

Csupor Károly

Vízben oldható faanyagvédőszer kioldódási tulajdonságai

Doktori (Ph.D.) értekezés

Témavezető:  
Dr.habil Varga Ferenc  
intézetigazgató egyetemi tanár

Nyugat-Magyarországi Egyetem

2001

# VÍZBEN OLDHATÓ FAANYAGVÉDŐSZER KIOLDÓDÁSI TULAJDONSÁGAI

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:

Csupor Károly

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetemen a Fa- és fatechnológiai tudományok program  
Faanyagtudomány (F1) alprogramja keretében

Témavezető: Dr.habil Varga Ferenc

Elfogadásra javasolom (igen/nem)

A jelölt a szigorlaton....%-ot ért el,

Sopron,

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló.....igen /nem

Második bíráló.....igen /nem

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....%-ot ért el

Sopron,.....

.....a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése

.....az EDT elnöke

<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	<b>2</b>
1.1. FAANYAGVÉDELEM VÉDŐSZEREK ALKALMAZÁSÁVAL .....	2
1.2. A VÍZBEN OLDHATÓ VÉDŐSZEREK ALKALMAZÁSÁNAK PROBLÉMÁI .....	5
1.3. A VÍZBEN OLDHATÓ VÉDŐSZEREK KIOLDÓDÁSI TULAJDONSÁGAIVAL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK ISMERTETÉSE .....	6
<b>2. A KUTATÁS CÉLJA ÉS MÓDSZERE</b> .....	<b>20</b>
2.1. ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLOK .....	20
2.2. SAJÁT VIZSGÁLATAIM ANYAGAINAK ÉS MÓDSZEREINEK ISMERTETÉSE .....	21
2.2.1. <i>Vizsgálati anyagok</i> .....	21
2.2.1.1. A vizsgált védőszer.....	21
2.2.1.2. A vizsgált fajok .....	22
2.2.2. <i>Vizsgálati módszerek</i> .....	23
2.2.2.1. Előkészítés.....	23
2.2.2.2. Védőszer bejuttatása .....	23
2.2.2.3. Pihentetés.....	24
2.2.2.4. Kioldási vizsgálat .....	25
2.2.2.4. Kioldási vizsgálat .....	25
2.2.2.5. Vízminták analízise .....	25
2.2.2.6. Értékelés .....	25
<b>3. A KIOLDÓDÁSI HATÁSVIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI</b> .....	<b>26</b>
3.1. A LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK JELLEMZŐI ÉS EREDMÉNYEI .....	26
3.1.1. <i>A bükk próbatestekhez tartozó eredmények</i> .....	27
3.1.2. <i>Az erdeifenyő próbatestekhez tartozó eredmények</i> .....	34
3.1.3. <i>Bükk és erdeifenyő</i> .....	42
3.1.4. <i>Az eredmények értékelése</i> .....	49
3.2. AZ ÜZEMI KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI .....	52
3.2.1. <i>Tölgy próbatestekhez tartozó eredmények</i> .....	53
3.2.2. <i>Bükk próbatestek eredményei</i> .....	58
3.2.3. <i>Erdeifenyő próbatestek eredményei</i> .....	64
3.2.4. <i>Lucfenyő próbatestek eredményei</i> .....	72
3.2.5. <i>A pihentetési idő hatásának értékelése</i> .....	80
3.2.5.1. Tölgy próbatestek értékelése .....	80
3.2.5.2. Bükk próbatestek értékelése.....	81
3.2.5.3. Erdeifenyő próbatestek értékelése .....	81
3.2.5.4. Lucfenyő próbatestek értékelése .....	82
3.2.6. <i>A különböző fajokhoz tartozó eredmények összehasonlítása</i> .....	84
3.2.7. <i>A különböző fajokhoz tartozó eredmények értékelése</i> .....	93
3.3. A LABORATÓRIUMI KEZELÉS ÉS AZ ÜZEMI TELÍTÉS HATÁSÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	95
3.3.1. <i>Bükk próbatestek eredményei</i> .....	95
3.3.2. <i>Erdeifenyő próbatestek eredményei</i> .....	100
3.3.3. <i>A két fajhoz tartozó eredmények összehasonlítása hatóanyagoként</i> .....	106
3.3.4. <i>Az eredmények értékelése</i> .....	109
3.3.4.1. Bükk próbatestek értékelése .....	109
3.3.4.2. Erdeifenyő próbatestek értékelése .....	109
<b>4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA</b> .....	<b>112</b>
4.1. TAPASZTALATOK ÉS JAVASLATOK AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSÁRA .....	114
<b>5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI</b> .....	<b>117</b>
<b>6. IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	<b>119</b>

## MELLÉKLET

# 1. Bevezetés

## 1.1. Faanyagvédelem védőszer alkalmazásával

Az erdő és fagazdálkodás érdekei világszerte megkövetelik, hogy a természeti erőforrásokon alapuló és nagy társadalmi ráfordítással létrehozott, hosszú időn át gondozott erdeinkben bővítetten újratermelt faanyag minőségét a lehető legnagyobb körtekintéssel óvjuk a kitermelés és a feldolgozás közötti időben, majd pedig a további ráfordítással előállított fatermékek károsodását megakadályozzuk (de legalábbis csökkentjük) a rendeltetésszerű használat során.

A faanyagot létrehozó erdő életközösségének nyílt, szabályozott rendszerében dinamikus egyensúlyban, körfolyamatot alkotnak a fás anyagot felépítő és az azt lebontó folyamatok. Az erdei ökoszisztémában a reduzens szervezetek, közöttük számos gombafaj biztosítja az élet folyamatosságát, az erdő megújulását. Az erdei természetes körfolyamaton kívül a faanyag tárolása, műszaki hasznosítása során azonban ez a fatermékek minőségének romlását, használhatóságának csökkenését, illetve a használati időtartamának a rövidülését okozza. A fatermékek „környezetállóságát” tehát megfelelő intézkedésekkel, többek között a faanyagvédelem módszereivel kell növelni. A gazdasági érdekeken túl a faanyagvédelemnek fontos szerepe van a fatestben megkötött szén felszabadulásának megakadályozásában.

Az elmúlt másfél évszázadban bebizonyosodott, hogy az eredményes faanyagvédelem nem csupán a faanyag felhasználási területeinek gazdaságos bővítését, a fafajok többcélú és értékes hasznosítását teszi lehetővé, hanem segítségével még a természetes állapotú faanyag számára kedvezőtlen körülmények között is biztosítható a fatermékek hosszú idejű használata.

A korszerű faanyagvédelem több, egymást feltételező és kiegészítő művelet, intézkedés összessége. A „kémiai” faanyagvédelem a faanyagba, vagy annak felületére juttatott vegyszerekkel megakadályozza, vagy késlelteti a fatermék minőségét, értékét, használhatóságát csökkentő károsítások bekövetkezését. Ezt nevezzük megelőző „preventív” védelemnek. A megszüntető „szanáló” védelem megállítja a már folyamatban lévő károsítást. A faanyagvédelmi kutatások elsősorban a védőszernek a faanyag környezetállóságát javító hatásával, a „faanyag - károsító – védőszer - környezet” rendszer elemeinek egymásra kifejtett hatásaival és az azokat befolyásoló tényezők vizsgálatával foglalkoznak.

A tárolási, felhasználási, ill. beépítési környezetet a biológiai károsítók előfordulása és a faanyag jellemző nedvességtartalma szerint az MSZ EN 335-2 szabvány 5, úgynevezett veszélyeztetettségi osztályba sorolja be:

1.táblázat. A veszélyeztetettségi osztályok nedvességtartalom-viszonyainak és a támadó biológiai károsítóknak az összesítése a faanyagra

		A biológiai károsítók előfordulása					
		Farontó gombák		A fa elszíneződését okozó gombák	Rovarok		Tengeri károsítók
Veszélyeztetettségi osztály	A faanyag nedvességtartalma	Basidiumos gombák	Lágy korhadást okozó gombák	Kékülés	Bogarak	Termeszek	
<b>1</b>	Legfeljebb 20 %	-	-	-	<b>U</b>	<b>L</b>	-
<b>2</b>	Esetenként >20 %	<b>U</b>	-	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>L</b>	-
<b>3</b>	Gyakran >20 %	<b>U</b>	-	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>L</b>	-
<b>4</b>	Állandóan >20 %	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>L</b>	-
<b>5</b>	Állandóan >20 %	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>L</b>	<b>U</b>

U: Általánosan jelen van Európában, L: Európában helyileg van jelen

A veszélyeztetettségi osztályok többségében elkerülhetetlen az úgynevezett kémiai védelem alkalmazása, amelynek anyagai a védőszer. A védőszer általános értelemben a faanyagot károsító, elsősorban biotikus (élő) tényezők ellen használandó készítmények. Ebből ered alkalmazásuk legnagyobb nehézsége is, ugyanis ideális esetben hatásukat kizárólag a faanyagban (a környezet „mérgezése” nélkül) kellene kifejteni. A védőszer több generációját már kivonták a forgalomból, újak jelentek meg helyettük, de ezeket is folyamatosan tökéletesítik, korszerűsítik. A hatóanyagok alapján a védőszer lehet csak gomba- ill. rovarölő, vagy többféle károsítóval szemben is hatásos, esetleg még égéskésleltető adalékot is tartalmazó, úgynevezett kombinált védőszer.

A megfelelő védőszer kiválasztása egy adott esetben rendkívül érdekes feladat, mert bár hatalmas a kínálat a különböző készítményekből, de ezek általában fantáziánévvel kerülnek forgalomba, ami az esetek legnagyobb részében semmilyen információt nem ad. Több országban rendszeresen kiadják a kereskedelmi forgalomban engedélyezett védőszer jegyzékét, ami némi segítséget nyújt a tájékozódáshoz, mivel bizonyos utalásokat tartalmaz a

felhasználhatóságra. Ritkán előfordul, hogy közlik a fő hatóanyagot is, de azt már nem, hogy milyen vegyület formájában van jelen. Emellett köztudott, hogy a védőszerek döntő többsége úgynevezett összetett készítmény, vagyis több hatóanyagot is tartalmaz, nem is beszélve az egyéb összetevőkről (nedvesítő szer, katalizátor, stabilizátor, vivőanyag stb.). Az összetétel mellett hasonlóan fontosak az egyéb jellemzők is, mint pl.:

- hatásosság gomba és/vagy rovar ellen
- oldhatóság
- száradási idő
- utánkezelhetőség (festhetőség, ragaszthatóság)
- mérgezési tulajdonságok
- kioldhatóság
- alkalmazási körülmények
- felhordási technológiák stb.

Ezek egy részéről a használati utasítások szolgáltatnak több-kevesebb információt, de korántsem kielégítő mértékben és mélységben, illetve az egyszerű felhasználó számára megfejthetetlen jelölésekkel és utalásokkal.

A védőszerek megjelenésével szinte egyidőben megkezdődött vizsgálatuk is, azonban ez olyan szerteágazó feladatot jelent, amelyet szinte teljesen lehetetlen tökéletesen megoldani. Ez részben a károsító-félék rendkívül nagy számából adódik, de hasonlóan sokfélék lehetnek a felhasználás körülményeiből eredő környezeti viszonyok és hatások is. Ehhez társul még a kezelt fafaj, mint befolyásoló tényező szintén jelentős számban. A felsorolt tényezők gyakorlatilag végtelen sok változatban párosíthatók, tehát a vizsgálatok a tényleges eseteknek csak egy részére korlátozódnak, így folyamatosan folytatni kell ezeket. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a természetes körülmények között végzett kísérletek gyakran akár 5-10-15 évig is tarthatnak, ami azt jelenti, hogy bizonyos tapasztalati adatokat csak hosszú idő elteltével lehet beszerezni, ill. megállapítani. Természetesen lehetőség van az úgynevezett gyorsított öregítési kísérletek során viszonylag rövid idő alatt, laboratóriumi klímakamrában modellezni a természeti hatásokat, de itt is felmerül az egyébként klasszikus, valamennyi laborban végzett kísérletre vonatkozó kérdés, hogy a modell kísérletek eredményei milyen megbízhatósággal ültethetők át a tényleges körülményekre. Elegendő a nagyon egyszerűnek mondható, a természetes állapotú faanyag egyes gombákkal szembeni ellenállóképességét meghatározó vizsgálatra utalni, ahol a laboratóriumban úgynevezett „tisztá” gombatenyészetet alkalmazunk, pedig akár az épületben, de különösen a szabadban beépített faanyagot mindig a károsítóknak az adott környezetre jellemző együttese támadja meg, amelyhez gyakran

alacsonyabb rendű gombák, sőt baktériumok is tartoznak. Az egyidejűleg vagy egymás után fellépő károsító szervezetek aktivitása ill. bontási tevékenysége során lejátszódó biokémiai folyamatok sokszor lényegesen is módosíthatják az egyetlen gomba és a faanyag között lejátszódó folyamat jellegét és sebességét is. Ugyanez érvényes a védőszerekre is, mivel a laboratóriumban ezek hatásosságát is egyidejűleg csak egy-egy gombával szemben vizsgáljuk, és a talajjal érintkező vagy részben a talajban lévő szervezetek károsító környezetét szinte lehetetlen modellezni.

## **1.2. A vízben oldható védőszerek alkalmazásának problémái**

A védőszerek között öröndetes módon ma már egyre nagyobb hányadot képviselnek a vízben oldódók, és ezzel jelentősen csökkent az oldószerek használatából eredő, felhasználót és környezetet egyaránt veszélyeztető tényezők száma. Az ilyen típusú védőszerek vizsgálatának egyik fontos területe – egyben alkalmazásuk legnagyobb problémája – a kezelt termékből a felhasználás során bekövetkező kioldódás. A vizsgálatok ezen a területen is több évtizedes múltra tekintenek vissza, és az alkalmazott módszerek nagyon sokfélék (áztatás, aprítás + áztatás, áztatás + keverés, áztatás többszöri vízcserével, esőztetés egyszer vagy periodikusan stb.).

Eleinte még (és a köznyelvben ma is) a védőszer kimosódásáról beszéltek, de az utóbbi évtizedekben már elkülönítik az egyes hatóanyagokat és alkotórészeket. Ez azért indokolt, mert a kimosó folyadékban megjelenő anyagok aránya lényegesen eltér az eredeti védőszerbeli arányoktól, olyannyira, hogy például egyes hatóanyagok teljes mértékben kioldódnak, mások pedig alig 1-2%-os mértékben vagy egyáltalán nem. A vizsgálatok döntő többségében általában a kioldó vízben lévő hatóanyagok mennyiségét határozzák meg valamilyen analízáló módszerrel (AAS, ICP), és ezt viszonyítják a faanyagba bejuttatott mennyiséghez. Ez az érték az adott kimosási folyamat során kioldódott hatóanyagok mennyiségét és hányadát mutatja, de nem ad például információt arról, hogy a folyamat közben időben milyen ütemben oldódnak ki az egyes anyagok. Ritkábban a faanyagban maradt védőszer maradékot határozzák meg.

Szinte az összes kioldódási tulajdonságot és jellemzőt (mennyiség, intenzitás, sebesség stb.) több tényező befolyásolja.

2. táblázat. A kioldódást befolyásoló tényezők

<b>Fafaj</b>	<b>Védőszer</b>	<b>Kezelési mód</b>	<b>Pihentetés</b>	<b>Kioldás módja</b>
szövetszerkezet	típus	nyomás	idő	áztatás
pórustérfogat	összetétel	idő	hőmérséklet	esőztetés
kémiai összetétel		hőmérséklet	páratartalom	természetes kitétségi
		fixálás (ha van)		egyéb

A táblázatban szereplő tényezők további részletekre bonthatók: pl. az áztatás esetében történhet a folyadék áramoltatásával vagy anélkül, különböző ideig; az esőztetés egyszeri alkalommal vagy többszöri ismétléssel, eltérő intenzitással, stb.

A gyakorlatban a tényleges beépítés ill. a felhasználás során a kezelés és a kioldás között eltelt idő valamint a kioldás körülményei csak valószínűsíthetők, és nagyon tág határok között változhatnak. A kioldási vizsgálatokkal a módszerek sokfélesége ellenére a tényleges beépítés után bekövetkező ilyen irányú hatások nehezen modellezhetők. A természetes kitétségi vizsgálatok is csupán a vizsgálati helyszínen, a vizsgálat ideje alatti klimatikus viszonyok hatását, amelyek csak kis valószínűséggel fordulnak elő máshol és máskor, tudják rögzíteni.

A kioldás következményeit két oldalról kell vizsgálni. A kezelt faanyagot tekintve a kimosással csökken a védettség, sőt több év után szélsőséges esetben a védőszertartalom elérheti akár bizonyos károsító szempontjából az úgynevezett „stimulálási” értéket is, ami mindenképpen elkerülendő. A másik szempont, amelyet valamennyi esetben figyelembe kell venni, a szerkezet közvetlen és tágabb környezetének a szennyezése, ahová a kioldott (gyakran nehézfém) vegyületek kerülnek. Itt vizsgálni lehet, hogy a talaj szerkezetétől függően a kimosó folyadék tovább viszi-e (ha igen, hova) a szennyező anyagokat, vagy azok a kimosás helyén felhalmozódnak.

### **1.3. A vízben oldható védőszerek kioldódási tulajdonságaival kapcsolatos kutatások ismertetése**

Az áttanulmányozott szakirodalomban a kutatók a következő kérdésekre keresték a választ:

1. A kezelt fából mennyi védőszer mosható ki közvetlenül a telítés után?
2. Milyen mértékben változik a védőszer összetevőinek kimoshatósága a fixálódási idő alatt?

Ennek célja egy olyan pihentetési időtartam megadása, amely megfelel a környezetvédelmi előírásoknak és egyben gazdaságos is.



3. Hogyan és milyen mértékben befolyásolhatók a kioldódási tulajdonságok anélkül, hogy a károsítókkal szembeni hatásosság csorbát szenvedne?

Itt szóba kerülhet a védőszer összetételének a változtatása, a kezelési technológia módosítása beleértve valamilyen fixálási folyamat beiktatását is.

A telítés általában zárt rendszerben történik, és a művelet befejezése után kerül a kezelt fa közvetlen kapcsolatba a környezettel és ettől kezdve áll fenn a kioldás veszélye.

WISCHER és WILLEITNER (1977) erdeifenyőből készült oszlopokat vizsgáltak periodikus esőztetéses módszerrel. A próbatestek telítése laboratóriumban történt 45 perces 4 kPa-os vákuum (V) és 100 perces 800 kPa-os nyomással (N). A telítési folyamat, mint befolyásoló tényező szerepének a tisztázására további 30 perces vákuum és 30 perces 500 kPa-os nyomási fázisokkal bővítették a kezelést. A felvett védőszer mennyiségek a 3. táblázatban találhatóak.

3. táblázat. A különböző telítési folyamatok során felvett védőszer mennyiségek (kg/m<sup>3</sup>)

VN	VNV	VNVN	VNVNV
20,8	18,0	17,9	16,8

A próbatestek bütüfelületeit lezárták a telítés előtt, így a védőszer csak a paláston keresztül hatolt be a faanyag belsejébe. Az esőztetés 1, 24, 96 és 696 órával a kezelés után kezdődött.

Paraméterei :

intenzitás: 9 mm/óra (közepes) és 36 mm/óra (erős)

időtartam: 1 és 4 óra

gyakoriság: 1 és 3 alkalom/nap

cseppátmérő: 1 mm

A próbatestről lefolyó vizet gyűjtötték és elemezték. A vizsgálat után a próbatestből vágott vékony korongon tanulmányozták a védőszereloszlást a keresztmetszetben. Mindkét mérést (víz és korong) atom-abszorpciós spektrofotométerrel végezték.

Az eredmények alapján a következő megállapításokat tették:

- Közvetlenül a telítés után jelentős mennyiségű króm és réz mosódik ki, de a kimosódás üteme elég gyorsan csillapodik az idővel. Ha az esőztetés a telítés után 24 órával kezdődik, akkor a kezdeti értékek az előzőeknek csak a negyedét teszik ki. Ekkor az értékek csökkenése az esőztetés közben lényegesen kisebb ütemű, mint az első esetben. Az esőztetés előtti tárolási idő további növelésével a kezdeti kioldódási értékek is csökkennek, de egyre kisebb mértékben és az esőztetés közbeni változás is egyre kisebb.

- Érdekes az a megfigyelés, hogy a 24 óra után kezdett esőztetéskor kioldódott komponensek mennyisége szinte azonos a kezelés után 24 órával következő harmadik esőztetés során kioldottakkal, pedig ezt már két másik esőztetés (1 és 5 óra után) megelőzte. Ebből arra lehet következtetni, hogy a fixálódási idő hatása erősebb, mint a korábbi kimosási folyamatoké.

- A réz és a króm kioldódását összehasonlítva, a rövidebb fixálódási idő után a védőszerbeli arányhoz képest lényegesen több króm oldódott ki. A 4 hetes vagy hosszabb fixálódás után viszont több réz oldódott ki.

- Az esőztetés intenzitásának a növelésekor növekedtek ugyan a kioldott mennyiségek, de nem arányosan a felhasznált víz mennyiségével.

- Az időtartam hatását tekintve a folyamatos 3 órás esőztetés közben több védőszer oldódik ki, mint a 24 óra alatti háromszor egyórás esőztetés közben

- Az utóvákuum hatása 24 órával a telítés után kezdett esőztetésnél már jóval csekélyebb és 96 órás pihentetés után pedig már elhanyagolható. Hasonló a változás jellege a 24 óra alatti háromszori esőztetés és az erősebb intenzitás esetén is. Érdekes megfigyelés, hogy a telítés után egy órával kezdett intenzív, hosszú idejű esőztetés közben az utóvákuummal kezelt próbatestekből a kioldódás az esőztetés során lineárisan csökken, szemben az utóvákuummal nem kezeltéknél tapasztalt progresszív csökkenéssel.

- Egy további nyomási periódus beiktatásával ismét növekednek a kezdeti kioldódási értékek, de ha a telítés ismét vákuumfázissal fejeződik be, akkor újra csökken a kimoshatóság az első utóvákuum hatását kissé meghaladó mértékben.

- Feltűnő a króm-réz arány változása a különböző alkalmazott telítési fázisok szerint. A kiinduló oldatban ez 1,5 volt, majd a telítés után 1 órával kezdett esőztetéskor a VN és a VNVN kezeléseknél 2 fölé, a VNV kezelésnél 3 fölé és a VNVNV kezelésnél 4-re emelkedett.

WILLEITNER és munkatársai (1991) 1988-ban felállított zajvédő fal elemeiről lecsurgó csapadékvizet gyűjtötték be és elemezték. A vizsgált szakaszon havonta cserélték az edényeket. A 10 cm átmérőjű lucfenyőből készült oszlopokat bórszegény Cu-Cr-B típusú sókeverékkel telítették, majd forró gőzzel kezelték a fixálódás gyorsítása és javítása érdekében. Megfigyeléseik:

Minden vízmintában kimutatható volt mindhárom összetevő, az időben változó, egymástól eltérő koncentrációban az alábbi határok között:

Cr: 0,3 - 1,46 mg/l, Cu: 1,44 - 6,04 mg/l, B: 0,04 - 2,69 mg/l.

A koncentrációk változásában bizonyos, az évszakokat követő ritmus tapasztalható. A száraz időszakot követő gyenge esőzés magasabb kioldási értékeket mutat, mint a tartós nedves

periódusbeli intenzív esőzés. Ez arra utal, hogy a száraz időszakban a felület közelében feldúsul a védőszer. Az utolsó 5 hónapban a B koncentrációjának a visszaesése valószínűleg annak elfogyását jelenti.

WILLEITNER és ILLNER (1986) telítéssel kapcsolatos vizsgálataikat azt követően kezdték, hogy a telítéssel foglalkozó üzemek visszajelzései szerint a laboratóriumban tapasztalhatókhöz képest üzemi körülmények között magasabb kioldási értékek adódtak. Párhuzamosan végeztek laboratóriumi és üzemi kísérleteket. Munkájuk során, az addigi vizsgálatokon túlmenően az alacsony tárolási hőmérsékletek hatását is tanulmányozták. Ezen kívül a kioldáshoz nem ioncserélt vizet, hanem összegyűjtött esővizet alkalmaztak a savas hatás vizsgálatára. A próbatesteket erdeifenyőből készítették.

Laboratóriumi telítés: a próbatestek 4%-os RKB-oldattal telítették. A felvett védőszer mennyiség  $29 \text{ kg/m}^3$  volt. Ezt követően 1, 7 és 14 napig tárolták  $+20$ ,  $+5$  és  $-18^\circ\text{C}$ -on. Ezután került sor az esővízzel történő kimosásra 1 órán keresztül. A próbatesteket műanyag edényben áztatták, miközben folyamatosan, rázással mozgatták. Az esővíz pH-értéke általában 4,5 és 5,8 között ingadozott. Az eredményeik alapján a következőket állapították meg:

A pH-érték befolyása ebben a tartományban elhanyagolható a másik két tényező hatásához képest. A szobahőmérsékleten tárolt próbatestekből származó adatok jellege megegyezik más, korábbi vizsgálatok eredményeivel (WISCHER, WILLEITNER 1977). Az  $5^\circ\text{C}$ -on tárolt próbatesteknél a szobahőmérsékletéhez képest jelentős növekedés tapasztalható a króm és a réz kioldódása esetében is. Még jelentősebb ez a növekedés a mélyhűtött próbatesteknél. Az utóbbi két esetben a 7 és 14 napos tárolás közötti különbség csekély, különösen a réz esetében. Ez azt jelenti, hogy ilyen hőmérsékleti tartományban a fixálódás rendkívül lassan megy végbe (megjegyzendő, hogy a króm esetében növekedett a kioldott mennyiség a tárolási idővel).

Üzemi telítés: 75 cm hosszú, 12 cm átmérőjű darabokat telítették, majd  $+20$ ,  $+5$  és  $-18^\circ\text{C}$ -on tárolták különböző ideig (6 óráig, 1, 3, 5, 7, 14, 21 és 28 napig). A próbatestekről az egyes tárolási idők után 70 mm-es korongokat vágta le, amelyekből elkészítettek a kioldáshoz használt próbahasábokat. Minden korongból 20 darabot készítettek és a kimosás 60 ill. 180 percig tartott. A kimosás megkezdése előtt az előkészületek (feldarabolás, temperálás stb.) 4 órát vettek igénybe. Az eredmények alapján elmondható, hogy a kioldott króm mennyisége nagyobb mértékben függ a tárolási hőmérséklettől, mint a rézé. A hűvös ( $5^\circ\text{C}$ ) és a fagyos ( $-18^\circ\text{C}$ ) tároláshoz tartozó réz kioldódási értékek azonos módon változtak az eltelt idővel. A króm esetében a hetedik naphoz tartozó érték kiugróan magas. Az első három alkalommal a

szobahőmérsékleten tárolt próbatestekből oldódott ki a nagyobb mennyiség, de ez lecsökkent később szemben a másik két csoporttal, ahol inkább emelkedés volt tapasztalható.

A kioldódott mennyiségeket a laborkísérleteknél mértekkel csak bizonyos fenntartásokkal lehet összehasonlítani a próbatestek eltérő mérete és kialakítása (takart ill. szabad bütüfelület) miatt. Ez utal a laborkísérletek eredményeinek a gyakorlatba történő adaptálásának a nehézségeire.

WILLEITNER, VOB és PEEK (1986), laboratóriumban végeztek telítést 3%-os CKB oldattal (30 perc elővákum 100 kPa-on, majd 2 ill. 4 óra túlnyomás 800 kPa-on) erdei fenyő ill. lucfenyő próbatesteken. Ezt 30 ill. 60 perces gőzölés követte 110, 120 és 130°C-on. A kioldáshoz a palástról kiindulva négy mélységből vettek mintát. A legkülsőt két óráig, a többit öt óráig pihentették, majd pohárban, folyamatos keverés mellett végezték a kioldást. A réz és króm koncentráció meghatározását atomabszorpciós spektroszkópiával végezték.

4. táblázat. Az erdei fenyő próbatestekből kioldott Cr és Cu tartalom %-os értékei a különböző kezelések és eltérő mélységek esetén

Hatóanyag		Cr				Cu			
Mélység		a	b	c	d	a	b	c	d
Kontroll		11,1	10,8	10,8	10,8	6,9	5,8	6,4	7,0
°C	perc	%				%			
110	60	0,1	0,1	1,5	3,0	0,3	0,2	0,7	0,7
120	30	0,2	2,0	5,0	6,4	0,2	0,6	1,3	2,3
120	60	0,2	0,2	1,2	2,9	0,5	0,3	0,5	0,9
130	30	0,2	0,2	0,6	-	0,3	0,2	0,2	-

a: 0,0-7,5 mm; b: 10-17,5 mm; c: 20-27,5 mm; d: 30-37,5 mm.

A 4. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a réz kioldódása jellemzően alacsonyabb, ami a réz általában gyorsabb fixálódásából ered. A nagyobb mélységekben az időnek erőteljesebb a befolyásoló szerepe, mint a hőmérsékletnek.

KLIPP és munkatársai (1990, 1991, 1992) lucfenyőből készült próbatestekkel végeztek kioldási kísérleteket. Három különböző védőszert (Cu-Cr-B, Cu-Cr-F és Cu-HDO típusúakat) használtak. Vizsgálataik során változtatták a telítési eljárást és kioldás módját is. Először teljes telítést végeztek (30 percig -80 kPa, 300 percig +800 kPa, 30 percig -80 kPa), amelynek során az átlagos védőszerfelvétel 6,5-7 kg/m<sup>3</sup> volt. A próbatestek egyik csoportjánál közvetlenül a telítés után forró gőzös fixálást végeztek, a többit 20°C-on tárolták. A kioldást mesterséges esőztetés (csapvízzel) jelentette 15 és 35 mm/m<sup>2</sup>/óra intenzitással 1 órán keresztül. Az első esőztetés 30 nappal a telítés után volt, majd 14 naponként még további öt alkalommal ismételték meg. A lefolyó vizet atomabszorpciós spektrofotometriás úton

analizálták, és meghatározták benne a réz és a króm mennyiségét (5.sz táblázat). Gőzölés nélkül az intenzitás növelése a CCB esetében a növelési aránynál kisebb mértékű emelkedést eredményezett mindkét ion kioldásánál. A CCF-el kezelt próbatesteknél a Cu ion kioldása majdnem felére csökkent, a króm kioldódása pedig alig emelkedett. A Cu-HDO-nál 20%-os a réz kioldódásának csökkenése. Gőzölés után a réz kioldódása 23 ill. 50%-kal, a krómé 92%-kal csökkent. A két intenzitáshoz tartozó kioldások között a különbségek jelentősen kisebbek lettek. A kioldás üteméről elmondható, hogy gőzölés nélkül magas kezdőérték után gyors csökkenés következett. Kivétel ez alól a Cu-HDO, ahol a második alkalomtól az első érték kb. 50%-án állandósul a kioldott mennyiség. Gőzölés után az alacsonyabb kezdőértéket mérsékeltebb csökkenés követi, valamint a króm és a réz mennyiségeinek az aránya megfordult és nagyobb lett (nem gőzölnél a Cr értéke 1,2-3 szorosa a Cu-ének, gőzölés után pedig ötödrésze). Feltűnően magas a Cu-HDO-ból kioldott réz aránya.

5. táblázat. A különböző védőszerekből kioldódott réz és króm összes mennyisége és aránya

Hatóanyag	Cu	Cr	Cu	Cr
Védőszer	mg		%	
CCB a	33,92	75,85	0,13	0,18
CCB b	44,85	90,44	0,14	0,18
CCB a-h	25,59	6,24	0,11	0,02
CCB b-h	22,2	6,99	0,1	0,02
CCF a	23,8	215,5	0,09	0,28
CCF b	14,8	219,8	0,05	0,25
Cu-HDO a	521	-	5,92	-
Cu-HDO b	402,6	-	4,85	-

a: 15 mm/m<sup>2</sup>/óra, b: 35 mm/m<sup>2</sup>/óra., h: forró gőzös fixálás

Laboratóriumi vizsgálataik során 6x5x4 cm-es próbatesteket vágtak az oszlopok felületéről, tehát minden hasábon maradt eredeti külső határoló felület. Ezután az összes fűrészelt felületet lezárták egy kétkomponensű epoxi gyantával, így a védőszer felvitele és kimosódása is csak az eredeti külső határoló felületen keresztül történt. A próbahasábokat a telítés (4%-os oldattal) után három hétig pihentették 20°C-on. A kimosáshoz a hasábokat a "szabad" felületükkel lefelé helyezték az edénybe, majd desztillált vízben egy órán keresztül rázták. Közbeiktatott szárítási szünetekkel 14, majd 7 naponta még 15 alkalommal megismételték.

Eredményeik:

A CCB-ből a kezdeti kioldódási érték króm esetében 0.5%, a réznél 0.7% volt, amelyek erősen lecsökkentek a második alkalomra és már jóval kisebb ütemben csökkentek tovább végig a teljes kioldási folyamaton. Az utolsó öt alkalommal már szinte elhanyagolható a változás. A króm nagyobb mennyisége az ötödik kioldásig jellemző, utána a rézhez hasonlóak az értékek. A CCF -ből háromszor annyi réz oldódott ki, mint a CCB-ből, de a különbség az első három kioldásból származik. utána alig van eltérés. A króm esetében a több mint tízszeres különbség valamennyi kioldási műveletre jellemző. A Cu-HDO esetében egyenletes a kioldott mennyiség csökkenése.

A természetes kitettségi vizsgálatok során a telített oszlopokat (5, 8,3, 9,5 kg/m<sup>3</sup>) négy hónapig fedett helyen tárolták. Ezután egy speciális állványra felfüggesztették azokat, és alattuk helyezték el a gyűjtőedényeket, amelyekből havonta ürítették ki a felfogott vizet az analizáláshoz. A CCB-ből a kezdeti kioldódási érték kb. 0,2% volt a réz esetében és kb. 0,05% a krómnál. A CCF-nél 0,34 és 0,5% voltak a kezdeti értékek, de a teljes folyamat alatt alig volt különbség a két hatóanyag viselkedése között. Mindkét védőszerre igaz, hogy egyetlen mintában sem volt az azt megelőzőnél magasabb érték. A Cu-HDO esetében ez kétszer fordult elő a 11 hónap alatt. A kioldott mennyiségek felülmúlják az egyórás mesterséges esőztetésnél tapasztaltakat.

6. táblázat. A különböző vizsgálatok során kioldódott réz és króm mennyisége és aránya

Helyszín	Laboratórium				Természet			
	Cu		Cr		Cu		Cr	
Hatóanyag	mg		%		mg		%	
CCB	5,44	8,35	1,82	1,71	360	121	1,01	0,22
CCF	15,26	92,41	5,38	10,6	670	2136	1,41	1,45
Cu-HDO	15,35		21,57	-	1703		11,41	-

Az 6. táblázat százalékos adatai alapján megállapítható, hogy CCB esetében a természetes kitettségénél nagyobb a különbség a króm és a réz, egyébként alacsonyabb értékei között. A CCF nél a laborban van sokkal nagyobb különbség a két vizsgált hatóanyag között és a két helyszín közötti különbség is lényegesen nagyobb. A Cu-HDO-ból is a laboratóriumban oldódott ki a nagyobb hányad.

MARUTZKY (1991) védőszerrel kezelt játszótéri szerkezetek kioldódási problémáját vizsgálta. Ezen a területen csak nagy nyomással telített faanyag alkalmazható és szinte kizárólag vízben oldható sókeveréket használnak. Korábbi vizsgálatok (BECKER, BUCHMANN (1996), WILLEITNER, ILLNER (1986)) alapján a hatóanyagok kioldódása a következő:

Cu....5-10%, Cr.....10-40%, As....15-20%, B....80-90%, Cu-HDO.....20-30%.

Modellezte az egyetlen oszlop által okozott talajszennyeződést és szélsőséges esetben 14mg/l-es védőszer-koncentráció adódott az oszlop körül egyenletes eloszlást feltételezve 1 m mélységig. Ez az érték önmagában nem magas, de valójában az eloszlás sem egyenletes, tehát ennél lényegesen magasabb értékek is előfordulnak.

HOMAN és MILITZ (1993) CC és CCB típusú védőszerekkel telítettek erdei- és lucfenyőből készült próbatesteket. A kioldást esőztetéssel végezték 10 l/30 perc intenzitással, két alkalommal 24 órás szünettel. Az analízis atomabszorpciós spektroszkópiával történt. A kioldást:

- természetes környezetben való száradás (5 nap 10-15°C; 21 nap 10°C alatt)
- szárítókamrában való szárítás (72 óra 35-40°C)
- forró gőzös fixálás (1-2 óra 60-90°C) előzte meg.

Eredményeik alapján megállapították, hogy természetes körülmények között 10°C alatt 21 nap is kevés a fixálódáshoz. A kamrában történő szárítással lényegesen sikerült csökkenteni a króm és a réz kioldódását, de a szükséges időtartamot hosszúnak tartják. A forró gőzös kezeléssel javult a fixálódás, de a különböző hőfokokra és időtartamokra eltérően reagáltak a króm és a réz.

ILLNER és munkatársai (1989) az UV-fénnyel történő kezelésnek a króm fixálódására gyakorolt hatását vizsgálták. Erdei fenyő szijácsból készült próbatesteket telítettek 4%-os CCB oldattal. Egynapos pihenő után különböző idejű és eltérő intenzitású UV-fénnyel történő megvilágítást alkalmaztak, majd közvetlenül ezután következett a kioldás, pohárban állandó keverés mellett egy óráig, amit 1 ill., 4 hét múlva megismételtek. Az eredményeik alapján levont következtetések:

- az UV megvilágítás gyorsítja a króm és réz fixálódását
- a fixálódás gyorsítása jelentős mértékben függ a megvilágítás intenzitásától és energiájától
- nagy energiájú sugárzásnál (pl. lakk szárító alagút) néhány másodperc is elegendő lehet a jelentős fixáláshoz
- a megfelelő sugárforrás és kezelő berendezés kiválasztásához körültekintő gazdasági számítások szükségesek.

Hasonló vizsgálatokat végzett MILITZ (1992) erdei- és lucfenyő próbatestekkel, amelyeket CCB típusú védőszerekkel telített. Az erdeifenyőből kisméretű hasábokat használt. A telítés után 2-4 órán belül következett a különböző intenzitású UV-fényes megvilágítás. A kioldás laboratóriumi rázó berendezésben történt ioncserélt vízzel, majd atomabszorpciós spektroszkópiával határozták meg a kioldó víz réz és króm koncentrációját. Eredményeik

szerint a megvilágítás idejétől függően 20-70%-os kioldódás-csökkenés érhető el. Tovább javítható a fixálódás a kezelés többszöri megismétlésével. Lucfenyőből léceket telítettek, majd pihentetés nélkül „UV alagút”-ban végezték a megvilágítást. Egy periódus (áteresztés), amit többször ismételtek 5 másodpercig tartott. Utána a kioldás esőztetéssel történt (10l/30perc kétszer, 24 órás szünettel). Közlésük szerint a 15 másodperces kezelés 30-40%-os, a 60 másodperces 70%-os kioldódás-csökkenést eredményezett.

MCCUTCHEON és munkatársai (1992) különböző bőrvegyületek kioldódását tanulmányozták. A vizsgálatokhoz tölgy és fenyő (*Pinus palustris*) próbatesteket (30x25x10 mm, a legnagyobb felület sugár- ill. érintősík) használtak. Kezelő vegyületként 3,5%-os bóraxot, 3,5%-os polybórt és 20%-os Bóracolt alkalmaztak az EN 113:1993 előírásai szerint végrehajtott telítés során. Telítés után a hasábokat áztatták 1 ill. 4 hónapig, 10 ill. 45°C-on. Ezután az egyik részüket leszárították 25°C-on, a másik részt pedig kioldásnak vetették alá. A telített és kontroll próbatesteket elkülönítetten helyezték műanyag edényekbe és egy hónapon keresztül folyamatosan, 440 ml/perc sebességgel átáramoltatott csapvízzel végezték a kioldást. Ezután következett a szárítás 25°C-on. A kémiai analízishez forgácsolták, majd kalapácsos malomban őrölték a mintát és 300 mikronos szitával választották el a vizsgálandó részt. Az eredmények alapján a legerőteljesebb befolyásoló tényezőnek a fafaj mutatkozott. A várakozásnak megfelelően általában a bőr 90%-a kioldódott, de a tölgy hasábok lényegesen több bórt tartottak meg. A két fafaj között a legnagyobb különbség a Bóracol 20-al kezelt esetekben volt.

A KING és munkatársai (1991) ezt megelőző vizsgálatának tömegveszteségi adataival történő összehasonlítás még jobban rámutat a fafajok közötti eltérésekre. Mindhárom vegyületnél megfigyelhető, hogy az esetek döntő többségében a 45°C-on áztatott hasábokban több bőr maradt vissza. A fenyő esetében az anatómiai irány hatása nem szignifikáns. A tölgnél ezzel szemben egyértelműen több bőr maradt vissza azokban a próbatestekben, ahol a legnagyobb felület tangenciális metszet volt.

PEYLO és WILLEITNER (1997) bórsav és Cu-Cr-B bázisú védőszer kioldódását vizsgálták többéves szabadtéri kitettség esetén. A kísérletek egyik részét erdeifenyőből készült 150x100x65 mm-es szíjácsot és gesztet is tartalmazó próbatestekkel végezték, amelyeket 0,1%-os oldattal telítettek. A telítést követő 2 és 3 hetes pihentetés után a véglapokat lezárták egy háromrétegű poliuretán lakkal, hogy csökkentsék a dagadást ill. zsugorodást. A próbatestek egy csoportjánál a felületet bemázolták semleges gyanta alapú lakkal 80 gr/m<sup>2</sup> mennyiséggel, ami kb. 25-30 mikronos rétegvastagságot eredményezett.



A próbatestek másik része 20 cm átmérőjű és 1 m hosszú oszlopokból állt, amelyeknek a véglapjait még a telítés előtt lezárták 3 rétegű poliuretánnal, hogy a védőszer túlzott koncentrációját elkerüljék az oszlopvég környezetében. A használt védőszer:

4,9% bórsav, 8,8% rézoxid és rézszulfát, 13,3% nátriumbikromát és krómsav-anhidrid 4.8%-os oldatban. A felvett mennyiség  $16.5 \text{ kg/m}^3$  volt. A telítés után 2 hónapig fedett helyen tárolták az oszlopokat. Mindkét fajta próbatestet a pihentetési idő letelte után kihelyezték a szabadba egy speciálisan kialakított keretre felfüggesztve. Az alattuk elhelyezett műanyag edényekben fogták fel a lecsurgó csapadékvizet. Havonta gyűjtötték be és elemezték a vízmintákat atomabszorpciós spektroszkópiával. Az első kilenc hónapban a csapadékvíz begyűjtésével párhuzamosan a próbatestek tömegét is mérték. Három és fél év után értékelték először az eredményeket, de a vizsgálat még jelenleg is folyamatban van.

Eredményeik: a hasáb alakú próbatesteknél a lakkozás következtében a bór kioldódása 47%-ról 16%-ra csökkent. Az első hónapokban a lakkozott próbatestekből lényegesen lassabban oldódik ki a bór, mint a lakkozás nélküliekből. Az úgynevezett kezdeti fázis (kb. 6 hónap) után a kioldási görbék párhuzamosan futnak. Ez alapján kizárólag csak az első 5-6 hónapban mutatkozik markánsan a lakkozás kioldást fékező hatása, hiszen amíg a lakkozás nélküli esetben a kioldott mennyiség kb. 80%-a, addig a lakkozott esetben csak 50%-a oldódott ki ebben a szakaszban. A csökkenés mellett az eredmények alapján kijelenthető, hogy a felület ilyen lezárásával a kioldás nem akadályozható meg.

Az oszlopok esetében az eredeti, felvett értékekhez viszonyítva 32% bór, 1,3% réz és 0,06% króm oldódott ki a kevéssel több, mint három év alatt. Ugyanezen értékek az első hat hónap után a következőt voltak: bór...20%, réz...0,6%, króm...0,016%, míg az utolsó hat hónap során: bór 0,9%, réz 0,12%, króm 0,03%. Tehát a kezdeti nagy különbségeket követően több év elteltével már hasonló hányadú mennyiségek oldódnak ki az egyes alkotórészekből. Abszolút mennyiségeket nézve ez 37 mg bórt, 12 mg rezet és 2 mg krómot jelent, a koncentrációt illetően pedig 15, 4 és 2,1 mg/l-t. A hasáb alakú próbatestekhez hasonlóan a külső 5 mm-es rétegből teljesen kioldódott a bór. Eredményeik részben összhangban vannak a korábbi laboratóriumi vizsgálatok (GERSONDE, BECKER 1965) és szabadtéri kísérletek (GRAF 1993) eredményeivel. A bór kezdeti erőteljes kioldódási üteme később jelentősen lelassul, míg a réz és a króm esetében az alacsony kezdeti értékek után nem tapasztalható lényeges lassulás. A tapasztalatok mindenképpen kiemelik a bór fixálásának más módon történő megoldásának szükségességét.

SALAMAH és ANI (1995) Cu-Cr-B bázisú védőszerrel kezelt, félig földbe helyezett próbatestekben vizsgálták a védőszer fő hatóanyagainak az eloszlását közvetlenül a kezelés

után és a 72 hónapos vizsgálati idő elteltével. A próbatesteket (5x5x60 cm, *Shorea leprosula*) 6%-os védőszer oldattal teljesen telítették VNV eljárással. 12 hetes pihentetés következett fedett helyen, majd két eltérő talajú és eltérő jellemző károsítójú (termesz ill. gomba) kísérleti telepen helyezték ki a próbatesteket félig a földbe ásva. A 72 hónap eltelte után a próbatestek alsó és felső végéről 10-10 mm vastagságú részt vágtak le és ennek a 10 mm-es peremét használták fel az elemzéshez. Egy részét EPMA vizsgálatnak vetették alá, amelynek segítségével a védőszer összetevőinek a fatest egyes sejtjeiben való eloszlását tanulmányozták, a másik részét porrá őrölték és ebből készítettek mintát az ICP-vel történő króm, réz és bór tartalom meghatározásához.

Eredményeik: ICP vizsgálat: a négy féle minta közül csupán az egyik felső mintában volt csekély mennyiségű bór. A réz és a króm mennyisége különösen a talajban elhelyezett részből származó mintákban csökkent. Mindkét esetben (alsó és felső vég) a réz kioldódása gyorsabb volt, mint a krómé. A talajban lévő részből egyértelműen erősebb a kioldódás, mint a talaj feletti részből, és ez összhangban van SALAMAH és munkatársai (1992) korábbi eredményeivel. A JJTP jelű területről, ahol a talaj kevésbé volt savas és nagyobb volt a vízmegtartó kapacitása, származó minták kevesebb rézet és krómot tartalmaztak. A réz jobb kioldódása mindkét területre jellemző volt.

LEIGHTLEY (1987) CCA és CCB típusú védőszerek kioldódását vizsgálta tengervízben. A telítéshez 3, 6 és 10%-os oldatokat használt.

A vizsgált fafajok:

*Alstonia scholaris*

Ausztráliában még:

*Acacia melanoxylon*

*Fagus sylvatica*

*Eucalyptus maculata*

*Pinus silvestris*

*Eucalyptus obliqua*.

A telített próbatesteket 72 hónapig tartották tengervízben, majd ezt követte a kémiai elemzés. Ehhez a próbatestek középső harmadának szélső, belső és középső részéből vettek mintát. A CCB - vel telített próbatestekből származó mintákban ICP- berendezéssel határozták meg a réz, króm és a bór mennyiségét, amit a kontroll próbatestekből származó adatokkal hasonlítottak össze. A "kitett" próbatestek esetében a bórtartalom tizedrészére csökkent. A réz és a króm csökkenése lényegesen kisebb mértékű volt. A két védőszer tengeri károsítókkal szembeni hatékonysága közel azonos a bór csaknem teljes kioldódása mellett, ami azt jelenti, hogy az arzén és a bór sem fontos hatóanyagok tengeri környezetben. Leginkább a króm áll ellen a kioldásnak, ami azt sugallja, hogy a hatékonyság szempontjából a krómtartalomnak van a legnagyobb jelentősége.

PEEK és WILLEITNER (1981) a fixálódás gyorsítási lehetőségeit vizsgáló kísérleteik során erdeifenyőből készült próbatestekkel a 7. táblázatban található eredményeket kapták.

7. táblázat. A különböző pihentetési időkhöz tartozó kioldási mennyiségek

Pihentetési idő (óra)	Kioldódott mennyiség (mg)		
	Cu	Cr	B
1	2,0	8,9	3,9
24	6,3	19,0	9,2
96	4,5	13,1	8,0

A telítést 4%-os RKB védőszeroldattal végezték légritkítás-légnyomásos módszerrel, és a védőszerfelvétel 17 -25 kg/m<sup>3</sup> között ingadozott. A kimosás mérőpohárban történt egy órán keresztül folyamatos keverés mellett. 30 perces, 110°C-os forrógőzös kezelés után a bór ugyanolyan mennyiségben, a réz és a króm egyáltalán nem oldódott ki.

KLIPP (1994) kísérletei során több védőszer kioldódási tulajdonságait vizsgálta laboratóriumi és üzemi körülmények között is. Erdeifenyőből készült próbatesteket használt. A kezelést négy hetes pihenő után követő kimosás a DIN 52172 előírásai alapján történt, majd újabb négy hetes pihentetés után megismételték. Az eredmények a 8. táblázatban olvashatók. Feltűnő a króm kioldódásának az erőteljes visszaesése a második ciklusra.

8. táblázat. A különböző védőszerekből kioldódott réz és króm százalékos aránya a két kioldási fázis során valamint a teljes kioldás után

Védőszer	kg/m <sup>3</sup>	Cu			Cr		
		I.	II.	Σ	I.	II.	Σ
CKB	30	6,16	4,24	10,40	2,53	0,09	2,62
CKF	30	14,94	11,43	26,37	26,16	1,16	27,32
Cu-HDO	30	26,06	1,28	27,34			
Cu-HDO II	11	22,96	6,26	29,22			
Cu-HDO III	26	7,14	4,16	11,30			

FISCHER (1989, 1990) a kereskedelemben forgalmazott Tetol RKB és a laboratóriumban az elméleti összetétel alapján készített védőszer kioldódását hasonlította össze. Erdeifenyőből készült próbatesteket használt. A légritkítás - légnyomásos módszerrel bevitt védőszer mennyiség 55 ill. 48 kg/m<sup>3</sup> volt. A hat-hetes pihentetés után megkezdett kioldást az MSz 0502/2 előírásai alapján végezte négy héten keresztül. Összesen 16 vízmintát vizsgáltatott meg védőszerenként spektrométerrel. Az eredmények alapján megállapította, hogy a bór gyakorlatilag teljes mértékben kioldódott, a réznek 16 ill. 12%-a, a krómnak pedig 0,6%-a oldódott ki. Ezután a próbatesteket Pincegomba (*Coniophora cerebella*) tenyésztetre

helyezte a megmaradó védőképesség meghatározásához. A 12 hetes bontás után a kontroll próbateteknél 23,5%-os tömegvesztés következett be, a védőszerrel kezelt és kioldásnak kitett hasáboknál pedig 13,3 ill. 9,1%. Ez azt jelenti, hogy a komoly mértékű védőszerfelvétel ellenére a kioldás után a védőhatás már nem megfelelő. A két védőszer összehasonlításáról csupán annyit, hogy a laboratóriumban készítettből kevesebb réz oldódott ki és a gombabontás mértéke is kisebb volt. Általánosan levonható következtetés, hogy a kereskedelemben kapható ill. az üzemi körülmények között használt védőszerek összetétele gyakran (néha jelentős mértékben) eltér a megadottól.

SHEARD (1991) CCA, CC, CCB és CCF típusú védőszerekkel kezelt, erdeifenyőből készült próbatetekből történő kioldást vizsgálta. A bejuttatott védőszer-mennyiségek a 9. táblázatban láthatók.

9. táblázat. A különböző védőszerekből bejuttatott mennyiségek (kg/m<sup>3</sup>)

CCA „B”	CCA „C”	CC oxid	CCB só	CCF
14,7	14,7	11,6	18,7	26,5

A telítés után közvetlenül fóliába csomagolták a hasábokat, majd különböző ideig (3, 6, 14 és 28 nap) tárolták eltérő hőmérsékleten (5 és 20°C). Ezt követően a próbateteket térfogatuk felére préselték és a kicsurgó folyadék hatóanyag-tartalmát határozták meg ICP-vel. Eredményeik a 10. táblázatban találhatóak.

10. táblázat. A kipréselt folyadék króm és arzén-koncentrációja különböző védőszerek ill. eltérő pihentetési idők és hőmérsékletek esetén

Védőszer	Elem	Cr				As			
		3	6	14	28	3	6	14	28
	Nap	mg/l				mg/l			
°C									
CCA „B”	5	543	357	186	100	1743	1186	943	614
	20	171	57	43	29	829	643	571	514
CCA „C”	5	1000	786	514	371	457	257	57	29
	20	557	257	57	29	114	14	14	9
CC oxid	5	1291	1120	880	571				
	20	777	366	96	9				
CCB só	5	2460	2160	1640	1280				
	20	1600	980	420	120				
CCF	5	4800	4720	4280	3840				
	20	4680	4040	2640	1520				

A 10. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a tárolási hőmérséklet hatása a króm kioldódására lényegesen erősebb, mint az arzénére. A hőmérséklet emelése sokkal nagyobb

mértékű fixálódást eredményezett, mint a tárolási idő növelése. Ez alól a CCF típusú védőszer kivétel. A magasabb hőmérsékleten erőteljesebb a csökkenés az idő növelésével. A koncentráció értékek első pillantásra rendkívül magasak, de ez a sajátos „kioldási” módszer következménye, hiszen itt egyetlen oldatban jelenik meg az a hatóanyag-mennyiség, amely más módszer alkalmazása esetén több hetes, vagy akár több éves folyamat alatt oldódnak ki.

## 2. A kutatás célja és módszere

### 2.1. Előzmények és célok

A szakirodalom áttanulmányozása után megállapítható, hogy a kioldás témaköre intenzív kutatás tárgya, nagyon sok kutató foglalkozik vele. Munkájuk során több fajtát, a védőszerkezetek számos változatát vizsgálták és az alkalmazott módszerek is rendkívül sokfélék. A vizsgálatba bevont fajták között túlsúlyban vannak a túlevelűek, de a teherhordó szerkezetekben betöltött domináns szerepük alapján ez indokoltnak mondható. A védőszerkekkel kapcsolatban megjegyezhető, hogy csak a leggyakrabban használt változatok szerepelnek a vizsgáltak között. A kezelési módok esetében az üzemi telítési technológia változtatásának, különösen a nyomási és vákuum szakaszok ismétlésének a hatását vizsgálták. Sok esetben a kioldást megelőzően valamilyen fixálási folyamatot iktattak be. Ezek egy részét közvetlenül a kezelés után végezték, más részét bizonyos pihentetési idő eltelte után. A tárolási hőmérséklet mellett, többek között a forró-gőzös kezelés és az UV-fénnyel történő sugárzás hatását vizsgálták. A legnagyobb változatosságot az alkalmazott kioldási módszerek mutatták. Ez vonatkozik a laboratóriumban végzett és a természetes kitétségi vizsgálatokra is. Különböző a kioldó közeg, a kioldás időtartama, periodikussága, a közeg és a próbatest érintkezése (áztatás, áramoltatás, esőztetés) és a vízminták gyűjtése, keverése is. A minták analízise látszik a legegységesebbnek, mivel szinte valamennyi esetben spektroszkópiás módszert alkalmaztak. A szakirodalom áttanulmányozását követően kihangsúlyozott figyelmet fordítottam az általam vizsgált védőszerkezethez hasonló összetételű készítményekről szóló jelentések feldolgozására. Kutatómunkám elsődleges célja egy konkrét, széles körben felhasznált védőszerkezet kioldódási tulajdonságainak és az azokat befolyásoló legfontosabb tényezők hatásának meghatározása volt. Ezen belül külön kívántam meghatározni a

- fajtát,
- kezelési módot,
- bejuttatott mennyiséget,
- pihentetési idő

hatását a kioldódásra. A kutatás eredményeképpen a kifejtett hatást a kioldódott mennyiség, a kioldódási hányad és a kioldódási ütem segítségével számszerűsítettem. A vizsgálatok eredményei hozzájárulhatnak annak a megértéséhez is, hogy egy-egy védőszerkezet esetében

hogyan kell értékelni a „kioldódási tulajdonságai jók” minősítést. A védőszer általános minősítésével szemben külön-külön vizsgálva az egyes összetevők viselkedését, világosabb képet kaphatunk arról, hogy az adott készítmény mely összetevői azok, amelyek rontják a megítélést, tehát esetleg kicserélésre szorulnak vagy más kémiai összetételben alkalmazandók. Ennek a vizsgálata azért is indokolt, mert a kezelt fa védettségének a csökkenése mellett, a fából kikerülő anyagok nem azonos mértékben veszélyesek az emberre és a környezetre, továbbá a készítményben betöltött szerepük (hatóanyag- segédanyag) is eltérő lehet. Tehát a védőszer összetételének esetleges módosítását valamennyi szempont egyidejű figyelembe vételével kell végrehajtani.

#### Feltételezésem szerint

- az egyes fafajok különböző kémiai összetétele és szerkezeti felépítése jelentős eltéréseket eredményez az általam vizsgált kioldódási mutatókban.
- a kezeléskor alkalmazott nyomás mértéke és időtartama eltérő kötődést eredményez
- a faanyaggal, a bekerülő védőszernek csak egy - az ott meglévő reakcióképes alkotórészek számától függő - része képes reakcióba lépni
- a pihentetési idő hatása nehezen becsülhető, de a gyakorlat szempontjából az egyik legfontosabb tényező.

## **2.2. Saját vizsgálataim anyagainak és módszereinek ismertetése**

Vizsgálataim jelege egyrészt anyagvizsgálatok, így védőszeranyagok vizsgálata, teszt fafajok anyagvizsgálata, másrészt módszervizsgálatok (technológiák) voltak. A vizsgálatokat laboratóriumi és üzemi körülmények között végeztem el.

### 2.2.1. Vizsgálati anyagok

#### 2.2.1.1. A vizsgált védőszer

A vizsgálatokat TETOL RKB fantázianevű hazai készítménnyel végeztem.

Általános ismertetés a termék adatlapja szerint:

réz - króm - bór hatóanyagokat tartalmazó, vízben oldható faanyagvédőszer.

Összetétele:

30 %  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

30 %  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

40 %  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

Ajánlott alkalmazási terület: külső, időjárás viszontagságainak kitett, vagy belső gomba- és rovarkárosítók által veszélyeztetett faanyagok megelőző védelmére szolgál (magas- és mélyépítés, vezetéktartó oszlopok, bányászat, mezőgazdaság, parkok és kertek berendezései, erdészeti létesítmények).

Jellemző tulajdonságai: kékes-zöld színű, szagtalan, vízben oldódó kristályos sókeverék, fémkorróziós hatás nélkül. A kezelt faanyag zöldes-barna árnyalatot kap és száradás után festhető. A szórás kivételével valamennyi kezelési technológiával alkalmazható. A javasolt felhasználási koncentráció 6 - 12 % a kezelési mód függvényében. Kezelés után a faanyagot kb. 1 hónapig fedett helyen kell tárolni, így a védőszer a fában nehezen oldható vegyületté alakul, a csapadékvíz nem oldja ki.

Veszélyessége: Nátrium-dikromát  $X_i$  irritatív, réz(II)-szulfát:  $X_n$  ártalmas

A készítmény mérgező „T”, rákkeltő hatású lehet.

Azért esett erre a védőszerre a választás, mert:

- hazai termék,
- nagy mennyiségben használják, különböző alkalmazási területeken,
- kifejezetten kültéri használatra ajánlott,
- összetétele hasonló a más országokban is általánosan használt készítményekhez.

A kioldódási tulajdonságaira vonatkozó, átfogó hazai vizsgálatokról nincs tudomásom, tehát ilyen jellegű adatok nem állnak rendelkezésre. Feltételezéseim szerint a gyártó által közölt, a beépítést megelőzően ajánlott egy hónapos, fedett helyen történő pihentetés után, csak bizonyos esetekben megfelelőek a kioldódási tulajdonságok, tehát ilyen általános megállapítás nem tehető.

#### 2.2.1.2. A vizsgált fafajok

<i>Laboratórium</i>	<i>Üzem</i>
Bükk ( <i>Fagus sylvatica</i> L.)	Bükk ( <i>Fagus sylvatica</i> L.)
Erdeifenyő ( <i>Pinus silvestris</i> L.)	Tölgy ( <i>Quercus robur</i> L.)
	Erdeifenyő ( <i>Pinus silvestris</i> L.)
	Lucfenyő ( <i>Picea abies</i> KARST.)

