

## AHŞAP ENDÜSTRİSİNDE KOMPOZİT ÜRETİMİ VE KULLANIMI

Hatice Ulusoy<sup>1\*</sup>, Hüseyin PEKER<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Köyceğiz MYO Ormanlık Bölümü, Muğla

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin

\*Sorumlu yazar: [haticeulusoy@mu.edu.tr](mailto:haticeulusoy@mu.edu.tr)

**Özet** – Ahşap materyalin kullanım ömrünü uzatmak ve orman kaynaklarını en verimli bir şekilde değerlendirmek günümüz yüzyılında büyük önem kazanmıştır. İnsan nüfusu hızlı bir şekilde artış gösterirken kullanılagelen odun materyalinin yetişmesi ve temininde çok büyük sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Bu amaçla alternatif odun koruma yöntemi /koruma materyalleri konusunda çok çeşitli çalışmalar yapılmakta optimum kullanım hedefleri belirlenmek zorunluğu oluşmuştur. İnsan ve çevre sağlığı 21.yy 'da önem düzeyini artırmıştır. En az iki veya daha farklı materyallerin oluşumuyla meydana gelen yapıya kompozit ismi verilmekte ve odunsal yapıdan oluşan kompozitler iki ana grup olarak sınıflandırılmaktadır. Isı tesiri ve presle oluşan yapıya termoset yapılı kompozit olarak nitelendirilirken diğeri ise termoplastik yapılı kompozit olarak yer almaktadır. Termoplastik yapıda odun unu ve plastik içerikli madde karışımına odun-plastik kompozitleri olarak isimlendirilmektedir. Bu kompozit türleri rutubet, teknolojik özellikler, bakımı, biyotik/abiyotik , mantar etkilerine, yanmaya karşı çok büyük dayanım göstermelerinden dolayı bir çok endüstri kolunda (inşaat endüstrisi, otomotiv, park bahçe, ,askeri sanayii vb) tercih edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler** –Kompozit, Ahşap endüstrisi, Odun-Plastik kompozitleri, İnşaat endüstrisi

## PRODUCTION AND USE OF COMPOSITE IN WOOD INDUSTRY

**Abstract-** Nowadays extending the lifetime of wood materials and evaluating the forest resources in the most efficient way has gained importance. While the human population is increasing rapidly, in growing and supplying the wood material used is faced with great difficulties. For this purpose, a wide variety of studies on alternative wood preservation methods/protection materials have been carried out and the determination for optimum utilization targets has become a necessity. Human and environmental health's importance has increased in the 21st century. Composite is the structure which is formed by the formation of at least two or more different materials. The composite which is composed of wood structure is classified as two main groups. The structure which formed with the heat effect and press is called as thermoset composite and the other is a thermoplastic composite. Thermoplastic wood flour and the plastic material mixture is called as wood-plastic composites. These composites types are preferred in many industries (construction industry, automotive, park garden, military industry etc.) because of their great resistance for combustion, their effect of humidity, biotic and abiotic fungal effects, their technological features and maintenance.

**Keywords-** Composite, wood industry, wood-plastic composites, construction industry

### I. GİRİŞ

Kompozit malzemelerin mobilya endüstrisinde, inşaat sektöründe, iç ve dış mekânlarda çok geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu ürünlerin özellikleri, hammadde odunun fiziksel şeklinde yapılan değişiklikler, levha yoğunluğu, kullanılan tutkalın cinsi ve miktarı, su ve yangına karşı dayanımı artırmak, ayrıca çeşitli çevresel etkilere karşı dayanımı arttırmak amacıyla eklenen maddeler ile geliştirilebilmektedir. Günümüzde bazı kompozit malzemeler birlikte gruplandırılarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, kontrplak, çeşitli yapı levhaları, lamine edilmiş ağaç malzeme, yongalevha, MDF gibi kompozitler son zamanlarda “engineered wood products” olarak adlandırılmaktadır. Kompozitler yalnızca levha ürünlerini değil aynı zamanda kalıpla şekillendirilmiş

