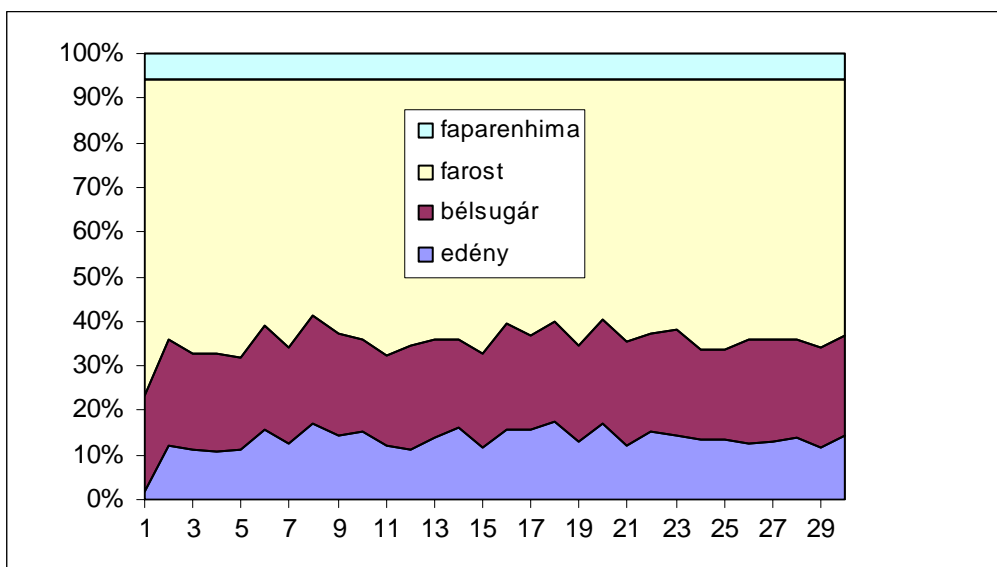
1. ábra Átlagos farost hosszúság értékei az első 30 évgyűrűben



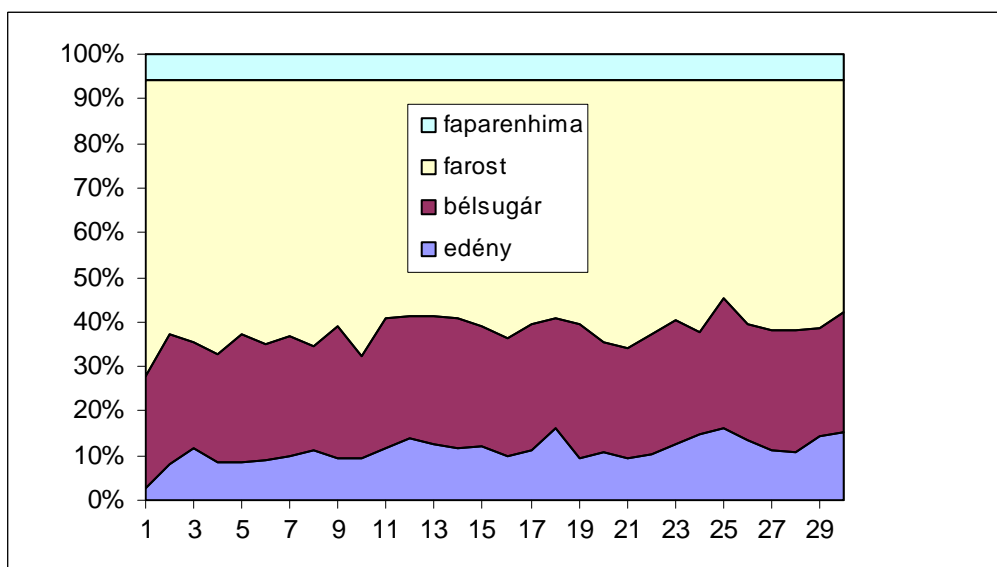
2. ábra Átlagos farost falvastagság értékei az első 30 évgyűrűben



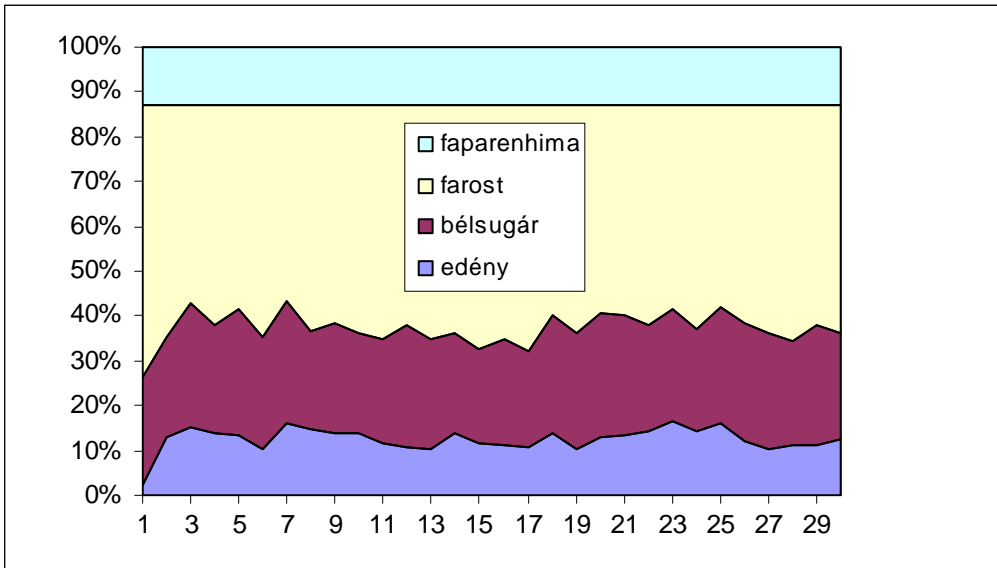
3. ábra Átlagos edény átmérők értékei az első 30 évgyűrűben



