

Doğal Bir Enerji Kaynağı Odun: Yanma Özelliği ve Koruma Yöntemleri

Hüseyin PEKER, Abdi ATILGAN

Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon MYO, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknoloji Bölümü, Afyonkarahisar

e-posta: atilgan03@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:10.11.2014; Kabul Tarihi:14.05.2015

Özet

Anahtar kelimeler

Yanma;
Enerji;
Çevre;
Doğal kaynaklar;
Odun koruma

Odun, eşsiz yenilenebilir ve çevre dostu doğal kaynaklardan olması nedeniyle en yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Kolay işleme, fiziksel ve mekanik özellikleri, estetik görünüm, çevre-sağlık açısından, hem konut ve hem de konut dışı inşaat uygulamaları için ahşap-ahşap esaslı kompozitlere artan bir ilgi vardır. Uzun yıllardan bu yana yapı malzemesi olarak önemli bir yer teşkil eden ahşabın, kolay tutuşabilme ve yanabilme özelliği nedeniyle bazı yerlerdeki kullanım alanı sınırlı kalmaktadır. Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler karbon ve hidrojenle oluşmakta olup; yanıcılık özelliği bulunmaktadır. Yangın geciktiricilerle işlem görmüş ağaçların kömür tabakasının mikro yapısal incelemesinde; işlem görmemiş ağaca göre farklı kömürleşme yangın geciktiricilerin makro parçalarının bulunduğu bu parçaların oluşumu, kömürleşme derecesi ve kömürün görünümü üzerinde etkili olmaktadır. Bu çalışmada, ahşabın iç ve dış ortam etkilerine karşı korunması ve yanmayı geciktirici etkisinin belirlenmesi, dayanım ömrünün artırılması ile beraber ülke ekonomisine de önemli katkılar sağlayacağı vurgulanmaktadır.

A Natural Energy Resources Wood: Combustion Property and Protection Methods

Abstract

Keywords

Combustion;
Energy;
Environment;
Natural Resources;
Wood Protection

Wood is one of the most widely used construction materials due to being unique renewable and environmental friendly natural resources. With its easy processing, physical and mechanical properties, aesthetic appearance, environmental and health aspects, there is a growing interest to use wood and wood based composites for applications in both residential and non-residential building construction. Wood has been a structural material for many years however, its ability to ignite and burn has limited its use in some applications. Wood and wood-based materials consist of carbon and hydrogen and have the property of combustibility. When the micro structural analysis of the coal layer of the wood was treated, fire-retardants was done; it was seen that there was a different coalification in comparison with untreated wood, this coalification contained macro components of fire-retardants and existence of these components had an influence on the degree of coalification and the appearance of the coal. Wood internal and external environment against the effects of protection (construction and furniture industry, material handling strength increased) and the fire retardant used to determine durability with increasing life will contribute significantly to the national economy.

1.GİRİŞ

Ağaç ve odunmalzeme insanoglunuların kullandığı en önemli doğal hammadde kaynaklarından birisidir. Yenilenebilir bir kaynak olarak ağaca bu önemli yeri kazandıran husus, çok yaygın bir şekilde bulunması, sahip olduğu sertlik, mukavemet, elastikiyet, gösterdiği direncine göre hafiflik gibi özellikleri yanında ayrıca şekil verilebilmesi ve bazı özelliklerinin iyileştirilebilmesi yanında çivi ve vida tutma özellikleri ve yapıştırılabilme gibi nitelikleri sayılabilir. Ağaç malzemenin sahip olduğu bu uygun nitelikleri sayesinde günümüzde binlerce kullanım alanı bulunmaktadır (Bozkurt ve Göker 1996).

Günümüzde ağaç malzemenin 10.000 civarında kullanım yeri vardır (Örs ve Keskin 2001) . Mesela bina yapımı, mobilya ve dekorasyon işleri, parke, müzik aleti, tel direği, demir yolu traversi, kaplama levha, kontrplak, yonga levha, lif levha, kâğıt ve karton üretiminde kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin bu kadar kullanım alanı bulmasının nedeni, anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşenlerinden kaynaklanmaktadır (Bozkurt ve Erdin 1997).

Odun yanabilen bir malzemedir. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275°C ye çıkarılması gerekmektedir. Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Bu bakımdan ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılması için kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir.

Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler, öncelikle tamamına yakın oranda karbon ve hidrojenden oluşmakta olup; yanıcıdır. (Chin-Mu ve Wang, 1991) . Yapraklı türlerin ısı bozunma sıcaklığının iğne yapraklı türlerden daha düşük olduğu ve bunun yapraklı türlerin ısıya daha hassas olan pentazonları içermesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Kollman, 1960).

Yanmayı geciktirici emprenye maddesi ile uygun ve etkin bir şekilde emprenye edilen ağaç malzemedeki yanmaya karşı yeterli bir süre koruma sağlanabilmektedir (Erdin ve Kartal 1997). Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ağaç malzemeye yanmazlık özelliği kazandırmazlar bununla birlikte tutuşmayı güçleştirip, yanma başladıktan sonra ateşin yayılmasını geciktirebilirler. Günümüz emprenye endüstrisinde yanmayı geciktirici emprenye maddeleri boraks, borik asit, Tanalith CBC ve sayerlack olarak sıralamak mümkündür (URL-1).

Ahşap malzemelerin birçok inşaat malzemelerinden daha iyi özelliklere sahip olmalarına rağmen yanmazlığı mümkün değildir. Bu amaçla, amonyum sülfat, amonyum klorid, disiyandiamid, boraks ve borik asit ve çeşitli fosfor bileşikler (fosforik asit, monoamonyum fosfat ve diamonyum fosfatlar) kullanılmaya devam edilmiştir (Atar ve ark. 2004).

