

Kafkas Üniversitesi
Artvin Orman Fakültesi Dergisi
(2004) : 1-2 (9-17)

CCA (Bakır, krom, arsenik) EMPRENYE MADDESİNİN YIKANMA MEKANİZMASI

Engin Derya GEZER
Ümit Cafer YILDIZ
Ali TEMİZ
Sibel YILDIZ
Eylem DİZMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 61080 TRABZON

Geliş Tarihi: 04.03.2004

Özet: Son yıllarda ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızlıca yok edilmesi ağaç malzemenin emprenye edilerek, kullanım ömrünün artırılmasını zorunlu kılmıştır. Her ne kadar Ülkemizde ağaç malzemenin emprenyesi ile ilgili standartlara uyma mecburiyetinin olmamasına ve emprenye işlemlerinin Bayındırlık İskan Bakanlığı'nın hazırladığı şartnamelere girmemiş olmasına rağmen, yılda yaklaşık 400.000 m³ iğne yapraklı türlerden üretilen tel direkleri ve 30.000 m³ yapraklı ve iğne yapraklı türlerden üretilen traversler emprenye edilmektedir. Ülkemizde tel direklerinin emprenyesinde yaygın olarak bakır/krom/arsenik (CCA) kullanılmaktadır. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü'nün verilerine göre, sadece Trabzon ilinde 208.000 Rize ilinde 180.000 ve Artvin ilinde 121.000 adet dikili tel direği bulunmakta ve bu üç ilde ortalama her yıl CCA (bakır/krom/arsenik) ile emprenye edilmiş 17.000 adet tel direği kullanılmaktadır. Emprenyeli ağaç malzemelerde CCA'nın odundan yıkanmasına neden olan faktörlerin belirlenmesi ve yıkanma mekanizmasının aydınlatılması Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanılan CCA ile emprenyeli tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenilenden çok daha kısa olmasının nedenlerini ortaya koymak açısından büyük önem arz etmektedir.

CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniğin yıkanmasında emprenye yöntemi fiksasyon, ortam koşulları, odun örneği veya ağaç malzeme boyutları, odun türü, ağaç malzemenin hizmette bulunma süresi, çözelti pH'sı, çözeltinin tuzluluk derecesi ve sıcaklığın etkili olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler : CCA, Tel direği, Yıkanma, Fiksasyon,

LEACHING MECHANISM OF CHROMATED COPPER ARSENATE (CCA) WOOD PRESERVATIVE

Abstarct: In recent years, the increase demand on wooden raw materials and destroyed forest area (i.e clear cutting) led to pressure on forest resources. Thus, Wood used in outdoor applications should be treated with preservatives to extent service life. in our country, although there is no regulations or any standards to be obeyed to preserve wood materials, averagely, 400.000 m³/per year utility poles manufactured from softwood species and 30.000 m³/per year rail road slippers produced from either hardwood species or softwood species have been impregnated with wood preservatives. Chromated copper arsenic (CCA) is commonly used wood preservatives to preserve utility poles in our country. According to data taken from Turkish Electricity Transmission Company (TEDAS) 208.000 utility poles are used in Trabzon city area, 180.000 utility poles are in Rize city area, 121.000 utility poles are used in Artvin. Roughly 17.000 utility poles are replaced every year in three cities. Determining leaching factors of treated wood is important for explaining the short service life of utility poles treated with CCA used in Black Sea area.

Factors such as preservative formulation, fixation temperature, post-treatment handling, wood dimensions, leaching media, pH, salinity and temperature have been shown to effect leaching of CCA treated wood.

Keywords: CCA, utility poles, leaching and fixation

1. GİRİŞ

Son yıllarda ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızlıca yok edilmesi ağaç malzemenin emprenye edilerek kullanım ömrünün artırılmasını zorunlu kılmıştır. Emprenyeli ağaç malzemelerin; mantar ve böceklere karşı dayanıklı olması, kurulum işlemlerinin kolay olması, yerinde bakım ve onarım masraflarının diğer alternatif ürünlere oranla daha düşük olması, ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı ağaç malzemeler çeşitli odun koruyucu kimyasal maddelerle emprenye edilmektedir (1). Bununla birlikte, bu odun koruyucu kimyasal maddeler dış ortam ve iklim faktörlerinin etkisiyle ağaç malzemelerden yıkanıp toprak ve su kaynaklarına karışarak çevreye olumsuz etkilere neden olabilir. Her ne

