

A fólia alatti röntárolás lehetőségei I. rész: optimális röntárolási módszer kialakítása

Gerencsér Kinga, Molnár András, Bejő László[♦]

A fólia alatti hermetikus lezárás a rönkök állagmegóvó tárolásának alternatív lehetősége, mely olcsóbb és környezetkímélőbb, mint a hagyományos tárolási eljárások. A hermetikusan lezárt rakatokban rövid időn belül oxigénszegény környezet alakul ki, mely megakadályozza a farontó gombák életműködését. A cikkben leírt laboratóriumi és üzemi kísérletek a módszer hazai fajokra és körülményekre való alkalmazhatóságának vizsgálatát, a szárazjég hozzáadásának hatását, valamint optimális tárolási technika kidolgozását célozták. A kísérletek során bükk, tölgy, nyár és erdei fenyő rönköket és rakatokat tároltunk oxigénszegény környezetben, több hónapon keresztül. A tapasztalatok alapján a nemzetközi irodalomban javasolt silófólia túl sérülékeny, érdemes erősebb fóliát használni. A tárolás sikeressége szempontjából kritikus, hogy a rönkökkel minél kevesebb levegőt csomagoljunk be, ezért érdemes a levegőt a fólia alól kiszivattyúzni. Ez csökkenti annak a veszélyét, hogy a szél megrongálja a rakatokat, és könnyebben észrevehető, ha levegő kerül a fólia alá. A kísérletek igazolták, hogy a rönkök becsomagolása mind a szárazjég hozzáadásával, mind anélkül kielégítő védelmet nyújt. A rönkök felületén ugyan megjelentek farontó és penészgombák, de ezek a fatestet nem tudták károsítani. Mivel a rönkök megóvását elsősorban az oxigénszegény környezet, és nem a széndioxid jelenléte biztosítja, a szárazjég hozzáadása szükségtelen. A sikeresen tárolt rakatokból származó rönkökből készített fűrészáru és furnér minősége a hagyományos módon tárolt rönkökből készített termékekkel egyenértékű volt.

Kulcsszavak: Röntárolás, Rönkvédelem, Fólia alatti tárolás, Védőgáz

Log storage under plastic wrap Part 1: Creating an optimal log storage method

Wrapping logs in an airtight manner in a plastic wrap is an alternative way to protect logs that is cheaper and more environment friendly than the traditional methods. In a hermetically sealed pile, an oxygen-deprived atmosphere that thwarts the growth of wood decaying fungi, develops in a short time. The goals of the laboratory and industrial scale experiments described in this article were the assessment of the application of this method for Hungarian species and circumstances, assessing the effect of adding dry ice to the piles and creating an optimal storage technique. The experiments involved storing beech, oak, poplar and Scots pine logs in an oxygen deprived environment for several months. In our experience, the so-called silo wrap, recommended in the literature is too frail, a stronger wrapper is needed. For successful storage, it is best to include as little oxygen in the package as possible, by sucking out the excess air. This reduces the risk of wind damage, and any air getting in due to tears in the wrapper is easier to detect. The experiments confirmed that wrapping logs provides adequate protection, both with and without dry ice. Some decaying and mould fungi were present on the surface of wood, but they could not attack the xylem. Since wood protection is achieved primarily through an oxygen deprived environment, rather than the presence of carbon-dioxide, adding dry ice is unnecessary. The quality of lumber and veneer originating from logs stored successfully in this manner was equivalent to those made of traditionally stored materials.

Keywords: Log storage, Log protection, Log wrapping, Protective gas

Bevezetés

A különböző fajok fűrész-, furnér- vagy lemezipari feldolgozásakor felmerülő nehézségek egyike a rönkök kitermelési és feldolgozási üteme közötti különbség. A jó minőség biztosítása érdekében kizárólag téli

döntésű rönköket érdemes használni, a feldolgozás viszont egész évben folyik. A kitermelt rönkök állagmegóvó tárolása – melynek sok esetben több hónapig, sőt évekig is megfelelő védelmet kell nyújtania – fontos feladat.

