

ODUN YÜZEYLERİNDE PÜRÜZLÜLÜK VE PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

İsmail AYDIN

Gürsel ÇOLAKOĞLU

KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080 TRABZON

Geliş Tarihi: 10.10.2003

Özet: Ağaç malzemenin renk, desen, tekstür gibi karakteristikleri, elde edilen ürünlerin kalitesini belirlemektedir. Gerek üretim ve gerekse üretim sonrası pazarlama aşamalarında ağaç malzemenin yüzey özellikleri oldukça önem taşımaktadır. Odun yüzeylerinin pürüzlülüğü ile ilgili ilk çalışmalar, 1950'li yılların başlarında yürütülmeye başlanmıştır. Ancak, günümüze dek odun yüzeyleri için genel kabul görmüş bir standardizasyon geliştirilememiştir. Ağaç malzemedeki yüzey pürüzlülüğü; üretim işlemi, ürün tipi ve odunun doğal anatomik özelliklerinin bir fonksiyonudur.

Odun yüzeylerinin pürüzlülüğünün ölçülmesinde dokunmalı ve dokunmasız tarama yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü, odun yüzeylerinin tutkallanabilme ve yapışma kabiliyetini de önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca yüzey işlemlerinin başarısı, ağaç malzemenin yüzey düzgünlüğüne bağlıdır.

Anahtar Kelimeler : Yüzey Pürüzlülüğü, Ağaç Malzeme, Pürüzlülük Ölçüm Metotları.

ROUGHNESS ON WOOD SURFACES AND ROUGHNESS MEASUREMENT METHODS

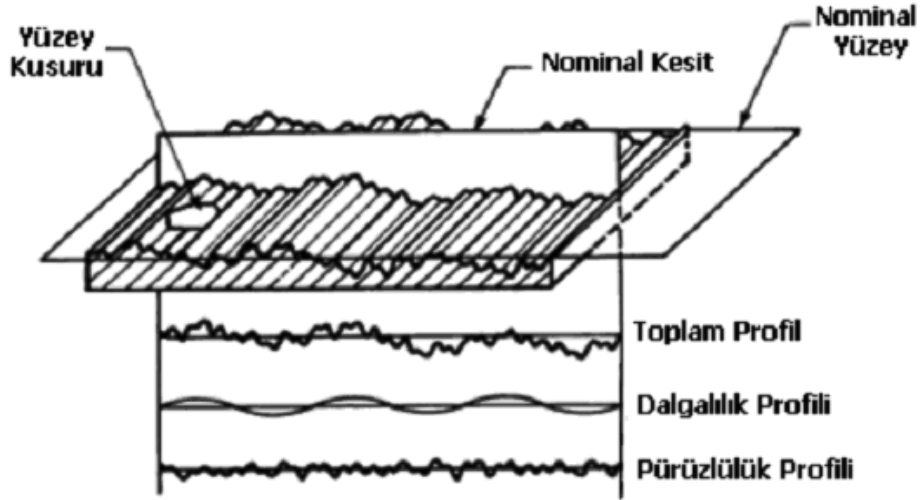
Abstract: Some visual characteristics of wood such as color, pattern and texture determine the quality of manufactured products. Surface properties of wood material are important both in production and marketing after production. Initial studies related to the roughness of wood surface were begun in early 1950's. However, no general agreed standardization can not have been developed for wood surfaces. Surface roughness of wood is function of the production process, product type and the natural anatomical properties of wood. Contact and non-contact tracing methods are used to measure of wood surface roughness. Surface roughness also affects the gluability and wettability of wood surfaces. The success in finishing also depends on the surface roughness of wood.

Key Words: Surface Roughness, Wood Material, Roughness Measurement Methods.

1. GİRİŞ

Odun esaslı ürünlerin üretiminde yüzey tekstürü; ürün sınıfı, kalitesi, yüzey işlem kolaylığını, tutkallamayı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilemektedir. Pürüzlülük derecesi ürünün kendi içinde ve değişik ürün tipleri arasında farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle; yüzey pürüzlülüğü üretim işleminin, ürün tipinin ve odunun doğal anatomik özelliklerinin bir fonksiyonudur (1).

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan üretim yöntemleriyle ve/veya diğer etkilerle ortaya çıkan, alışılmış tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir (2). Yüzey pürüzlülükleri, kullanılan üretim yöntemine göre gözle görülebilir veya elle hissedilebilir olabileceği gibi, hassas elektronik cihazlarla ölçülebilecek büyüklüklerde de olabilir (3). Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) yüzey tekstürünü; üç boyutlu bir yüzey topografyası ortaya çıkaracak şekilde, nominal yüzeyden, pürüzlülük, yüzey dalgalanmaları ve küçük çatlakları da içine alan tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar olarak tanımlamıştır (4).

