



## Odunun işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili faktörler

Sebahattin Tiryaki\*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon

\* İletişim yazarı/Corresponding author: sebahattintiryaki@hotmail.com, Geliş tarihi/Received:10.12.2013, Kabul tarihi/Accepted: 25.08.2014

**Özet:** Mobilya ve dekorasyon endüstrisinde kullanılan ahşap ürünlerin yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi son ürünün kalitesinin tespit edilmesi bakımından oldukça önemlidir. Yüzey pürüzlülüğü odun ürünlerin estetikliğini ve pazarlanma aşamasında müşteri talebini önemli ölçüde etkilemektedir. Bununla beraber, odunun yüzey pürüzlülüğünün odun yüzey işlemlerinin uygulanmasında adezyon direnci üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu için tespit edilmesi gerekir. Ancak, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi üzerine ilk çalışmalar metal endüstrisi üzerine yoğunlaşmıştır. Odunun yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi konusundaki çalışmalar ise 20. yüzyılın ortalarına dayanmaktadır. Bu amaçla çeşitli pürüzlülük ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bu araştırmada, odun yüzey pürüzlülüğünün önemi, yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili olan faktörler, yüzey pürüzlülüğü ölçüm yöntemleri ve yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde kullanılan parametreler araştırıldı.

**Anahtar kelimeler:** Yüzey pürüzlülüğü, Pürüzlülük ölçüm yöntemleri, Odunun işlenmesi

## Effecting factors on surface roughness in wood machining

**Abstract:** The measurement of surface roughness of wood products used in the furniture and decoration industry is very importance in terms of determining the quality of the final product. Surface roughness affects significantly the aesthetics of wood products and customer demand in the marketing stage. In addition, the surface roughness of wood is required to be determined because it has an important effect on the adhesion strength in the application of wood finishing. However, initial studies on the determination of surface roughness focused on the metal industry. Studies on the determination of surface roughness of wood have based on the mid- twentieth century. For this purpose, various surface roughness measurement methods have been developed. In this study, the importance of the wood surface roughness, the effective factors on surface roughness, measurement methods of surface roughness and the parameters used in the determination of surface roughness were investigated.

**Keywords:** Surface roughness, Roughness measurement methods, Wood machining

### 1. Giriş

Yüzey pürüzlülüğü; çeşitli yöntemler ile işlenen malzemenin yüzeyinde oluşan şekil ve dalgalanma hataları dışında kalan, oldukça küçük ve periyodik bir şekilde tekrarlanan düzensizliklere denilmektedir (Stumbo, 1963; Peters ve Cumming, 1970). Başka bir tanımda ise yüzey pürüzlülüğü; kullanılan üretim yöntemleri veya işleme faktörlerinin etkileri ile oluşan, alışılmış tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleri şeklinde tanımlanmaktadır (TS 6956, 2004). Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili ilk çalışmalar 1939' da metal endüstrisinde başlarken, odun yüzey pürüzlülüğünün ölçümü ile ilgili çalışmalar 1950'li yıllarda başlamıştır (Stumbo, 1963; Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Mobilya ve dekorasyon endüstrisinde yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi, ürün kalitesine doğrudan etkisi nedeniyle giderek önem kazanmaktadır. Özellikle ahşap mobilya endüstrisinde odunun çeşitli alet ve makinelerle işlenmesindeki yöntem farklılıklarının bir sonucu olarak geniş bir aralıkta ortaya çıkan yüzey düzensizliklerinin ölçülebilir ve kontrol edilebilir olması oldukça önemlidir (Efe vd., 2007). Mobilyayı son ürün halinde korumak, güzelleştirmek ve ekonomik değerini arttırmak amacıyla çeşitli üst yüzey işlemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması da odun yüzeyinin kalitesine bağlıdır

(Richter vd., 1995). Bununla beraber, odunun işlenmesinde, iş parçasından mekanik olarak yonga, talaş gibi parçaların uzaklaştırılması ile yüzeyde bazı istenmeyen kusurlar oluşabilmektedir. Yüzeyde oluşan bu düzensizlikler tutkallama ve üst yüzey işlemlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Masif mobilya ve doğrama üretiminde üst yüzey işlemlerinden önce kullanılan ağaç malzeme yüzeyinin düzleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, rendeleme ve zımparalama gibi işlemler yapılmaktadır. Yeterli ve homojen bir yüzey düzünüğü oluşturulmadığında, yüzey işlemlerinden sonra daha da belirginleşen yüzey kusurları ürün kalitesini ve fiyatını olumsuz yönde etkilemektedir (Stumbo, 1963). Örneğin; ağaç malzemenin planyalanma aşamasında kusurlu bir yüzeyin oluşması, daha sonra yüzeyin çeşitli işlemlerle düzeltilmesini gerektirmektedir. Sonuç olarak; işgücü, malzeme, zaman vb. konularda kayıplar ortaya çıkabilmektedir. Yapılan bu işlemler sonucunda verimlilik oranında da azalma meydana gelebilmektedir (Sofuoğlu, 2008). Ayrıca, odunun yüzey pürüzlülüğü üretilen ürünlerin yapışma direncini de etkileyebilmektedir. Düzgün yüzeylerin kaplanmasına kıyasla pürüzlü yüzeylere uygulanan kaplama işleminin yapışma kalitesini üçte bir oranında azaltabildiği bildirilmiştir (Jakub ve Martino, 2005).

Bu araştırmada odunun işlenmesi sırasında çeşitli nedenlerden dolayı oluşan yüzey pürüzlülükleri üzerinde durulmaktadır.

