

Doktori értekezés tézisei

**Az akusztikus emissziós kísérleti technika
alkalmazhatóságának vizsgálata a faanyag
mechanikai tulajdonságainak
megítélésére**

Kánnár Antal

Nyugat- Magyarországi Egyetem

Faipari Mérnöki Kar

**Sopron
2004**

I. Kutatómunka célja, a téma indoklása

A faanyag használata az emberiség történetének kezdetétől napjainkig a mindennapi élet szerves része. Bár a felhasználás módjai nagyon szerteágazóak, egyre nagyobb figyelem irányul a teherviselő faszerkezetekre, ezen belül a mérnöki faszerkezetekre, melyek a hagyományostól eltérő formájú, új szerkezetű épületek kialakítását teszik lehetővé, korunk követelményeinek megfelelően. Az egyre növekvő igények és új szerkezeti megoldások keresése növekvő igényt támasztanak a faanyagtudomány irányába is pontosabb és tervezhetőbb anyagismereti modellek felállítására, melyek a szerkezetek kialakításának biztonságát és gazdaságosságát egyaránt növelik. Ezen igényből fakadóan az elmúlt hét esztendőben a faanyagtudomány anyagismereti oldalát elmélyítendő, egy a fakutatás területén új módszer, az akusztikus emissziós analízis lehetőségeit kutattam, a faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságainak meghatározásával kapcsolatban. A módszer lényege, hogy a terhelés alatt álló faszerkezet belső tönkremenetelei során képződő rugalmas hullámokat detektálja, így értékes információkat ad a faanyag tönkremeneteli folyamatainak kutatásához. Az akusztikus emissziós technika az 1950-es évektől képző kutatások, majd a '70-es évektől ipari alkalmazások tárgyát. Magyarországon 1976-ban kezdtek el foglalkozni a módszer lehetőségeinek vizsgálatával, majd hazai bevezetésének lehetőségeivel a Központi Fizikai Kutatóintézetben (KFKI). A bevezetés apropója a paksi atomerőmű reaktortartályainak, fokozottan igénybevett részeinek ellenőrzése, üzem közben és nyomáspróbák során. Ők fejlesztették ki egy DEPHECTOPHONE műszer együttest, melyet egészen napjainkig alkalmaznak az atomerőműben. A saját vizsgálataimat magam is ezen műszer idő közben továbbfejlesztett változatával végeztem el. A módszert tehát elsősorban fémszerkezetek vizsgálatára fejlesztették ki, de később számos más területen - így szálerősítésű műanyagokra, ásványok vizsgálatára - is sikeresen alkalmazták. Faanyagkutatás területén is számos próbálkozás történt szerte a világon a fakutatás egyes részterületein, de átfogó munka ismereteim szerint még nem készült a faanyag akusztikus emissziós tulajdonságainak feltárására. Munkám célja éppen ezért ezen alapkutatás elvégzése volt, melyben igyekeztem tisztázni a legalapvetőbb befolyásoló tényezők - mint nedvességtartalom, fafaj stb.- hatását a faanyag mechanikai és tönkremeneteli sajátosságaira. Az elkészült munka három fő részre tagolható, az első részben a nemzetközi kutatások eredményeit és a mérőrendszer ismerveit tekintem át, a második nagyobb egység a faanyag akusztikus emissziós tulajdonságait tárgyalja különböző befolyásoló faktorok mellett, míg a harmadik részben az akusztikus emissziós vizsgálatok során kapott eredményeket elektronmikroszkópos vizsgálatok eredményeivel vettem össze, a tönkremeneteli folyamatok jobb megértése érdekében. Remélem, hogy kutatásaimmal és eredményeimmel a teherviselő faanyag viselkedésének alaposabb megértését, így pontosabb tönkremeneteli modell megalkotását sikerült megalapoznom a gyakorlat számára.

II. Előzmények, célkitűzések

Az akusztikus emisszió (továbbiakban AE) jelenségén a szilárd testben tárolt energia felszabadulása közben keletkező rugalmas hullámokat értjük. Az AE tehát nem más mint anyaghang, "beszéd". Minden anyag más-más nyelven "beszél". Nekünk ezt a "nyelvet" kell megértenünk, feldolgoznunk az anyaggal kapcsolatos vizsgálatok során.