ürünleri ve odun ve diğer malzemelerin kombinasyonu ile oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir. Bu ürünler lif levhadan lamine malzemelere kadar geniş bir dağılım gösterir. Odun kompozitleri terimi oldukça yeni bir terimdir. Orman ürünleri endüstrisinde küçük partiküllerin, liflerin ya da daha geniş parçaların yapıştırılmasıyla geliştirilmiş olan pek çok malzeme değişik isimlerle anılmaktadır. Farklı isimlerle anılan bu ürünlerin odun kompozitleri başlığı altında değerlendirilmesi son 10–15 yılı kapsamaktadır. Odun özellikleri türler arasında, aynı türe ait ağaçlar arasında ve aynı ağacın değişik kısımlarında farklılıklar gösterdiği için, masif odun özellikleri, prosesi kontrol edilerek özelliklerine müdahale edilebilen kompozit malzemelerin özelliklerinden farklıdır. Odun kökenli kompozitlerin özellikleri lif, yonga, kaplama vb. seviyesinde incelenir. Bu tür malzemelerin

özellikleri üretim prosesindeki işlemlere müdahale edilerek (Bu elemanların kombinasyonları, kullanılan madde miktarı, işlem süreleri, tabakaların organizasyonu vb.) değiştirilebilir [1]. Odun kompozitleri ile ilgili literatürde değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlardan yararlanılarak odun kompozitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır Levha ürünleri olarak kontrplak, kontrtabla, yongalevha (particleboard), etiketli yongalevha (waferboard), Şerit yongalı levha (flakeboard), OSB (oriented strand board), Lif levha (MDF, HDF, İzolasyon levhası) olarak sınıflandırılırlar. Yapısal kompozitler 2 kısımda incelenebilir. Birincisi yapısal kompozit keresteler PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber), LVL (Laminated Veneer Lumber), GLULAM (Glued Laminated Timber). İkinci olarak da yapısal levha ürünleridir. Bunlar da yapısal kontrplaklar, yapısal flakeboardlar (waferboard, OSB), Ahşap I kirişler, COMPLY keresteler. Odun-Odun dışı Ürün Kompozitlerler sınıflandırılabilirler. Bunlar bağlayıcı olarak inorganik maddelerin kullanıldığı kompozitler (alçılı levhalar, magnezyum çimentosu levhalar, portland çimentosu levhalar), Odun lifi- termoplastik kompozitler (Yüksek termoplastik içerikli kompozitler, düşük termoplastik içerikli kompozitler, dokunmamış tekstil tip kompozitler). Mekanik olarak lamine edilmiş elemanlar ve kalıplanmış ürünler (molded products) olarak da sınıflandırmak mümkündür [2]. Lignoselülozik yonga ya da lifler, termoplastik parçalar (granüller, flakeler vb.) yada liflerle kuru bir şekilde harmanlanır ve preslenerek bir panele dönüştürülür. Termoplastik sıcakken erimiş halde olduğu için sıcaklıkla sertleşen reçineler de kullanıldığından farklı presleme stratejileri kullanılmalıdır. Bu tip kompozitlere uygun olacak iki tip seçenek geliştirilmiştir. İlkinde, materyal sıcak prese uygun sıcaklıkta yerleştirilir. Sonra pres kapanır ve materyal sıkıştırılır ve ısı lignoselülozik materyal civarında akan mayi haldeki termoplastik komponentin erimesi için iletim yoluyla transfer edilir. Sonra pres soğutularak termoplastik dondurulur (kompozit presten taşınabilir diye). Alternatif olarak materyal önce bir fırın ya da sıcak preste ısıtılabilir. Bu sıcak materyal sonra soğuk prese taşınır ve burada materyal çabuk bir şekilde sıkıştırılıp soğutularak katı bir levha oluşturulur. Bazı ticari yapılarda kullanılan lignoselülozik-termoplastik kompozitleri bu yolla imal edilmektedir [3]. İnorganik madde bağlayıcılı odun kompozitleri, ağırlığının %10-70'i arasında odun yongaları ya da liflerini ve bu orana bağlı olarak %90-30 arasında inorganik bağlayıcı içeren şekillendirilmiş ürünler veya levha ürünleridir. İnorganik bağlayıcılı odun kompozitlerinin özellikleri odunsu materyal ve inorganik bağlayıcı maddenin yapısı ve miktarından önemli düzeyde etkilenir. İnorganik bağlayıcılar alçı, magnezyum çimentosu, portland çimentosu olmak üzere 3 ana gruba ayrılırlar. Alçı ve Magnezyum çimentosu rutubete karşı hassastır ve bunlarla üretilmiş levhalar genellikle iç maksatlarla kullanılır. Portland çimentosunun bağlayıcı olarak kullanıldığı kompozit levhaları alçı ve magnezyum çimentosu kullanılmış olanlara göre rutubete karşı daha dayanıklıdır ve hem iç hem de dış maksatlarla kullanılır. Bütün inorganik madde bağlayıcılı kompozitler böcek, yangın ve bakteri vb. zararlılara karşı dayanıklıdır. Alçılı paneller genellikle iç duvarlarda ve tavan kaplaması olarak kullanılmaktadır. Alçılı levhalar normalde alçı, su, lignoselülozik liften yapılıdır. Magnezyum çimentosu levhaların portland çimentosu ve alçılı levhalara göre fiyatının daha yüksek olmasına rağmen