A laboratóriumban vizsgált két fafaj a faanyagvédelemben általánosan használt tesztfa. Az üzemben történő telítéshez a lucfenyő, mint a szerkezeti anyagként leggyakrabban felhasznált tűlevelű fafaj, a tölgy pedig, mint a lombosok közül az építészetben szintén gyakran alkalmazott, sajátos szerkezetű fafaj került be a vizsgálatba.



Ezáltal lehetőségem volt a különböző kémiai összetételből (NÉMETH, 1997) és szerkezeti felépítésből (MOLNÁR, 1999) eredő eltérő kioldódási viselkedés tanulmányozására. A faanyag kémiai összetétele elsősorban, a védőszer hatóanyag-ionjainak az oldhatatlan komplexek képződéséhez szükséges funkció csoportok meglétén és mennyiségén keresztül van jelentős hatással a kioldódási viselkedésre. A tűlevelű és a lombos fafajok között lényeges különbségek vannak az úgynevezett járulékos anyagok jellegében (apoláros - poláros) és előfordulási hányadában is, amelyeknek jelentős szerepük van a védőszer hatóanyagaival képzett komplexek oldhatóságában és stabilitásában. A szerkezeti felépítés, a pórustérfogat és a pórusok méretei, valamint eloszlása által meghatározott pórusdiffúziós gátlás nagyságán keresztül gyakorol hatást a kioldódásra.

A próbatestek méretei: a próbatestek az MSZ EN 113:1993 előírásai alapján kerültek kialakításra, 50 x 25 x 15 mm-es méretben. A hasábok hibamentes, átlagos évgyűrűszélességű részből készültek. A szabályos lefutású rostok a leghosszabb éllel párhuzamosak és a legnagyobb felületű lap tangenciális metszet volt. A lucfenyőből készült próbatestek esetében, a közismerten nehéz telíthetőség miatt, W. Liese professzor úr javaslatára a legnagyobb felület a bütüfelület volt.

## 2.2.2. Vizsgálati módszerek

### 2.2.2.1. Előkészítés

Tömegállandóságig történő szárítás után megmértem a próbatestek kezdőtömegét, majd összeállítottam a vizsgálati csoportokat. Minden egyes csoportba 20 darab próbatest került, így összesen 360 darabot vizsgáltam. A laboratóriumban a bejuttatott védőszer mennyisége, az üzemben a pihentetési időtartam alapján, különítettem el az egyes fafajokból kialakított csoportokat.

### 2.2.2.2. Védőszer bejuttatása

#### *Laboratóriumi vizsgálat*

A védőszer bejuttatása a próbatestekbe az MSZ EN 84:1994 5.1.1. pontjában foglaltak szerint, „légritkítósos - légnomámos” módszerrel (20 percig -40 kPa-os vákuum, majd 90 percig normál légnomámos) történt. Az alkalmazott védőszer-koncentrációkat előzetes (desztillált vízzel végrehajtott) próbatelítés alapján határoztam meg, és a következők voltak: 0.5, 1.0, 1.5 %. Közvetlenül a kezelés után megmértem a próbatestek kezelt tömegét, és ez alapján határoztam meg az egyes sorozatok átlagos védőszerfelvételeit, amelyek az alábbiak voltak: 2, 5, 8 kg/m<sup>3</sup> (a későbbiekben: K-I, K-II, K-III jelöléssel szerepelnek).

### Üzemi vizsgálat

A telítést a MÁVFAVÉD Rt. Dombóvári Üzemegységében végeztem.

A próbatestek egy tényleges telítési folyamat során részesültek a megfelelő kezelésben. Vékony szálú műanyaghálóba csomagolva, a rakatot szállító kocsira helyezve és rögzítve, kerültek a telítő hengerbe. A folyamat első szakasza az elővákum volt, amely közben a faanyagból eltávozott a nedvesség és a levegő jelentős része. Ezt követően a hengert feltöltötték a védőszerrel, majd a nyomást az előírt értékre növelték. A kezelendő választékba behatoló védőszer folyamatos utántöltéssel pótolták, és a pótolt mennyiség mérésével biztosították a tervezett felvételt. A nyomási szakasz időtartamát is ez határozta meg. A kezelést ismét vákuum szakasszal fejezték be, hogy a pórusokból és a felületről a felesleges védőszer eltávolítsák. A próbatestekkel együtt kezelt áru tervezett védőszerfelvétele  $10 \text{ kg/m}^3$  volt, de a vizsgálati hasábok kis mérete és az ebből következő sajátos felület - térfogat aránya miatt adódtak a viszonylag magas védőszer-felvételi értékek (11. táblázat).

#### 2.2.2.3. Pihentetés

##### Laboratóriumi vizsgálat

A védőszeres kezelés után hathetes pihentetés következett (szobahőmérsékleten), ami a gyártó szerint elegendő (a javasolt időtartam négy hét) a fixálódási folyamatok lejátszódásához.

##### Üzemi vizsgálat

Az üzemi telítés után 2, 4 és 6 hetes pihentetés következett (szobahőmérsékleten). Ez lehetővé tette a pihentetési idő hatásának a vizsgálatát.

A vizsgálati paraméterek összefoglalása látható a 12. táblázatban.

11. táblázat. A vizsgálati paraméterek:

Kezelés	Laboratórium			Üzem			
	Légritkítás	-40 kPa	20´	Elővákum	-84 kPa	60´	
Nyomás	Normál	90´	Nyomás	1,3 MPa	90´		
			Utóvákum	-84 kPa	60´		
Fafaj	Bükk	Erdei fenyő	Tölgy	Bükk	Erdeifenyő	Lucfenyő	
Felvett védőszer ( $\text{kg/m}^3$ )	2		21	18	25	28	
	5						
	8						
Pihentetési idő (hét)	6		2				
			4				
			6				

#### 2.2.2.4. Kioldási vizsgálat

A kioldási folyamat szintén az MSZ EN 84:1994 előírásai alapján, valamennyi próbatest-csoport esetében azonos módon játszódott le. Kioldó folyadékként desztillált vizet használtam. Egy edénybe egy vizsgálati csoport (20 db.) került, 100 ml/próbatetest mennyiségű vízzel feltöltve. A víz szintje kb. 20mm-rel volt a próbatestek felső lapja felett. A kioldási folyamat a kioldóvízzel - a laboratóriumi védőszerbevitellel azonos módon – történő telítéssel kezdődött. A 90 perces légnyomásos szakasz után cseréltem először a vizet, majd 1, 2, 3, 4, 6, 8, 11 nap után, és a 14-ik napon befejeződött kioldás. Ezáltal minden sorozatból kilenc vízmintát vettem, és időbeli eloszlásuk alapján, véleményem szerint reális képet alkothattam az egyes ionok kioldódási üteméről. A kioldás keverés nélküli áztatással történt, miközben a próbatesteket úgy szorítottam le (saját készítésű eszközzel) a folyadék alá, hogy sem az edény aljához, falához, sem egymáshoz nem tapadhattak, tehát a teljes felületük érintkezett a folyadékkal.

#### 2.2.2.5. Vízminták analízise

A vízminták kémiai analízise az OTKA Soproni Regionális Műszerközpont laboratóriumában történt. Az elemzés során GBC INTEGRA XM típusú, ICP atomemissziós spektrométerrel. határoztam meg a minták réz, króm, és bór tartalmát.

#### 2.2.2.6. Értékelés

A kiértékelés során az egyes vízminták koncentráció adatai voltak a mért értékek, amelyek alapján meghatároztam a vizsgált anyagokból kioldódott mennyiség változását a kioldási folyamat során, valamint a teljes kioldódott mennyiséget. Ez alapján számítottam a bejuttatott mennyiséghez viszonyított, százalékban kifejezett kioldódási hányadot. Továbbá meghatároztam, hogy az egyes mintavételi időpontokban a teljes kioldódott mennyiség hány százaléka oldódott ki, ami kifejezi a kioldódás ütemét,

### 3. A kioldódási hatásvizsgálatok eredményei

Az egyes vizsgálati csoportokhoz tartozó – a kioldódási hatásokat reprezentáló - koncentráció-diagramokat, a kioldott mennyiségeket valamint a kioldódási ütemet ábrázoló görbéket külön-külön, a mellékletben szerepeltetem. A dolgozatnak ebben a részében csak egyesített, összefoglaló jellegű. az eredmények áttekintésére és következtetések levonására alkalmas ábrákat mutatok be.

#### 3.1. A laboratóriumi vizsgálatok jellemzői és eredményei

A laboratóriumban a 2.2.1.2. pontban leírtak szerint a fafaj , mint befolyásoló tényező hatásának a vizsgálatára bükkből és erdeifenyőből készült próbatesteket használtam. A bejuttatott védőszer mennyiségének a hatását pedig a telítő oldat eltérő (előre meghatározott) koncentrációján keresztül tanulmányoztam. A kioldási folyamat után meghatároztam a kioldó folyadékban a bór (B), a réz (Cu) és a króm (Cr) mennyiségét. A bór és a réz, mint hatóanyagok szerepelnek a védőszerben, ezért fontos a kioldódásuk. A króm, amely elsősorban a réz kötődését hivatott javítani, kikerülve a faanyagból azonban nem csupán az eredeti funkcióját nem tudja betölteni, hanem a környezetre is veszélyes. Az eredményeket először fafajonként, majd hatóanyagokként tagolva (a fafajokat összehasonlítva) mutatom be. A 12. táblázatban összevontan található az egy darab próbatestre vonatkoztatott védőszer kioldási mennyiségek és százalékos értékek.

12. táblázat. A bór, a króm és a réz kioldott mennyisége és százalékos aránya próbatestenként, a két fafaj és a három különböző védőszerfelvétel esetében

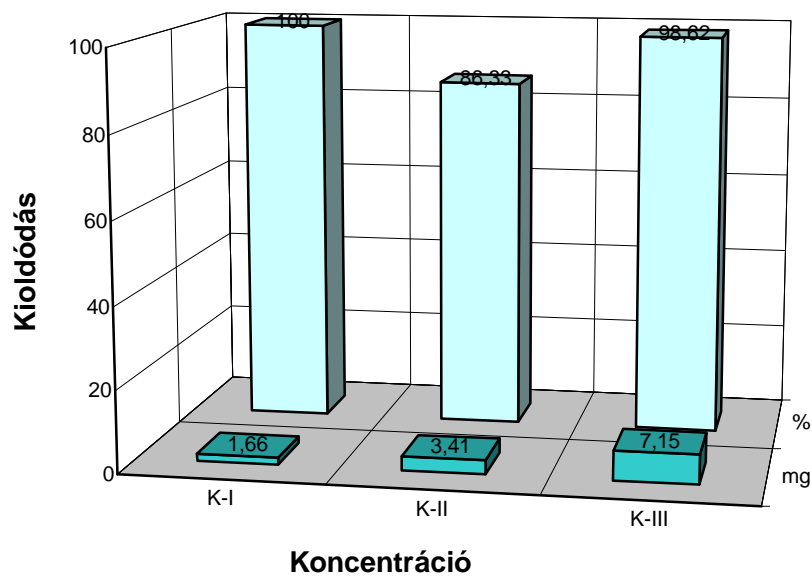
Fafaj	Védőszer	Kioldott összetevő					
		B	Cr	Cu	B	Cr	Cu
	kg/m <sup>3</sup>	mg/db			%		
Bükk	2	1,66	1,22	0,78	100	14,15	14,72
	5	3,41	1,67	1,19	86,33	10,58	7,67
	8	7,15	1,11	0,79	98,62	4,62	4,2
Erdeifenyő	2	2,31	0,12	0,58	100	1,35	8,7
	5	6,01	0,22	1,68	100	1,29	11,7
	8	8,78	0,31	2,03	100	1,17	9,27

Az eredmények részletes ismertetése az alábbiakban következik.

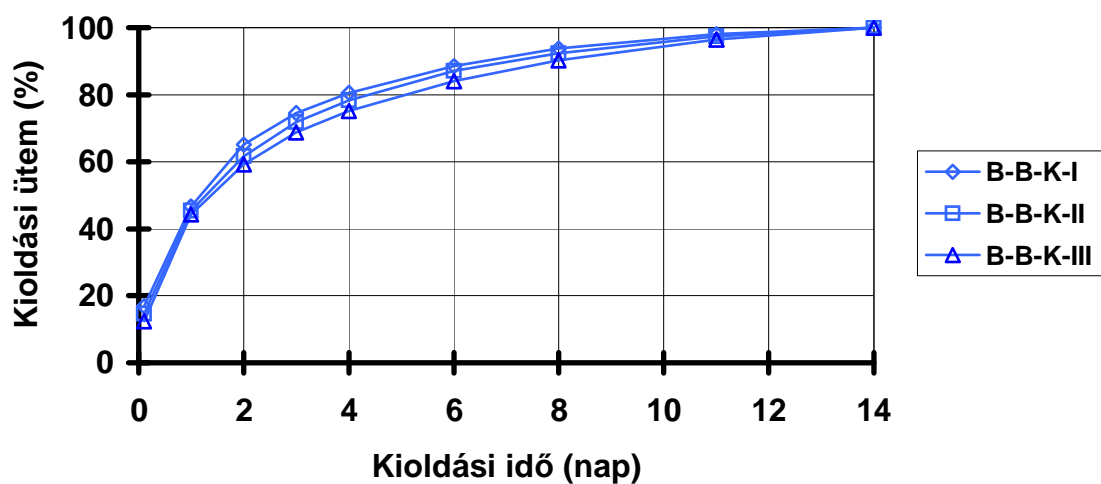
### 3.1.1. A bükk próbatetekhez tartozó eredmények

#### Bükk - Bór

A kioldódott bór mennyisége, amint az, az 1. ábrán látható, a bevitt értékekkel párhuzamosan növekedett. A kioldódási arányoknál a K-II-höz tartozó 14%-os csökkenés ellenére ebben az esetben is szinte teljes kioldódásról beszélhetünk. A kioldódási ütemek között sincs lényeges különbség a különböző koncentrációk esetében, hiszen a legnagyobb eltérések is kisebbek 10 %-nál, a görbék futása pedig azonos (2.ábra).



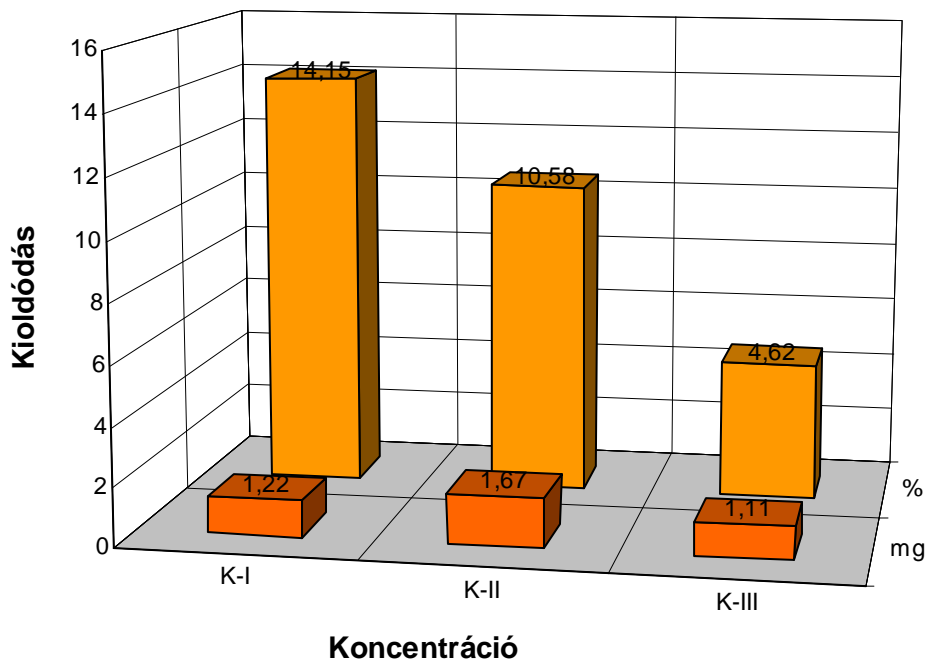
1.ábra A bükk próbatetekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetében



2..ábra A bőr kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

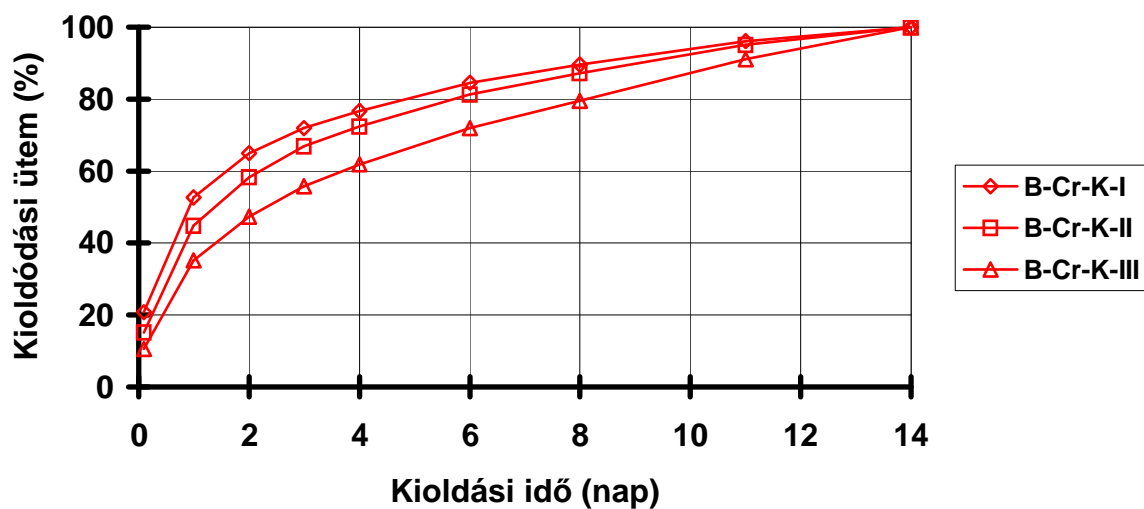
#### Bükk - Króm

A kioldódott króm mennyiségét vizsgálva az állapítható meg, hogy a legmagasabb értékek a középső (K-II) koncentráció és a legalacsonyabb értékek a legnagyobb koncentráció (K-III) esetében adódtak (3..ábra). Ez megmutatkozik a kioldódási arányokban is, ahol a K-II koncentrációhoz és a K-III-hoz tartozó értékek közötti különbség jóval nagyobb, mint a K-I és K-II közötti.



3. ábra A bükk próbatetekből kioldott króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző védőszerfelvételek (K-I – K-III) esetében

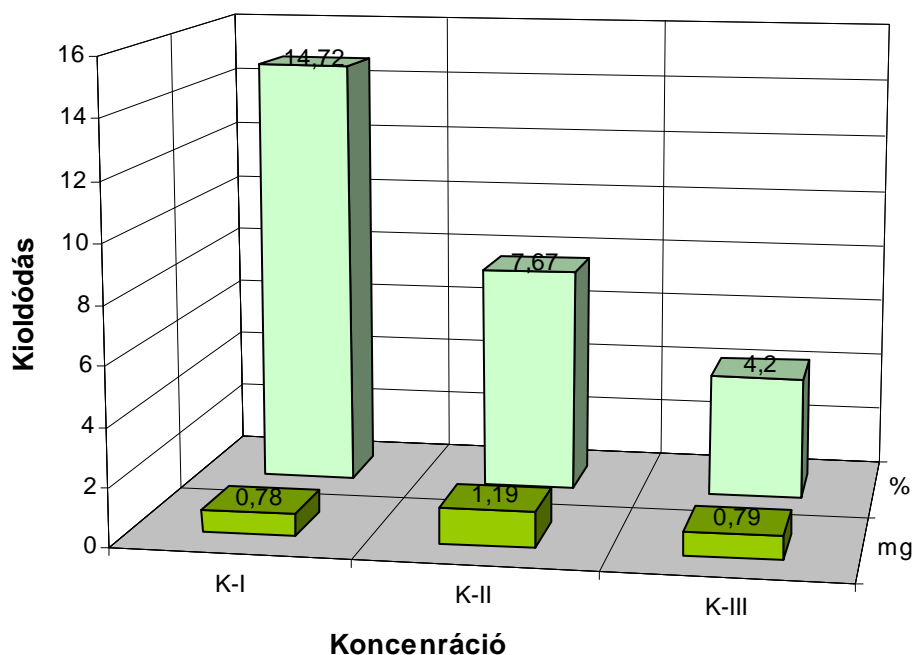
A kioldódási ütemet elemezve (4. ábra) látható, hogy elég nagy a különbség a K-I-hez és a K-III-hoz tartozó értékek között, gyakorlatilag a teljes kioldódási folyamat során, hiszen még a nyolcadik napon is több mint 10 %. Ezen kívül említést érdemel különösen a K-III-hoz tartozó görbe futása, ami arra utal, hogy a kioldódás intenzitása alig csillapodott.



4. ábra. A króm kioldódásának üteme bükk próbatetekből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

## Bükk - Réz

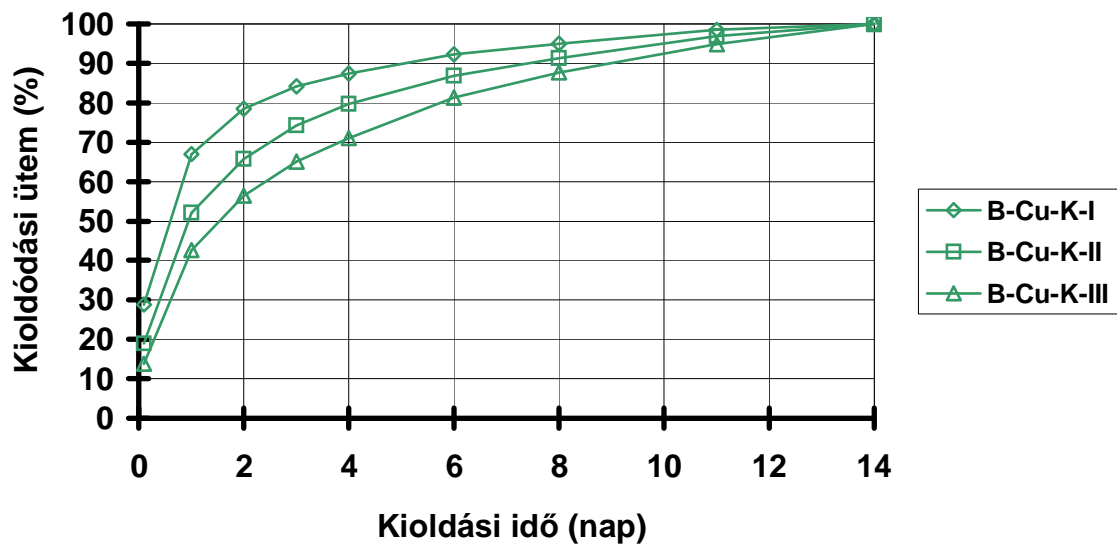
A réz kioldódásáról megállapíthatjuk, hogy a krómhoz hasonlóan a legnagyobb mennyiség ebben az esetben is a középső koncentráció (K-II) esetében oldódott ki. A másik két koncentráció esetében gyakorlatilag azonos a két mennyiség (5.ábra). A kioldódási arányokban is tükröződik a K-III - ból kioldódott alacsony mennyiség, ugyanakkor feltűnő a K-I -hez tartozó rendkívül magas érték.



5.ábra A bükk próbatesteből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetében

A kioldódási ütemet tekintve látható, hogy a legkisebb koncentrációhoz tartozik a leggyorsabb és a legnagyobbhoz a legkisebb kioldódási „sebesség”. A különbség a folyamat első harmadában elég jelentős (15 % feletti) és a nyolcadik napra csökken 10 % alá (6.ábra).

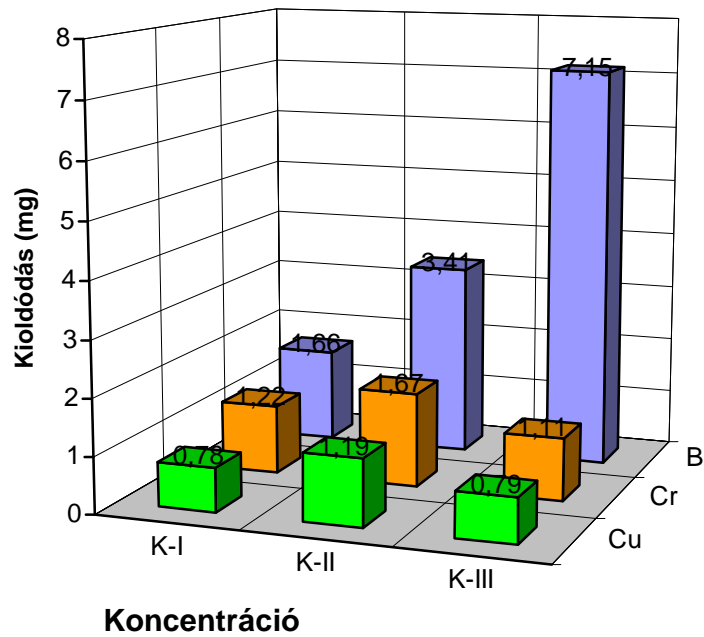




6.ábra A réz kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

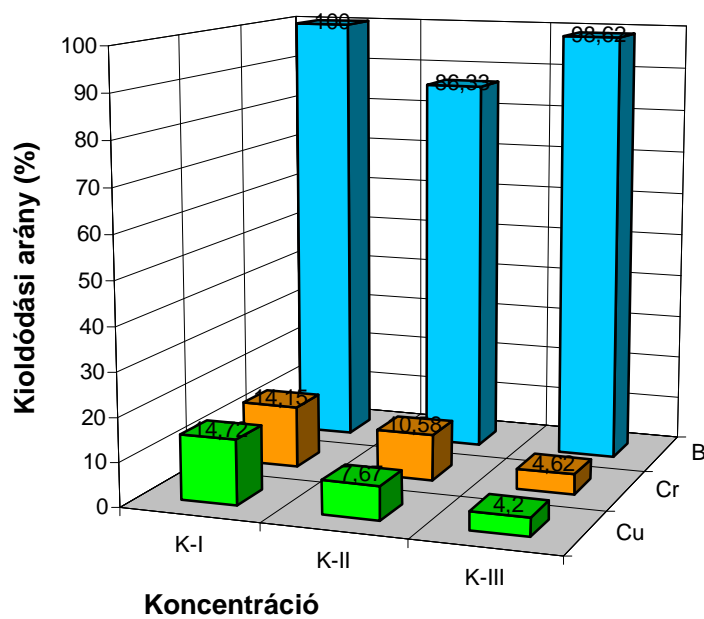
Bükk bór + króm + réz

A kioldódott mennyiségeket tekintve megállapítható, hogy mindhárom koncentráció esetében a bórból oldódott ki a legnagyobb mennyiség. A krómhoz és a rézhez viszonyított arányok ( 1,36-2,04-6,46 ill. 2,13-2,87-9,05 ) a K-III esetében ugrásszerűen megnöttek elsősorban ez utóbbiak mennyiségi visszaesése következtében. A króm és a réz egymáshoz viszonyított aránya alig változott (7.ábra).



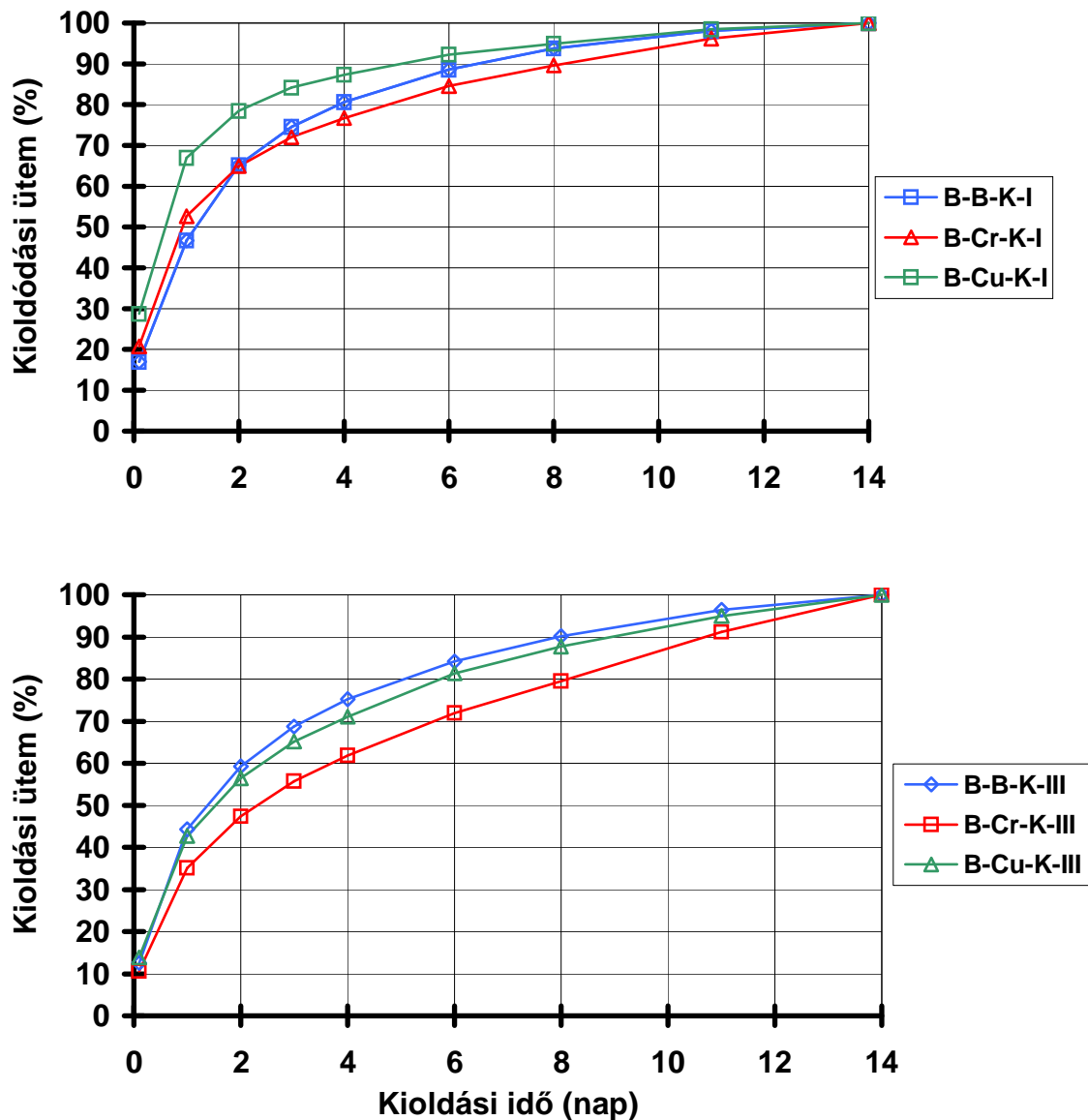
7.ábra. A bükkből kioldott bór, króm és réz mennyisége különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

A kioldódási arányokat vizsgálva elmondható, hogy a bór gyakorlatilag teljes kioldódása jellemző, miközben a króm és réz aránya közel azonos ütemben csökken a koncentráció emelkedésével, de a 10% feletti értékek figyelmeztetően magasak (8.ábra).



8.ábra A bükkből kioldódott B, Cr és Cu %-os aránya különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

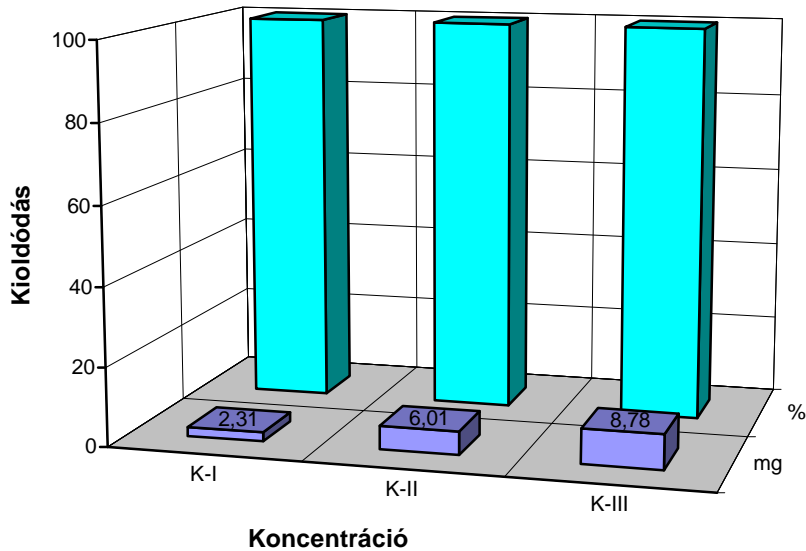
A kioldódási ütem esetében azt tapasztaltuk, hogy amíg a bór kioldódási üteme alig változik a koncentrációval (2.ábra), addig a króm és a réz kioldódási üteme jelentősen csökken (4. és 6.ábra). A legkisebb különbségek a K-II esetén mutatkoznak. Kiemelendő a réz gyors kioldódási üteme a K-I esetben és a króm nagyon lassú üteme a K-III esetben (9.ábra).



9.ábra A bór, króm, és a réz kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző védőszerfelvételek ( K-I és K-III) esetén

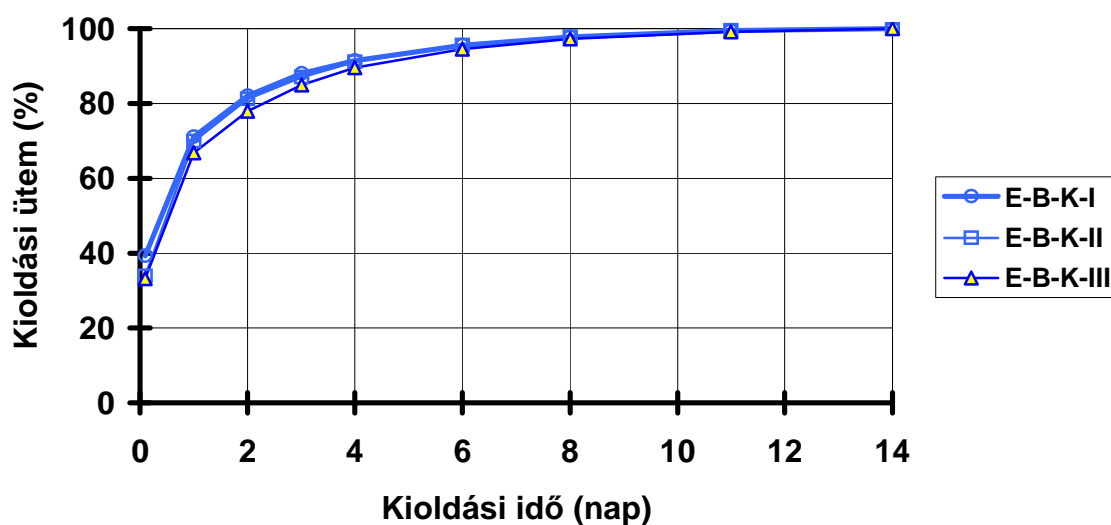
### 3.1.2. Az erdeifenyő próbatetekhez tartozó eredmények

#### Erdeifenyő - Bór



10. ábra. Erdeifenyő próbatetekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetében

A 10. ábra alapján megállapítható, hogy a növekvő koncentrációkból eredő beviteli mennyiségekhez ezekkel arányosan növekvő kioldódási értékek tartoznak (2.31-8.78). Emellett a kioldódási százalékok kifejezik, hogy a bór a beviteli mennyiségtől függetlenül teljes mértékben kioldódik.



11. ábra. A bór kioldódásának üteme erdeifenyő próbatesteből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

A kioldódás üteméről a 11. ábra alapján elmondható, hogy itt sem tapasztalható lényeges különbség a különböző koncentrációk esetében, hiszen a görbék majdnem fedik egymást.

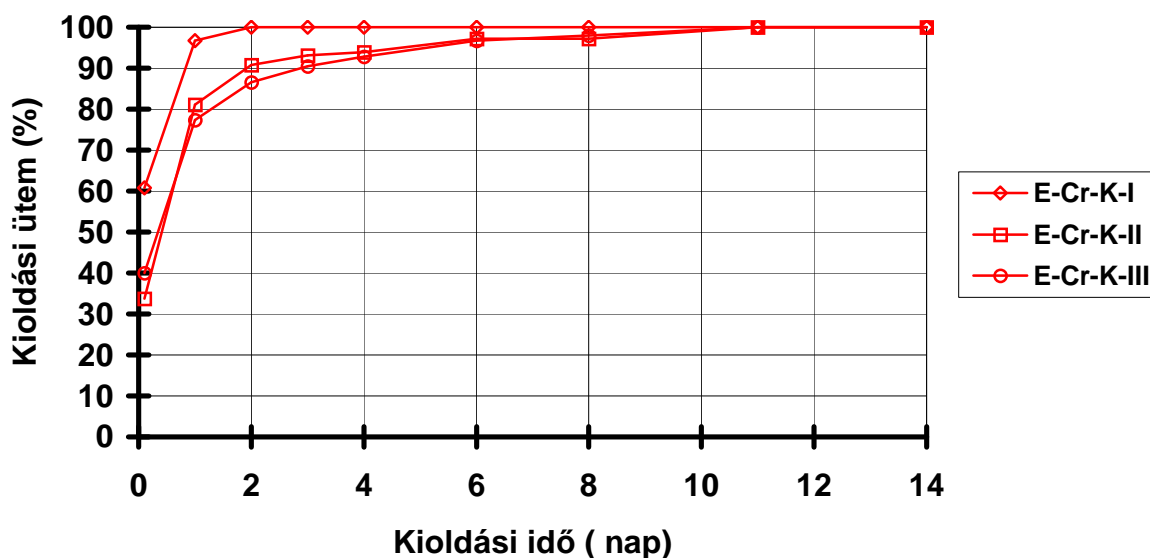
#### Erdeifenyő - Króm

A 12. ábra alapján megállapítható, hogy a kioldott Cr ionok mennyisége a beviteli értékekkel párhuzamosan és arányosan emelkedik. Az emelkedés mértéke állandó (0.1 mg).



12. ábra. Erdeifenyő próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző védőszerfelvételek ( K-I - -K-III ) esetében

A százalékos kioldódást tekintve csekély mértékű különbség (0.2%-on belüli) tapasztalható, vagyis ebben a tartományban alig függ a bejuttatott mennyiségtől.



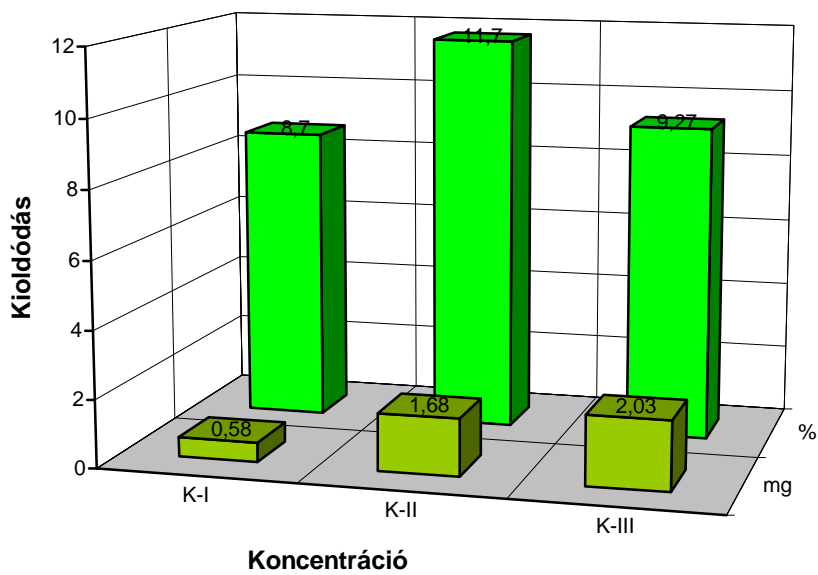
13. ábra. A króm kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző védőszerfelvételek (K-I - K-III) esetén

A kioldódási ütemet tekintve (13. ábra) feltűnő a K-I (legkisebb) koncentrációhoz tartozó rendkívül gyors kioldódás, ami már a második napon eléri a 100 %-ot. A másik két görbe

futása is hasonló jellegű, de nem ennyire magas az induló érték, és még a nyolcadik napi mintában is volt króm.

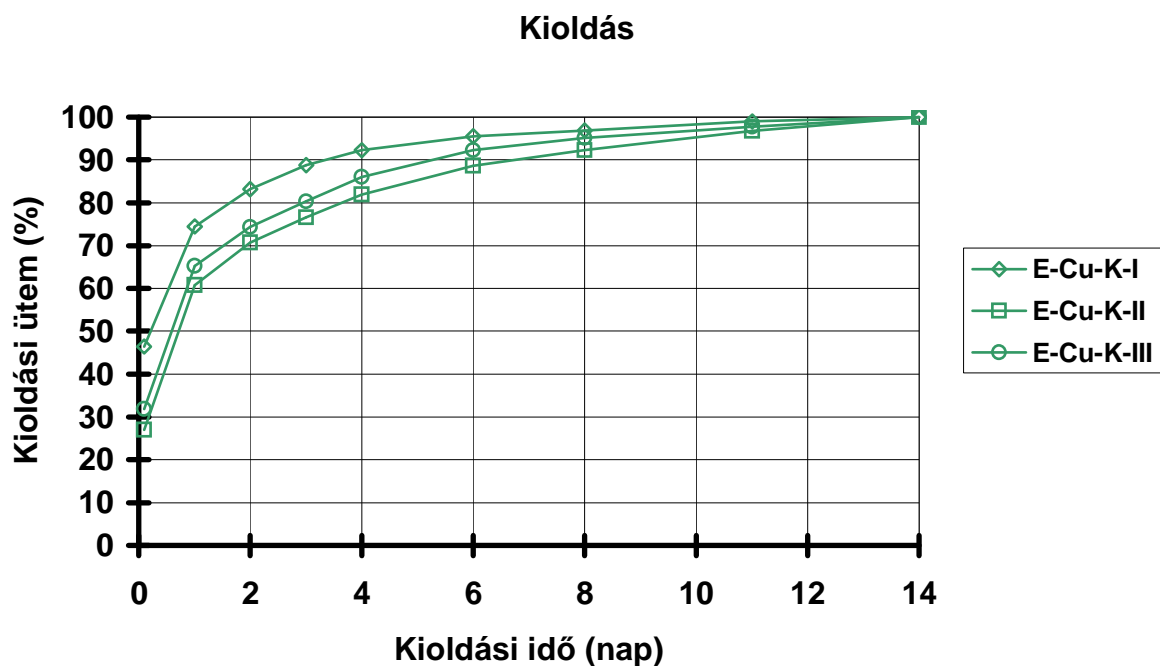
#### Erdeifenyő - réz

A réz kioldódási mennyisége a növekvő beviteli értékekkel párhuzamosan emelkedik. Lényegesen nagyobb növekedés tapasztalható az első két (K-I, K-II) koncentrációhoz tartozó értékek között.



14. ábra. Erdeifenyő próbatestektől kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző védőszerfelvételek (K-I – K-III) esetében

A viszonyított kioldódás adatai (14. ábra) szerint is az első két koncentráció között van nagyobb különbség, de a K-III-hoz tartozó érték már csökkenést mutat.



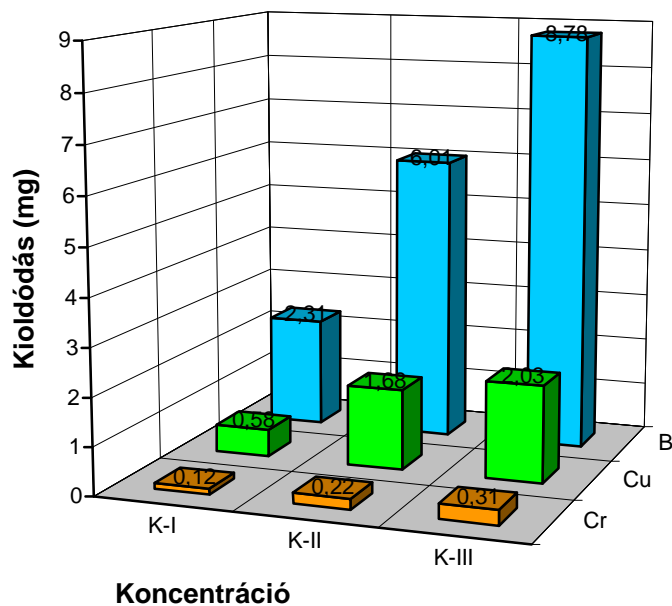
15. ábra. A réz kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző védőszerfelvételek (K-I – K-III) esetén

A kioldódási ütem ábrájából látható, hogy a leglassúbb ütem a K-II koncentráció esetében adódott. Az 1 órás adatoktól kezdve a különbség a negyedik napig alig változik, majd utána fokozatosan csökken.

#### Erdeifenyő bőr + króm + réz

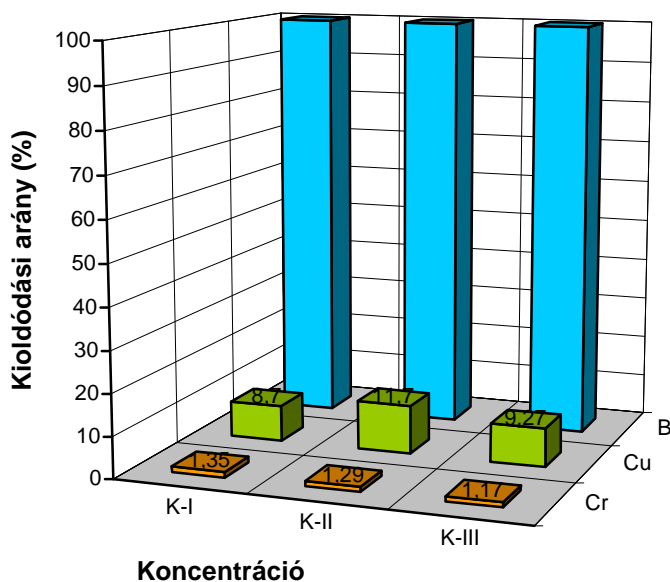
A fő hatóanyagok közül a bórból lényegesen nagyobb (teljes) mennyiség oldódott ki, mint a másik kettőből és ez a különbség a három koncentráció esetében azok növekedésével párhuzamosan enyhén növekvő jellegű, miközben a réz és a króm kioldódott mennyiségeinek aránya alig változik (16. ábra).





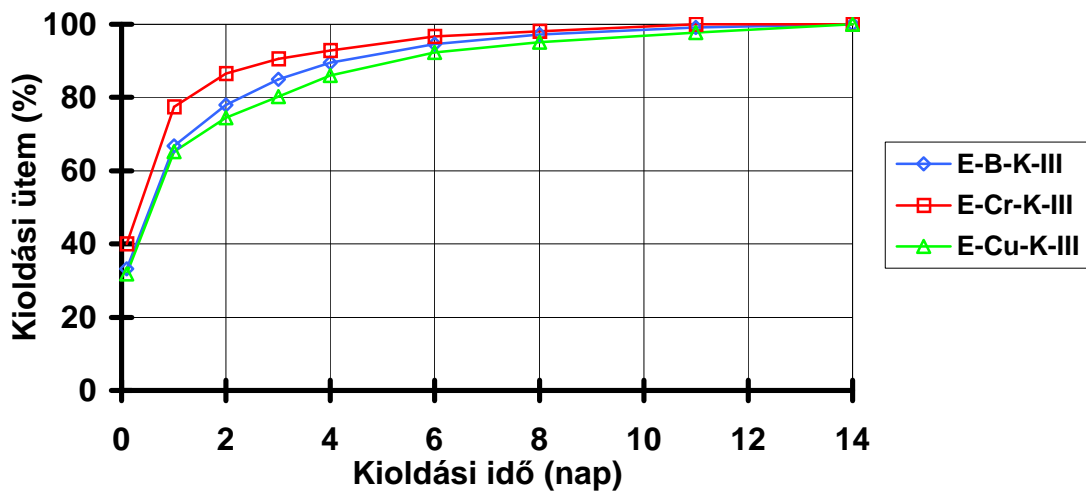
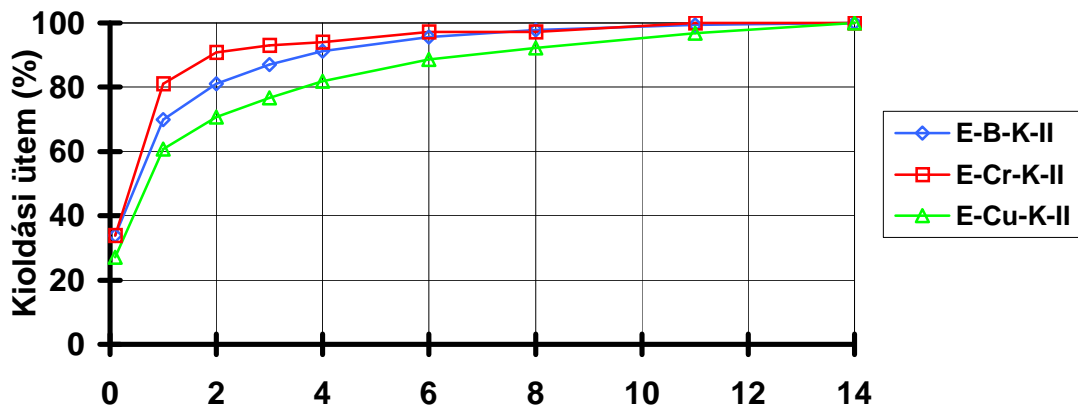
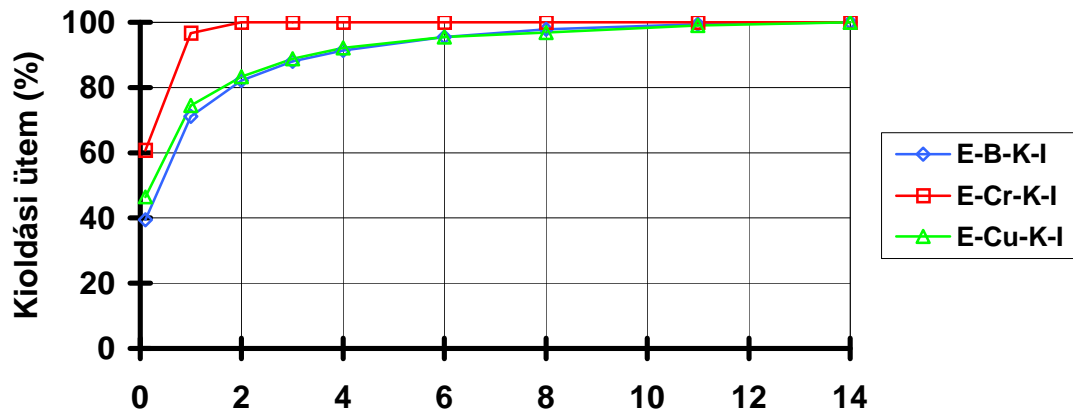
16. ábra. Az erdeifenyőből kioldott bór, króm, és réz mennyisége a különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

A kioldódási arányokat összehasonlítva megállapítható, hogy a bór teljes kioldódása mellett, kiugróan magas a réz 10% körüli értéke a króm 1-2%-os értékeihez képest (17. ábra). Emellett kiemelendő, hogy mindhárom hatóanyag esetében a kioldódási arány szinte független a koncentrációtól.



17. ábra. Az erdeifenyőből kioldott bór, króm, és réz százalékos aránya különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

Ugyanez már nem mondható el a kioldódás üteméről, mivel itt érdekes módon a legkisebb mennyiségben és arányban kioldódó króm oldódott ki a leggyorsabban, olyannyira, hogy pl. a K-I esetben már gyakorlatilag a második napon befejeződik a folyamat. Ez az ütem a K-III-nál már csillapodik és csak a harmadik napon éri el a 90 %-ot. A réz és a bór kioldódási üteme között jellemző különbség alig tapasztalható, a K-I-nél, szinte egyezik a két görbe. A K-II koncentrációnál jellemzően elkülönülnek a bórhoz és a rézhez tartozó görbék is, elsősorban a réz kioldódási ütemének lelassulása miatt, majd a K-III esetében ismét közelebb kerültek a görbék a krómnál már említett lassulás és a réznél bekövetkező növekedés eredményeképpen (18. ábra).



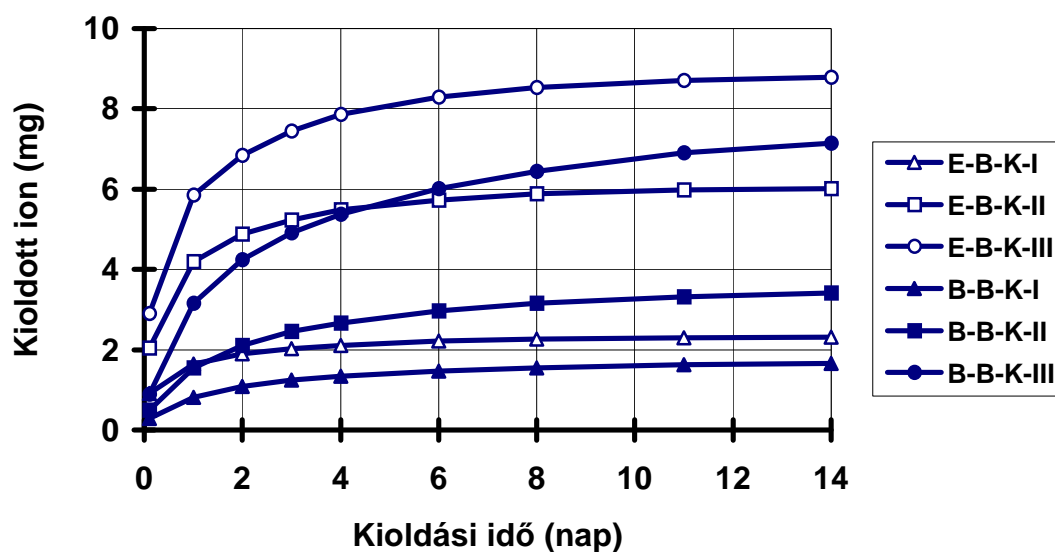
18. ábra. A bór, króm, és réz kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

### 3.1.3. Bükk és erdeifenyő

Az egyes hatóanyagok kioldódási viselkedésének összehasonlítása a két vizsgált fafaj esetében

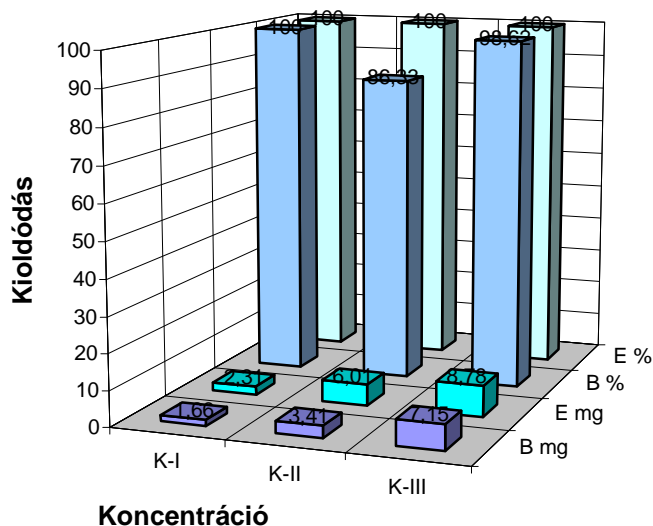
Az előző fejezetben a különböző koncentrációjú védőszeroldatokból eredő eltérő védőszerfelvételek és a kioldódott mennyiségek és arányok a kapcsolatát ismertettem. Most az egyes hatóanyagok viselkedésének a kezelt fafajjal kapcsolatos összefüggéseit mutatom be.

Bór



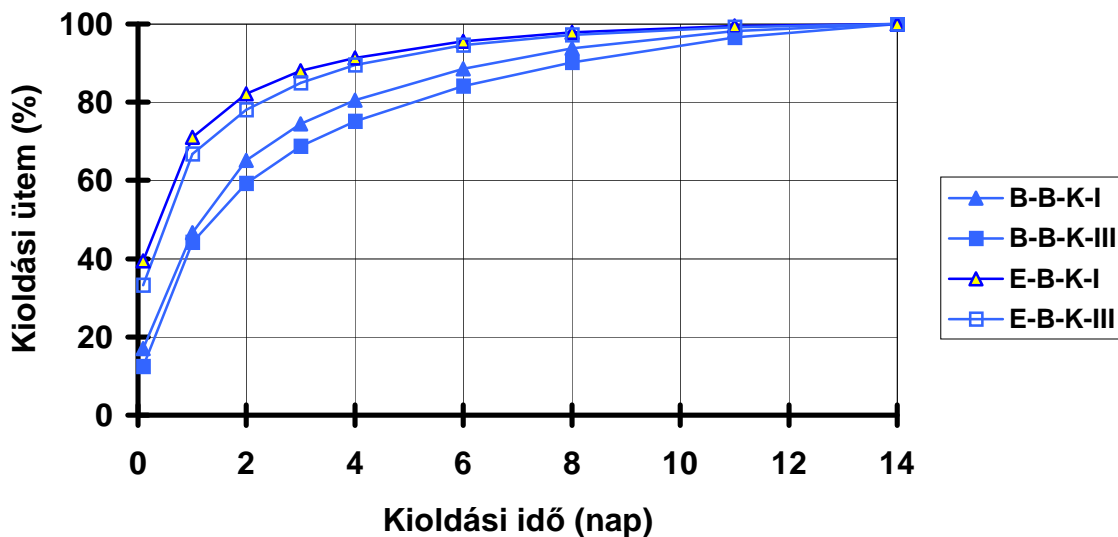
19. ábra. A bükkből és az erdeifenyőből kioldott összes bór mennyiségének alakulása a kioldási idő függvényében a különböző védőszerfelvételek ( K-I - K-III ) esetén

A 19. ábra alapján megállapítható, hogy az erdeifenyő próbatestekből rendre több bór oldódott ki a koncentráció növekedésével párhuzamosan. A legnagyobb különbség a középső koncentrációnál tapasztalható. Említést érdemel, hogy a bükkhöz tartozó görbék futása minden esetben meredekebb, ami azt a feltételezést sejteti, hogy hosszabb ideig tartó kioldási folyamat esetén a kioldott mennyiségek azonosak lehetnének, vagy akár a bükkből oldódna ki nagyobb mennyiség. A kioldási arányokban nincs jelentős különbség, csupán a bükk középső koncentrációjához tartozó érték alacsonyabb érzékelhetően a többinél (20. ábra).



20. ábra. A bükk és erdefenyő próbatestekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevittez képest a különböző védőszerfelvételek (K-I – K-III) esetében

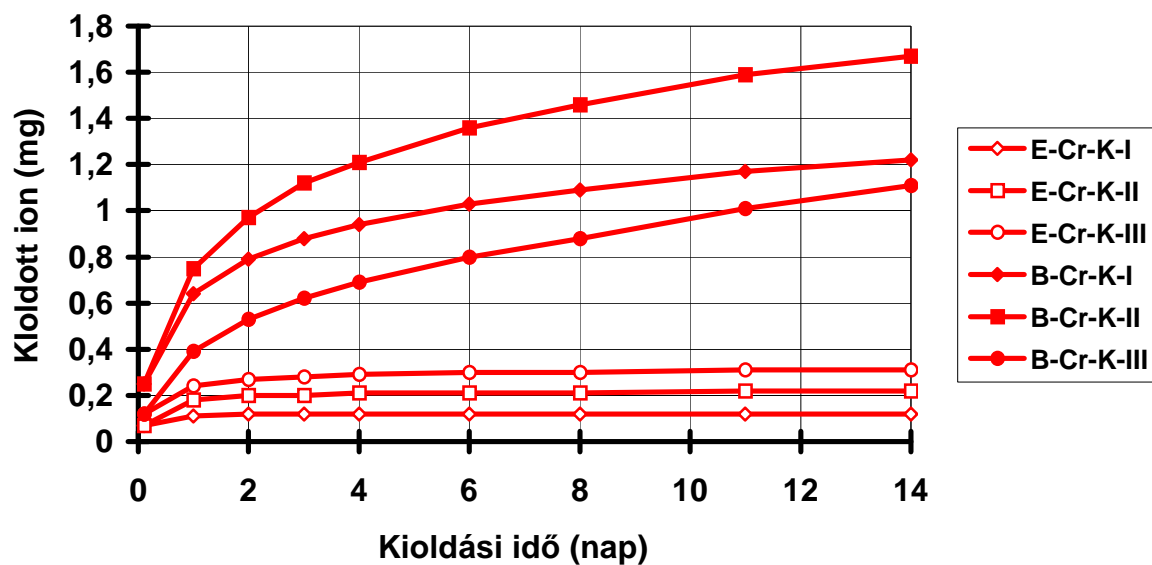
A kioldódás ütemét ábrázoló 21. ábrán látható, hogy a kioldódási folyamat első felében lényegesen elkülönül a két fafaj, hiszen az erdei fenyő esetében a kioldódás mértéke már a negyedik napon eléri a 90 %-ot, ami a büknél csak a hetedik napon következik be.