kadar Ülkemizde ağaç malzemenin emprenyesi ile ilgili standartlara uyma mecburiyetinin olmaması ve emprenye işlemlerinin Bayındırlık İskan Bakanlığı'nın hazırladığı şartnamelere girmemiş olmasına rağmen, yılda yaklaşık 400.000 m³ iğne yapraklı türlerden üretilen tel direkleri ve 30.000 m³ yapraklı ve iğne yapraklı türlerden üretilen traversler emprenye edilmektedir (2). Ülkemizde tel direklerinin emprenyesinde yaygın olarak bakır/krom/arsenik (CCA) emprenye maddesi kullanılmaktadır. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü'nün verilerine göre, sadece Trabzon ilinde 208.000 Rize ilinde 180.000 ve Artvin ilinde 121.000 adet dikili tel direği bulunmakta ve bu üç ilde ortalama her yıl CCA (bakır/krom/arsenik) ile emprenye edilmiş 17.000 adet tel direği kullanılmaktadır (3). CCA ile emprenyeli tel direklerinin 40 yıla kadar kullanıldığı bildirilmektedir (4). Bununla birlikte, ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinin sahil kesimlerinde tel direklerinin ömrü sadece 10-15 yıl kadardır (3). CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin odundan yıkanmasına neden olan faktörlerin belirlenmesi ve yıkanma mekanizmasının aydınlatılması Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanılan CCA ile emprenyeli tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden çok daha kısa olmasının nedenlerini ortaya koymak açısından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, hizmet ömrünü tamamlamış CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin tekrar değerlendirilmesi aşamasında yıkanma mekanizmasının bilinmesi önemlidir. Yıkanma mekanizmasının tam olarak aydınlatılmasıyla atıl haldeki ağaç malzemelerden CCA uzaklaştırılarak, ağaç malzemelerin çevreye ve insanlara herhangi bir zarar vermeden tekrar kullanılmalrı mümkün olacaktır. Bu amaçla CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniğin yıkanmasına neden olan faktörler incelenmiştir.

2. CCA EMPRENYE MADDELERİNİN YIKANMA MEKANİZMASI

CCA' nin yıkanmasına neden olan faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1. Emprenye yönteminin ve fiksasyonun etkisi,
2. Ortam koşullarının etkisi,
3. Odun örneği veya ağaç malzemenin boyutları,
4. Ağaç türü,
5. Ağaç malzemenin hizmette bulunma süresi,
6. pH, tuzluluk derecesi, sıcaklık.

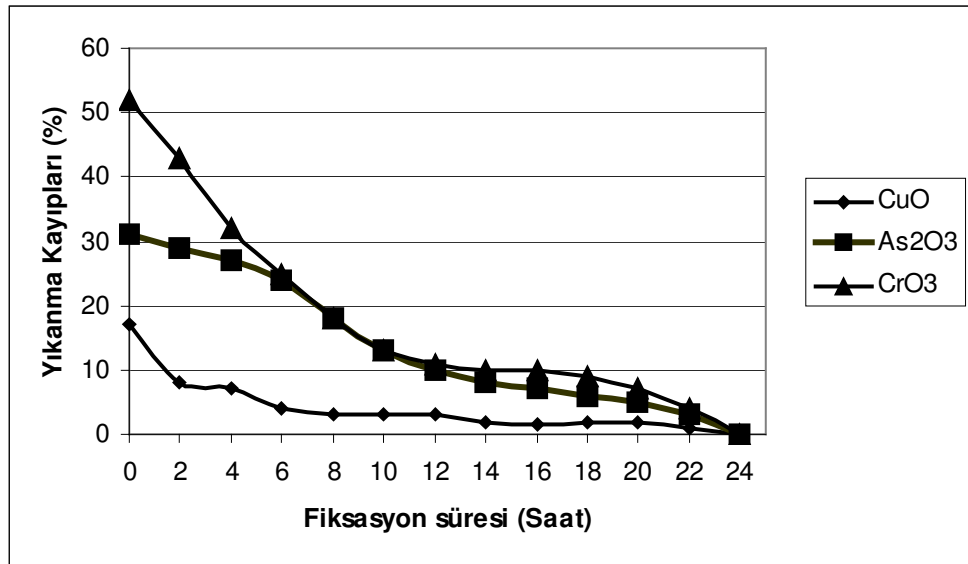
2.1. Emprenyenin ve Fiksasyonun Yıkanmaya Etkisi