A fakutatásban Magyarországon eddig még nem alkalmazták a módszert, így kutatásunk alap kutatás jellegű. Külföldi kutatók számos területen elsősorban alkalmazott kutatásként használták fel a módszert. A teljesség igénye nélkül a jelentősebb kutatási irányokat a következőkben foglalom össze:

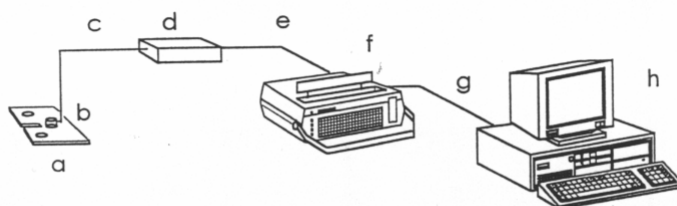
- Ansell (1979) Erdeifenyő AE aktivitását vizsgálta különböző rostlefutási szögek mellett.
- P. Nimz, (1983) az AE két fő alkalmazási irányvonalát mutatja be a fakutatásban:
 - I. Törési folyamatok tömörfában és fatermékekben
 - II. Repedéskeletkezés faszárításnál
- Hansel (1989) A forgácslapok hajlító igénybevétel hatására lejátszódó folyamatait vizsgálta akusztikus emisszióval.
- Poliszko (1994) a fa vízkötési energiája és a fa mechanikai szilárdsága közötti kapcsolat vizsgálata AE-val.
- Reiterer (2000) bemetszett lombos és fenyő próbatestek hasító vizsgálata során mérte az AE-t.
- Rice (2001) vízzáró fa bevonatokat vizsgált AE-vel.
- Rice (2002) forgácslapok dagadási folyamatát vizsgálta áztatás során AE-vel.

A szakirodalom tanulmányozása alapján elmondható, hogy az akusztikus emissziós módszer alkalmas faanyag és faalapú anyagok vizsgálatára. A szakirodalomban bemutatott vizsgálatok alapján kijelenthetjük, hogy a kapott akusztikus jelek száma és jellege a faanyag nedvességtartalmával, a terhelés módjával, fafajjal, a próba testet korábban ért hatásokkal szoros összefüggésben van. A kutatási irányok nagyon szerteágazóak, minden egyes kutató más-más mérőrendszerrel, érzékelőkkel dolgozott, így az elért eredmények nehezen általánosíthatók. Viszonylag kis számban találunk tömörfával foglalkozó cikket. Ennek oka részben a mérési módszer faanyagkutatás területén való újszerűségének köszönhető, részben a tömörfa vizsgálatok során fellépő anomáliák eredménye. Ilyen például ugyanazon vizsgálati körülmények között kapott, akusztikus aktivitásban mutatkozó jelentős különbség két azonos fafajú próbatest között. Ezeket tapasztalva kutatók inkább fatermékek vizsgálatának irányába mentek el. Ennek oka az, hogy a nagyobb feltártsági fokú fában lévő nagyszámú tönkremenetel jelenléte, valamint a ragasztó aktív részvétele az AE jelenségekben megbízhatóan nagyszámú eseményt ad a vizsgálati sorozatokban.

Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy az eddig elvégzett kutatások elsősorban alkalmazott kutatási jellegűeknek tekinthetők, ugyanakkor az akusztikus emissziós módszer által mért jelek és a faanyag egyes mechanikai tulajdonságai közti pontos összefüggések megállapítása eddig még nem történt meg. Alapkutatások szükségesek tehát az összefüggések feltárásához. Munkámnak éppen ezért, a módszer gyakorlati alkalmazási lehetőségeit tudományosan előkészítő és megalapozó széleskörű alap kutatás volt a célja.