Ağaç malzeme yanabilen ve alevlenebilen bir maddedir. Yanmayı geciktirici emprenye maddeleri ağaç malzemenin bozunma sıcaklığının altında bozunarak selülozu hızla odun kömürü ve suya dönüştürürler. Böylece, daha yüksek sıcaklıkta oluşacak olan uçucu ve yanıcı maddeler oluşmadığı için odunun alevlenme özelliği azalmakta ve alevin savrulması çevreye yayılması önlenmektedir (Le Van ve Winandy 1990).

Tanalith-CBC ile emprenye edilmiş masif ahşap örneklerinde yanma sonucunda yüksek ağırlık kayıpları tespit edilmiştir (Uysal, 1997). Emprenye edilmiş odunun vernikleme işlemi ile de iç ve dış ortamda estetik, ekonomik ve bazı direnç özelliklerine karşı (yangın, hava etkileri vb.) koruyucu etkisinin arttığı bildirilmiştir (Kayacık,1968).

Aslan ve ark.(2004) sarıçam ve kayın odunlarına, basit daldırma ve desikatörde vakum uygulanması yoluyla kimyasal maddeler uygulayarak absorbe sağlamışlar, ASTM-D-160 standardına göre yapılan

yanma sonucunda, uygulanan yöntemlerle bu kimyasal koruyucu maddelerin ağaç malzemeyi yanmaya karşı korumadığı, hatta kontrol örneklerine oranla yanıcılığını artırdığını bildirmişlerdir. Yalınkılıç (1997) odunu biyotik ve abiyotik zararlılarına karşı korunması amacıyla kullanılan emprenye maddelerinin, duglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (mirb) Franco) odununda yanma özelliklerini ne ölçüde etkilediğini araştırmış; borlu bileşiklerin sulu çözeltilerinin önemli derecede yanmayı önleyici etki gösterdiği, PEG-400'de çözündürülen borik asidin yanmayı önleyici etki göstermediğini bildirmiştir. Yanmayı artırıcı özelliği bilinen çeşitli su itici maddelerin ise borlu bileşiklerle emprenye edilmiş oduna ikinci bir işlem olarak uygulanmaları durumunda yanmada oluşturdukları olumsuz etkiyi azalttığını tespit etmiştir.

Uysal ve ark. (2011) yanma riski bulunan alanlarda emprenye yapılan ve vernik uygulanan ağaç malzemelerin, sıcaklığı artırıcı ve yanma ürünü açığa çıkan gazları artırıcı özelliği olduğu dikkate alınması gerektiğini ve yangın riski bulunan mekânlarda kullanılacak ağaç malzemelerin, emprenye işlemi sonrası vernik uygulanmamış olmasının daha faydalı olacağı bildirmiş, aynı zamanda emprenye maddesi olarak boraks, vernik olarak ise su bazlı vernik uygulanmasını önermişlerdir.

Derleme kapsamında çeşitli araştırmacıların yanma sistemleri, emprenye maddeleri, emprenye metodlarıyla yapmış oldukları çalışmalar vurgulanmış ve yanmayı geciktirici faktörler öneriler halinde verilmiştir.

1.1 Ağaç malzemenin yanma özelliği

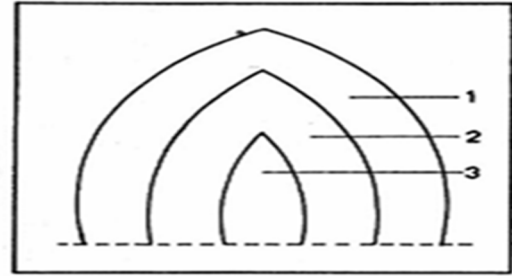
Yanma en genel anlamda yanıcı denenen bir maddenin; yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonucunda ısı vererek meydana getirdiği olayların tümüdür. Yanıcı, çoğunlukla oksijen içeren bir başka maddedir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az % 14 – 18

oksijen içermesi gerekir. Normal şartlarda havadaki oksijen oranı % 21'dir (Uysal ve ark. 2004). Yanma olayının meydana gelebilmesi için; yakıt, oksijen ve ısı unsurunun tutuşma sıcaklığına ulaşmış olması gerekir.



Şekil 1. Yangın üçgeni (Seferoğlu, 2008).

Yangının çıkabilmesi için yanıcı madde – oksijen – tutuşma sıcaklığı üçlüsünün varlığı ve bunların uygun bir oranda bulunması gerekir. Eğer bu üçlüden herhangi biri olmazsa yangın olmaz. Sıcaklık, oksijen ve yanıcı madde dengesindeki değişiklikler ise yangının şiddetini belirler. Bir yangının çıkmasına engel olmak veya mevcut bir yangını durdurmak için bu üç öğeden birini ortadan kaldırmak ya da aralarındaki dengeyi bozmak gerekir (Aslan, 1994).



1-Yanma bölgesi 2-Parlama 3-Kısmi

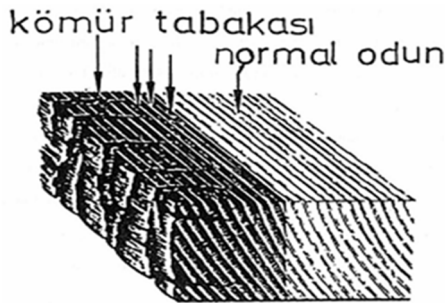
Şekil 2. Bir alevdeki gaz ve yanma bölgelerinin şematik gösterilmesi (Uysal, 1997).