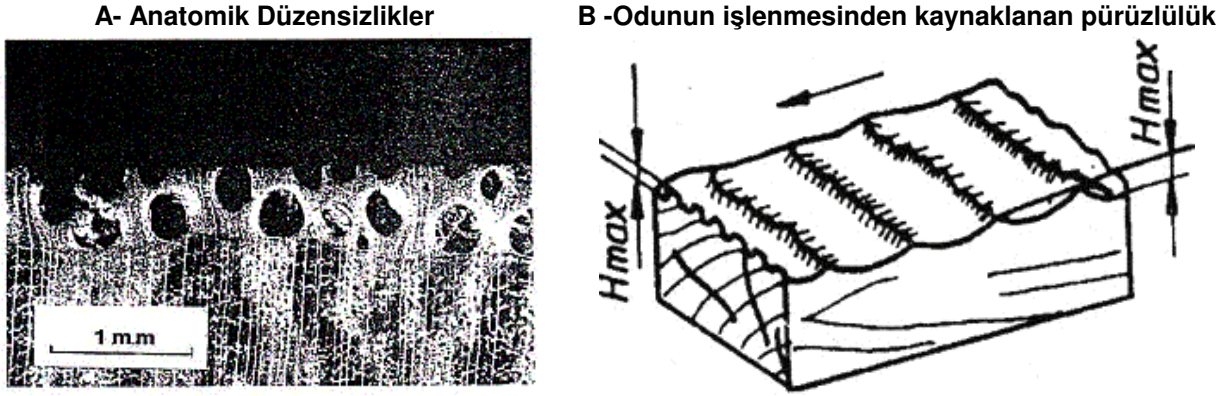


Şekil 1. Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı (4)

Malzeme özelliği olarak yüzey pürüzlülüğü ile ilgili araştırmalar 1939'dan önce metal endüstrisinde uygulanmış, bununla birlikte odun yüzeylerinin pürüzlülüğü ile ilgili ilk çalışmalara 1950'li yılların başlarında rastlanmıştır (5). Hann (1957), işlenmiş odun yüzeylerinin pürüzlülüğünü ortaya koyacak bir kalite kontrol işlemine ihtiyaç bulunduğunu vurgulamış ve metaller için tanımlanmış olan standartları odun için uygulanabilir hale getirmenin önemini ifade etmiştir (6). Metal yüzeylerin işlenmesi konusunda elde edilen gelişmeler ile ağaç işleme endüstrisi arasında bir uygunluk sağlanamamıştır. Mevcut standartlar homojen yapıdaki malzemeler için tanımlandığı ve odun için her zaman uygulanabilir olmadığı halde, odun yüzeyleri için genel kabul görmüş bir standardizasyon geliştirilememiştir (1).

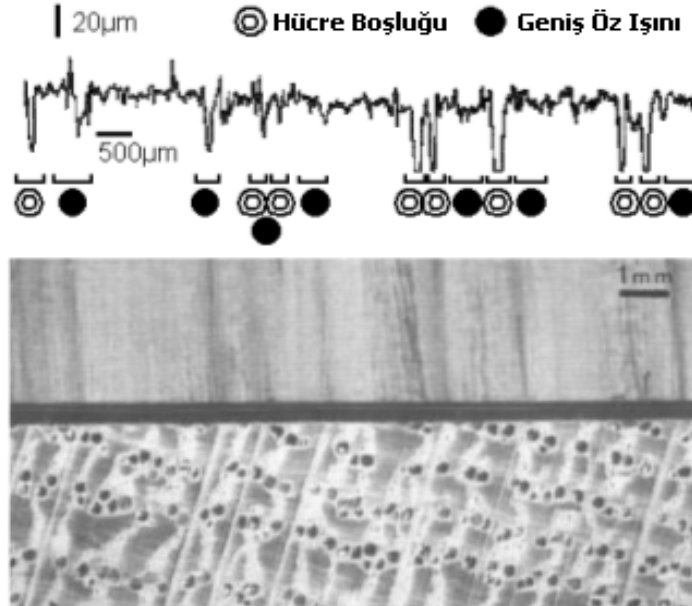
Pürüzlülük nedeniyle kalitesi 1 sınıf azalan kontrplak levhaları, levha tipi ve kalınlığına bağlı olarak %10-15 değer kaybetmektedir. Benzer tipteki kayıplar diğer odun esaslı levha ürünleri için de geçerlidir (1). Yapılan bir araştırma göstermiştir ki, kullanılan kaplama kalınlığındaki %1'lik azalma, ABD'deki tipik bir kontrplak fabrikası için yılda 100.000\$ dan fazla bir tasarruf sayılabilmektedir. Buna ilave olarak, düzgün yüzeyli yüksek kaliteli kaplamalar %10 daha kolay satılmaktadır (7).