21. ábra. A bór kioldódásának üteme bükk és erdefenyő próbatestekből különböző védőszerfelvételek (K-I – K-III) esetén

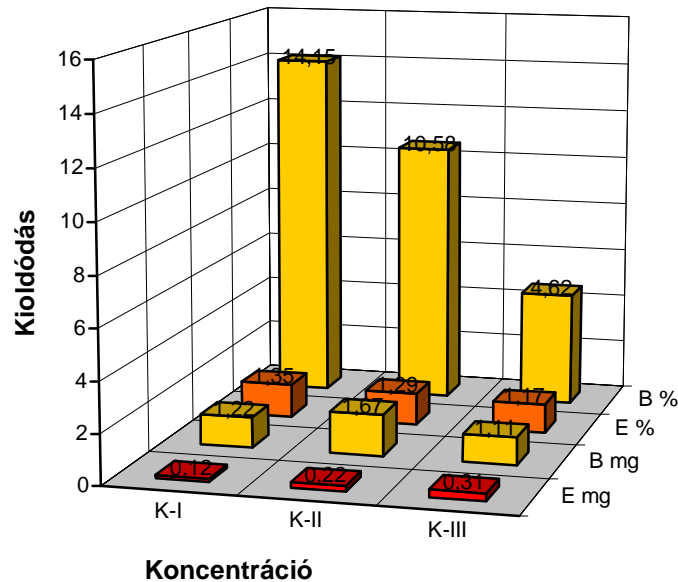
## Króm

A kioldódott króm mennyiségét illetően jelentős különbség mutatkozik a két fafaj között. A 22. ábrán a fafajokhoz tartozó két görbecsoport egyértelműen elkülönül. Az értékek között a legnagyobb különbség a K-II koncentráció esetében adódott és a két összetartozó görbe futása is ebben az esetben különbözik a legjobban, de minden koncentrációra vonatkozóan elmondható, hogy a görbék futása jellemzően eltérő, és a folyamat folytatása esetén tovább növekedne a különbség.



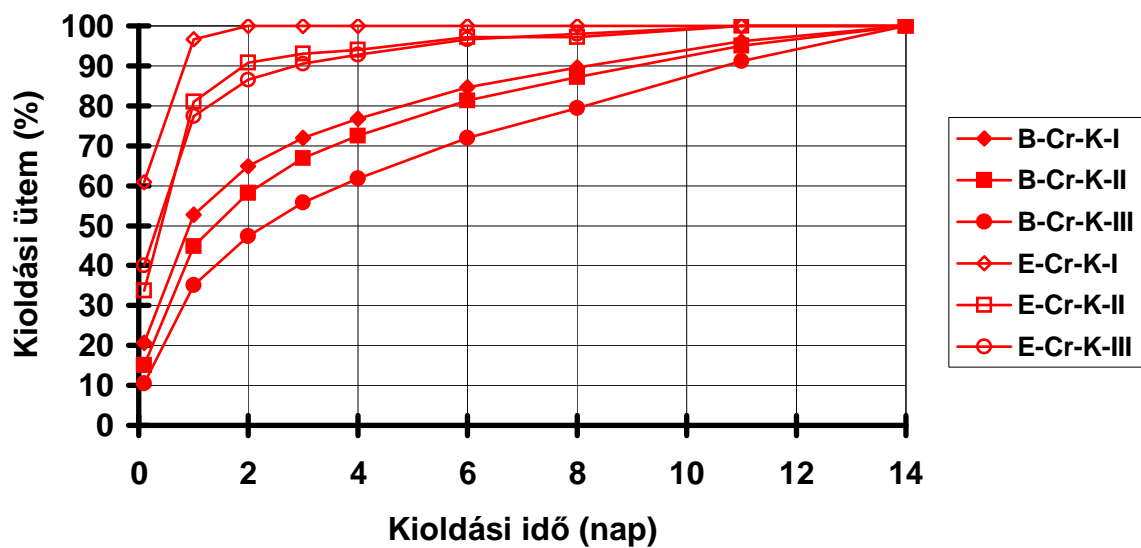
22. ábra. A bükkből és az erdeifenyőből kioldott összes króm mennyiségének alakulása a kioldási idő függvényében a különböző védőszerfelvételek ( K-I - K-III ) esetén

A kioldódási arányok is tükrözik ezt a jellegzetes különbséget. Külön megfontolást érdemel, hogy a legnagyobb koncentrációnál a különbség ugrásszerűen lecsökken (23. ábra).



23. ábra. A bükkből és az erdeifenyőből kioldott króm mennyisége és százalékos aránya fafajonként a különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

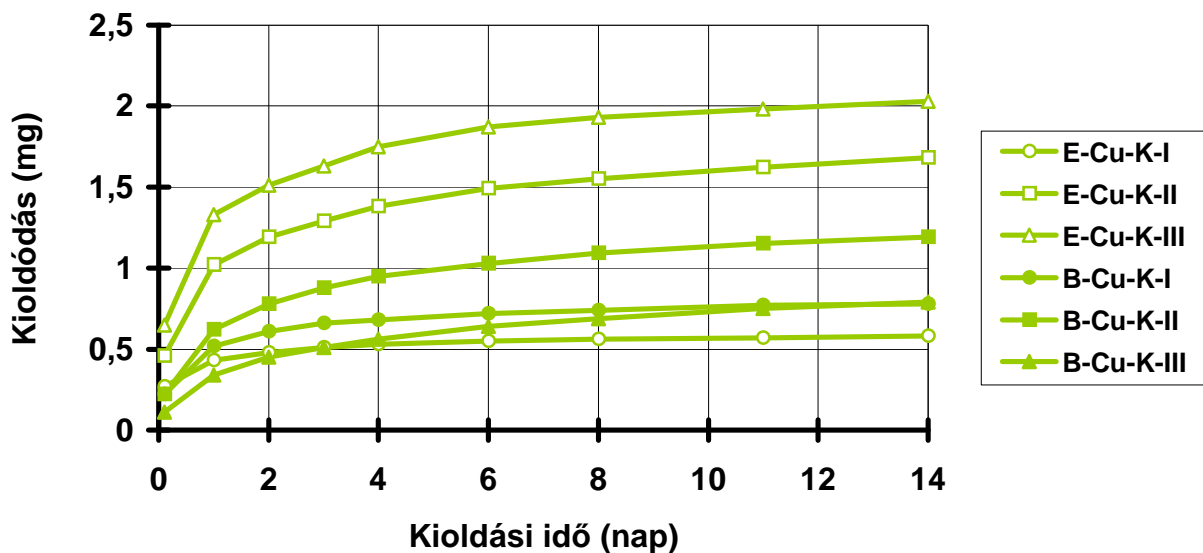
Az eltérések még kihangsúlyozottabbak a kioldódási ütemek esetében. Amint a 24. ábrán látható, hogy amíg az erdeifenyőnél már az első ill. harmadik napon 90 % felett van az érték, addig a bükk esetében ez csak a nyolcadik ill. a tizedik nap után következik be. Tehát az erdei fenyő próbatesteknél a kioldási folyamat első negyedében lejátszódik a kioldódás döntő része, a bükknél azonban ugyanezen időben 30 - 35%-kal alacsonyabb értékek adódtak, és még a nyolcadik napon is 10 ill. 15%-nál nagyobb a különbség (24. ábra). A bükkhöz tartozó görbéknél még az utolsó harmadban sem tapasztalhatunk a kioldódás csillapodására utaló csökkenést.



24. ábra. A króm kioldódásának üteme bükk és erdeifenyő próbatestekből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

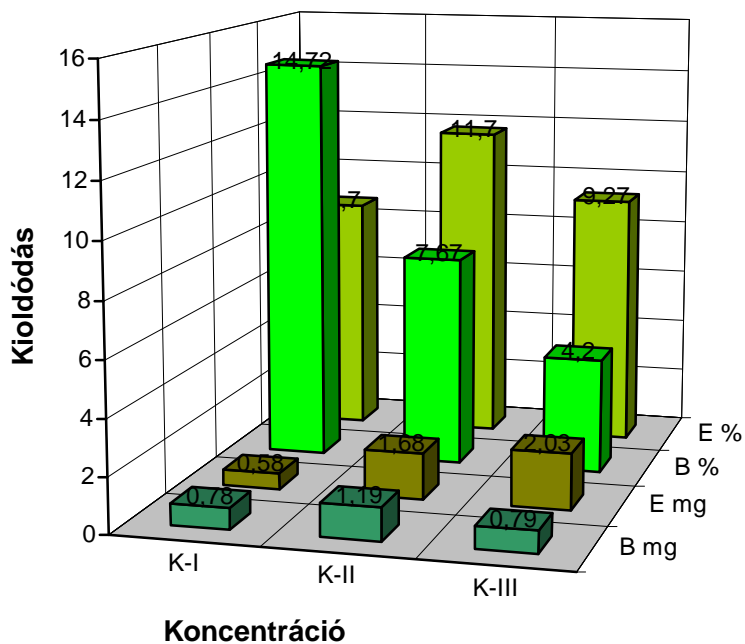
#### Réz

A réz esetében az összesített ábrán (25. ábra) az erdeifenyőhöz tartozó görbék közérfogják a bükkhöz tartozókat, tehát a mindhárom koncentrációra érvényes megállapítás nem tehető, ezért célszerű avval együtt vizsgálni.



25. ábra. A bükkből és erdeifenyőből kioldott összes réz mennyiségének alakulása a kioldási idő függvényében a különböző védőszerfelvételek (K-I - K-III) esetén

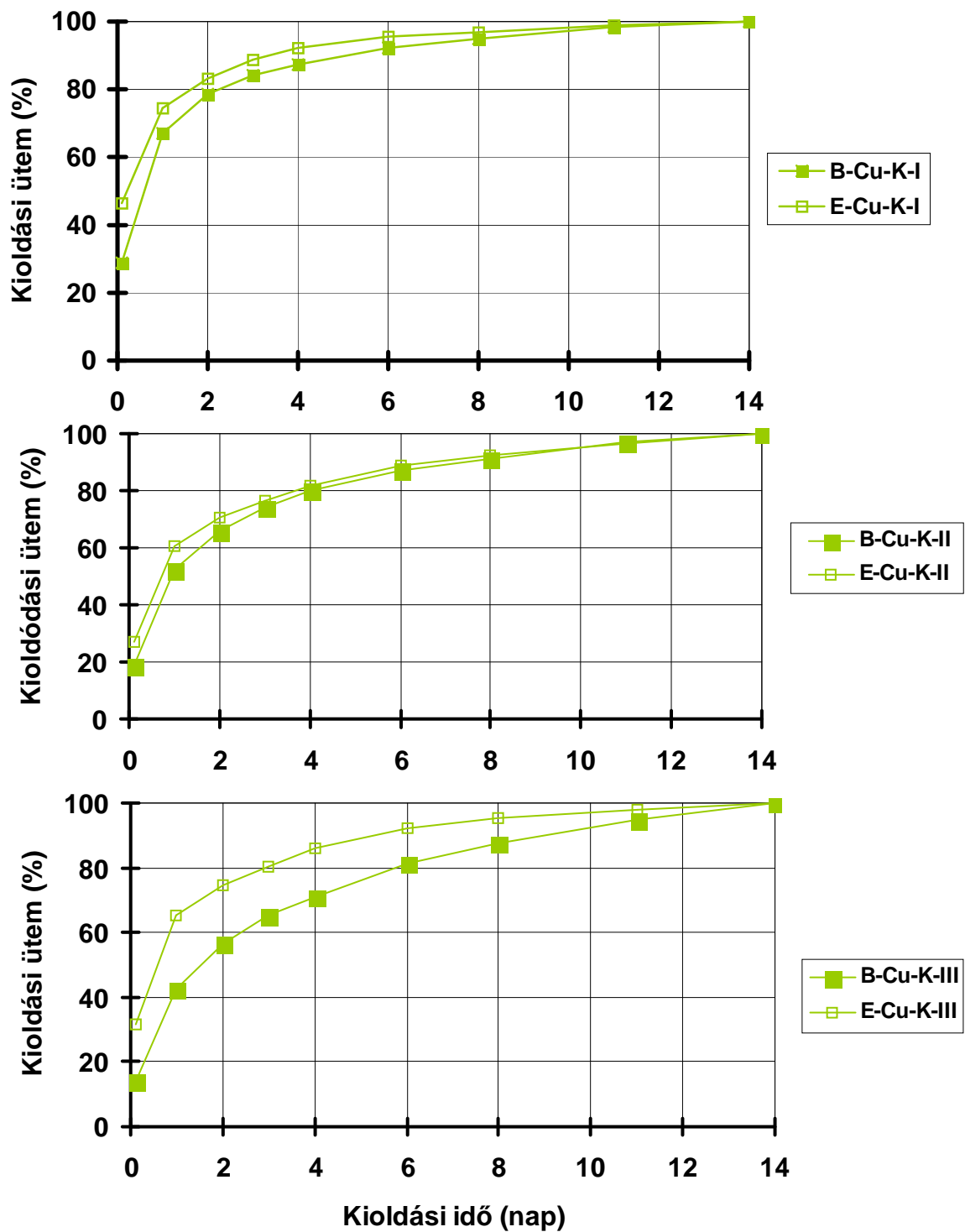




26. ábra. A kioldott réz mennyisége és százalékos aránya fafajonként a különböző védőszerfelvételek (K-I–K-III) esetén

A 26. ábrából látható, hogy az erdeifenyőből kioldódott réz mennyisége a koncentrációval párhuzamosan, bár nem arányosan növekszik, a bükknél azonban a magasabb kezdő érték után egy csekély növekedést követően visszaesés következett. Tehát amíg a legkisebb koncentráció esetében még a bükkből kioldódott mennyiség 1.3 szorosa az erdeifenyőből kioldódottnak, addig a legnagyobb koncentráció esetében már a fenyőből kioldódott mennyiség 2.6 szerese a bükkből kioldódottnak. A kioldódási arányokat illetően ez az erdeifenyő esetében egy közel azonos hányadot jelent, a bükknél pedig egy erőteljes (kb. az induló hányad felére), majd mérsékeltebb csökkenést mutat.

A kioldódás ütemét elemezve (27. ábra) megállapítható, hogy amíg az első két koncentráció esetében nincs lényeges különbség a két fafaj között (K-II esetében szinte azonos), addig a legnagyobb koncentrációnál már jelentősen elválnak a két görbe, és a különbség időnként még a 20 %-ot is meghaladja. Mindhárom esetben a az erdeifenyőből történő kioldódás üteme a gyorsabb.



27. ábra. A réz kioldódásának üteme bükk és erdeifenyő próbatestekből különböző védőszerfelvételek ( K-I – K-III ) esetén

### 3.1.4. Az eredmények értékelése

#### 3.1.4.1. Bükk próbatestek

##### Bór

A bór esetében a kioldódott mennyiségek a bejuttatottal párhuzamosan növekedtek és amint az a kioldódási arányokból leolvasható, közel teljes kioldódásról beszélhetünk. Ebből arra következtethetünk, hogy a bór és a fatest alkotórészei között nem játszódik le olyan kémiai reakció, amely a kioldhatóságot befolyásolná. A egyenletes kioldódási ütemet az eltérő mennyiségek nem befolyásolták (1. ábra).

##### Króm

A króm esetében a kioldódott mennyiségek nem követik a különböző koncentrációkhoz tartozó növekvő beviteli értékeket, hiszen a középső beviteli mennyiséghez tartozik a legnagyobb kioldódás (3. ábra). Ezt az ellentmondásosnak tűnő különbséget egyrészt az okozza, hogy a nagyobb mennyiség bejutása nagyobb koncentráció-gradienst eredményez, amely erőteljesebb ütemű és ezáltal mélyebb behatolást biztosító diffúziót indukál, aminek következtében a kioldással szemben nagyobb lesz a pórusdiffúziós gátlás. Ez megfigyelhető kioldódási ütemben is (4. ábra). Másrészt, amint ERMUSCH (1980) vizsgálatai is igazolták, ebben az alacsony koncentrációtartományban (0.5-1.5 %) az oldat koncentrációjának a növelése javítja a króm fixálódását lombos fafajok esetében. A százalékos értékek alapján megállapítható, hogy ebben az esetben a fatesttel kémiai kötésbe lépett króm egy része is kioldódott. Lombos fafajról lévén szó, ez a poláros jellegű járulékos anyagokkal képzett komplexek egy részének oldhatóságával és az oldhatatlan  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  kis hányadának  $\text{Cr}^{\text{III}}$ -á redukálódásával magyarázható.

##### Réz

A réz a kioldódás mindhárom vizsgált jellemzőjét (mennyiség, hányad, ütem) illetően a krómmal teljesen azonosan viselkedtek. Ez azt jelenti, hogy lombos faanyagban e két hatóanyag viselkedése nem független egymástól, az oldhatatlan komplexek nagy részét egymással közösen képezik.

Az egyes hatóanyagok adatait egymáshoz viszonyítva megállapíthatjuk, hogy a kioldódott mennyiségeket illetően a bór jelentősen eltérve a másik kettőtől, követi a bevitt értékeket (7. ábra), és aránya közel 100% (8. ábra). A króm és a réz viselkedése között nincs értékelhető különbség a mennyiséget és a hányadot illetően. A kioldódási ütemben jelentkező különbség a króm intenzívebb diffúziójára utal. A három diagram (9. ábra) egyértelműen tükrözi a

nagyobb koncentrációhoz tartozó erőteljesebb diffúziót, aminek a kisebb ütemű, jobban gátolt kioldódás a következménye.

#### 3.1.4.2. *Erdeifenyő próbatetek*

##### Bór

A bór kioldósága mindhárom beviteli mennyiség esetében teljes (10. ábra), tehát a faanyag összetevőivel nem képeznek oldhatatlan vegyületeket. Az eltérő mennyiségek a diffúziós jellemzőkben sem okoztak különbségeket, amit a kioldódási ütemek görbéinek egybeesése jelez (11. ábra).

##### Króm

A krómnak csak nagyon kis hányada maradt oldható állapotban, és a kioldódott mennyiségek arányosak a bevittel (12. ábra). A faanyag összetevőivel képzett oldhatatlan komplexek stabilak. A kioldódási ütem azt mutatja (13. ábra), hogy az oldható vegyületek döntően a felületen helyezkedtek el, mélyebb diffúzióról nem beszélhetünk. Ez különösen a legkisebb mennyiség esetében szembetűnő, ahol a harmadik naptól már nem található króm a kioldó vízben.

##### Réz

A réz kioldódása, elsősorban a százalékos értékek alapján, jelentősnek mondható, és arra utal, hogy a képződött komplexek egy része visszaalakul oldhatóvá a pihentetés során. A kioldódott mennyiségek a bevittel párhuzamosan, de nem arányosan emelkedtek (14. ábra), némi hasonlóságot mutatva a krómnál tapasztaltakkal., ahol szintén az első két érték között van a nagyobb különbség. A kioldódási ütemekben (15. ábra) már jelentkezik az eltérő koncentrációk által okozott eltérő diffúziós viselkedés.

Az egyes hatóanyagokhoz tartozó értékeket összehasonlítva (16. ábra) megállapíthatjuk, hogy mindhárom anyag esetében a kioldódott mennyiségek a bevittel párhuzamosan növekedtek, csupán az arányokban vannak kis különbségek. A kioldódási hányadban az egyenletesség mellett nagyságrendi különbségek tapasztalhatók (17. ábra). Külön megfontolásra érdemes eredmény, hogy a védőszerben nem elsősorban védőhatása miatt szereplő króm maradt legnagyobb arányban a fában. Említésre méltó a kioldódási ütemek közötti különbségek ingadozása a bevitt mennyiségekkel (18. ábra).

#### 3.1.4.3. *Bükk és erdeifenyő próbatetek összehasonlítása*

A két fafajhoz tartozó adatok összehasonlítása alapján a következő megállapításokat tehetjük: A bór mindkét fafaj esetében a bevitt mennyiség növekedésének megfelelően növekvő mértékben és csaknem teljesen kioldódik (20. ábra). A kioldódási ütemek görbéi jellemzően

elkülönülnek a teljes kioldási folyamat során (21. ábra), ami a lényegesen eltérő szerkezeti felépítés következménye.

A króm kioldódása esetében a fafaj, mint tényező befolyása erősebb, mint a bevitt mennyiségé (22. és 23. ábra), oly módon, hogy az erdeifenyőből sokkal kevesebb oldódik ki, mint a bükkből, mind mennyiségét mind hányadát tekintve. Lényeges a különbség a kioldódási hányadnak a bükknél látható erőteljes visszaesése és az erdeifenyőnél meglévő közel állandósága között is. Ennek okára az előző részben már utaltam.

A króm kioldódása az erdeifenyőből gyakorlatilag a kioldási folyamat első harmadában befejeződik, a lombos fafaj esetében pedig sokkal mérsékeltebb ez az ütem (24. ábra).

A réz esetében is eltérő a két fafajból történő kioldódás, de a krómnál tapasztaltnál sokkal kevésbé markánsan. Az erdeifenyőből a bevittel arányosan növekvő mennyiség oldódik ki, a bükk próbatestekből azonban közel azonos mennyiségek (26. ábra).

A százalékos kioldódást tekintve az erdeifenyőből közel azonos hányadban oldódott ki a réz, a bükkből pedig arányosan csökkenő mértékben

A kioldási ütemeket tekintve (27. ábra) csak a legmagasabb koncentráció esetében tapasztalható jellegzetes különbség a két fafaj között oly módon, hogy a bükk próbatestekből mérsékeltebb ütemben oldódott ki a réz.

Általánosságban megállapítható, hogy a bór kioldódási viselkedését a bejuttatott mennyiség nem befolyásolta, mindhárom esetben, teljes mértékben kioldódtak mindkét fafajból. Jellemző eltérés csupán a kioldódás ütemében mutatkozott a két fafaj között. A króm esetében a bejuttatott mennyiség hatása a bükk próbatesteknél volt nagyobb és sajátos, a fafaj hatása mindegyik jellemző értékeiben és változásában is karakterisztikus. A réz esetében a vizsgált tényezők hatásai hasonlóak, mint a krómnál, de nem olyan kihangsúlyozottak.

### 3.2. Az üzemi kísérletek eredményei

Az üzemi telítés során négy fafajt választottam a fafaj befolyásoló hatásának a vizsgálatához. A laboratóriumban is alkalmazott bükk és erdeifenyő mellett, a tölgy az építészetben elfoglalt szerepe és sajátos szerkezeti felépítése miatt, a lucfenyő pedig, mint a legnagyobb mennyiségben felhasznált építészeti alapanyag. A fafaj hatásán túlmenően ebben az esetben vizsgáltam a pihentetési idő hatását is, mivel ez a gyakorlat számára gazdasági okokból is rendkívül fontos. A három pihentetési időtartamot úgy választottam, hogy a gyártó által ajánlott érték (4 hét) legyen a középső. A próbatetek telítése egy tényleges telítés közben történt. A felvett védőszer mennyiségét tömegméréssel határoztam meg, majd a védőszer analízise után kiszámítottam a felvett hatóanyagok mennyiségét is. Erre azért volt szükség, mert a tartályban lévő védőszer összetétele eltért az elméletitől (6%) az alábbiak szerint:

	elmélet	tény	%
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	20804	14847 mg/l	4.28
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	15468	16755 mg/l	6.50
CuSO <sub>4</sub>	11762	6039 mg/l	3.08

A 13. táblázatban összevontan található az egy darab próbatestre vonatkoztatott védőszer kioldási mennyiségek és százalékos kioldódási hányadok.

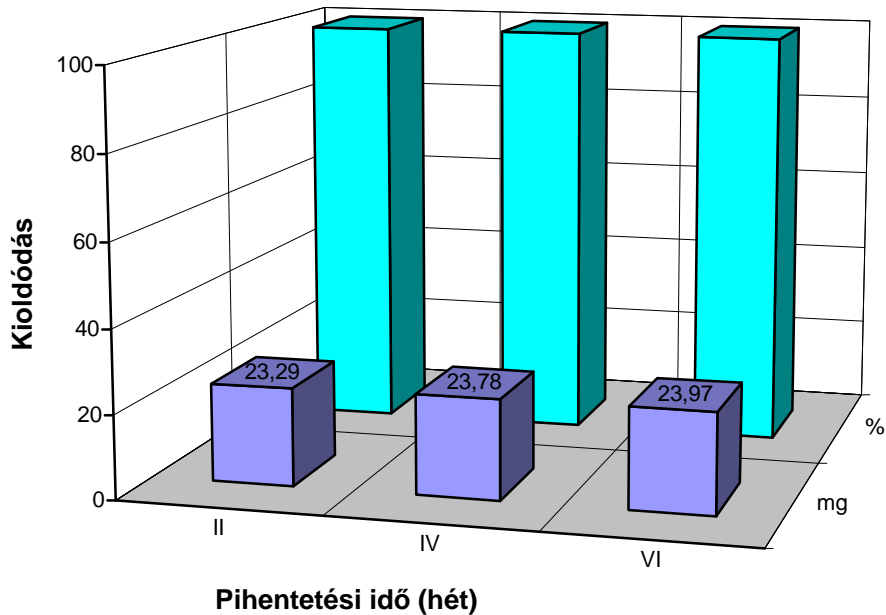
13. táblázat. A bór, a króm és a réz kioldódott mennyisége és százalékos aránya próbatestenként a négy fafaj és a három pihentetési idő esetében

Fafaj	Pihentetési idő hét	Kioldott hatóanyag					
		B	Cr	Cu	B	Cr	Cu
		mg/db			%		
Tölgy	2	23,29	2,68	1,30	99,87	4,48	6,03
	4	23,78	2,75	1,67	99,92	4,52	7,56
	6	23,97	3,75	2,05	99,83	6,10	9,19
Bükk	2	20,57	2,62	0,62	99,9	4,97	3,22
	4	21,02	2,08	0,62	99,95	3,87	3,16
	6	20,23	1,71	0,63	99,85	3,29	3,35
Erdeifenyő	2	31,27	13,73	0,43	99,94	17,14	1,42
	4	29,26	6,24	0,18	96,63	8,05	0,64
	6	27,83	5,57	0,13	93,64	7,31	0,46
Lucfenyő	2	31,34	21,21	0,41	99,97	26,41	1,41
	4	25,92	11,5	0,19	81,22	14,07	0,63
	6	25,4	9,28	0,11	78,58	11,21	0,35

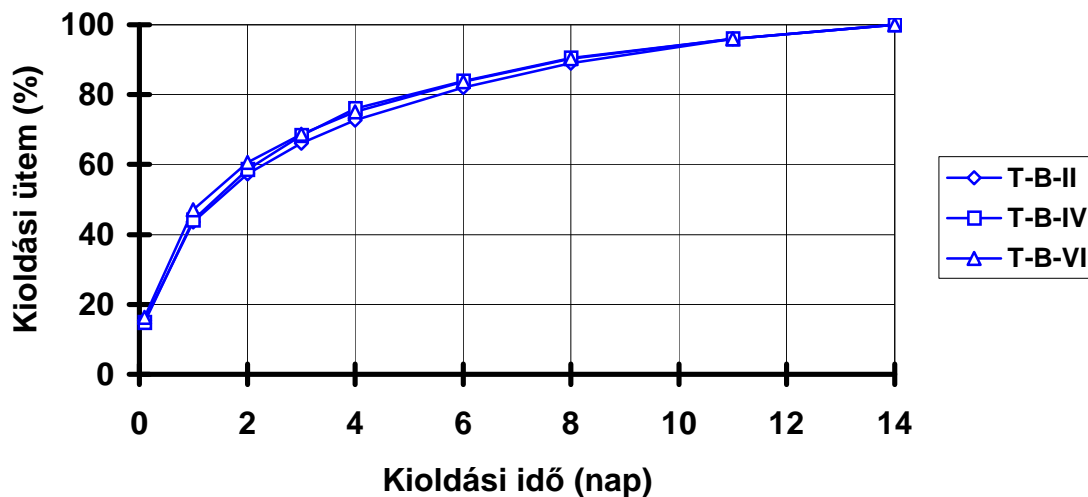
Az eredmények részletes ismertetése fafajonként és hatóanyagokként

### 3.2.1. Tölgy próbatestekhez tartozó eredmények

Tölgy - Bór



28. ábra. A tölgy próbatestekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

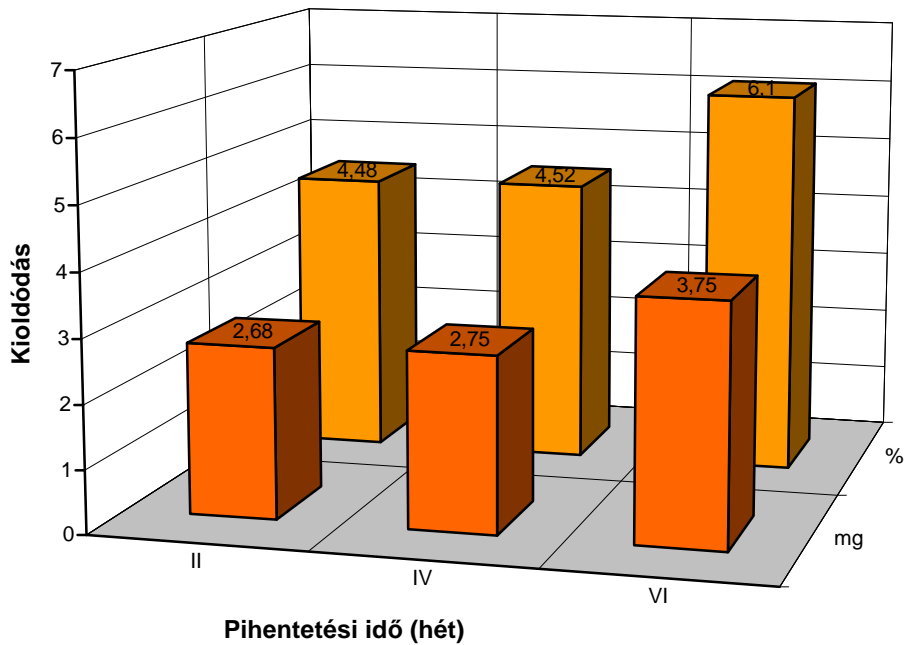


29. ábra. A bór kioldódásának üteme tölgy próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

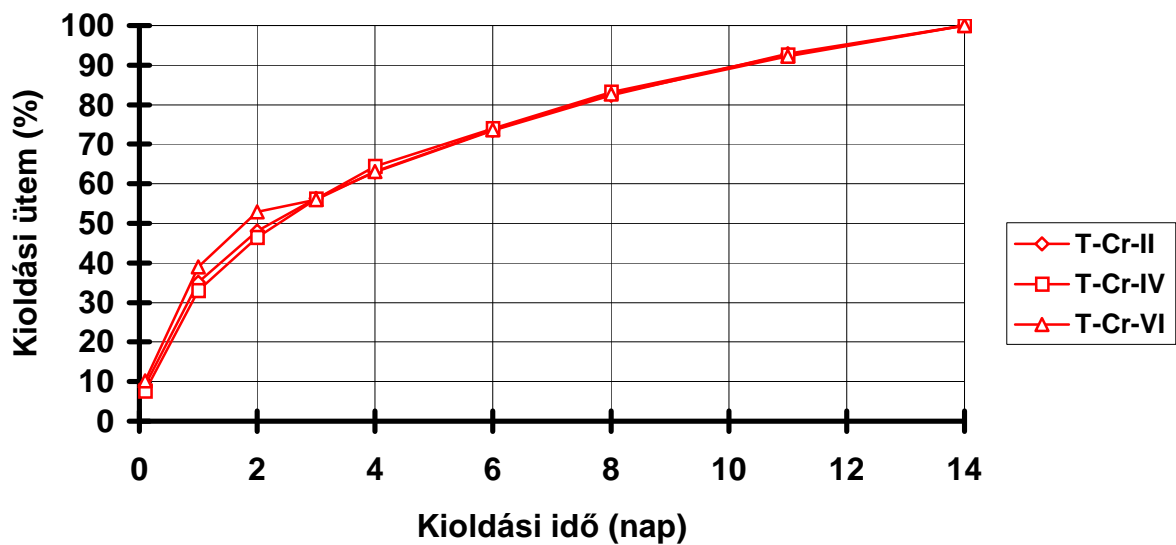
Az adatok (13. táblázat) és a 28 ábra alapján kijelenthetjük, hogy tölgyből készült próbatestek esetében a bór kioldódását a pihentetési idő nem befolyásolja, mindhárom esetben gyakorlatilag teljes a kioldás.

Ugyanez mondható el a kioldási ütemről, a 29. ábrán a három görbe majdnem teljesen fedi egymást.

Tölgy - Króm



30. ábra. A tölgy próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében



31. ábra. A króm kioldódásának üteme tölgy próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

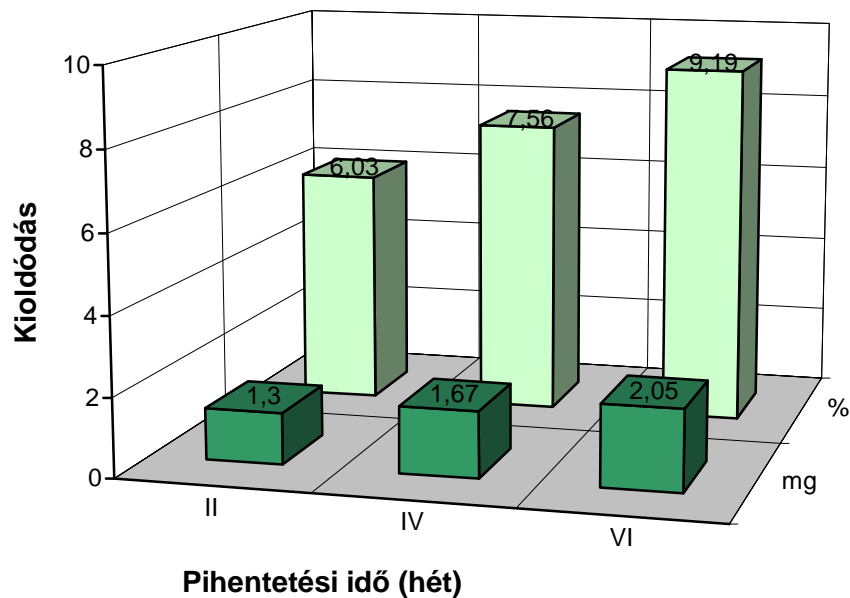


A króm esetében látható (30. ábra), hogy a hat hetes pihentetés a kettő és a négy heteshez képest (amelyek között alig van különbség) lényegesen (kb. 30 %-kal) nagyobb mértékű kioldást eredményezett.

Érdekes módon a kioldás ütemében (31. ábra) semmilyen különbség nem tapasztalható.

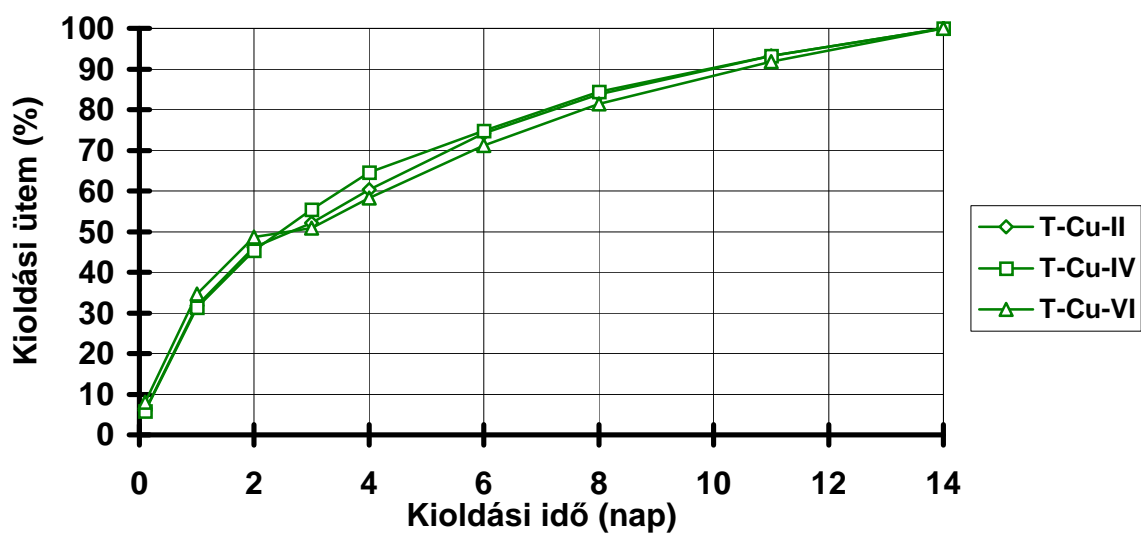
### Tölgy - Réz

A 32. ábráról leolvasható, hogy a kioldott réz mennyisége a pihentetési idővel folyamatosan növekedett. A kettő és a hat hetes pihentetési időkhöz tartozó értékek között közel 50 %-os az emelkedés



32. ábra. A tölgy próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

A kioldási ütemben (33. ábra) nem tükröződnek ezek a különbségek csupán a harmadik és a hatodik nap között van csekély elkülönülés, de a görbék sorrendje nem azonos a kioldott mennyiségekhez tartozókkal.

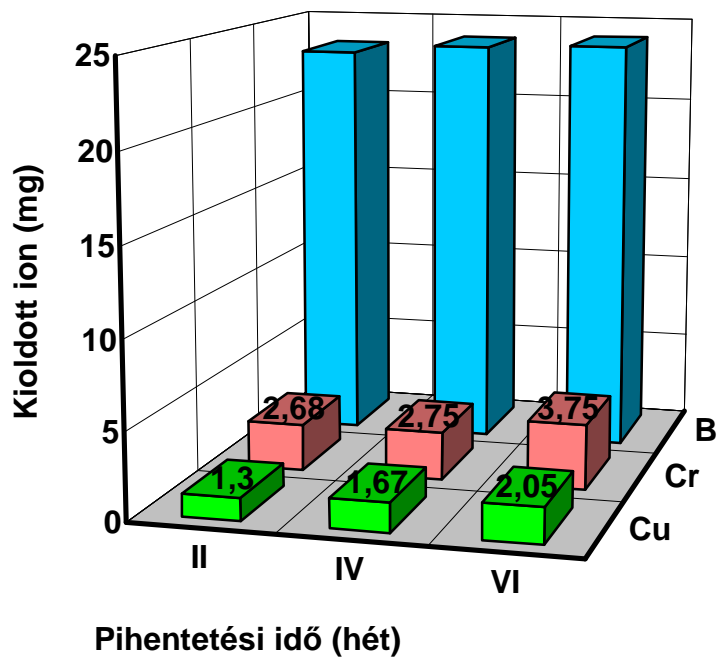


33. ábra. A réz kioldódásának üteme tölgy próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

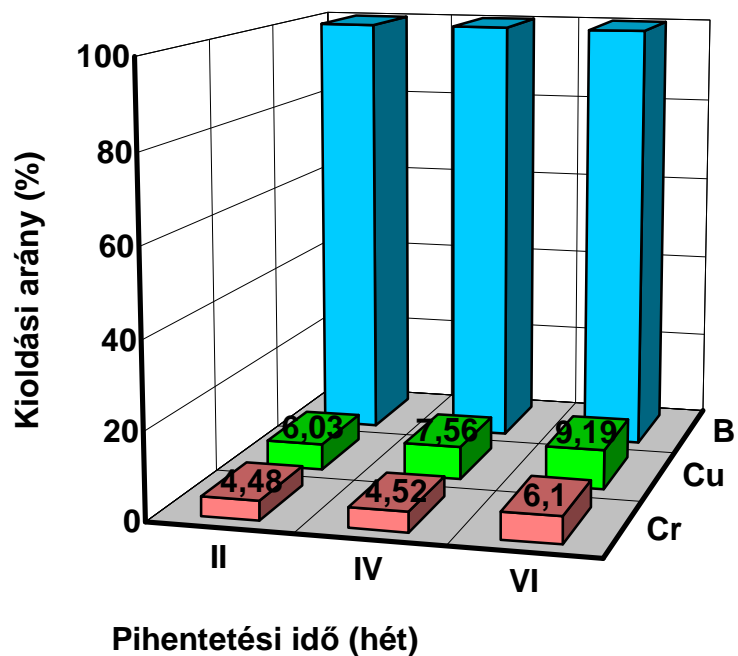
#### Tölgy - Bór + Króm + Réz

Az egyes összetevők adatait egymáshoz viszonyítva látható, hogy a bór lényegesen nagyobb mennyiségben és nagyságrenddel nagyobb arányban oldódik ki.

A legkisebb mennyiség a réznél jelentkezett, de a legkisebb arány a krómnál adódott.

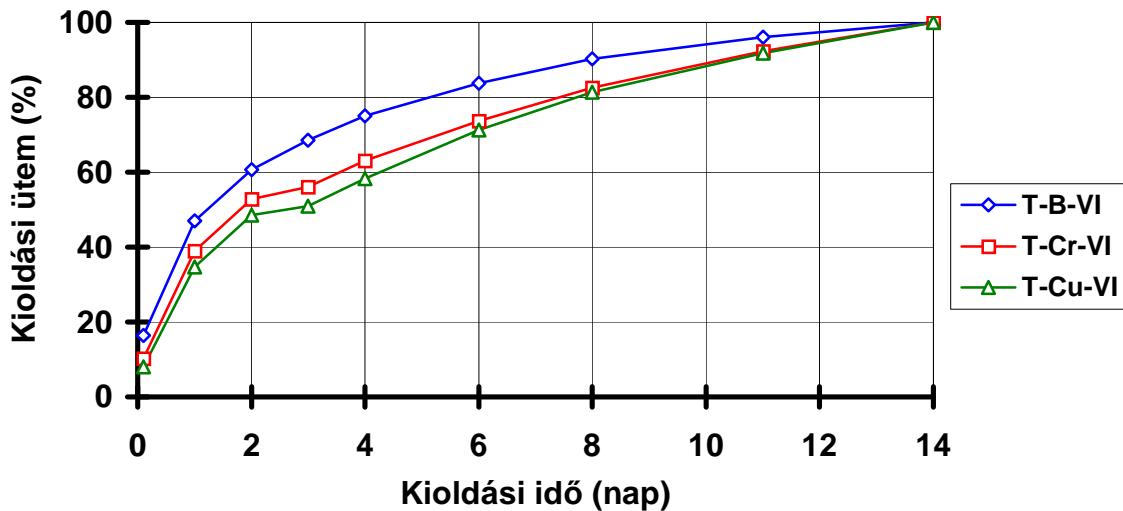


34. ábra. A tölgy próbatestekből kioldott összes bór, króm és réz mennyisége a különböző pihentetési idők esetében



35. ábra. A tölgy próbatestekből kioldott összes bór, króm és réz százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

A pihentetési idő az egymáshoz viszonyított arányokra nem volt lényeges befolyással. Ez érvényes a kioldási ütemre is, ahol a bórhoz tartozó értékek jellemzően elkülönülnek a másik két összetevőtől, amelyek között csupán a hat hetes pihentetés esetében látható csekély különbség.

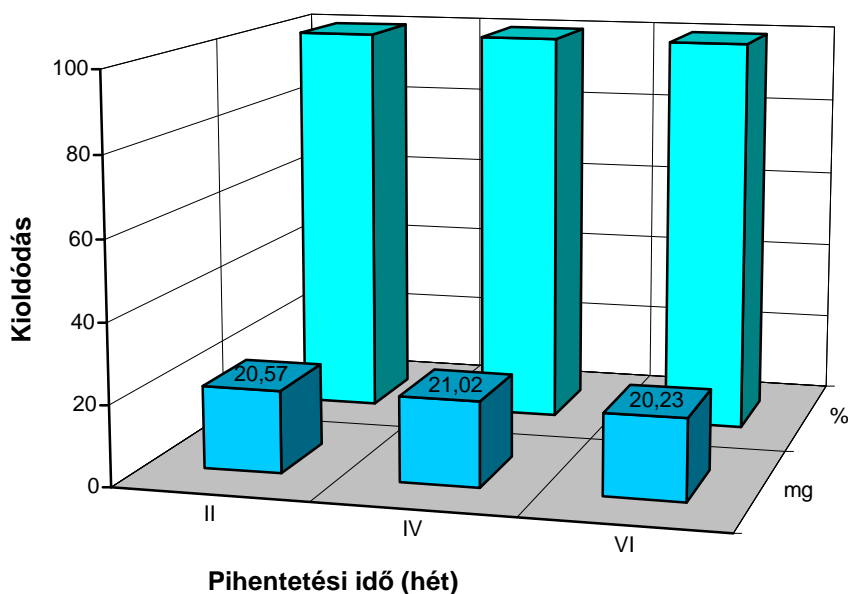


36. ábra. A bór, a króm és a réz kioldódásának üteme tölgy próbatestekből hat hetes pihentetési idő után

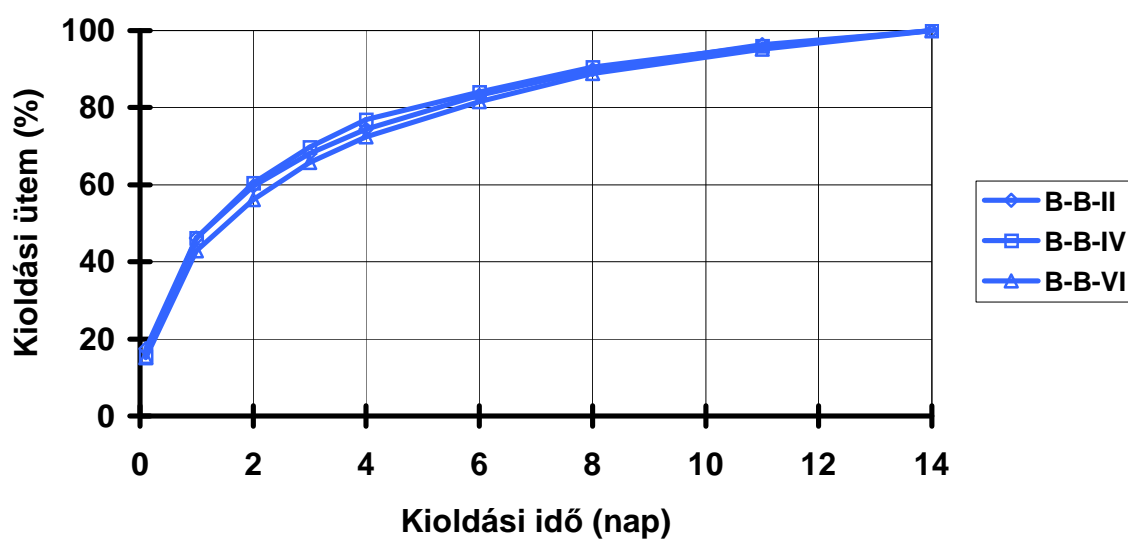
### 3.2.2. Bükk próbatestek eredményei

#### Bükk– Bór

Bükk próbatestek esetében a bórnál a pihentetési idő nem befolyásolta a kioldási jellemzőket. Ez vonatkozik a kioldott mennyiségre, a kioldási arányra és a kioldási ütemre is. A mutatók, jelentéktelen mértékű különbségek nincsenek összhangban a pihentetési idővel, hiszen a magasabb értékek a négy hetes pihentetéshez tartoznak. Még hat hetes pihentetés után is gyakorlatilag teljes a kioldás.



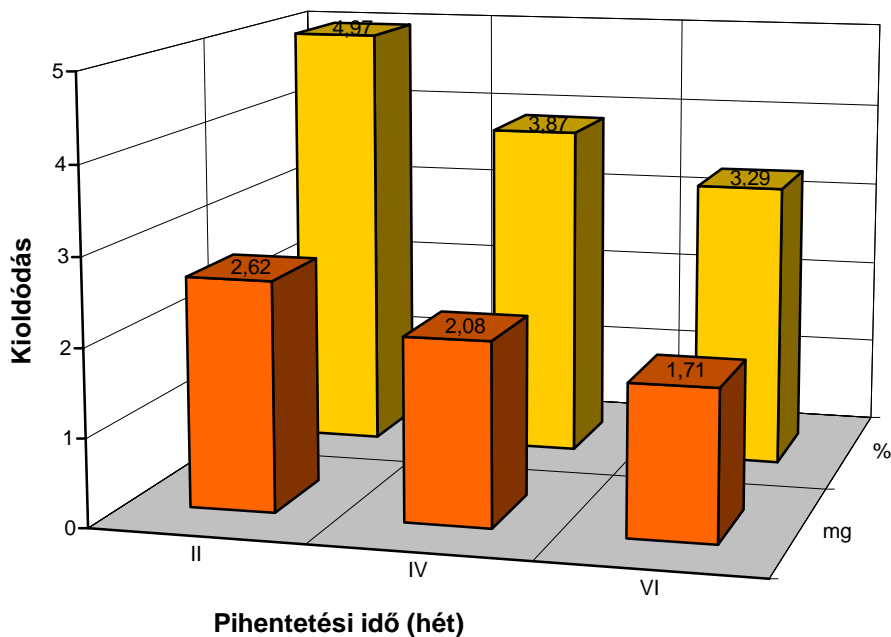
37. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében



38. ábra. A bór kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

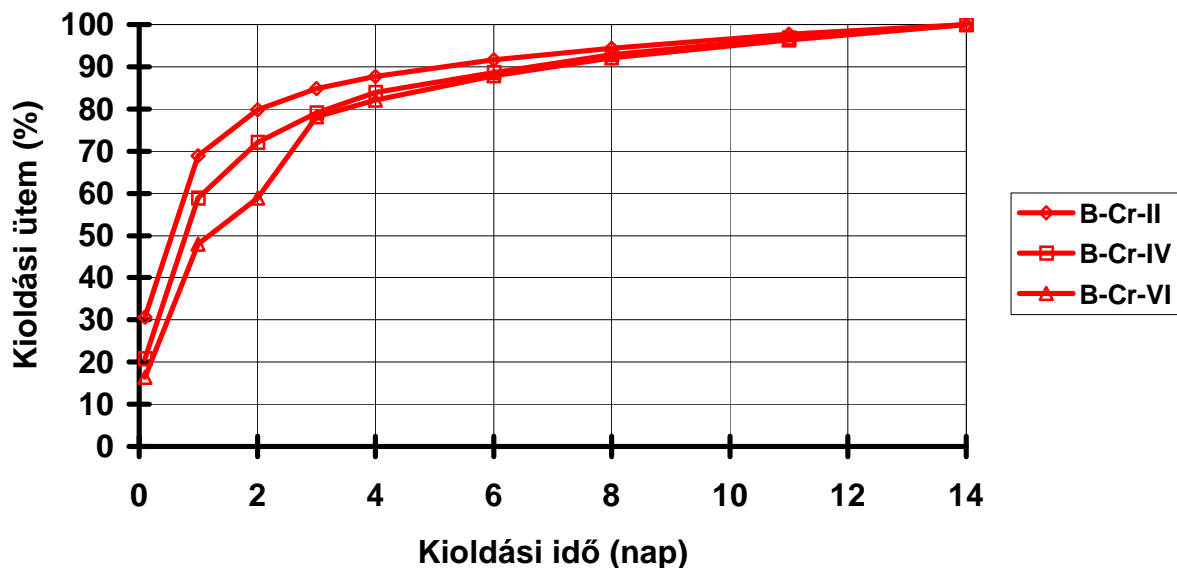
### Bükk - Króm

A krómot vizsgálva azt tapasztalhatjuk, hogy a pihentetési idő növelésével arányosan csökken a kioldott mennyiség (39. ábra). A kettő és a hat hetes pihentetési időhöz tartozó értékek között kb. 30 %-os a csökkenés.



39. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitelhez képest a különböző pihentetési idők esetében

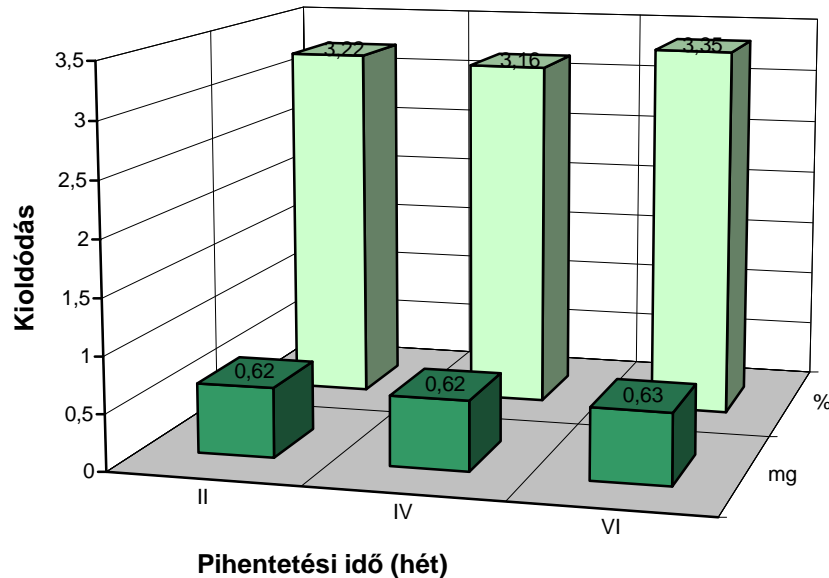
A kioldás ütemében is látható ez a különbség, a 40. ábra szerint a két hetes pihentetéshez tartozó legnagyobb mennyiség oldódott ki a leggyorsabban. Különösen a kioldási folyamat első harmadában jellegzetes a különbség.



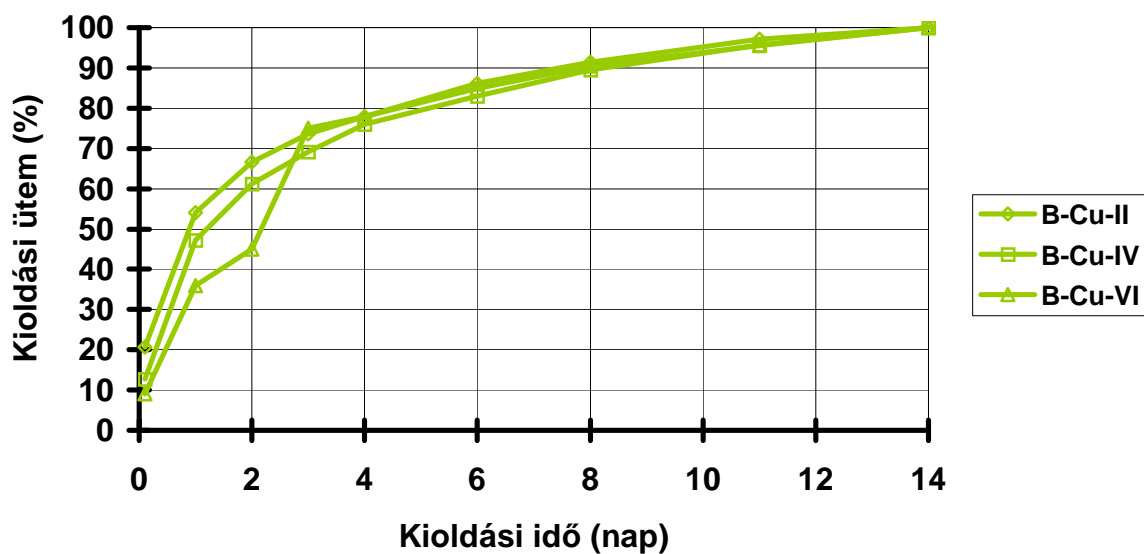
40. ábra. A króm kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

## Bükk - Réz

A réz esetében elmondható, hogy a pihentetési idő gyakorlatilag nem befolyásolta az egyébként nagyon alacsony kioldási adatokat (41. ábra), csupán a kioldási folyamat első 3 napján volt érzékelhető különbség a hat hetes pihentetési időhöz tartozó értékekben és ez jelentkezik a kioldási ütem ábráján (42. ábra) is.



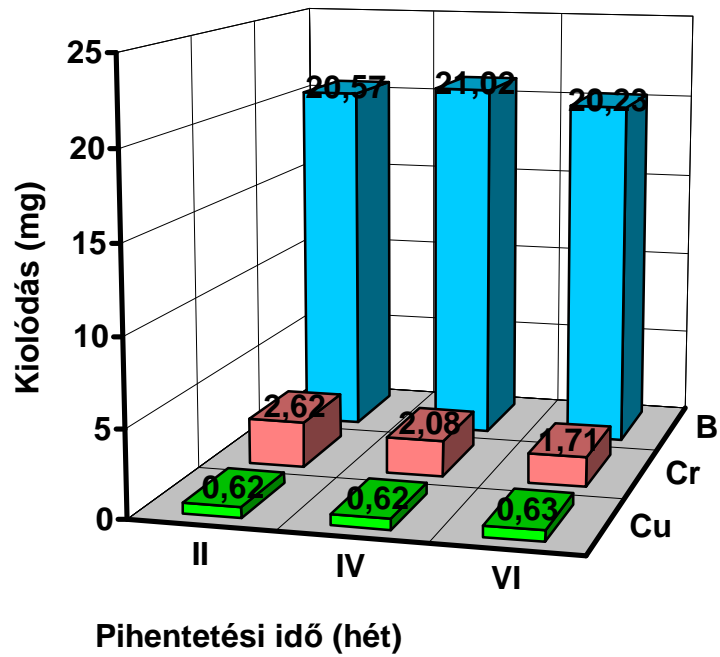
41. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevithez képest a különböző pihentetési idők esetében



42. ábra. A réz kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

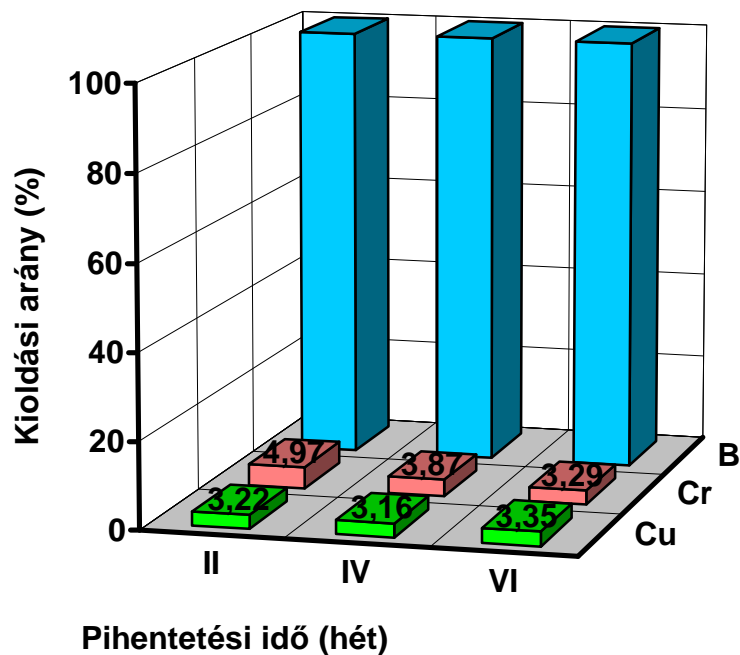
### Bükk - Bór + Króm + Réz

A vizsgált összetevők kioldódási adatainak összehasonlítása (43. és 44. ábra) alapján megállapítható, hogy amíg a bór gyakorlatilag teljes mennyiségben kioldódott, addig a krómnak és réznek csupán néhány százaléka. Ezekre az arányokra a pihentetési idő semmilyen befolyással nem volt.