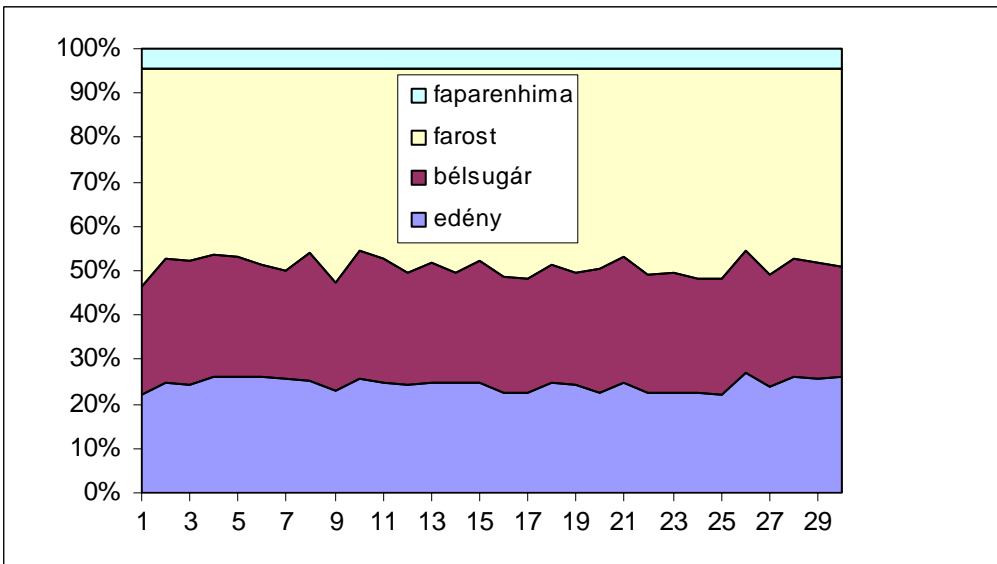
4. ábra Főbb alkotó sejtek %-os értékei akácánál az első 30 évgyűrűben



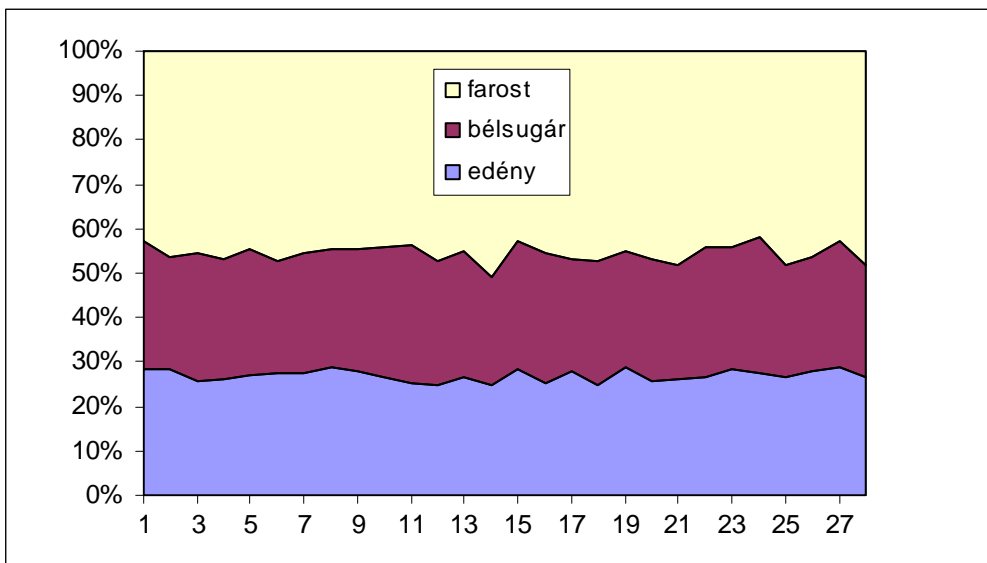
5. ábra Főbb alkotó sejtek %-os értékei kocsánytalan tölgnél az első 30 évgyűrűben



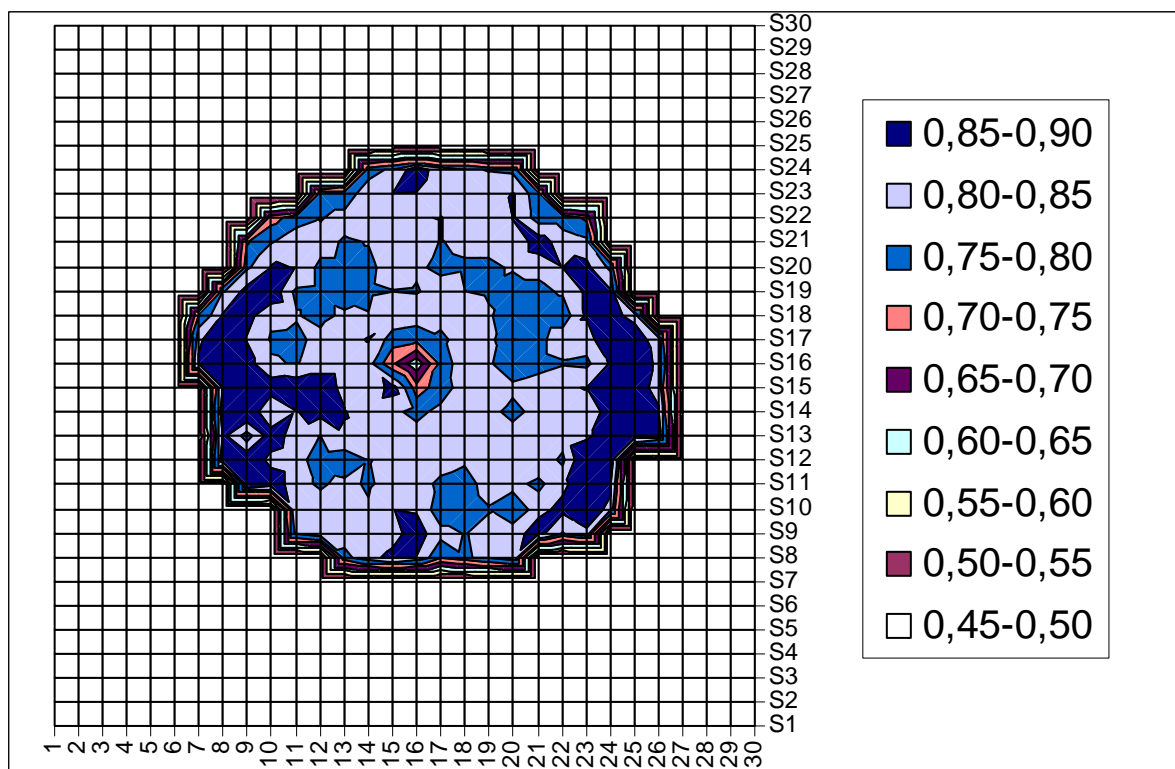
6. ábra Főbb alkotó sejtek %-os értékei csertölgynél az első 30 évgyűrűben