Krom-bakır-arsenik (CCA) genellikle CrO₃, CuO ve As₂O₅ bileşiklerinin değişik oranlarda karışımıdır. CCA'nın en yaygın olan üç tipi bulunmaktadır ve CCA-A tipi %65.5 CrO₃; %18.1 CuO ve %16.4 As₂O₅; CCA-B tipi %35.3 CrO₃; %19.6 CuO ve %45.1 As₂O₅; ve CCA-C tipi %47.5 CrO₃; %18.5 CuO, ve %34.0 As₂O₅ oranlarındadır (5, 6). Kullanılan formülasyona ve CCA tipine bağlı olarak bakır,krom ve arseniğin yıkanma miktarlarının değiştiği tespit edilmiştir (6). Cserjesi yaptığı çalışmada, CCA-B tipi ve CCA-C tipi maddelerle emprenye ettiği odun örneklerini iki yıl boyunca dış ortamda bırakmış ve iki yılın sonunda CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklerden yıkanan bakır ve arsenik miktarının CCA-C tipiyle emprenye edilen örneklere göre 2 kat daha fazla olduğunu tespit etmiştir (7). CCA emprenye maddeleri krom, bakır ve arsenik tuzları olarak da formüle edilebilmektedir, ancak bunun yıkanmaya karşı çok az bir etkisi olduğu belirtilmiştir (6). Öte yandan, Rak ve Clarke, bakır sülfat (CuSO₄) içeren CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklerde yıkanan CCA miktarının bakır oksit (CuO) içeren CCA emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklere oranla çok daha fazla olduğunu bildirmiştir (8). Emprenye işleminde uygulanan basınç periyodunun süresi ve uygulanan son vakumun süresi

de yıkanan CCA miktarını etkilemektedir (9).

Tel direkleri CCA ile basınçlı yöntemler ile emprenye edildikten sonra fiksasyon süreci başlar. Bu aşamada, oduna nüfuz eden bakır, krom ve arsenik kimyasal olarak bağlanır veya odunda sabitleşir (fiksasyon). Fiksasyonu etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan önemli olanları; sıcaklık, ortamın bağıl nemi, odun türü ve kullanılan CCA'nın bileşimi olarak sıralanabilir (6). Bunun yanında, odun örneklerini fiksasyon tamamlanmadan kurutulması fiksasyon sürecini engelleyebilir (6). CCA'nın oduna fiksasyonu, odundan yıkanan CCA miktarını direk olarak etkilemektedir. Şekil 1'de CCA'nın yıkanması ve fiksasyon derecesi arasındaki ilişki verilmiştir.

Homan ve arkadaşlarının çalışmasında; oda sıcaklığında 14-38 gün süreyle fiksasyonu tamamlamış örnekler yıkanmaya maruz bırakıldığında, 124-2805 mg krom/m³, 56.7-67.5 mg bakır/m³ ve 2.82-27.6 mg arsenik/m³ yıkandığını tespit etmişlerdir. Odun örnekleri 30-35°C ve %75 bağıl neme sahip ortamda 91 saat süreyle fiksasyona tabii tutulduktan sonra yıkanmaya maruz bırakılmış ve 380-471 mg krom/m³, 78.3-91.5 mg bakır/m³ ve 2.46-2.60 mg arsenik/m³ yıkanmıştır. Odun örnekleri 72°C de buharla 100-120 dakika süreyle fiksasyona tabii tutulduktan sonra yıkanmaya maruz bırakılmış ve 5.49-11.4 mg krom/m³ 36.4-135 mg bakır/m³ ve 2.52-35.6 mg arsenik/m³ yıkanmıştır (10).



Şekil 1. CCA ile emprenye edilmiş ve 45°C'de fiksasyon işlemi tamamlamış odun örneklerinde meydana gelen yıkanma kayıpları (6).