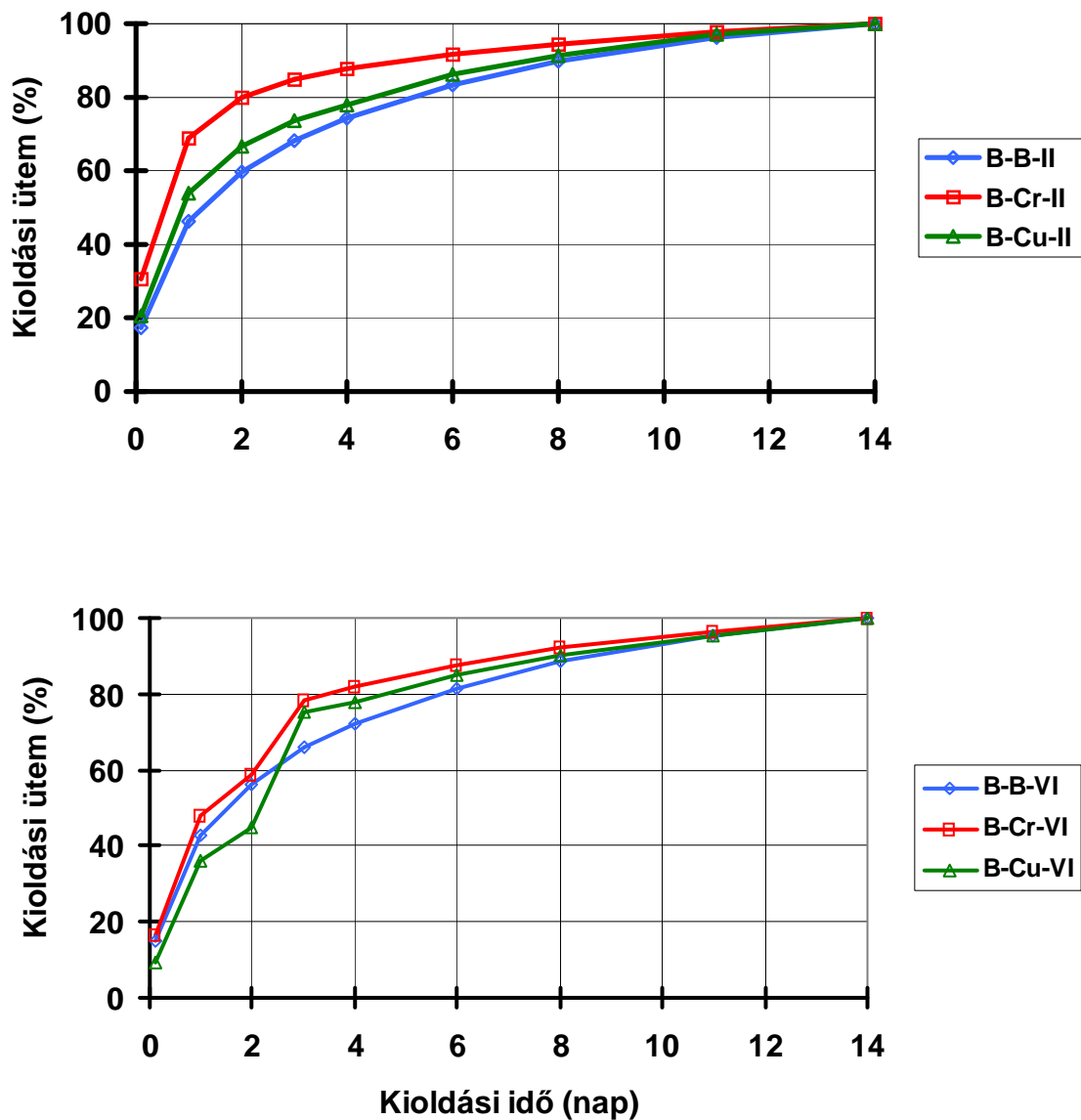
43. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes bór, króm és réz mennyisége a különböző pihentetési idők esetében





44. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes bór, króm és réz százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

Érdekes az a megfigyelés, hogy a leggyorsabb ütemben a króm oldódott ki mindhárom esetben, valamint, hogy az egyébként óriási mennyiségi különbségek mellett, különösen a négy hetes pihentetés után a bór és réz szinte teljesen azonos ütemben oldódtak ki. A hat hetes pihentetés görbéi már kisebb különbségekkel, de a kétheteshez jobban hasonlítanak, mint a négyheteshez (45. ábra).

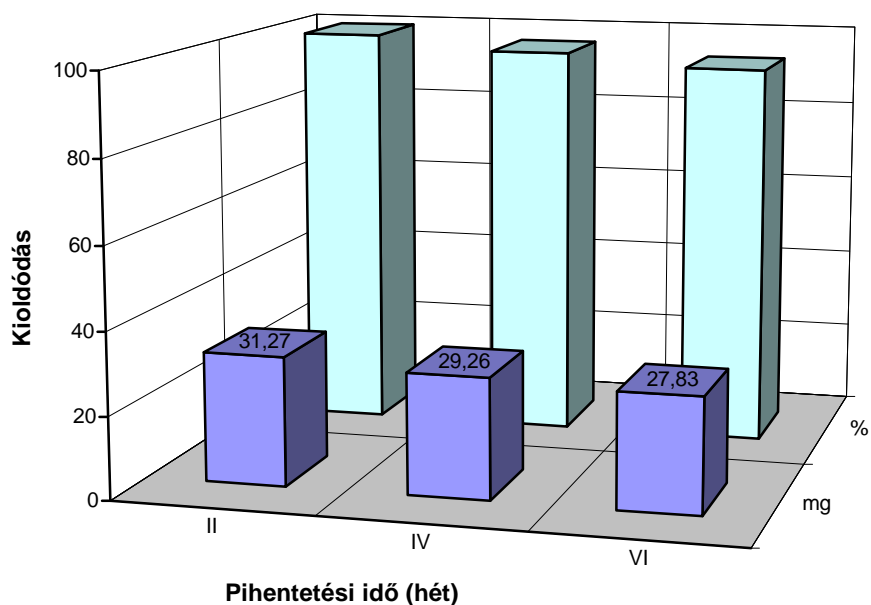


45. ábra. A bór, a króm és a réz kioldódásának üteme bükk próbatestekből kettő és hat hetes pihentetési idők után

### 3.2.3. Erdeifenyő próbatestek eredményei

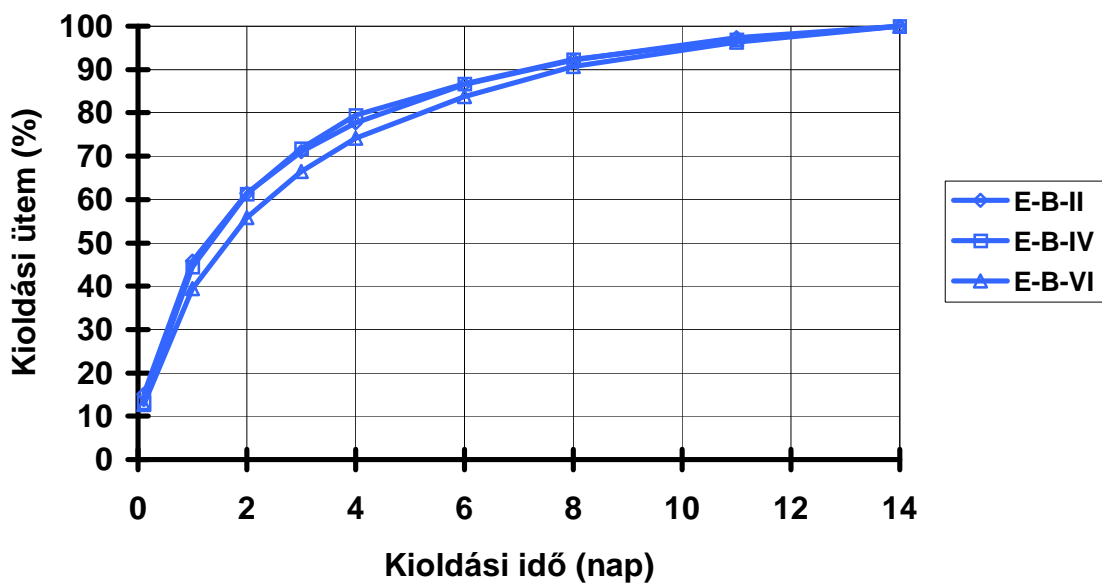
#### Erdeifenyő – bór

A bór kioldása a pihentetési idő növelésével kis mértékben csökkent, ami a kioldási arányokban is megmutatkozik (46. ábra). A csökkenés kis mértékére jellemző, hogy még a hat hetes pihentetés után is több mint 90 % oldódott ki.



46. ábra. Az erdefenyő próbatestekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

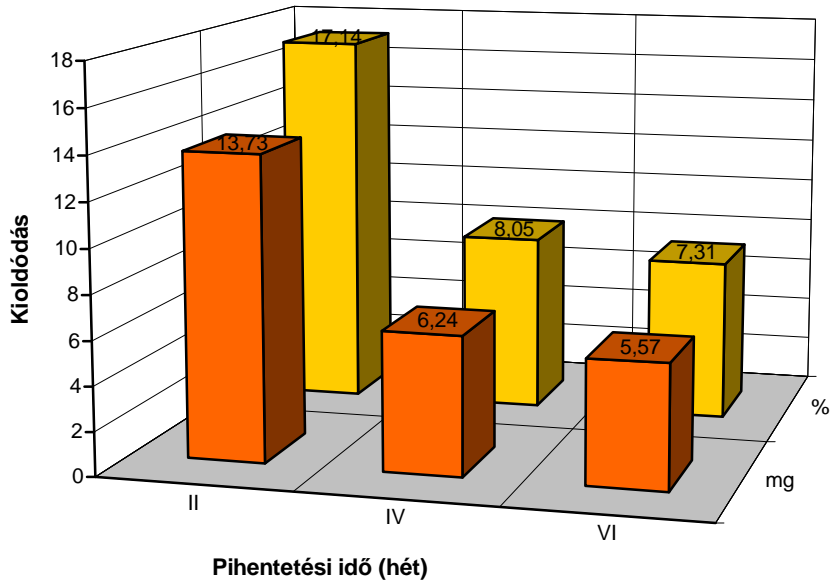
A kioldási ütemet tekintve (47. ábra) a hat hetes pihentetéshez tartozó adatok egy kicsit alacsonyabbak, a másik két görbe gyakorlatilag fedi egymást.



47. ábra. A bór kioldódásának üteme erdefenyő próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

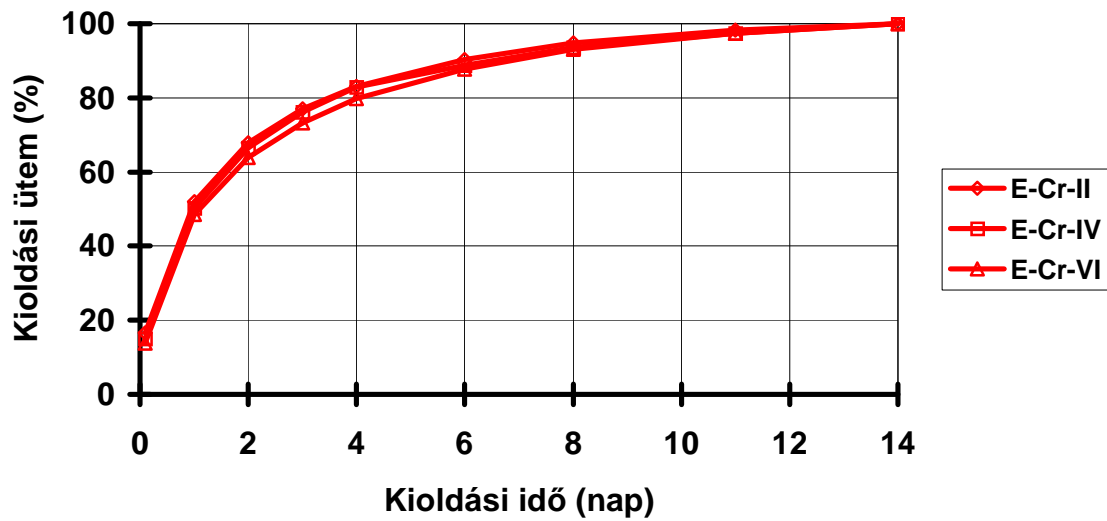
## Erdeifenyő – króm

A króm esetében lényeges különbség van a különböző pihentetési időkhöz tartozó kioldott mennyiségek között. Négy hetes pihentetés után már feleannyi sem oldódik ki mint két hét után. A négy és hat hetes pihentetéshez tartozó értékek között már nincs nagy eltérés. A kioldási arány meglehetősen magas (48. ábra).



48. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

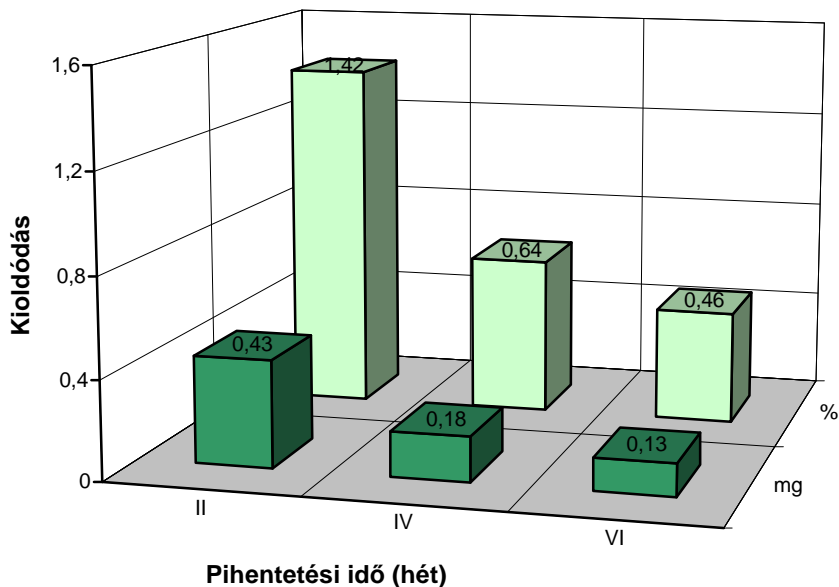
A jelentős mennyiségi differenciák mellett a kioldási ütemek görbéi szinte teljesen azonos futásúak, csupán az első és a hatodik nap között van néhány százalékos eltérés (49. ábra).



49. ábra. A króm kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

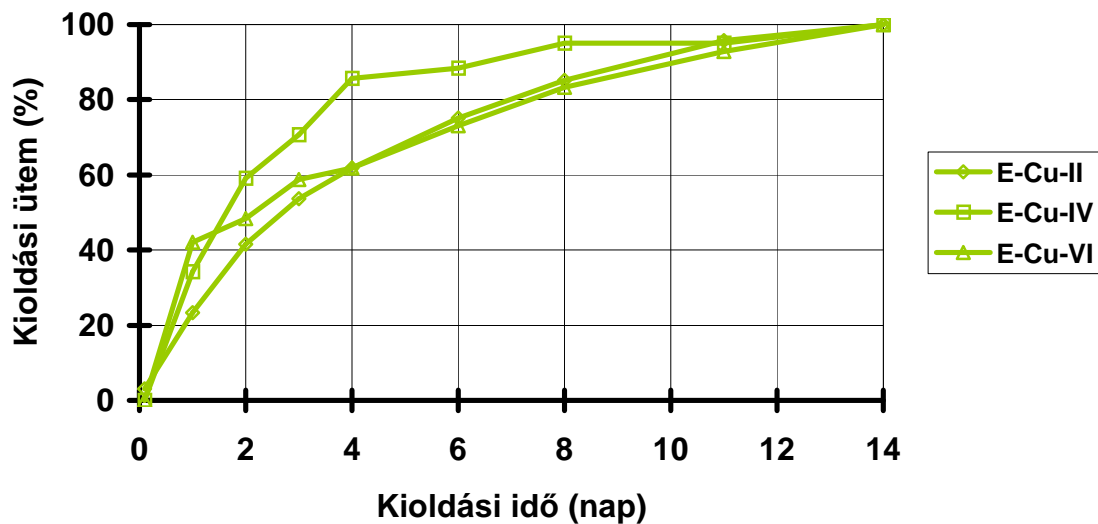
#### Erdeifenyő – réz

A réz esetében is a legnagyobb mennyiség a két hetes pihentetés után oldódott ki, majd a négy hetes pihentetés után több mint 50 %-kal kevesebb, hat hét után pedig további, már lényegesen kisebb méretékű csökkenés következett. Abszolút értéket és arányt tekintve nagyon kis értékekről van szó (50. ábra).



50. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

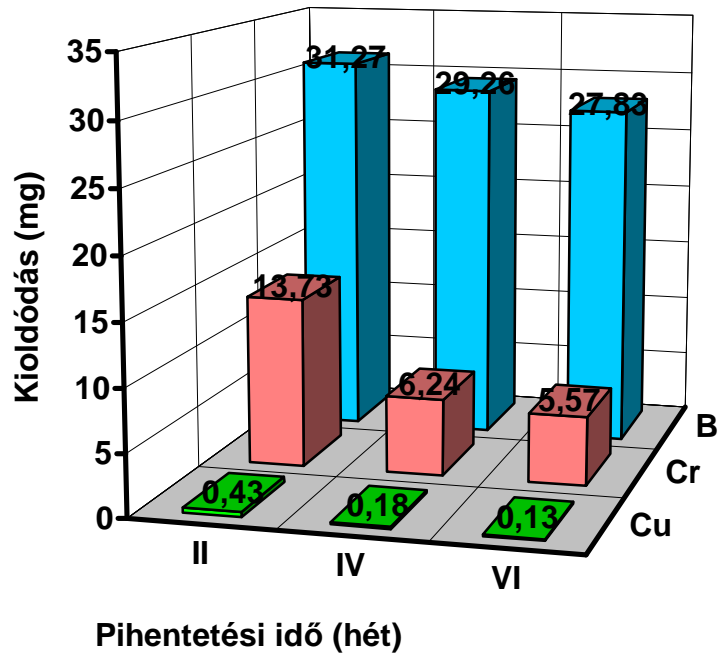
A kioldási ütemet nézve (51. ábra) kiemelendő, hogy a négy hetes pihentetéshez tartozó értékek, különösen a kioldási folyamat középső harmadában jelentősen meghaladják pl. a nagyobb kioldási mennyiséget eredményező két hetes értékeket, amelyek viszont szinte megegyeznek a hat hetes pihentetéshez tartozókkal.



51. ábra. A réz kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

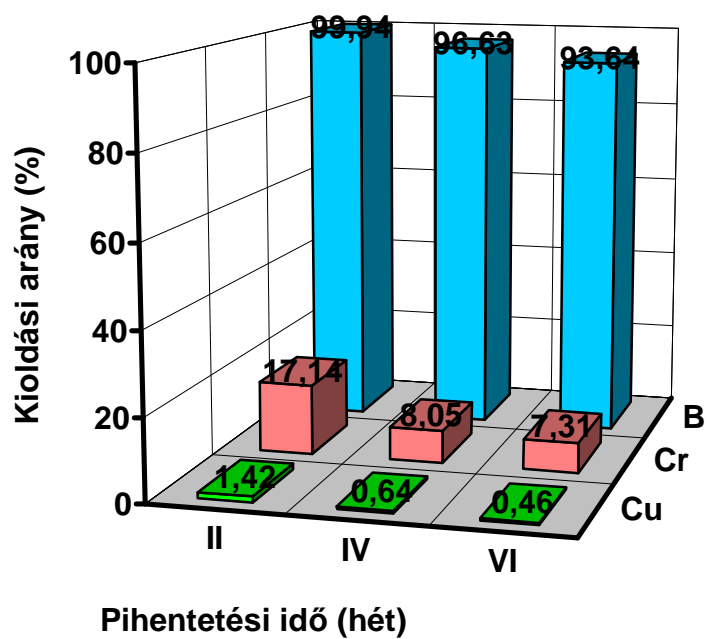
#### Erdeifenyő - Bór + Króm + Réz

Az egyes kioldódási mennyiségét összehasonlítva (52. ábra) látható, hogy a legnagyobb mennyiség a bórból oldódott ki, ami a pihentetési idővel alig változott. A króm következik két hét után még relatív kis különbséggel, ami négy hét után már lényegesen nagyobb lesz. A rézből nagyságrenddel kevesebb mennyiség oldódott ki, ami a pihentetési idő növelésével a harmadára csökkent.



52. ábra. Az erdeifenyőből kioldott bór, króm és réz mennyisége a különböző pihentetési idők után

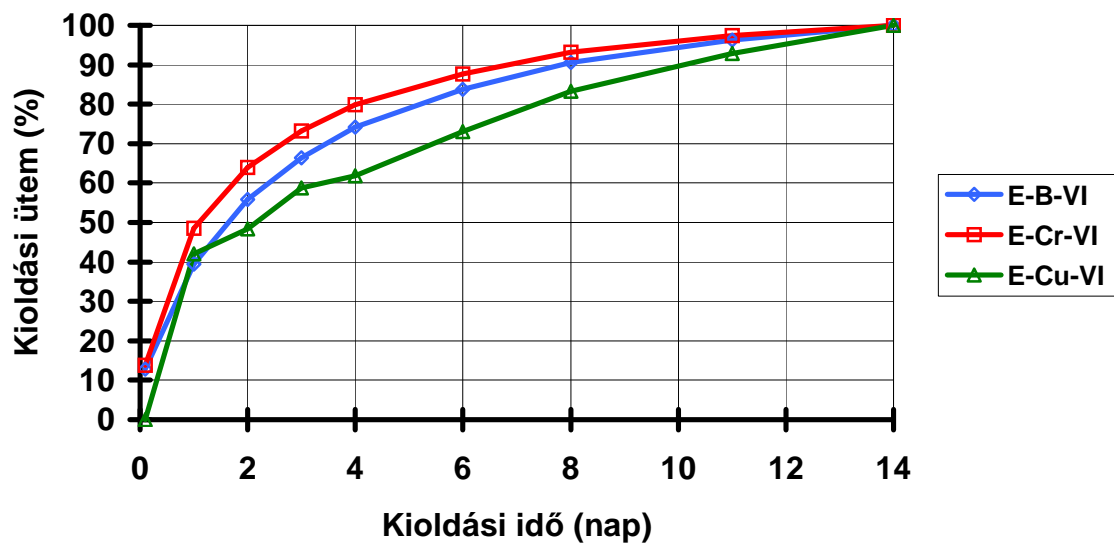
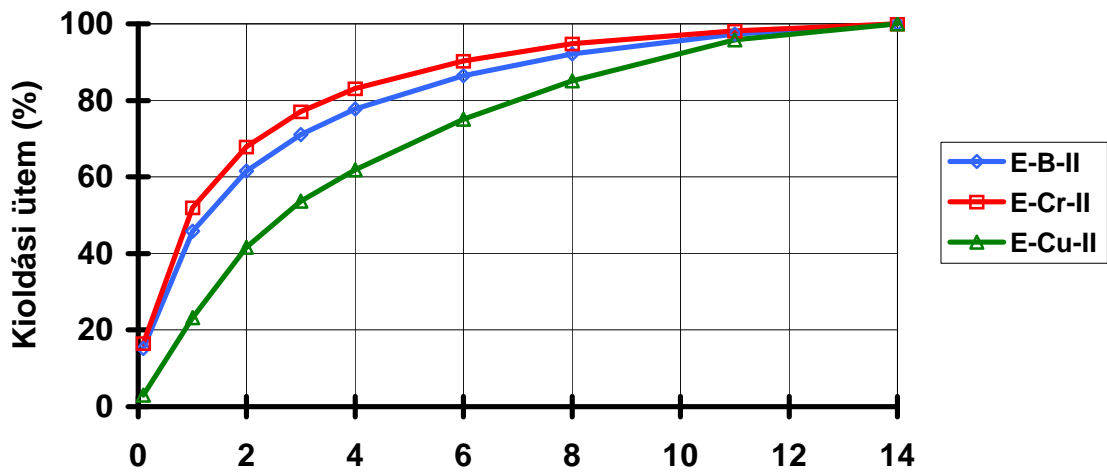
Ezek a mennyiségek a bórnál közel teljes kioldást, a krómnál a két hetes pihentetés után rendkívül magas, négy és hat hét után, a jelentős csökkenés ellenére még magas arányt jelentenek. A réz esetében szinte elhanyagolható arányról van szó (53. ábra).



53. ábra. Az erdeifenyőből kioldott bór, króm és réz százalékos aránya a különböző pihentetési idők után

A kioldási ütemet tekintve (54. ábra) kettő és hat hetes pihentetés után feltűnő a krómhoz tartozó legmagasabb érték, valamint a rézhez tartozó, feltűnően alacsony érték, figyelembe véve, hogy négy hetes pihentetés után mindhárom anyag szinte azonos kioldási ütemet mutat.



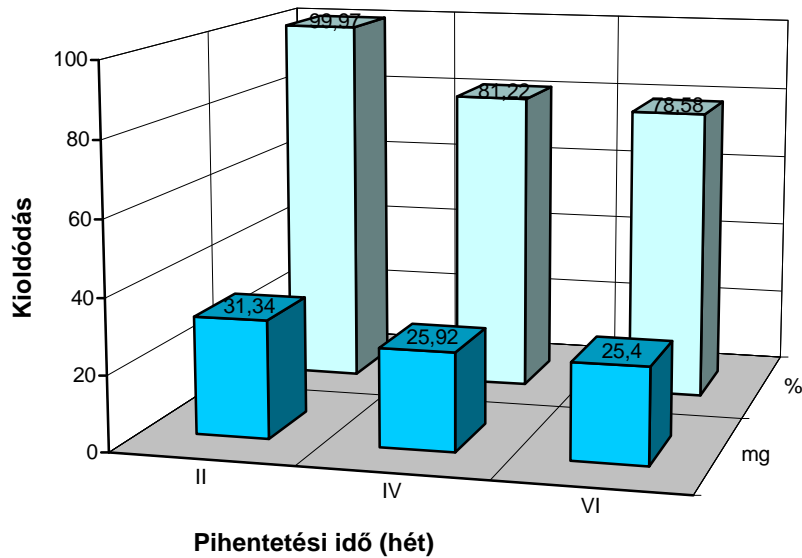


54. ábra. A bór, a króm és réz kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből kettő és hat hét pihentetési idők esetén

### 3.2.4. Lucfenyő próbatetek eredményei

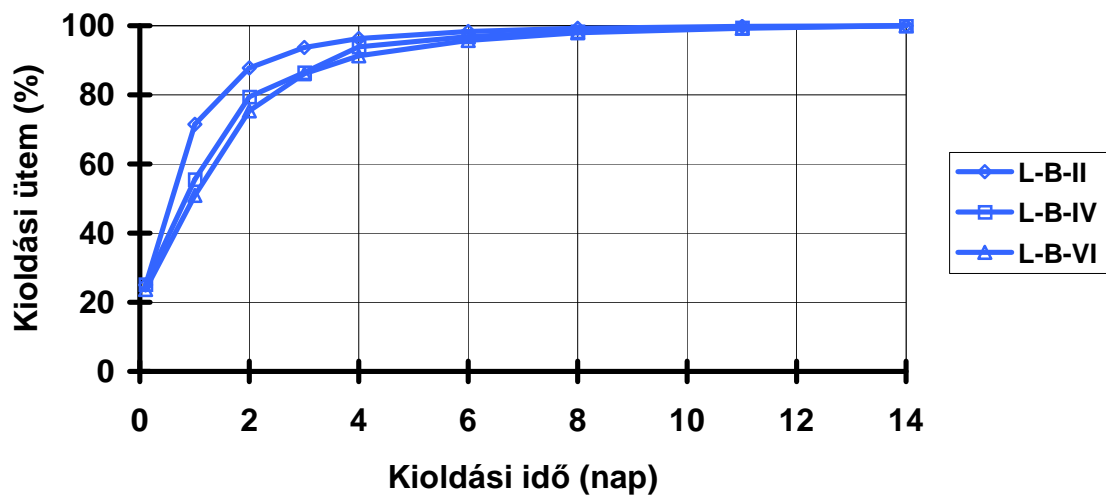
#### Lucfenyő - bór

A bór kioldását vizsgálva az 55. ábra alapján megállapítható, hogy a kioldott mennyiség a négy és hat hetes pihentetés után közel azonos és a két hetesnél mért értékhez képest, ami gyakorlatilag teljes kioldást jelent, kb. 20 %-os csökkenést mutat.



55. ábra. A lucfenyő próbatetekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

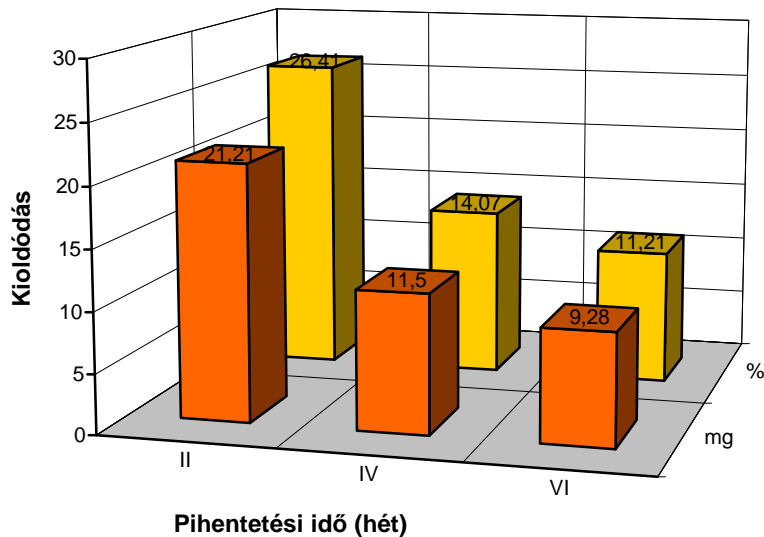
A két héthez tartozó nagyobb mennyiség a kioldási ütemet ábrázoló diagram (56. ábra) szerint gyorsabban is oldódik ki.



56. ábra. A bőr kioldódásának üteme lucfenyő próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

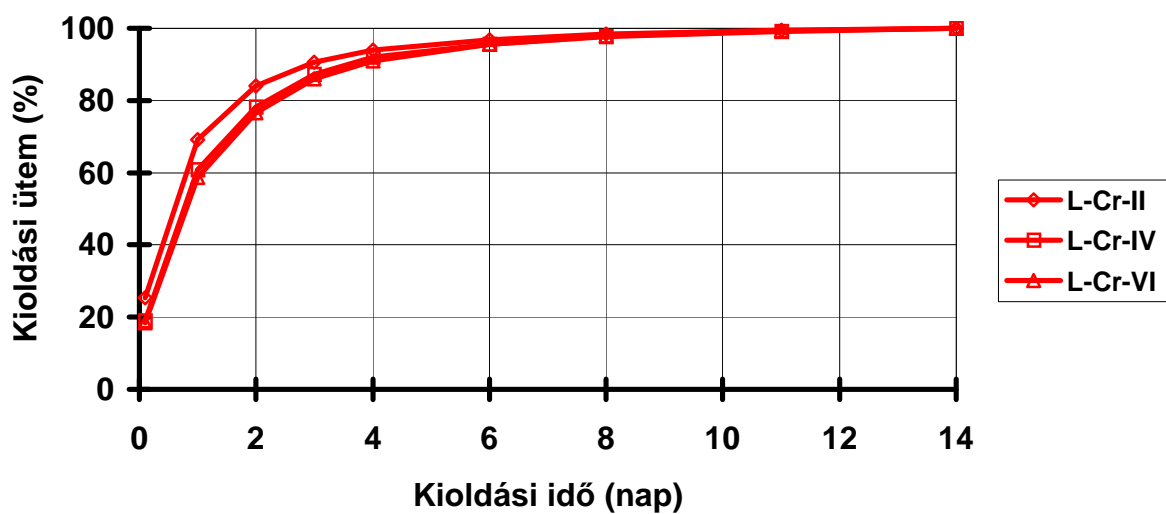
## Lucfenyő – króm

A króm esetében is a két hetes pihentetés után oldódott ki a legnagyobb mennyiség. A visszaesés azonban itt már kb. 50 %-os négy hét után és még további, csekélyebb méretű csökkenés figyelhető meg hat hét után. A kioldási arány két hét után rendkívül magas, de még a hat hét utáni, közel 60 %-kal alacsonyabb érték is magas (57. ábra).



57. ábra. A lucfenyő próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

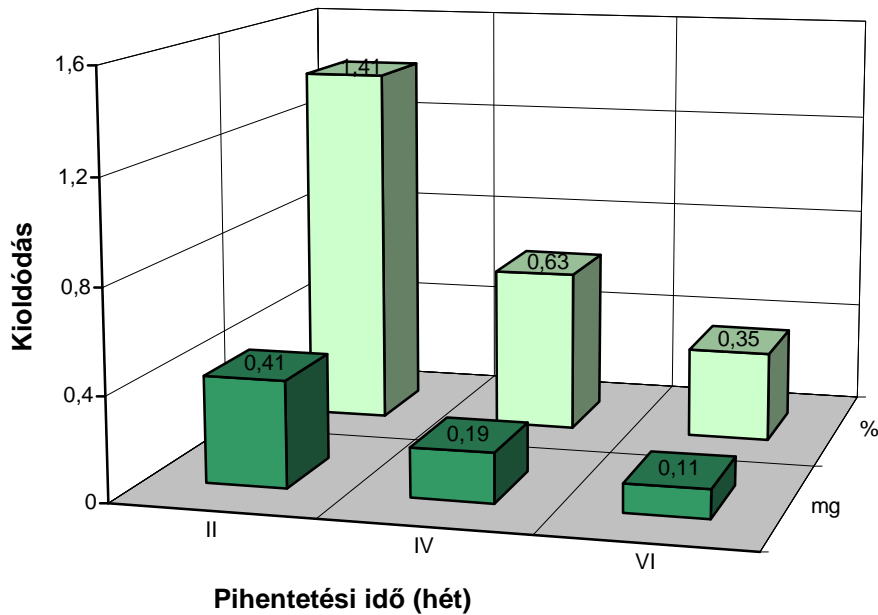
A kioldási ütemet tekintve (58. ábra) csak a kioldási folyamat első harmadában mutatkozik csekély különbség.



58. ábra. A króm kioldódásának üteme lucfenyő próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

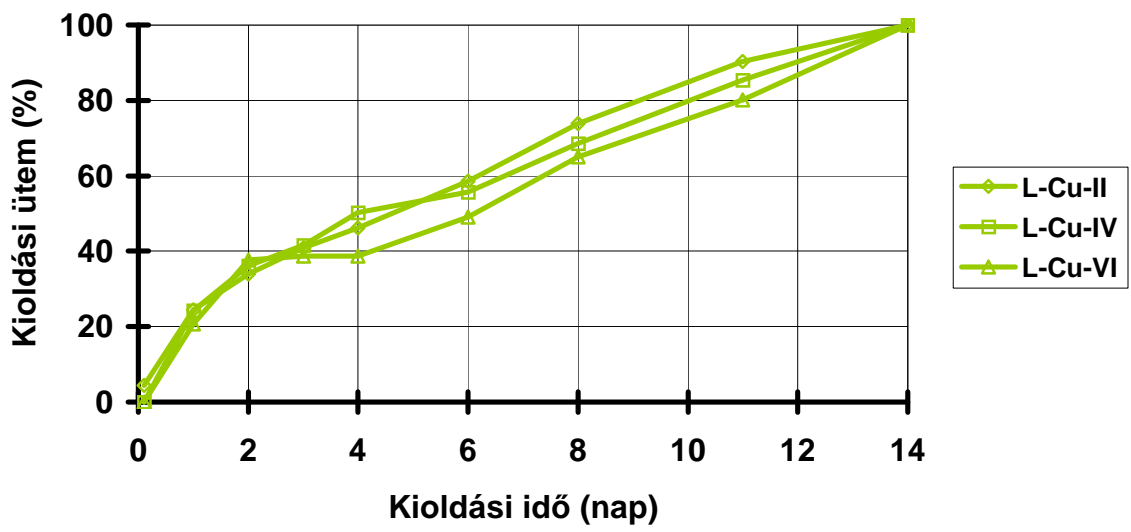
## Lucfenyő – réz

A réz kioldódása nagyon kis mértékű, de a pihentetési idő lényegesen befolyásolja, amint az, az 59. ábrán látható. A két hetes pihentetés utáni értéknek hat hét után alig több mint az egy negyede oldódik ki. Nem csupán az abszolút értékek, hanem a százalékos arányok is igen alacsonyak.



59. ábra. A lucfenyő próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

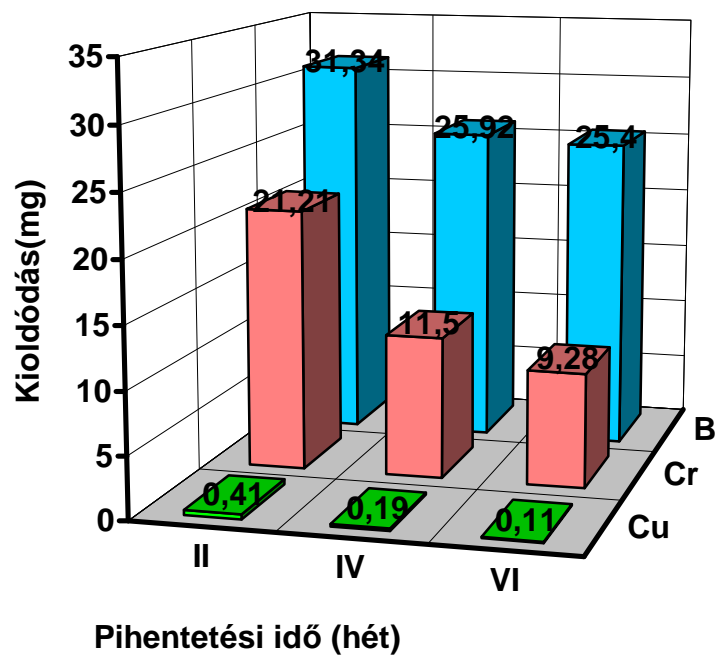
Figyelemre méltó az eddigiekhez képest a kioldódási ütem (60. ábra). Itt a pihentetési idők szerint az első szakaszban egyáltalán nincs különbség, és később is gyakorlatilag párhuzamosan futnak a görbék. A meredekség a negyedik naptól állandó, ami arra utal, hogy a kioldási folyamat során a kioldódás intenzitása nem mérséklődött



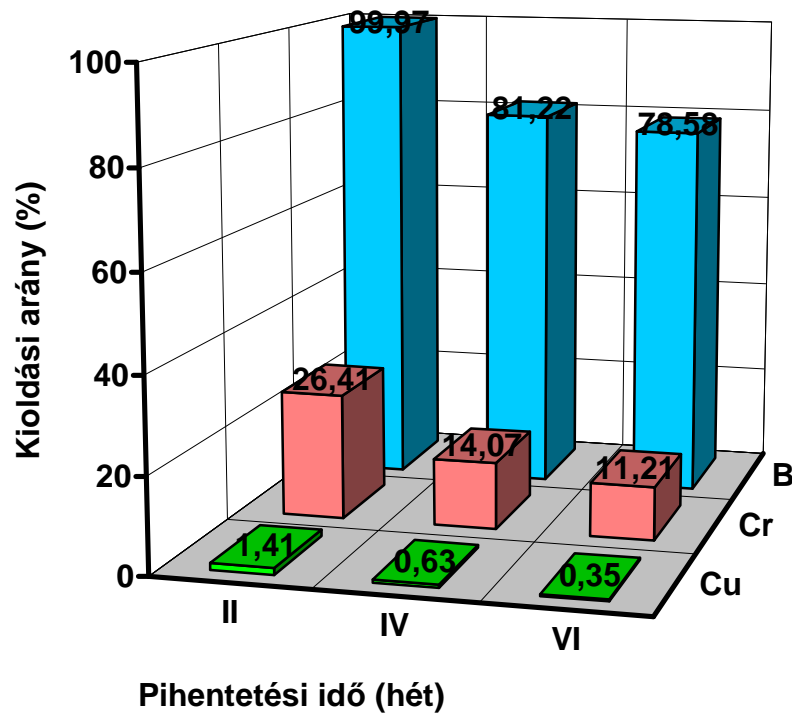
60. ábra. A réz kioldódásának üteme lucfenyő próbatestekből különböző pihentetési idők esetén

## Lucfenyő - Bór + Króm + Réz

A három összetevő kioldódási eredményeit összehasonlítva (61. ábra) megállapítható, hogy a kioldott mennyiséget illetően a pihentetési idő befolyásoló hatása nagyon hasonló, kettő és négy hét között erőteljes, majd egy mérsékelt csökkenést eredményez. Az abszolút értékeket nézve a bór a legmagasabb, a krómé ennek kb. 65 ill.45%-a, a réz pedig két nagyságrenddel alacsonyabb.



61. ábra. A lucfenyő próbatestekből kioldott bór, króm és réz mennyisége a különböző pihentetési idők esetén

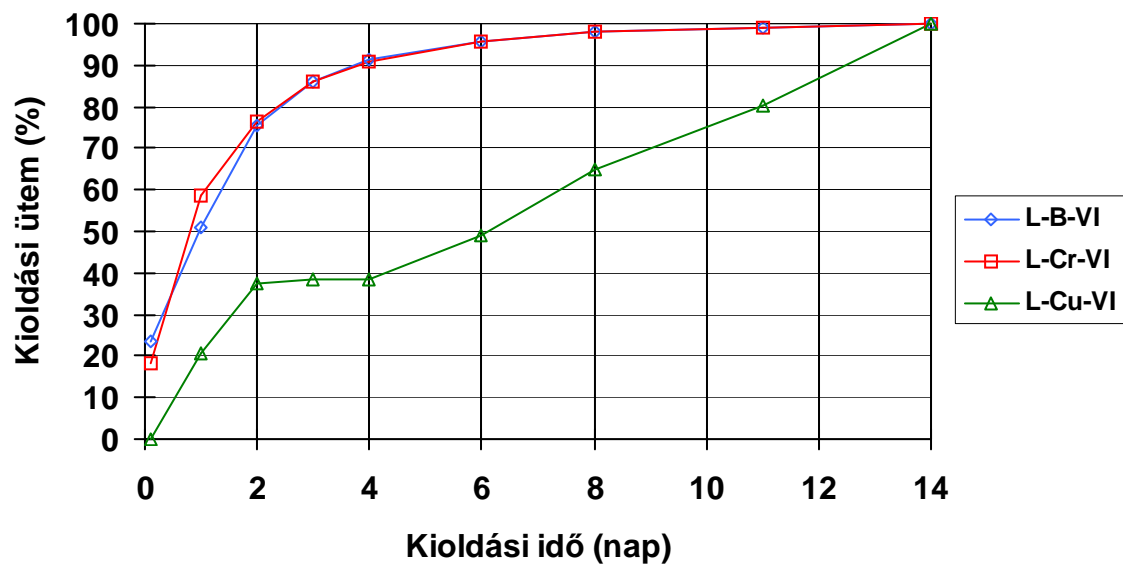
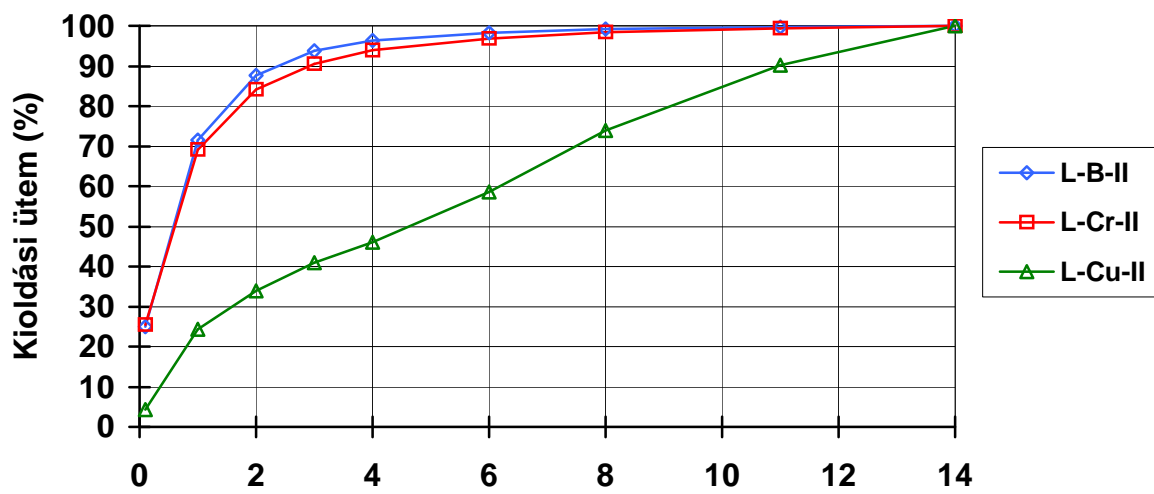


62. ábra. A lucfenyő próbatestekből kioldott összes bór, króm és réz százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

A kioldódási arányt tekintve a bór két hét utáni közel 100 %-os aránya 80 % körülre mérséklődik, a króm kioldódási arányának csökkenése kisebb kiinduló értékről lényegesen nagyobb mértékű: 26 % -ról 11 %-ra. A réz egyébként rendkívül alacsony kioldódási aránya még erőteljesebben csökken.(62. ábra).

A kioldási ütemekben is lényeges különbség tapasztalható. A mennyiségileg és arányaiban is eltérő bór és króm görbéi a pihentetési időtől függetlenül szinte azonosan futnak, a rézhez tartozó görbe azonban mindhárom pihentetési idő esetében karakterisztikusan elkülönül (63. ábra).





63. ábra. A bór, a króm és a réz kioldódásának üteme lucfenyő próbatestekből kettő és hat hetes pihentetési idő után

### 3.2.5. A pihentetési idő hatásának értékelése

#### 3.2.5.1. Tölgy próbatestek értékelése

##### Bór

A bór nem képez vízben oldhatatlan komplexeket a faanyag összetevőivel, ezért teljes mértékben kioldódik, függetlenül a pihentetési időtől, amely a kioldódási ütemet sem befolyásolja (28. és 29. ábra).

##### Króm

A krómnak már két hét után is csak kis hányada marad oldható vegyületekben a fatestben, de a pihentetés során, több hét elteltével a vízben oldhatatlan komplexek egy része visszaalakul oldhatóvá, és ez eredményezi a csekély mértékű emelkedést a kioldódásban (30. ábra). Az 5-6% körüli kioldódás nem tűnik magasnak, de utalni kell rá, hogy ez, egy szerkezet valóságos élettartamához képest rendkívül rövidnek számító 14 nap alatt történt. A kioldódás üteme (31. ábra) is azt sejteti, hogy hosszabb kioldódási folyamat esetén a további vízmintákban is lett volna értékelhető mennyiségű króm..

##### Réz

A réznek a fatest összetevőivel alkotott komplex vegyületei nem egyneműek, egy részük kétirányú folyamat eredménye, vagyis a pihentetési időtől függetlenül állandóan van jelen vízben oldható formában is réz, más részük csak bizonyos idő eltelte után alakul vissza oldhatóvá. Ez okozza a krómnál tapasztalható képest nagyobb arányú egyenletesen emelkedő kioldódást, amely megközelítette a már elfogadhatatlannak mondható 10%-ot (32. ábra). A kioldódási ütem itt is jelzi a folyamat befejezetlenségét (33. ábra). Az eltérő mennyiségek nem jelentkeznek az ábrán, ami azt jelenti, hogy telítés során megfelelően intenzív volt a diffúzió köszönhetően a fafajra jellemző pórustérfogatnak, és a fatest egészében egyenletesen eloszolva található az oldható vegyületek.

##### Bór + Króm + Réz

Az összehasonlító ábrák (34. és 35. ábra) egyértelműen mutatják a hatóanyagok kioldódási jellemzőinek eltérését (B) ill. hasonlóságát (Cr - Cu). A króm és a réz, hasonlóan változó adatai alapján megállapítható, hogy az oldhatatlan komplexeket döntő mértékben közösen képezik a fatest összetevőivel. A kioldódott mennyiségek és hányadok pihentetési időkhöz tartozó arányai a réz esetében változtak nagyobb mértékben. A kioldódási ütemekben (36. ábra) tükröződik az oldható részek lényegesen nagyobb koncentráció-gradiense a bór esetében.

### 3.2.5.2. *Bükk próbatestek értékelése*

#### Bór

A bór kioldódási viselkedése megegyezik a tölgynél tapasztaltakkal, vagyis a pihentetési idő semmilyen hatással nem volt, egyik kioldódási jellemzőre sem (37. és 38. ábra).

#### Króm

A króm esetében a pihentetési idő növelésével párhuzamosan, egyenletesen csökken (kb. 30%-kal) a kioldódott mennyiség (39. ábra). A csökkenés a kettő és a négy hetes pihentetés között nagyobb, ami a kioldási ütemben is (40. ábra), a folyamat első felében nyomon követhető. Ez egyrészt arra utal, hogy a vízben oldható vegyületek elsősorban a felület közelében vannak, másrészt a pihentetés közben még játszódhatnak le olyan kémiai folyamatok, amelyeknek az eredményeképpen további króm válna vízben oldhatatlanná. A kioldódási hányad alapján látható, hogy a kiinduló érték faanyagvédelmi szempontból alacsonynak mondható.

#### Réz

A réz egyébként alacsony mértékű kioldódására a pihentetési idő semmilyen befolyással nem volt (41. ábra), ami azt jelenti, hogy a vízben oldhatatlan vegyületeket eredményező folyamatok már két hét alatt lejátszódnak, és a képződő komplexek stabilak, illetve egyensúlyi állapot alakult ki. A kioldódási ütemek (42. ábra) ebben az esetben is az oldható vegyületek egyenletes eloszlására utalnak a fatest belsejében.

#### Bór + Króm + Réz

Az összehasonlító ábrák (43. és 44. ábra) alapján ebben az esetben is láthatók az egyes hatóanyagok jellemzői közötti markáns különbségek. A kioldódott mennyiségek arányai közötti (B/Cr viszonyítva B/Cu-hoz) eltérések lényegesen nagyobbak, mint a hányadok arányai közöttiek. Ez annak a következménye, hogy a króm és a réz esetében a különböző kioldódott mennyiségek közel azonos hányadokat jelentenek. Ebben az esetben is jellemző, hogy a króm és réz, döntően közösen képezik a vízben oldhatatlan komplexeket a fatest megfelelő alkotórészeivel. A kioldódási ütemeket illetően (45. ábra) megállapítható, hogy kettő és négy hetes pihentetés után a krómhoz tartozó görbe elkülönül a másik kettőtől, majd hat hét után, amikor már csökken a kioldódott mennyiség, eltűnik a különbség.

### 3.2.5.3. *Erdeifenyő próbatestek értékelése*

#### Bór

A kioldódási hányadot mutató ábra (46. ábra) alapján arra következtethetünk, hogy az erdeifenyő fatestében vannak olyan összetevők, amelyekkel a bór egy kis hányada legalább

négy hét alatt vízben oldhatatlan vegyületet képez. A kioldódás ütemét (47. ábra) a pihentetési idő nem befolyásolta.

#### Króm

A króm kioldódását a pihentetési idő jelentős mértékben befolyásolta (48. ábra). A pihentetés hatása elsősorban a kettő és a négy hét között erőteljes, hiszen 50% feletti a visszaesés. Ez annak a következménye, hogy ebben az esetben az oldhatatlan komplexek egy részének a kialakulásához legalább három hét szükséges. A két hét utáni érték rendkívül magas, mind a mennyiséget, mind a hányadot tekintve, és mivel nagyon veszélyes anyagról van szó, a lényegesen alacsonyabb hat hét utáni értékek is figyelmeztetőek. A kioldási ütemben ez a különbség nem jelenik meg (49. ábra), ami arra utal, hogy a fatestben egyenletesen helyezkednek el a csak fizikailag és a kémiaiilag kötődött krómvegyületek.

#### Réz

A réz kioldódása nagyságrenddel kisebb, de a pihentetési idő növelésének hatása szinte teljesen megegyezik a krómnál tapasztalttal (50. ábra). Ezt a nagy különbséget az eredményezi, hogy a réz sokkal gyorsabban lépnek reakcióba a fenyő faanyagának arra alkalmas csoportjaival, és ebből következően a króm számára már kevesebb ilyen csoport marad szabadon, reakcióképes állapotban (KUBEL és PIZZI. 1982). A négy hetes pihentetés utáni kioldás üteme különösen a kioldási folyamat középső harmadában lényegesen gyorsabb a másik kettőnél, amelyek alig térnek el egymástól (51. ábra).

#### Bór + Króm + Réz

Az összehasonlító ábrák (52. és 53. ábra) egyértelműen mutatják az egyes hatóanyagok jellegzetesen elkülönülő kioldódási viselkedését, mind a mennyiségekben mind pedig a kioldási hányadokban. Figyelemre méltó, hogy a bór és a króm kioldódott mennyiségei és hányadai közötti arányok lényegesen eltérnek, miközben a bór és a réz hasonló értékei között sokkal kisebb a különbség. Ez indokolja mindkét adat megadását. Ebben az esetben a kioldási ütemet ábrázoló görbék (54. ábra) is jellemzően elkülönülnek.

#### 3.2.5.4. *Lucfenyő próbatestek értékelése*

##### Bór

A bór kioldódási eredményei (55. ábra) még kihangsúlyozottabban utalnak az erdeifenyőnél tett megállapításra, nevezetesen arra, hogy a fenyőkben vannak olyan alkotórészek, amelyekkel a bór is képez vízben oldhatatlan vegyületeket, de ezeknek a folyamatoknak a lejátszódásához legalább három hét szükséges. A pihentetés okozta mennyiségi különbség a kioldódási ütemben is megfigyelhető (56. ábra) a folyamat első harmadában.

## Króm

A króm viselkedése is teljesen azonos jellegű, mint az erdeifenyő esetében, de a kioldódott mennyiségek és a hányadok még magasabbak, és az erőteljes visszaesést követő hat hét utáni érték is 10% feletti (57. ábra). Ebben az esetben semmiképpen nem tekinthető elegendőnek a gyártó által javasolt pihentetési idő. Feltétlenül szükséges valamilyen fixálási technológia alkalmazása, nem csupán egészség- és környezetvédelmi szempontból. A kioldódási ütemekben nem tükröződik ez a nagy különbség (58. ábra).

## Réz

A réz kioldódott mennyiségei és hányadai (59. ábra) teljesen megegyeznek az erdeifenyőnél mértekkel. A kioldódási ütemek között a folyamat első harmada után a görbék szinte párhuzamosan futnak (60. ábra) a pihentetési időknél megfelelően.

## Bór + Króm + Réz

Az hatóanyagok viselkedésének az összehasonlításából (61. és 62. ábra) a három anyag eddig is tapasztalt jellemző elkülönülése mellett, kitűnik a rézhez tartozó adatok nagyságrendbeli eltérése. Ennél a fajtánál is fontos a kioldódott bór és króm mennyiségének és a hányadok arányainak a nagymértékű eltérése, és változása a pihentetési idővel. A kioldódott bór mennyiségének ilyen mértékű csökkenése valószínűleg annak a következménye, hogy ebben az esetben a bór egy része a rézzel közösen képez oldhatatlan vegyületeket a fatest megfelelő összetevőivel (PIZZI és KUBEL 1982.). Nagyon jellegzetes a kioldási ütemeknél tapasztalható, a pihentetési időtől független, a kioldási folyamat egészére jellemző különbség (63. ábra). A legkisebb mennyiségben kioldódó réz valamennyi vízmintában jelen vannak, még ha rendkívül alacsony koncentrációban is. Ez a jelenség elsősorban éppen ezzel a nagyon alacsony koncentrációval magyarázható, hiszen ez csak rendkívül kis mértékű diffúziót indukál.

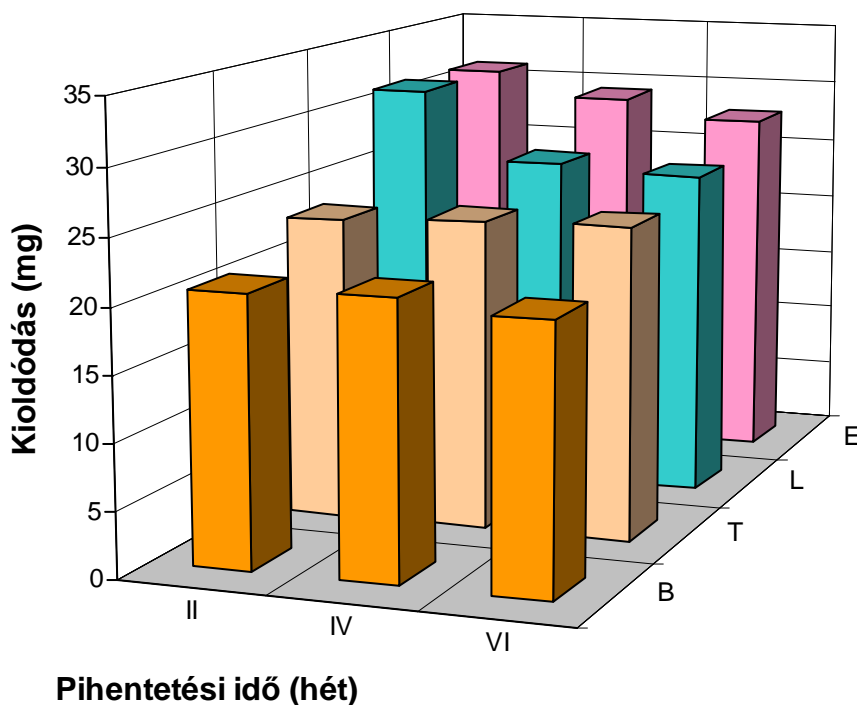
### 3.2.6. A különböző fajokhoz tartozó eredmények összehasonlítása

Az egyes összetevőknek a vizsgált négy fajból történő kioldódási viselkedésének összehasonlítása alapján általánosságban elmondható, hogy az egyes hatóanyagoknak a különböző fajokból történő kioldódási viselkedése az esetek nagy részében karakterisztikus eltéréseket mutat. Ez egyaránt vonatkozik a kioldott mennyiségekre és arányokra, sőt a kioldódási ütemre is. Az első kettőnél még nagyságrendi különbségek is előfordulnak.

Az eredmények részletes ismertetése hatóanyagonként:

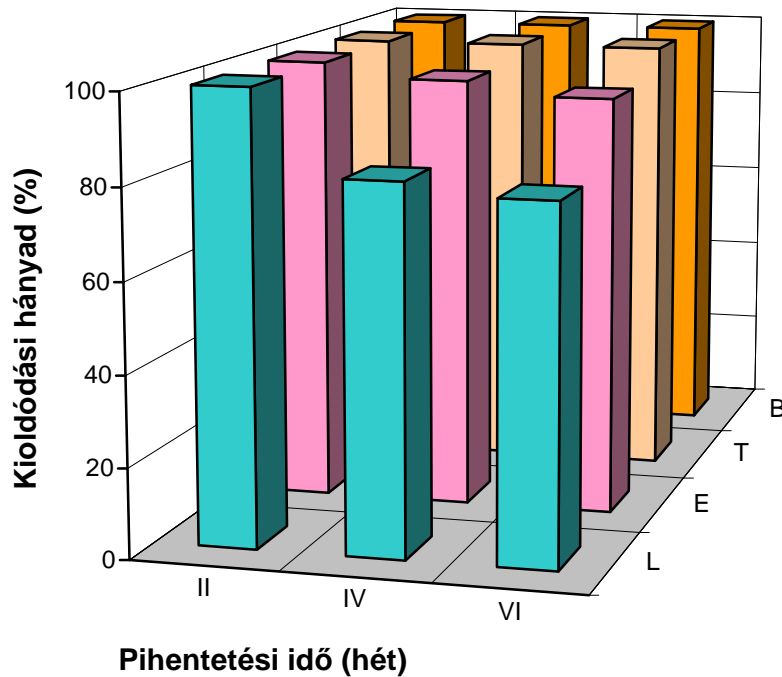
**Bór**

A bór összesen kioldott mennyiségeit összehasonlítva (64. ábra) megállapítható, hogy két hetes pihentetés után elkülönülnek a lombos és a tűlevelű fajokhoz tartozó értékek. Hat hetes pihenő után ez a jellegzetes különbség már nem tapasztalható. A tűlevelűek esetében a pihentetési idő növelésével csekély csökkenés tapasztalható, különösen kettő és négy hét között. A lombosok esetében a pihentetési időnek gyakorlatilag nincs befolyásoló hatása. A legkisebb és a legnagyobb mennyiség közötti különbség kb. 50 %-os.