## 2. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler

Odun anizotropik yapıya sahip bir malzeme olmasından dolayı homojen malzemelerle kıyaslandığında kendine özgü bazı özellikler taşımaktadır. Farklı anatomik yapısı nedeniyle odun; kesme, biçme, rendeleme ya da zımparalama gibi işlemlere tabi tutulsa bile yüzeyi tamamen düzgün olmamaktadır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Bu nedenle odunda yüzey pürüzlülüğü, birinci derecede anatomik yapıya, ikinci derecede ise odunun işlenmesinde kullanılan makine, işleme faktörleri, işleme yöntemleri, rutubet, vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Sieminski ve Skarzynska, 1987). Şekil 1 işlenmiş odun yüzeyinin mikroskobik ve makroskobik olarak görünümünü göstermektedir.

Bu doğrultuda ağaç malzemesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörleri odun türünün anatomik yapısından kaynaklanan faktörler ve odunun işlenmesinden kaynaklanan faktörler olmak üzere iki ana grupta toplamak uygun olacaktır.

### 2.1. Odunun anatomik yapısından kaynaklanan pürüzlülük

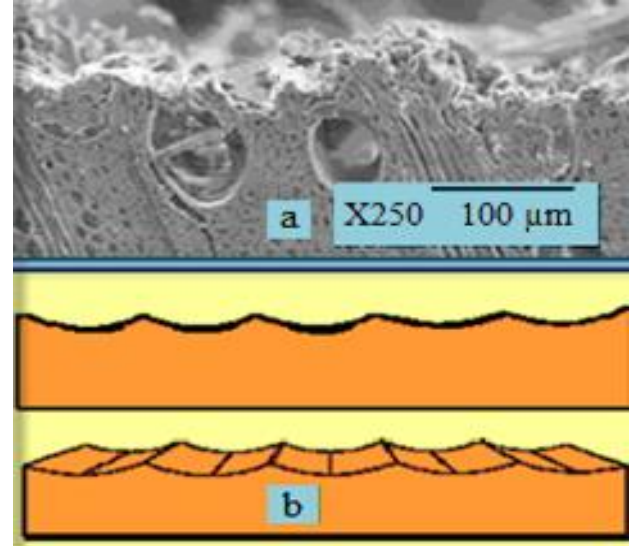
Odunun çeşitli makineler ile işlenmesi sürecinde odunu oluşturan hücrelerin kesici aletler ile kesilmesi sonucunda bu hücreler arasında oyuklar oluştuğu, bu oyukların ölçüleri üzerine ise ağaç türü, ilkbahar-yaz odunu oranı ve odunun enine, radyal veya teğet yönde kesilmesinin etkili olduğu, bunun da odunun yüzey pürüzlülüğüne yansıdığı belirtilmiştir (Stumbo, 1963; Peters ve Cumming, 1970; Söğütü, 2005). Ayrıca, ağaç malzemesinin yetişme yeri koşullarına bağlı olarak değişebilen yıllık halka genişliği ve odun yoğunluğu da yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Yıllık halka içindeki ilkbahar ve yaz odunu oranı yüzey pürüzlülüğü üzerinde oldukça etkilidir. Yapılan çalışmalarda yıllık halka içerisindeki yaz odunu kısmının ilkbahar odunu kısmına göre daha düşük pürüzlülük değerleri ürettiği belirtilmiştir (Gurau, 2004; Ulusoy, 2011; Tiryaki, 2012). Bu durum ilkbahar odunu ve yaz odunu hücre çeperi yapılarının birbirinden farklı olmasına bağlanmaktadır (Ohashi vd., 2001). Ayrıca, odun yüzeyinde oluşan çatlaklar, hücre çökmeleri, lif kopmaları, lif uzunluğu ve odunun doğal büyüme karakteristiklerinden sayılan budak, lif kırıklıkları ve basınç odunu oluşumu da pürüzlülüğü artırıcı yönde etki yapmaktadır (Sieminski ve Skarzynska, 1987; Akbulut ve Ayrılmış, 2006). Odunun işlenme yönü de yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Teğet kesit radyal kesite kıyasla genellikle daha düzgün yüzeyler oluşturmaktadır (Örs ve Baykan, 1999; Örs ve Demirci, 2003; Efe ve Gürleyen, 2003; Söğütü, 2004). Odunun hüresel yapısı ve pürüzlülük profili arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmektedir.

### 2.2. Odunun işlenmesinden kaynaklanan pürüzlülük

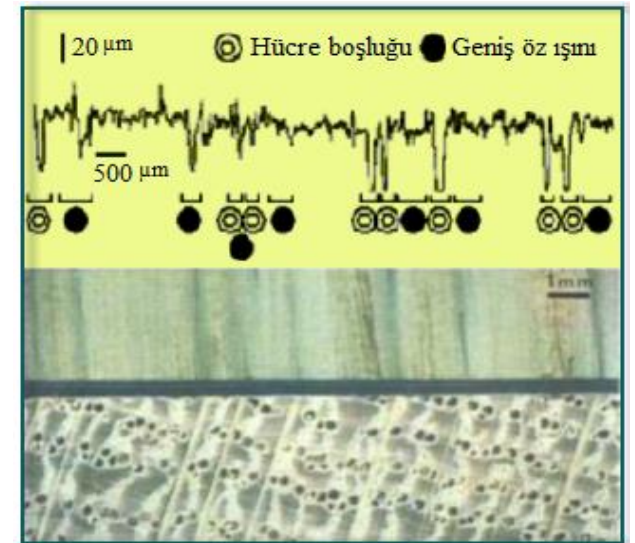
Odun yüzeyinin düzgünleştirilmesi için uygulanan işlemler biçme, rendeleme, zımparalama vb. olarak belirtilebilir. Bu işleme yöntemleri ve işlemler sırasında uygulanan koşullar yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin; farklı odun türlerinin çeşitli koşullar