üretimde portland çimentosuna göre bazı avantajları vardır. İlki lignoselülozik materyallerin içerisindeki çeşitli şekerler magnezyum çimentosunun yapışma vb. işlemlerini daha az etkiler. İkincisi üretim boyunca magnezyum çimentosu yüksek su içeriğine daha dayanıklıdır. Magnezyum çimentosu levhalar suya duyarlı olarak kabul edilse de bu levhalar suya alçılı levhalara göre daha az duyarlıdır. Magnezyum çimentosunun başarılı bir uygulaması iç kısımlardaki tavan ve duvarlar için düşük yoğunluktaki panellerdir. Bu panel ürününün üretilmesinde, odun yünü düşük yoğunluktaki keçeğe yayılır. Bu keçe magnezyum çimentosunun sulu solüsyonu püskürtülür, preslenir ve panellere kesilir. İnorganik madde – odun kompozitleri içerisinde en yaygın olan portland emdirilmiş kompozitlerdir. Portland çimentosu su ile birleştiğinde hemen hidrasyon adı verilen reaksiyona girer ve bu işlem sonunda katı, taş gibi bir kütle döner. Portland çimentosu kompozitlerin düşük yoğunlukta olanları odun yünü ile yüksek yoğunlukta olanları ise yonga veya liften yapılıdır. Düşük yoğunluktaki ürünler iç kısımlarda tavanda ve duvar panelleri olarak kullanılır. Portland çimentosu panellerin ses izolasyonu da iyidir. Yüksek yoğunluktaki levhalar ise yer döşemesi olarak, çatı örtüsü olarak, yangın kapılarında, yük taşıyıcı duvarlar, dekoratif çatı kiremitleri, preslenmemiş bızlerin yapımında (non-pressure pipes) kullanılır [4,5]. Plastikler son zamanlarda endüstriye girmiş bir malzeme grubu olmasına rağmen günlük hayatımızda çok fazla kullanılan malzemeler arasında yer almaktadır. Bunun nedeni olarak özelliklerinin ve çeşitlerinin çok geniş bir aralıkta değişmesi gösterilebilir. Diğer malzeme gruplarından daha farklı özelliklere sahip plastiklerin ana özellikleri şu şekilde sıralanabilir: Özgül ağırlıkları azdır. Çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptir. Kolay şekil verilebilir ve kolay işlenebilir. Katkı maddeleri ile özellikleri değiştirilebilir. Isı ve elektrik iletkenlikleri düşüktür. Saydamdırlar. Korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar. Yeniden işlenip kullanılabilir hale gelebilirler. Plastikler lineer veya dallanmış çok büyük moleküllerden yani makromoleküllerden oluşurlar [6].