Homojen malzemeler ile karşılaştırıldığında, odun anizotropik bir yapıya sahip olup anatomik yapısından dolayı kendine has özellikleri vardır. Odunun makineler ile işlenmesi esnasında, odun hücreleri işleme aleti ile kesilerek trahe, parankim, reçine kanalları, porlar, lifler vb. odun elemanlarının boşlukları açığa çıkarmaktadır. Bu boşlukların boyutları ağaç türü, ilkbahar ve yaz odunu zonlarının kapladığı alan ve kesit tipine (enine, teğet ve radyal) bağlıdır. Odunun anatomik yapısından kaynaklanan düzensizlikler, makineler ile işlenmesinden bağımsızdır (Şekil 2). Sadece odunun işlenmesinin etkisini ortaya koyabilmek için; anatomik yapı ve odunun işlenmesinden kaynaklanan etkileri birbirinden ayırt etmek gerekmektedir (8, 9, 10).



Şekil 2. Odunun yüzey topografyasının karakteristikler

Odunun hücrel yapısı ve pürüzlülük profilinin şekli arasındaki ilişki Şekil 3’de gösterilmektedir (11).



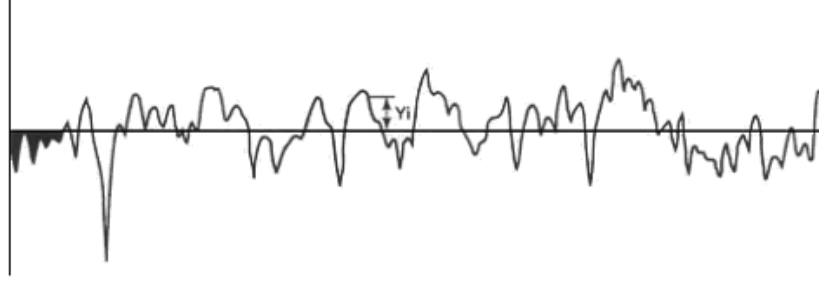
Şekil 3. Pürüzlülük profili ile odunun hücrel yapısı arasındaki ilişki (11)

2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ PARAMETRELERİ

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin 2 boyutlu profilini veren, profilin yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikleri ifade etmektedir (12). Odun yüzeylerinin pürüzlülüklerinin sayısal olarak ifade edilmesinde genellikle R_a (Ortalama pürüzlülük değeri), R_{max} (En büyük pürüzlülük değeri) ve R_z (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametrelerinden faydalanılmaktadır.

2.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (R_a)

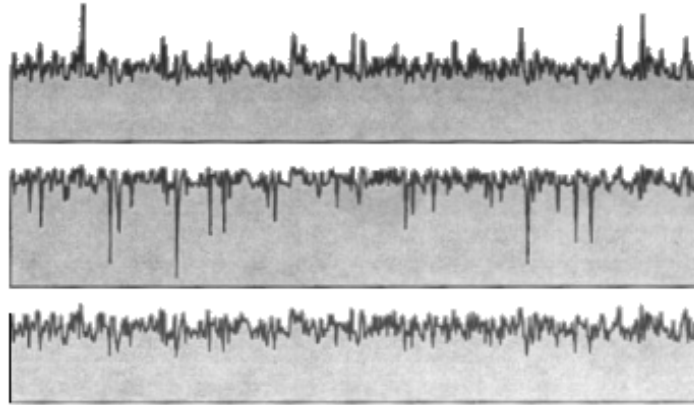
Ortalama pürüzlülük (R_a), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara (Y_i) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır (13). R_a , pürüzlülük profili ile bu profilin ortalama çizgisi arasındaki alandır.



Şekil 4. Ortalama pürüzlülük değeri (13)

$$Ra = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i|$$

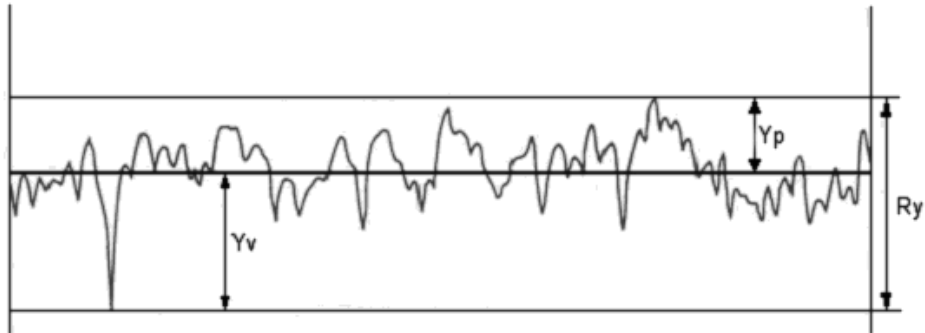
Ortalama pürüzlülük parametresi, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan parametredir. Bununla birlikte ortalama pürüzlülük parametresi, yüzeyin yapısı hakkında tam bir bilgi vermek için yeterli değildir. Örneğin Şekil 5’te verilmiş olan üç farklı yüzeyin ortalama pürüzlülük değeri aynı olmasına rağmen, aslında farklı özelliklere sahip yüzeyler olduğu göz ile bakılarak bile anlaşılabilmektedir (14).