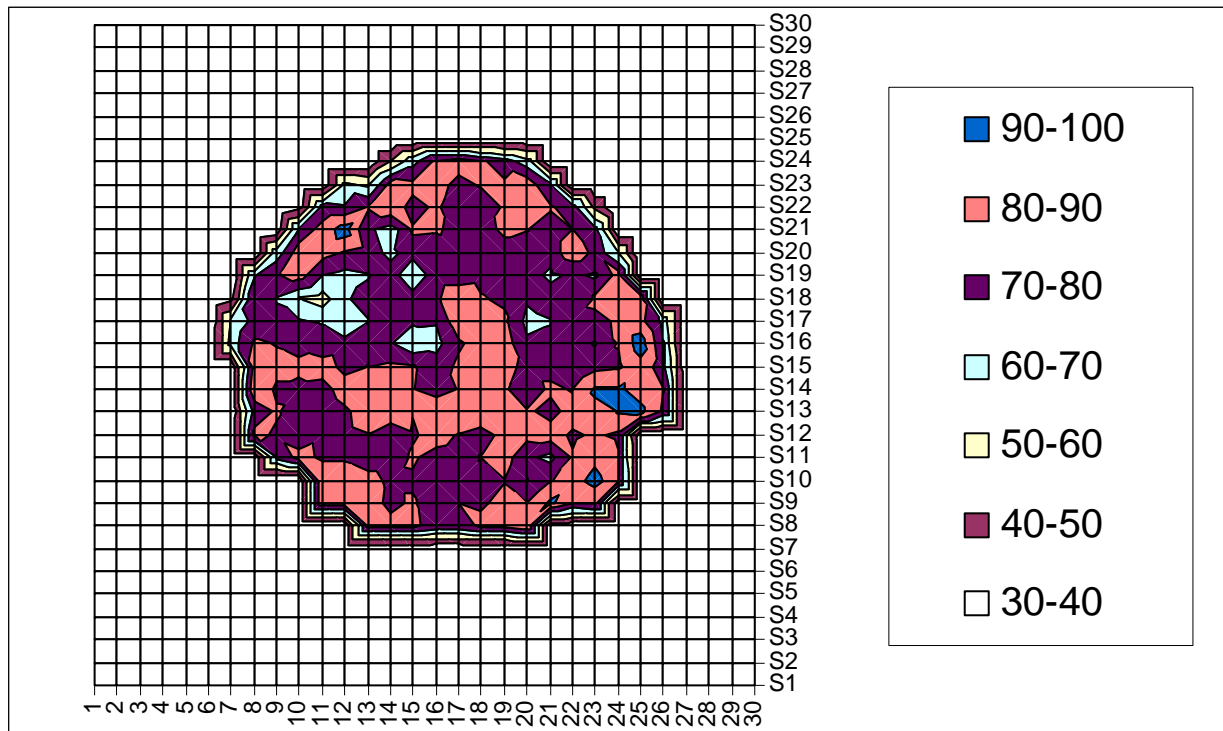
7. ábra Főbb alkotó sejtek %-os értékei bükknél az első 30 évgyűrűben



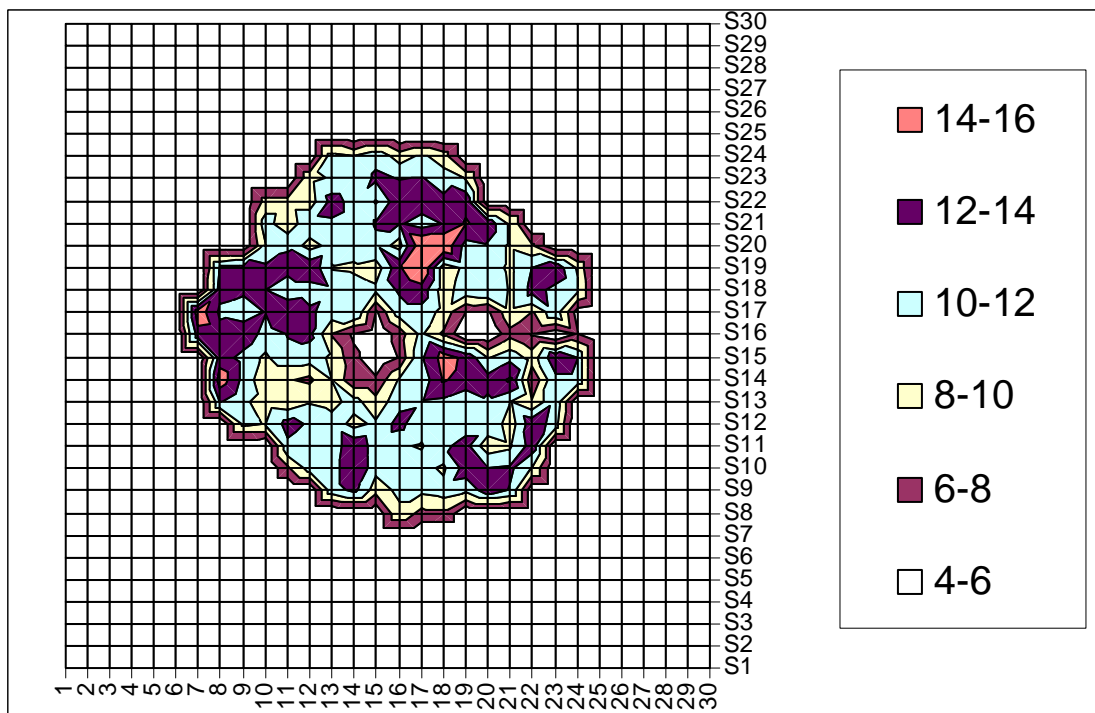
8. ábra Főbb alkotó sejtek %-os értékei nyárnál az első 28 évgyűrűben