Başka bir tanımlamada ise yanma; malzemenin alev, ışık ve ısı özellikleri gösteren çevresine – hızlı bir şekilde oluşan oksidasyonu veya tutuşma sıcaklığına kadar ısı almış bir cismin oksijenle birleşmesine denir. Yangın sırasında ahşap malzemede 170 °C ye kadar kuruma, 270 °C ye kadar CO, CO₂ ve su buharı çıkışı, 250-300 °C de

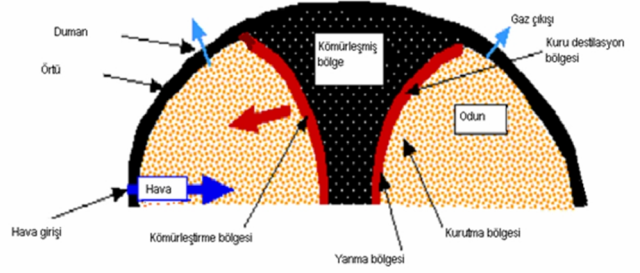
de tutuşma görülmektedir. Ahşap yüzeyi ısı etkisi ile kömürleşmekte, oluşan kömür tabakası, alevin ahşabın içine girmesini önlemekte ve taşıyıcı sistemin uzun süre dayanıklılığını korumasını sağlamaktadır. Ahşabın yangın anında sağladığı en büyük avantaj, yavaş yanması ve çökmeyi önceden haber vermesi can kaybını minimuma indirmesidir. Ahşap yüzeyinde; sürme, püskürtme, daldırma, difüzyon gibi yöntemler ile nem, köpük ve gaz tabakası meydana getirilebilmektedir (Akıncıtürk ve ark. 2003).

1.2. Sıcaklığın ağaç malzemeye olan etkisi

Ağaç malzeme metal konstrüksiyonlarla karşılaştırıldığında sıcaklık yükselmeleri sonucu az boyutsal değişmelere uğramaktadır. Isıtılan ağaç malzeme liflere dik yönde metaller kadar veya daha fazla; boyuna yönde ise çok az uzama gösterir. Bu durum özellikle binalarda çok önemlidir (Bozkurt ve ark., 1997). Ağaç malzemenin yanabilirliği yanında, yanma hızı ve derecesi özel bir öneme sahiptir. Yanma olayı oksijen yokluğunda gerçekleşmediğinden geniş enine kesitli ağaç malzeme yüzeyinde yavaş bir yanma olduktan sonra kömürleşme başlar. Sıcaklık yükseldiğinde, malzemedeki yüzeyde tutuşarak yanan gazlar çıkar. Sıcaklık daha da arttığında yüzeyde kömürleşme başlar. Şeki 3-4'te kömürleşme örnekleri verilmiştir.



Şekil 3. Ağaç malzemedeki kömürleşmenin oluşumu (Uysal, 1997).



Şekil 4. Basit Torlukta Ateşin İlerleyişi ve Kömürleşme (Harris, 1999)

Yangın geciktiricilerle işlem görmüş ağaçların kömür tabakasının mikro yapısal incelemesi yapıldığında; işlem görmemiş ağaca göre farklı kömürleşme olduğu, bu kömürleşme içerisinde yangın geciktiricilerin makro parçalarının bulunduğu bu parçaların oluşumu, kömürleşme derecesi ve kömürün görünümü üzerinde etkili olmaktadır. Ağaç malzemenin termik iletkenliği düşük olup, çeliğin % 0,4'ü bakırın % 0,05'i kadardır.

Bu nedenle izolasyon malzemelerinden olan mantar, alçı plaster vb. ile aynı gruba girmektedir. Bu da yanma esnasında yüzeydeki sıcaklığın iç kısımlara iletilmesini sınırlamakta, rutubet sıcaklıkla birlikte azalmakta, kömürleşmenin ilerlemesi artmaktadır. Odun kömürü ısıyı ağaç malzemeye göre 1/2 ile 1/3 oranında daha az iletir. Bu nedenle yanma artığı olan odun kömürleri duvarlarda iyi bir izolasyon malzemesi olarak başarı ile kullanılabilir (Zicherman ve ark, 1982).

1.3. Piroлиз

Havasız ortamda veya azot altında 200 °C'nin üzerinde ağaç malzeme ısıtıldıkça bozunma artar (Baysal 1994). Hemiselülozların termik yoldan 200 – 250 °C'de bozunduğu, selülozun 280 °C'de bozunmaya başlayıp 300 – 350 °C'de tamamen bozunduğu, ligninin de 300 – 350 °C'de bozunmaya başlayıp 400 – 450 °C'de bozunmayı tamamladıkları bildirilmektedir (Aslan 1998). Yavaş bozunma ürünleri olarak su, CO₂ ve CO açığa çıkar (Baysal, 1994).

Hızlı pirolizde, tutuşabilir gazlar içinde CO, metan, formaldehit, formik ve asetik asit ile metanol yer almaktadır. 400 – 500 °C'de karbonizasyonun tamamlanması ile ve tutuşucu gazların uzaklaşması sonucu geriye odun kömürü kalmaktadır (Goldstein, 1973).

Ağaç malzemenin hızlı pirolizi, yavaş pirolize oranla yanma ısısını arttırdığından daha az kömürleşmeye ve daha fazla yanıcı katranlar ve gazların çıkışına yol açmaktadır.

Yavaş pirolizde ise, daha fazla kömürleşme ve daha az yanıcı gaz çıkışı olmakta ve ana bileşenlerden selülozun yanması çoğu tutuşucu gazların çıkışına ve ligninin yanması da kor halinde yanan maddelerin oluşmasına yol açmaktadır (Yalınkılıç 1993).

1.4. Yanmaya karşı kullanılan emprenye maddeleri

Ahşap ve ahşap esaslı levha ürünleri, hem bina içi hem de bina dışı uygulamalarda önemli konstrüksiyon malzemeleridir. Ağaç malzemenin hem iç hem de dış mekanlarda yapı elemanı olarak kullanılmaya başlaması yanmaya karşı korunma ihtiyacını da gündeme getirmiştir. Bazı uygulamalarda malzemenin yanmayı geciktirici emprenye maddesi ile emprenye edilmesine ihtiyaç duyulmazken, yüksek seviyede yangın güvenliğinin istenildiği yerlerde, yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle işlem görmüş ahşap ve ahşap esaslı levha malzemeler, bir alternatif malzeme olurlar.