2.2. Ortam Koşullarının Yıkanmaya Etkisi

Genel olarak, emprenyeli ağaç malzemelerden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarı, yüksek yağış alan ve makul sıcaklıklara sahip olan yerlerde, daha soğuk ve kuru bölgelere oranla daha fazla olmaktadır (6). Ayrıca, devamlı yağış alan yerlerdeki örneklerdeki yıkanma miktarı, aynı miktarda fakat kısa ve yoğun yağış alan yerlere oranla çok daha fazladır (9). Benzer şekilde, suyla veya suyla doymuş hale gelmiş toprakla temas halindeki emprenyeli ağaç malzemedeki yıkanma miktarı, periyodik olarak yağış alan ortamlarda maruz bırakılan ağaç malzemelere oranla çok daha fazladır (6).

2.3. Ağaç Malzemenin Boyutları

Yapılan yıkama çalışmalarının çoğu küçük örnekler kullanılarak yapılmıştır. Bunun nedeni daha hızlı sonuç almak ve laboratuvar şartlarını kontrol altında tutmaktır. Ancak laboratuvar sonuçlarını dış ortamdaki gerçek yıkama oranlarına çevirmek olanaksızdır ve doğru bir tahmin yapmaya imkan vermemektedir (11).

Potansiyel yıkama kayıpları ağaç malzemenin yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Yıkamaya maruz kalan ağaç malzeme yüzeyi ve yıkanan CCA miktarı arasında direkt bir ilişki vardır. Yıkamaya maruz kalan alan arttıkça, yıkanan CCA miktarı da artmaktadır. Küçük odun örnekleri kullanıldığında, ıslanma oranı ve ağaç malzemenin direkt yıkama ortamına maruz kalan yüzeyi artarken, difüzyon mesafesi azalmaktadır. Difüzyon ve nüfuz etme katsayı teğet yüzeye göre lifler yönünde on üzeri bir kaç kat daha fazla olduğundan, yıkama kayıpları oldukça fazla olmaktadır, dış ortamın sonuçlarıyla mukayese edilmesi mantıklı değildir (11, 12).

Ağaç malzemenin yüzeyinde potansiyel olarak yıkanması kolay olan CCA kalıntısı ve fikse olmayan CCA den dolayı, ağaç malzeme kullanım yerine yerleştirildikten kısa bir süre sonra yıkama miktarı yüksek olmaktadır (6). Bu periyottan sonra yıkama yavaşlar ve elementlerin zamanla dengelenmesine kadar devam eder. CCA ile emprenyeli küçük boyutlu odun örnekleri yıkamaya maruz bırakıldığında, yıkama miktarının ilk 6 saat içinde başlangıç miktarına göre en fazla olduğu, 18 saat sonunda 1/5-1/10'ün yıkandığı ve 18 ile 24 saat arasında gerçekleşen yıkama miktarının ise sadece 1/100'nün kadar olduğu belirlenmiştir (6). Teichman ve Monkman'ın arsenik yıkaması üzerine yaptıkları çalışmada, CCA ile emprenye edilmiş akça ağaç ve huş odun örnekleri yıkamaya maruz bırakıldığında ilk üç gün içerisinde başlangıç miktarına göre yaklaşık yarısının yıkandığını tespit etmişlerdir (13).

2.4. Odun Türü

CCA emprenye maddelerinin fiksasyonunu etkileyen faktörleri açıklarken belirtildiği üzere, odunun doğal kimyasal yapısı fiksasyonun kalitesini etkilemektedir. Yüksek hemiselüloz, düşük lignin oranlarına ve iğne yapraklı ağaç odunlarından farklı lignin yapısına sahip yapraklı ağaç odunlarındaki yıkama miktarları genellikle, aynı şartlardaki iğne yapraklı türlerde meydana gelen yıkamaya oranla daha fazla olmaktadır (11, 12).

Yüksek yoğunluk dolayısıyla düşük geçirgenliğe sahip türler yıkamaya karşı daha fazla direnç göstermektedir. Ancak, düşük geçirgenliğe sahip odunlar CCA ile emprenye edildiğinde, CCA odunun yüzeyinde yoğunlaştığından, yıkama ortamına direkt olarak maruz kalmakta ve daha fazla yıkama meydana gelmektedir (11, 14).

Düşük pH seviyelerinde yıkama miktarları odun türüne göre değişmektedir. Örneğin, jack çamındaki (*Pinus banksiana*) yıkama miktarının, güney çamına (*Pinus taeda*) ve Douglas göknarına göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (11, 15).