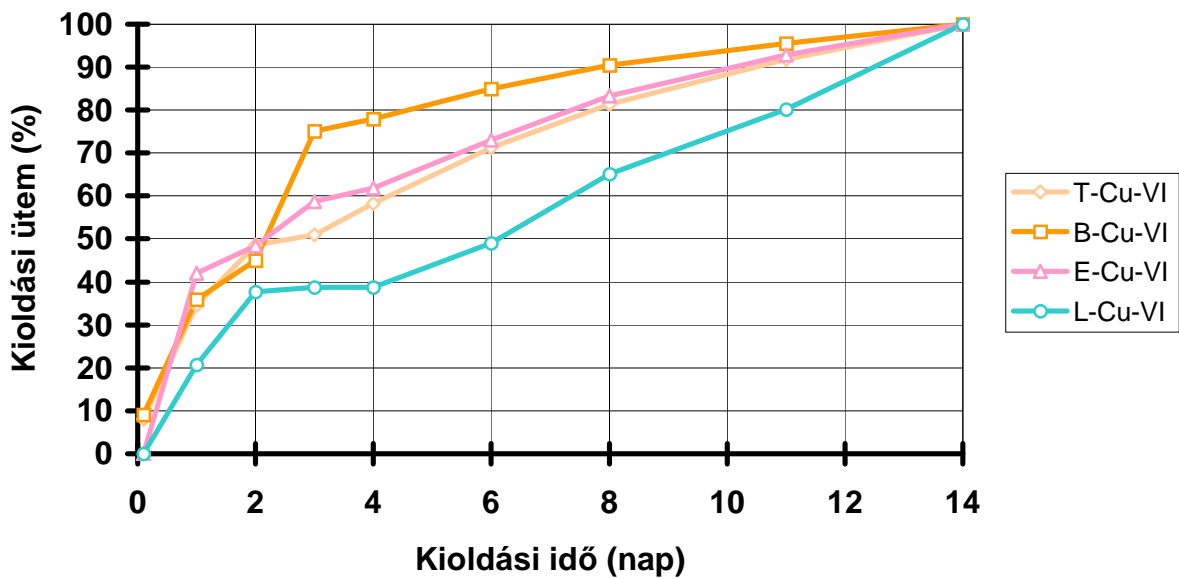
64. ábra. A tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből kioldott összes bór mennyisége a különböző pihentetési idők esetében

A kioldási arányokat nézve (65. ábra) látható, hogy a különbségek lényegesen kisebbek és egyáltalán csak a túlevelűeknél tapasztalható alig több mint 10 %-os csökkenés a pihentetési idő növelésével.



65. ábra. A tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből kioldott összes bór százalékos aránya a bevitthez képest a különböző pihentetési idők esetében

A kioldási ütem esetében (66. ábra) a lucfenyőből való kioldás üteme a leggyorsabb, ami kapcsolatba hozható a sajátos kialakítással, a többi fafajból pedig közel azonos és ez mindhárom pihentetési időnél egyforma, csupán hat hét után csökken valamennyit a különbség.

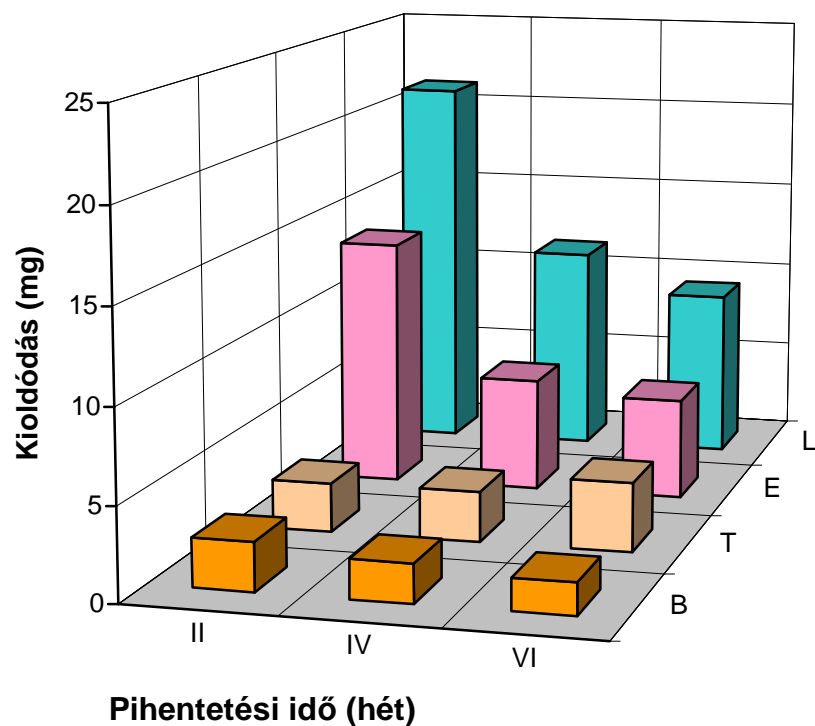


66. ábra. A bór kioldódásának üteme tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből két hetes pihentetési idő esetén

Króm -

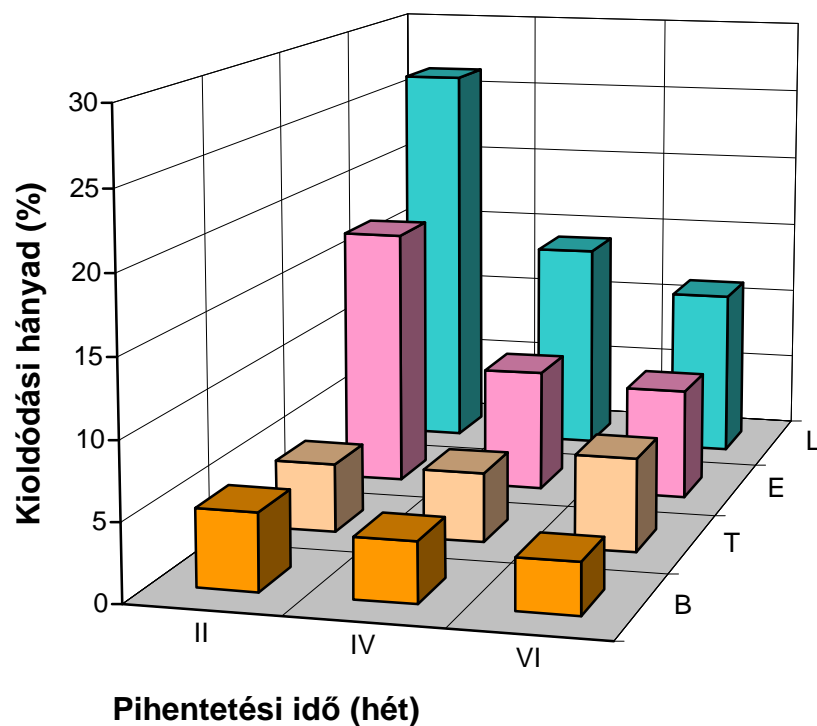
A króm összes kioldott mennyiségeit szemlélve (67. ábra) megállapítható, hogy két hét pihentetés után a fenyőkből lényegesen nagyobb mennyiség oldódott ki, de a két fafaj között is nagy a különbség, miközben a lombosokból közel azonos a kioldódott mennyiség. A pihentetési idő növelésével a fenyők esetében először erőteljes, majd mérsékeltebb csökkenés következik. A bükk esetében csekély ütemű közel egyenletes csökkenés tapasztalható, a tölgnél ezzel szemben kicsit növekvő intenzitású növekedés következett be. A legnagyobb mennyiségek aránya a két hét utáni 8,1-ről 5,5-re ill. 5,4-re csökkent. Ezen belül figyelemre méltó, hogy a luc - tölgy arány 7,9-ről 2,5-re, az erdeifenyő - tölgy arány pedig 5,1-ről 1,5-re mérséklődött.





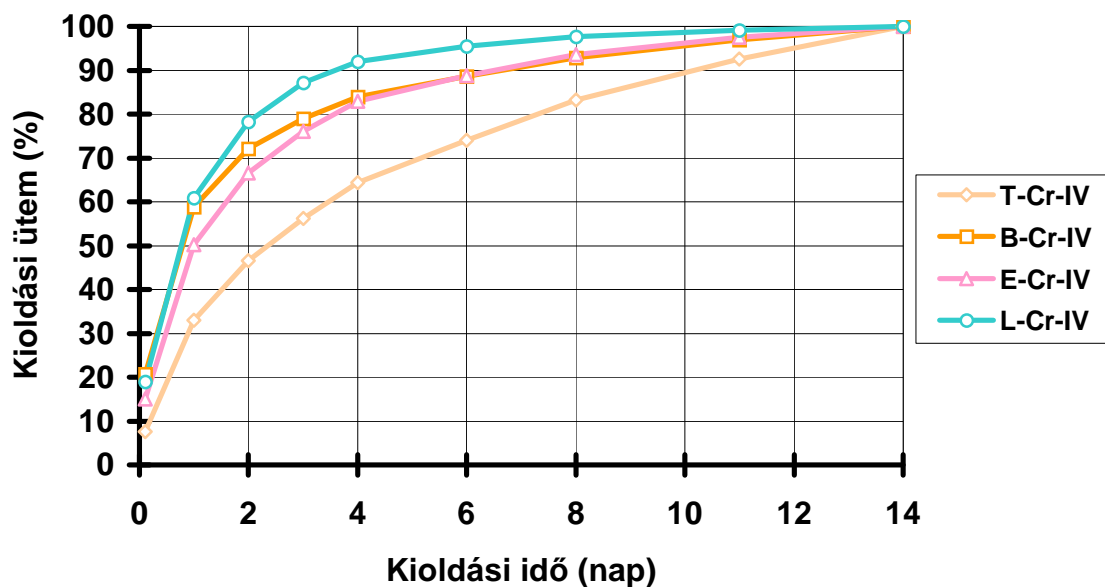
67. ábra. A kioldott króm mennyisége fafajonként a különböző pihentetési idők után

A kioldási arányokat tekintve (68. ábra) látható, hogy amíg lucfenyőből rendkívül magas ez az arány még hat hét után is, addig az erdeifenyőnél csak a két hetes érték ilyen kiugró. A tölgy esetében mérsékelt növekedés tapasztalható és kérdéses, hogy a pihentetési idő további növelése mit eredményezne.



68. ábra. A kioldott króm százalékos aránya fafajonként a különböző pihentetési idők után

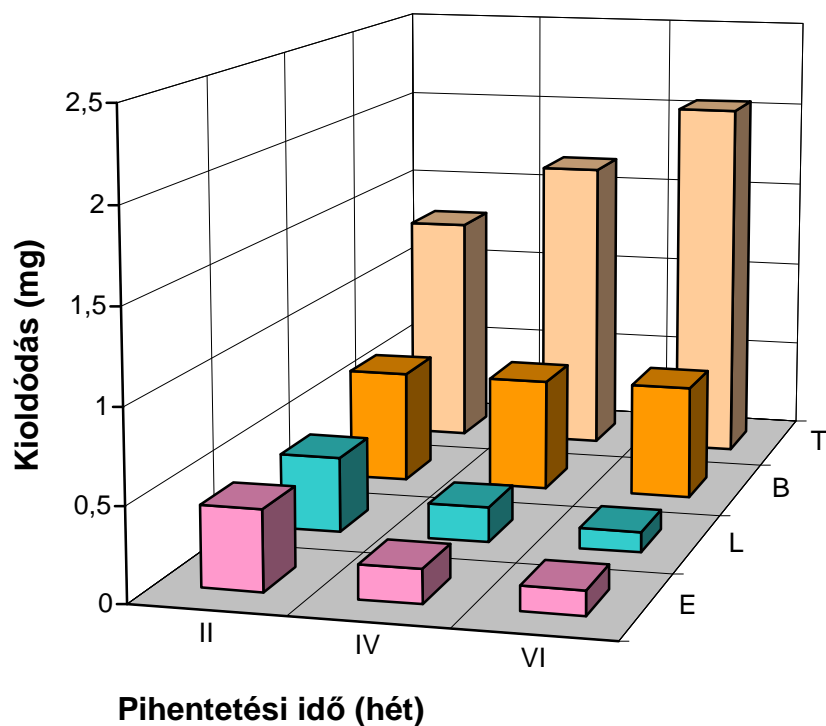
A kioldási ütemeket vizsgálva megfigyelhető, hogy mindhárom pihentetési idő esetében a leggyorsabban a lucfenyőből és leglassabban a tölgyből oldódott ki a króm (69. ábra). A különbségek két hét után kicsivel nagyobbak. A bükkhöz és az erdeifenyőhöz tartozó görbék a jelentősen eltérő mennyiségek és arányok ellenére közel azonosan futnak, kivéve a két hetes pihenés utáni kioldás első napját.



69. ábra. A króm kioldódásának üteme fafajonként négy hetes pihentetés után

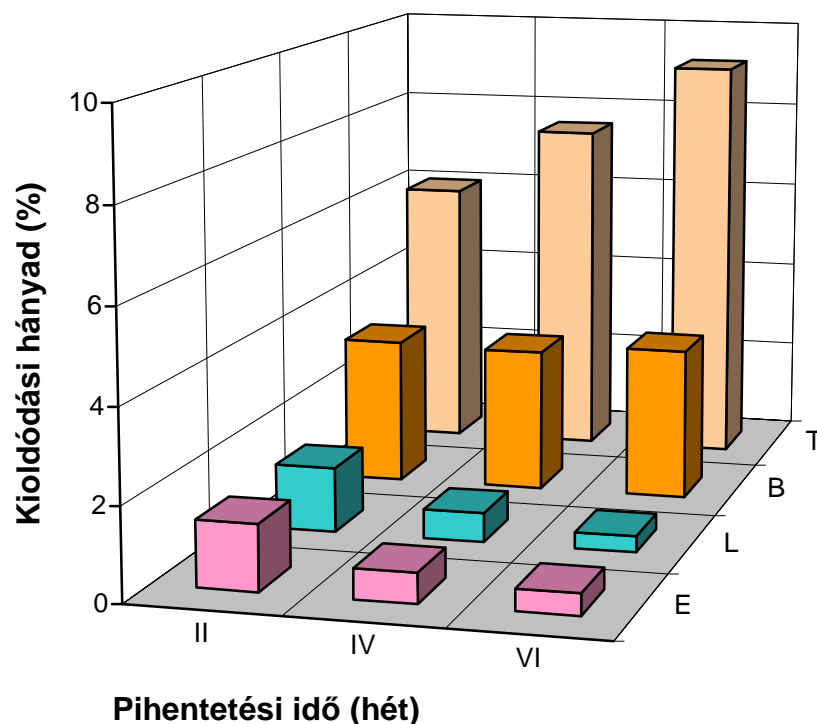
## Réz

Az összesen kioldott mennyiségek (70. ábra) alapján látható, hogy az eddig tapasztaltakhoz képest kis mennyiségek összehasonlításáról van szó. A fajok közötti különbségek azonban ennek ellenére figyelemre méltóak, ugyanis a legnagyobb mennyiség a tölgyből oldódott ki mindhárom pihentetési idő után, ráadásul a pihentetési idő növelésével jelentős (50%-os) növekedést mutatva. A bükk esetében a pihentetési időnek nincs befolyásoló hatása, a fenyőknél pedig a másik két összetevőnél már megismert, kezdetben erőteljes, majd mérsékelt csökkenés volt megfigyelhető. Kiemelendő, hogy a tölgy - lucfenyő arány a két hetes pihenőhöz tartozó 3,2-ről hat hét után 18,6-re emelkedett.



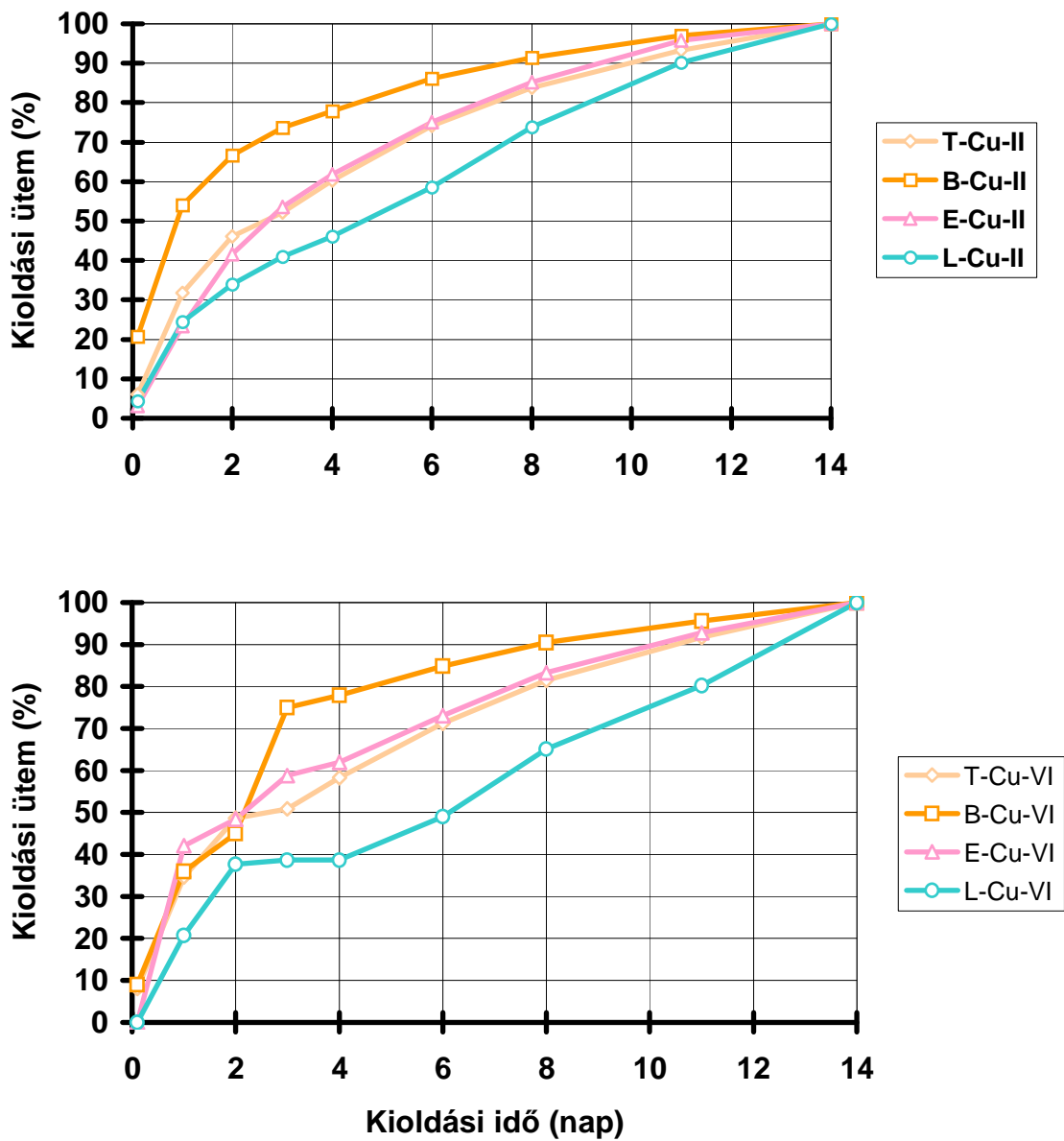
70. ábra. A kioldott réz mennyisége fafajonként a különböző pihentetési idők után

A kioldási arányokat nézve (71. ábra) a fenyőkhöz tartozó értékek négy hetes pihentetéstől már elfogadhatóan alacsonyak. A büknél nem tapasztalható semmilyen csökkenés a pihentetési idő növelésével. A tölgnél egyenesen meglepő a pihentetési idő növeléséhez kapcsolódó egyenletes, magas arányt elérő emelkedés.



71. ábra. A kioldott réz százalékos aránya fafajonként a különböző pihentetési idők után

A kioldási ütemek összehasonlítása (72. ábra) szerint kettő és hat hét pihentetés után a leggyorsabban a bükkből és leglassabban a lucfenyőből oldódott ki a réz. Négy hetes pihentetés után a kioldási folyamat harmadik napjától a leggyorsabban az erdei fenyőből történik a kioldás. A másik három fafaj esetében a réz kioldódási üteme a pihentetési idővel nem változik lényegesen, tehát az egymáshoz viszonyított értékek ill. sorrend sem változik. Mindenesetre említésre méltó, hogy a lucfenyőből az egyébként rendkívül kis mennyiségben és arányban kioldódó réz kioldódási üteme azt mutatja, hogy a kioldódás intenzitása nem csökken, tehát hosszabb idejű kioldás esetén a kioldódott mennyiség akár lényegesen is növekedhetne.



72. ábra. A réz kioldódásának üteme tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből a különböző pihentetési idők (II, és VI hét) esetén

### 3.2.7. A különböző fajokhoz tartozó eredmények értékelése

#### Bór

A bór kioldódása esetében megállapítható, hogy azok a lombos fajokból készült próbatestekből mindhárom pihentetési idő után teljesen kioldódtak. A fenyő próbatestekből a négy és hat-hetes pihentetés után nem teljes a kioldódás (65. ábra). Ennek okára a lucfenyő esetében a korábbiakban már utaltam. A kioldódott mennyiségek különbözősége (64. ábra) a nem azonos beviteli értékek következménye, tehát ez önmagában megtévesztő lehetne. Feltűnő eredmény, hogy a lucfenyő próbatestekből történő kioldódás üteme lényegesen gyorsabb, mint a többi fajtából (66. ábra). Ebben az esetben már a harmadik napon 90% fölött van ez az érték, miközben a többi három faj esetében ugyanez csak a nyolcadik napon következik be. Ez a gyors ütem, döntően a sajátos próbatest kialakítás következménye.

#### Króm

A króm kioldódása esetén fajonként és pihentetési időnként is jelentős eltérések tapasztalhatók (67. és 68. ábra). Két hetes pihentetés után a faj hatása sokkal erőteljesebb, mint hat hét után, és a két fenyőféle között is jelentős az eltérés. A lombosok között pedig inkább hat hét után jelentkezik értékelhető különbség. Ebben az esetben a faj döntően meghatározza a pihentetési idő hatásának a jellegét. A fenyőknél tapasztalt rendkívül magas kioldódási arányok, mint már utaltam rá több szempontból is beavatkozást igényelnek. A kioldódási ütemeket tekintve (69. ábra) a tölgy próbatestek adatai térnek el jellegzetesen, a luc esetében a mennyiség és a kialakítás együttes hatása érvényesül.

#### Réz

A réz kioldódásánál megállapítható, hogy jellegzetes különbség van a vizsgált fajok között. A kioldott mennyiségeket tekintve (70. ábra) elmondható, hogy a három fő alkotórész közül a rézből oldódik ki a legkevesebb. A faj hatása a krómnál leírtakkal ellentétben hat hetes pihentetés után lényegesen erőteljesebb. Különösen a fenyőkből oldódott ki rendkívül kis mennyiség, de még így is jól megfigyelhető a pihentetési idő hatása, amely teljesen megegyezik a krómnál tapasztaltakkal, bár ez a megállapítás a tölgy próbatestekből történő kioldásra is igaz. A bükk esetében a pihentetési időnek gyakorlatilag nincs befolyásoló hatása. A kioldási arányokban (71. ábra) még kihangsúlyozottabbak a különbségek, hiszen a bejuttatott mennyiségek sem voltak azonosak a különböző fajok esetében, és a négy hét után a fenyőknél a lombosokhoz képest már nagyságrendi eltérés van. Nagyon szemléletes a fenyők és a tölgy esetében a pihentetési idő ellentétes hatása, ami az oldhatatlan komplexek

vegyületek képződésének eltérő jellegére és sebességére, valamint ezen komplex vegyületek stabilitásának különbözőségére utal. A legváltozatosabb képet a kioldódási ütemek adják (72. ábra). A fafaj hatása lényegesen erősebb, mint a pihentetési időé. Érdekes, hogy az egyéb mutatókban nagy eltéréseket mutató tölgy és erdeifenyő görbéi szinte azonosan futnak. Kiemelendő, hogy a lelassúbb ütemben a luc próbatestekből oldódott ki a réz mindhárom pihentetési idő után.



### 3.3. A laboratóriumi kezelés és az üzemi telítés hatásának összehasonlítása

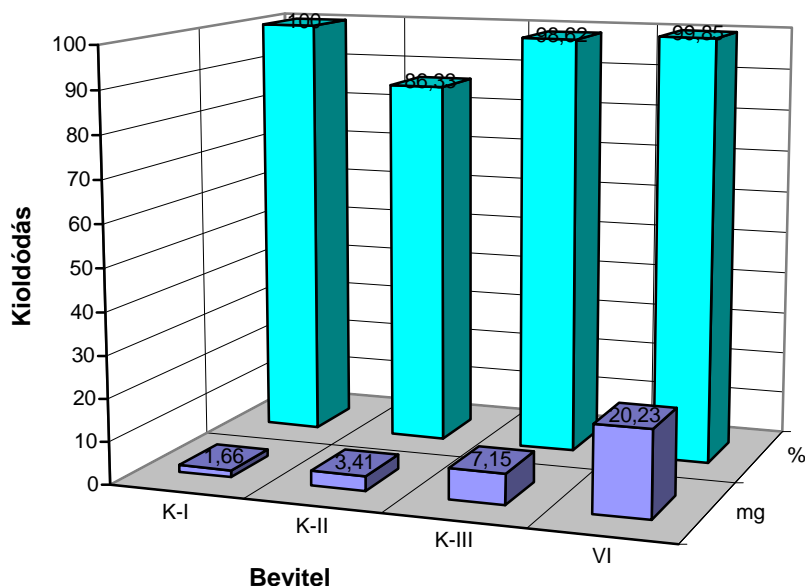
Az összehasonlításhoz az üzemi (nagynyomású) telítés sorozataiból csak a hat hetes pihentetéshez tartozókat használtam fel, mivel a laboratóriumi kezelés után is ennyi volt a pihentetési idő. Általánosságban annyi előre bocsátható, hogy hatóanyagoként és fafajonként is nagy különbségek tapasztalhatók valamennyi jellemzőt illetően.

Először fafajonként következzenek az eredmények:

#### 3.3.1. Bükk próbatetek eredményei

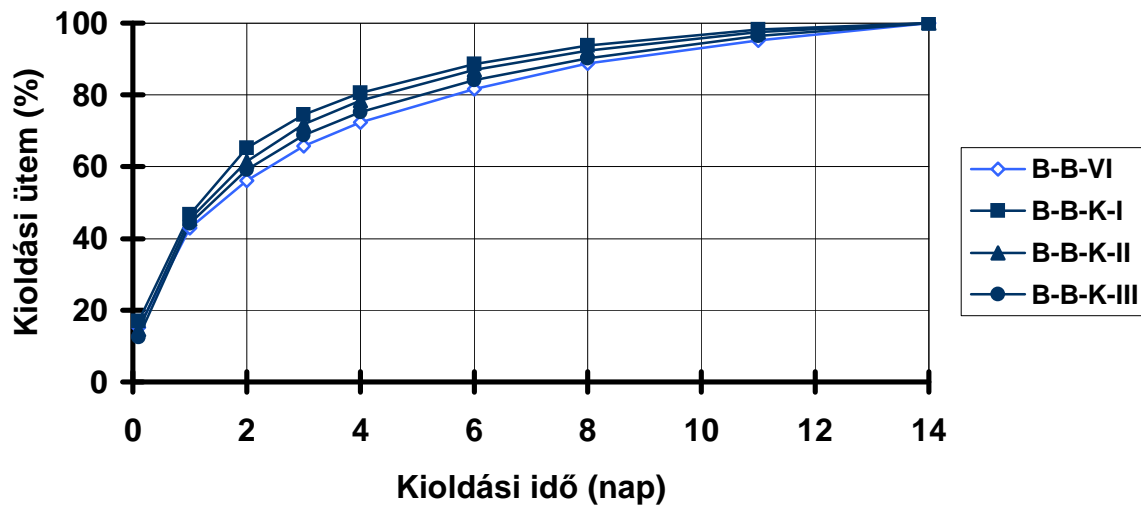
Bór

Bükk próbatetek esetében is megállapítható, hogy a bórból az üzemi telítés után lényegesen nagyobb mennyiség oldódik ki, mint a laboratóriumban kezeltekből. Az eltérő bejuttatott védőszermennyiségek következtében a kioldási arányt tekintve ez a különbség eltűnik (73. ábra) és gyakorlatilag mindegyik esetben szinte a teljes mennyiség kioldódott.



73. ábra. A bükk próbatetekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

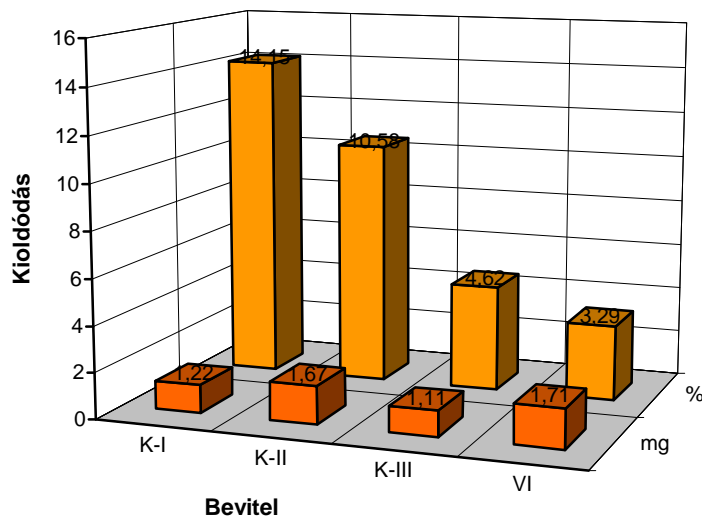
A kioldási ütem az üzemi telítés esetében alig alacsonyabb, mint a laboratóriumi után (74. ábra).



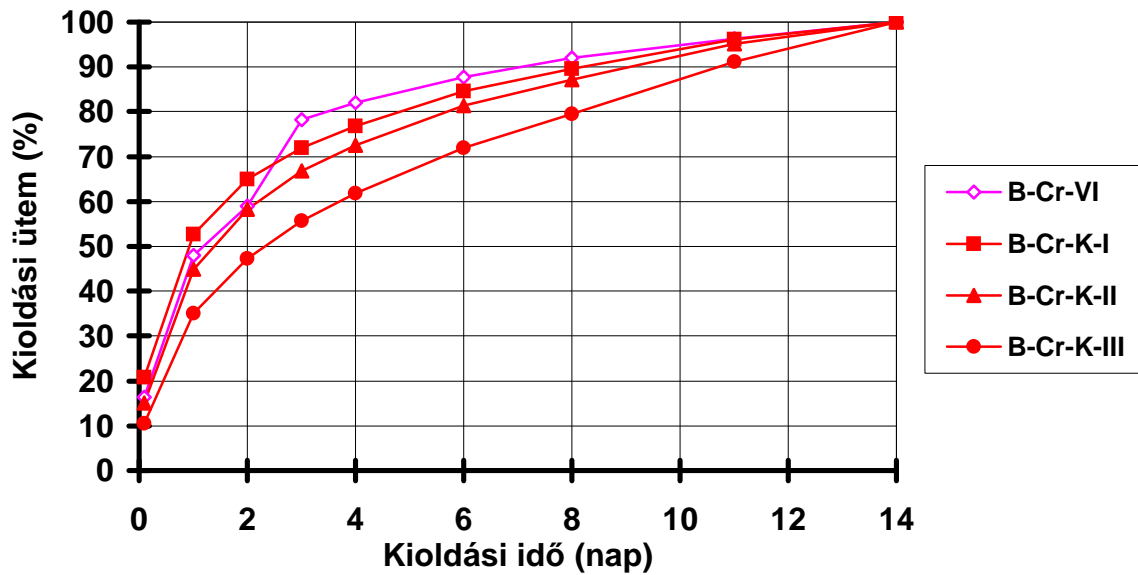
74. ábra. A bór kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző kezelések és védőszerfelvételek esetén

#### Króm

A króm esetében már nem tapasztalható jelentős különbség a két eltérő telítés utáni kioldási mennyiségekben. A kioldási arány azonban az üzemben telítettekből már lényegesen alacsonyabb, különösen a 2 és az 5 kg/m<sup>3</sup>-es beviteli mennyiségekhez képest (75. ábra).



75. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitelhez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

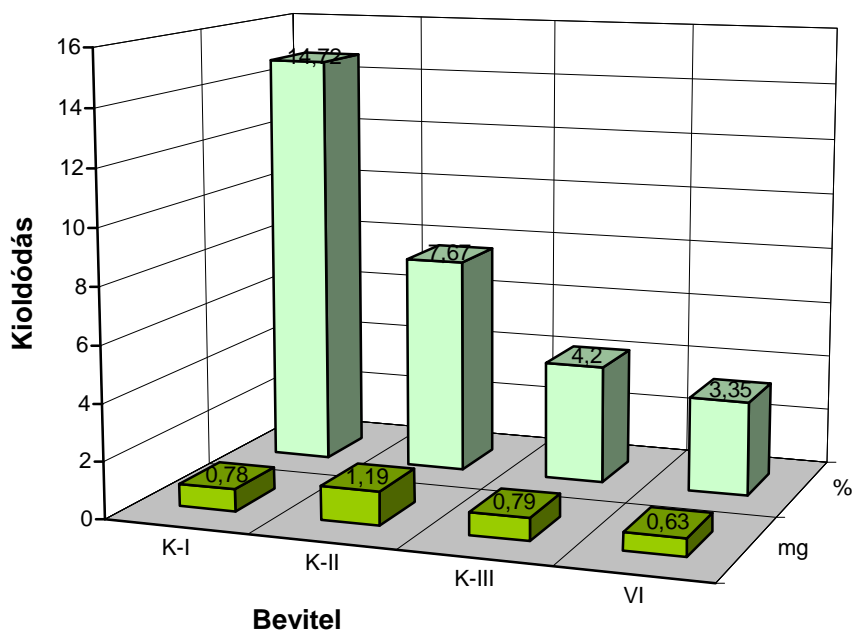


76. ábra. A króm kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző kezelések és védőszerfelvételek esetén

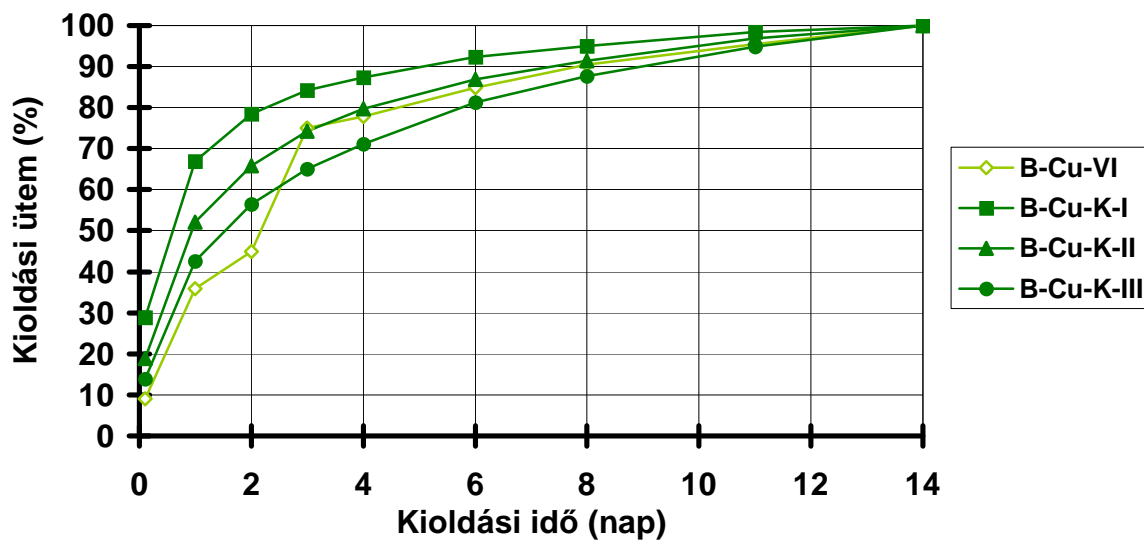
A kioldási ütemeket ábrázolva látható, hogy a kioldási folyamat harmadik napjától kezdve a nagynyomással telített próbatestekből kis mértékben gyorsabb a kioldódás (76. ábra).

#### Réz

A réz kioldását vizsgálva megfigyelhető, hogy az üzemi eljárással telített próbatestekből oldódott ki kevesebb (77. ábra). Ez a különbség a kioldási arányokban különösen a K-I-hez és a K-II-höz viszonyítva, még kihangsúlyozottabb, amint az ábrán látható.



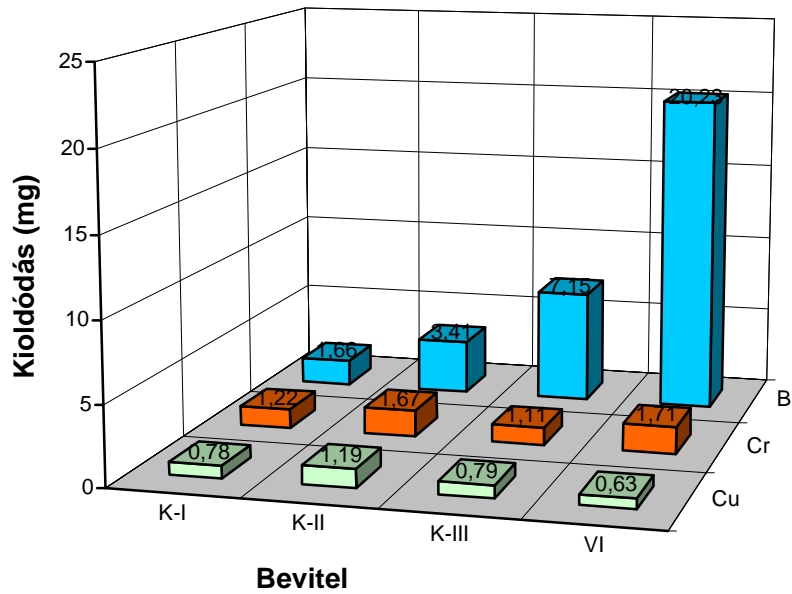
77. ábra. A bükk próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitelhez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében



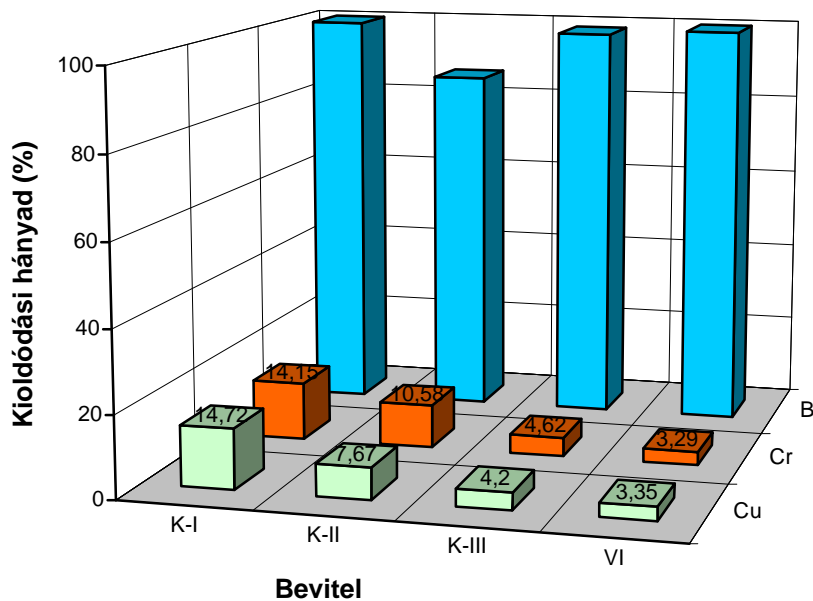
78. ábra. A réz kioldódásának üteme bükk próbatestekből különböző kezelések és védőszerfelvételek esetén

A kioldási ütemeket tekintve (78. ábra) elmondható, hogy a kioldási folyamat harmadik napjától az üzemi telítéshez tartozó görbe a laboratóriumi kezeléshez tartozó görbék közé illeszkedik.

Bór + króm + réz



79. ábra. A bükk próbatetekből kioldott összes bór, króm és réz mennyisége a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében



80. ábra. A bükk próbatetekből kioldott összes bór, króm és réz százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

A 79. és 80. ábrák a kezelési módnak és a bevitt mennyiségnek a kioldásra gyakorolt hatásának az összehasonlítását mutatják a három vizsgált hatóanyag esetében. A kioldott mennyiségeket tekintve látható, hogy a bórból a bevittel arányosan nő a kioldott mennyiség,

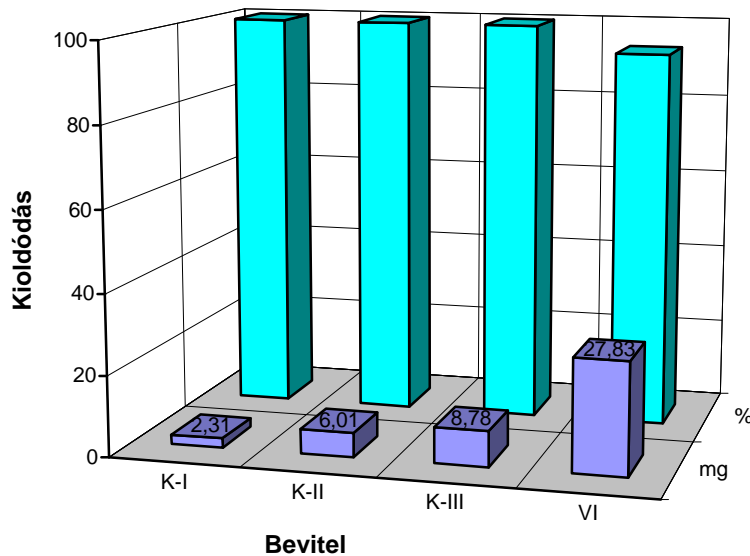
a krómnál és a réznél, azonban sem, az azonos beviteli módnál sem, a lényegesen hatékonyabb bevitelnél nem arányos a bejuttatott mennyiséggel. A kioldási arányok ábráján látható, hogy a bór a beviteli mennyiségtől függetlenül szinte teljesen kioldódik. A króm és a réz nagyon hasonló jelleggel, növekvő beviteli mennyiség mellett csökkenő hányadban oldódnak ki és ebben az üzemi bevitel sem okozott változást.

Az üzemi eljárással telített próbatetekből történő kioldás ütemét a laboratóriumban kezeltékéhez hasonlítva megállapítható:

- a bóresetében kisebb a kioldási folyamat teljes ideje alatt
- a króm esetében a harmadik naptól nagyobb
- a réz esetében a harmadik napig kisebb, utána nincs különbség

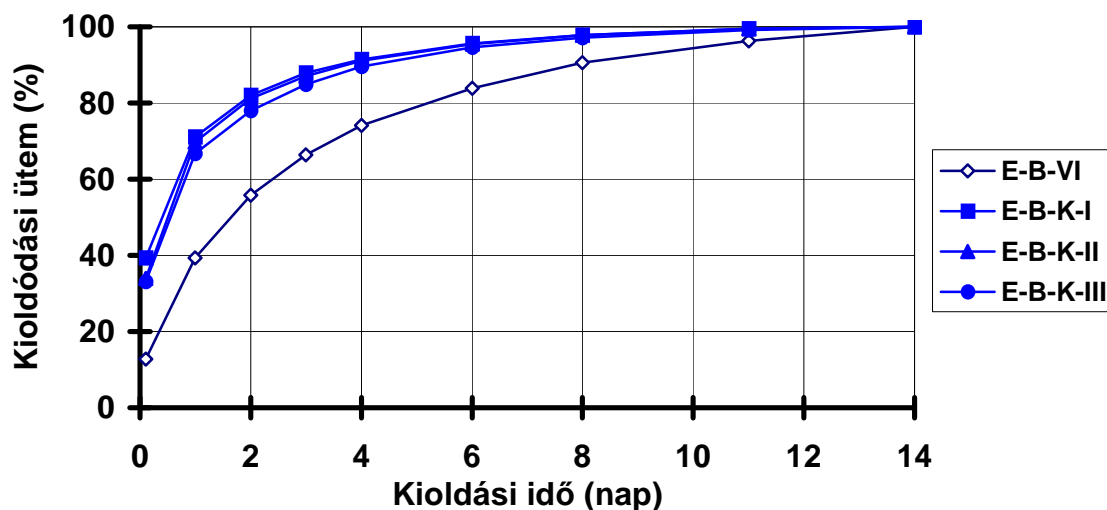
### 3.3.2. Erdeifenyő próbatetek eredményei

#### Bór



81. ábra. Az erdeifenyő próbatetekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

A 81. ábráról leolvasható, hogy az üzemi eljárással telített próbatetekből a bór lényegesen nagyobb mennyiség oldódott ki, de arányát tekintve alig tér el a laboratóriumban telítettektől.

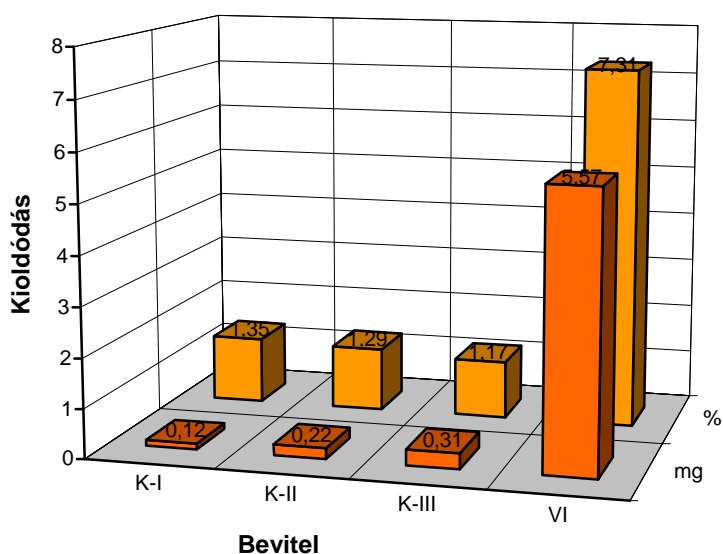


82. ábra. A bór kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző kezelések és védőszerfelvételek esetén

A kioldódási ütemeket összehasonlítva (82. ábra) látható, hogy a lényegesen nagyobb mennyiség sokkal lassúbb ütemben oldódik ki, olyannyira, hogy a különbség a kioldódási folyamat első negyedében a 20 %-ot is meghaladja.

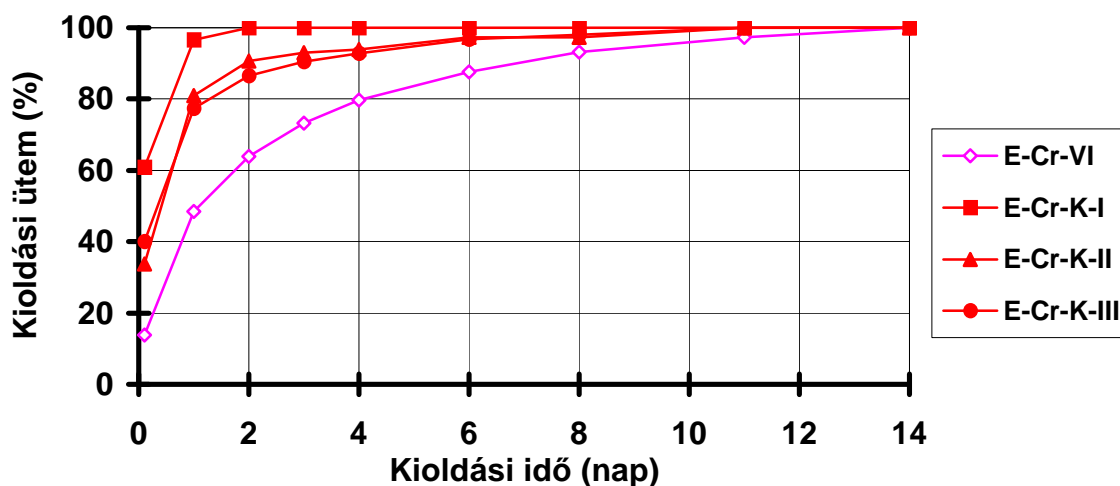
#### Króm

A króm esetében még nagyobb a különbség a kétféle módon telített próbatestekből kioldódott mennyiségek között a kioldási folyamat teljes ideje alatt. A kioldódási arányokat összehasonlítva már közel sem ilyen mértékű az eltérés (83. ábra). Az ábra alapján elgondolkodtató, hogy a nagynyomással (1.3 MPa) végrehajtott üzemi telítés után sokkal nagyobb hányad oldódik ki (emlékeztetőül: két hét után 17 % !) mint a kéméletes (-40 kPa) laboratóriumi kezelést követően.



83. ábra. Az erdefenyő próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

A kioldódási ütemek összevetése is mutat érdekességet (84. ábra), hiszen a sokkal nagyobb kioldási mennyiséget és hányadot eredményező üzemi telítés próbatestjeiből a kioldódás a hetedik napon éri el a 90 %-ot, miközben a laboratóriumi próbatesteknél ez már az első ill. harmadik napon bekövetkezik.

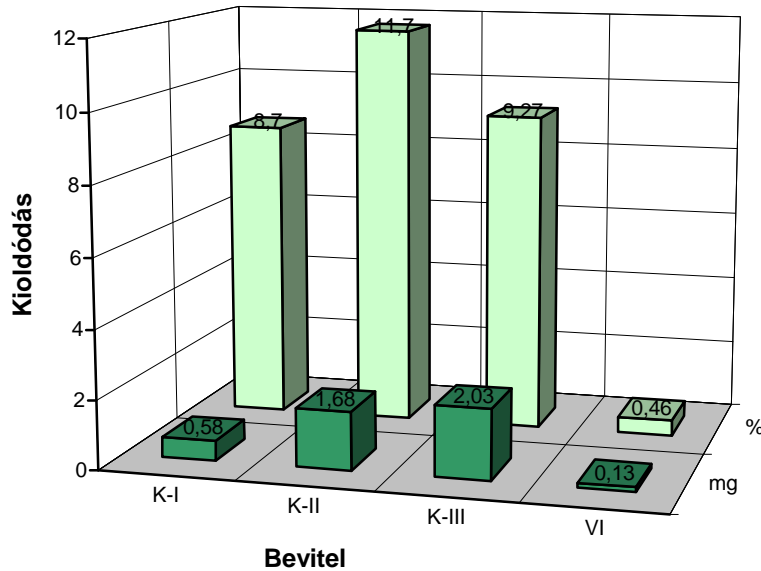


84. ábra. A króm kioldódásának üteme erdefenyő próbatestekből különböző kezelések és védőszerfelvételek esetén

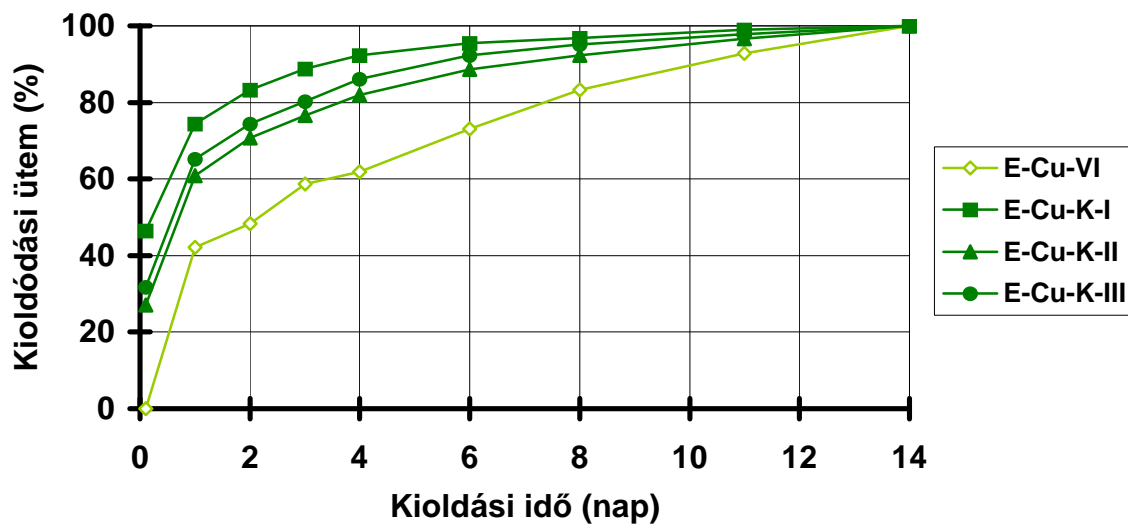


## Réz

A 85. ábrán azonnal szembevetendő, hogy az eddig tapasztaltakkal ellentétben a réz esetében az üzemi eljárással telített próbatestekből lényegesen kevesebb oldódott ki. Az abszolút mennyiségek közötti nagy különbségeknél még nagyobb a kioldódási arányok közötti különbség.



85. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében



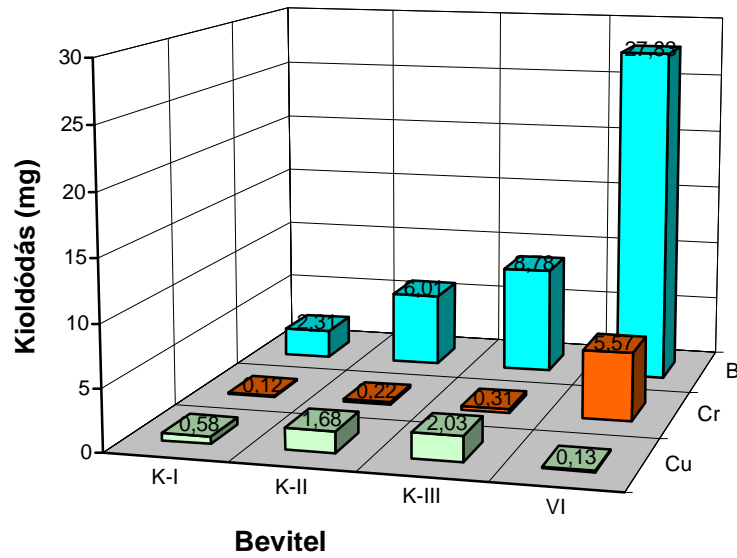
86. ábra. A réz kioldódásának üteme erdeifenyő próbatestekből különböző kezelések és védőszerfelvételek esetén

A kioldódási ütemek ábrája (86. ábra) alapján látható, hogy az üzemi telítéshez tartozó csekély mennyiség is csak nagyon lassú ütemben oldódik ki - a tizedik napon 90 % -, de itt is utalni kell a már korábban említett felvetésre, hogy esetleg hosszabb kioldási folyamat változtatna az egymáshoz viszonyított arányokon.

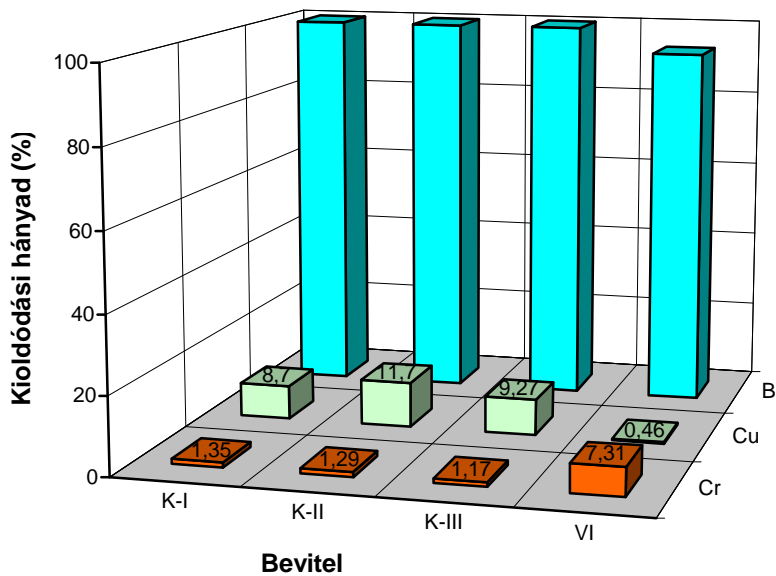
Bór + króm + réz

A kezelési módnak a három fő összetevő kioldódási jellemzőire gyakorolt hatását vizsgálva (87.ábra) erdeifenyő próbatestek esetében megállapítható:

- a bór kioldási arányára gyakorlatilag nincs befolyással a kezelés módja
  - a krómból üzemi telítés után lényegesen nagyobb mennyiség és hányad oldódik ki
  - a rézből az üzemi telítés után sokkal kisebb mennyiség és nagyságrenddel kisebb hányad oldódik ki
- mindhárom összetevő esetében az üzemi telítés utáni kioldódási ütem alacsonyabb



87. ábra. Az erdei fenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a különböző kezelések és védőszerbeviteliek esetén

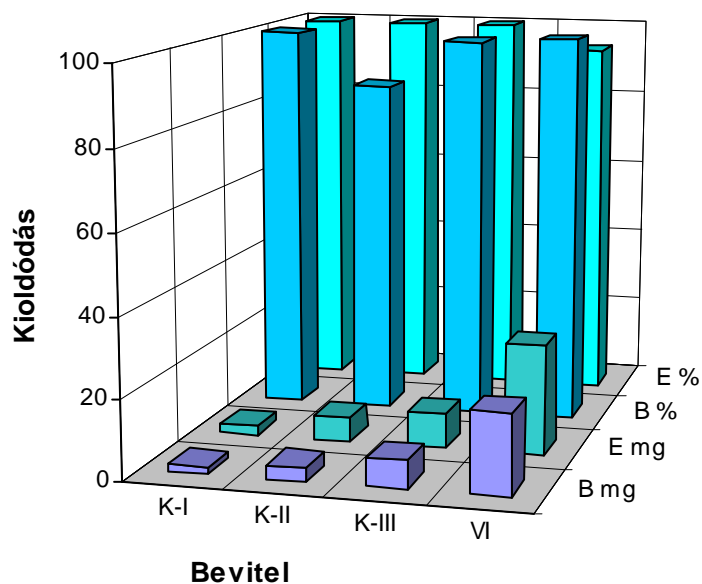


88. ábra. Az erdefenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz százalékos aránya a különböző kezelések és védőszerbeviteliek esetén

### 3.3.3. A két fafajhoz tartozó eredmények összehasonlítása hatóanyagoként

#### Bór

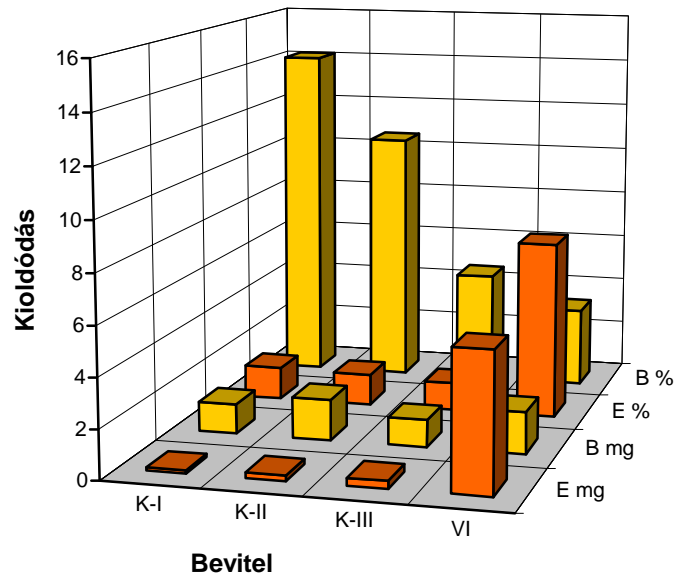
Az egyes összetevők kioldódási jellemzőit a fajok között összehasonlításban vizsgálva, elsőként a bórról elmondható, hogy mindkét faj esetében azonosan változnak ill. nem változnak az eltérő védőszer-beviteli mennyiség és mód következtében (89. ábra). A kioldási ütemekről elmondható, hogy mindkét faj esetében az üzemi telítéshez tartozó ütem a kisebb, de az erdeifenyő esetében jóval nagyobb a különbség.



89. ábra. A bükk és erdeifenyő próbatestekből kioldott összes bór mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

## Króm

A króm kioldódási jellemzőiről ez már nem mondható el, hiszen már a laboratóriumi kezelés keretében is jelentős különbség mutatkozott a két fafaj között és az üzemi telítéssel összehasonlítva még nagyobb az eltérés (90. ábra).

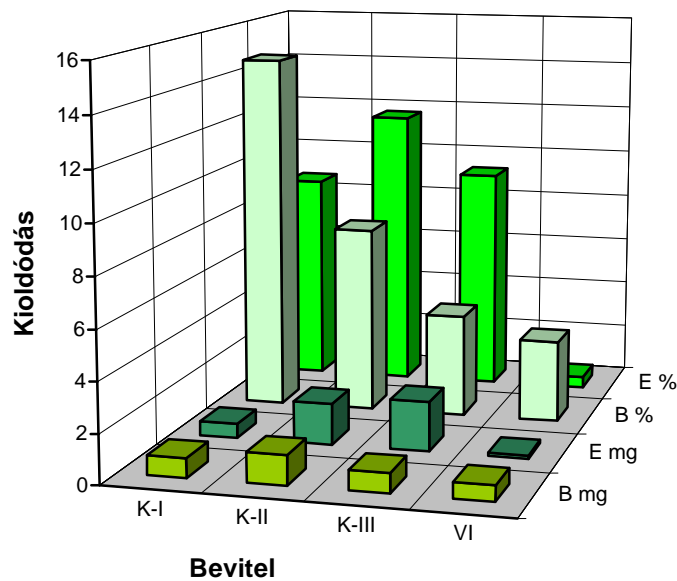


90. ábra. A bükk és erdeifenyő próbatestekből kioldott összes króm mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

A 90. ábrán látható, hogy amíg a bükk esetében nem eredményez változást az eltérő kezelés, addig az erdeifenyőnél aránytalanul magas kioldási mennyiség adódott. A kioldási arányokban a bükk esetében csekély csökkenés tapasztalható, az erdeifenyőnél fellépő növekedés pedig mérsékeltebb. A kioldási ütemekről megállapítható, hogy erdeifenyő esetében az üzemi telítéshez tartozó ütem a kioldási folyamat teljes ideje alatt kisebb (84. ábra), a bükk esetében pedig (76. ábra) a harmadik naptól magasabb, mint a laboratóriumi kezeléshez tartozó ütemek.