Şekil 5. Aynı ortalama pürüzlülük değerine (Ra) sahip üç farklı yüzey (14)

2.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (Rmax)

Rmax, pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe (Y_p) ile en derin çukurun (Y_v) toplamını ifade etmektedir (13).

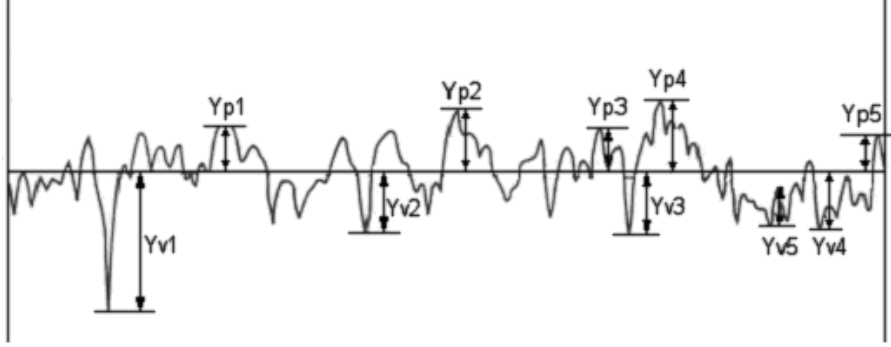


Şekil 6. En büyük pürüzlülük değeri (13)

$$R_{max} = Y_p + Y_v$$

2.3. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değeri (Rz)

Rz, pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır.



Şekil 7. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (13)

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

3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek maksadıyla pek çok ulusal standartlar ortaya konmuştur. Bunlar arasında Amerikan ANSI B46.1 (4), İngiliz BS 1134 (Part I ve Part II) (15), Alman DIN 4768 (16) ve Türk Standardı TS 6212 (17) sayılabilir. Homojen yapıya sahip malzemeler için geliştirilen standartlarda yüzey pürüzlülüğünü sayısal değerler ile ifade edebilmek için birçok yöntem tanımlanmıştır. Bu yöntemler, odun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde de kullanılmaktadır. Ancak, odun yüzeyleri için hesaplanan bu parametrelerin anlamı tam olarak ifade edilememektedir. Bu yüzden odunun işlenmesi ile ilgili belirli pürüzlülük türlerini ayırt edebilecek indekslerin ortaya konulmasına ihtiyaç vardır (18, 19). Sadece tek bir yüzey kriterinin yüzey kalitesini belirlemek için yeterli olmadığı ifade edilmiştir (20).

Odun ve odun esaslı kompozit malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için özel bir alet veya belirli bir universal metot geliştirilmemiştir (1, 21, 22, 23). Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan araçlar temel olarak iki kategoride toplanabilir:

- Dokunmalı aletler (iğne taramalı, pinomatik, kapasitans ve akustik ölçüm yöntemleri)
- Dokunmasız aletler (Optik ve ultrasonik yöntemler).

Bunlara ilave olarak yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için çeşitli matematiksel hesaplar da tanımlanmıştır. Bu teknik ve hesap yöntemlerinin çoğu odun yüzeylerine de uygulanırken, ölçümdeki başarı dereceleri farklıdır (1). Bu standardize edilmiş ölçüm tekniklerinin çoğunluğu metal malzemeler için geliştirilmiştir (1, 10).

Mekanik yöntemler içinde en yaygın kullanıma sahip pürüzlülük ölçüm yöntemi, “dokunmalı iğne taramalı yöntem (profilometri)” dir. Bu teknikte hassas uçlu bir iğne ile malzeme yüzeyi taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilir. İğne taramalı yöntem ile pürüzlülük ölçümlerinde uygun olmayan tarama iğnesi kullanılması, tarayıcı iğnesinin aşırı basınçla uygulanması, sürtünme nedeniyle yatay direnç oluşması ve sıçrama nedeniyle dikey hareketlerin meydana gelebilmesi, ölçümde hatalı sonuçların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (1, 8).

Dokunmalı iğne tarama yöntemi ile odun yüzeyi için pürüzlülük ölçümü yapan kişiler çoğunlukla standart olmayan çaplardaki tarama iğneleri kullanmışlar veya tarama ucunun geometrisini modifiye etmişlerdir (6, 24, 25). Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili geçmişte yapılan araştırmalar uzun yıllar devam ettiği ve pek çok farklı ülkede gerçekleştirildiği için bu projelerde iğne tarama parametrelerinin hiçbiri sabit olmamış ve pek çok durumda uygun parametreler belirtilmemiştir. Örneğin tarayıcı uç çapları 2.5 µm den 50 µm ye kadar farklı kullanılmış, ölçüm hızları büyük oranda farklılıklar göstermiş ve ölçümdeki kesme uzunlukları dedektör tarama mekanizmasının bir fonksiyonu olmuştur. Bu tür farklılıklar ise, farklı çalışmalarda edilen sonuçların birbirleriyle doğrudan karşılaştırılmasını güçleştirmiştir (1).