III. A kutatásokban használt akusztikus emissziós mérőrendszer és mérési metodika bemutatása

Saját AE kutatásaimat 4 csatornás, két paraméter-bemenettel kiegészített DEFECTOPHONE nevű akusztikus emissziós mérőberendezéssel végeztem el. A műszer a KFKI atomenergia-kutató intézetben került kifejlesztésre. A mérőműszerhez 2 db DECI 1000-H szélessávú piezoelektromos érzékelő csatlakozik 2db logaritmikus erősítőn keresztül. A mérőrendszer felépítését egycsatornás esetben az III.1. ábra szemlélteti. További tartozék egy logaritmikus paramétererősítő és a kiértékeléshez szükséges software.



III.1. ábra Akusztikus emissziós méréselrendezés (Czigány 1997)

a. próbatest; b. piezoelektromos érzékelő; d. előerősítő
f. DEPHOTOPHONE AE mérőműszer; h. számítógép

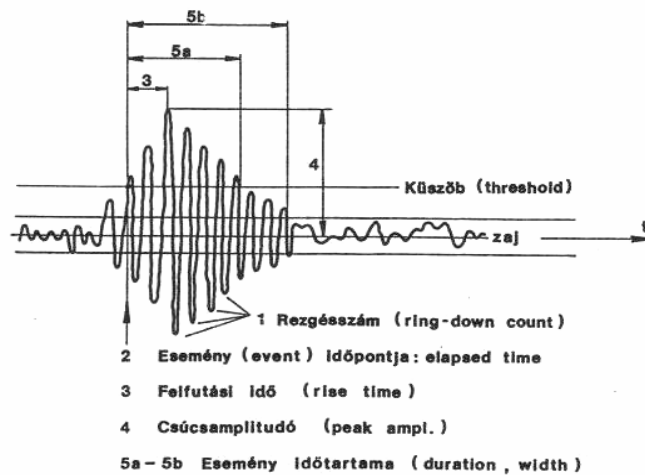
A méréseket részben az intézetünk anyagvizsgáló laboratóriumában, részben Svájcban a zürichi ETH Faanyagtudományi Intézetében végeztem el. Mindkét helyszínen rendelkezésünkre állt egy univerzális anyagvizsgáló berendezés a próbatestek húzó, nyomó és hajlító vizsgálatára. A mérések menete a következő volt:

Az anyagvizsgáló gépbe befogtuk az igénybevételnek megfelelően kialakított próbatestet, erre gumigyűrűk segítségével felerősítettük a két piezoelektromos érzékelőt. A fa és az érzékelő közé a jó kontaktus érdekében, a felületi egyenetlenségek kiegyenlítése céljából szilikon zsírt alkalmaztunk csatolóanyagként. Az érzékelők a logaritmikus előerősítőkön át csatlakoznak a mérőműszer bemeneti csatornáira. A mérőműszer közvetlen kapcsolatban áll a vezérlő számítógéppel, melyen a méréshez tartozó software fut. A mérőműszer paraméter-bemenetére csatlakozik az erő és az elmozdulás jelét továbbító kábel, mely az anyagvizsgáló berendezéssel van összekötve. A mérés megkezdése előtt a mérőműszeren számos paraméter beállítása szükséges, melyek részben a keletkező zavarjelek szűrését szolgálják, de kiszűrhetők velük a hasznos jelek bizonyos tartományai is. A beállítások elvégzése után kezdődhet meg a mérés az anyagvizsgáló berendezés, a mérőműszer és a software indításával. A mért adatokat mind a mérőműszer memóriájában, mind a számítógéppel rögzítjük.

A mérések kiértékelését a software segíti, mely lehetővé teszi a mért adatok további, több szempont szerinti szűrését és grafikus megjelenítését is.

A mért AE jellemzők a következők (III.2.ábra) :

- esemény hossz (5a-5b)
- felfutási idő, amíg az esemény eléri csúcs amplitúdóját (3)
- csúcs amplitúdó (4)
- rezgésszám (1)
- esemény időpontja a mérés során (2)



III.2. ábra Egy mért akusztikus emissziós esemény fizikai jellemzői (Pellionisz 1992)

A mért fizikai paraméterek alapján a mérőrendszer számított jellemzőket is képez. Ezek a következők:

- eseményösszeg, a mérés során kapott események összege
- energia, az esemény feszültség-hullám négyzetének idő szerinti integrálja az esemény időtartama alatt
- MARSE, adott esemény egyenirányított jelének burkológörbéje alatti terület

A mért és számolt jellemzők az idő és egymás függvényében is megjeleníthetők a kiértékelő szoftver segítségével. Képezhetők továbbá az egyes jellemzők sűrűség és eloszlásfüggvényei is.