altında planyalanması konusunda yapılan bir araştırmada, en iyi işleme sonuçları düşük kesme açılarında elde edilmiştir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006). Odunun işlenmesinde kesici sayısının, besleme hızının ve kesiş derinliğinin de yüzey kalitesi üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır. Genellikle, kesiş derinliği ve besleme hızı arttıkça yüzey kalitesini arttırdığı belirtilmiştir (Efe vd., 2003; Usta vd., 2007; Tiryaki, 2012; Tiryaki vd., 2014). Odunun planyalanmasında kesici sayısının yüzey kalitesine etkisi Şekil 3'de görülmektedir.

Ayrıca, Fujiwara vd. (2005) yapmış olduğu bir çalışmada besleme hızı gibi işlemede etkili olan değişkenlerin uygun bir şekilde seçilmediği takdirde arzulan yüzey kalitesinin elde edilemeyeceğini bildirmiştir. Bu nedenle, işlemede daha düzgün odun yüzeyleri elde edilmesi bakımından kesici sayısının artırılıp düşük besleme hızlarında işlemenin gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Mcmillin ve Lubkin, 1959; Stewart, 1976).



Şekil 1. Odun yüzeyinde kesiş izlerinin mikroskobik (a) ve makroskobik (b) görünümü (Malkoçoğlu, 2010)



Şekil 2. Odunun hüresel yapısı ile pürüzlülük profili ilişkisi (Duran, 2005)

Bıçme işleminde ise testere dış geometrisinin yüzey kalitesi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Örs vd., 1991). Demirci (1998) yüzey pürüzlülüğünün testerede dış sayısı arttıkça azaldığını bildirmiştir. Ayrıca, zımpara numarasının yüzey pürüzlülüğüne etkisi üzerine yapılan çalışmalarda zımpara numarası artışının pürüzlülüğü azalttığı bildirilmiştir (Örs ve Baykan, 1999; Örs ve Demirci 2003; Aslan vd., 2008; Sulaiman vd., 2009; Tiryaki vd., 2014). Zımparalama işleminin liflere paralel yönde yapılması durumunda liflere dik yönde yapılmasına kıyasla daha az pürüzlülüğün olduğu ortaya konulmuştur (Sieminski ve Skarzynska, 1987). İter vd. (2002) zımparalama işlemlerinde aşındırıcı madde boyutunun küçülmesi ve zımpara baskı kuvvetinin artırılması ile daha düzgün yüzeyler elde edilebileceğini bildirmiştir. Şekil 4’de odunun daire ve şerit testerelede işlenmesi ve farklı numara zımparalar ile zımparalanması sonucunda oluşan pürüzlülük profilleri verilmektedir.

Odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine önemli olan bir başka parametre işleme veya pürüzlülük ölçümü sırasındaki odunun içerdiği rutubet miktarıdır. Kullanım yerine uygun olarak düşük rutubette işlenen odunların yüksek rutubette işlenenlere göre daha düzgün yüzeylerin elde edilmesine katkı sağlayacağı bildirilmiştir (Hızıroğlu ve Suchsland, 1993). Düşük odun rutubet miktarlarında daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edilebileceği Baykan (1996) tarafından da doğrulanmıştır.

Öte yandan, oduna uygulanan ısı muamelesi gibi işlemler yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilemektedir. Örnek olarak; odunun ısı ile muamelesinin pürüzlülük miktarını azaltarak yüzey kalitesinde bir iyileşme sağladığı bildirilmiştir (Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Ayrılmış ve Winandy, 2009). Korkut vd. (2009) bu durumun masif odunun birçok kullanım amacı için çok önemli olduğunu ve planyalama işleminde kayıpları azaltarak yüksek kaliteli yüzeyler sağlayacağını belirtmiştir. Ayrıca, sıcak pres kullanımı ile termal olarak muamele edilmiş odunun yüzey pürüzlülüğünün artan pres basıncı ve azalan pres sıcaklığı ile azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum uygulanan pres sıcaklığı ve basıncının bir sonucu olarak, odun yapısındaki lignin bileşeninin termoplastik bir dönüşüme uğrayarak yüzey tabakasının yoğunluğunun artışına yol açmasından kaynaklanmaktadır (Ünsal vd., 2011). Sonuç olarak, odunun yüzey pürüzlülüğünde sağlanan azalma planyalama ve zımparalama gibi temel odun işleme süreçlerinin daha düşük maliyetlerle gerçekleştirilmesine katkı sağlayabileceği söylenebilir.