Bu yöntemlere alternatif olarak, yüzey alanı ölçümü esasına dayanan görüntü analiz teknikleri uygulanmıştır. Bu teknikler ile malzemenin işlenmesinden kaynaklanan pürüzlülük verileri anatomik özelliklerden kaynaklanan pürüzlülük verilerinden ayırt edilebilmektedir (26). Son yıllarda diğer yöntemlerin yanı sıra; ultrasonik, video kamera ve taramalı elektron mikroskop yöntemleri ile pürüzlülük ölçümleri üzerinde durulmaktadır. Bunlardan taramalı elektron mikroskop yönteminde kullanılan örnek boyutları çok küçük olduğundan pürüzlülük değerlendirmeleri için yetersiz olduğu belirtilmektedir (27).

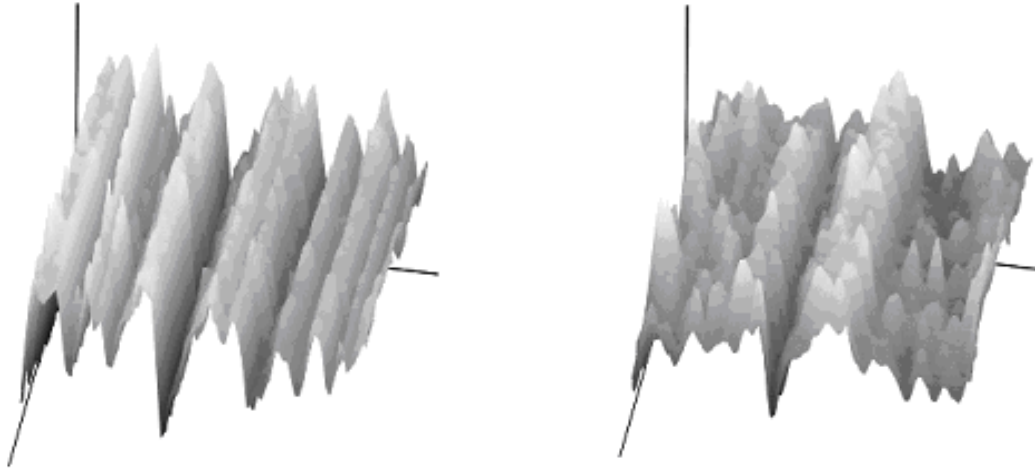
Odun poröz, özgül ağırlığı değişken ve farklı özelliklere sahip farklı bölgeleri bulunan heterojen bir malzemedir (28). Bu faktörler; ise dokunmasız yüzey tarama yöntemlerinin ölçüm sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bununla birlikte odun yumuşak bir malzeme olduğu için dokunmalı tarama yöntemleri ile tarama esnasında, tarayıcı dedektör odunun yüzeyini değiştirebilmektedir (29). Bu nedenle odun yüzey kalitesini hassas bir şekilde ölçecek bir yönteme ihtiyaç vardır.

3.1. İğne Taramalı ve Lazer Taramalı Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Gurau vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, odun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde en yaygın olarak kullanılmakta olan iğne taramalı (dokunmalı) ve lazer taramalı (dokunmasız) 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. Elde edilen pürüzlülük değerleri ve 3 boyutlu resimler karşılaştırılmıştır (Şekil 8). İğne taramalı yöntem ile düzenli zımpara izleri daha iyi ortaya konmuş ve odun yüzeyinin topografyası hakkında daha detaylı bilgiler elde edilmiştir (Şekil 9). Bununla birlikte bu yöntem, lazer taramalı yöntem ile kıyaslandığında daha uzun bir ölçüm zamanı gerektirmektedir (30).