Yanmayı geciktirici emprenye maddesi ile uygun bir etkin bir şekilde emprenye edilen ağaç malzemedede yanmaya karşı yeterli bir süre koruma sağlanabilmektedir(Erdin ve ark. 1997). Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ağaç malzemeye yanmazlık özelliği kazandırmazlar bununla birlikte tutuşmayı güçleştirip, yanma başladıktan sonra ateşin yayılmasını geciktirebilirler (En yaygın bilinen

emprenye maddeleri kreozot, CCA (bakır, krom, arsenik) ve PCP(Pentaklorfenol) dür. PCP bir çok ülkede yasaklanmıştır.

Bu maddelerin ekolojik dengeyi bozdukları, insan ve diğer canlıların sağlıklarını tehdit ettiğine ilişkin çok ciddi araştırma sonuçları bulunmaktadır. Buna çare olabilecek yeni emprenye maddeleri olan alkilamonyum bileşikleri ve geleneksel borlu bileşikler gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

Borlu bileşikler, biyolojik zararlılara karşı yüksek etkileri, suyla çözünerek kolayca uygulanabilmeleri, odunda difüzyon yeteneklerinin yüksek olması, ucuz ve temini kolay olması memelilere karşı ihmal edilebilecek derecede düşük zehirlilik etkileri ve yangına karşı ahşabın dayanımını önemli ölçüde artırmaları nedeniyle güncellik kazanmıştır.

Bununla birlikte dış ortamda yağmur etkisiyle kolayca odundan yıkanmaları nedeniyle kullanımları yalnızca iç mekânlarda sınırlı kalmıştır. Borlu bileşiklerin yıkanmasını engellemek amacıyla su itici maddelerle (SİM) muamele önerilmektedir (Baysal ve ark. 2003).

1.4.1. Yanmayı önleyici kimyasal maddelerin etkilerine göre sınıflandırılması

Günümüzde yanmayı geciktirmek için kazanda basınç metodu, yüzeysel sürme veya püskürtme metotları ile yüzeylerin örtülmesi sağlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan emprenye maddeleri beş grupta toplanmaktadır(Bozkurt ve ark. 1997).

- Mekanik olarak etki yapan yanmaya karşı koruyucu maddeler: ağaç malzeme yüzeyine püskürtülerek veya sürülerek havanın oksijen ile ilgisini kesmektedir. Ancak kullanılan maddelerin son derece elastik olması gerekmektedir. Aksi takdirde yanma sırasında dökülerek etkileri ortadan kalkmaktadır.

- Eriyici madde oluşturan emprenye maddeleri: erime sırasında yapışıcı tabakalar oluşturarak çevreden ergime ısısının ağaç malzemeye ulaşmasına mani olmakta ve kömürleşmeyi önlemektedir.
- Köpük oluşturan emprenye maddeleri; ısınma ile bu maddeler kömür gibi poröz köpük tabakaları meydana getirirler. Bunlar son derece ısı izolasyon etkisi göstermekte ve ağaç malzemeyi etkisinden korumaktadır.
- Söndürücü gaz meydana getiren emprenye maddeleri: söndürücü gazlar yanma sırasında ağaç malzemedan çıkan yanıcı gazların konsantrasyonunu düşürerek onların ateş alma kabiliyetlerini azaltmaktadır.
- Ağaç malzemeyi kömürleştiren emprenye maddeleri: bu maddeler oldukça yüksek sıcaklıklarda, ağaç malzemenin kömürleşmesini artırarak termik izolasyon sağlamaktadır.

1.4.2. Yanmayı önleyici kimyasal maddelerin kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılması

Ağaç malzemedede tutuşma, alevlenme ve yanmaya karşı kullanılan emprenye maddeleri inorganik maddeler (amonyum tuzları, alkali tuzlar, inorganik yüzey örtücüler) ve organik maddeler; (polimerler ve reçineler, reaktif bileşikler, organik çözücülü halojenleşmiş organik maddeler ve organik yüzey örtücüler) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Goldstein, 1973).

1.4.2.1. İnorganik maddeler

1.4.2.1.1. Amonyum tuzları

Bu tuzlar ısınma sonucu amonyak meydana getirir. Bu hem yanıcı gazların yoğunluğunu düşürür hem de geriye kalan serbest mineral asitleri odunun kömürleşmesini hızlandırır.

Bunlardan en önemlileri şunlardır (İlhan 1988) :

- Di amonyum fosfat (DAP) $((\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4)$
- Mono amonyum fosfat (MAP) $(\text{NH}_4\text{H}_2 \text{PO}_4)$
- Amonyum sülfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$
- Amonyum tetra borat $((\text{NH}_4)_2 \text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$

1.4.2.1.2. Alkali tuzları

Alkalinite derecesi arttıkça yüksek ısı derecelerinde kömürleşme oranı da artmaktadır. Bu grubun en önemli tuzları aşağıdakilerdir (İlhan, 1988) :

- Potasyum karbonat $(2\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$
- Potasyum fosfat $(\text{K}_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$
- Sodyum tetra borat ve ya boraks $(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$
- Sodyum asetat $(\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$

1.4.2.1.3. Bazı metal bileşikleri

Yapısında metal bulunan inorganik maddeler şunlardır: (İlhan, 1988)

- Alüminyum klorür $(\text{Al}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$
- Alüminyum sülfat $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O})$
- Potasyum alüminyum sülfat veya şap $(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$
- Çinko klorür $(\text{ZnCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$
- Çinko borat $(3\text{ZnO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3)$

1.4.2.1.4. İnorganik yüzey örtücüler

Ağaç malzemeye uygulandıklarında yüzeyi örterek ateşe karşı bir izolasyon tabakası oluştururlar. Açık hava koşullarına duyarlı, yüzeylere güç sürülen ve dekoratif özellikleri örten bu maddelerden inorganik olanların en önemlileri alkali silikatlardır. Ayrıca sodyum silikat ile potasyum silikat örnek olarak verilebilir. Bunlar ağaç malzemeye sürüldüklerinde yangın esnasında eriyerek yüzeyde

izole edici bir köpük tabakası meydana getirirler. Ancak bu maddeler, havanın teması sırasında CO₂'in etkisi ile karbonatlara ve silis asidine ayrışarak etkisiz kalırlar (Yalınkılıç, 1993).