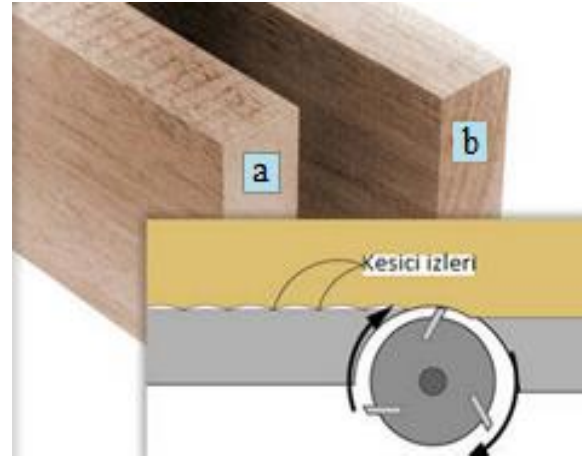
### 3. Yüzey pürüzlülük parametreleri

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilini veren, profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti çıkıntılarının oluşturduğu düzensizlikler olarak belirtilebilir. Bunlardan yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, genellikle ortalama pürüzlülük ( $R_a$ ), on nokta yüksekliği ( $R_z$ ) ve en büyük pürüzlülük  $R_y$  ( $R_{max}$ ) ölçüt alınır (TS 6956, 2004).

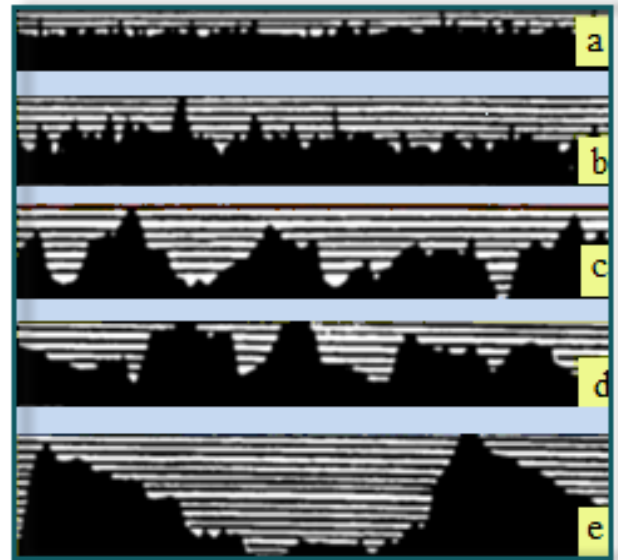
#### 3.1. Ortalama pürüzlülük değeri ( $R_a$ )

Ortalama pürüzlülük ( $R_a$ ), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara ( $Y_i$ ) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır (Mitutoyo, SJ-301, 2001). Ortalama pürüzlülük değeri ( $R_a$ ) Şekil 5’de gösterilmekte ve

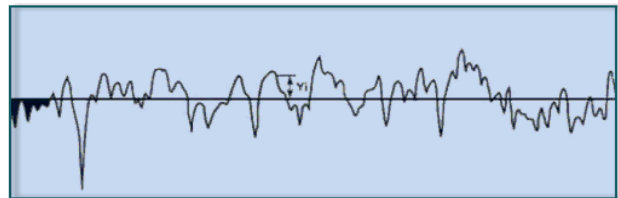
eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır. Ortalama pürüzlülük parametresi, odunun yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde ve elde edilen pürüzlülük verilerinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan pürüzlülük parametresi olarak ifade edilebilir.



Şekil 3. Planya işleminde kesici sayısının yüzey kalitesine etkisi (a- 1 kesici ile odunun planyalanması, b- 4 kesici ile odunun planyalanması) (Davis, 1962)



Şekil 4. Doğru kayını’nda farklı işleme süreçleri sonucunda oluşan pürüzlülük profilleri (a-120 no’lu, b- 80 no’lu, c- 60 no’lu zımpara ile zımparalanmış, d- daire testere, e- şerit testere ile işlenmiş) (Gürleyen, 1998)



Şekil 5. Ortalama pürüzlülük değeri (Mitutoyo, SJ-301, 2001)

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (1)$$



Ancak, bununla birlikte ortalama pürüzlülük parametresi, pürüzlülüğü ölçülen yüzeyin yapısı hakkında tam bir bilgi vermek için yeterli değildir. Örneğin; Şekil 6'da verilmiş olan üç farklı yüzeyin ortalama pürüzlülük değeri aynı olmasına rağmen, pürüzlülük ölçümü gerçekleştirilen bu üç yüzey aslında farklı özelliklere sahip yüzeylerdir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Bu nedenle, odunun yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi için yalnızca ortalama pürüzlülük değerini ( $R_a$ ) dikkate almak çok doğru bir yaklaşım değildir.

### 3.2. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri ( $R_z$ )

$R_z$  pürüzlülük parametresi, pürüzlülük profili boyunca yer alan en yüksek beş çıkıntı ve en derin beş girintinin ortalama değerleri toplamıdır (Mitutoyo, SJ-301, 2001). On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri ( $R_z$ ) Şekil 7'de gösterilmekte ve eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır.

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (2)$$

### 3.3. En büyük pürüzlülük değeri ( $R_y$ )

$R_y$  ( $R_{max}$ ) pürüzlülük parametresi, pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek çıkıntı ( $Y_p$ ) ile en derin girintinin ( $Y_v$ ) toplamını ifade etmektedir (Mitutoyo, SJ-301, 2001). En büyük pürüzlülük değeri ( $R_y$ ) Şekil 8'de gösterilmekte ve eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır.

$$R_y(R_{max}) = Y_p + Y_v \quad (3)$$

### 3.4. Profil ortalama çizgisi

Her iki tarafındaki görünüş alanları toplamını birbirine eşitleyen ve nominal profil genel doğrultusuna paralel olacak şekilde gerçek profili örneklem uzunluğu boyunca kesen doğrudur (Mitutoyo, SJ-301, 2001).