[♦] **Dr. Gerencsér Kinga**, CSc., egyetemi docens
Molnár András, doktorandusz hallgató
Dr. Bejő László PhD, egyetemi docens, NyME Fa-és Papíripari Technológiák Intézet

Állagmegóvó tárolás alatt a rönkök abiotikus és biotikus károsítókkal szembeni védelmét értjük. A biotikus károsítás megakadályozása elsősorban a kártevők, a gombák és rovarok életfeltételeinek kizárásával történhet meg. Ez vagy a faanyag gyors kiszáritásával történhet, vagy a magas – az élőnedveshez közeli – nedvességtartalom megőrzésével. A nem biológiai eredetű károsodást elsősorban a nagy térfogatú és keresztmetszetű rönkök kiszáradása okozza, mely repedések megjelenéséhez vezet. Emiatt a leghatékonyabb és leggyakrabban alkalmazott állagmegóvási módszer a magas nedvességtartalom fenntartása.

Az ún. nedves tárolásnak négy alapvető módszere van. A rönköket leghatékonyabban víz alatti tárolással (rönktóban vagy mesterséges medencében) lehet megóvni. A permetezéssel történő tárolás szintén hatékony módszer, azonban az esetlegesen már száradásnak indult rönkök visszanedvesítésére nem alkalmas. A bütüfelület lezárása, műgyanta alapú ún. bütükenőcsök alkalmazásával jelentősen lelassítja a vízvesztést, kb. 2-3 hónapos védelmet biztosít a károsítók megjelenésével szemben. A negyedik módszer a nedves fűrészporban történő tárolás, melynek előnye a víztakarékosság, azonban a kivitelezés technikai nehézségei, és a jelentős fűrészporigény miatt hazánkban nem alkalmazzák.

A víz alatti és permetezéssel történő tárolásnak hatékonyságuk dacára több hátránya is van. A rönktároló berendezések kiépítésének magas a beruházási költsége, amit tovább növel a kötelező engedélyeztetési eljárás. A szükséges vízmennyiség biztosítása és az üzemeltetés szintén költséges, még természetes vízforrás esetén is. A jelentős vízfelhasználás környezetvédelmi problémákat is felvet, amelyeket csak részben sikerült megoldani a használt víz visszagyűjtésével és tisztítás utáni újrahasznosításával.

A '90-es években német kutatók új módszert dolgoztak ki a faanyag tárolására, mellyel a fenti hátrányok kiküszöbölhetők. A módszer lényege, hogy a kártevők életfeltételeit nem a magas nedvességtartalommal, hanem oxigénszegény környezet létrehozásával szűkítik le. Ezt eleinte az élelmiszeriparban

már bevált, védőgázzal történő elárasztással valósították meg (Mahler 1992, Bues és Weber 1998). A védőgáz megfelelő védelmet nyújtott; a fa felületén ugyan fehér színű, antagonisztikus (oxigénhiányos környezetben is jól fejlődő) gombafonalak telepedtek meg, ezek azonban nem károsították a fatestet. A farontó gombák tevékenységét teljesen megakadályozta a védőgázos tárolás.

Hamarosan kiderült az is, hogy a védőgáz jelenléte nem szükséges az oxigénszegény környezet létrehozásához (Maier 1998). A faanyag hermetikusan lezárt, fólia alatti tárolásakor az oxigénszegény környezet a fa erjedési folyamatai és a gombák élettevékenysége folytán magától is létrejön. Amennyiben az O₂ szint 10% alá süllyed, a gombakárosítás lehetetlenné válik. A kísérletek folyamán ez az oxigénszegény atmoszféra nagyon hamar – már 4-5 nap alatt – megte-remtődött, így érzékelhető gombakárosítás nem jöhetett létre. A módszer hátrányai között említették a fólia sérülékenységét, ami óvatos máglyázást, az időjárási viszonyok és a rágcsálók elleni védekezést tesz szükségessé. A források megemlítik, hogy kritikus fontosságú a kicsomagolt anyag mihamarabbi feldolgozása, mert néhány nap után a rönkök jelentős károsodást szenvedhetnek, feltehetőleg a megindult, majd az oxigénszegény közegben leállt károsodási folyamatok folytatódása miatt. Amennyiben azonban a feldolgozás időben megtörténik, a végtermék minősége a frissen feldolgozott vagy nedvesen tárolt faanyagéval egyenértékű (Metzler és tsai. 1993, Maier és tsai. 1999, Schüller és tsai. 2001).

A cikkünkben ismertetett kísérletek célja a fólia alatti történő tárolás hazai bevezetési lehetőségeinek vizsgálata volt. Célkitűzéseink a következők voltak:

- Laboratóriumi és üzemi kísérletekkel igazolni az eljárás hatékonyságát hazai fafajok és körülmények között,
- A fólia alatti tárolás újabb lehetőségének, a szárazjég alkalmazásának a kísérleti vizsgálata,
- Optimális módszer kidolgozása a faanyag állagmegóvó tárolására.