2.5. Ağaç Malzemenin Serviste Bulunma Süresi

Emprenyeli ağaç malzemelerin servise yerleştirildikten hemen sonra yıkama miktarı en yüksek seviyededir. Bunun nedeni, tam olarak fikse olmayan ve yüzeyde kalan kimyasal maddelerin kolayca yıkanmasıdır. Ayrıca, yüzeydeki kimyasal maddelerin konsantrasyonunun o anda en yüksek seviyede olması da yıkama miktarının yüksek olmasına neden olmaktadır. Yıkama miktarı zamanla azalmaktadır. Genel olarak, birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, yıkama miktarı zamanın karekökü ile doğru orantılıdır (16, 17, 18).

2.6. pH, Tuzluluk Derecesi, Sıcaklık ve Organik ve İnorganik Bileşiklerin Yıkamaya Etkisi

Fikse olan CCA bileşenlerinin çözünürlüğü, yıkama suyu asitliğinin artması (pH'nın düşmesi) ile artmaktadır. Bununla birlikte, tartışmalar halen sürmektedir. pH'nın 3 den daha

az olduğu seviyelerde, odunun kendisi asit tarafından bozundurulur ve yüksek miktarda bakır, krom, arsenik kayıpları meydana gelir. Daha az asidik ortamlarda (pH 3.5 ila 6), yıkanma miktarı pH'nın düşmesi ile artmaktadır (11, 19). pH'nın 4.5 olduğu ortamda, bakırın tamamen yıkandığı bildirilmektedir. Özellikle sitrik asit; bakır ve kromla reaksiyona girerek onları suda çözünebilir kompleksler haline getirmekte ve tamamen yıkanmalarına neden olmaktadır (20). Diğer taraftan, pH'nın (11, 21) çok yüksek olduğu alkali ortamlarda da yıkanma artmaktadır (11, 22, 23).

Tuzluluk derecesi de yıkanma miktarını etkilemektedir. Tuzluluk oranının % 24 den daha az olduğu durumlarda yıkanan bakır miktarı azalmaktadır. Bunun nedenin ise tuz ile bakırın tepkimeye girerek suda çözünmeyen bakır kristalleri haline geçmesi olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, tuzluluk derecesinin %32 den daha fazla olduğu ortamlarda yıkanma miktarı artmaktadır (24).

Sıcaklık yıkanma miktarını artıran diğer bir faktördür. Özellikle düşük sıcaklıklarda yıkanma miktarı azalmaktadır. Çalışmalarda, 20°C de yapılan deneylerde yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının 4°C de yapılabildiğine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (24).

Organik topraklarda yaygın olarak bulunan fülvik veya hümik asit gibi kompleks organik asitlerin yıkanmayı hızlandırdıkları düşünülmektedir (12, 25). Yapılan bir çalışmada, CCA ile empenye edilmiş jack çam (*Pinus banksiana*) odun örnekleri; tarım toprağı ve organik maddece zengin kompost üzerine yerleştirilmiş ve organik maddece zengin kompost üzerindeki örneklerden yıkanan CCA miktarı tarım toprağındakilere göre iki kat daha fazla gerçekleşmiştir. Yıkanan bakır miktarı arseniğe oranla çok fazla olurken, çok az miktarda krom yıkanmıştır (26). Diğer yandan, formik, laktik ve asetik asidin de yıkanmayı etkileyeceği bildirilmiştir (6). Evans CCA ile empreyeli odun örneklerini laktik ve asetik asitçe zengin ortamda yıkanmaya maruz bırakmış ve iki yılın sonunda kromun %50-60'ının bakırın %20-50'sinin ve arseniğin %75-80'nin yıkandığını tespit etmiştir (27). Laboratuvar testlerinde yıkanma suyuna asetik asit ilavesinin yıkanma miktarını önemli miktarda artırdığı bildirilmiştir (28). Metal komplekslerin çözünürlüğü ve dolayısıyla hareketliliği (mobility) pH'nın düşmesiyle artmakta ve bu kompleks metallerin daha kolay yıkanmasına neden olmaktadır. Genel olarak asidik koşullar altında (pH 3.5-6) pH'nın azalmasıyla yıkanma artmaktadır (6). Kim ve Kim CCA ile empenye edilmiş tsuga odunu örnekleri pH'nın 3 olduğu ortamda yıkanmaya maruz bırakıldığında bakırın %16-25'i uzaklaştırılırken, pH'nın 4 olduğu ortamda bakırın sadece %1'i yıkanmıştır (29). Murphy ve Dickinson benzer şekilde yaptıkları çalışmada, CCA ile empreyeli çam odunu örnekleri pH 3 koşullarında yıkanmaya maruz bırakıldığında bakırın %40'ı yıkanırken, pH 5.6'da kayda değer yıkanma olmadığını saptamışlardır (30). Her iki pH'da da herhangi bir krom yıkanması olmamıştır. pH'nın 3'ün altında olduğu durumlarda, odun kimyasal olarak degradasyona uğradığından yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarı çok fazla olmaktadır (6).