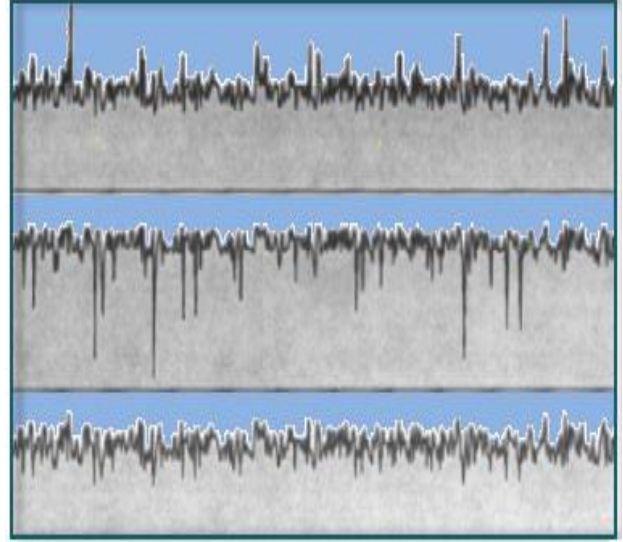
## 4. Pürüzlülük belirleme yöntemleri

Odunun yüzey kalitesi, yapışma direnci ve yüzey işlemleri gibi üretim süreçlerini etkileyen en önemli özellik ve en belirgin müşteri isteğidir. Bu nedenle, yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için birçok yaklaşım ortaya konmuştur (Kılıç vd., 2006; Bajic vd., 2008). İlk yüzey pürüzlülük ölçümleri duysal (elle dokunma ve gözle gözlemlenme) gözlemlerle yapılmıştır. Ancak, bu yöntemler çok subjektif olduğu için farklı ölçme yöntemleri ve aletleri geliştirilmiştir (Karagöz, 2010). Pürüzlülük ölçümlerinde kullanılan araçlar iki kategoride toplanabilir. Bunlar; dokunmalı ve dokunmasız yöntemlerdir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Şekil 9'da bazı pürüzlülük ölçüm yöntemleri gösterilmiştir.

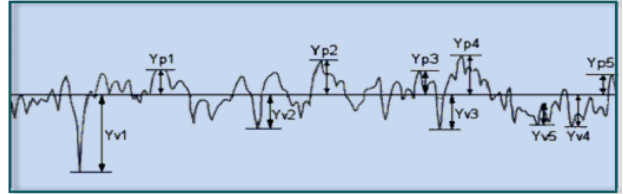
Dokunmalı iğne tarama yöntemi halen kullanılmakta olan ve genel kabul görmüş en etkili pürüzlülük ölçüm yöntemlerinden birisidir (Lemaster ve Beall, 1993; Hızıroğlu, 1996). Ancak, odunun yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için genel olarak kabul görmüş standart bir metod yoktur (Zhong vd., 2013). Bunun yanı sıra her metodun faydaları ve sakıncalı yönleri bulunmaktadır. Örneğin; dokunmalı iğne tarama yöntemi diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında çalıştırılması basittir. Yöntemde hassas uçlu bir iğne ile tarama yapıldığı için pürüzlülük

ölçümlerine uygun tarama iğnesinin kullanılması gerekmektedir.

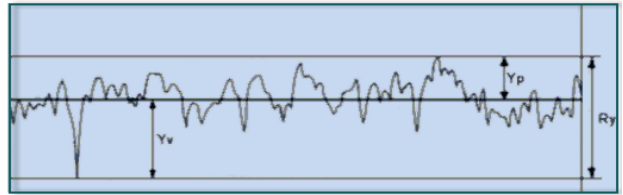
Bununla birlikte yüzey profillerini tam bir duyarlılıkta elde etmek için çok sayıda ölçüm yapmak gerekmektedir. Hem ölçümlerin yapılması hem de sonuçların değerlendirilmesi oldukça fazla zaman kaybına neden olabilmektedir. Yöntemde tarama işlemi iğne ile liflere dik olarak yapılmaktadır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003; Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999; Bonac, 1979).



Şekil 6. Aynı pürüzlülük değerine ( $R_a$ ) sahip üç farklı yüzey (Aydın ve Çolakoğlu, 2003)



Şekil 7. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Mitutoyo, SJ-301, 2001)



Şekil 8. En büyük pürüzlülük değeri (Mitutoyo, SJ-301, 2001)

	Tahrif edici testler	Dokunmalı	Dokunmasız
Dokunsal / Görsel		Elle dokunma	Gözlem
Profil üretmeyen	Mürekkeple dokunma	Prümatik	Yansıma
Profil üreten	Mikrotenak kesim	İğne tarama	Lazer

Şekil 9. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde kullanılan bazı yöntemler (Jakub and Martino, 2005)

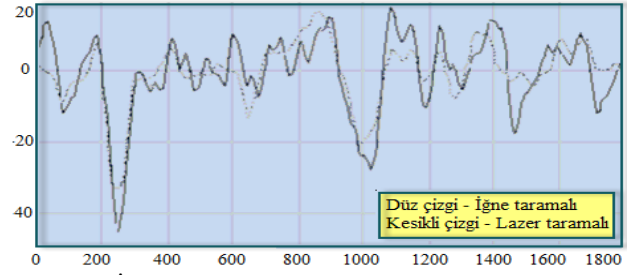
Dokunmasız yüzey pürüzlülük ölçüm yöntemlerinden olan optik yöntemler ise, hızlı alan ölçümü yaptığı için yüzey tekstürü ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ölçüm yöntemlerinin en büyük avantajları dokunmasız olması ve yüzeyleri tahrip etmemesidir. Ayrıca, bu yöntem görüntü ve mikroskobik tabanlı olduğu için dokunmalı yöntemlere göre daha hızlıdır (Vorburger vd., 2007).