## Réz

A réz adatai alapján látható (91. ábra), hogy a kioldott mennyiségekben mindkét fafaj esetében az üzemi telítés csökkenést eredményezett, de az erdeifenyőnél bekövetkező csökkenés lényegesen nagyobb és nem követi a laboratóriumi kezeléskor megfigyelt tendenciát (85. ábra). A kioldási arányok esetében az erdeifenyőnél rendkívül feltűnő a visszaesés. A büknél ez csak az első két védőszerfelvételhez képest nagy eltérés.



91. ábra. A bükk és erdeifenyő próbatestekből kioldott összes réz mennyisége és százalékos aránya a bevitthez képest a különböző kezelések és védőszerfelvételek esetében

A kioldódási ütemek összehasonlítása alapján elmondható, hogy a bükk esetében az eltérő kezelési mód nem eredményez eltérő kioldási ütemet, de az erdeifenyőnél lényegesen kisebb az üzemi telítést követő kioldódás üteme.

### 3.3.4. Az eredmények értékelése

#### 3.3.4.1. Bükk próbatestek értékelése

##### Bór

A bór gyakorlatilag teljes kioldódását és annak ütemét a jelentősen elétérő kezelés sem befolyásolta (73. és 74. ábra).

##### Króm

A króm esetében a kétféle kezelés után közel azonos mennyiségek oldódtak ki, de ez az eltérő bejuttatott mennyiségek miatt eltérő hányadot jelent (75. ábra). A hányadok közötti különbség különösen a két alacsonyabb laboratóriumi koncentrációhoz képest jelentős, a legnagyobbhoz tartozóval már összemérhető. Ez alapján a bejuttatott mennyiség hatása minősül erősebbnek. A kioldódási ütemben (76. ábra) a harmadik naptól érvényesül a nagyobb mennyiségből eredő nagyobb koncentráció-gradiens hatása.

##### Réz

A réz esetében az üzemi telítés után oldódott ki a legkisebb mennyiség, de a hányadot is tekintve teljes hasonlóságot mutat a krómnál tapasztaltakkal (77. ábra). A két hatóanyag viselkedésének hasonlósága ebben a vonatkozásban is helytálló, tehát itt is a beviteli mennyiség hatása a domináns.

A bükk próbatestekből történt kioldódásról megállapítható, hogy a kezelés körülményei a bejuttatott mennyiségek közötti nagy eltérések ellenére, egyik hatóanyag esetében sem befolyásolták jelentős mértékben kioldódási jellemzőket (80. ábra). Továbbá fennáll az a korábbi megállapítás, hogy bükk esetében a réz és króm kioldódási viselkedése nem független egymástól, szoros kapcsolatban vannak, vagyis a fatestben a fa alkotórészeivel együttesen képeznek vízben oldhatatlan komplexeket.

#### 3.3.4.2. Erdeifenyő próbatestek értékelése

##### Bór

Az erdeifenyő próbatestekhez tartozó adatok alapján megállapítható, hogy a bór esetében csupán a kioldódási ütemben (82. ábra) tapasztalható lényeges eltérés a kétféle kezelés után. Az üzemi telítést követő kisebb kioldódási ütem a védőszer sokkal erőteljesebb besajtolásából ered, mivel ennek következtében az oldható vegyületeknek nagyobb pórusediffúziós gátlást

kell leküzdeniük ahhoz, hogy a kioldó víz főtömegébe jussanak. A kioldódási hányadban jelentkező néhány százalékos különbség (81. ábra) nem jelentős.

### Króm

A króm kioldódásakor az üzemi telítés után lényegesen nagyobb volt a kioldódott hányad a laboratóriumhoz képest (83. ábra), tehát ebben az esetben az eltérő jellegű kezelés hatása volt sokkal erősebb. A kioldódás ütemében is tükröződik, hogy lényegesen nehezebben jutnak ki a fatestből az erőteljesebben besajtoltd oldható részek (84. ábra).

### Réz

A réz kioldódásáról is megállapítható, hogy a kezelés jellegének a hatása az erősebb, de a hatás iránya ellentétes (85. ábra). Az üzemi telítés után rendkívül kis mennyiség és hányad oldódott ki. A kezelés eltérő jellege a kioldódási ütemben a krómnál leírthoz hasonló módon érvényesül (86. ábra).

Az egyes hatóanyagok viselkedését összehasonlítva óriási különbségek figyelhetők meg (87. és 88. ábra). Amíg bór esetében alig van hatással az eltérő kezelés, addig a króm és a réz esetében nagyon markáns, de ellentétes irányú a változás. Ennek magyarázata a 3.2 fejezetben már említett, az üzemi telítést követően a réz és króm vegyületek eltérő reakciósebessége a fenyő faanyagának összetevőivel. Ez a jelenség a laboratóriumi kezelés paraméterei mellett nem lép fel. A kioldódási ütemek esetében mindhárom ion az üzemi telítést követően oldódott ki lényegesen lassúbb ütemben (82., 84. és 86. ábra). Ez, a bór esetében említett erősebb fizikai kötődésen túl, a króm esetében a nagyobb mennyiséggel és a réz által le nem kötött csoportokkal alkotott vegyületek eltérő oldhatóságával és stabilitásával magyarázható. A réz esetében pedig abból ered, hogy az üzemi telítés körülményei között képződött vegyületek sokkal stabilabbak.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a kezelési technológia hatása fafajonként jelentősen eltérő mértékben befolyásolja a hatóanyagok kioldódási tulajdonságait.

A fajok befolyásoló szerepének összehasonlítása alapján megállapítható:

- a bór kioldódását sem a faj, sem a kezelés módja nem befolyásolta jelentős mértékben (89. ábra)
- a króm kioldódási viselkedése a két faj esetében lényegesen eltérően változott a különböző kezelésekre hatására (90. ábra)



- a réz kioldódása során a két fafaj esetében jelentős különbségek tapasztalhatók a jellemzők változásában (91. ábra).

Általános érvényű megállapítás csak a bór esetében tehető, mivel egyik vizsgált tényező sem okozott jelentős változást. A másik két hatóanyag esetében a két tényező (fafaj, kezelés) közül a fafaj hatása az erősebb.

#### 4. Új tudományos eredmények összefoglalása

Az áttanulmányozott szakirodalom és saját kísérleti eredményeim alapján kijelentem, hogy a vízben oldható védőszerek alkalmazásakor a szabadban beépített szerkezetek esetében a kioldódás veszélyével gyakorlatilag a szerkezet teljes élettartama alatt számolni kell, tehát vizsgálata indokolt. A különböző „fixálási” módszerek (gőzölés, UV-fény, viaszborítás, stb.) csökkenthetik ill., késleltethetik, de teljesen kizárni nem képesek a kioldás folyamatát. A többféle hatóanyagot tartalmazó védőszerek esetében van némi esély, hogy valamelyik hatóanyag vízben oldhatatlan kémiai kötést alkosson a faanyag megfelelő alkotórészeivel, de a többi hatóanyag még mindig legalább részben oldható állapotban marad.

Az elvégzett kísérletek eredményei alapján megállapítottam, hogy valamennyi vizsgált tényező esetében számszerűsíthető volt a kioldódási jellemzőkre gyakorolt hatás. A kifejtett hatások széles határok között változtak, de ez a választott fafajok és kezelési módok alapján várható is volt.

A bőr kioldódási viselkedéséről általánosságban – laboratóriumi kezelés és üzemi telítés után egyaránt - megállapítottam, hogy az esetek nagy részében teljesen kioldódtak, de amikor nem, akkor is a másik két hatóanyaghoz képest összehasonlíthatatlanul nagyobb hányadban (min. 78%). Ez a tény szükségessé teszi a bőr szerepének az átértékelését, vagy esetleg helyettesítését az ilyen típusú védőszerekben.

A bejuttatott mennyiség hatását csak laboratóriumban vizsgáltam és megállapítottam, hogy az eltérő koncentrációjú kezeléseket után a bükk próbatestek esetében mutatkoztak nagyobb különbségek a kioldódási jellemzők értékeiben. Figyelemre méltó az, az eredmény, hogy a nagy különbségek ellenére a krómhoz és a rézhez tartozó értékek teljesen azonos módon változtak. A kioldódott értékek változása nem követte a mennyiségek növekedését, ami részben a kis mennyiséggel, részben pedig az adott fejezetben részletezett fizikai-kémiai folyamatokkal magyarázható.

Az erdeifenyő esetében ebben a tartományban nem okozott jelentős változásokat a bejuttatott mennyiség változtatása. Mind a króm, mind a réz kioldódott mennyiségei a felvettel párhuzamosan növekedtek, és a kioldódási hányadok csekély ingadozást mutattak.

A két fafajt összehasonlítva megállapítottam, hogy mindhárom hatóanyag esetében van különbség a kioldódási jellemzők között. Elsősorban a bükkből kioldódott krómnak az erdeifenyőnél mérthez képest magas kioldódási hányada, és annak erőteljes változása

emelendő ki. E mellett érdekes, hogy a réz esetében a hányadok között sokkal kisebb a különbség, csupán a változások jellegének különbözősége hasonló a krómnál tapasztaltakhoz. Tehát az azonos hatóanyagokat tekintve a két fafaj között jellemző különbségek adódtak, az erdeifenyő esetében pedig a három hatóanyag kioldódási hányada is jellegzetesen elkülönül.

A pihentetési idő hatását, az üzemi telítést követően tanulmányoztam. Az eredmények alapján általánosságban azt tapasztaltam, hogy a pihentetési idő változtatása a fafajok és az egyes fafajokon belül a három hatóanyag esetében is jelentős különbségeket eredményezett a kioldódási jellemzők értékeiben és változásában egyaránt. Kicsit részletezve:

A tölgy próbatestek esetében a bór kioldódását (99%) nem befolyásolta a pihentetési idő növelése, de a krómnál és a réznél azonos jellegű, mérsékelt emelkedést eredményezett. A bükk esetében egyik hatóanyag kioldódási jellemzőjét sem befolyásolta a pihentetési idő növelése. Az erdeifenyő próbatestek esetében mindhárom kioldódására hatással volt. Már nem volt 100%-os a bór kioldódása, nagyon magas kezdő hányad után gyorsan csökken a króm kioldódása, és hasonlóan változik a rézé is, de az értékek egy nagyságrenddel alacsonyabbak. A lucfenyő esetében a legerősebb a pihentetési idő hatása. A bór kioldódási hányada 80% alá esik vissza, a krómé 26%-ról 11%-ra, a rézé pedig 1.4%-ról 0.35%-ra csökken. A jelentős változások döntő része a kettő és négy hetes pihentetés között következett be. Külön kiemelést érdemel a króm hat hét utáni, erőteljes csillapodást követő, 10% feletti kioldódási hányada. Ez olyan magas érték, amelyen feltétlenül változtatni kell.

A fentiek alapján megállapítottam, hogy a pihentetési idő fafajonként lényegesen eltérő mértékben változtatta meg a kioldódási jellemzőket. Egy fafajon belül az egyes hatóanyagokhoz tartozó értékek is teljesen eltérő mértékben és jelleggel változtak a pihentetési idő növelésével.

A fafajokat összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy mindhárom hatóanyag esetében jellegzetes különbségek vannak a kioldódási jellemzőkben. A bórnál a lombos és tűlevelű fajok elkülönülése a jellemző. A króm és réz vizsgálatánál azonban a fenyőkhöz viszonyított karakterisztikus különbségek mellett, már a két lombos faj között is jelentős eltérések adódtak. A fenyők esetében jelentős szerepe van a króm- és rézvegyületek eltérő reakciósebességének

A laboratóriumi és az üzemi telítés utáni kioldódást összesen két fafaj, és négy vizsgálati csoport esetében hasonlítottam össze.

A bükk próbatesteknél a legmagasabb laboratóriumi koncentrációhoz tartozó értékekkel (8 kg/m<sup>3</sup>-es bevitel) már összemérhetők az üzemi telítés utáni adatok mindhárom hatóanyag kioldódásakor. Az erdeifenyőből készült próbatesteknél mindhárom anyag kioldódási

jellemzői lényeges eltérést mutatnak a kétféle kezelés után. Az üzemi telítés után a bórnál kismértékű csökkenés, a krómnál erőteljes emelkedés, a réznél pedig hasonlóan erőteljes csökkenést tapasztaltam a laboratóriumi adatokhoz képest. Tehát a fafajokat összehasonlítva ebben az esetben is megállapítottam, hogy a vizsgált hatóanyagok a különböző fafajokból eltérő módon oldódnak ki, illetve a kezelési technológia változtatása más-más hatást eredményez. Az erdeifenyő esetében a fafajon belüli ellentétes irányú változás a korábban említett reakciósebességnek a telítés paramétereitől való függését tükrözi.

#### **4.1. Tapasztalatok és javaslatok az eredmények hasznosítására**

A vizsgálatok nehézségeire a bevezetőben már utaltam, és az elvégzett kísérletek is alátámasztották az ott leírtakat; nevezetesen a fafaj, kezelési mód, és a pihentetési paraméterek jelentős befolyásoló hatását az egyes hatóanyagok kioldódási viselkedésére. A probléma egy adott védőszer esetében is összetett, pedig ezzel a legnagyobb változatosságot felmutató elemet zárjuk ki, hiszen a kereskedelemben kapható szerek elsősorban nagy számuk miatt szinte áttekinthetetlenek, és napról-napra újabbak jelennek meg. Még az azonos hatóanyagokat (pl. réz-króm-bór) tartalmazó védőszerekben is, a fő összetevők különböző vegyületek formájában és eltérő arányban találhatók. A kioldódási probléma legfontosabb tényezői közül elsőként a *kezelt fafaj* említhető, amellyel kapcsolatban a kísérletek egyértelműen rámutattak, hogy az eltérő szerkezeti és kémiai felépítésű faanyagokból lényegesen eltérő módon és mértékben oldódnak ki az egyes hatóanyagok. Ide tartozik a *kezelési mód* is, amely elsősorban a bejuttatott mennyiségen és a kezelési paramétereken keresztül (ezt módosíthatja, ha alkalmaznak utóvákuumot) befolyásolja a kioldódást. A következő az esetlegesen alkalmazott *fixálási technológia*. A lehetőségek széles skáláját jól érzékeltette a szakirodalmi áttekintés. Az eddig felsorolt tényezők sokféleségükből adódóan, szinte számtalan kombinációs lehetőségéhez kapcsolódnak még hasonlóan nagy számban a *vizsgálati módszerek*. A vizsgálatok döntő része a fából valamilyen módon kioldódott hatóanyagok mennyiségét határozza meg, általában spektroszkópiás úton, kisebb hányada foglalkozik a fában maradt vegyületek mennyiségi analízisével. A kísérletek két helyszínen, laboratóriumban és természetes környezetben folynak. Az első csoportba tartozó esetekben általában kisméretű próbatestekkel végzik a vizsgálatokat, amelyeknek a bütü-tér fogat aránya lényegesen eltér a tényleges szerkezeti elemekétől, ami magában hordozza az eredmények torzításának lehetőségét. A kioldó közeg lehet desztillált-, csap- és esővíz, de egyik sem felel

meg teljesen a természetes környezet kioldó közegének. A kezelt fa és a kioldó víz „kontaktusa” is lehet pl. esőztetés, áztatás keveréssel (vagy nélkül), áramoltatásos áztatás stb., de ezen túlmenően változik az érintkezés ideje és lehet ismételt (többször is). A kioldást megelőző tárolási (kondicionálási) szakasz lehet „passzív” pihentetés különböző ideig és hőmérsékleten, de lehet „aktív”, fixálási technológiát (pl. forró gőzös kezelés, UV-fényes megvilágítás stb.) magába foglaló. A természetes kitétségi vizsgálatokat általában speciális keretre felfüggesztett, ritkábban talajba ásott, relatív nagy méretű próbatestekkel végzik, Nyilvánvalóan a kihelyezést ebben az esetben is megelőzhetik különböző fixálódást elősegítő kezelések. A vizsgálatok során a próbatestekről lecsurgó vizet gyűjtik össze és analizálják. A természetbe történő kihelyezés a teljes vizsgálati folyamatnak (védőszer-, fafaj-választás, kezelés, kondicionálás, kioldás) csak az utolsó lépcsőjében jelentene különbséget a laboratóriumi kísérlethez képest, de elsősorban a próbatestek jelentősen eltérő méreteiből adódóan, lényegesen eltérőek az eszközök és a berendezések. Ennek a módszernek óriási hátránya a rendkívül nagy időigénye, hiszen gyakran éveket tart egy megfigyelési ciklus. Problémát jelenthet egy esetleges hosszabb aszályos periódus, aminek következtében heteken keresztül nem lehet mintát gyűjteni.

A fentiek alapján felmerül a kioldódással kapcsolatos vizsgálatok egységesítésének igénye. Elsősorban a próbatestek méretét, a kezelési módot és a kioldási technológiát lenne célszerű rögzíteni, mert ezek állandósága mellett már lehetne vizsgálni a többi tényező (fafaj, tárolási idő, hőmérséklet, fixálás) hatását. Az MSZ EN 84 (amely alapján saját vizsgálataimat végeztem) részletes előírásokat tartalmaz a kioldási körülményekre, és ezért meglepő volt számomra, hogy csupán néhány kutató alkalmazta.

A szabvánnyal kapcsolatban megfontolásra érdemes lenne a relatív rövid, 14 napos egyszeri, mozgatás nélküli áztatás felülvizsgálata, ugyanis saját megfigyeléseim alapján sokkal több információt kaphatnánk (kevésbé több befektetéssel), ha néhány hetes pihentetés után az áztatást még legalább kétszer megismételnénk. Néhány sorozat esetében a kioldás utolsó napjaiban sem csökkent a kioldódás üteme, tehát a kioldott mennyiség nehezen hasonlítható össze azon sorozat adataival, amelyeknél a kioldódás már két-három nap alatt befejeződött.

A vizsgálatok más szempontból történő folytatását, és a módszerek javításának szükségességét támasztják alá az alábbi adatok: Az általam vizsgált 162 db. vízmintából, 143-nak a króm-koncentrációja lépte túl a „kiváló”, és 111-nek az „erősen szennyezett”, tisztított szennyvizekre vonatkozó határértéket. Ugyanez az egészségre kevésbé ártalmas réz esetében 84 ill. 20 mintát jelentett. Mindez a tényleges beépítési időhöz képest valóban rendkívül rövid, 14 napon belül történt, legfeljebb három nap alatt, tehát a valóságos körülmények

között jelentős környezetterhelés lép fel. Ezt a környezetterhelést a probléma két oldalról történő megközelítésével van esélyünk csökkenteni.

Az egyik a védőszer oldal, ahol a „hagyományos” szerek folyamatos korszerűsítésével lehet valamennyi eredményt elérni. A kereskedelemben már megjelentek (kevésbé ártalmasnak mondott) krómmentes készítmények, de nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket sem a gombákkal szembeni hatásosságot, sem pedig a kioldódási tulajdonságokat illetően (KLIPP, et al., 1990, 1991, 1992); (HETTLER, 1993); (GÖTTSCHE, MARX, 1989). Evvel párhuzamosan új hatóanyagok kutatása is folyik (WÜSTENHÖFER, 1993); (HÄRTNER, 1995). Ide tartozik az utóbbi évtizedben nagyon népszerűvé vált „biológia védekezés” módszereinek (természetes eredetű anyagok alkalmazása, élő szervezetek bevetése stb.) az intenzív kutatása. Néhány részterületen már születtek reményt keltő eredmények, de áttörő sikerről csak kevés esetben beszélhetünk (HÄFNER, 1995); (RAPP,- PEEK, 1995).

A másik a fixálási technológiák további tökéletesítése és esetleg újak keresése. A leírtak alapján nyilvánvaló, hogy a faanyagvédőszer hatóanyagainak a kioldódását teljes mértékben megakadályozni nem lehet. Alkalmazásukról azonban nem lehet lemondani, hiszen a faanyagvédelem egyetlen feladatának, amely a beépített, szerkezeti faanyag „szolgálati idejének” a meghosszabbítása, és ezen keresztül a lecserélés vagy pótlás lehetőség szerint mind későbbre történő elhalasztása, csak így tud megfelelni.

## 5. Az értekezés tézisei

1. A vizsgált védőszer kioldódási tulajdonságai olyan mértékben változnak a kezelt fafaj függvényében, hogy azokat legalább a kezelt fafajcsoporthoz (lombos-tűlevelű) kötötten kell megadni.
2. A bór kioldódása csaknem valamennyi vizsgált esetben teljes, tehát jelenlegi formájában a védőszerben nem célszerű alkalmazni.
3. Légritkításos-légnyomásos eljárással kezelt bükk próbatestek kioldásakor a króm és a réz kioldódási viselkedése teljesen azonos módon változik a felvett védőszermennyiség növelésével; a bejuttatott mennyiség növelése a vizsgált tartományban (2-8kg/m<sup>3</sup>) jelentősen növeli a fixálódást.
4. Légritkításos-légnyomásos eljárással kezelt erdeifenyő próbatestek kioldásakor a króm és a réz viselkedése eltérő, a króm kioldódását kis mértékben csökkenti a felvett mennyiség növelése, a réz esetében a hatás egy érték körül ingadozó. A kioldódási hányad króm esetében 1,35%-ról 1,17%-ra csökken, réz esetében 8,7% és 11,7% között ingadozik.
5. Nagynyomású telítés után a pihentetési idő növelése kettő és hat hét között:
  - tölgy próbatestekből kb. 50%-kal növeli a króm és a réz kioldódási hányadát
  - bükk próbatesteknél a króm kioldódási hányadát kis mértékben csökkenti, a réz kioldódására nincs hatással
  - erdeifenyő és lucfenyő próbatestek esetében a króm és a réz kioldódási hányadát azonos jelleggel, jelentősen csökkenti, különösen kettő és négy hét között.
6. Nagynyomású telítés után az erdei- és a lucfenyőből a króm kioldódási hányada egy nagyságrenddel nagyobb, mint a rézé.
7. Erdeifenyő próbatestek esetében a kioldódási hányad a nagynyomású telítés után, a légritkításos-légnyomásoshoz képest
  - a króm esetében hatszorosára emelkedett,
  - a réz esetében huszadrészére csökkent.
8. A vizsgált védőszer a megadott összetételben, szabadban felállított, fenyőből készült szerkezetek kezelésére fixálási technológia alkalmazása nélkül nem javasolható.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton mondok köszönetet Dr. Varga Ferenc professzor úrnak, témavezetőmnek, munkám több éven keresztül támogatásáért, Polgár Sándorné laboránsnak, aki a laboratóriumi munkák során volt segítségemre, Dr. Bidló Andrásnak, aki a vízminták analízisét végezte, valamint mindazoknak, akik valamilyen formában közreműködtek a dolgozat megvalósításában.

Külön köszönet illeti a MÁVFAVÉD Rt. Dombóvári Üzemének dolgozóit, akik lehetővé tették az üzemi kísérletek elvégzését.



## 6. Irodalomjegyzék

Becker, G.; Buchmann, C. (1996): Vergleichende chemische Prüfung der Auswaschbarkeit von Schutzsalz-Gemischen aus verschiedenen Holzarten. *Holzforschung* 20: 199-204.

Fischer, C., (1989): Bórvegyületek a mai faanyagvédelemben A kimoshatóság vizsgálata. *Faipar.* 39: 378-380

Fischer, C., (1990): Bórvegyületeken alapuló faanyagvédő szereknek hatása kimoshatósági vizsgálat után. *Faipar.* 40: 168-170

Gersonde, M.; Becker, G. (1965): Aufnahme und quantitative Verteilung eines Chrom-Fluor-Arsen Schutzgemisches in Fichten- und Kiefermasten nach Kesseldrucktränkung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 23: 369-381.

Göttsche, R.; Marx, H.-N., (1989): Kupfer-HDO - ein vielseitiger Wirkstoff im Holzschutz. *Holz als Roh- und Werkstoff* 47: 509-513.

Graf, E.; Manser, P.; Rezzonico, S.; Zraggen, B. (1993): Persistence of active ingredients in treated wood. *The Inter. Res. Group on Wood Preserv. 2. Symposium on Wood Protection.* Feb. 1993, Cannes, 283-299.

Häfner, B.; Krebs B., (1995): Biotechnologische Möglichkeiten im Holzschutz: Antagonistische Bakterien und deren Wirksubstanzen zum Schutz gegen holzerstörende Pilze. 20. Int. Holzschutz-Tagung Rosenheim

Härtner, H.; Peek, R.-D.; Klipp, H.; Barth, V., (1995): Wirksamkeit und Umweltverhalten von Holzschutzmitteln auf der Basis Kuper/Polymere Betain. 20. Int. Holzschutz-Tagung Rosenheim

Hettler, W.; Breyne, S.; Maier, M., (1993): Gesundheits- und Umweltaspekte bei der Anwendung von Cu-HDO-haltigen Holzschutzmitteln im Kesseldruckverfahren. 19. Int. Holzschutz-Tagung Rosenheim

Homan, W. J.; Militz, H., (1993): Applications of the Showertest. Part b: Results from CC and CCB treated wood: influence of fixation process. *The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 93-50010.*

Illner, H. M.; Willeitner, H.; Brandt, K., (1989): Acceleration of the fixation of chromated wood preservatives by UV-radiation. *The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3544.*

King, B.; Smith, G. M.; Palfreyman, J. W. P.; McCutcheon, S., (1991): Effects of boron formulations on specific timber types used in ships of historical importance. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3576.

Klipp, H., (1994): Auswaschung von Holzschutzmittel aus behandelten Produkten und die Eintrag ihre Wirkstoffe in die Umwelt. Doktori értekezés. Hamburg.

Klipp, H.; Brandt, K., (1992) : Auswaschung von Holzschutzmitteln aus behandelten Produkten. 19. Holzschutz-Tagung München.

Klipp, H., Willeitner, H.; Brandt, K.; Müller-Grimm, A., (1990): Migration of active ingredients from treated timber into fresh water. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3659

Klipp, H., Willeitner, H.; Brandt, K.; Müller-Grimm, A., (1991): Migration of active ingredients from treated timber into fresh water. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3659 Add.

Kubel, H.; Pizzi, A., (1982): The Chemistry and Kinetic Behaviour of Cu-Cr-As/B Wood Preservatives Part 5. Reactions of CCB with Cellulose, Lignin and their Simple Model Compounds. *Holzforschung und Holzverwendung* 34. 4. 75-83

Leightley, E. Liam, (1987): Chemical Analyses of IRG/COIPM International Marine Test Samples. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 4114

Marutzky, R., (1991): Kesseldruckimprägnierte Hölzer für Spielplatzgeräte: Auswaschungs- und Entsorgungsprobleme. *Holz-Zentralblatt* 116. 1806.

McCutcheon, S.; Smith, M. G.; Palfreyman, J. W.; King, B., (1992): Analyses of the boron content of preservative treated oak and pitch pine heartwood before and after leaching. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3697-92

Militz, H., (1992): The influence of UV and IR radiation on leaching of copper and chromium from preservative-treated pine and spruce. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3687-92.

Molnár, S., (1999): Faanyagismerettan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

Németh, K., (1997): Faanyagkémia. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

Peek, R.-D.; Willeitner, H., (1981): Beschleunigte Fixierung chromhaltiger Holzschutzmittel durch Heißdampfbehandlung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 39: 495-502

Peylo, A.; Willeitner, H., (1997): Leaching of Boron - more than 3 years field exposure. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 97-30143

Pizzi, A.; Kubel, H., (1982): The Chemistry and Kinetic Behaviour of Cu-Cr-As/B Wood Preservatives Part 6. Fixation of CCB in Wood and Physical and Chemical Comparison of CCB and CCA. *Holzforschung und Holzverwendung* 34. 5. 80-86

Rapp, A. O.; Peek, R.-D., (1995): Vergütung des Holzes mit wasserbasierten Harzen. 20. Int. Holzschutz-Tagung Rosenheim.

Salamah, S.; Ani, S.,(1995): Distribution of copper/chrome/boron preservative in dark red meranti (*Shorea leprosula*) before and after exposure test for 71 months. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 95-20073

Sheard, L., (1991): A study of the Rate of Fixation of various chromium-containing preservatives. The Inter. Res. Group on Wood Preserv. Document No: IRG/WP 3563

Willeitner, H., Illner, H.-M., (1986): Auswaschung von Holzschutzmitteln im praktischen Betrieb. Holz als Roh- und Werkstoff 44: 347-350

Willeitner, H., Klipp, H., Brandt, K., (1991): Praxisbeobachtungen zur Auswaschung von Chrom, Kupfer und Bor aus Fichten-Halbrundhölzern einer Lärmschutzwand. Kurz-Originalia. Holz als Roh- und Werkstoff 49.

Willeitner, H.; Voß, U.; Peek, R.-D., (1986): Beschleunigte Fixierung chromhaltiger Holzschutzmittel durch Heißdampfbehandlung. Holz als Roh- und Werkstoff 44: 161-166

Wischer, B., Willeitner, H., (1977): Untersuchungen über die Einwirkung von Regen bei frisch imprägnierten Kiefer-Masten im Hinblick auf mögliche Umweltbelastungen. Holz als Roh- und Werkstoff 35: 79-84

Wüstenhöfer, B.; Wegen, H.-W.; Metzner, W., (1993): Triazole, eine neue Fungizidgeneration für Holzschutzmittel. 19. Int. Holzschutz-Tagung Rosenheim

A dolgozatban említett szabványok

MSZ EN 335-2: 1994 A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A biológiai károsítás veszélyeztetettségi osztályainak meghatározása.

MSZ EN 113: 1993 Faanyagvédő szerek hatékonysáértékének meghatározása agar táptalajon tenyésztett, farontó bazídiumos gombákkal szemben

MSZ EN 84: 1994 Faanyagvédő szerek. A kezelt fa gyorsított öregítése a biológiai vizsgálatok előtt. Kioldási eljárás

Melléklet

## A Mellékletben található táblázatok és diagramok jegyzéke

### Laboratóriumi kezelés

Koncentráció adatok.....	M. 1. táblázat
Koncentráció-diagramok.....	M. 1. és M. 2. ábrák
Kioldódott mennyiségek értékei.....	M. 2. táblázat
Kioldódott mennyiségek diagramjai .....	M. 3. – M. 7. ábrák
Kioldódási ütem értékei.....	M. 3. táblázat
Kioldódási ütem diagramjai.....	M. 8. ábra

### Üzemi telítés

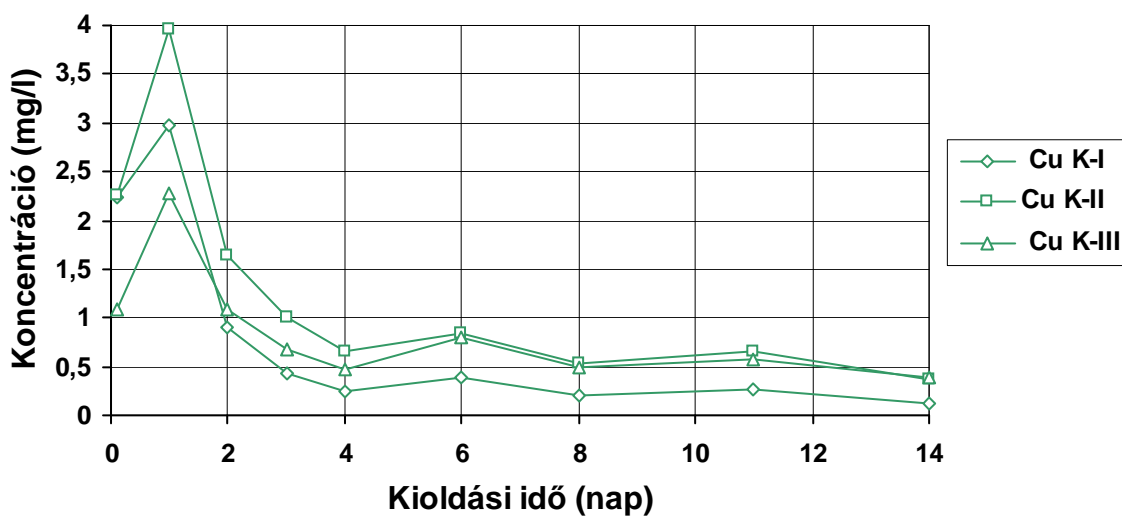
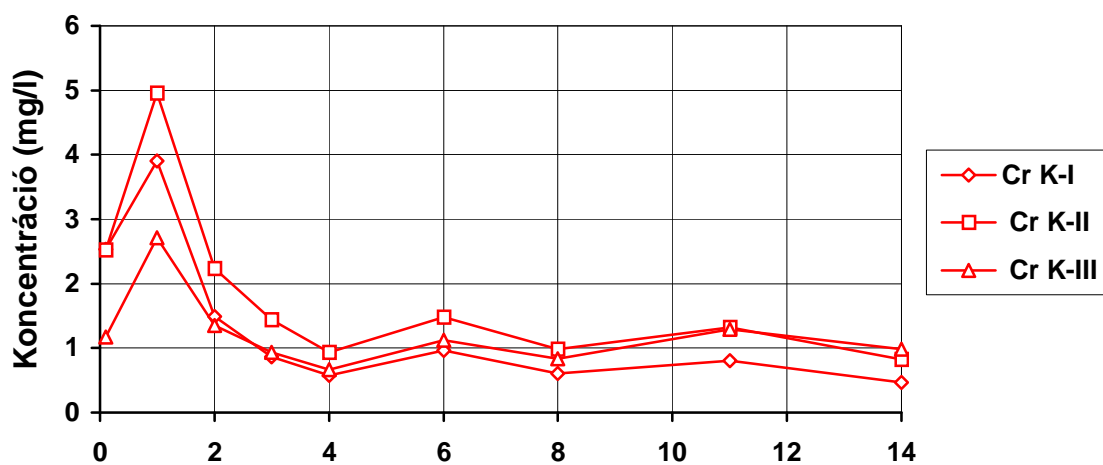
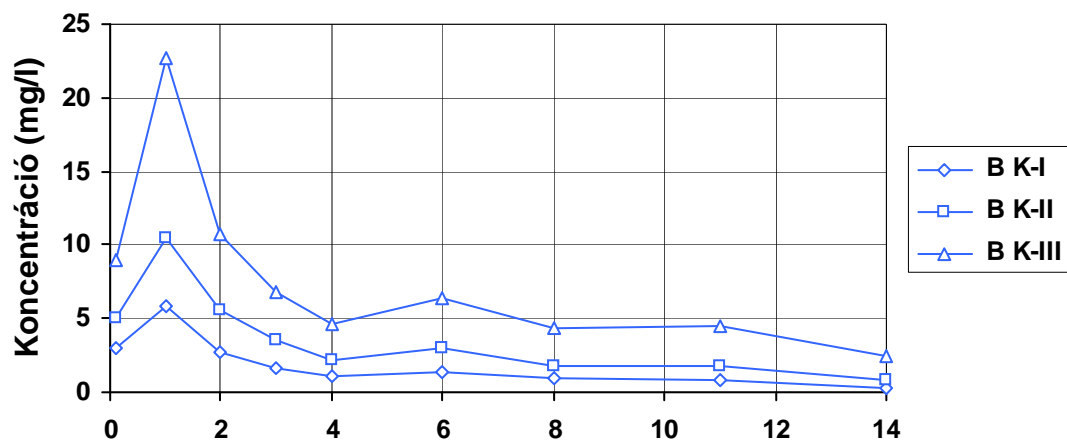
Koncentráció adatok.....	M. 4. táblázat
Koncentráció-diagramok.....	M. 9. - M. 12. ábrák
Kioldódott mennyiségek értékei.....	M. 5. táblázat
Kioldódott mennyiségek diagramjai .....	M. 13. – M. 23. ábrák
Kioldódási ütem értékei.....	M. 6- táblázat
Kioldódási ütem diagramjai.....	M. 24. – M. 28. ábrák

### Laboratóriumi kezelés és üzemi telítés összehasonlítása

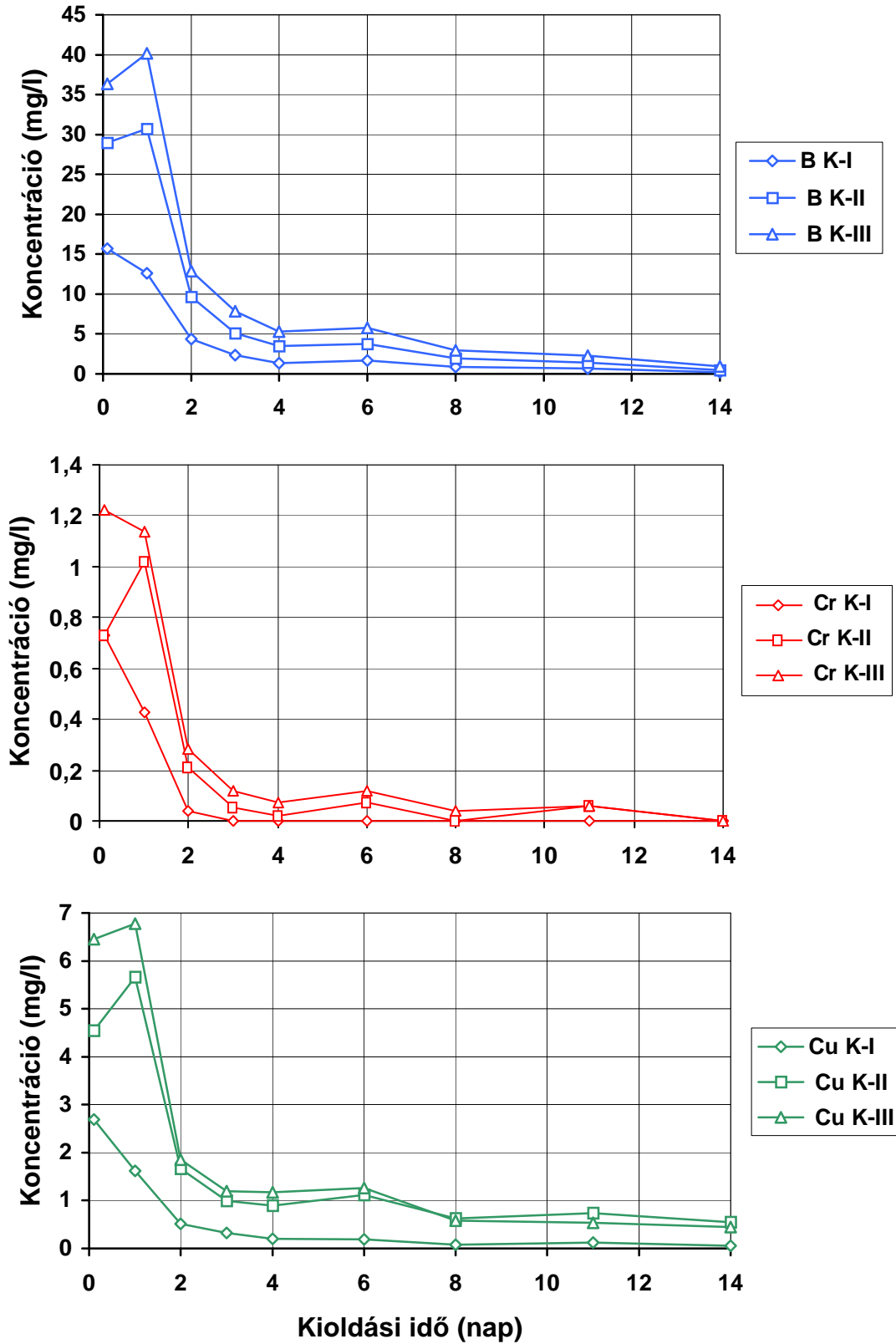
Kioldódott mennyiségek diagramjai .....	M. 29. és M. 30. ábrák
Vízminőségi határértékek.....	M. 7. táblázat

M.1. táblázat. A bór, a króm és a réz koncentrációja (mg/l) a kioldó vízben a laboratóriumi kezelés után a különböző védőszer-koncentrációk ( KI, KII, KIII ) esetén

Fafaj	Bükk								
Hatóanyag	Bór			Króm			Réz		
Kioldási idő (nap)	Védőszer-koncentráció								
	K-I	K-II	K-III	K-I	K-II	K-III	K-I	K-II	K-III
0,1	3,01	5	8,93	2,53	2,52	1,17	2,24	2,25	1,09
1	5,82	10,49	22,69	3,9	4,96	2,71	2,97	3,95	2,27
2	2,75	5,51	10,73	1,49	2,24	1,35	0,9	1,64	1,09
3	1,66	3,5	6,77	0,86	1,44	0,93	0,44	1,01	0,68
4	1,08	2,24	4,61	0,58	0,93	0,67	0,25	0,65	0,47
6	1,42	2,94	6,39	0,96	1,48	1,12	0,38	0,85	0,81
8	0,92	1,81	4,35	0,61	0,98	0,83	0,21	0,53	0,5
11	0,78	1,74	4,48	0,8	1,32	1,29	0,27	0,66	0,57
14	0,33	0,87	2,51	0,47	0,82	0,98	0,12	0,37	0,4
Fafaj	Erdeifenyő								
0,1	15,7	28,95	36,32	0,73	0,73	1,22	2,69	4,54	6,45
1	12,64	30,73	40,16	0,43	1,02	1,14	1,62	5,66	6,78
2	4,38	9,66	12,89	0,04	0,21	0,28	0,51	1,66	1,85
3	2,35	5,07	7,86	0	0,05	0,12	0,32	0,99	1,19
4	1,35	3,48	5,32	0	0,02	0,07	0,2	0,89	1,17
6	1,68	3,75	5,78	0	0,07	0,12	0,19	1,12	1,26
8	0,89	1,93	2,98	0	0	0,04	0,08	0,62	0,58
11	0,67	1,4	2,31	0	0,06	0,06	0,12	0,74	0,54
14	0,2	0,49	0,92	0	0	0	0,06	0,55	0,45



M.1.ábra. A bükk próbatestekből kioldódott B, Cr és Cu koncentrációja a kioldási folyamat közben a különböző védőszer-koncentrációk (K-I, K-II, K-III) esetén

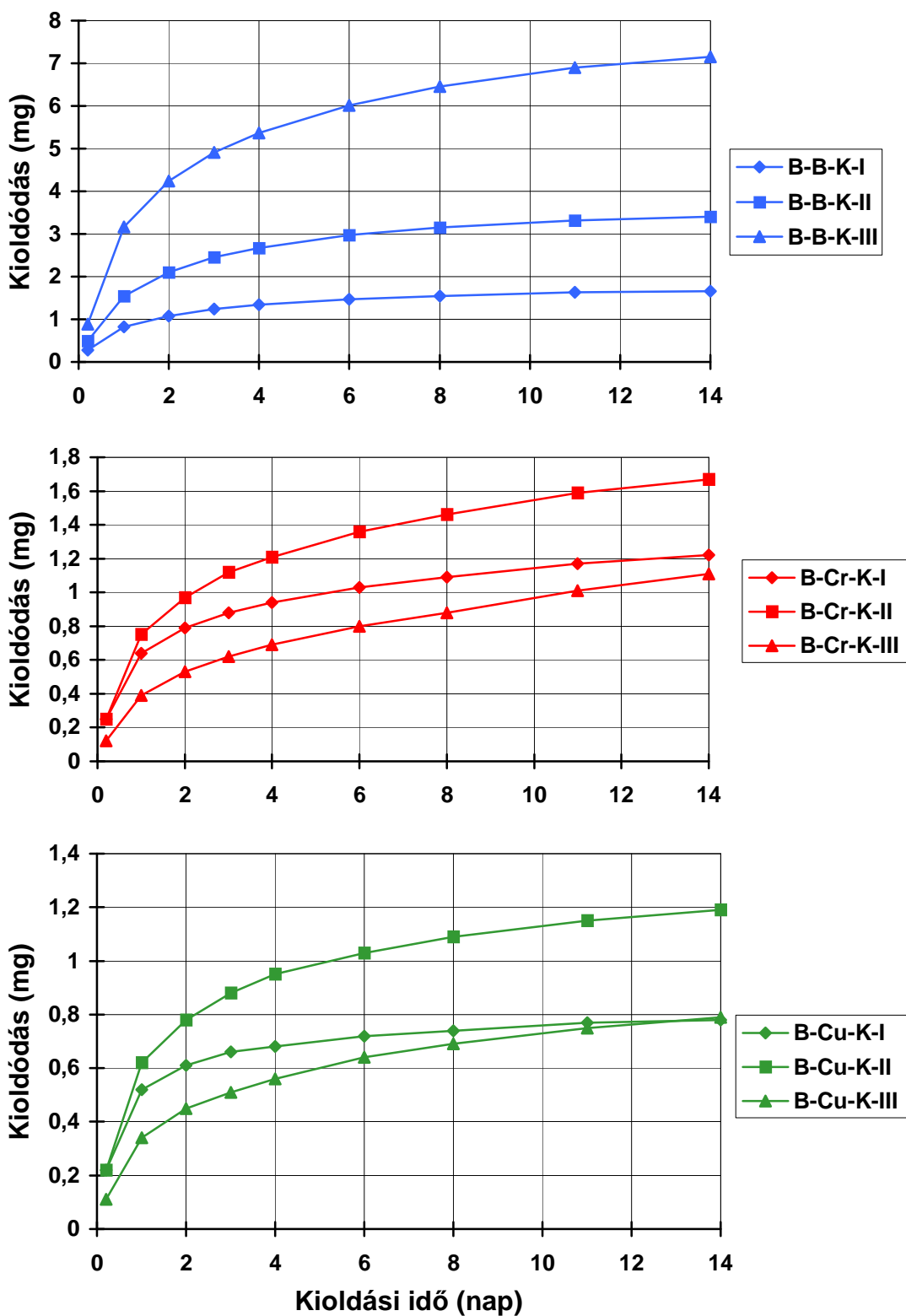


M.2. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldódott B, Cr és Cu koncentrációja a kioldási folyamat közben a különböző védőszer-koncentrációk (K-I, K-II, K-III) esetén

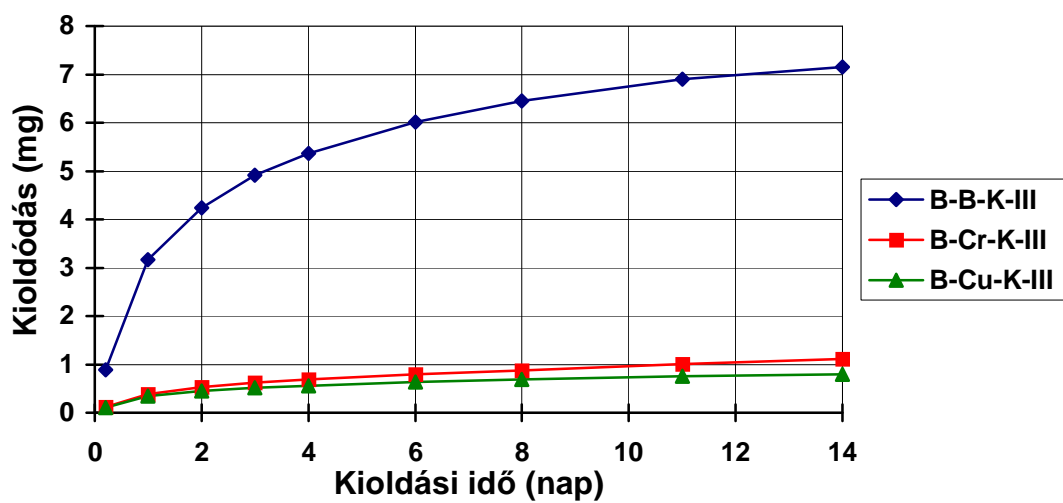
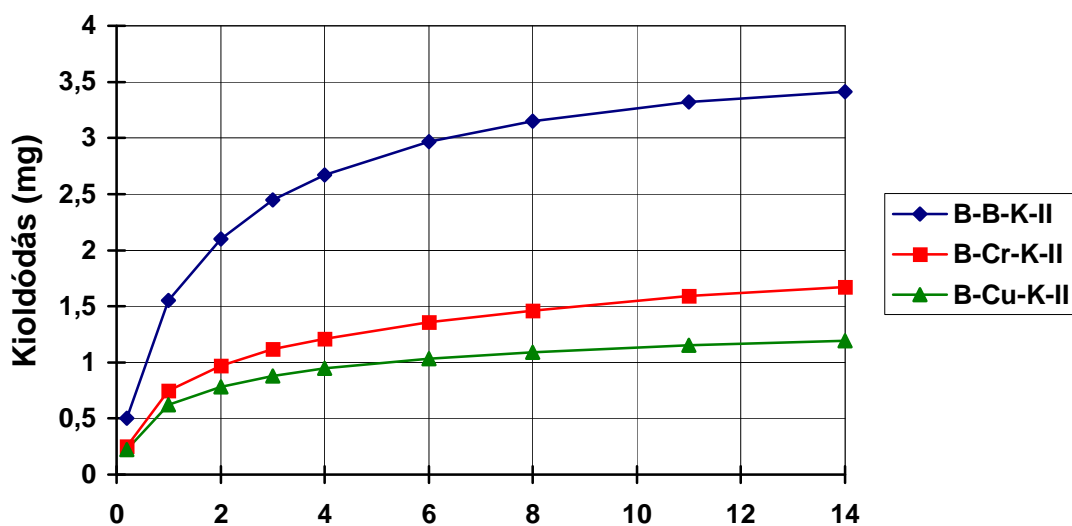
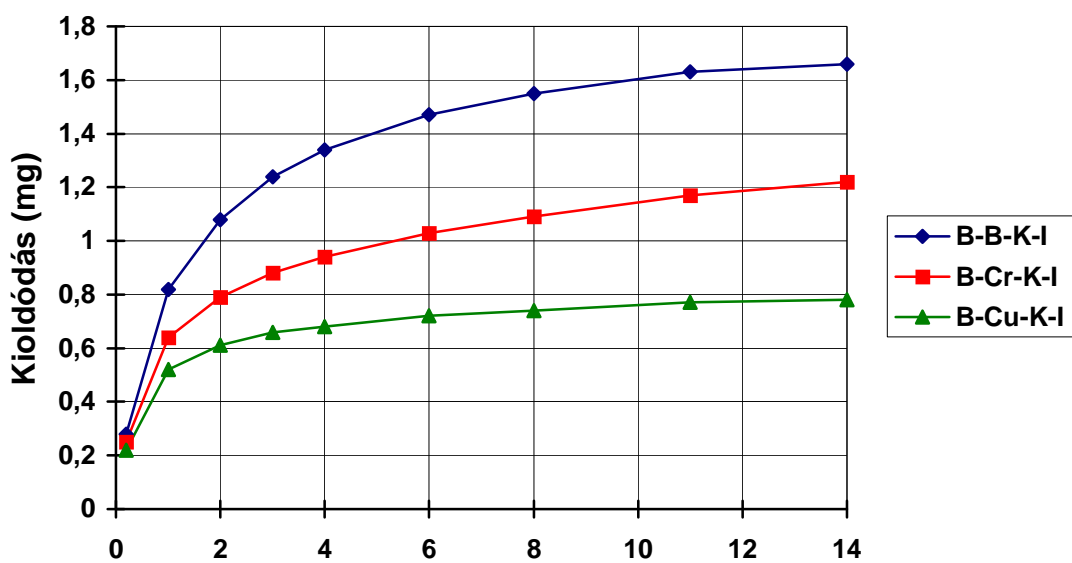


M.2. táblázat. A laboratóriumban telített próbatestekből kioldódott hatóanyagok mennyisége (mg/db) fafajonként

Fafaj	Bükk								
Hatóanyag	Bór			Króm			Réz		
Kioldási idő nap	Védőszer-koncentráció								
	K-I	K-II	K-III	K-I	K-II	K-III	K-I	K-II	K-III
0,1	0,28	0,5	0,89	0,25	0,25	0,12	0,22	0,22	0,11
1	0,82	1,55	3,16	0,64	0,75	0,39	0,52	0,62	0,34
2	1,08	2,1	4,24	0,79	0,97	0,53	0,61	0,78	0,45
3	1,24	2,45	4,91	0,88	1,12	0,62	0,66	0,88	0,51
4	1,34	2,67	5,37	0,94	1,21	0,69	0,68	0,95	0,56
6	1,47	2,97	6,01	1,03	1,36	0,8	0,72	1,03	0,64
8	1,55	3,15	6,45	1,09	1,46	0,88	0,74	1,09	0,69
11	1,63	3,32	6,9	1,17	1,59	1,01	0,77	1,15	0,75
14	1,66	3,41	7,15	1,22	1,67	1,11	0,78	1,19	0,79
Fafaj	Erdeifenyő								
0,1	0,91	2,04	2,91	0,07	0,07	0,12	0,27	0,46	0,65
1	1,64	4,2	5,86	0,11	0,18	0,24	0,43	1,02	1,33
2	1,9	4,88	6,85	0,12	0,2	0,27	0,48	1,19	1,51
3	2,03	5,23	7,45	0,12	0,2	0,28	0,51	1,29	1,63
4	2,11	5,48	7,86	0,12	0,21	0,29	0,53	1,38	1,75
6	2,21	5,73	8,3	0,12	0,21	0,3	0,55	1,49	1,87
8	2,26	5,88	8,53	0,12	0,21	0,3	0,56	1,55	1,93
11	2,3	5,98	8,71	0,12	0,22	0,31	0,57	1,62	1,98
14	2,31	6,01	8,78	0,12	0,22	0,31	0,58	1,68	2,03

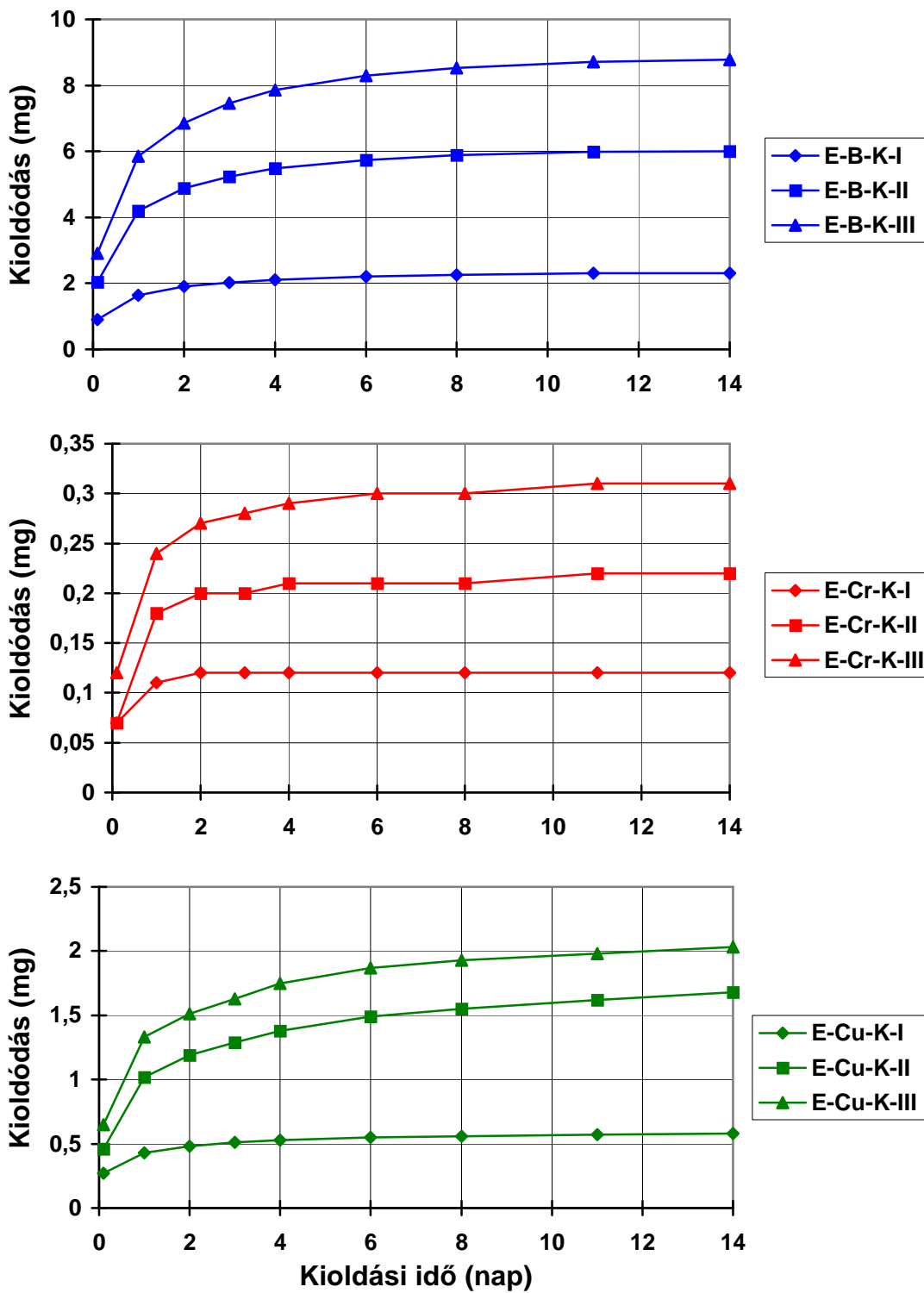


M.3.ábra. A bükk próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző védőszer-koncentrációk esetén

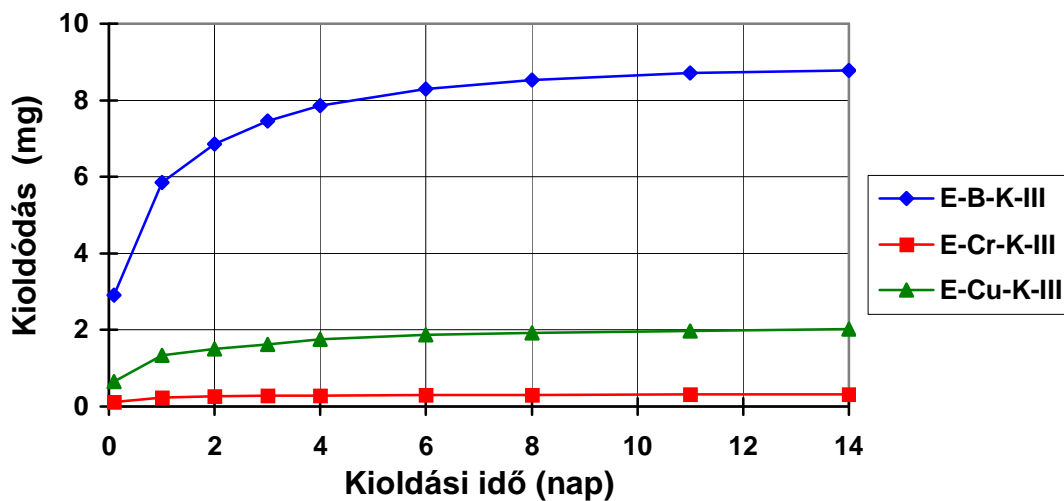
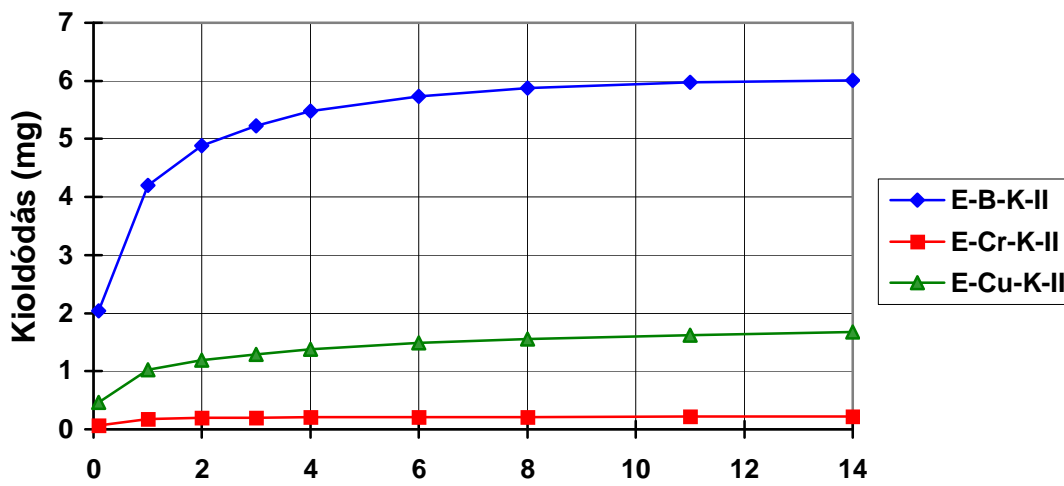
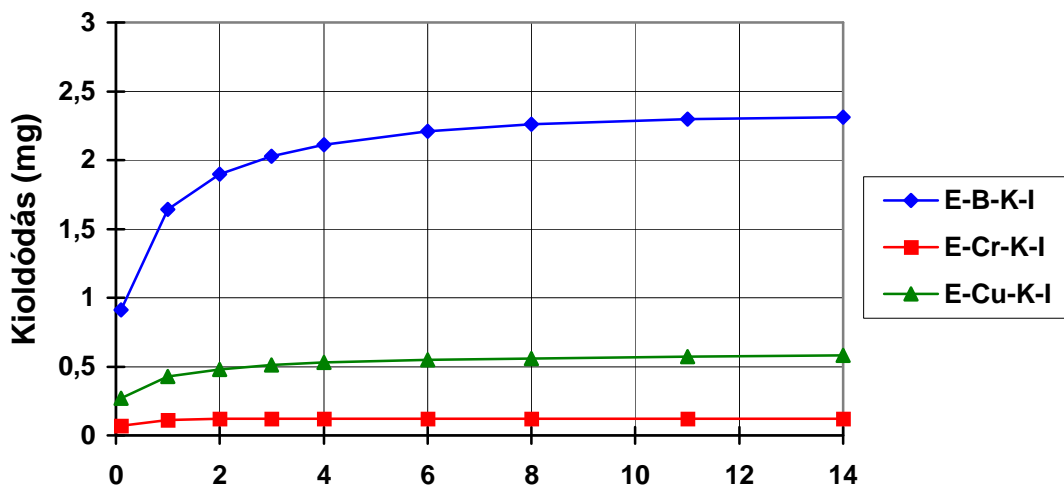


