

Orta Yoğunlukta Liflevha Üretiminde Çekme Direncinin İki Aşamalı İzlenmesi

Two-Stage Monitoring of Tensile Strength in Medium Density Fiberboard Production

 Sebahattin TIRYAKI¹,  Aytaç AYDIN²

Özet

Bu araştırma, bir orman ürünleri işletmesinde Orta Yoğunlukta Liflevha üretim sürecinde çekme direncini izlemek için Shewhart kontrol grafiklerinden olan $\bar{x} - s$ grafiklerinin endüstriyel bir uygulamasını sunmaktadır. Uygulama Faz 1 ve Faz 2 olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. Faz 1'de, $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri ile kontrol durumundaki bir veri grubu oluşturulmuştur. Bu prosedürün tamamlanmasının ardından Faz 2 aşamasına geçilmiş ve bu aşamada süreçten elde edilen ve Faz 1'de kullanılmayan yeni çekme direnci verilerinin kullanımı ile sürecin ileriye yönelik performansı izlenmiştir. Faz 1 ve Faz 2, Orta Yoğunlukta Liflevha üretim sürecinden elde edilen çekme direnci kalite karakteristiğine ait toplam 91 ortalama veri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, çekme direnci kalite karakteristiğindeki kaymaları gösteren $\bar{x} - s$ kontrol grafiğinde prosesin kontrol dışı olduğuna işaret eden bazı kontrol dışı veriler gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kalite, Orta Yoğunlukta Liflevha, Kontrol grafiği, Proses kontrol.

Abstract

This research presents an industrial application of the $\bar{x} - s$ charts, one of the Shewhart control charts, to monitor the tensile strength in the Medium Density Fiberboard manufacturing process in a forest products enterprise. The application was conducted in two stages: Phase 1 and Phase 2. In the Phase 1, a data group in the status of the control was created with the $\bar{x} - s$ control charts. Upon the completion of this procedure, the Phase 2 was started and at this stage, the prospective performance of the process was monitored by using new tensile strength data obtained from the process and not used in Phase 1. The Phase 1 and Phase 2 were carried out by using a total of 91 mean data belonging to the tensile strength quality characteristic obtained from the Medium Density Fiberboard manufacturing process. As a result of the research, some out-of-control data were observed in the $\bar{x} - s$ control chart showing the shifts in the tensile strength quality characteristic, indicating that the process was out-of-control.

Keywords: Quality, Medium Density Fiberboard, Control chart, Process control.

1. Giriş

Dünya genelinde nüfusun hızlı bir artış göstermesi odun ve odun ürünlerine yönelik talebin artmasında etkili olmuştur. Bu durum, ormanlar üzerindeki baskının artışında önemli bir etken olarak görülmüştür (Birinci, 2022). Ek olarak, odun hammaddesinin kullanım alanının çeşitlenmesinin yanı sıra hammadde temininde yaşanan güçlükler, endüstriyi masif ağaç malzemeye alternatif olabilecek üretimler yapmaya zorlamış ve bu

Geliş Tarihi: 08.10.2024, Düzeltme Tarihi: 06.12.2024, Kabul Tarihi: 08.12.2024

Adres: ¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu

Adres: ²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

E-mail: aytac@ktu.edu.tr

gayretlerin sonucunda çeşitli odun esaslı levhaların üretimi söz konusu olmuştur. Orta Yoğunlukta Liflevha (MDF), masif ağaç malzemeye alternatif olarak geliştirilmiş levha ürünlerinin en önemlilerinden birisi olarak dikkat çekmiştir (Akgül ve ark., 2013). Hong ve ark. (2017) bu ürünün çeşitli uygulamalarda masif odunun mükemmel bir ikamesi olarak değerlendirilebileceğini ifade etmiştir.

MDF, özellikle mobilya üretiminde ve iç dekorasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır (Akbulut ve Ayrilmis, 2019). Bu gibi kullanım yerlerinde tüketici istekleri doğrultusunda yüksek kaliteli ürünler üretebilmek için bu ürünlerin üretim sürecinde başlıca girdilerden olan MDF'lerin kalite karakteristiklerinin de buna imkan verecek özellikte olması oldukça önem taşımaktadır. Suzuki ve Miyagawa (2003), çekme direncinin genellikle bu tür panellerin iç bağ kalitesinin en önemli göstergelerinden biri olduğunu ve bu nedenle sıklıkla iç bağ kalitesini tespit etmek amacıyla kullanıldığını ifade etmiştir. Benzer şekilde, Sumardi ve ark. (2018) bu kalite özelliğinin odun esaslı birçok panel ürünü açısından oldukça önemli olduğunu ve ürünü oluşturan parçacıkların arasındaki bağın direncini ortaya koyduğu için üretim kalitesinin en iyi tek ölçüsü olarak dikkate alınabileceğini belirtmiştir.