Anyagok és módszerek

A kísérletsorozat három részből állt. A laboratóriumi kísérletek során erdei fenyő (*Pinus silvestris*) és bükk (*Fagus sylvatica*) rönköket vizsgáltunk. Mindkét fafajból 3-3, 20–22 cm átmérőjű és 1 m hosszú rönköt használtunk. A rönköket egyesével 3 rétegű átlátszó vákuumfóliába csomagoltuk. Az egyik rönkhöz mindkét fafaj esetében, a rönktérfogattól függően 0,3-0,4 kg szárazjeget is csomagoltunk majd a fóliát hegesztéssel hermetikusan lezártuk (**1. ábra**).

A becsomagolt rönköket és a fólia állapotát a hathónapos tárolási periódus során hetente szemrevételezéssel ellenőriztük. Lezárás után 1 és 5 hónappal, valamint közvetlenül felnyitás előtt a csomagokból egy 1000 ml-es injekciós tűvel levegőmintát vettünk, melyet légmentesen záró Tedlar mintaszállító zacskókba fecskendeztünk. A levegőminták elemzésére a Nyugat-Magyarországi Egyetem Kémiai Intézetének Shimadzu GC-14B gázkromatográf készülékén került sor. Hat hónapos tárolás után a rönköket kicsomagoltuk és az eredményeket szemrevételezéssel, valamint a rönkök asztalos szalagfűrészgépen történő felvágásával, és az elkészült fűrészáru értékelésével ellenőriztük. Ekkor került sor a nedvességtartalom meghatározására is. Az első üzemi kísérletek ugyanezen két fafaj tárolására irányultak. Ennek során Agrofol UVC Stabil 150 típusú fekete, ún. silófóliát



1. ábra – egyesével csomagolt rönkök (laboratóriumi kísérlet)

alkalmaztunk, mely erősebb, mint az áttetsző fólia, és megakadályozza a nap UV-sugarainak károsítását is. A betonozott rönkteret először megtisztítottuk a szennyeződésektől, majd leterítettük az alsó fólia réteget. A leterített fóliára vasúti talpfák kerültek, majd ezekre az alátétekre rakodták le a rönköket. Ezután került fel a takarófólia, melyet a rakat kerülete mentén körben összehegesztettünk az alsó fóliával. Mindkét fafajból 2-2 rakat került becsomagolásra, melyek közül fafajonként 1-1 rakathoz 5 kg szárazjeget is csomagoltunk. A rakatokba helyezett rönkök hossza 1,5 m, átmérője 20–50 cm volt. Egy rakatba kb. 2,8 m³ anyag került.

Mivel az átlátszatlan silófólián keresztül szemrevételezéssel nem lehetett a rakatokat ellenőrizni, az üzemi mérések esetében kéthetente vettünk levegőmintát minden rakatból. A mintavételezés és a levegőminta elemzése a laboratóriumi kísérletekhez hasonlóan történt. A kísérlet végeredményét szemrevételezéssel és a tárolt anyag feldolgozásával állapítottuk meg.

A második üzemi kísérletsorozatban a vizsgálatokat kiterjesztettük két további fafajra, és az első kísérlet tapasztalatait hasznosítva módosítottuk a tárolás körülményeit is. A vizsgálatok két helyszínen folytak. A Bakonyerdő Zrt. Franciavágási Fűrészüzemében egy bükk és egy tölgy rakat, az OWI-Zala Bt. letenyei üzemében pedig egy bükk és egy nyár rakat került kialakításra. A rönkök hossza 3–3,2 m, átmérője 40–60 cm, a rakatok térfogata pedig 2–4 m³ között változott. A minták csomagolása fekete silófólia helyett egy erősebb, többrétegű, szálerősített MIL-B-131 H-class 1 típusú társított fóliával történt, melyet többszörös hegesztési varratot biztosító készülékkel zártunk le légmentesen. Ebben a vizsgálatban már nem alkalmaztunk szárazjeget, viszont kiszivattyúztuk a fólia alatt található levegőt, ezáltal csökkentve a rendelkezésre álló oxigén mennyiségét. Ennek köszönhetően – mivel a fólia rátapadt a rakatokra – a kísérlet kezdeti szakaszában szemrevételezéssel is meg lehetett állapítani, ha a rakat levegőt kapott, így az első hónapokban nem volt

szükség rendszeres mintavételre (**2. ábra**). A kísérlet későbbi szakaszában az oxigéntartalmat levegő-mintavétellel ellenőriztük.