İnorganik bileşiklerin de CCA ile empreyeli ağaç malzemelerden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının artmasına neden oldukları tespit edilmiştir. Plackett kalsiyum klorit, magnezyum nitrat veya 1:1 oranında dipotasyum hidrojen orto-fosfat ve potasyum di-hidrojen orto-fosfat içeren çözeltilerin iyonik dayanıklılığı artırmak suretiyle bakırın yıkanma miktarının arttığını belirtmiştir (31). Berghoim, CCA ile empreyeli odun yongalarını çözünebilir inorganik bileşikleri içeren bataklık turba toprağında yıkanmaya maruz bıraktığında yıkanan bakır miktarının önemli oranda arttığını saptamıştır (32). Ayrıca Teichman ve Monkman; 0.1 N sodyum hidroksit gibi yüksek alkali (bazik) ortamlarda CCA ile empreyeli odun örneklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının arttığını bildirmişlerdir (13).

3. CCA ÜZERİNE YAPILAN YIKANMA ARAŞTIRMALARI

CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin kullanım yerlerindeki yıkanma araştırmalarını yapmak, genellikle başlangıçtaki orijinal CCA retensiyonları genellikle bilinmediğinden çok güçtür (24). Bunun için, toprak alt ve üstünde kalan kısımdaki CCA retensiyonu kıyaslanarak bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak yoluna gidilmiş ve toprak altında kalan kısımda önemli ölçüde daha fazla yıkanmanın olduğu varsayımı kabul edilmiştir (24). Bu varsayımdan yola çıkarak yapılan bir çalışmada, CCA ile emprenyeli direklerden alınan örneklerde arseniğin %11-21'nin yıkandığı saptanırken, bakır ve krom miktarlarında önemli bir kayıp bulunmamıştır (33). 32 yıldır kullanımda olan düşük oranda arsenik içeren CCA-A ile emprenye edilmiş güney çamı (*Pinus Spp.*) tel direklerinden toprak seviyesinden 110 cm yukarısından ve 20 cm aşağısından alınan örneklerde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarında herhangi bir fark bulunamamıştır (34). Ancak, killi topraklardaki arsenik konsantrasyonunun direğin toprak seviyesindeki ilk 5 cm'lik kısmındakinden 4 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (34). Bu bulguyla çelişmesiyle birlikte Suzuki ve Sonobe CCA ile emprenyeli tel direklerinden lifler yönünde kesilmiş örnekleri toprağa yerleştirerek 6 aylık periyotlarla 6 yıl süreyle toprak ve odun örneklerinde bakır krom ve arsenik konsantrasyonlarında hiçbir değişiklik olmadığını tespit etmişlerdir (35). Diğer bir çalışmada, CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen 7 yıl süreyle açık alan testine bırakılmış ve toprak seviyesinin 20 cm aşağısından alınan örneklerde arseniğin %23-57'sinin yıkandığı bildirilmiştir (30). Hedley 15 yıldır kullanımda olan direklerin toprak seviyesinin altı ve üstünden aldığı örneklerde yaptığı analiz sonucunda; toprak seviyesinin altından alınan örneklerdeki bakır ve arsenik konsantrasyonu toprak seviyesinin üstünden alınan örneklerle oranla biraz daha az olduğunu tespit etmiştir (36). Evans ve Edlund 20-43 yıl boyunca kullanımda olan CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenyeli iskoç çam (*Pinus sylvestris* L.) kazıklarındaki bakır kaybının %23, krom kaybının %19 ve arsenik kaybının %25 olduğunu bildirmişlerdir (37). Jin ve arkadaşları 44 ay boyunca kullanımda olan CCA-C ile emprenyeli güney çamı (*Pinus spp.*) kazıklarındaki bakır kaybının %20.5, krom kaybının %8.9 ve arsenik kaybının %21.5 olarak gerçekleştiğini saptamışlardır (38). Cserjesi yaptığı çalışmada, CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenyeli odun örneklerinin yıkanma suyundaki bakır ve arsenik konsantrasyonunun hiçbir zaman 10 ppm'i geçmediğini, ilk 5 ayda en yüksek değerine ulaştığını ve ikinci yılın sonunda bakır ve arsenik konsantrasyonlarının ölçülemeyecek kadar az seviyede olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, krom konsantrasyonunun sabit olarak 1 ppm'in altında olduğunu tespit etmiştir (7).