İki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesi ile oluşan ve çoğu zaman kendilerini oluşturan materyallerden daha faydalı özelliklere sahip olan malzemelere kompozit malzeme denmektedir [7]. Odun kompozitleri iki ana sınıfa ayrılmakta olup bunlar; termoset tutkallar ile üretilen odun kompozitleri, termoplastik ve çimento gibi materyaller ile üretilen odun kompozitleridir. Termoset esaslı odun kompozitleri odun materyali ve termoset tutkalı kullanılarak bir pres yardımıyla ısı altında birleşmesiyle elde edilmektedir. Bu kompozitlerde odun materyalini birbirine bağlamak için ürefoaldehyit (UF), fenol formaldehyit (PF), polivinil asetat (PVA), polimerik difenil diizosiyanat (pMDI), melamin formaldehyit (MF), resorsinol formaldehyit (RF) gibi çeşitli yapıştırıcılar kullanılmaktadır [8].

Fiyatlarının emprenyeli malzeme ve masif oduna göre yüksek olmasına rağmen OPK satışları son zamanlarda şartırtıcı bir şekilde artmıştır. Dayanıklı olması ve çevre dostu olarak algılanmasından dolayı 1990'lı yıllardan sonra OPK'lar endüstride kendine önemli bir yer edinmiştir. 2003 yılında 400.000 ton Kuzey Amerika'da, 30.000 ton Avrupa'da OPK üretilmiştir. OPK üzerine yapılan ilk çalışmalar genel olarak, formülasyonu ve üretim süreci ile ilgili olmuştur ve bu malzemenin biyolojik etkenlere karşı dayanıklı olduğu varsayılmıştır. Özellikle üretimin ilk aşamasında plastiğin odun liflerini tamamen kapladığı

düşünülmüştür. Bu düşüncede OPK'ları oluşturan poliefenollerin omurgasını oluşturan karbon atomunun abiyotik zararlıların oksidasyonuna karşı oldukça dayanıklı oluşu etkili olmuştur. [9]. Çalışmada kompozit ve odun-plastik kompozitlerinin önemi vurgulanarak , değerlendirmeler yapılmıştır.

## II.MATERYAL VE YÖNTEM

### Kompozit ve Odun-Plastik Kompozitleri

Fenol formaldehit reçineleri kullanım sırasında püskürtme sistemini olumsuz etkilediği bilinen bir gerçektir. Bu olumsuzluğu gidermek için rezol tipi fenol formaldehit reçinelerinin üretimi sırasında belli oranda tetraborat kullanılarak daha kararlı reçineler elde edilmiştir. Bu ürün izolasyon amacıyla kullanılan lif levhalar da bağlayıcı olarak kullanılmaktadır [10]. Bor esaslı ticari novalak reçinesini farklı oranlarda bisokist (benzo-1.3.2- dioxaborolanyl) maddesini kullanarak elde etmişler. Hekzamin ile sertleştirilen bu polimerlerin yüksek derecelerde modifiye edilmemiş olanlara göre daha fazla kalıntı bıraktıkları tespit edilmiştir [11].