Gurau vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, odun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde en yaygın kullanılmakta olan iğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen pürüzlülük sonuçları karşılaştırılmıştır. Meşe odun örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiş olan çalışmada örnek yüzeyleri önce lazer, sonra da iğne taramalı yöntem ile taranmıştır. İğne taramalı yöntem ile düzenli zımpara izleri daha iyi ortaya konmuş ve odun yüzeyinin topografyası hakkında daha detaylı bilgiler elde edilmiştir (Şekil 10).

Bununla birlikte iğne taramalı ölçüm yöntemi, lazer taramalı yöntem ile kıyaslandığında daha uzun bir ölçüm zamanı gerektirmektedir. Sonuç olarak, iğne taramalı yöntem ile odun yüzeyindeki düzensizlikler lazer tarama yöntemine göre daha ayrıntılı olarak tespit edilebilmekte, ancak iğne tarama yönteminde ihmal edilebilen bazı pikler lazer tarama ile daha net ortaya konulabilmektedir (Gurau vd., 2001).

Gurau (2010) iğne tarama ve lazer taramalı pürüzlülük ölçüm yöntemlerini kullanarak odunun anatomik düzensizliklerinden kaynaklanan pürüzlülük ile işleme sırasında oluşan pürüzlülüğü ayıran bir metod geliştirmiştir. Sonuç olarak, anatomik düzensizlikler ve işleme sırasında oluşan düzensizlikleri ayırmada iğne taramalı yöntemin lazer taramalı yöntemine göre daha güvenilir sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Son yıllarda diğer yöntemlerin yanı sıra; ultrasonik, video kamera ve taramalı elektron mikroskop yöntemleri ile pürüzlülük ölçümleri üzerinde durulmaktadır. Bu ölçüm yöntemlerinden taramalı elektron mikroskop yönteminde kullanılan örnek boyutları çok küçük olduğundan pürüzlülük değerlendirmeleri için yetersiz olduğu belirtilmiştir (Malakoğlu ve Özdemir, 1999). Ayrıca, odun poröz, özgül ağırlığı değişken ve farklı anatomik özelliklere sahip farklı bölgeleri bulunan heterojen bir malzemedir (Faust, 1987). Bu faktörler dokunmasız yüzey tarama yöntemlerinin ölçüm sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bununla birlikte odun yumuşak bir malzeme olduğu için dokunmalı tarama yöntemleri ile tarama işlemi esnasında, tarayıcı dedektör odunun yüzeyini değiştirebilmektedir (Lemaster ve Beall, 1993). Yüzey pürüzlülük ölçüm yöntemlerinin bu sakıncalarından dolayı odun yüzey kalitesini hassas bir şekilde ölçebilecek daha gelişmiş bir yöntem ihtiyacı vardır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Odunun yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkan ortak görüş işlenmiş odun yüzeyinin pürüzlülük derecesinin daha iyi değerlendirilebilmesi için pürüzlülük profilinde odunun anatomik yapısı ile ilgili düzensizlikleri uzaklaştırmayı ve işleme ile ilgili pürüzlülükten ayırmayı sağlayan uygun bir filtreleme yöntemine ihtiyaç olduğudur. Bu amaçla, son yıllarda, birçok araştırmacı odunun yüzey pürüzlülüğünü karakterize etmek için polinom regresyon, Gauss regresyon ve robust (güçlü) Gauss regresyon gibi çeşitli yöntemler kullanmıştır (Raja vd., 2002; Fujiwara vd., 2004; Gurau vd., 2006; Hendarto vd., 2006).



Şekil 10. İğne taramalı ve lazer taramalı yöntemlerle elde edilen yüzey profilleri (µm) (Gurau vd., 2001)

Raja vd. (2002) güçlü Gauss filtreleme yönteminin Gauss regresyon filtreleme yöntemine göre daha büyük örnek yüzeyinin pürüzlülüğünün değerlendirilmesine imkan sağladığını ve daha iyi bir profil ortalama çizgisi verdiğini belirtmiştir. Filho vd. (2012) polinom regresyon ve güçlü Gauss regresyon filtreleme yöntemlerini içeren bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yöntem, işleme süreci sonrasında odunun anatomik yapısıyla ilgili oluşan büyük boyuttaki düzensizlikleri elimine etme avantajına sahiptir. Ayrıca, Gurau vd. (2014) güçlü Gauss regresyon yönteminin odun yüzeyine uygulanmasıyla bozulmamış pürüzlülük profilinin elde edilebileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte, uygun tekniğin kullanılması odun işlemenin gerçek performansını anlamak için son derece önemlidir. Ancak, bu avantajlarına rağmen, karmaşık hesaplamaların yapılması ve çeşitli algoritmalar gerektirmesi bu yöntemlerin yoğun bir şekilde kullanılmalarını sınırlamaktadır (Raja vd., 2002).