1.4.2.2. Organik maddeler

Bu maddelerin yapısında karbon olması, doğal yapılarına zaten yanıcı bir özellik kazandırmaktadır. Bu organiklerle oluşturulan maddelerde, bol miktarda nitrojen ve yangın geciktirici etkisi olan halojenler ve fosfatlar olduğu için etkileri önemli bir düzeye varmaktadır. Bu organik maddeleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür (Uysal, 1997).

- Polimerler ve reçineler
- Reaktif bileşimler
- Diğer organik koruyucular
- Organik yüzey örtücüler (yüzeyde katman oluşturucu maddeler)

1.4.2.2.1. Polimerler ve reçineler

- Diamonyum fosfat gibi bir tuz, üre-formaldehit reçinesinde çözündürülerek güç yıkanan bir özellikteki emprenye maddesi elde edilmiştir.
- Kimyasal kombinasyonlarla, reçinelere fosforik veya borik asit eklenerek karbon nitrojen bağları olan kondenzasyona uğratılmış aldehit ürünleri ile yangın önleyici etki de organik maddeler oluşturulmuştur. Örneğin, bu yöntemle siyanamid, disiyanamid, melamin, ammelin veya emmelid içeren formaldehitler elde edilmiştir.
- Kondanze olmuş prefosforik asit ile ürenin, çözünür olan melamin formaldehit kondenzasyonu ile meydana gelen karışımından oluşur. Emprenyeden sonra, 70 – 160 °C'de bir kurutma kürüne tabi tutulan ağaç malzemedede uygun koruyucu önlemler alınabilmektedir.

- Ağaç malzeme kısmi bir polimerizasyon ürünü olan tetrakis (hidroksimetil) fosfonyum tuzu ve/veya bir tris (hidroksimetil) fosfin oksit ile çok yönlü reaksiyon gösteren nitrojen, üre, melamin gibi çözülmüş bir alkid reçinenin bulunduğu bir ortamda işleme sokularak tutuşmaya karşı korunabilmektedir.
- Organofosforların allilamine, dialliamin veya m-aminostiren gibi polimerlerin ısı etkisiyle polimerizasyona uğratılmasıyla elde edilen emprenye maddeleri ağaç malzemedden kolayca yıkanarak çıkmazlar.
- Non - Com. Exterior suda çözünen bir monomer olan ve ısı etkisi ile polimerize olarak çözünmez bir duruma gelen yüksek moleküllü bir reçine ürünüdür. Çok kullanışlı ve avantajlı olan bu maddenin son yıllarda geniş bir kullanım yeri vardır (İlhan 1988).

1.4.2.2.2. Reaktif bileşikler

- Ağaç malzemenin disiyandiamid ve fosforik asit ile emprenye edilip, 70 – 110 °C ısıda bir kurutma kürü uygulanmasıyla emprenye maddesi ve selüloz arasında bir reaksiyon doğurmaktadır. Böylece ağaç malzemenin higroskopik özellikleri giderilip, direnç özellikleri de yükselmektedir.
- Melamini çapraz bir bağlayıcı olarak disiyandiamid, fosforik asit, formaldehit ile kullanılarak yıkanma özelliği düşük iyi kalitede bir preparat oluşturulmaktadır.
- Bir diğer önemli uygulamada tris (L-aziridinyil) fosfinoksit (APO)₂'nu kendiliğinden polimerize olarak, selüloz ve lignin hidroksil gruplarıyla reaksiyona girmesidir.
- Reaktif bir bileşim ise: fosfor oksiklorid

(POCl₃), fosfor triklorid (PCl₃) veya fosfor tihoklorid (PSCl₃)'in vinilasetat veya vinilklorid gibi kopolimerlerin bir organik çözücünde çözümlenmesiyle elde edilir (İlhan, 1988).

1.4.2.2.3. Diğer organik emprenye maddeleri

Bu grup emprenye maddeleri bazı halojenleşmiş organik maddeler ile organofosforların organik solventler içerisinde çözüldürülmesiyle elde edilirler. Bunların yapımında yüksek derecede uçucu olmayan çözücüler kullanılır. Bu amaçla kullanılan bazı organik çözücülü organik koruyucular şunlardır (İlhan, 1988).

- Bis (2-bromo etil) 2-bromo etan fosforat
- Klorlanmış alkil fosforatlar
- Klorlanmış fosforik ve fosforik asit diesterleri
- Klorlanmış naftalinler
- Katı klorlu hidrokarbonlar
- Triarilfosfatlar

1.4.2.2.4. Yüzeyde katman oluşturu maddeler (Yüzey Örtücüler)

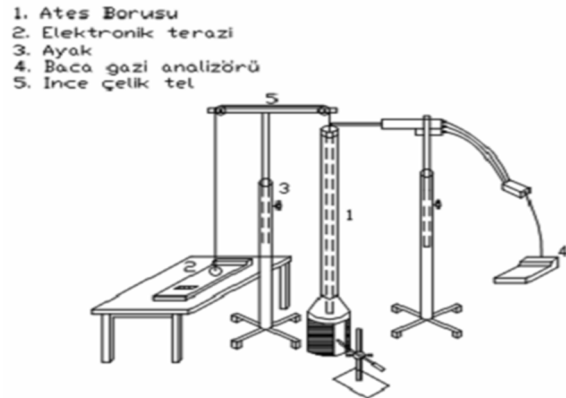
Yüzey örtücüler ağaç malzemeye uygulandıklarında yüzeyi örterek ateşe karşı bir yalıtım tabakası oluştururlar. Bu suretle ağaç malzemenin etrafa yanıcı gaz vermesi ve havanın oksijeni ile temasa geçmesi önlenmiş olur. Bunların oluşturduğu ilk etki özellikle önemlidir. Yoksa pirolize uğramış odunda meydana gelecek gazlar katmandan dışarıya çıkararak yanabilirler. Organik örtücülere örnek olarak; amonyum fosfatlar, fosforik asit ve borik asit gösterilebilir. Yüzey örtücü maddeler genelde açık hava koşullarına duyarlı, yüzeylere güç sürülen, yüzeylerdeki dekoratif özellikleri örten özelliklerdedir. Bu nedenle önemli bir uygulama bulamamışlardır. Bu olumsuz özelliklerine rağmen tarihi eserlerin korunmasında çok kullanılırlar (İlhan, 1988).