A franciavágási rakatok esetében 3 hét elteltével történt az első mintavétel. 3 hónappal a rakatok lezárása után felmerült a gyanú, hogy a fólia megsérült, ezért újabb mintavételre került sor, melynek eredménye valóban magas oxigén tartalmat mutatott. Ezért ezt a kísérletet ekkor befejeztük, és a rönköket felfűrészeltük.

A letenyei rakatok esetében először 3 hónappal a kísérlet kezdete után vettünk mintát. Az elemzés eredménye azt mutatta, hogy a bükk rakat sértetlen maradt, de a nyár anyag levegőt kapott. Ennek ellenére a kísérletet tovább folytattuk, további 5 hónapon keresztül. A tárolási időszak végén a máglyákat megbontottuk, és az ép bükk rakatból kikerült anyagból főzéses lágyítást követően hámozott furnért készítettünk.

A második üzemi kísérletsorozatban tárolt rönkökből készült minták kémiai összetételét is vizsgáltuk. E vizsgálatok részletes leírását és eredményeit cikksorozatunk második része tartalmazza.



2. ábra – a levegő kiszivattyúzásával készült rakat

Eredmények és értékelés

Az **1. táblázat** tartalmazza a laboratóriumi kísérlet során vizsgált levegő minták elemzésének eredményeit. A levegő oxigén tartalma mindkét fafaj és tárolási mód esetében kb. 1 hónap alatt csökkent 10% körüli értékre. A szárazjéggel történő tárolás esetén lényegesen több CO₂ képződött, ez azonban nem járt együtt oxigénelvonással, sőt, a szárazjég nélküli atmoszférában rendre alacsonyabb volt az oxigén aránya. A tárolási folyamat végén az erdei fenyő nedvességtartalma 120-140%, a bükk anyagé 60-65 % között változott.

A viszonylag lassú oxigén-elvonás magyarázata a rönkkel egybe csomagolt, meglehetősen nagy mennyiségű levegővel magyarázható. Mint az **1. ábrán** látható, csomagolásakor viszonylag nagy gázteret hagytunk a rönkök körül. Ahhoz, hogy az oxigén viszonylag gyorsan elhasználódjon, érdemes a rönköket a lehető legszorosabban csomagolni.

A levegőminták összetétele azt mutatja, hogy – bár van valamennyi különbség a két módszer között – az oxigéntartalom 1 hónap után mindkét esetben viszonylag alacsony szinten, 10% alatt maradt. Ez elegendő a gombák növekedésének a meggátlásához, tehát mindkét módszer egyaránt biztonságosan alkalmazható. A közel élőnedves állapot megőrzése tovább javítja a tárolási módszer hatékonyságát.

A kísérlet folyamán, a szemrevételezéskor már az első néhány hétben jól látható volt a tárolt faanyagok felületén a megjelenő hifabevonat. A rönkök kicsomagolása után ezeket a hifákat tüzetesebben is megvizsgáltuk. A bütüfelületen általában tömör, csatos hifákból álló bevonat volt látható, míg a

1. táblázat – A laboratóriumi kísérlet során vizsgált levegő minták elemzésének eredményei (A kezdeti O₂ tartalom 21 %)

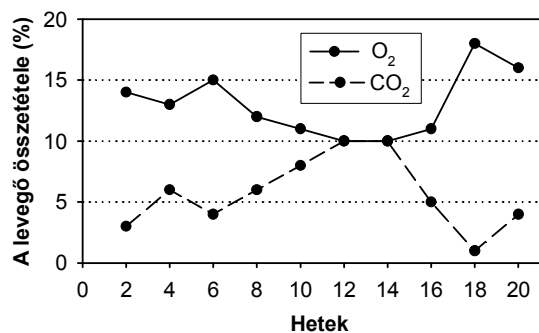
	A mérés ideje	Erdei fenyő		Bükk	
		O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Szárazjég nélkül	1 hónap	10,3	11,2	9,4	8,9
	5 hónap	< 2	23,1	6,6	17,3
	6 hónap	< 2	19,5	4,65	28,1
Szárazjéggel	1 hónap	9,0	39,1	9,7	43,2
	5 hónap	5,9	49,3	7,9	47,4
	6 hónap	5,4	49,3	5,6	72,8

kérgen lazább, csatos és nem csatos hifákból álló réteg képződött. A csatos hifák minden esetben farontó, bazidiumos gombák jelenlétére utalnak. A nem csatos hifák tartozhatnak mind bazidiumos, mind tömlős/konídiumos gombákhoz, tehát lehetnek farontók, vagy csupán felületi penészesedést okozók is. Ennél pontosabb besorolást termőtest illetve spórák hiányában nem lehetett elvégezni.