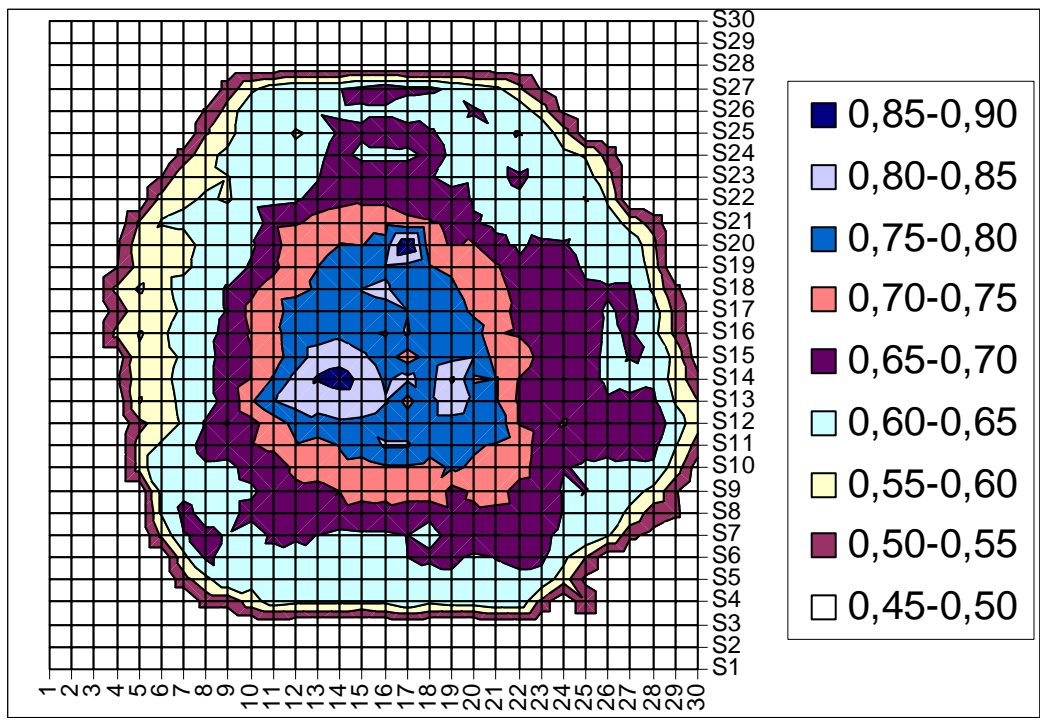
9. ábra Akác sűrűség (g/cm³) eloszlásának keresztmetszeti képe



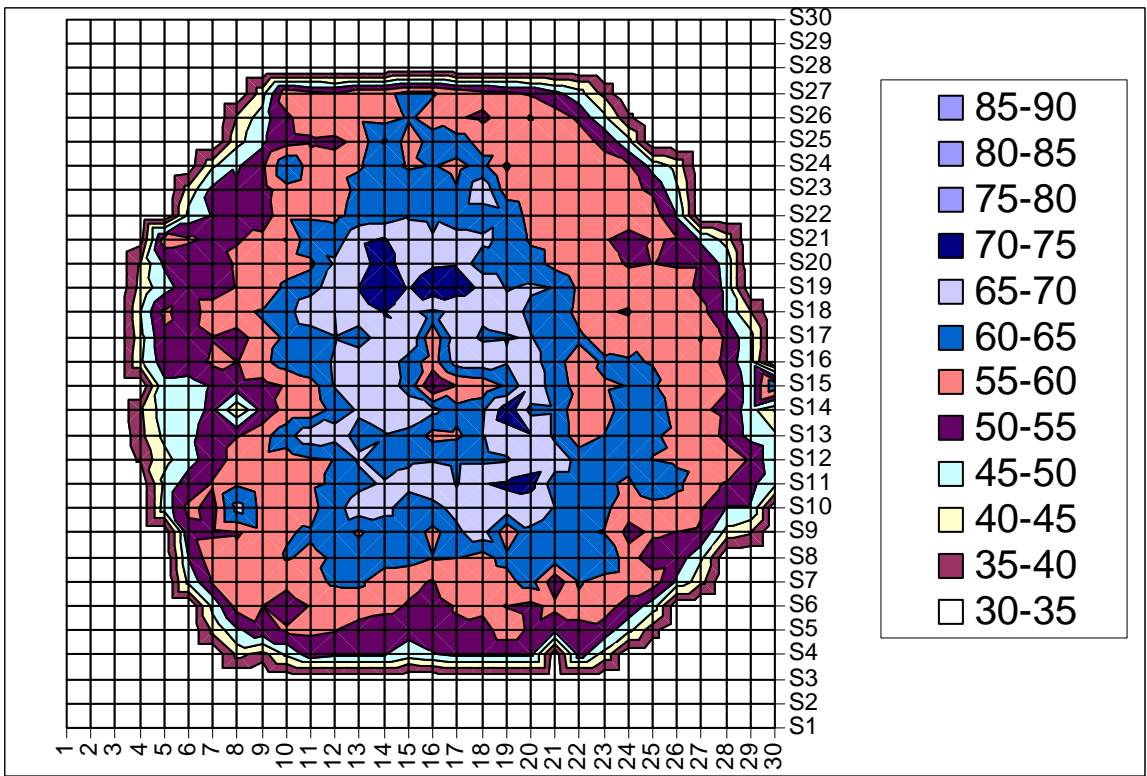
10. ábra Akác nyomószilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