1.5. Yanma deney türleri

1.5.1. Yanma deneyi (ASTM-E 69)

Yanma deneylerinde ASTM-E 69 (2002) standardında belirtilen esaslarına uyularak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Buna göre, kontrol ve test örnekleri yanma işleminden önce 20±2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında % 12 rutubete ulaşıncaya kadar bekletildikten sonra, alev kaynaklı yanma (4 dk. Süreyle) ve kendi kendine yanma (6 dk. Süreyle) değerleri belirlenmiştir ve Şekil 5'de verilen deney düzeneğinde yanma deneylerine tabi tutulmaktadır.

Yanma testleri her 30 saniyede de bir olmak üzere toplam (4 dakika–8 ölçüm alev kaynaklı, 6 dakika–12 ölçüm kendi kendine yanma) şeklinde yapılır ve yanma deneyi sonrası deney örneğindeki ağırlık kaybı (deney öncesi-deney sonrası) ± 0,01g duyarlılık analitik terazi yardımıyla belirlenmektedir. Şekil 5 'te deney düzeneği verilmiştir.

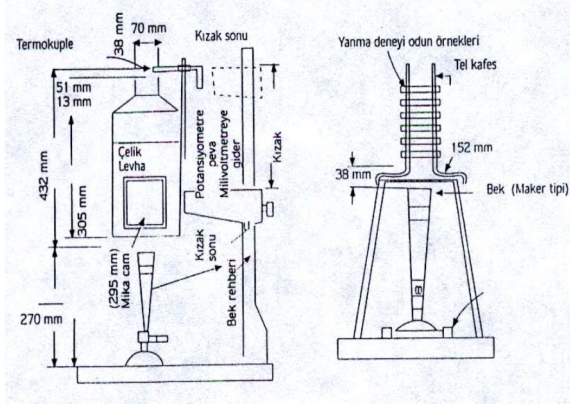


Şekil 5. Yanma deney düzeneği (Uysal, 2005).

1.5.2. Yanma deneyi (ASTM-E 160-50)

Yanma deneylerinde ASTM -E 160-50'deki (Şekil 6) belirtilen esaslarına uyulur. Buna göre, test ve kontrol örnekleri yakma işleminden önce 27 ± 2 °C sıcaklık ve % 30 ± 3 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında % 7 rutubete ulaşıncaya kadar bekletilmişlerdir. Kontrol örneklerinin bir kısmının rutubeti % 30 olarak muhafaza edilmiştir. Deneyde 24 adet örnek 12 katta üst üste kare prizma şeklinde dizilerek yakılmıştır.

Yakıt olarak kullanılan bütan gazının basıncı 0,5 kg/cm² olacak şekilde sabit tutulur ve ölçmeler alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma olmak üzere üç aşamada yapılır. Kendi kendine yanma süresi, alev kaynağının kapatılmasından sonra deney örneklerinin alevli yanmaya kadar devam ettiği süre, alevli yanmadan dağılmaya kadar geçen süre ise kor halinde yanma olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 6. Yanma deney düzeneği (ASTM D160 50)

1.5.3. Termogravimetrik Analiz (TGA)

Ağaç malzemenin yanma, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde tüm kimyasal bileşikler etkili olmaktadır. Odunun tutuşma kabiliyeti, rengi, yoğunluğu, kokusu, tadı ve basınç direncine karşı dayanıklılığı ekstraktif madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Odunda ekstraktif madde miktarı azaldıkça yanma kabiliyeti de azalmaktadır. Lignin ve inorganik madde(kül) oranındaki artış yanma direncini azaltmaktadır.

Odunda boyuna yönde selüloz miktarı arttıkça liflere paralel çekme direnci de artmaktadır. Ağaç malzeme kompleks organik polimerlerin karışımından oluşmaktadır. Sıcaklıkla birlikte ağaç malzeme bileşenlerinde değişimler meydana gelmektedir. TGA sonuçları, ağaç malzemenin MDF, yonga levha, kontrplak gibi ürünlerin ve odun/plastik kompozitlerinin üretilmesinde, ağaç malzemenin yanmaya karşı bazı davranışlarının açıklanmasında, yangın geciktiricilerin performanslarının değerlendirilmesinde ve biyokütleden yakıt elde edilmesinde kullanılabilir.

Ağaç malzemenin termal stabilitesini belirlemek amacıyla Termogravimetrik Analiz (TGA) yöntemi kullanılmaktadır. Malzemede meydana gelen

fiziksel ve kimyasal değişimler tanımlanabilir. Termal özellikleri belirlenecek malzeme ısıtılırken meydana gelen kütle kayıpları tespit edilerek, sıcaklık-kütle kaybı grafiğinden kırılmanın meydana geldiği sıcaklık değeri bozunma sıcaklığı olarak bulunmaktadır. Bozunma sıcaklıklarının belirlenmesi için ağırlık kaybının 1. dereceden türevinden (DTGA) yararlanılmaktadır (Tutuş ve ark. 2010).