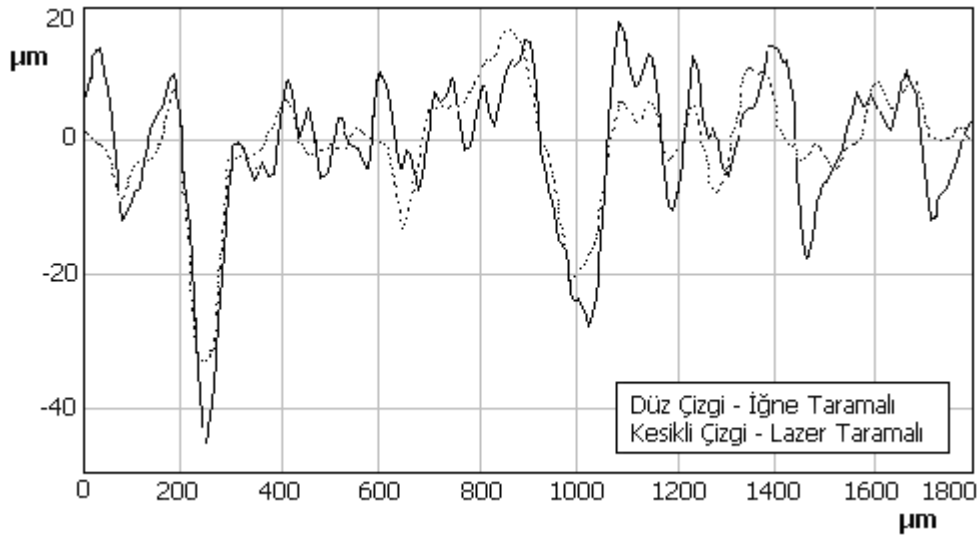
Başka bir çalışmada da, ladin örnekler üzerinde iğne taramalı ve lazer taramalı yöntemlerle yapılan pürüzlülük ölçümlerinde, bazen lazer ile iğne tarama yönteminde tespit edilemeyen yüksek bazı yüzey özelliklerinin de taranabildiği ifade edilmiştir (30).

Lazerin genişletilmiş ölçüm kabiliyeti sayesinde, izole edilmiş bazı pikleri bile tespit edebildiği; Schadoffsky (2000) tarafından da belirtilmiştir (30). Dokunmalı bir alet olarak iğne taramalı pürüzlülük ölçüm cihazı, bu özellikleri ölçmek yerine ihmal edebilmektedir. Sonuçta, 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 (30). Sieminsky ve arkadaşları da odun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde dokunmalı iğne taramalı yöntemin daha uygun olduğunu ifade etmiştir (31).



A- İğne taramalı yöntem ile elde edilen pürüzlülük (Meşe örnekler üzerinde) B – Lazer taramalı yöntem ile elde edilen pürüzlülük (Meşe örnekler üzerinde)

Şekil 8. İğne taramalı ve lazer taramalı yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (30).



Şekil 9. İğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile meşe örneği üzerinde elde edilen yüzey profilleri (30).

4. AĞAÇ MALZEMEDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

Odun yüzeyleri sahip oldukları anatomik yapıdan kaynaklanan porlar ve hücre boşlukları nedeniyle; her ne kadar zımparalama, planyalama, frezeleme vb. işlemlere tabi tutulmuş olsa düzgün değildir. İşlenmiş bir ağaç malzeme yüzeyi büyüteç altında incelendiğinde; yüzeydeki parçalanmış lif ve diğer odun elemanları, adeta dağlar arasında vadiler oluşmuş gibi bir görüntü ortaya çıkarmaktadır (32). Ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen pek çok faktör mevcuttur.

Genel olarak yumuşak odunların yüzeyleri sert odunlarınkine göre daha pürüzlüdür. Yıllık halka içerisindeki ilkbahar ve yaz odunu oranı yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Odundaki doğal büyüme karakteristiklerinden sayılan budaklar, lif kıvrıklıkları da pürüzlülüğü artırıcı yönde etki etmektedir (31).

Kontrplak üretiminde kullanılan kaplama levhalarının üretim yöntemi, yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilidir. Kesme ve soyma kaplamaların yüzey pürüzlülükleri arasında önemli farklılıklar vardır. Ayrıca yıllık halka genişliği, kaplama üretiminde kullanılan odunun özgül ağırlığı, hammadde depolama koşulları ve kaplama üretimi için ön hazırlık işlemleri de yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmaktadır. Kaplama levhalarında geniş yıllık halkalar daha yüksek bir yüzey kalitesi sağlamaktadır. Biçilmiş kerestelerde ise bu durum tam tersidir, yani yıllık halka genişliği azaldıkça yüzey kalitesi artmaktadır (33). Kaplama levhalarının üretiminde kullanılan ağaç türü ve kaplama kurutma sıcaklığı da yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilidir. Buharlanmış kayın (*Fagus orientalis*), kızılgağaç (*Alnus glutinosa subsp. barbata*) ve ladin (*Picea orientalis* L.) tomruklardan üretilen kaplama levhalarında en fazla yüzey pürüzlülüğü kayın için bulunmuş, bunu ladin ve kızılgağaç kaplamalar izlemiştir (34). Kurutma sıcaklığının artmasıyla birlikte kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüklerinde de bir miktar artış olduğu belirtilmiştir (35).