Az elvégzett húzó, nyomó és hajlító vizsgálatokhoz a következő próbatest méreteket választottuk:

- Nyomóvizsgálat esetén a statikus rövid idejű nyomószilárdság vizsgálatához használt 20x20x50 mm méretű próbatest megfelelőnek bizonyult. A keresztmetszeti méret és a hossz aránya biztosítja, hogy a próbatest zömök rúdként - azaz kihajlás nélkül - menjen tönkre.
- Hajlító vizsgálatnál 20x20x300 mm méretű mintákat alakítottunk ki. A vizsgálatok során három pontos hajlítást alkalmaztunk.
- Húzóvizsgálatok elvégzéséhez speciálisan az AE vizsgálatokhoz alkalmas próbatestet alakítottunk ki. Erre azért volt szükség, hogy a befogás összetett igénybevételnek kitett keresztmetszeteiből származó nagyszámú tönkremenetel eseményeit ki tudjuk zárni a húzási tönkremenetek eseményei közül. A középső rész kigyengítésével elértem, hogy a próbatest a vizsgálatok 95%-ban ezen szakaszon ment tönkre. A mérőrendszer lehetőséget biztosít arra, hogy az alkalmazott két érzékelő megszólalási időkülönbsége alapján szűrjük a beérkező

eseményeket. A hangterjedési sebesség ismeretében könnyen beállíthatjuk azon késési időt, mely alatt csak a próbatest közepső - esetünkben 3cm-es - szakaszáról érkező eseményeket fogadjuk el. Ezen próbatest kialakítás és szűrési lehetőség segítségével elkerüljük az egyes szakirodalomban is publikált és említett kutatások hibáját, amikor ezen szétválasztást nem oldották meg. Azokban az esetekben, húzási és összetett igénybevételből származó eseményeket együttesen rögzítettek nagy eseményszámokat detektálva. Vizsgálataim során kiderült, hogy a szétválasztás után az eseményszám lényegesen kisebb.

Kutatásaim során a következő, a faanyag akusztikus emissziós tulajdonságait befolyásoló faktorok hatását vizsgáltam:

- **A nedvességtartalom és a fafaj hatása az akusztikus csillapításra**
- **A fafaj, nedvességtartalom, igénybevétel és alakváltozási sebesség hatásának vizsgálata a faanyag AE-s frekvenciatartományára**
- **Az akusztikus emissziós jellemzők függése a fafajtól, nedvességtartalomtól, igénybevételtől és alakváltozási sebességtől**
- **A terhelési előtörténet hatása a faanyag akusztikus emissziós tulajdonságaira: Kaiser effektus vizsgálatok erdeifenyő akusztikus eseményeivel kapcsolatban**
- **A faanyag mikro-tönkremeneteli folyamatainak összefüggései a faanyag nedvességtartalmával és a vizsgált fafajjal**
- **A tönkremeneteli folyamatok és az AE keletkezési helyeinek összefüggései**
- **A faanyag akusztikus aktivitásának kezdete és az alakváltozási, feszültségi jellemzők kapcsolata**
- **Az AE események mennyisége és a szilárdság kapcsolata**

Kutatásaim eredményeinek tézisszerű összefoglalását a következőkben mutatom be.

IV. Új tudományos eredmények tézisszerű összefoglalása

I. tézis Elsőként végeztem széleskörű frekvenciaanalízist a faanyag jellemző AE tartományának behatárolására. Ezek alapján kimutattam, hogy a 20-250 kHz frekvenciatartományt kell megjelölnünk, mint szükséges érzékelési tartományt.