Şekil 7. Termal yanma cihazı (TGA)

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Yanma deneylerinde materyal hazırlama

Çeşitli odun türleri ve değişik yöntemlerle yapılan yanma deneylerinde ölçüler değişiklik göstermektedir. Yanma deneylerinde temel esas; deney örneklerinin standartlar dahilinde işleme alınmasıdır. Tomruklar TS 345 (1974) ve TS 4176 (1984) esaslarına uyularak belirlenen toplam 12 adet ağacın dip kısımlarından 2 m yukarıdan olmak üzere hazırlanmaktadır.

ASTM E 69 yanma deneyinde; tomruklar taze halde iken radyal yönde biçilerek prizmalar elde edilmiştir. Daha sonra yıllık halkalara teğet yönde kesilen prizmaların diri odun kısımlarından ve 2 x 2 x 60 cm boyutlarında parçalar alınmıştır. Taslak halinde hazırlanan bu parçalar sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi % 65 ± 3 olan şartlardaki iklim odasında ortalama % 12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Daha sonra emprenye deney planında belirtilen rutubetlere kadar özenli ve

yavaş kuruma sağlayan kurutma programı uygulanarak (max 50 °C) kurutulmuşlardır. Bu örnekler emprenye edilerek yanma deneyleri gerçekleştirilmiştir. 2. olarak belirtilen yanma denemelerinde tomruktan örnek hazırlama aynı olmakla beraber sadece yanma deney örnek boyutları değişmektedir (75x2x1 cm). Üçüncü termal yanma deneyleri ölçüleri ise yine standartlar dahilinde odun örnekleri 5 gr toz haline getirilmekte ve emprenye işlemlerinden sonra termal yanma işlemi uygulanmaktadır. ASTM -E 160-50'de belirtilen esaslar dahilinde (ASTM, 1976) Test ve kontrol örnekleri yakma işleminden önce 27 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 30 \pm 5$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında denge rutubetine (%7) ulaşıncaya kadar bekletilmektedir. Deneyde 24 adet örnek 12 katta kare prizma şeklinde dizilerek yakılmıştır. Yakıt olarak kullanılan bütan gazının basıncı 0.5 kg/cm^2 olacak şekilde sabit tutulmakta, ölçmeler alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma, kor halinde yanma olmak üzere üç aşamada işlemler gerçekleştirilmektedir.

- ASTM-E 162 Yanma Testi
- TS/EN 1263 Yapı Elemanlarının Yanmaya Dayanıklılık Testi

- EN ISO 10093 Plastikler - Yangın deneyleri

2.2. Değişik Yanma Test ve Standartlar

- Kapıların yangın dayanımına ilişkin test sertifikaları (UNI 9723 – UNI EN 1634 -1)
- Yük taşıyan ve yük taşımayan duvarların yangına dayanım test sertifikaları (EN 1365 -1, EN 1364 -1)

2.3. Yanma deneylerinde emprenye metotları

Yapılan araştırmalarda yanma deneylerinde genellikle emprenye metodu olarak basınçlı, vakumlu, hem vakum ve hem de basınçlı metotlar uygulanmıştır. Vakumlu emprenye çalışmaları araştırma kapsamına alındığından metot kısaca ASTM-D 1413-76 (1975)' da belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmektedir.

Bunun için örnekler 60 cm Hg^{-1} 'ya eşdeğer ön vakum 60 dk süreyle uygulandıktan sonra, 60 dk süreyle normal atmosfer basıncında çözelti

içerisinde bırakılmakta, emprenye maddesi tutunma(retensiyon) miktarları($R - \text{Kg/m}^3$) ve % retensiyon oranları (R- %) örnekler emprenye öncesi ve sonrası tam kuru hale getirildikten sonra, hesaplanabilmektedir. Şekil 8 'de emprenye deney düzeneği genel olarak verilmiş olup; vakum,basınç ve vakum-basınç uygulanabilmektedir.



Şekil 8. Emprenye düzeneği (Baysal ve ark., 2004).

3. SONUÇLAR

Odunun gerek iç ve gerekse dış ortamda korunması dünyada ve ülkemizde zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülke orman kaynaklarının bakımı, korunması ve nesiller aktarılabilmesine yönelik olarak çeşitli koruma teknikleri geliştirilmiş olmasına rağmen yangın ve yanmaya karşı kullanılacak metot ve maddeler araştırılmaya devam edilmektedir. Mobilya ve inşaat endüstrisinde çeşitli koruyucu teknikler hızlı bir şekilde uygulanırken tüm alan ve mekânlarda kullanılacak malzemelerde (kontrplak, masif, yonga levha, lif levha vb.) kullanıma dikkat edilmesi yangın geciktiricilerin etkisini bir kat daha artıracaktır.

Kimyasal işlemlerle koruma yöntemleriyle de kesilmiş olan odun kaynağı ömrünün uzun yıllar korunumu ve buna bağlı olarak kullanımı önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akincitürk, N., Perker, S., 2003. 700 Yıllık Tarihi

Cumalıkızık Yerleşimindeki Ahşap Yapılarda Yangın Yalıtımı, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, 21-22-23 Mart, s:151-159, ISBN:975-395-591-X., MMO Yayın No: E/2003/316.

Aslan, S., 1994. Ağaç Dendrolojisi, Odun Anatomisi, H.Ü. Beytepe, Ankara.

Aslan, S., Özkaya, K., 2004. Farklı Kimyasal Maddelerle Emrenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2004, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 122-140

ASTM-E 162 (1998). Standard Testing Fire testing is used for a wide range of purposes including material flammability.

ASTM E 69 (2007). Standard Test Method for Combustible Properties of Treated Wood by the Fire-Tube Apparatus.

ASTM160-50 1980. Standart Test Method for Combustible Properties of Terated Wood by The Crib Test.

ASTM-D 1413-76 (1976). Standart Test Methods of Testing Wood Preservatives By Laboratory Soilblock Cultures, Annual Book of ASTM Standarts, 452-460.

Atar, M., Keskin, H., Yavuzcan, H.G., 2004. Varnish layer hardness of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood as affected by impregnation and color bleaching, J. Coatings Technol. 1, 498-504.