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonucunda, CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniğin yıkanmasında; emprenye yöntemi, fiksasyon, ortam koşulları, odun örneği veya ağaç malzemenin boyutları, odun türü, ağaç malzemenin hizmette bulunma süresi, çözeltilinin pH'sının, çözeltilinin tuzluluk derecesi ve sıcaklığın etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda, yukarıda belirtilen faktörler dikkate alınarak yapılacak optimum emprenye işlemi ile Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanılan tel direklerinin hizmet ömrünün beklenilenden daha kısa olmasının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Lebow, S.T., Tippie, M., Guide for Minimizing the Effect of Preservative-Treated Wood on Sensitive Environment, USDA Forest Service FPL-GTR 122. Wisconsin, Madison. 2001.
2. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., Emprenye Tekniği, İÜ Yayın No:3878, Orman Fakültesi Yayın No: 432, İstanbul, 1993.
3. Anonim, Kişisel Görüşme, TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon.
4. Cooper, P.A., Leaching of CCA: is it a Problem? Environmental Considerations in the Manufacture, Use, and Disposal Of Preservative-Treated Wood Proceedings, Forest Products Society, Wisconsin, USA, 45-57, 1994.
5. Yıldız, Ü.C., Odun Koruma, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü (basılmamış ders notları), Trabzon, 2000.
6. Cooper, P.A., Leaching of CCA From Treated Wood, Canadian Wood Preservation Association, 11 (1990) 144-169.
7. Cserjesi, A.J., Permanence of Preservatives in Treated Experimental Shake Roofs, Forest Products Journal, 26 (1976) 34-39.
8. Rak, J.R., Clarke, M.R., Leachability of New Water-Borne Preservative Systems for Treated Wood Products, Proc. Amer. Wood. Preserv. Assoc, 70 (1974) 27-32.
9. Cockroft, R., Laidlaw, R.A., Factors Affecting Leaching of Preservatives in Practice, International Research Group On Wood Preservation 11th Annual Meeting, 1978, IRG/WP/3113.
10. Homan, W.J., Miltz, H., Lewis, D.A., Applications of the Shower Test: Part A. Results From CCA Type C Treated Wood: Influence of Fixation Process, International Research Group on Wood Preservation 26th Annual Meeting, 1993, IRG/WP 93-50009.
11. Cooper, P.A., Disposal of Treated Wood Removed From Service: The Issues, Environmental Considerations in the Manufacture, Use, and Disposal of Preservative-Treated Wood Proceedings, Forest Products Society, Wisconsin, USA, 1994, 85-90.
12. Hingston, J.A., Collins, C.D., Murphy, R.J., Lester, J.N., Environmental Pollution, 111 (2001) 53-66.
13. Teichman, T., Monkman, J.L., An Investigation of Inorganic Wood Preservatives: I. The Stability to Extraction of Arsenic Impregnated Hardwood, Holzforschung, 20 (1966) 125-127.
14. Huang, C., Cooper, P.A., Cement-bonded Particleboards Using CCA-Treated Wood Removed From Service, Forest Products Journal, 50 (6) (2000) 49-56.
15. DeGroot, R.C., Evans, J., Does More Preservative Mean a Better Product? Forest Products Journal, 49 (9) (1999) 59-68.
16. Petric, M., Murphy, R.J., Morris, I., Microdistribution of Some Copper and Zinc Containing Waterborne and Organic Solvent Wood Preservatives in Spruce Wood Cell Walls, Holzforschung, 54 (1) (2000) 23-26.
17. Rayner, A.D.M., Boddy, L., Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology, John Willey & Sons Press, NY, USA, 1988.