A kéreg eltávolítása, illetve az anyag felfűrészelése után kiviláglott, hogy a rönkökön látható fehér bevonat valóban csak felületi jelenség. A fatestet a gombák semmilyen módon nem károsították, az elkészült fűrészárún semmilyen elszíneződés vagy károsodás sem volt látható. Bár a farontó gombák jelen vannak, károsító hatásukat nem tudják kifejteni. A faanyag további tárolása, enyhe száradása folyamán azonban ezek a gombák intenzív károsító tevékenységbe kezdhetnek, ezért a rönkök mielőbbi feldolgozása, szárítása kívánatos.

Üzemi körülmények között a fenti eredményeket nem sikerült reprodukálni. Sajnálatos módon a mérés első hetében egy komolyabb szélvihar károkat okozott, különösképpen a szárazjeges máglyákban, melyeket feltehetőleg csak részben sikerült kijavítani. Mint a **3. ábra** mutatja, az oxigénszint csökkenése igen lassú volt, majd, a vizsgálat 3. hónapja után, feltehetőleg egy újabb sérülés miatt, az oxigén szintje újra emelkedni kezdett. A többi mintánál is hasonló helyzet állt elő.

A rönkök megvizsgálása és felfűrészelése után kiderült, hogy mind az erdei fenyő, mind a bükk anyag komoly gombakáro-



3. ábra – A CO₂ és O₂ mennyiségének a változása a szárazjég nélkül lezárt erdei fenyő rakatban

sítást szenvedett. Az erdei fenyő szíjácsa zöldes elszíneződést mutatott, és a penészgombák mellett egyes rönkökben kékülés is megfigyelhető volt. A bükk rönkök jellegzetes, fülledésre utaló jeleket mutattak.

A laboratóriumi és első üzemi kísérletek alapján a következőket állapítottuk meg:

- A kezdődő gombafertőzés mihamarabbi megállítására minél kisebb gáztér alkalmazása kívánatos.
- A rönkök becsomagolása önmagában is kellő védelmet biztosít, mivel a gombák életműködéséhez szükséges oxigén hamar elhasználódik. Az atmoszférába juttatott extra CO₂ ezt a folyamatot nem gyorsítja, tehát a szárazjég alkalmazása a továbbiakban szükségtelen.
- A külföldi szakirodalomban alkalmazott és javasolt fekete silófólia sérülékenysége miatt erősebb fólia alkalmazása javasolható.

A fentiek figyelembevételével végzett második üzemi kísérlet eredményeit a **2. táblázat** szemlélteti. Mint látható, amíg a fólia meg nem sérült, az oxigéntartalom minden esetben 10% alatt maradt, azaz a gombák életműködését sikerült meggátolni.

A franciavágási rakatok a tárolás 4. hónapjában megsérültek. Ezt a sérülést – a takarófólia sérülései és meglazulása folytán – sikerült időben észrevenni, és gázösszetétel-méréssel is igazolni, így ezt a kísérletet ekkor befejeztük. A rönkök szemrevételezése a laboratóriumi kísérlethez hasonló, felszíni hifabevonat képződést mutatott, mely a rönkök felületéről könnyen letörölhető volt.

2. táblázat – A 2. üzemi kísérlet során vizsgált levegő minták elemzésének eredményei (A kezdeti O₂ tartalom 21 %)

Rakat	A mérés ideje	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Franciavágás bükk	21. nap	3,56	47,40
	97. nap	18,20	5,40
Franciavágás tölgy	21. nap	6,15	49,82
	97. nap	17,85	5,64
Letenye – bükk	90. nap	< 2	50,35
	199. nap	3,48	17,66
Letenye – nyár	90. nap	15,15	9,97
	199. nap	20,61	0,34

Feldolgozás után a kinyert fűrészáru minősége egyenértékű volt a hagyományos módon tárolt rönkből készült termékekével.