Atık Okalipthus odun unları ve YYPE kullanılan bir çalışmada %2 oranında uyumlaştırıcı ve farklı odun unu kullanılarak üretilen OPK'ların mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonunda levha içerisinde odun unu oranının artması ile eğilme, çekme ve darbe dirençlerinde azalmaların olduğu eğilimde elastikiyet ve çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ise artmaların meydana geldiği bildirilmiştir. Direnç özelliklerindeki azalmanın lignoselülozik materyal ile plastik arasındaki zayıf bağlanmadan oluştuğu, elastikiyet değerlerindeki artışın ise levha içerisinde bulunan lignoselülozik materyalin daha elastik bir yapıya sahip olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. % 2 oranında uyum sağlayıcı madde kullanılması ile şok direnci dışında tüm mekanik özelliklerde artmaların olduğu belirlenmiştir. Uyum sağlayıcı madde kullanımı ile yüzeyler arasındaki bağın kuvvetlendiği, dolayısı ile plastik malzemenin liflerden sıyrılmasının engellediği için liflerin kırıldığı; bunun ise şok direncinde azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir [12]. Odun plastik kompozitleri iki aşama halinde üretilmektedir. Kompozit malzemeyi oluşturacak olan hammaddeler karıştırıcı vasıtasıyla homojen olarak karıştırılarak birleştirilir. Birleştirilmiş olan bu maddeler ikinci bir işlemde geçer. Bu aşamada ise enjeksiyon, ekstrüzyon veya basınç kalıplama yöntemleriyle malzemeye son şekli verilmektedir. Alternatif olarak ekstrüzyon sonunda ilk işlem sonrası elde edilen karışım daha sonra ısı ve pres altında eritilip şekillendirilerek üretim yapılabilir .Termoset plastikler kullanılarak yapılan ilk OPK üretimi Leo Beakeland tarafından yapılan bakalıttir. Bu üretimde odun unu ve fenolik bileşikler kullanılmıştır. Termoplastik malzeme ve odun unu kullanılarak üretilen ilk OPK ise italyan'lar tarafından üretilmiştir. Üretimde ekstrüzyon yoluyla odun unları ve polipropilen kullanılmış ve otomobil iç dekorasyon malzemeleri üretilerek 1920 yılında patent alınmıştır. OPK' nın dayanım ve direnç özelliklerinin iyi oluşu araştırmacıların dikkatini çekmektedir . OPK' ların sağlamış olduğu başlıca avantajlar şunlardır: Rutubete karşı yüksek dirençlidir, yüksek boyutsal stabiliteye sahip olup çalışması çok azdır, üretiminde kullanılan atık malzemelerden dolayı doğa dostudur, isteğe göre

boyutlandırılabilir, daha az bakım gerektirir, mantar ve böceklerle karşı dayanıklıdır [13].

Yapılan çalışmalarda ise OPK'lar içerisindeki odun unu oranının %50'nin altında olması durumunda mantarlar tarafından oluşturulan ağırlık kayıplarının hiç olmadığı ya da çok az oranda olduğu, odun unu oranının %50 ve üzeri olması durumunda ise ağırlık kayıplarının arttığı belirlenmiştir. Mantar zararlarının en az seviyeye düşürülmesi için plastik ile ağaç malzeme arasındaki bağın güçlendirilmesi ya da OPK içerisinde bulunan ağaç malzemenin koruyucu kimyasallarla işlem görmesi gerektiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur [14].

% 40 oranında bagasse lifi, PP ve %2 oranında uyum sağlayıcı madde kullanılarak OPK üretimi gerçekleştirilen bir çalışmada 16 hafta süre ile beyaz çürüklük (Trametes versicolor) ve esmer çürüklük (Coniophora puteana) mantarlarının yapmış olduğu ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca levhaların 2 ve 24 saat sürenin sonunda su alma ve kalınlık değerleri tespit edilmiştir. 16 haftanın sonunda beyaz ve esmer çürüklük mantarlarının meydana getirdiği ağırlık kayıpları sırası ile %7,15 ve %6,32 olarak tespit edilmiştir. 2 ve 24 saat sonunda su alma oranları sırası ile %3,82 ve %7,77 olurken kalınlık artışı için bu değerler %2,45 ve %6,28 olarak tespit edilmiştir. Beyaz çürüklüğün oluşturduğu ağırlık kaybının fazla olmasının nedeni bagasse liflerinin kimyasal içeriğine ve beyaz çürüklük mantarlarının lignini de tahrip edebilmesine bağlanmıştır [15].