II. tézis Felismerve, hogy egy-egy próbatest tönkremenetelének AE folyamata nem ad egyértelmű képet önmagában a faanyag tönkremeneteli folyamatáról - ugyanazon faanyagból készült próbatestek esetenként csaknem zérus, míg más esetekben jelentős akusztikus aktivitást mutatnak -, elsőként alkalmaztam statisztikai módszert a faanyag AE jellegzetességeinek kiértékelésében. Az azonos mérési körülmények között kapott AE eseményeket egységes mintának tekintettem és ezek statisztikai kiértékelésével kimutattam, hogy nagyszámú esemény feldolgozása alapján értékes következtetésekre juthatunk a faanyag tönkremeneteli folyamataival kapcsolatban.

III. tézis Kimutattam, hogy a nedvességtartalom növekedésével jelentősen csökken a faanyag akusztikus aktivitása. Megállapítottam, hogy a jelenséget a súrlódásos jellegű jelek számának csökkenése és az akusztikus csillapítás növekedésének együttes hatása okozza. Igazoltam, hogy a törésekből származó AE események jellege és száma közel állandó marad, és ezen események alkotják a legnagyobb gyakoriságú osztályok elemeit a sűrűség-függvényekben.

IV. tézis Az egyes fafajok AE vizsgálatai alapján kimutattam, hogy azok akusztikus aktivitásában jelentős különbségek mérhetők. A legaktívabbnak az erdeifenyő, majd csökkenő aktivitási sorrendben akác, nyár, lucfenyő, bükk és tölgy adódott. A legaktívabb és legkevésbé aktív fafaj között mintegy hatszoros eseményösszeg különbséget mértem. Igazoltam, hogy mikro-tönkremenetek szintjén az egyes fafajok azonos nagyságrendű AE jellemzőkkel mennek tönkre. Megállapítottam, hogy mikro-tönkremenetek szintjén az egyes fafajok nem a megszokott csoportosításban - keményfa, puhafa, fenyő - különülnek el, hanem a tönkremeneteli folyamatok sajátosságainak megfelelően.

V. tézis Kimutattam, hogy az alakváltozási sebesség nincs számottevő hatással a faanyag AE jellemzőinek tulajdonságaira a 2-20 mm/perc vizsgált tartományban. A faanyag mikro-tönkremeneteleire tehát az alakváltozási sebesség nincs hatással, - annak ellenére, hogy a szilárdság nő az alakváltozási sebesség növekedésével - a vizsgált viszonylag alacsony tartományban.

VI. tézis Az igénybevétel jellegének befolyását vizsgálva megállapítottam, hogy az elsősorban az események energiájának kis mértékű növekedésében mutatkozik meg nyomás esetén húzáshoz képest. Az eloszlások karakterisztikus értékeinek vizsgálatával alátámasztottam, az igénybevétel a tönkremeneteli folyamatokra nincs jelentős hatással. Kimutattam, hogy a szilárdsági tulajdonságokban mérhető különbség, nem a mikro-tönkremeneteli folyamatok mérhető AE jellemzőiben különbözik.

VII. tézis A faanyag terhelési előtörténetének hatását vizsgálva megállapítottam, hogy az előterhelés során bevitt tönkremenetek AE-ra, ezáltal tönkremeneteli folyamatokra gyakorolt Kaiser effektus jellegű hatásával számolnunk kell. Az előterhelést egy hónapon belül követő törés esetén kimutattam a Kaiser effektust, azaz az előterhelés AE aktivitást csökkentő hatását. Kimutattam, hogy két hónap után a faanyag terhelési előtörténete - melynek során mikro-repedések keletkeznek az anyagban - a fa tönkremenetelét gyorsítja egy újabb terhelési folyamat során, ezáltal növeli a faanyag akusztikus aktivitását. Megállapítottam, hogy a fát ért klimatikus hatások gyorsítják a Kaiser effektus eltűnését.

VIII. tézis Az AE vizsgálatok során eltört különböző nedvességtartalmú és fafajú minták törési felületeinek elektronmikroszkópos vizsgálatával alátámasztottam a szakirodalom abszolút száraz faanyagra vonatkozó megállapításait, miszerint a faanyag törése rideg jellegű. A vizsgálatok alapján az abszolút száraz faanyagra vonatkoztatott szakirodalmi megállapításokat kiterjesztettem a nagyobb nedvesség-tartalmú mintákra is. Kimutattam, hogy 0-30% nedvességtartalom tartományban és szobahőmérsékleten a faanyag törési természete rideg jellegű.