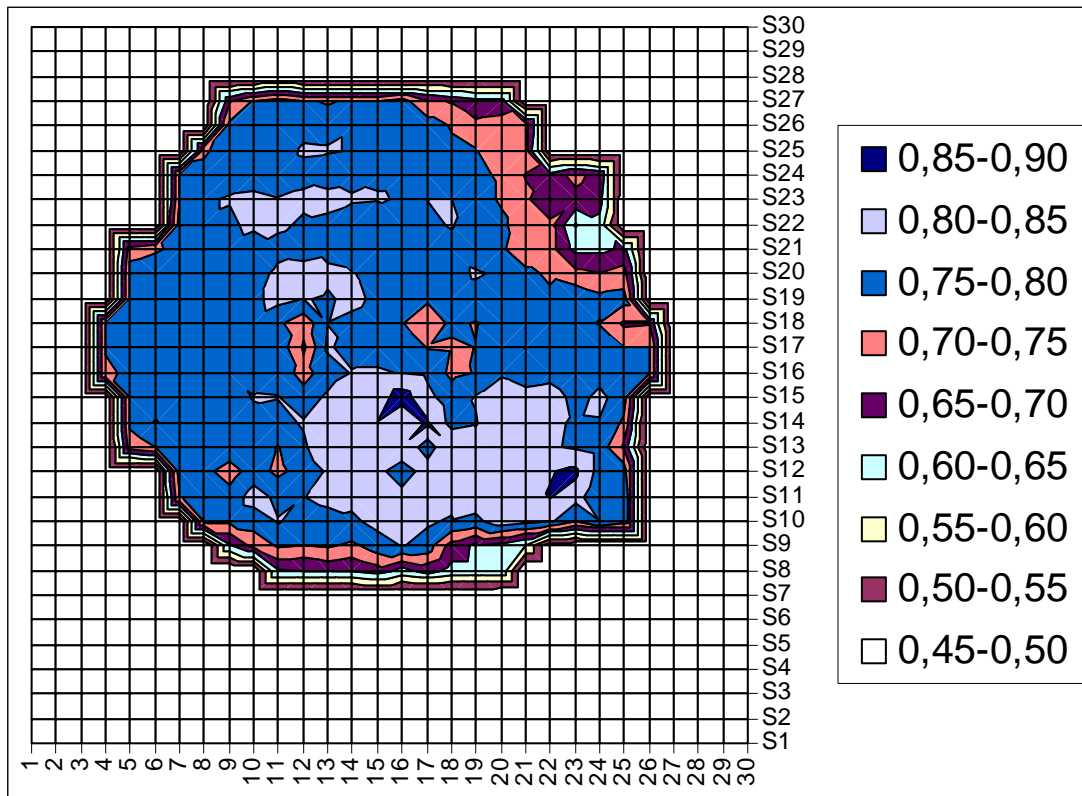
11. ábra Akác üté-hajlító szilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



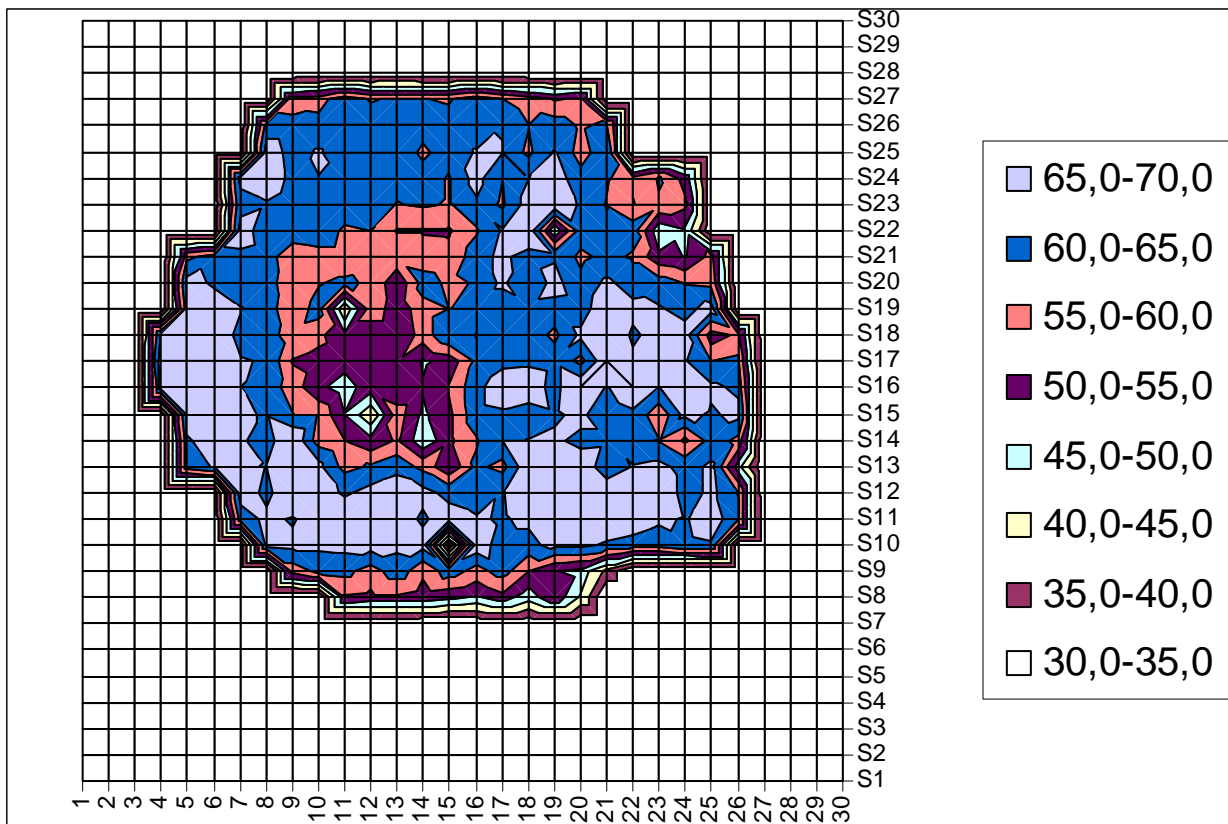
12. ábra Kocsánytalan tölgy sűrűség (g/cm³) eloszlásának keresztmetszeti képe