## 5. Sonuç

Odunun yüzey karakteristikleri üretilen son ürünün kullanım yerinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle mobilya ve dekorasyon elemanları, ahşap yer döşemeleri ve ahşap ürünlerin yüzey nitelikleri açısından elde edilen yüzey kalitesi daha da önem taşımaktadır. Odunun yüzey karakteristiklerinden biriside gerek işlenmesi sırasında ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğüdür. Ağaç malzemelerin alet ve makinelerle planalama, frezeleme, tormalama, zımparalama vb. gibi işlenmesi sonucunda, oluşacak yüzeylerinin düzgünlüğüne göre parça yüzey kalitesi belirlenerek, görülebilecek olumsuz etkenler giderilmek suretiyle kalite artırılabilir. Ayrıca, ağaç malzemenin işlenmesi sırasında en uygun kesici geometrisinin kullanımı da odun yüzeylerinin daha pürüzsüz olmasına yardımcı olabilecektir. Aksi takdirde, yüzey pürüzlülüğünü azaltmak amacıyla yapılacak ek işlemler ürünün üretim maliyetinde bir artışa yol açacaktır. Bu bakımdan yapılacak çalışmalarla optimum kesici geometrisinin elde edilmesi ve daha kaliteli ürünlerin üretilmesinin sağlanması amaçlanmalıdır.

## Kaynaklar

- Akbulut, T., Ayrılmis, N., 2006. Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of medium density fiberboard. *Silva Fennica*, 40(1): 161-167.
- Aslan, S., Coşkun, H., Kılıç, M., 2008. The Effect of the cutting direction, number of blades and grain size of the abrasives on surface roughness of Toros cedar (*Cedrus*

- Libani A. Rich.) woods. Building and Environment, 43: 696-701.
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2003. Odun yüzeylerinde pürüzlülük ve pürüzlülük ölçüm yöntemleri. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1(2): 92-102.
- Ayrılmış, N., Winandy, J.E., 2009. Effects of post heat-treatment on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard. Materials and Manufacturing Processes, 24: 594-599.
- Bajic, D., Lela, B., Zivkovic, D., 2008. Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling. Metalurgija, 47(4): 331-334.
- Baykan, İ., 1996. Rendelenmiş ve zımparalanmış masif ağaç malzeme yüzeylerinde yüzey pürüzlülüklerine ilişkin araştırmalar. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bonac, T., 1979. Wood roughness volume and depth estimated from pneumatic surface measurements. Wood Science, 11(4): 227-232.
- Davis, E.M., 1962. Machining and related characteristics of United States hardwoods. U.S. Department of Agriculture-Forest Service Technical Bulletin No.1267, Washington.
- Demirci, S., 1998. Daire testere kesicilerinin ağaç malzemelerde yüzey düzgünlüğüne etkilerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Duran, V., 2005. Ağaç malzemedeki rendeleme faktörlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri. Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Efe, H., Demirci, S., Kılıç, S., 2003. Doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) odunun rendelenmesinde kesiş yönü, bıçak sayısı, besleme hızı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1: 77-87.
- Efe, H., Gürleyen, L., 2003. Bazı ağaç malzemelerde kesiş yönü, kesici adeti ve devir sayısının yüzey düzgünlüğüne etkileri. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 11(12): 34-44.
- Efe, H., Gürleyen, L., Budakçı, M., 2007. Akasya odununda kesiş yönü ve kesici sayısının yüzey düzgünlüğü ve yapışma direncine etkisi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7(1): 13-32.
- Faust, T.D., 1987. Real time measurement of veneer surface roughness by image analysis. Forest Products Journal, 37(6): 34-40.
- Filho, A.P., Sternadt, G.H., Arencibia, R.V., 2012. Removing deep valleys in roughness measurement of soft and natural materials with mathematical filtering. Science & Engineering Journal, 21 (2): 29-34.
- Fujiwara, Y., Fujii, Y., Okumura, S., 2005. Relationship between roughness parameters based on material ratio curve and tactile roughness for sanded of two hardwoods. Journal of Wood Science, 51: 274-277.
- Fujiwara, Y., Fujii, Y., Sawada, Y., Okumura, S., 2004. Assessment of wood surface roughness: comparison of tactile roughness and three-dimensional parameters derived using a robust Gaussian regression filter. Journal of Wood Science, 50: 35-40.
- Gurau, L., 2004. The roughness of sanded wood surfaces. PhD Dissertation, Forest Products Research Centre, Brunel University, United Kingdom.
- Gurau, L., 2010. An objective method to measure and evaluate the quality of sanded wood surfaces. The Future of Quality Control for Wood & Wood Products, 4-7th May, Edinburgh.
- Gurau, L., Mansfield-Williams, H., Irle, M., 2001. A Comparison of laser triangulation and stylus scanning for measuring the roughness of sanded wood surfaces. Proceedings of the 5th International Conference on the Development of Wood Science, Wood Technology and Forestry, 5th-7th September, Ljubljana, Slovenia.
- Gurau, L., Mansfield-Williams, H., Irle, M., 2006. Filtering the roughness of a sanded wood surface. Holz als Roh und Werkstoff, 64: 363-371.
- Gurau, L., Mansfield-Williams, H., Irle, M., 2014. Convergence of the robust Gaussian regression filter applied to sanded wood surfaces. Wood Science and Technology, 48: 1139-1154.
- Gürleyen, L., 1998. Mobilyada kullanılan masif ağaç malzemelerde yüzey düzgünlüğünün karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hendarto, B., Shayan, E., Ozarska, B., Carr, R., 2006. Analysis of roughness of a sanded wood surface. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28: 775-780.
- Hızıroğlu, S., 1996. Surface roughness analysis of wood composites: A Stylus Method. Forest Products Journal, 46 (7/8): 67-72.
- Hızıroğlu, S., Suchsland, O., 1993. Linear expansion and surface stability of particleboard. Forest Products Journal, 43(4): 31-34.
- İlter, E., Çamlıyurt, C., Balkız, Ö.D., 2002. Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, Kardelen Matbaacılık, Ankara.
- Jakub, S., Martino, N., 2005. Wood surface roughness-what is it?, Rosenheim Workshop, BOKU University of Natural Sources and Applied Life Sciences, 29-30 September, Vienna, Austria.
- Karagöz, Ü., 2010. Ahşap malzemenin CNC ile işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen işleme parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kılıç, M., Hızıroğlu, S., Burdurlu E., 2006. Effect of machining on surface roughness of wood. Building and Environment, 41: 1074-1078.
- Korkut, S., Alma, M.H., Elyıldırım, Y.K., 2009. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood. African Journal of Biotechnology, 8(20): 5316-5327.
- Lemaster, R.L., Beall, F.C., 1993. The Use of dual sensors to measure surface roughness of wood-based composites. Proceedings of the 9th Inter. Symp. on Nondestructive testing of wood. Forest Products Society, 123-130, Madison.
- Malkaçoğlu, A., Özdemir, T., 2006. The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in eastern Black Sea Region of Turkey. Journal of Materials Processing Technology, 173 (3): 315-320.