IX. tézis A tönkremenetek helyének lokalizálása segítségével bebizonyítottam, hogy a faanyag terhelése során a mikro-tönkremenetek számunkra véletlenszerűen keletkeznek az egész terhelt térfogatban, az egyes farészek adott pillanatban kialakult feszültségi állapotának kritikus pontjaiban.

X. tézis Kimutattam, hogy a faanyag akusztikus emissziójának, ezáltal tönkremeneteli folyamatainak kezdete nem függ a nedvességtartalomtól. A faanyag mikro-tönkremeneteli folyamatai ugyanazon (0.22-1.2%) alakváltozási tartományban indulnak meg. A tönkremeneteli folyamatok kezdetéhez tartozó feszültség követi a szilárdság nedvességtartalomtól való függésének jellegét. Az AE törőterhelés környezetében való kezdete a faanyag rideg törési viselkedésének újabb bizonyítéka.

XI. tézis Az AE vizsgálatok során kapott események száma és szilárdság kapcsolatát vizsgálva megállapítottam, hogy az eseményösszeg a fa ill. az egyes próbatest egyedi biológiai szerkezetéből adódó, véletlenszerűen kialakuló mikro-tönkremeneteli folyamatok eredménye, mely nincs egyértelmű kapcsolatban a szilárdság nagyságával.

XII. tézis A faanyag kutatás területén elsőként végeztem szisztematikus, széleskörű alapkutatást a faanyag akusztikus emissziós (AE) jellemzői - frekvencia, mért és származtatott AE jellemzők - és a faanyag tulajdonságait befolyásoló faktorok - fafaj, nedvességtartalom, igénybevétel, alakváltozási sebesség - között fennálló kapcsolatok feltárására. A vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy az akusztikus emissziós technika alkalmas faanyag vizsgálatára, elsősorban a faanyag tönkremeneteli folyamatainak és mechanikai viselkedésének feltárására.

A kutatási eredmények hasznosítása

Az elvégzett vizsgálatok alapkutatásnak tekinthetők. Feltártam a faanyag akusztikus emissziós (AE) jellemzői - frekvencia, mért és származtatott AE jellemzők - és a faanyag tulajdonságait befolyásoló faktorok - fafaj, nedvességtartalom, igénybevétel, alakváltozási sebesség - között fennálló kapcsolatokat. Ezen eredmények alapvető jelentőségűek a későbbi alkalmazott kutatásokban, melyek lehetővé teszik az AE technika faipari alkalmazását.

A faipar területén az AE alkalmazásaként a következő területeket jelölhetjük meg:

- Faszervezeti elemek terheléspróbájának AE-s ellenőrzése. Ennek eredményeképpen ellenőrizni lehet, hogy történik-e számottevő tönkremenetel a folyamat során.
- A faanyagban már jelenlévő tönkremenetelek hatását vizsgáló Kaiser effektus méréseim alapján lehetőség van, egy jelentős meteorológiai terhet (pl. orkán erejű szél) elszenvedő faszerkezet szerkezeti részeire kényszerített terhelési szint utólagos megállapítására oly módon, hogy a szerkezetet terhelve az akusztikus emissziót csak akkor mutat, ha teherszint átlépi az elszenvedett meteorológiai teher maximumát.
- Az eredmények alapján el lehet indulni egy hazai, AE-s jellemzők által vezérelt szárítóberendezés fejlesztésének irányába. A technikát szerte a világon alkalmazzák szárítási folyamatok vezérlésére.