M.4.ábra. A bükk próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben az egyes védőszer-koncentrációk esetén

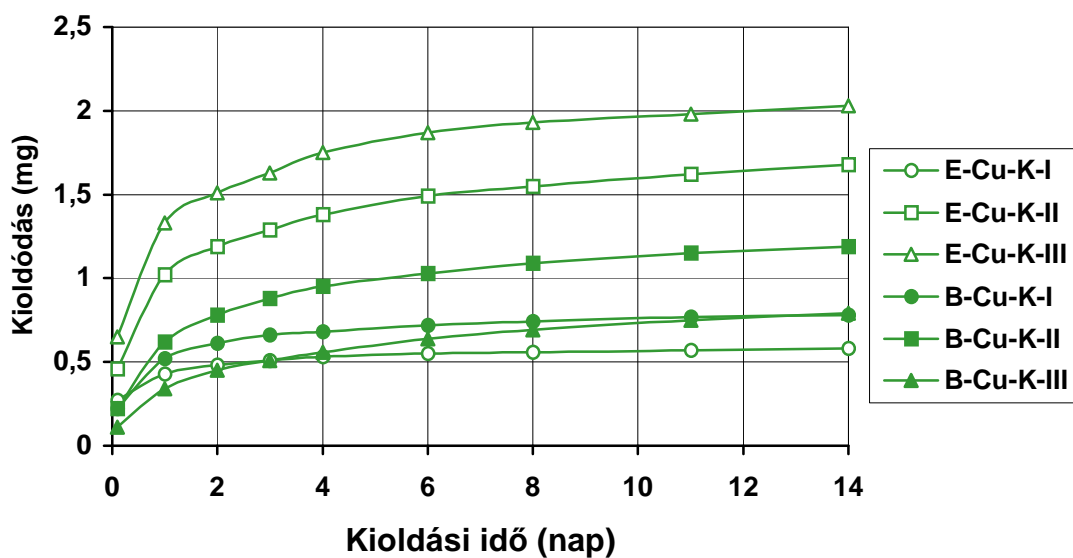
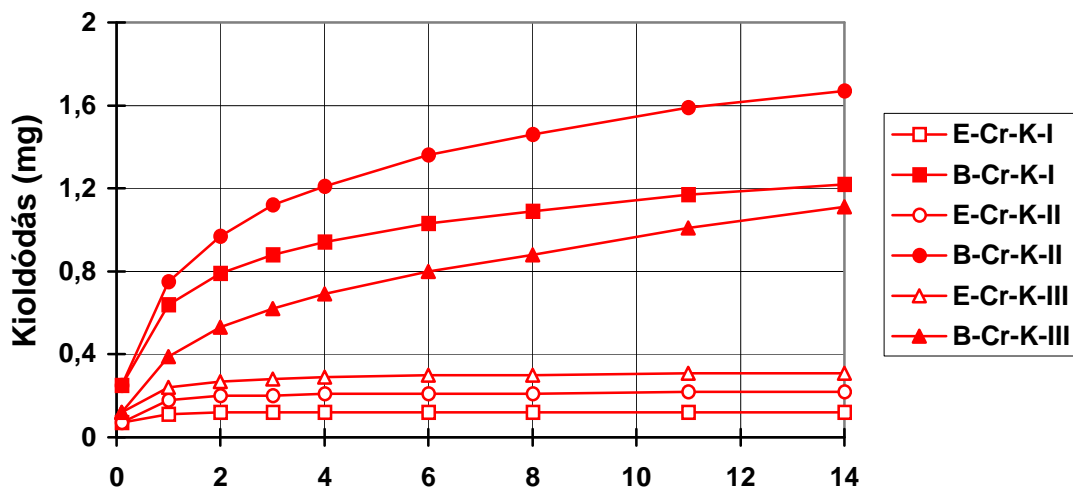
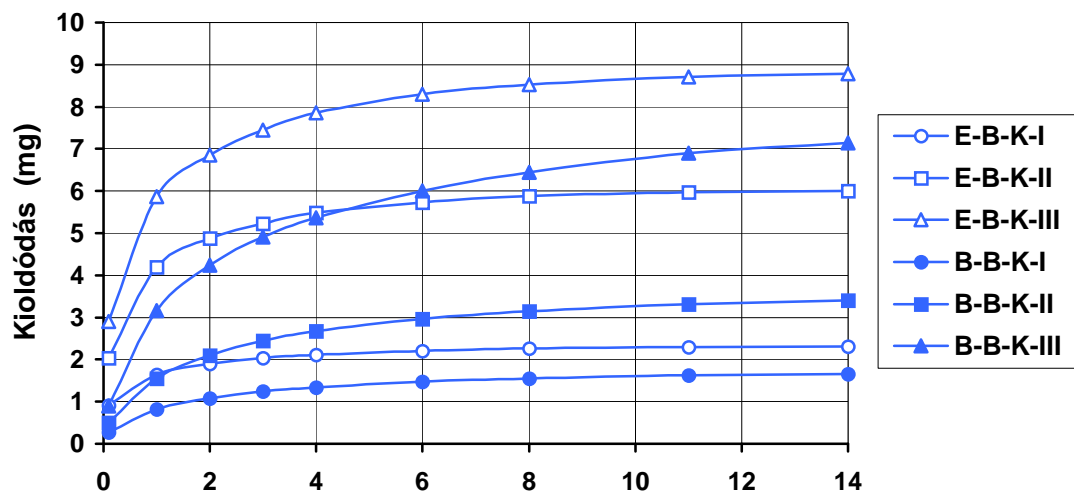




M.5.ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző védőszer-koncentrációk esetén



M.6.ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben az egyes védőszer-koncentrációk esetén

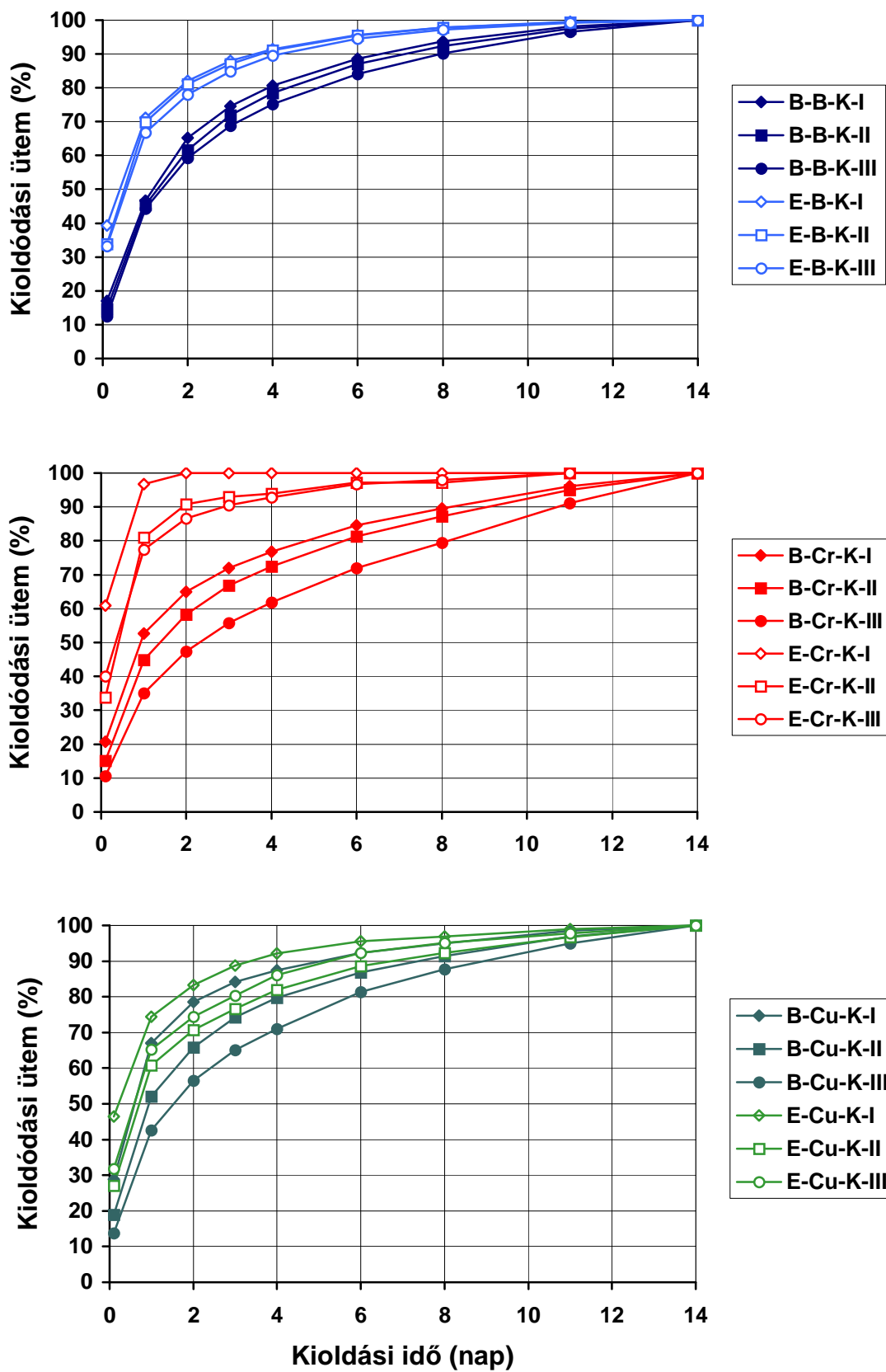


M.7.ábra. A bükk és erdeifenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző védőszer-koncentrációk esetén

M.3. táblázat. A bór, a króm és a réz kioldódási üteme (%) a laboratóriumi kezelés után, különböző védőszer-koncentrációk ( KI, KII, KIII ) esetén

Fafaj	Bükk								
Hatóanyag	Bór			Króm			Réz		
Kioldási idő (nap)	Védőszer-koncentráció								
	K-I	K-II	K-III	K-I	K-II	K-III	K-I	K-II	K-III
0,1	16,94	14,66	12,5	20,74	15,1	10,59	28,79	18,89	13,83
1	46,69	45,43	44,25	52,7	44,82	35,11	66,97	52,06	42,64
2	65,17	61,58	59,26	64,92	58,24	47,33	78,53	65,83	56,47
3	74,51	71,85	68,74	71,97	66,87	55,75	84,19	74,31	65,1
4	80,59	78,42	75,19	76,72	72,44	61,81	87,4	79,76	71,07
6	88,57	87,04	84,13	84,59	81,31	71,95	92,29	86,9	81,35
8	93,75	92,35	90,22	89,59	87,18	79,46	94,99	91,35	87,69
11	98,14	97,45	96,49	96,15	95,09	91,13	98,46	96,89	94,92
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fafaj	Erdeifenyő								
0,1	39,39	33,88	33,16	60,83	33,8	40	46,46	27,07	31,82
1	71,1	69,83	66,77	96,67	81,02	77,38	74,44	60,82	65,27
2	82,09	81,14	78,03	100	90,74	86,56	83,25	70,72	74,4
3	87,98	87,07	84,89	100	93,06	90,49	88,77	76,62	80,27
4	91,37	91,14	89,53	100	93,98	92,79	92,23	81,93	86,04
6	95,58	95,53	94,58	100	97,22	96,72	95,51	88,61	92,25
8	97,82	97,79	97,18	100	97,22	98,03	96,89	92,31	95,12
11	99,5	99,43	99,2	100	100	100	98,96	96,72	97,78
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100

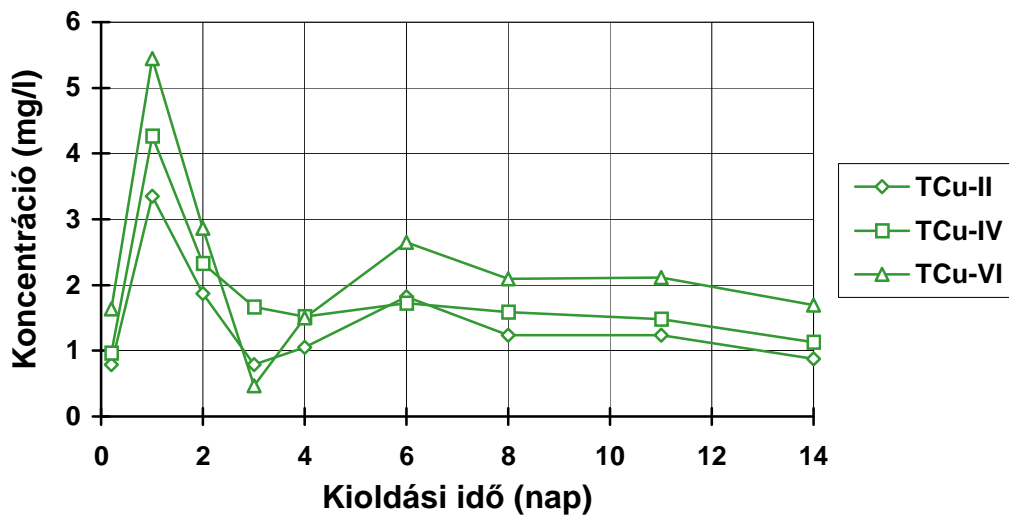
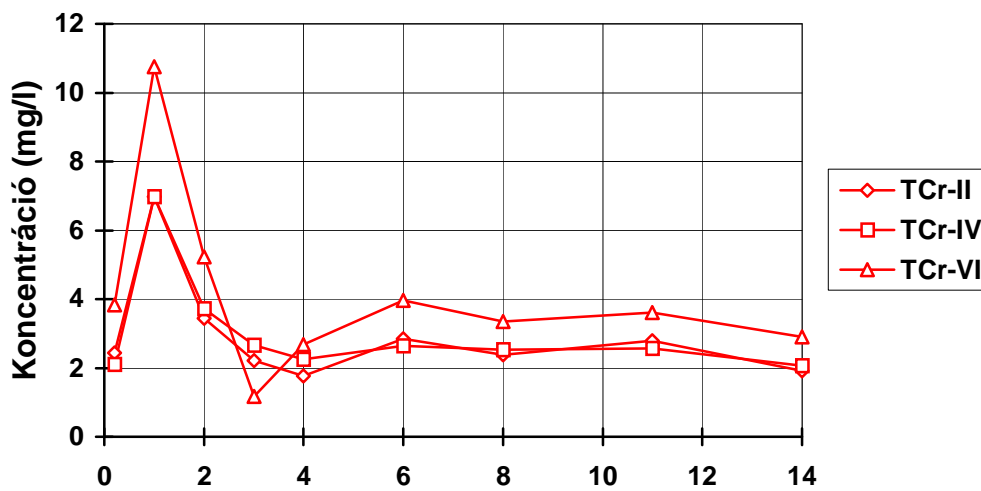
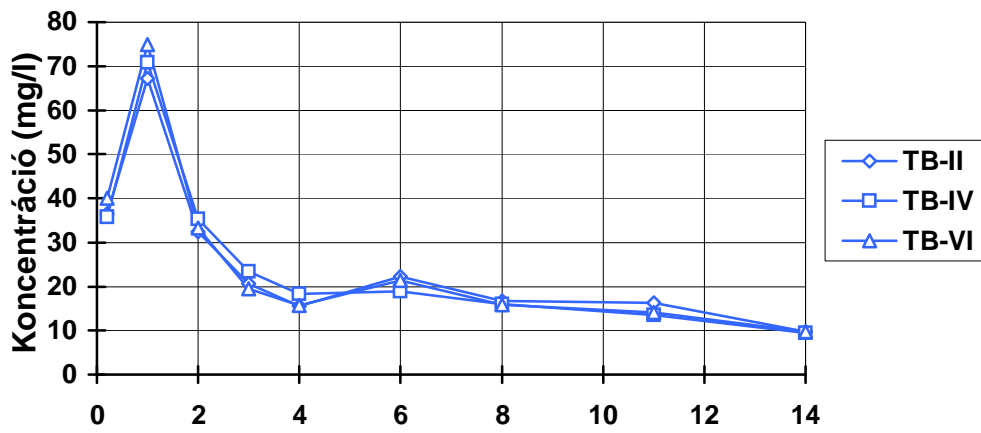




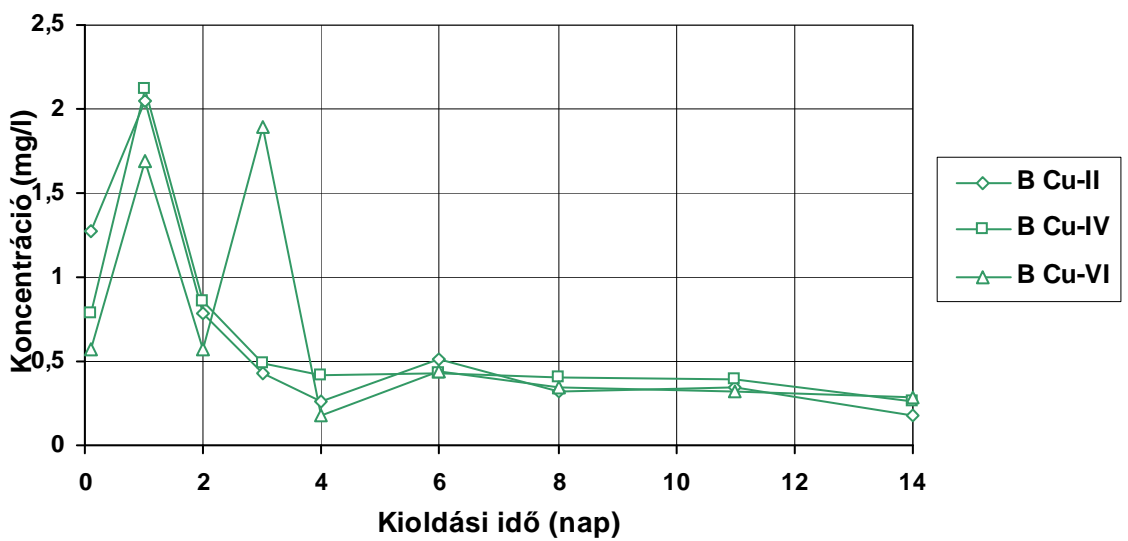
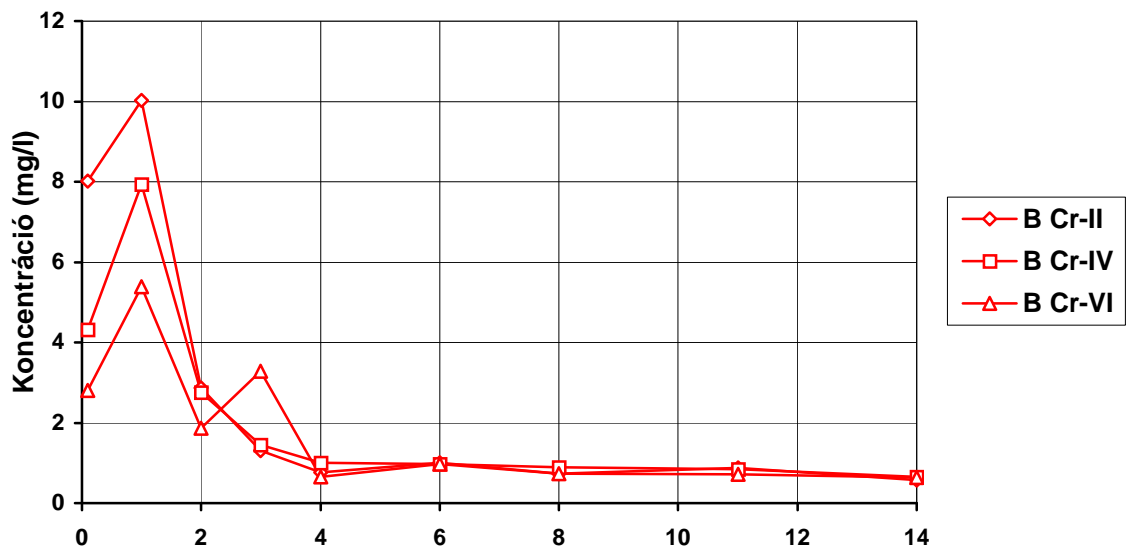
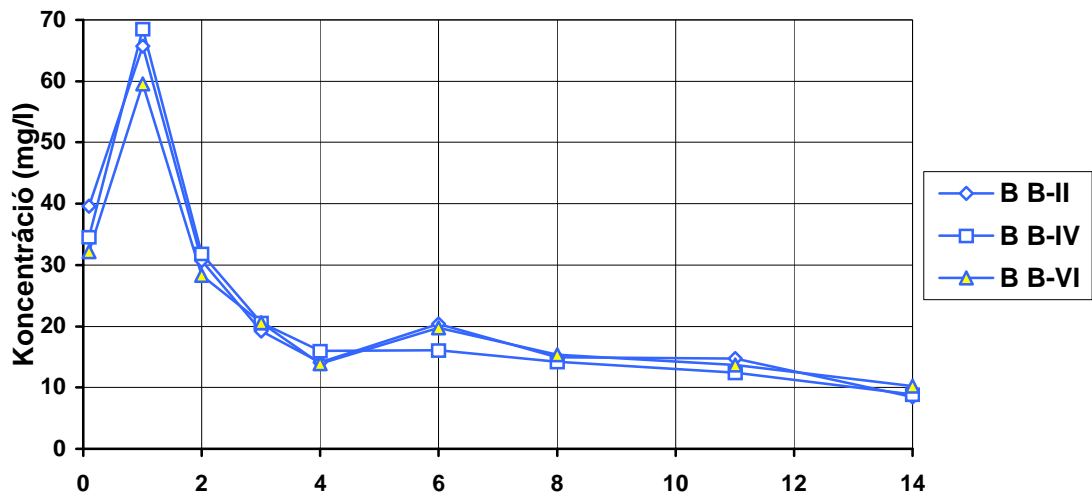
M.8. ábra. A bór, króm és réz kioldódási üteme a két fajtából a különböző védőszerkoncentrációk esetén

M.4. táblázat. Az egyes fajokból kioldódott bór, króm és réz koncentrációja (mg/l) a kioldó vízben a különböző pihentetési idők ( II, IV, VI hét ) után.

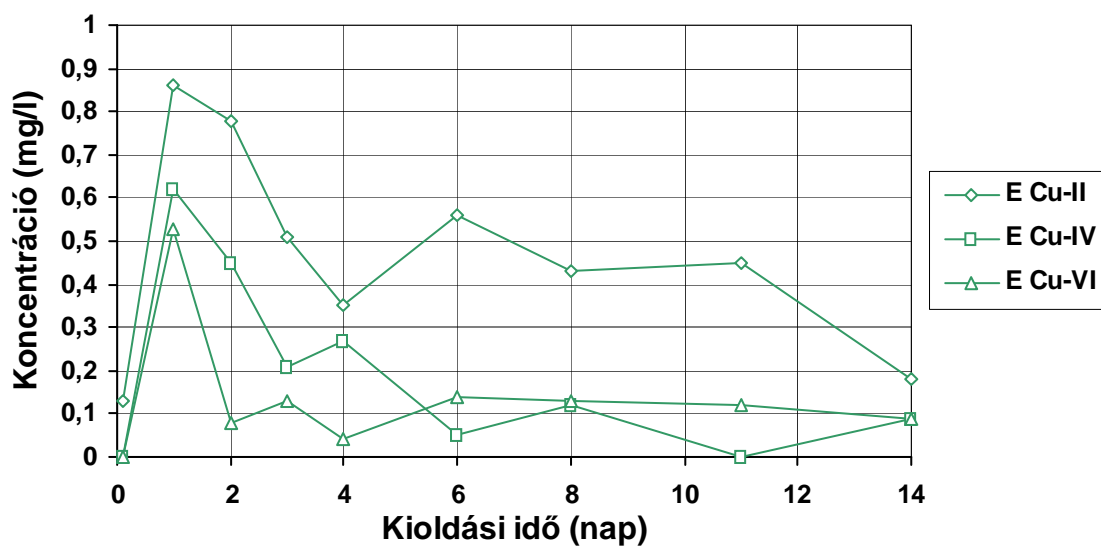
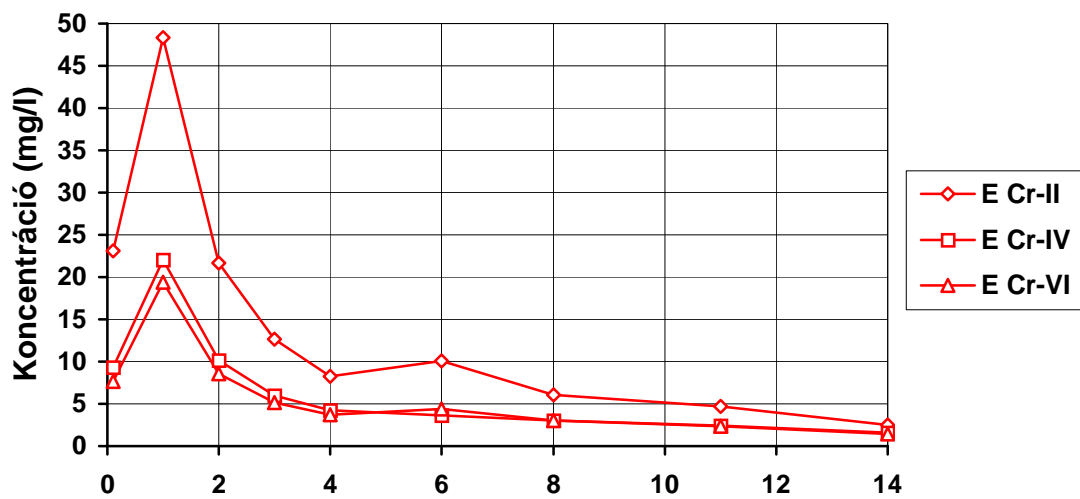
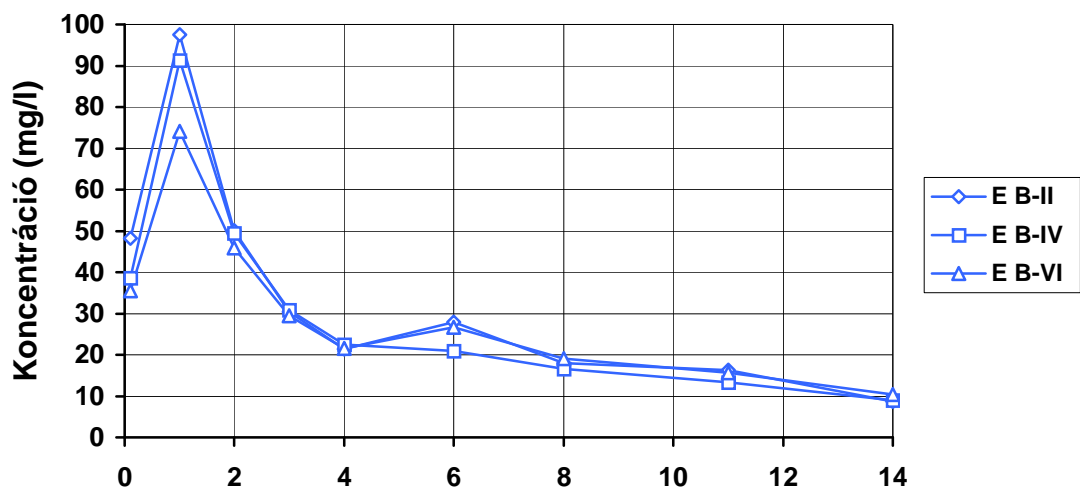
Fafaj	Tölgy								
	Bór			Króm			Réz		
	Pihentetési idő (hét)								
Kioldási idő (nap)	II	IV	VI	II	IV	VI	II	IV	VI
0,1	36,45	35,74	40	2,43	2,1	3,84	0,79	0,96	1,64
1	67,23	70,83	74,98	6,97	6,98	10,75	3,35	4,27	5,44
2	32,39	35,3	33,37	3,44	3,73	5,23	1,87	2,33	2,86
3	20,71	23,41	19,51	2,22	2,66	1,18	0,79	1,67	0,47
4	15,6	18,34	15,78	1,76	2,26	2,67	1,05	1,52	1,5
6	22,26	18,98	21,36	2,84	2,65	3,96	1,82	1,72	2,65
8	16,79	16,06	15,8	2,38	2,53	3,34	1,24	1,59	2,09
11	16,24	13,55	14,16	2,79	2,57	3,61	1,24	1,48	2,11
14	9,7	9,52	9,72	1,92	2,06	2,91	0,88	1,13	1,69
Fafaj	Bükk								
0,1	39,6	34,54	32,18	8,01	4,32	2,8	1,27	0,78	0,57
1	65,73	68,51	59,51	10,02	7,94	5,39	2,05	2,12	1,69
2	30,69	31,9	28,36	2,87	2,75	1,87	0,78	0,86	0,57
3	19,26	20,53	20,6	1,3	1,45	3,29	0,43	0,49	1,89
4	14,15	16,02	13,89	0,77	1,01	0,66	0,26	0,42	0,18
6	20,33	16,05	19,7	1	0,98	0,98	0,51	0,43	0,44
8	14,93	14,21	15,4	0,74	0,89	0,73	0,32	0,4	0,35
11	14,75	12,4	13,72	0,88	0,84	0,72	0,35	0,39	0,32
14	8,47	8,89	10,21	0,58	0,65	0,63	0,18	0,26	0,28
Fafaj	Erdeifenyő								
0,1	48,21	38,59	35,47	23,14	9,35	7,66	0,13	0	0
1	97,5	91,3	74,1	48,35	22,01	19,36	0,86	0,62	0,53
2	50,08	49,4	45,93	21,7	10,16	8,56	0,78	0,45	0,08
3	30,35	30,89	29,39	12,64	5,97	5,16	0,51	0,21	0,13
4	21,35	22,51	21,59	8,23	4,24	3,68	0,35	0,27	0,04
6	27,97	20,86	26,72	10,04	3,63	4,39	0,56	0,05	0,14
8	17,99	16,64	19,01	6,04	3,05	3,06	0,43	0,12	0,13
11	16,27	13,41	15,67	4,69	2,4	2,33	0,45	0	0,12
14	8,69	8,99	10,42	2,49	1,57	1,47	0,18	0,09	0,09
Fafaj	Lucfenyő								
0,1	80,26	65,24	60,18	53,91	21,8	17	0,18	0	0
1	150	78,94	69,07	92,67	48,13	37,37	0,82	0,45	0,22
2	51,94	61,61	62,07	31,74	20,05	16,49	0,39	0,22	0,18
3	19,61	25,89	27,53	13,89	10,22	8,69	0,29	0,1	0,01
4	8,24	11,83	13,07	6,95	5,57	4,57	0,21	0,16	0
6	6,25	7,52	11,2	6,18	3,98	4,31	0,51	0,1	0,11
8	2,87	4,02	5,55	3,4	2,51	2,2	0,63	0,24	0,17
11	1,83	2,62	3,22	2,05	1,66	1,22	0,67	0,31	0,16
14	0,81	1,52	2,07	1,26	1,03	0,72	0,4	0,27	0,21



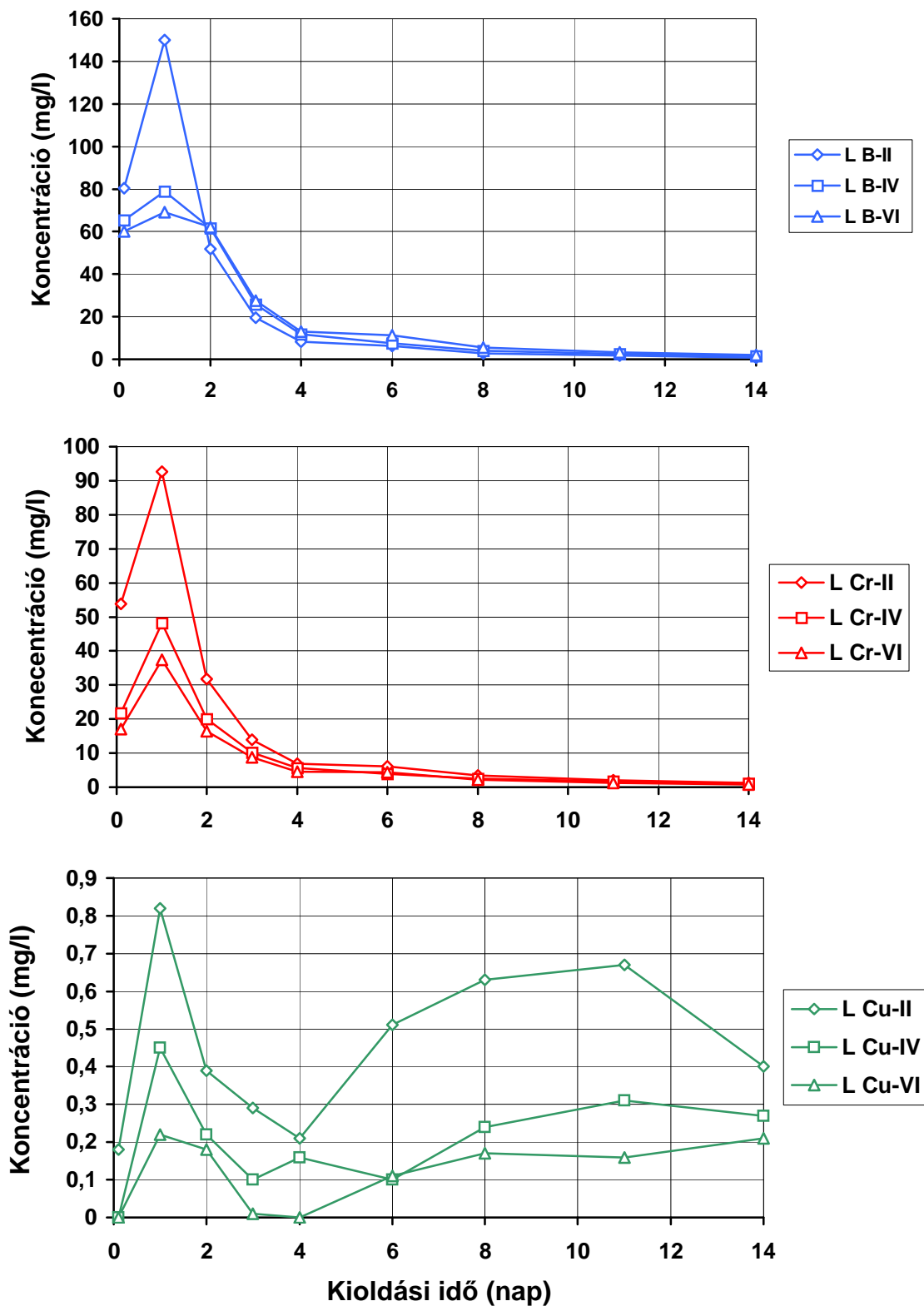
M.9. ábra. A B, Cr és Cu koncentráció a tölgy próbatestekből történő kioldás közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



M.10. ábra. A B, Cr és Cu koncentráció a bükk próbatestekből történt kioldás közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



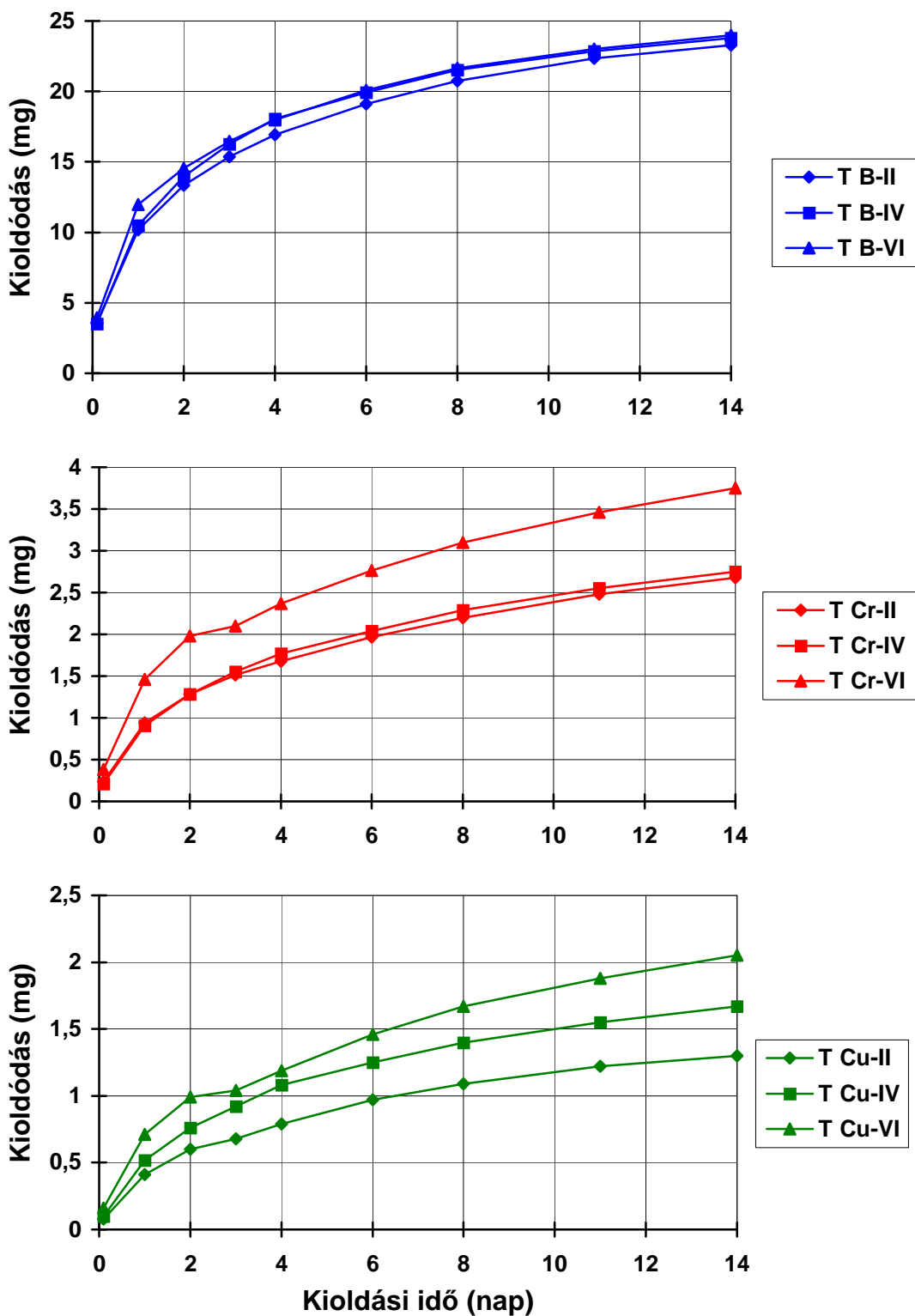
M.11. ábra. A B, Cr és Cu koncentráció az erdeifenyő próbatestekből történő kioldás közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



M.12. ábra. A B, Cr és Cu koncentráció a lucfenyő próbatestekből történt kioldás közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után

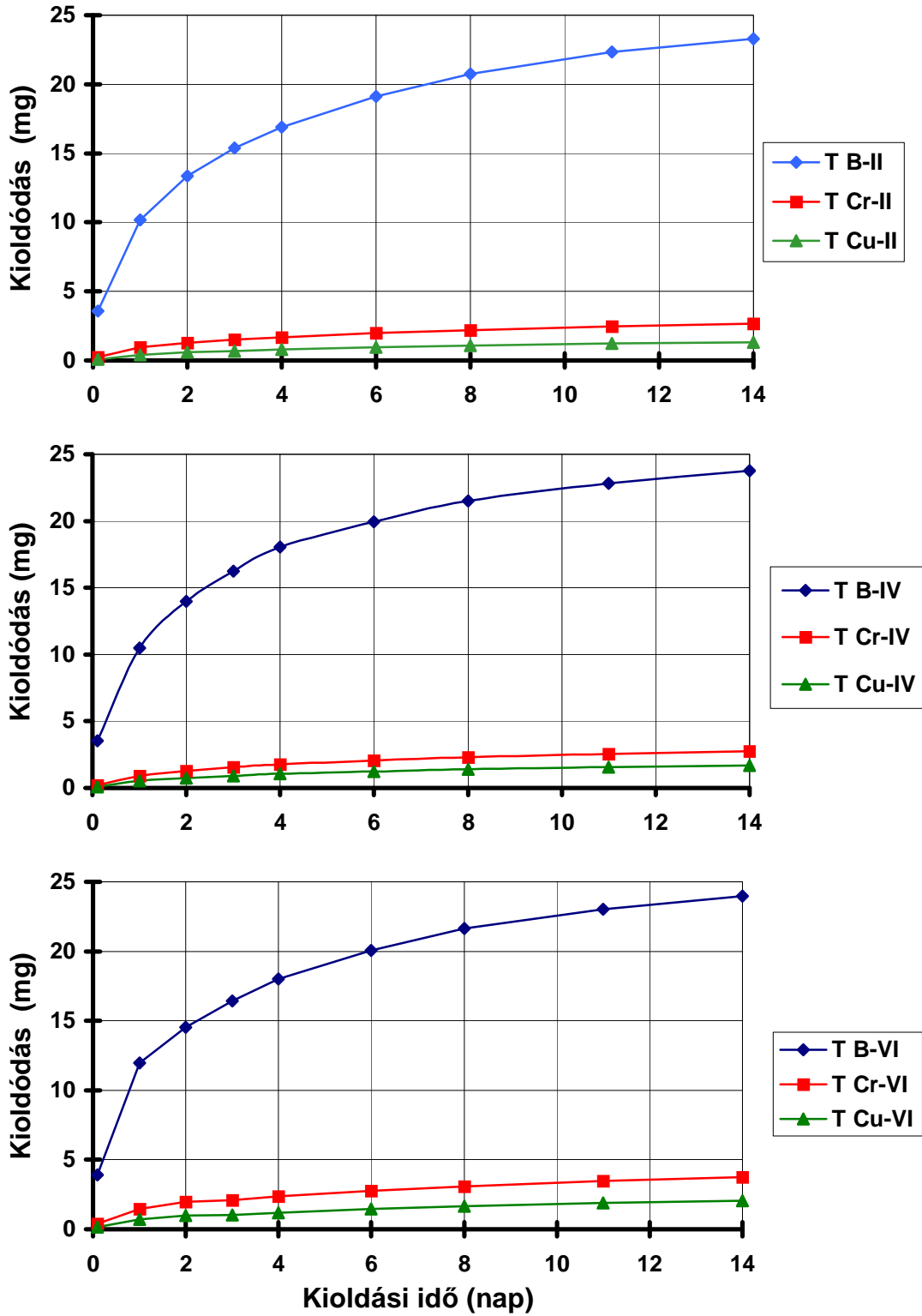
M.5. táblázat. Az egyes fafajokból kioldódott hatóanyagok mennyisége (mg/db)

Fafaj	Tölgy								
	Bór			Króm			Réz		
Hatóanyag Kioldási idő (nap)	Pihentetési idő (hét)								
	II	IV	VI	II	IV	VI	II	IV	VI
0,1	3,58	3,52	3,92	0,24	0,21	0,38	0,08	0,1	0,16
1	10,17	10,49	11,98	0,94	0,91	1,46	0,41	0,52	0,71
2	13,35	13,96	14,53	1,28	1,28	1,98	0,6	0,76	0,99
3	15,38	16,26	16,44	1,51	1,55	2,1	0,68	0,92	1,04
4	16,91	18,06	17,99	1,68	1,77	2,37	0,79	1,08	1,19
6	19,1	19,93	20,08	1,97	2,04	2,76	0,97	1,25	1,46
8	20,74	21,51	21,63	2,2	2,29	3,1	1,09	1,4	1,67
11	22,34	22,84	23,02	2,48	2,55	3,46	1,22	1,55	1,88
14	23,29	23,78	23,97	2,68	2,75	3,75	1,3	1,67	2,05
Fafaj	Bükk								
0,1	3,58	3,26	3,05	0,801	0,432	0,28	0,127	0,078	0,057
1	9,51	9,71	8,68	1,803	1,226	0,819	0,332	0,29	0,226
2	12,28	12,72	11,37	2,09	1,501	1,006	0,41	0,376	0,283
3	14,01	14,65	13,32	2,22	1,646	1,335	0,453	0,425	0,472
4	15,29	16,16	14,64	2,297	1,747	1,401	0,479	0,467	0,49
6	17,13	17,67	16,5	2,397	1,845	1,499	0,53	0,51	0,534
8	18,47	19,01	17,96	2,471	1,934	1,572	0,562	0,55	0,569
11	19,81	20,18	19,26	2,559	2,018	1,644	0,597	0,589	0,601
14	20,57	21,02	20,23	2,617	2,083	1,707	0,615	0,615	0,629
Fafaj	Erdeifenyő								
0,1	4,73	3,86	3,55	2,31	0,94	0,77	0,01	0	0
1	14,31	12,99	10,96	7,15	3,14	2,7	0,1	0,06	0,05
2	19,23	17,93	15,55	9,32	4,15	3,56	0,18	0,11	0,06
3	22,21	21,02	18,49	10,58	4,75	4,07	0,23	0,13	0,07
4	24,31	23,27	20,65	11,41	5,17	4,44	0,26	0,16	0,08
6	27,05	25,36	23,32	12,41	5,54	4,88	0,32	0,16	0,09
8	28,82	27,02	25,22	13,01	5,84	5,19	0,36	0,17	0,11
11	30,42	28,36	26,79	13,48	6,08	5,42	0,41	0,17	0,12
14	31,27	29,26	27,83	13,73	6,24	5,57	0,43	0,18	0,13
Fafaj	Lucfenyő								
0,1	7,82	6,52	6,02	5,39	2,18	1,7	0,02	0	0
1	22,42	14,42	12,93	14,66	6,99	5,44	0,1	0,05	0,02
2	27,48	20,58	19,13	17,83	9	7,09	0,14	0,07	0,04
3	29,45	23,17	21,89	19,22	10,02	7,96	0,17	0,08	0,04
4	30,2	24,35	23,19	19,92	10,58	8,41	0,19	0,09	0,04
6	30,8	25,1	24,31	20,53	10,98	8,84	0,24	0,1	0,05
8	31,08	25,51	24,87	20,87	11,23	9,06	0,3	0,13	0,07
11	31,26	25,77	25,19	21,08	11,39	9,19	0,37	0,16	0,09
14	31,34	25,92	25,4	21,21	11,5	9,26	0,41	0,19	0,11

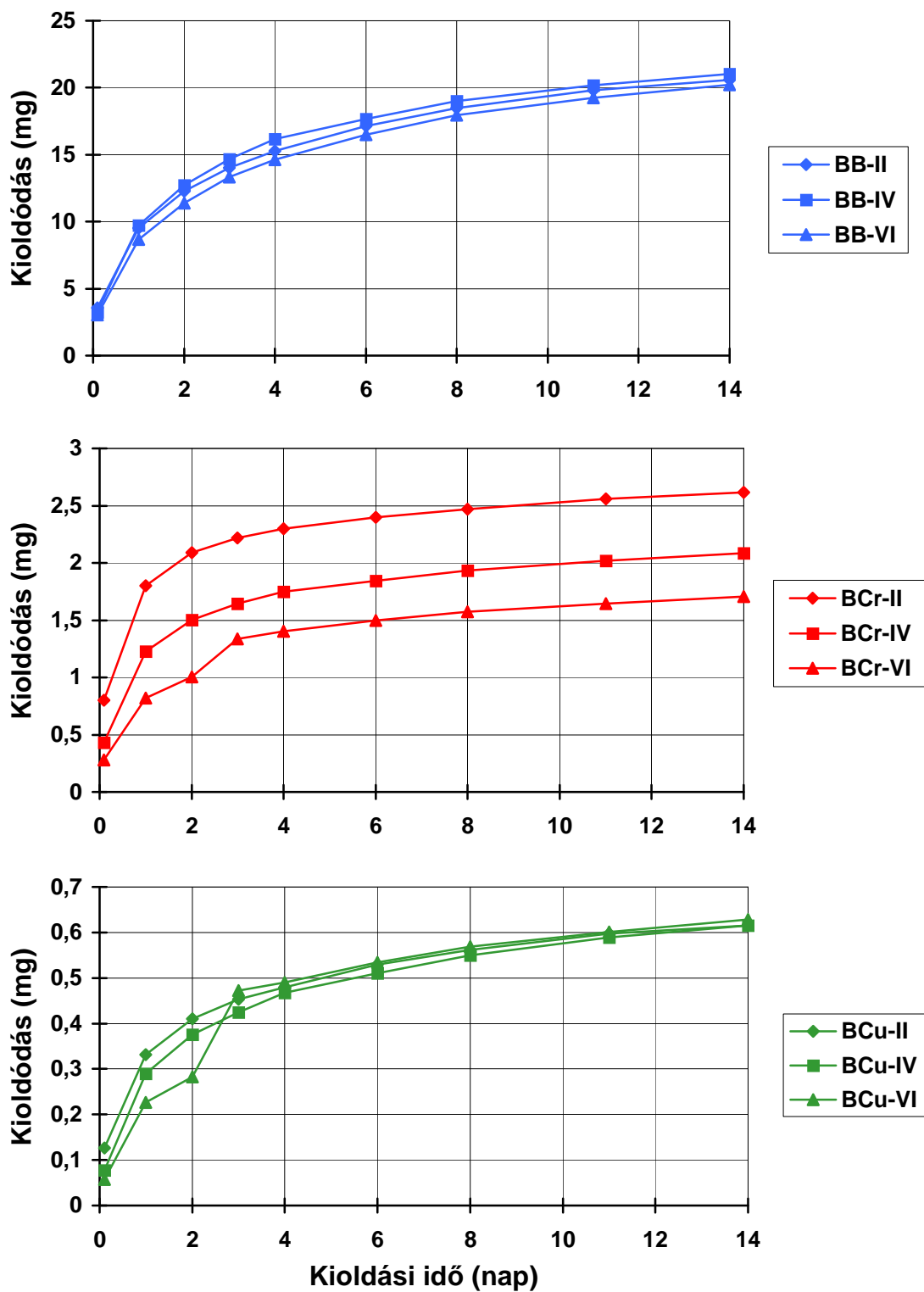


M.13. ábra. A tölgy próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után

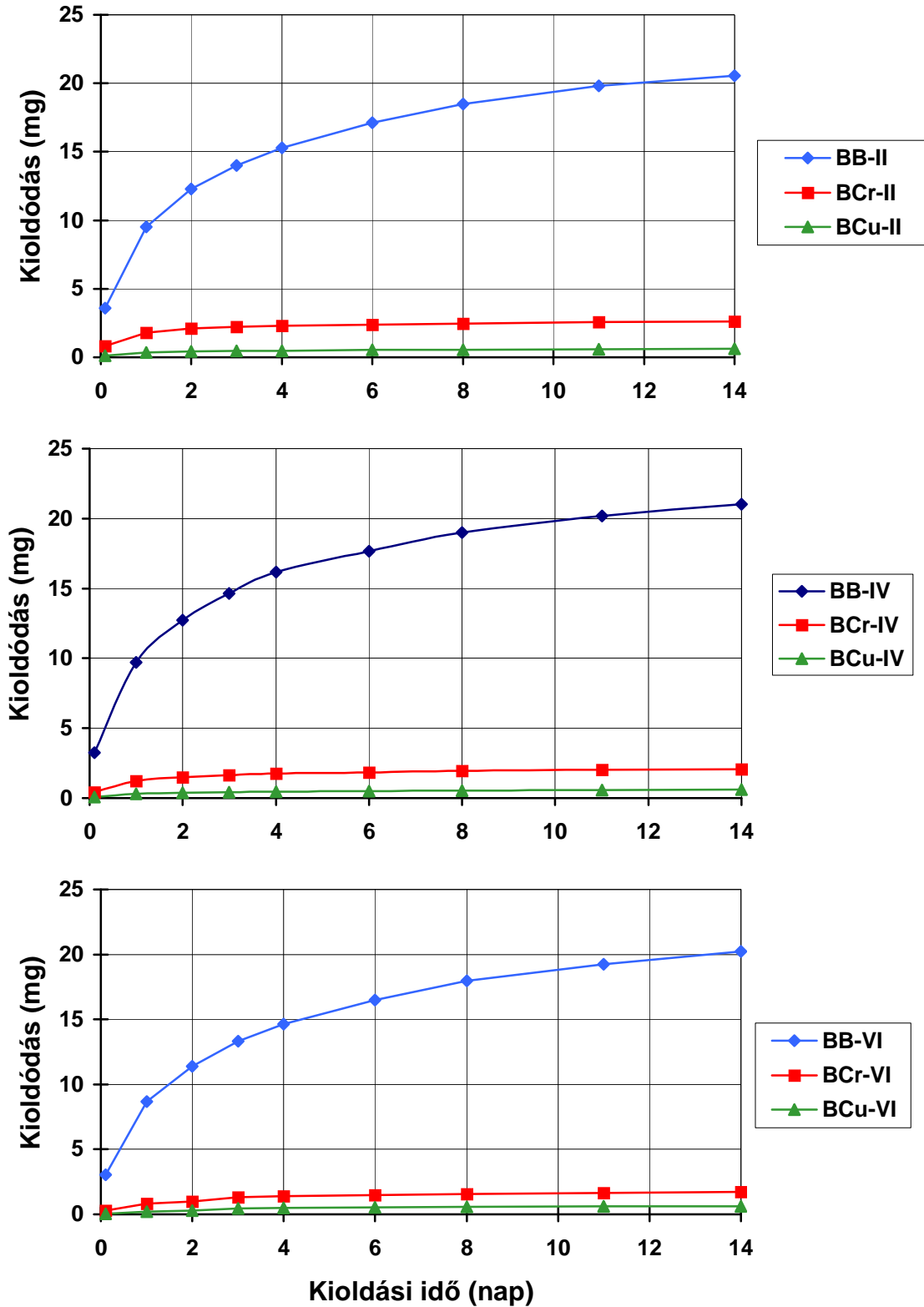




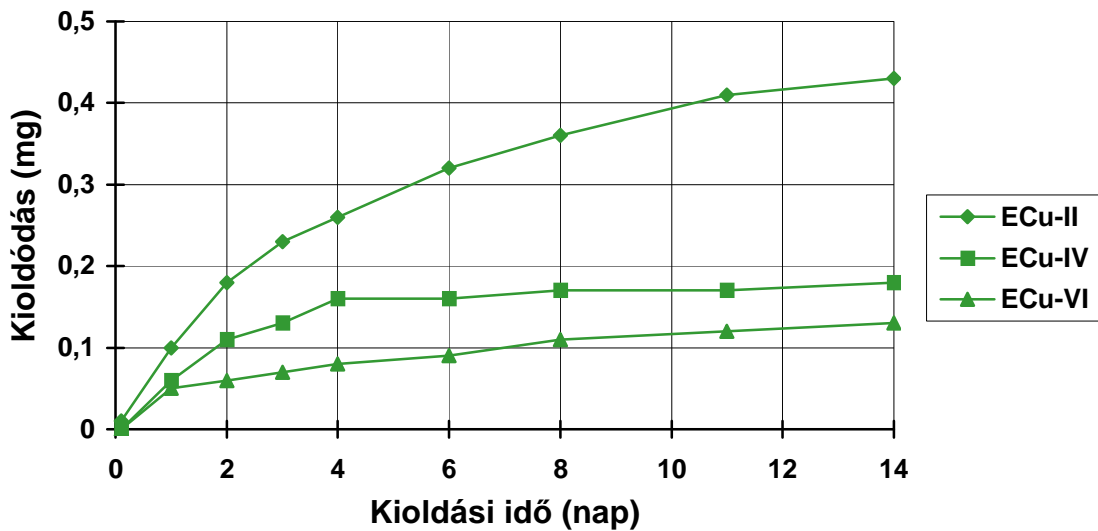
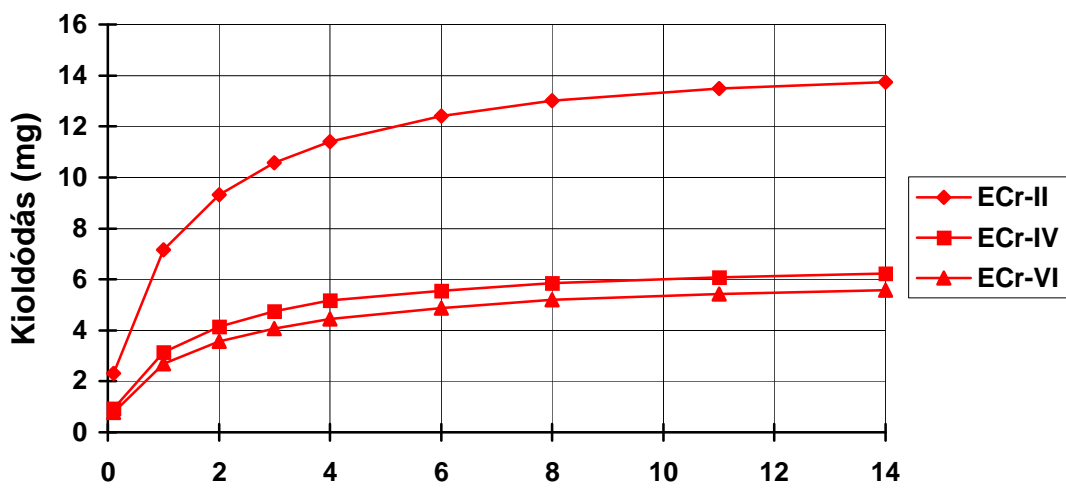
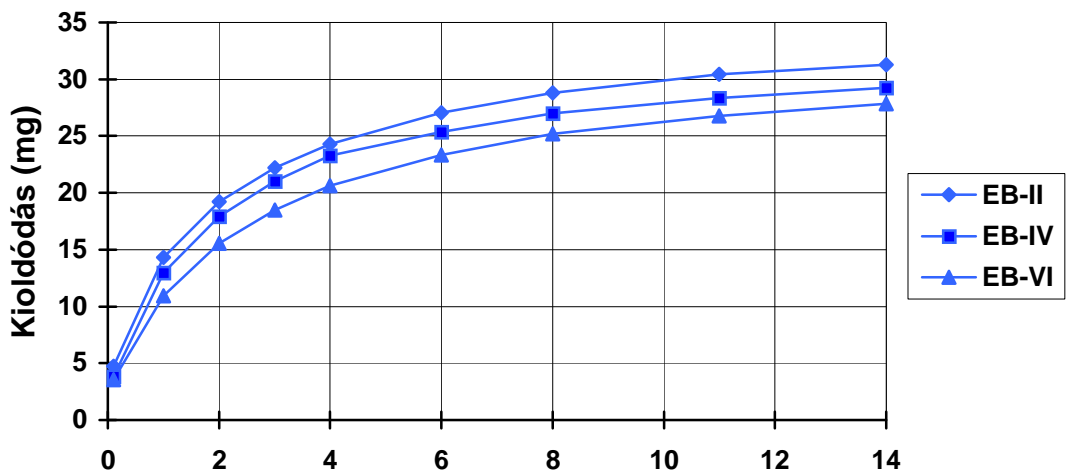
M.14. ábra. A tölgy próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben az egyes pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