Ağaç malzemenin kesilme yönü de yüzey pürüzlülüğü açısından önemlidir. Ağaç malzemenin liflere dik yönde işlenmesi ile liflere paralel yönde işlenmesine göre daha pürüzlü yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir (31). Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), meşe (*Quercus borealis* Lipsky) ve akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odunları üzerinde yapılan bir araştırma sonucunda, teğet kesitlerde radyal kesitlere göre daha düzgün yüzeyler elde edildiği ifade edilmiştir (36). Ayrıca şerit testereler ile biçme işleminde, en iyi yüzey kalitesinin ezme-egalize yöntemi ile biçme hattı oluşturulmuş PV diş profillerine sahip testereler ile biçilen kerestelerde elde edildiği belirlenmiştir (37).

Zımparalama işleminin liflere paralel yönde yapılması durumunda liflere dik yönde yapılmasına nazaran daha az yüzey pürüzlülüğü oluşmaktadır (31). Zımparalamada kullanılan araçlar da yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Zımparalama işleminde yüzeyde oluşan pürüzlülüklerin büyüklüğü; zımpara numarası, makine besleme hızı ve kesici derinliğine göre farklılıklar göstermektedir. Aşındırıcı madde boyutunun küçülmesi ve zımpara baskı kuvvetinin artırılması ile daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir (3).

5. SONUÇ

Ağaç malzemenin renk, desen, tekstür gibi görsel karakteristikleri, elde edilen ürünlerin kalitesini belirlemektedir. Ağaç malzemenin yüzey özellikleri, gerek üretim gerekse üretim sonrası pazarlama aşamalarında oldukça önem taşımaktadır. Bazı üstyüzey işlemleri ile ağaç malzemenin yüzey özellikleri iyileştirilmektedir. Özellikle ağaç malzemeden üretilen mobilyaların kalitesini etkileyen unsurların en başında üstyüzey işlemleri gelmektedir. Üst yüzey işlemlerinden önce ağaç malzeme yüzeyi düzgünleştirilmektedir. Mobilyayı son ürün halinde korumak, güzelleştirmek ve ekonomik değerini artırmak amacıyla uygulanan bu üst yüzey işlemlerinin (macunlama, boyama, cilalama, vernikleme vb.) başarısı ağaç malzeme yüzeyinin düzgünlüğüne bağlıdır. Yeterli ve homojen bir yüzey düzgünlüğü oluşturulmadığı takdirde, boyama ve vernikleme işlemlerinden sonra belirginleşen yüzey kusurları ürün kalitesi ve fiyatını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, yüzeyleri düzgün bir şekilde işlenmiş ve pürüzsüz bir görünüme sahip bir mobilya, tüketicileri daha çok cezp etmektedir.

Ağaç kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü, yüzeyin ıslanabilme yeteneğini ve dolayısıyla da tutkallanabilme ve yapışma kabiliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Tutkal ile kaplama yüzeyinin birbiri ile yeterince temas etmesi mümkün olmadığı için pürüzlü yüzeylerin tutkallanması zordur.

Yüzey pürüzlülüğü, hem üreticiler hem de kullanıcılar açısından sorun teşkil etmektedir. Bu kusur bir miktar fazla zımparalama ile giderilebilse de, zayıat artmakta ve üretim süresi uzamaktadır. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, üretim kayıplarının ve

maliyetlerinin azaltılması için, ağaç işleri endüstrisinde uygulanması gerekli olan kalite kontrol testleri arasında yer almalıdır.

KAYNAKLAR

- 1 Funck, J.W., Forrer, J.B., Buttler, D.A., Brunner, C.C., Maristany, A.G., Measuring Surface Roughness on Wood: A Comparison of Laser Scatter and Stylus Tracing Approaches, The International Society for Optical Engineering (SPIE), Vol. 1821 (1992) 173-184.
- 2 TS 6956, Yüzey Pürüzlülüğü – Terimler, I. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1989.
- 3 İtler, E., Çamlıyurt, C., Balkız, Ö.D., Uludağ Göknaı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, 2002.
- 4 ANSI/ASME B46.1, Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay), American National Standards Institute, 1985.
- 5 Stumbo, D.A., Surface Texture Measurement Methods, Forest Products Journal, 17, 7 (1963) 299-303.
- 6 Hann, R.A., A Method of Quantitative Topographic Analysis of Wood Surfaces, Forest Products Journal, 7, 12 (1957) 448-452.
- 7 Wellons, J.D., Krahmer, R.L., Sandeo, M.D., Jokerst, R.W., Thickness Loss in Hot-Pressed Plywood, Forest Products Journal, 33, 1 (1960) 27-34.
- 8 Peters, C.C., Cumming, J.D., Measuring Wood Surface Smoothness: A Review, Forest Products Journal, 20, 12 (1970) 40-43.
- 9 Bonac, T., Wood Roughness Volume and Depth Estimated from Pneumatic Surface Measurements, Wood Science, 11, 4 (1979) 227-232.
- 10 Westkämper, E., Riegel, A., Quality Criterion for Massive Wood Surfaces, Holz als Roh- und Werkstoff, 51 (1993) 121-125.
- 11 URL-1, http://h3news1.kais.kyoto-u.ac.jp/projects/info/Rough-sk_ku/e-index.html, Evaluation of Surface Roughness of Machined Wood Surface Using Skewness and Kurtosis. 29 Ağustos 2003.
- 12 Örs, Y., Baykan, İ., Yüzey Pürüzlülüğü ve Ağaç Malzeme, Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 1998, 576-583.
- 13 Mitutoyo, SJ-301 Surface Roughness Tester, User's Manual, Mitutoyo Corporation, Japan, 2001.
- 14 URL-2, <http://www.predev.com/smg/parameters.htm#Ra>, Roughness Amplitude Parameters. 29 Ağustos 2003.