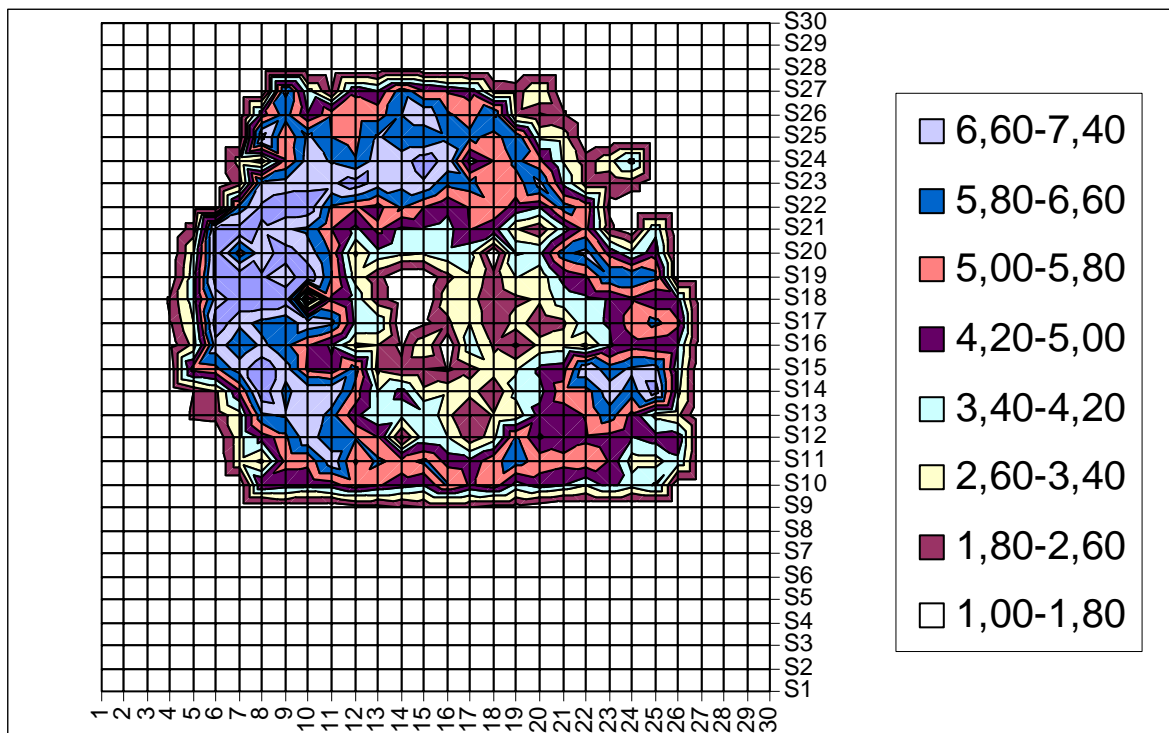
13. ábra Kocsánytalan tölgy nyomószilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



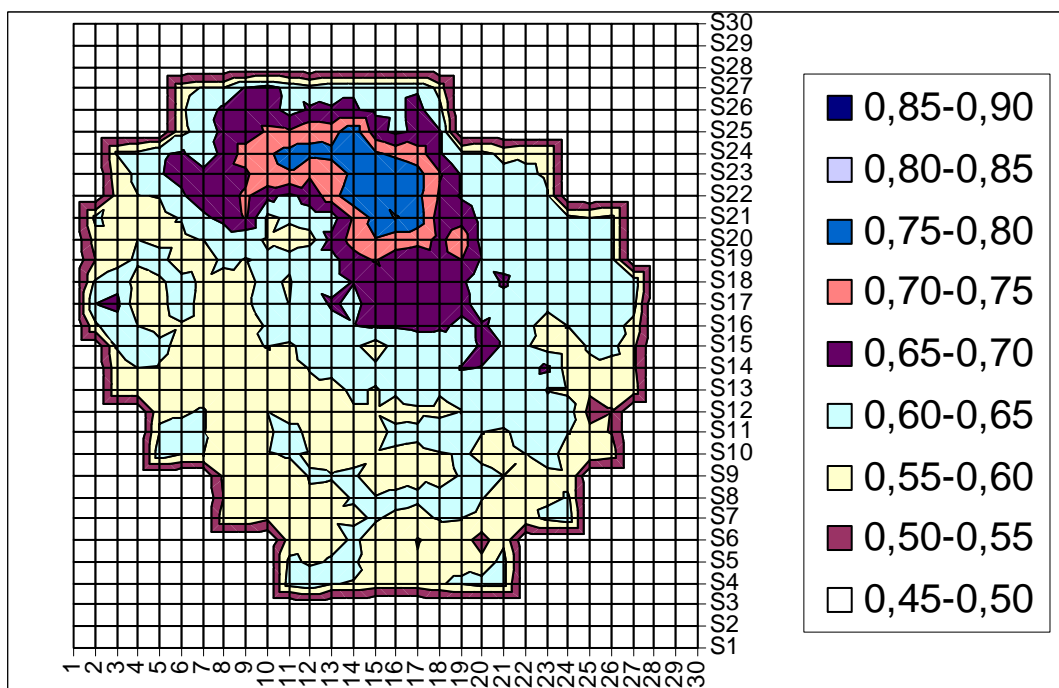
14. ábra Csertölgy sűrűség (g/cm^3) eloszlásának keresztmetszeti képe