## II. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde fenol formaldehit reçineleri günlük hayatta sıkça kullandığımız; sunta, MDF, bakalit gibi ürünlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Fakat elde edilen bu fenol formaldehit esaslı kompozitlerin fiziksel (özellikle termal ve aşınma) ve mekaniksel özelliklerde daha iyi sonuçlar elde etmek için başka yollarla modifiye edilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Özellikle bor metali ile yapılan modifikasyonların olumlu sonuç verdiği gözlenmiştir. Polimer kompozitlerinde ve kaplama endüstrisinde alkali ortamda elde edilen fenolformaldehit reçinesini yaygın olarak kullanılmaktadır ama bu reçinenin ısı direncini ve mekanik direncini artırmak ve bunların kullanıldığı malzemelere daha iyi bir elektriksel özellik ve radyasyon absorblama özelliklerini kazandırmak amacıyla bor ile kombine edilmesi son yıllarda önem kazanmaktadır. Dolayısıyla bizim bu yapmış olduğumuz çalışma yeni ve değişik modifikasyonların geliştirilmesine neden olabilir. Ülkemizde zengin rezervlere sahip borun polimer sanayinde kullanımını artırmak hem ekonomik ve hem de teknik anlamda büyük bir yarar sağlayacaktır. Bu bağlamda borun yeni kullanım alanlarının açılması önem taşımaktadır. Ülkemizde geniş yetiştirme alanı bulunan lignoselülozik Yerfıstığı kabukları için yeni kullanım alanları açmak. Ayrıca yerfıstığı odun hammaddesinden oldukça ekonomik olduğundan yer fıstığı için açılan bu yeni kullanım alanları çok önem taşımaktadır. Borun fenol formaldehitin yapısına daha iyi nasıl bağlandığı hakkında yeni çalışmalar yapılmalı ve yeni modifikasyon yöntemleri gerçekleştirilmelidir . [16].

#### IV.KAYNAKLAR

- [1] TM.Maloney “ Terminology And Products Definitions A Suggested Approach To Uniformity” Worldwide. Proceedings. International Union Of Forest Research Organization World Congress, Yugoslavia, 18: 12–18.,1986.
- [2] B.Güller” Odun Kompozitleri” SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2: 135–160,2001.
- [3] Anonim “Handbook of Wood and Wood Based Materials. Forest Products Laboratory”,1999.
- [4] TM. Maloney “The family of wood composite materials”. The Forest Products Journal, 46: 19–26,1996.
- [5] A.Moslemi “Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials” II.International Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Material Conference,Idaho USA, s: 30–38,1990.
- [6] ÖF.Akyüz “Plastik ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş”. PAGEV yayımları, 58-65,2006.
- [7] F. Mengeloğlu, MH. Alma, NS: Çetin, “Plastik endüstrisinde buğday sapı ununun kullanılabilirliği”, Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2 (2) , 57-65,2002
- [8] LM. Matuana ,PA Heiden , “Wood Composites”, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, 12,521-546,2004.
- [9] AA.Kylosov,” Wood Plastic Composites”, John Wiley&Sons, 698.,2007.
- [10] K.Tang., RA. Santos, B.Zapletal “Borate Modified Phenolic Resin For Insulation Material”. US Patent No: 265,250,2005.
- [11] C.Martin, J.Ronda, V.Cadiz “Development Of Novel Flame-Retardant Thermosets Based On Boron-Modified Phenol-Formaldehyde Resins”. Journal Of Polymer Science, Part A. Polymer Chemistry. 44(11):3503,2006.
- [12] F.Mengelöglu , K.Karakus , “Polymer composites from recycled high density polyethylene and waste lignocellulosic materials,” Fresenius Environmental Bulletin, 17 (2) 211-217,2008.
- [13] M. Aslan, “Odun Plastik Kompozitlerinde Geri Dönüşüm Ve Atık Malzeme Kullanımı”, VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrencileri Kongresi, Düzce, 63-67,2008...
- [14] A.Schirp , RE. Ibach, DE. Pendleton ,MP. Wolcott , Biological degradation of wood plastic composites (WPC) and strategies for improving the resistance of WPC Wood polymer composites against biological decay, BioResources, 7(4) 511-523,2008.
- [15] SK. Hosseinihashemi , M.Modirzare , V.Safdari , B.Kord ., Decay resistance, hardness, water absorption, and thickness swelling of a bagasse fiber/plastic composite, BioResources, 6(3) 3289-3299,2011.
- [16] İ.Altuntaş , “Borlu polimer-odunkompozitleri”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 116 s,2008.