Baysal, E., Yalınkılıç, MK., Çolak, M., Gökteş, O., 2003. Bitkisel Sepi Maddeleri ve Borlu Bileşikler ile Muamele Edilen Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Odununun Yanma Özellikleri, Turk J. Agric For, 27, s. 245-252 Tübitak-Ankara.

Baysal, E., 1994. Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerin Kızılcım Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst. Yük. Lis. Tezi, Trabzon.

Baysal, E., Peker, H., Tan, H., 2004. Bazı Emrenye Maddelerinin Ladin (*Picea orientalis* Link.) Odunun Yanma Özelliklerine Etkileri F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.

Bozkurt, AY., Göker, Y., 1996. Fiziksel Ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 436, İstanbul, 374s.

Bozkurt, Y., Göker, Y., 1981. Orman Ürünlerinden Faydalanma, İÜ. Orman Fakültesi Yayınlan No:2840/297, İstanbul.

Bozkurt, AY., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Orman End. Müh. Böl., 372s. İstanbul.

Chin-Mu, T., Wang, YL., 1991. Incombustibility of fire retardant coated wood panels quart. J. Expt. Forest NTU, 5: 49-55 pp.

EN ISO 10093, 2005 . Plastikler - Yangın deneyleri.

DPT (1995) VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000), 307 s. Ankara.

Erdin, N., Kartal, N., 1997. Ağaç Malzemenin Açık Hava Etkilerine, Yanmaya ve Böceklere Karşı Korunması, I. Ulusal Mobilya Kongresi Bildiri Kitabı, Hacettepe Üniversitesi, MTYO Ağaç İşleri Endüstri Müh. Bölümü, 291 -304, Ankara.

Goldstein, IS., 1973. Degradation and Protection of Wood from Thermal Attcak, in: Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments (D. D. Nicholas, Ed.) Syracuse Univ., New York , Press, Vol:I, 307-339.

Hafors, B., 1990. The Role of the Wasa in the Development of PEG Preservation Method In: Archaeological Wood Properties, Chemistry and Preservation Series: 225, 195-217.

Harris, P., 1999. On Charcoal. Department of Chemistry, University of Reading, UK. Science Reviews, Vol.24, No.4, pp.301-306.

İlhan, R., 1988. Prefabrik Konut Yapımında Yangına Karşı Alınması Gereken Önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması, MPM Yayınları Yayın No: 338, 89-111, Ankara.

Kayacık, H., (1968) Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, III. cilt, Angiospermae (*kapalı tohumlar*), İstanbul Üniversitesi, Y No: 1360, Orm. Fak. Yayın No: 134, 299 s.

Kolmann, F., 1960. Occurance of Exothermic Reaction in Wood, Holz Als Roh-und Werkstoff, 18, 193-200.

Le Van, SL., Winandy, JE., 1990. Effects of Fire Retardant Treatments on Wood Strentgh: A Rewiew, Wood and Fiber Science , 22 (1) 113-131.

Maclean, JD., 1951. Role of Disintegration of Wood Under Different Heating Conditions, Proc. Am. Wood-Preserves, Assoc, 47, 155-168.

Örs, Y., Atar, M., Peker, H., 1998b. Çeşitli Emrenye ve Üst yüzey İşlem Maddelerinin Odunun Yanma

Özelliklerine Etkileri, Doğa Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi.

Örs, Y., Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, 183 s, Ankara.

Seferoğlu, D., 2008. Üstyüzey İşlemlerinin Ağaç Malzemenin Yanma Direncine Etkilerinin Belirlenmesi, Karabük Üni., Fen Bil. Enst., Y. Lis. Tezi, Karabük.

TS 4176 1984. Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini için Homojen Meşçerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması T.S.E. Standardı, Ankara.

TS-345 (1974). Ahşap Emprenye Maddelerinin Etkilerinin Muayene Metotları

TS/EN 1263, 1983. Yapı Elemanlarının Yanmaya Dayanıklılık Testi.

Ahmet, T., Kurt, A., Alma, H., Meriç, H., 2010. Sarıçam Odununun Kimyasal Analizi ve Termal Özellikleri, Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 20-22 Mayıs , Cilt: V Sayfa: 1845-1851.

URL-1.<http://www.hemel.com.tr/tr/urunler/yangin-geciktiriciler/yangin-geciktirici-cila-istemleri#>.

Uysal, B., 1997. Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uysal, B., Özçiftçi, A., 2004. The effects of impregnation chemicals on combustion properties of laminated wood material. *Combustion Science & Technology*, 176(1): 117–133 pp.

Uysal, B., 2005. Combustion Properties of Laminated Veneer Lumbers Bonded with Polyvinyl Acetate And Phenol Formaldehyde Adhesives and Impregnated with Some Chemicals, *Combust. Sci. and Tech.* 177: 1253 – 1271.

Uysal, B., Kurt, Ş., Esen, R., Özcan, C., Yıldırım, MN, Kılınç, İ., 2011. Bazı Kimyasallar İle Emprenye Edilmiş Sapelli Ağacı Üzerine Uygulanan Üst Yüzey İşlemlerinin Yanma Direncine Etkileri, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey

Yalınkılıç, MK., 1993. Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite ve Boyutsal Stabilite Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklikler ve Bu Maddelerin Odundan Yıkanabilirlikleri, Doçentlik Tezi, K.T.Ü. Orm. Fak., 312 sh, Trabzon.

Yalınkılıç, MK., Örs, Y., Ay, N., Baysal, E., Demirci, Z., 1997. Çeşitli Emprenye Maddelerinin Duglas (*Pseudosuga Menziessi (Mirb) Franco*) Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım Ve Ormanlık Dergisi*, Seri: 21, Sayı: 5, Ankara, s. 433 – 444.

Zicherman, JB., Williams, RB., 1982. Microstructure of Wood Char, Part: 2, Fire Retardant Treated Wood, *Wood Science and Technology*, 16 (1), 19 – 34, USA.