- Malkoçoğlu, A., 2010. Ağaç malzeme işleme teknolojisi ders notları (Yayınlanmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Malkoçoğlu, A., Özdemir, T., 1999. Yüzey pürüzlülüğü araştırmalarının tarihi gelişimi. Mobilya Dekorasyon Dergisi, 32: 60-68.
- McMillin, C.W., Lubkin, J.C., 1959. Circular sawing experiments. Forest Products Journal, 10: 361-367.
- Mitutoyo, SJ-301. 2001. Surface roughness tester, user's manual, Mitutoyo Corporation, Japan.
- Ohashi, Y., Sahri, M.H., Yoshizawa, N., Itoh, T., 2001. Annual rhythm of xylem growth in rubberwood (*Hevea brasiliensis*) trees grown in Malaysia. Holzforschung, 55(2): 151-154.
- Örs, Y., Baykan, İ., 1999. Masif ağaç malzemedede rendeleme ve zımparalamanın yüzey pürüzlülüğüne etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(3): 557-582.
- Örs, Y., Demirci, S., 2003. Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ve meşe (*Quercus petraea* L.) odunlarında yüzey düzgünlüğüne kesiş yönü ve zımparalamanın etkisi. Politeknik Dergisi, 6(2): 491-495.
- Örs, Y., Kalaycıoğlu, H., Çolakoğlu, G., 1991. Testelerde dış geometrisinin kereste yüzey kalitesine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 15: 777-784.
- Peters, C., Cumming, D.S., 1970. Measuring wood surface smoothness: A Review. Forest Products Journal, 20(12): 40-43.
- Raja, J., Muralikrishnam, B., Fu, S., 2002. Recent advances in separation of roughness, waviness and form. Precision Engineering, 26: 222-235.
- Richter, K., Feist, W.C., Knaebe, M.T., 1995. The Effect of surface roughness on the performance of finishes. Forest Products Journal, 45(7): 91-97.
- Sieminski, R., Skarzynska, A., 1987. Surface roughness of different species of wood after sanding. Przemysl-Drzewny, 38(9): 23-25.
- Sofuoğlu, S.D., 2008. Bazı yerli ağaç türü odunlarının işleme özelliklerinin yüzey kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Söğütü, C., 2004. Bazı yerli ağaç türlerinin kündekâri yapımında kullanım imkânları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Söğütü, C., 2005. Bazı faktörlerin zımparalanmış ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Politeknik Dergisi, 8(4): 345-350.
- Stewart, H.A., 1976. Abrasive planing across the grain with higher grit numbers can reduce finish. Forest Products Journal, 20(4): 49-51.
- Stumbo, D.A., 1963. Surface texture measurement methods. Forest Products Journal, 13: 299-304.
- Sulaiman, O., Rashim, R., Subari, K., Liang, C.K., 2009. Effect of sanding on surface roughness of rubberwood. Journal of Materials Processing Technology, 209: 3949-3955.
- Tiryaki, S., 2012. Bazı ağaç türü odunlarının işlenmesinde güç tüketiminin ve yüzey pürüzlülüğünün araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tiryaki, S., Malkoçoğlu, A., Özşahin, Ş., 2014. Using artificial neural networks for modeling surface roughness of wood in machining process. Construction and Building Materials, 66: 329-335.
- TS 6956 EN ISO 4287, 2004. Geometrik mamul özellikleri (GMÖ), Yüzey Yapısı: Profil Metodu-Terimler. Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri, TSE, Ankara.
- Ulusoy, H., 2011. Bazı ağaç türü odunlarının anatomik yapıları ve işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N., 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. Journal of Wood Science, 51: 405-409.
- Ünsal, Ö., Candan, Z., Korkut, S., 2011. Wettability and roughness characteristics of modified wood boards using a hot-press. Industrial Crops and Products, 34: 1455-1457.
- Usta, İ., Demirci, S., Kılıç, Y., 2007. Comparison of surface roughness of Locust Acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) and European Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Lieble.) in terms of the preparative process by planing. Building and Environment, 42: 2988-2992.
- Vorbürger, T.V., Rhee, H.G., Renegar, T.B., Song, J.F., Zheng, A., 2007. Comparison of optical and stylus methods for measurement of surface texture. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 33: 110-118.
- Zhong, Z.W., Hiziroglu, S., Chan, C.T.M., 2013. Measurement of the surface roughness of wood based materials used in furniture manufacture. Measurement, 46(4): 1482-1487.