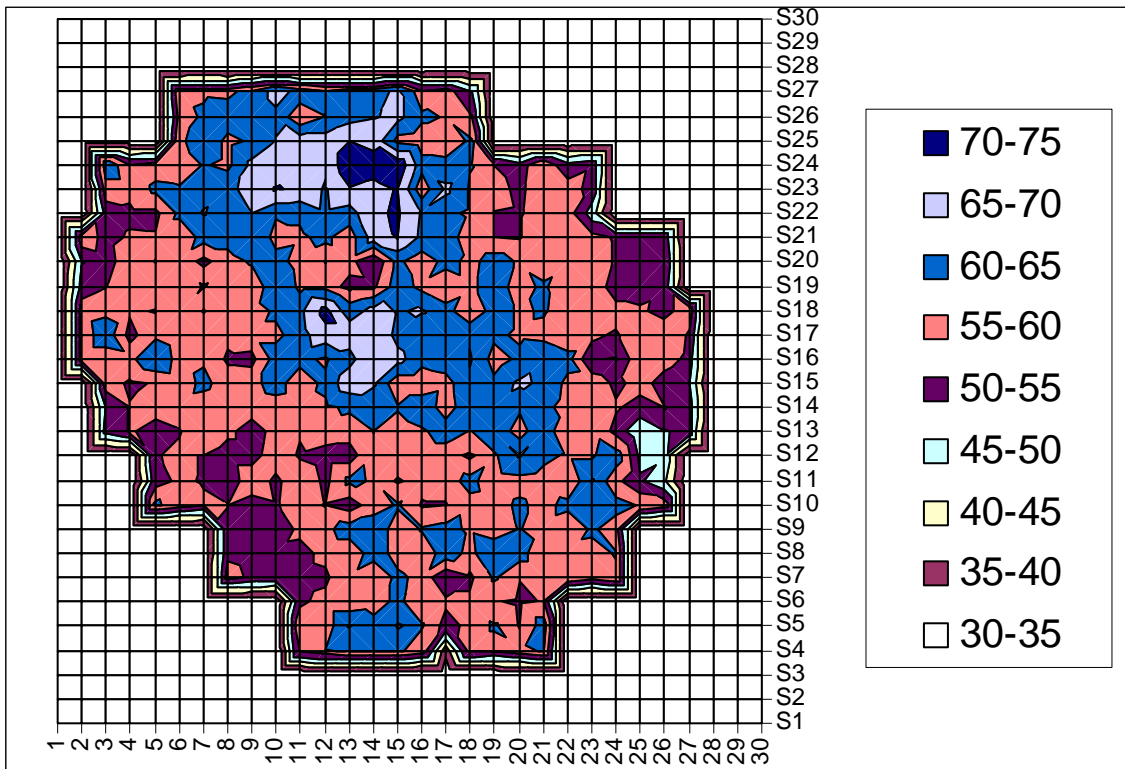
15. ábra Csertölgy nyomószilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



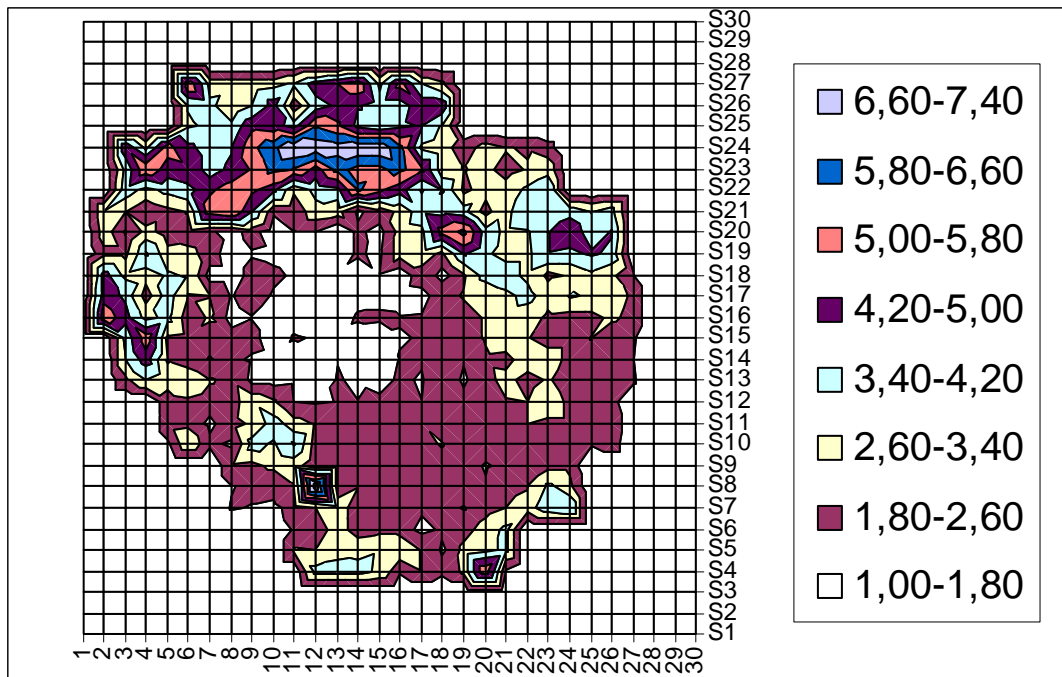
16. ábra Csertölgy üté-hajlító szilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



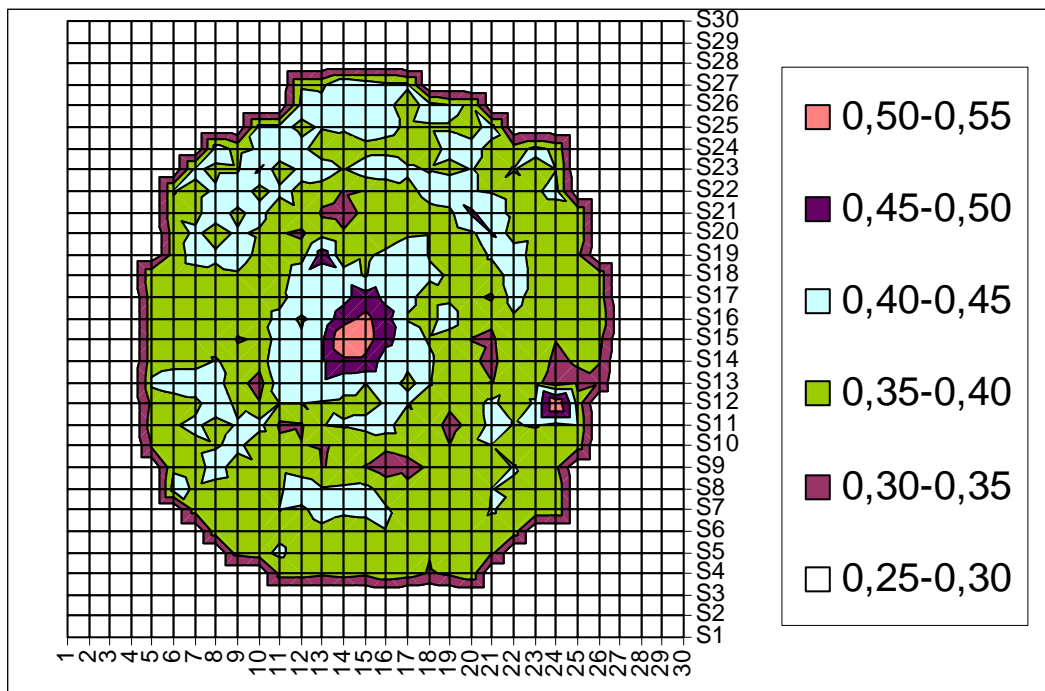
17. ábra Bükk sűrűség (g/cm^3) eloszlásának keresztmetszeti képe