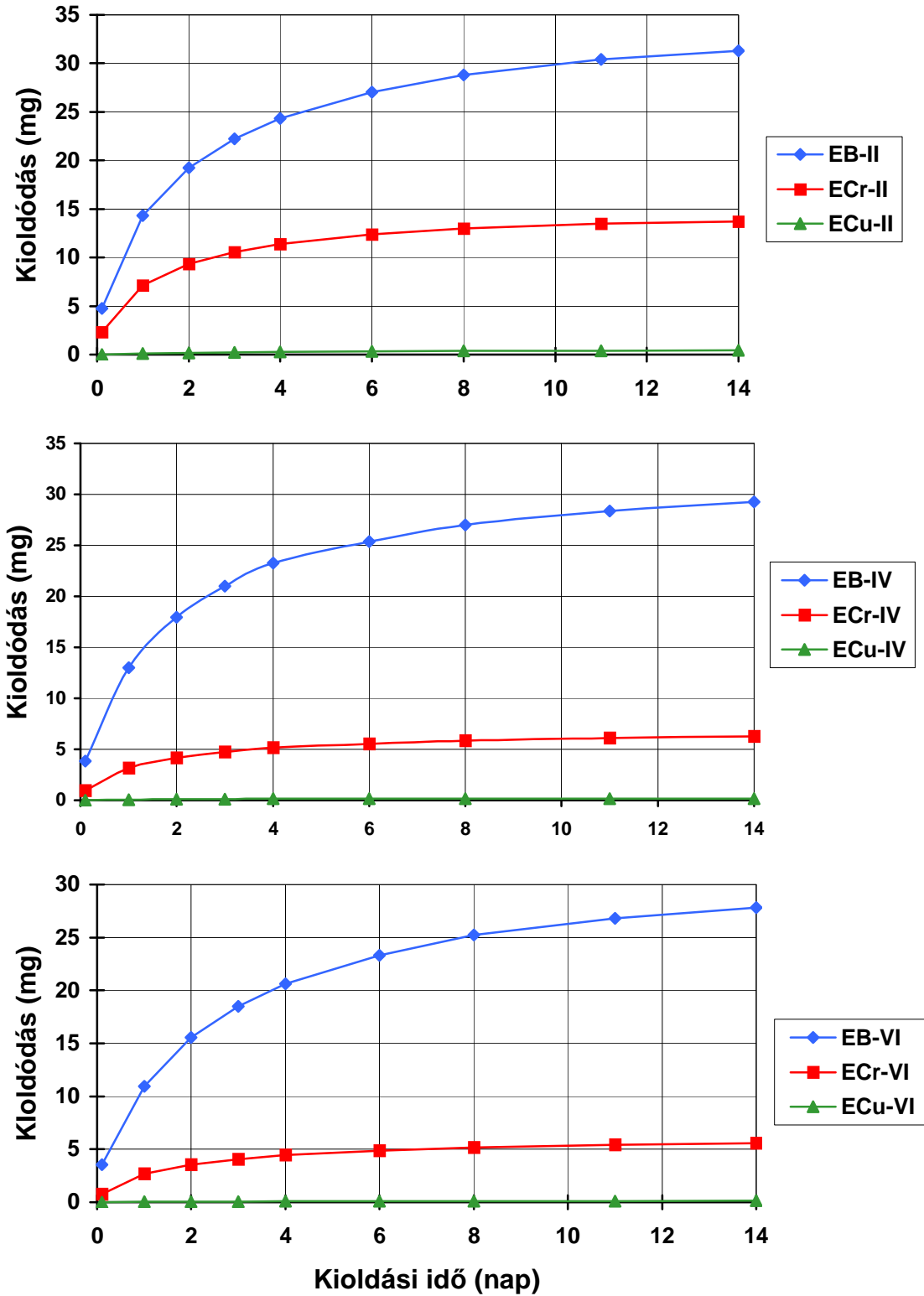
M.15. ábra. A bükk próbatestektől kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



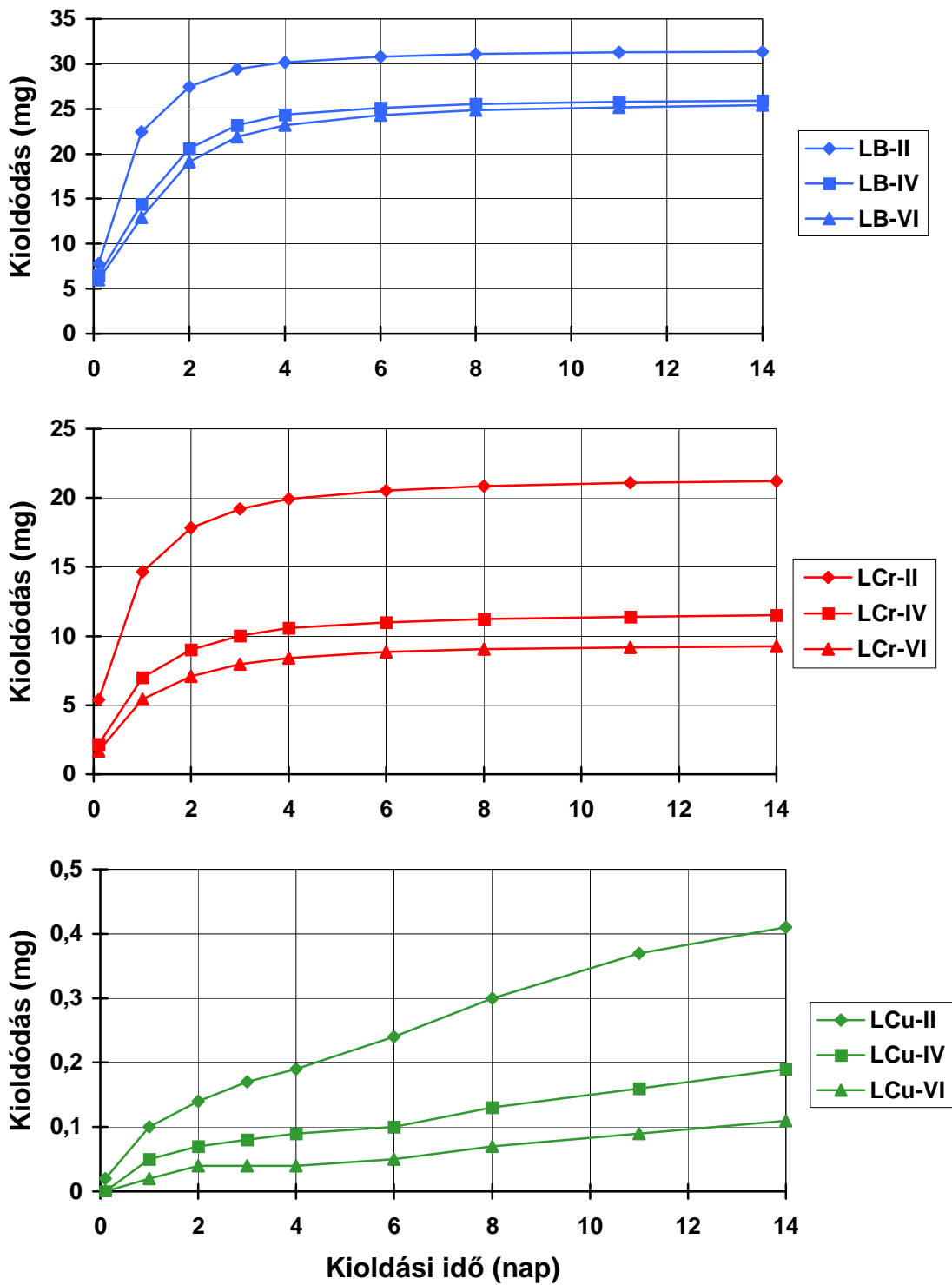
M.16. ábra. A bükk próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben az egyes pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



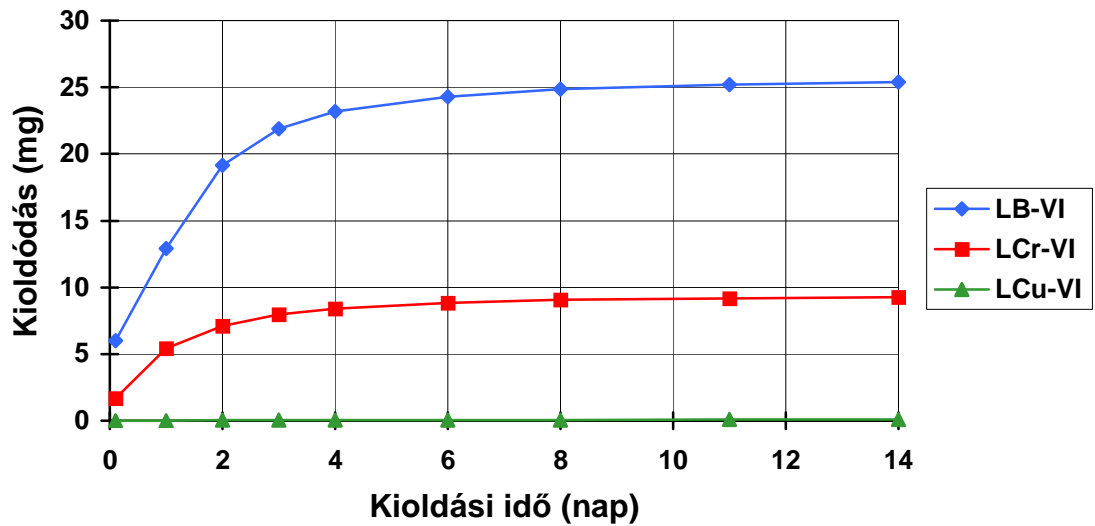
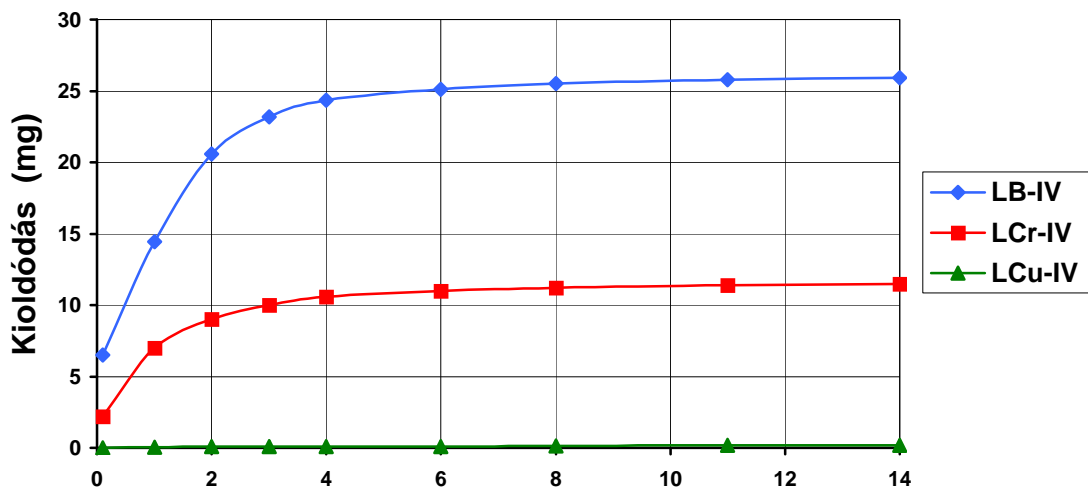
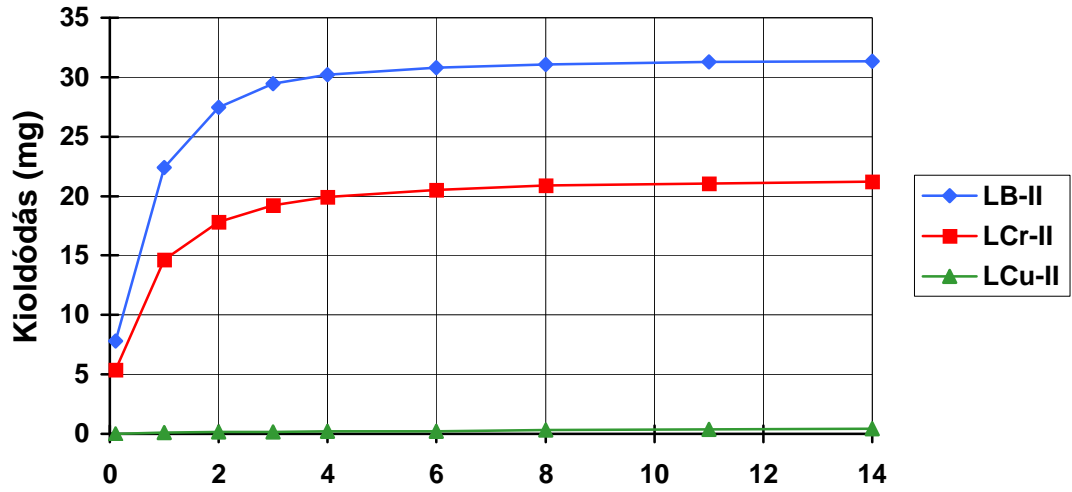
M.17. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



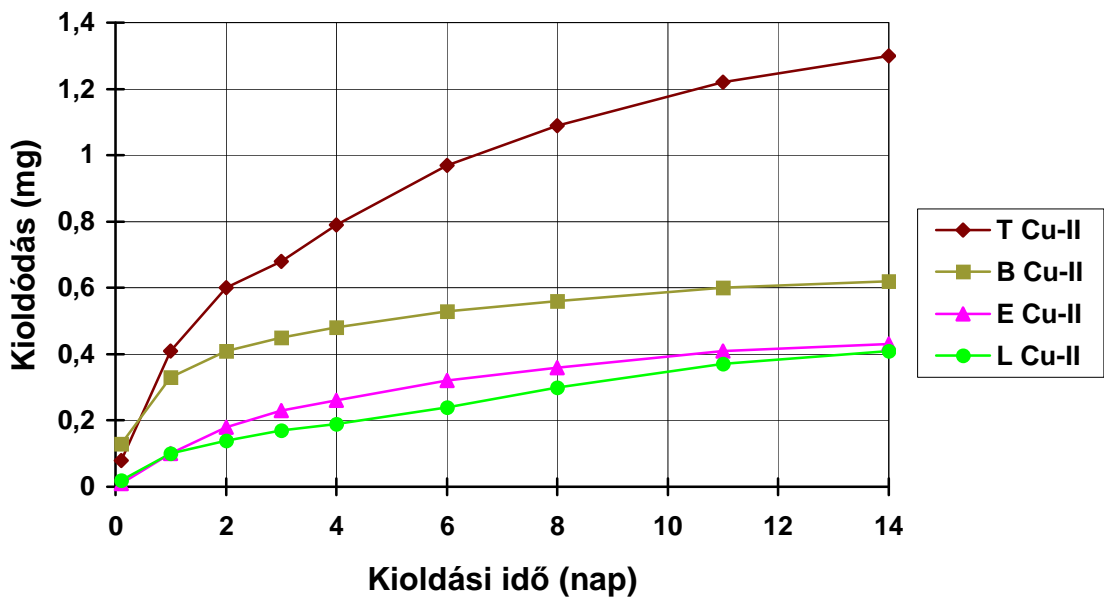
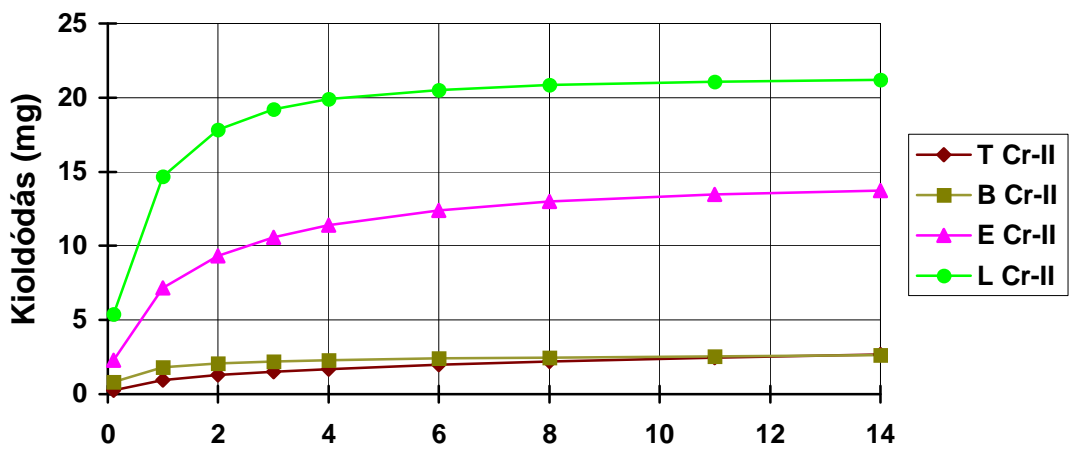
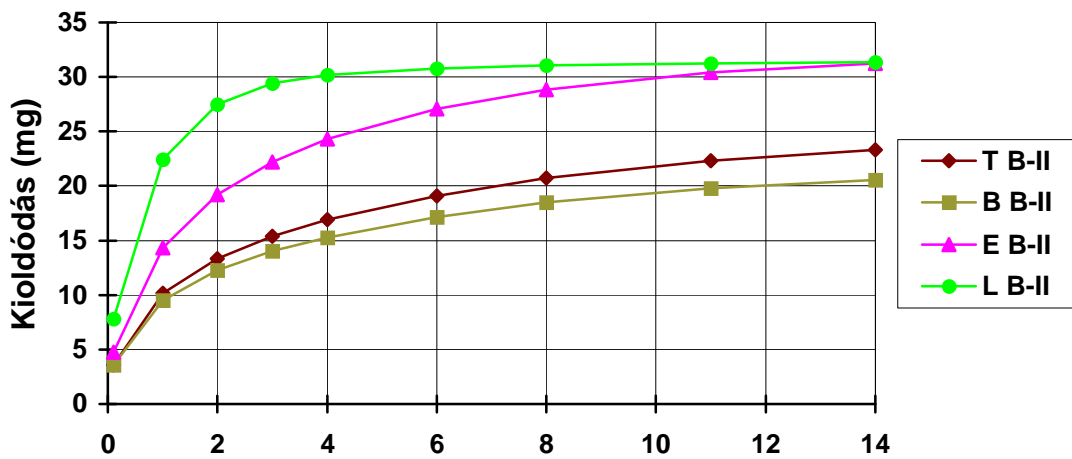
M.18. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben az egyes pihentetési idők (II, IV és VI hét) után



M.19. ábra. A lucfenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben a különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után

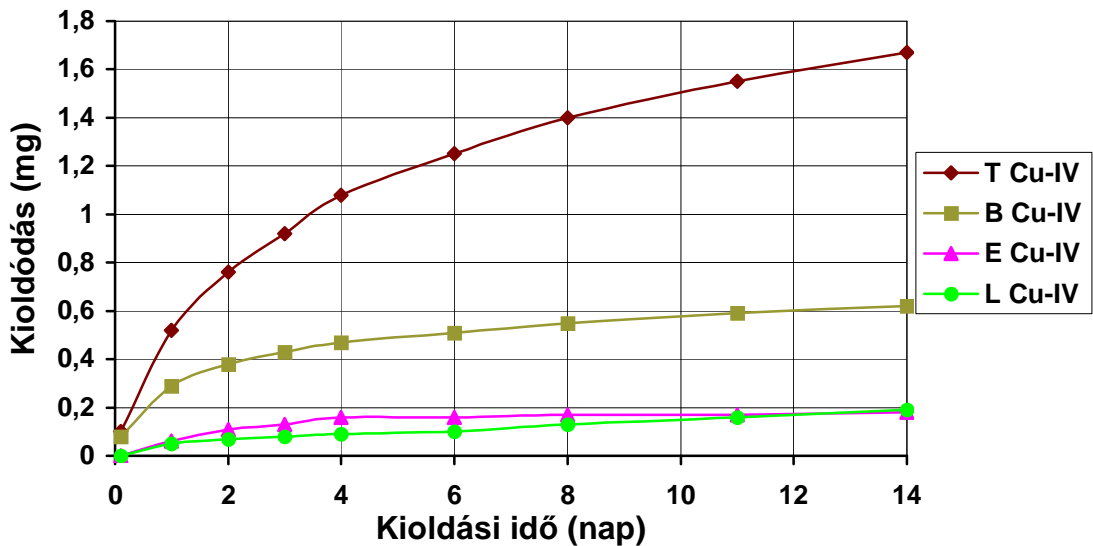
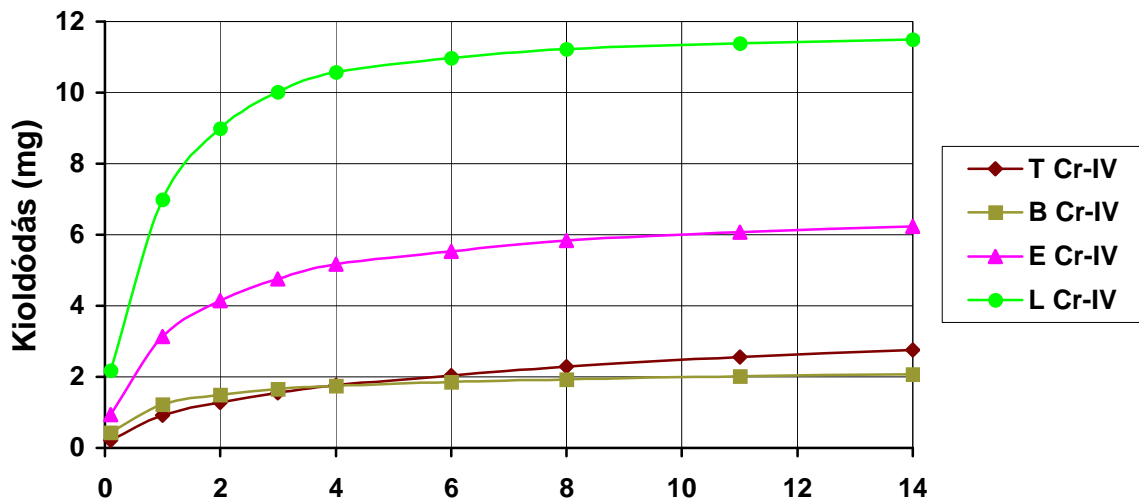
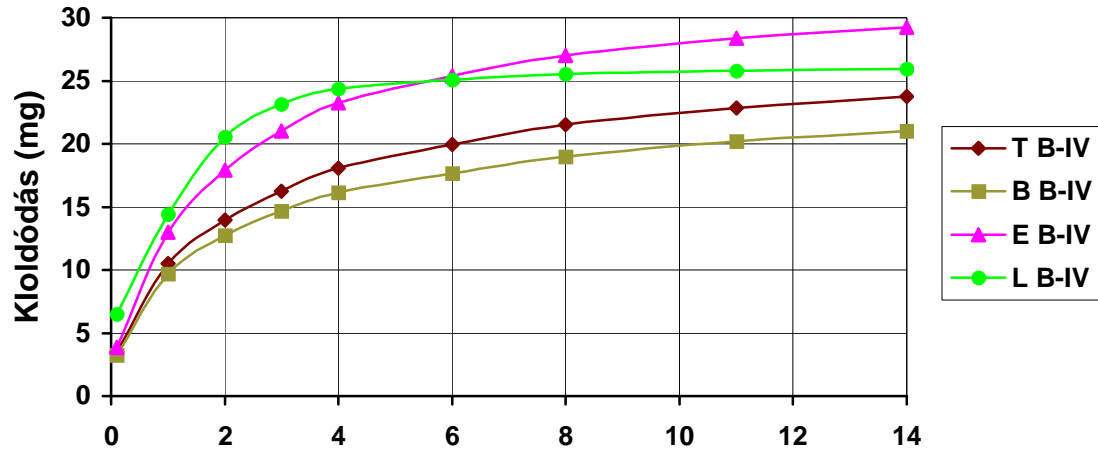


M.20. ábra. A lucfenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben az egyes pihentetési idők (II, IV és VI hét) után

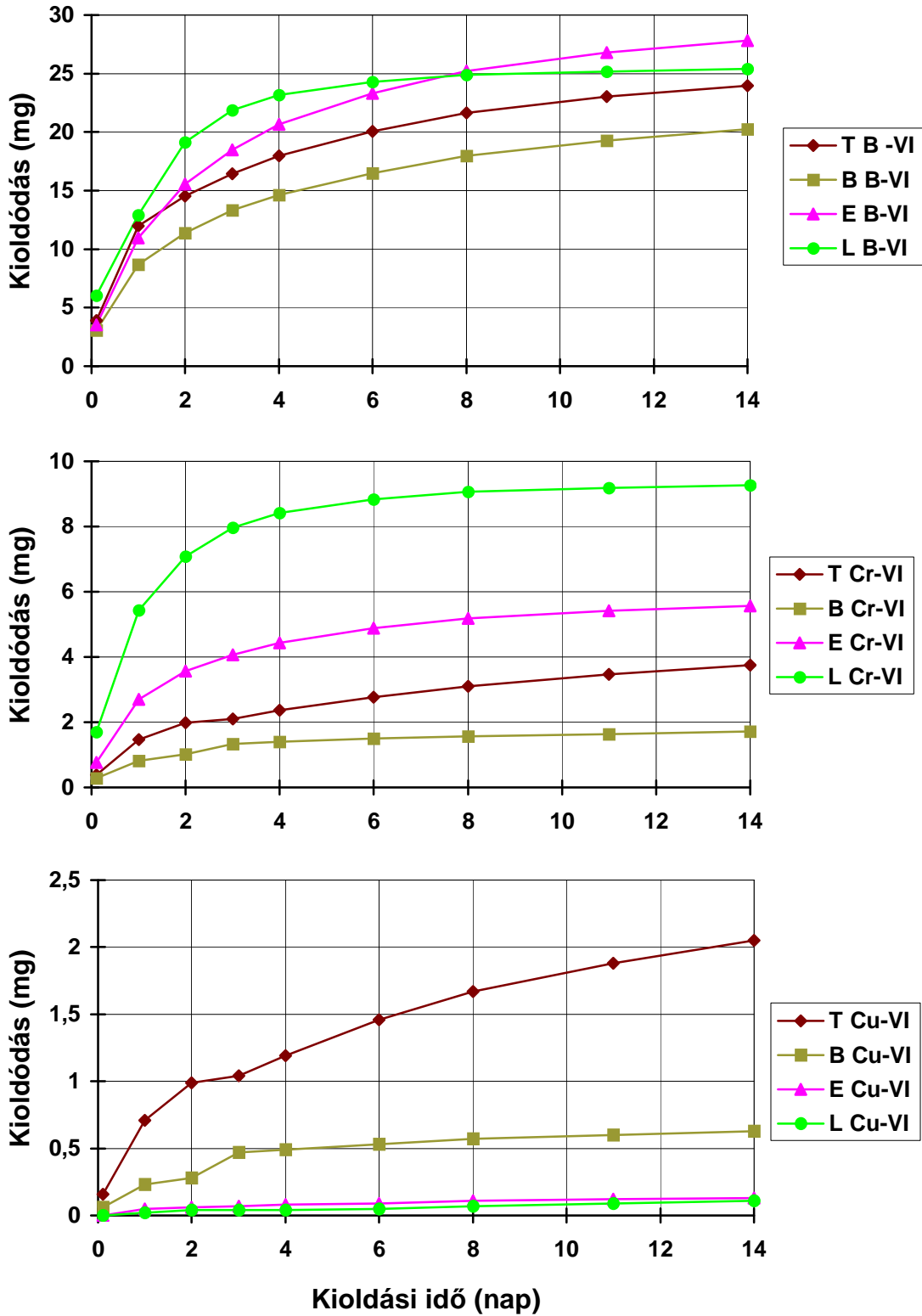


M.21. ábra. A tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben II hét pihentetési idő után





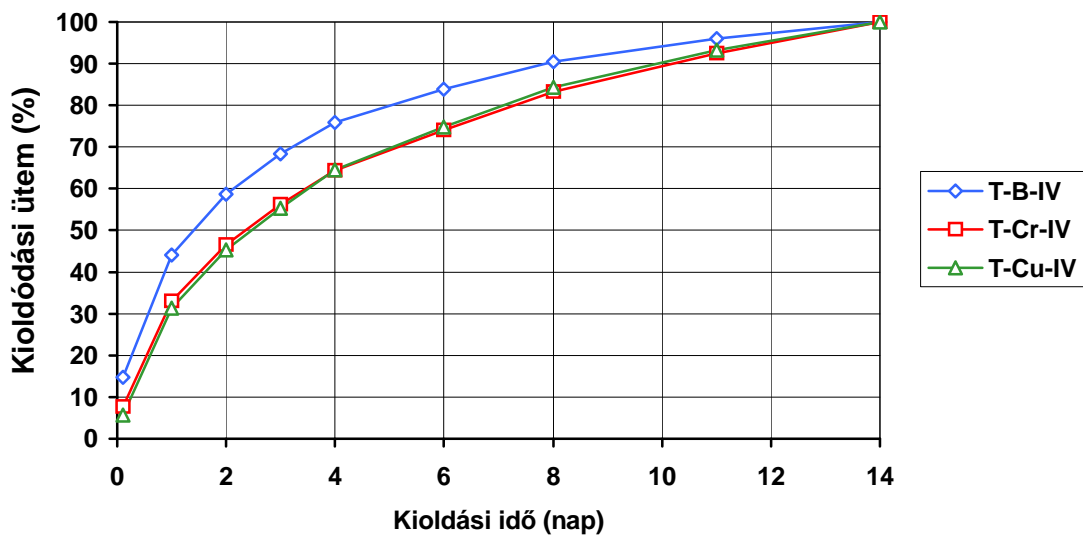
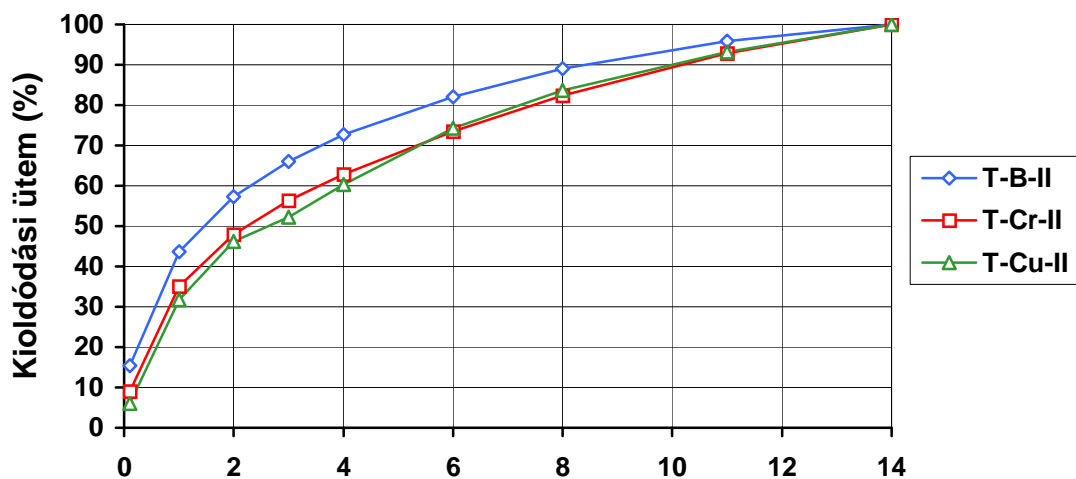
M.22. ábra. A tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben IV hét pihentetési idő után



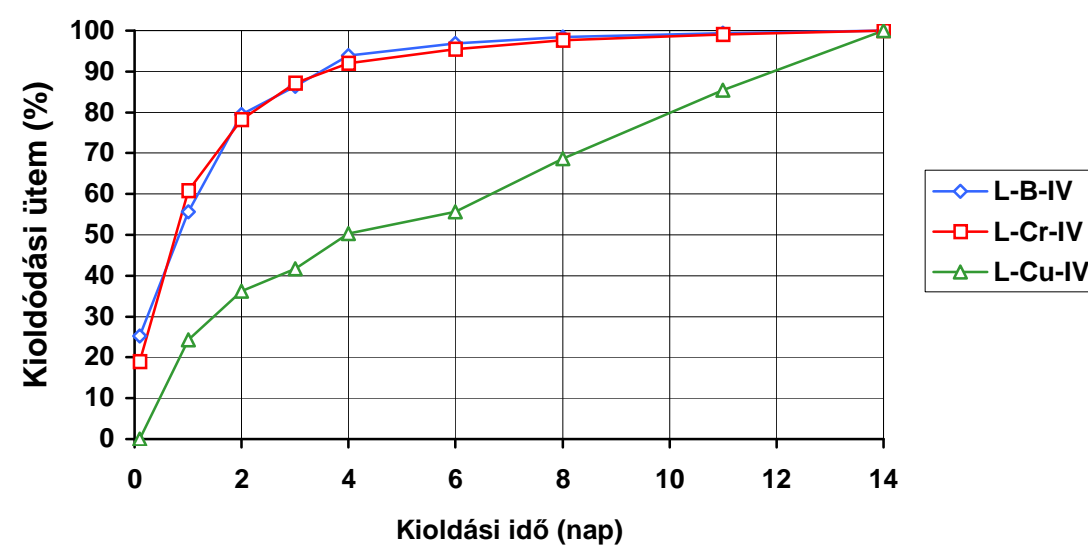
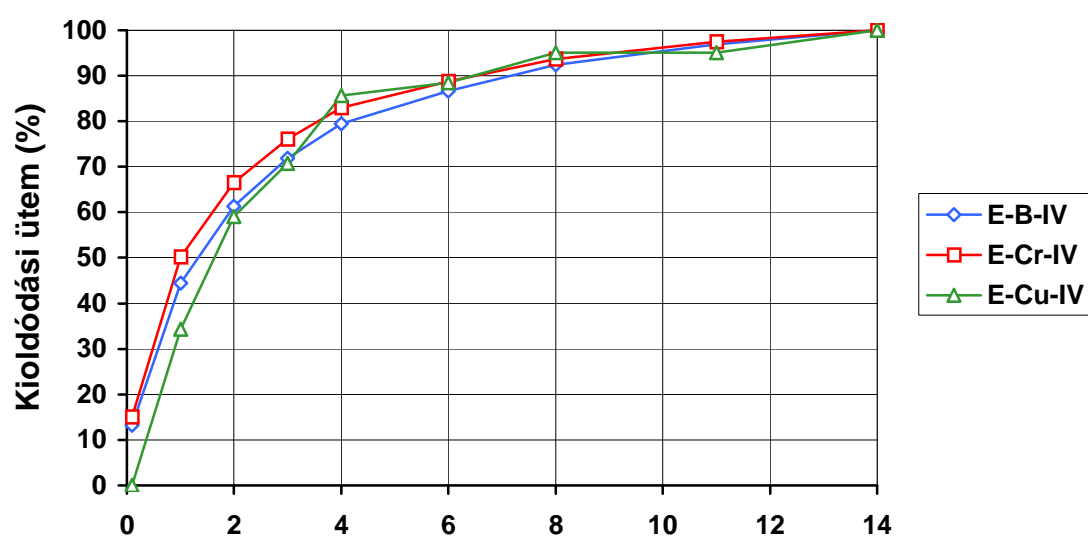
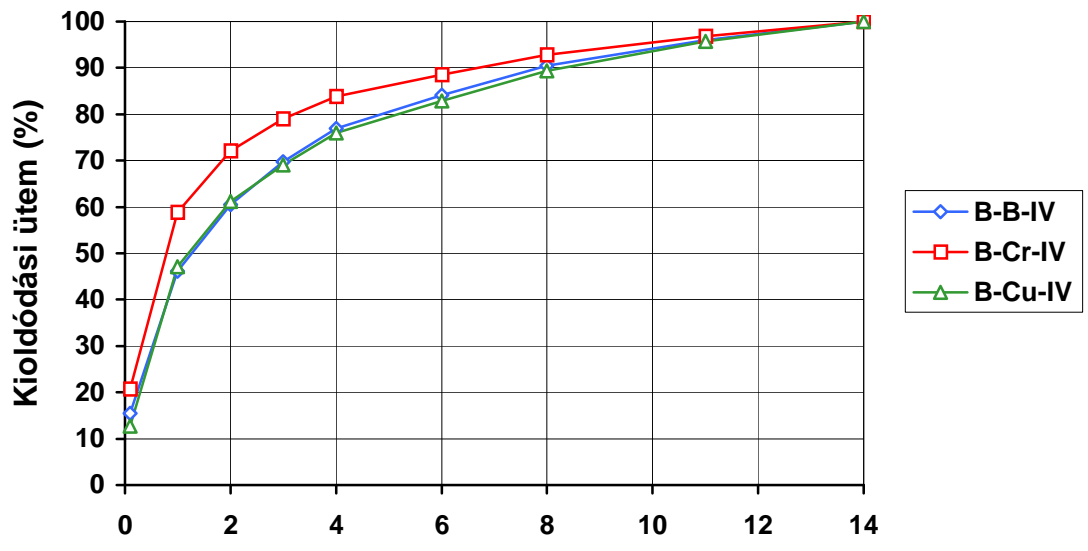
M.23. ábra. A tölgy, bükk, erdeifenyő és lucfenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben VI hét pihentetési idő után

M.6. táblázat. A bór, a króm és a réz kioldódási üteme (%) az egyes fafajokból, különböző pihentetési idők (II, IV és VI hét) után

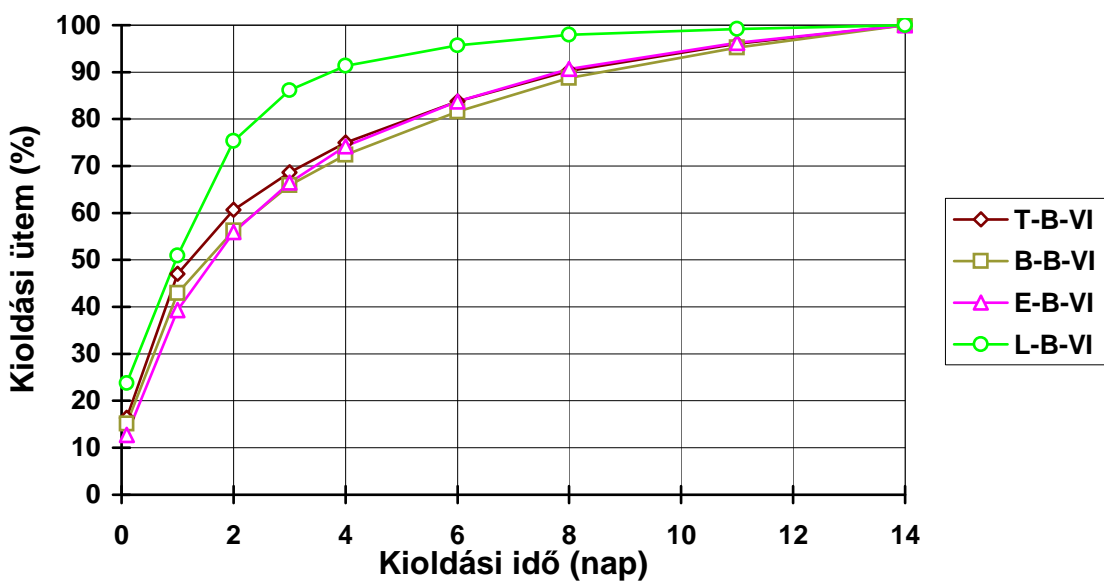
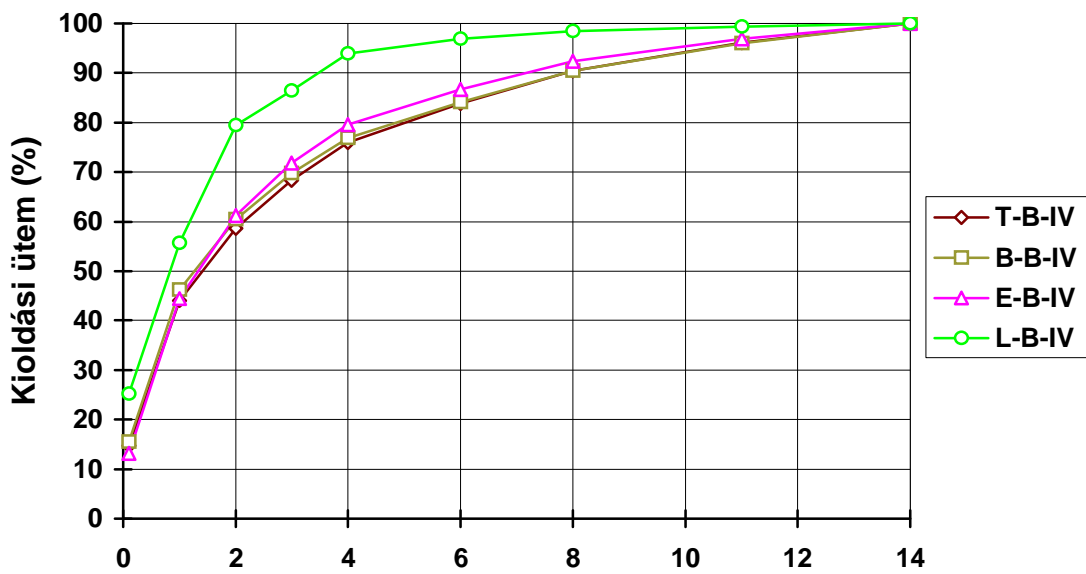
Fafaj	Tölgy								
	Bór			Króm			Réz		
Hatóanyag	Pihentetési idő (hét)								
	II	IV	VI	II	IV	VI	II	IV	VI
Kioldási idő (nap)									
0,1	15,36	14,79	16,35	9,08	7,63	10,24	6,06	5,76	8,02
1	43,68	44,09	46,99	35,14	32,97	38,92	31,77	31,37	34,62
2	57,32	58,69	60,63	48	46,51	52,87	46,12	45,35	48,61
3	66,05	68,37	68,6	56,3	56,17	56,01	52,19	55,37	50,9
4	72,62	75,96	75,05	62,88	64,38	63,14	60,25	64,49	58,24
6	82	83,81	83,78	73,5	74	73,7	74,21	74,81	71,2
8	89,07	90,46	90,24	82,39	83,19	82,61	83,73	84,34	81,42
11	95,91	96,06	96,03	92,82	92,52	92,24	93,25	93,22	91,74
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fafaj	Bükk								
0,1	17,38	15,49	15,07	30,61	20,74	16,4	20,65	12,68	9,06
1	46,22	46,2	42,93	68,9	58,86	47,98	53,98	47,15	35,93
2	59,68	60,5	56,21	79,86	72,06	58,93	66,67	61,14	44,99
3	68,13	69,71	65,86	84,83	79,02	78,21	73,66	69,11	75,04
4	74,34	76,89	72,36	87,77	83,87	82,07	77,89	75,93	77,9
6	83,26	84,08	81,58	91,59	88,57	87,81	86,18	82,93	84,9
8	89,81	90,46	88,8	94,42	92,85	92,09	91,38	89,43	90,46
11	96,28	96,01	95,22	97,78	96,88	96,31	97,07	95,77	95,55
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fafaj	Erdeifenyő								
0,1	15,14	13,19	12,75	16,58	14,99	13,76	3,06	0	0
1	45,76	44,39	39,37	52,06	50,27	48,54	23,29	34,25	42,06
2	61,49	61,28	55,87	67,86	66,56	63,91	41,65	59,12	48,41
3	71,02	71,83	66,44	77,07	76,13	73,18	53,65	70,72	58,73
4	77,73	79,53	74,19	83,06	82,93	79,79	61,88	85,64	61,9
6	86,51	86,66	83,79	90,37	88,75	87,68	75,06	88,4	73,02
8	92,16	92,34	90,63	94,77	93,64	93,17	85,18	95,03	83,33
11	97,27	96,93	96,26	98,19	97,48	97,36	95,76	95,03	92,86
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fafaj	Lucfenyő								
0,1	24,94	25,17	23,7	25,42	18,96	18,36	4,39	0	0
1	71,55	55,63	50,89	69,13	60,84	58,73	24,39	24,32	20,75
2	87,69	79,4	75,33	84,09	78,28	76,55	33,9	36,22	37,74
3	93,79	86,39	86,17	90,64	87,17	85,93	40,98	41,62	38,68
4	96,35	93,95	91,32	93,92	92,01	90,87	46,1	50,27	38,68
6	98,29	96,85	95,73	96,84	95,48	95,53	58,54	55,68	49,06
8	99,18	98,4	97,92	98,44	97,66	97,9	73,9	68,65	65,09
11	99,75	99,41	99,18	99,41	99,1	99,22	90,24	85,41	80,19
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100



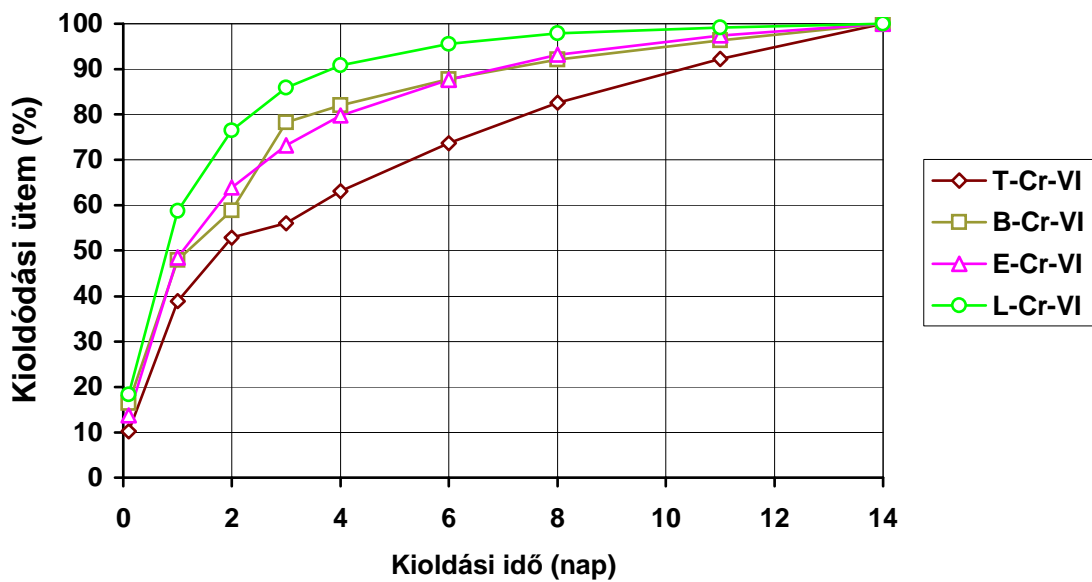
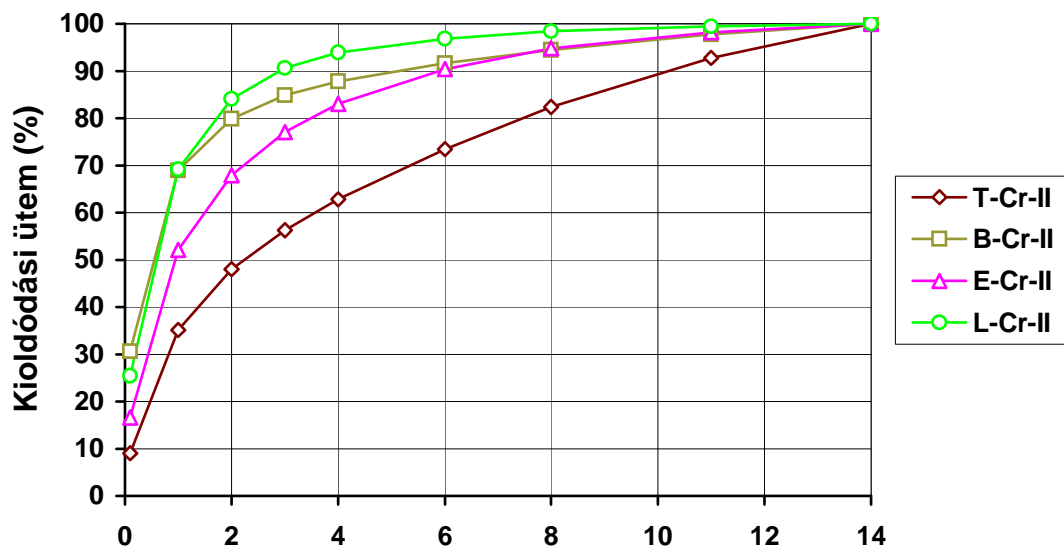
M.24. ábra. A B, Cr és Cu kioldódási üteme tölgy próbatestekből II és IV hét pihentetés után



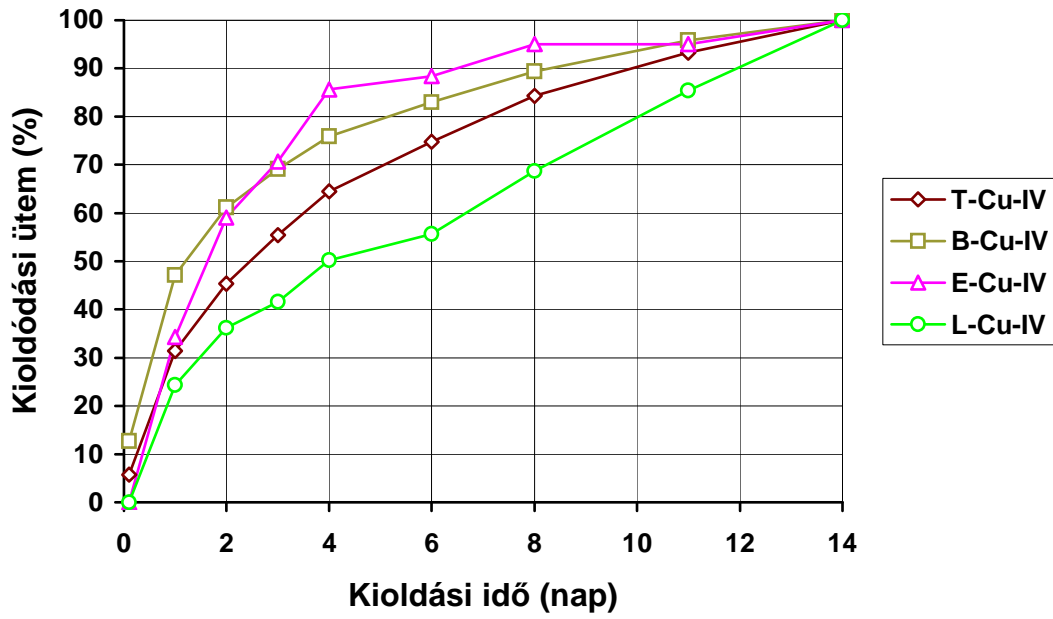
M.25. ábra. A B, Cr és Cu kioldódási üteme bükk, erdefenyő és lucfenyő próbatestekből IV hét pihentetés után



M.26. ábra. A B kioldódási üteme a négy fafajból IV és VI hét pihentetés után

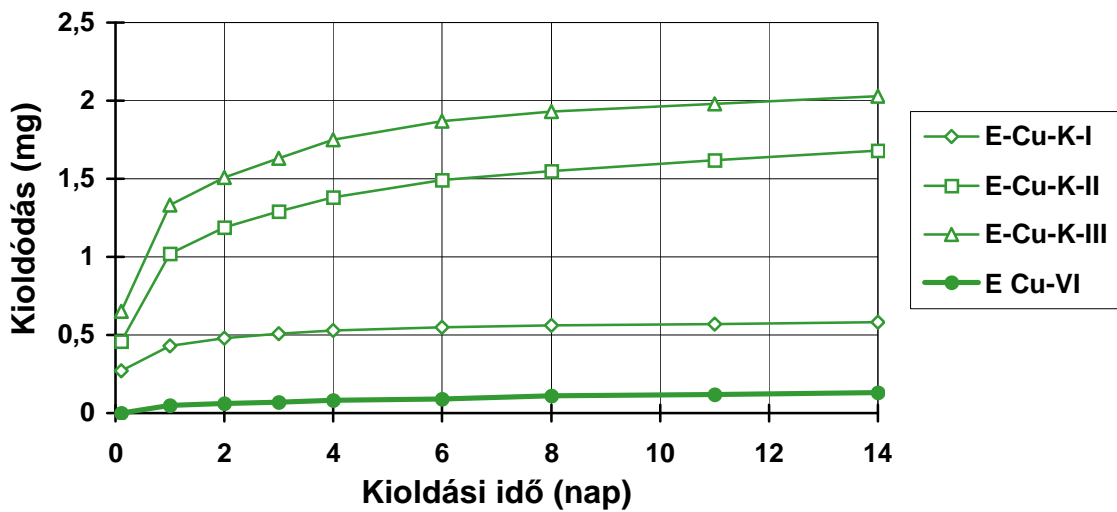
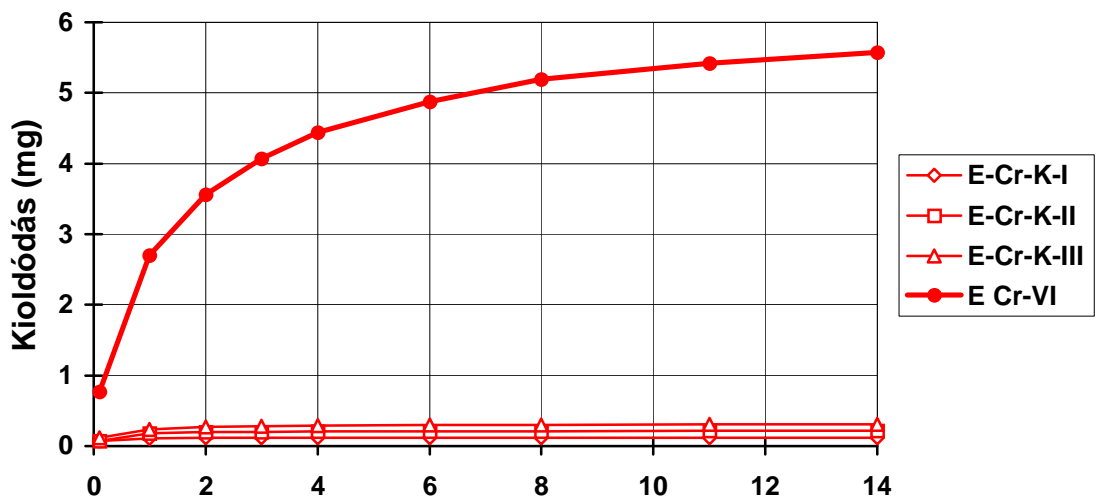
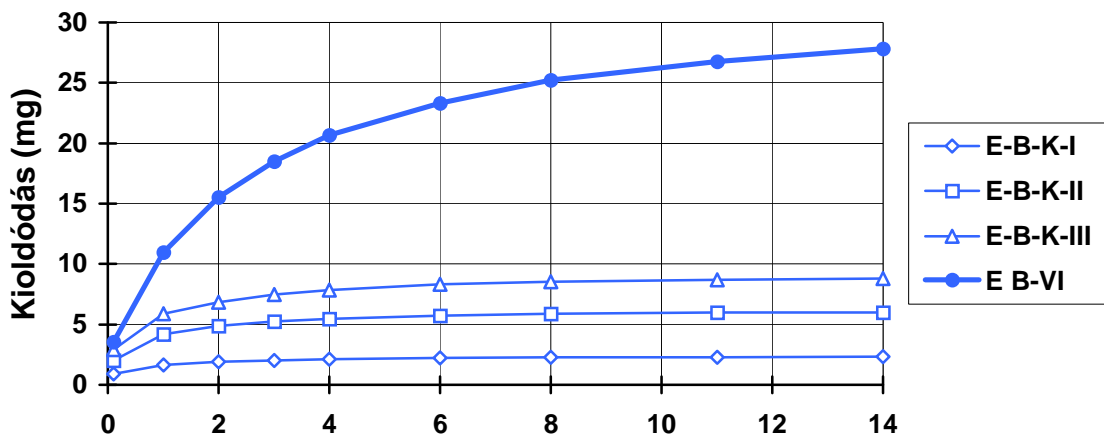


M.27. ábra. A Cr kioldódási üteme a négy fajtából II és VI hét pihentetés után

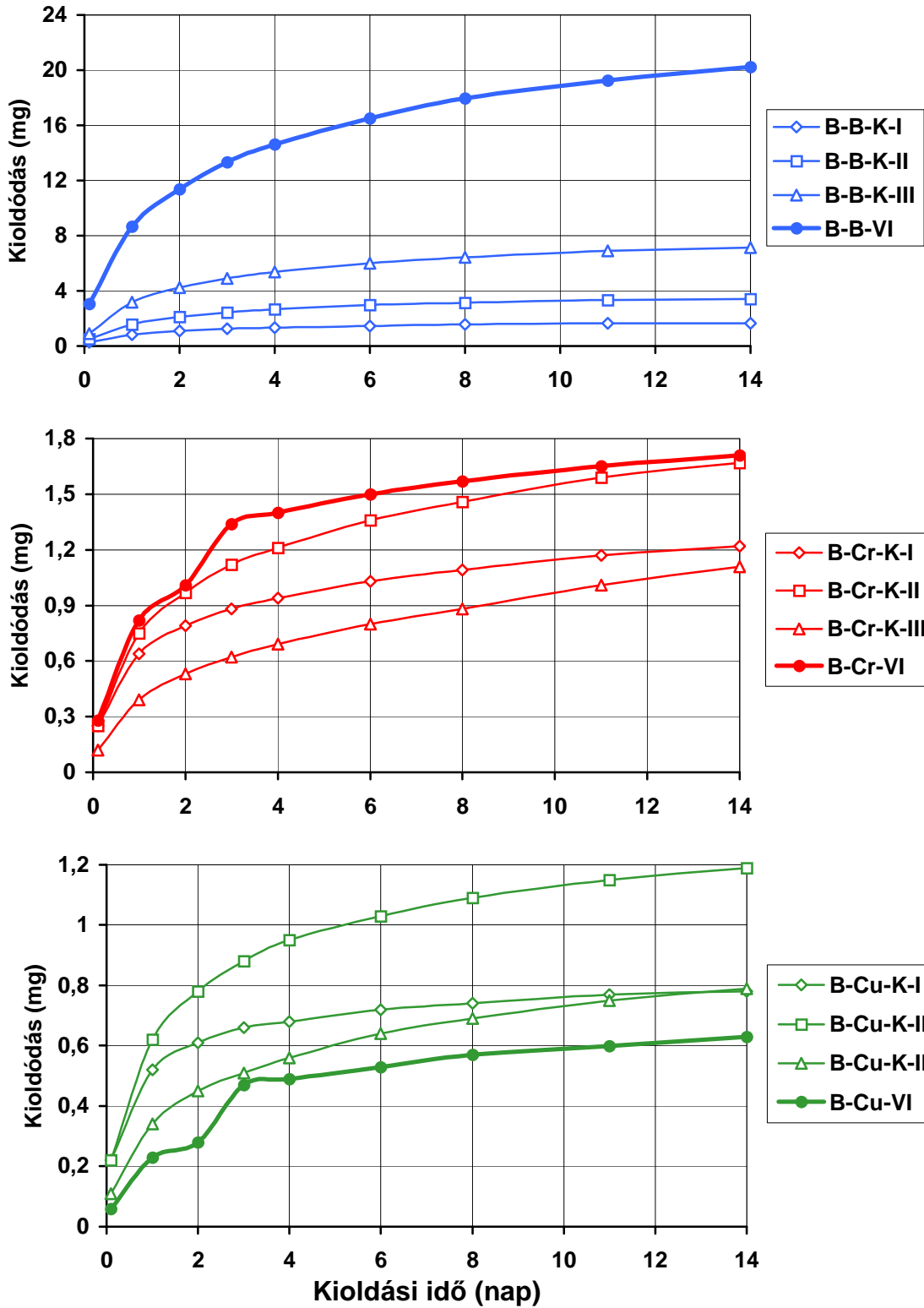


M.28. ábra. A Cu kioldódási üteme a négy fafajból IV hét pihentetés után





M.29. ábra. Az erdeifenyő próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben laboratóriumi (K-I-K-III) és üzemi (VI) kezelések után



M.30. ábra. A buick próbatestekből kioldódott bór, króm és réz mennyisége a kioldási folyamat közben laboratóriumi (K-I-K-III) és üzemi (VI) kezelések után

M.7. táblázat. A krómra és rézre vonatkozó határértékek feletti koncentrációjú minták száma I. és V. osztályú víz esetén (3/1984. (II.7.) OVH alapján)

Fafaj		Tölgy			Bükk			Erdei fenyő			Lucfenyő		
Ion	mg/l	II	IV	VI	II	IV	VI	II	IV	VI	II	IV	VI
Cr	0,2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	1	9	9	9	5	5	4	9	9	9	9	9	8
Cu	0,5	9	9	8	4	3	4	4	1	1	4	0	0
	2	1	2	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Laboratórium		kg/m <sup>3</sup>			2	5	8	2	5	8			
Cr	0,2				9	9	9	2	3	3			
	1				3	6	5	0	1	2			
Cu	0,5				3	8	6	3	9	8			
	2				2	2	1	1	2	2			

I.: kiváló; V.: erősen szennyezett