18. Ruddick, J.N.R., Yamamoto, K., Herring, F.G., The Influence of Accelerated Fixation on the Stability of Chromium (VI) in CCA-Treated Wood, *Holzforschung*, 48 (1) (1994) 1-3.
19. Nicholas, D.D., Preston, A.F., Interaction of Preservatives With Wood: In Chemistry of Solid Wood, American Chemical Society, Madison, Wisconsin, 307-320, 1984.
20. Blankenhorn, P.R., Silsbee, M.R., Blankenhorn, B.D., DiCola, M., Kessler, K., Temperature and Moisture Effects on Selected Properties of Wood Fiber-Cement Composites, *Cement and Concrete Research*, 29 (1999) 737-741.
21. Eaton, R.A., Hale, M.D.C., Wood: Decay, Pests and Protection, Chapman & Hail, New York, NY, USA, 1993.
22. Jorge, F.S., Santos, T.M., Jesus, J.P., Banks, W.B., Reactions Between Cr(VI) and Wood and Its Model Compounds Part II, *Wood Science and Technology*, 33 (1999) 501-517.
23. Lee, A.W.C, Grafton III, J.C., Tainter, F.H., Effect of Rapid Redrying Shortly After Treatment on Leachability of CCA Treated Southern Pine, *Forest Products Journal*, 43 (2) (1993) 37-40.
24. Lebow, S.T., Foster, D.O., Lebow, P.K., Release of Copper, Chromium and Arsenic From Treated Southern Pine Exposed in Seawater and Freshwater, *Forest Products Journal*, 49 (7/8) (1999) 80-89.
25. Cooper, P.A., Leaching of CCA From Treated Wood: pH Effects, *Forest Products Journal*, 41(1) (1991) 30-32.
26. Cooper, P.A., Ung, Y.T., Leaching of CCA-C From Jack Pine Sapwood in Compost, *Forest Products Journal*, 42 (1992) 57-59.
27. Evans, F.G., Leaching From CCA-Impregnated Wood to Food, Drinking Water and Silage, International Research Group On Wood Preservation 20th Annual Meeting, 1987, IRG-WP 87-3433.
28. Warner, J.J.L., Solomon, K.R., Acidity as a Factor in Leaching of Copper, Chromium and Arsenic From CCA Treated Dimension Lumber, *Environmental Toxicology Chemistry*, 9 (1990) 1331-1337.
29. Kim, J.J., Kim, G.R., Leaching of CCA Components From Treated Wood Under Acidic Conditions, International Research Group on Wood Preservation 24th Annual Meeting, 1993, IRG-WP 93-50004.
30. Murphy, R.J., Dickinson, D.J., The Effect of Acid Rain on CCA Treated Timber, International Research Group on Wood Preservation 21st Annual Meeting, 1990, IRG/WP 90-3579.
31. Plackett, D.V., Leaching Tests on CCA-Treated Wood Using Inorganic Salt Solutions, International Research Group on Wood Preservation 14th Annual Meeting, 1984, IRG-WP 84-3310.
32. Berghoim, J., Leakage of Arsenic, Copper and Chromium From Preserved Wooden Dups Deposited in Soil: An Eleven Year Old Field Experiment, *Sweedish Wood Preservation Hist. Rep.* 166, Sweeden, 1992.
33. Nicholson, J., Levi, M.P., The Fixation of CCA Preservatives in Spotted Gum, *Record British Wood Preservation Annual Conventions*, 77-90, 1971.

34. Arsenauk, R.D., CCA-Treated Wood Foundations - A Study of Permanence, Effectiveness, Durability and Environmental Considerations, Proceedings, American Wood Preservation Association, 71 (1975) 126-146.
35. Suzuki, K., Sonobe, H., The Results of the Detection of CCA Components in Soil Contacted With CCA Treated Wood, International Research Group on Wood Preservation 24th Annual Meeting, 1993, IRG-WP 93-3310.
36. Hedley, M.E., Inadequacies in Preservative Retention and Formulation as Contributory Causes of Premature Failure of CCAu, International Research Group on Wood Preservation 14th Annual Meeting, 1984, IRG-WP 1984-32.
37. Evans, F.G., Edlund, M.L., Leaching From Field Test Stakes: Results From Two Different Methods of Analysis, International Research Group on Wood Preservation 24th Annual Meeting, 1993, IRG-WP 1993-50013.
38. Jin, L., Archer, K., Preston, A.F., Depletion and Biodeterioration Studies With Developmental Wood Preservative Formulations, Proc. Am. Wood Preserv. Assoc., 13 (1992) 108-125.