- 15 BS 1134, Assesment of Surface Texture, Part 1 and Part 2, British Standards Institute, BSI, Lindford, UK., 1990.
- 16 DIN 4768, Determination of Values of Surface Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax Using Electrical Contact (Stylus) Instruments, Concepts and Measuring Conditions, Deutsches Institut für Norming, Berlin, Germany, May, 1990.
- 17 TS 6212, Yüzey Pürüzlülüğü, Yüzey Pürüzlülüklerinin Ölçülmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1988.
- 18 Faust, T.D., Rice, J.T., Characterizing the Roughness of Southern Pine Veneer Surfaces, Forest Products Journal, 37, 11/12 (1986) 75-81.
- 19 Sachsse, H., Roffael, E., Investigation of The Veneer Peeling Suitability of Douglas Fir Wood Grown in Germany, Holz als Roh- und Werkstoff, 51 (1993) 167-176.
- 20 Triboulot, P., Kremer, P., Martin, P., Leban, J.M., Planing of Norway Spruce with Very Varied Ring Width, Holz als Roh- und Werkstoff. 49 (1991) 181-184.
- 21 Lavery, D.J., Larnon, D.Mc., Taylor, J.M., Moloney, S., Atanackovic, A., Parameters Affecting the Surface Finish of Planed Sitka Spruce. Forest Products Journal, 45, 4 (1995) 45-50.
- 22 Lundberg, I.A.S., Porankiewicz, B., Studies of Non Contact Methods for Roughness Measurements on Wood Surfaces, Holz als Roh- und Werkstoff, 53 (1995): 309-314.
- 23 Hızıroğlu, S., Surface Roughness Analysis of Wood Composites: A Stylus Method, Forest Products Journal, 46, 7/8 (1996) 67-72.
- 24 Ehlers, W., Quality Determination of Wood Surfaces, Holz als Roh- und Werkstoff, 16, 2 (1958) 49-60.
- 25 Peters, C., Mergen, A., Measuring Wood Surface Smoothness: A Proposed Method, Forest Products Journal, 21, 7 (1971) 28-30.
- 26 Gurau, L., Mansfield-Williams, L., Irle, M., An Analysis of Wood Surface Roughness Data, The 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 19-21 August 2002, University of California, Berkeley Campus, California, USA
- 27 Malkoçoğlu, A., Özdemir, T., Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihi Gelişimi, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 32 (1999) 60-68.
- 28 Faust, T.D., Real Time Measurement of Veneer Surface Roughness by Image Analysis, Forest Products Journal, 37, 6 (1987) 34-40.
- 29 Lemaster, R.L., Beall, F.C., The Use of An Optical Profilometer to Measure Surface Roughness in Medium Density Fibreboard, Forest Products Journal, 46, 11/12 (1996) 73-78.

- 30 Gurau, L., Mansfield-Williams, H.D., Irle, M.A., 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 2001, Ljubiana, Slovenia.
- 31 Sieminsky, R., Skarzynska, A., Surface Roughness of Different Species of Wood After Sanding, Forest Products Journal, (1989) 23-25.
- 32 Sadoh, T., Nakato, K., Surface Properties of Wood in Physical and Sensory Aspects, Wood Science and Technology, 21 (1987): 111-120.
- 33 Hecker, M., Becker, G., Surface Roughness of Douglas Fir Veneer as a Result of Silviculture Management, IUFRO XX World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland.
- 34 Aydın, İ., Çolakoğlu, G., The Effects of Veneer Drying Temperature on Wettability, Surface Roughness and Some Properties of Plywood, Sixth European Panel Products Symposium, North Wales Conference Centre, Llandudno, North Wales, UK, 9th-11th October 2002.
- 35 Aydın, İ., Çolakoğlu, G., The Effects of Steaming and Veneer Drying Temperature on The Weathering Reactions, Wood Based Materials – Wood Composites and Chemistry International Symposium, 19th-20th September 2002, Vienna, Austria.
- 36 Gürleyen, L., Mobilyada Kullanılan Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzensizliğünün Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1988.
- 37 Örs, Y., Kalaycıoğlu, H., Çolakoğlu, G., Testerelerde Diş Geometrisinin Kereste Yüzey Kalitesine Etkisi, DOĞA- Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 15 (1991) 777-784.