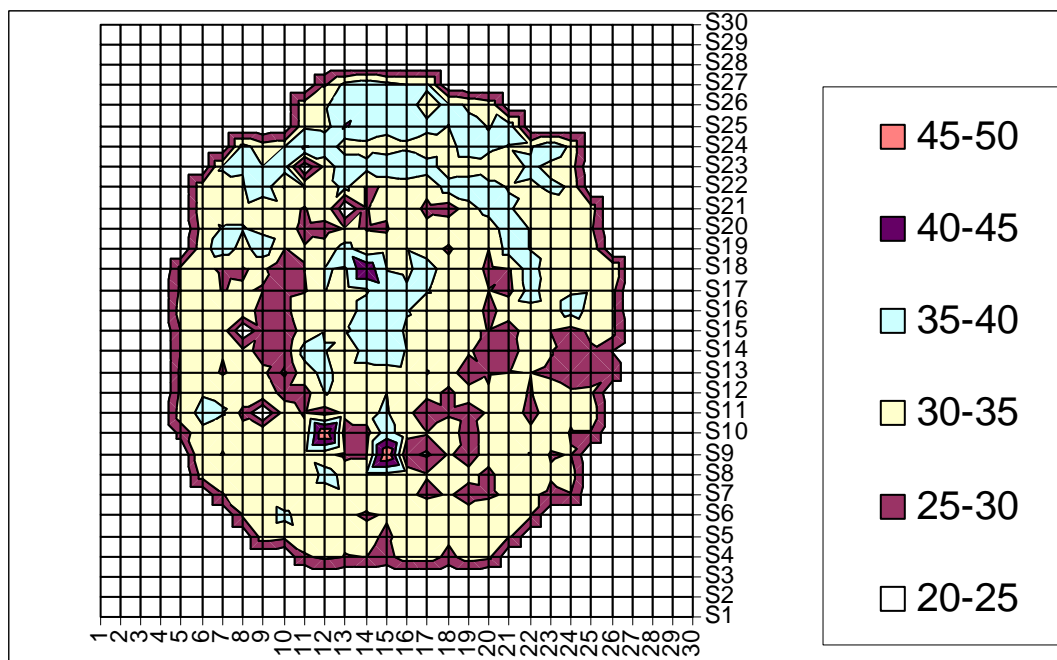
18. ábra Bükk nyomószilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



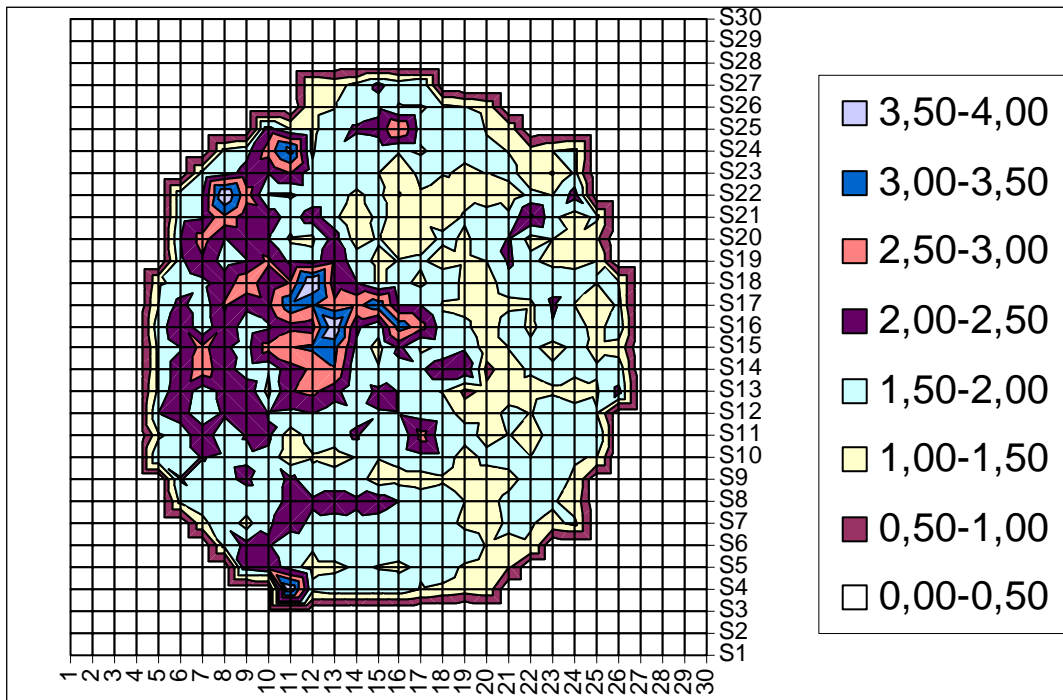
19. ábra Bükk ütő-hajlító szilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



20. ábra Nyár sűrűség (g/cm³) eloszlásának keresztmetszeti képe



21. ábra Nyár nyomószilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe



22. ábra Nyár ütő-hajlító szilárdság (MPa) eloszlásának keresztmetszeti képe