A kutatások eredményeinek további gyakorlati következményei:

- Kimutattam, hogy ha általában a faanyagról beszélünk a mikro-tönkremeneteli folyamatok jellemző frekvenciatartománya 20-250kHz. Egy kész szerkezet állapotellenőrzése vagy terhelési próbája során tehát ezen tartományt lefedő érzékenységgű detektorokkal kell dolgoznunk.
- Megállapítottam, hogy a faanyag rideg törési természetű a 0-30% nedvességtartalmi osztályban, szobahőmérsékleten. Ennek gyakorlati következménye, hogy a faanyag tönkremenetele során nem számíthatunk a szívós anyagokhoz hasonló folyási tartományra. A faanyag tönkremenetelére utaló hallható tartományba eső recsegő-ropogó hangesemények megjelenése a törőterhelés 90%-a felett várható és a rövidesen bekövetkező totális tönkremenetelre utalnak. A vizsgálatok során kimutattam, hogy a tönkremeneteli folyamatok csak a törő terhelés 70% felett indulnak meg számottevően. Ez azt jelenti, hogy a környezeti hatások hirtelen megváltozása (szélterhelés) miatt rövid ideig magas kihasználtságúvá váló teherviselő faszerkezetekben, nem jön létre számottevő teherbírás csökkenés ezen terhelési szint alatt.
- Az AE hangesemények lokalizációjával alátámasztottam más kutatók megállapításait miszerint a tönkremeneteli folyamatok véletlenszerűen jelennek meg a teljes terhelte térfogatban, a kialakult törési felülettől távol is jelentős mértékben tönkre megy a próbatétel. Ennek az a gyakorlati következménye, hogy a faanyag erőtani méretezése során szokásos összefüggést a teher és keresztmetszet terület között ($\sigma=N/A$) nem tekinthetjük helyesnek. Ennek megfelelően át kell gondolni a méretezés eddigi alapelveit és valamilyen módon a terhelte térfogatot is figyelembe kellene venni.

VI. A témában megjelent tudományos közlemények

Nemzetközi kiadványokban megjelent cikkek:

- Kánnár, A. 1999. Acoustic emission research in relation to the damage process of wood. Proceedings of COST Action E8 Workshop Damage in wood Bordeaux 27-28 May 1999. 69-74.
- Kánnár, A. 2000. Kaiser effect experiments in wood by acoustic emission testing Proceedings of 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood Sopron 13-15 September 2000. 393-401.

Nemzetközi konferenciákon tartott előadások:

- Kánnár, A. 1999. Acoustic emission research in relation to the damage process of wood. Proceedings of COST Action E8 Workshop Damage in wood Bordeaux 27-28 May 1999. 69-74.
- Kánnár, A. 2000. Kaiser effect experiments in wood by acoustic emission testing Proceedings of 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood Sopron 13-15 September 2000. 393-401.
- Kánnár, A. 2003. Micro-damage processes of hardwoods Issues of Hardwood Research and Utilisation in Europe International Conference September 25-26, 2003 University of West Hungary Sopron Poster
- Kánnár, A. 2003. Investigation of micro-damage processes of wood using acoustic emission and electron-microscopy XXth. Danubia-Adria Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics September 24-27, 2003 Győr in Hungary; Proceedings 26-27.

Hazai kiadványokban megjelent cikkek:

- Kánnár, A. 1998. Akusztikus emissziós anyagvizsgáló módszer a fakutatásban Faipar 1998/1 28-30.
- Kánnár, A. 1998. Akusztikus emissziós anyagvizsgáló módszer a faiparban Magyar Asztalos 1998/07 76-77.
- Kánnár, A.- Szalai, J. 2000. A faanyag és faalapú anyagok mechanikai viselkedésének vizsgálata akusztikus emissziós analízissel. OTKA zárójelentés nyilvántartási szám T 019040 Lövér Print nyomdaipari Kft. Sopron 2000. 14-116.
- Kánnár, A. 2000. Acoustic emission research in relation to the specification of mechanical properties of wood A Nyugat-Magyarországi Egyetem Tudományos közleményei 2000. 171-177.