A letenyei rakatok közül a nyár már a vizsgálat elején levegőt kapott, mint azt a **2. táblázat** mutatja. Mivel ezt nem észleltük időben, ez az anyag már károsodott, mielőtt feldolgozhattuk volna. A bükk rönkök állapotát ezzel szemben 8 hónapon keresztül sikeresen megóvtuk a fólia alatti tárolás alkalmazásával. Kicsomagolás után itt is csak felületi hifabevonatot találtunk. A bükk rönkökből főzés és hámozás után hibamentes, a permetezett anyagból készült termékkel egyenértékű fumért készítettünk.

A főlöleges levegő kiszivattyúzása a minél kisebb légtér – és ezáltal minél gyorsabb oxigén-elhasználódás – mellett további előnyökkel is jár. A szorosan tapadó fóliát a szél nem tudja olyan könnyen feltépni, és könnyebben ellenőrizhető, hogy sikeres volt-e a kezdeti lezárás, és a tárolási folyamat elején észrevehető az is, ha friss levegő jut be a rakatba. A tárolás későbbi szakaszaiban a CO₂ képződés miatt a fólia enyhén felfúvódik, így annak sértetlenségét csak levegőösszetétel-mérésekkel lehet igazolni.

Összefoglalás és következtetések

A fólia alatti rönktárolás hazai alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatára irányuló laboratóriumi és üzemi kísérleteink az alábbi következtetésekhez vezettek:

- Kellő gondossággal végrehajtott fólia alatti tárolással a rönköt a nedves tárolási módszerrel egyenértékű minőségben meg lehet óvni.
- A gombafertőzés megállítására elsősorban nem CO₂-ban dús, hanem oxigénszegény környezetet kell teremteni. Emiatt szárazjég vagy védőgáz alkalmazása szükségtelen.
- A gombafertőzés mihamarabbi korlátozása érdekében a lehető legkisebb gázteret kell biztosítani.
- A felületen létrejövő hifabevonatok – melyek elsősorban csak penészesedést előidéző gombák fonalaiból áll – nem hatol be a fátestbe. A färontó gomba jelenléte miatt azonban kívánatos a fólia alatt tárolt faanyag mihamarabbi feldolgozása,
- a főlöleges levegő kiszivattyúzása elősegíti a minél gyorsabb oxigén-elhasználódást, a fóliát a szél nem tudja olyan könnyen feltépni, és könnyebben észrevehető az is, ha a rakat lezárása sikertelen, vagy később friss levegő jut be a rakatba.

Cikksorozatunk további részeiben a rönkökben a fólia alatti tárolás alatt végbemenő változások kémiai vizsgálatának eredményeit ismertetjük, valamint a fólia alatti rönktárolás gazdaságossági kérdéseit vizsgáljuk.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a kísérletben résztvevő, ahhoz helyet és alapanyagot biztosító Kerkamenti Fűrész Kft., a Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt. és az OWI Zala Fa- és Műanyagipari Termékeket Gyártó és Forgalmazó Bt. vezetőinek és munkatársainak. A kísérletek kidolgozásában és az elemzésekhez nyújtott segítségükért hálásak vagyunk Dr. Csupor Károly egyetemi docensnek, a NyME Faanyagtudományi Intézet, valamint Dr. Albert Levente egyetemi tanácnak, és Dr. Rétfalvi Tamás egyetemi adjunktusnak, a NyME Kémiai Intézet munkatársainak. A kísérletsorozat az „Új minőségmegóvó tárolási módszer kidolgozása fülledekeny faanyagokhoz” c. Baross Gábor pályázat (ND_INRG-05-FA-TAROL) keretében és támogatásával zajlott.

Irodalomjegyzék

1. Bues, C.T., A. Weber. 1998. *Eine neue Methode der Rundholzlagerung*. Forstwissenschaftliches Zentralblatt 117(4):231-236
2. Mahler, G. 1992. *Konservierung von Holz durch Schutzgas*. AFZ/Der Wald. 47(19):1024-1025.
3. Maier, T. 1998. *Ein neues Lagerverfahren für Rundholz*. AFZ/Der Wald 53(26):1597-1598.
4. Maier, T., G. Schüller, G. Mahler. 1999. *Ganzjährig frisches Rundholz aus dem Lager*. Holz Zentralblatt 124(73):1092-1094.
5. Metzler, B., M. Gross, G. Mahler. 1993. *Pilzentwicklung in Fichtenholz unter Schutzgasatmosphäre*. Eu. J. of Forest Pathology 23(5):281-289.
6. Schüller, G., D. Schleier, G. Mahler, T. Maier. 2001. *Rundholzkonservierung in Folie nach „Lothar”*. Holz Zentralblatt 127(21):295