- Kánnár, A. 2001. A nedvesség- és hőmérsékletprofil modellezésének hatása a rétegelt szerkezetek számított sajátfeszültség eloszlására; Konferencia kiadvány Alkalmazott matematika és mechanika konferencia Sopron. 2001.nov.23. Konferencia kiadvány14-15.
- Kánnár, A. 2002. A faanyag makro- és mikro-szintű tönkremeneteli folyamatai és ezek összefüggései
Tanulmány, Lövőér Print nyomdaipari Kft. Sopron 2002. 33 o.
- Szalai, J.- Kánnár, A. 2002. Réteges felépítésű faszerkezeti elemek klímaváltozás során bekövetkező vetemedésének és sajátfeszültségeinek számítása
I. rész: elméleti összefoglaló
Faipar 2002/1. 19-23.
- Kánnár, A. 2002. A tönkremenetel makro-folyamatai I. rész.
Magyar Asztalos és Faipar 2002/5 172-173.
- Kánnár, A. 2002. A tönkremenetel makro-folyamatai II. rész.
Magyar Asztalos és Faipar 2002/6 173-175.
- Kánnár, A. 2002. A tönkremenetel makro-folyamatai III. rész.
Magyar Asztalos és Faipar 2002/9 139-141.
- Kánnár, A.-Szalai, J. 2002. Réteges felépítésű faszerkezeti elemek klímaváltozás során bekövetkező vetemedésének és sajátfeszültségeinek számítása
II. rész: Az elméleti levezetések eredményeinek alkalmazása
Faipar 2002/4. 7-12.
- Kánnár, A. 2003. A faanyag mikro-tönkremeneteli folyamatainak feltárása akusztikus emissziós és elektron-mikroszkópos vizsgálatokkal különböző fafajok esetén
I. rész Különböző fafajok akusztikus emissziós sajátságainak vizsgálata
Anyagvizsgálók lapja 1/2004. megjelenés alatt

Magyar nyelvű előadások :

- Kánnár, A. 1998. Akusztikus emissziós anyagvizsgálati módszer a fakutatásban
Új tudományos eredmények a faiparban konferencia
Sopron 1998. aug. 27. Faipar 1998/1 28-30.
- Kánnár, A. 2001. A nedvesség- és hőmérsékletprofil modellezésének hatása a rétegelt szerkezetek számított sajátfeszültség eloszlására
Alkalmazott matematika és mechanika konferencia
Sopron. 2001.nov.23. Konferencia kiadvány 14-15.

Kánnár, A. 2003 A faanyag mikro-tönkrementeli folyamatai és az akusztikus emissziós vizsgálat során kapott események összefüggései
IX. Magyar Mechanikai Konferencia Miskolc, 2003. augusztus 27 - 29.
Konferencia kiadvány 46.

Kánnár, A. 2003 A faanyag mikro-tönkrementeli folyamatainak összefüggései a faanyag nedvességtartalmával
II. Alkalmazott matematika és mechanika tudományos konferencia
Sopron. 2003.nov.21. Konferencia kiadvány 20-21.

VII. Felhasznált Irodalom

Ansell, M. (1979): Acoustic Emission as a technique for monitoring fracture processes in Wood, Proceedings of Structural design and evaluation Bath England 451-465

Czigány T. (1997.) A károsodási zóna kialakulása és a repedésterjedés erősített polipropilén rendszerekben BME. PhD értekezés.

Hansel, A. - Niemz, P. (1989): Untersuchungen zur Schallemission von Holzwerkstoffen bei Biegebeanspruchung. (Holztechnologie.-Leipzig 30/2)

Nimz, P.- Wagner, M. - Theis, K.(1983): Stand und Möglichkeiten der Anwendung der Schallemissionsanalyse in der Holzforschung. (Holztechnologie 24/ 2)

Pellionisz P. (1992): Akusztikus Emissziós szerkezetvizsgálatok GTE. Bp. 207 o.

Poliszko, S., Molinski, W, Raczkowski, J. (1994)
Relationship between water binding energy in wood and its mechanical strength determined by acoustic emission method, Workshop on service life assessment of wooden structures
Technical research Centre of Finland, Espoo,Finland 1994. 83-91.o.

Reiterer, A., Tshegg, S.E. (2000): Mode I fracture and acoustic emission of softwood and hardwood , Wood Science and Technologie 34 , 417-430

Rice, R., Phillips, D. (2001): Estimating the moisture excluding effectiveness of surface coatings on southern yellow pine using acoustic emission technology, Wood Science and Technologie 34, 533-542

Rice R., Chunyan W. (2002): Assessing the effect of swelling pressures in particleboard and MDF using acoustic emission technology, Wood Science and Technologie 34, 577-586