İstatistiksel proses kontrol, bir süreci izlemek ve kontrol etmek için istatistiksel teknikleri kullanan bir kalite kontrol yaklaşımı olarak ifade edilebilmektedir (Singh, 2022). Kontrol grafikleri ise 1920'li yıllarda ortaya çıkmış olup zamanla güçlü bir istatistiksel proses kontrol aracı haline gelmiş ve endüstriyel süreçlerde çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaklaşım, süreçteki özel nedenlerin ortaya çıkmasını tespit etmede önemli bir işleve sahip olup bu sayede uygunsuz ürünler büyük miktarda üretilmeden önce gerekli düzeltmelerin yapılabilmesine imkan sunabilmektedir (Intaramo ve Pongpullponsak, 2012). Bu grafikler, süreç iyileştirme amacıyla zaman içindeki değişimi anlamaya katkı sağlamaktadır. Endüstriyel uygulamalardaki süreç iyileştirme, genellikle süreci belirli bir hedef değere odaklamak ve değişimi azaltmakla karakterize edilmektedir (Zwetsloot ve ark., 2024). Kontrol grafikleri yaklaşımının ana amacı, süreci izleyerek kararlı bir durumda olup olmadığını belirlemektir. Bu işlem, süreçten rastgele çekilen örnekler kullanılarak hesaplanan istatistiklerin grafiğini çizerek yapılabilmektedir. Shewhart grafikleri oldukça basit olup endüstrideki süreçlerin izlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Aldosari ve ark., 2018).

Bu çalışma, bir orman ürünleri işletmesinde MDF üretim sürecinin, izlenmesine karar verilen çekme direnci kalite karakteristiği açısından kontrolde olup olmadığını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. Shewhart $\bar{x} - s$ Kontrol Grafikleri

Üretim sürecinden alınan örneklem değerlerinin ölçülebilir karakterde olması durumunda $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri kullanılabilir. Bu amaç için kullanılacak grafiklerden biri de $\bar{x} - R$ kontrol grafikleridir (Işığışok, 2012). Ancak, endüstriyel uygulamalarda örneklem hacmi $n > 8$ ise \bar{x} kontrol grafiğinin R grafiği yerine s grafiği ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Bununla beraber, bu sınırın $n > 10$ veya $n > 12$ gibi daha farklı olarak ifade edildiği de görülebilmektedir. Genellikle, R istatistiğinin hesap kolaylığı açısından s istatistiğine tercih edilmesi söz konusu olsa da s 'nin σ 'nın tahmininde daha verimli bir istatistik olduğu belirtilmektedir. Örneklem hacmi n 'in artması ile beraber verimlilik farkı giderek daha da artmakta ve s kontrol grafiğinin kullanımı tavsiye edilmektedir (Birgören, 2017)

Örneklem hacmi n ve gözlem sonuçları x_i olmak üzere k tane zaman diliminde rassal olarak çekilen her bir örneklemin ortalaması eşitlik 1'de verildiği gibi hesaplanabilirken çeşitli zaman dilimlerinde çekilen örneklemelerden elde edilen k tane örneklem ortalamalarının ortalaması ise eşitlik 2'de formüle edildiği gibi hesaplanabilmektedir (Işığışok, 2012).

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{x}_j}{k} \quad (2)$$

k adet örnek var olduğunu ve her örneğin n ölçüm içerdiğini varsayacak olursak i 'inci örnek için ($i = 1, 2, \dots, k$) örnek standart sapması eşitlik 3'de verildiği gibi hesaplanabilmektedir. Ardından, k adet örneğin veya altgrupun standart sapmalarının ortalaması ise eşitlik 4 ile hesaplanabilmektedir (Birgören, 2017).

$$s_i = \sqrt{\left(1/(n-1)\right) \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (3)$$

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (4)$$

\bar{x} grafiği için üst kontrol limiti (ÜKL), orta çizgi (OÇ) ve alt kontrol limiti (AKL) eşitlik 5-7 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Montgomery, 2012).

$$\text{ÜKL} = \bar{x} + A_3 \bar{s} \quad (5)$$

$$\text{OÇ} = \bar{x} \quad (6)$$

$$\text{AKL} = \bar{x} - A_3 \bar{s} \quad (7)$$

s kontrol grafiği için ÜKL, OÇ ve AKL eşitlik 8-10 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Vardeman ve Jobe, 2016).

$$\text{ÜKL} = B_4 \bar{s} \quad (8)$$

$$\text{OÇ} = \bar{s} \quad (9)$$

$$\text{AKL} = B_3 \bar{s} \quad (10)$$

Eşitliklerde yer alan A_3 , B_3 , ve B_4 örneklem hacmine bağlı olarak farklılık gösterebilen sabit katsayıları belirtmektedir (Işığışok, 2012).

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Materyal

Bu çalışmada, orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede üretilen 18mm kalınlığında ve 2100*8400mm boyutlarındaki levhalar dikkate alınmıştır. Kalite karakteristiği olarak ise üretilen MDF'lerin kalitesi üzerine etkili olma potansiyeline sahip olduğu düşünülen ve MDF'nin en önemli direnç özelliklerinden olan çekme direnci seçilmiştir. Üretilen MDF'lerin kalite kontrol testlerini gerçekleştirmek amacıyla süreçten levha örnekleri çekilmiştir. Bu amaçla, çekme direnci değerlerini elde etmek için üretim sürecinden çekilen levhalardan 50*50*18mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Çekme direnci testleri TS-EN 319 (1999) standartlarına uygun bir şekilde yürütülmüştür. Tüm testler işletmenin kalite kontrol laboratuvarında bulunan test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Veri Elde Etme Süreci

Uygulama alanı olarak seçilen işletmede genellikle günde üç vardiya üretim yapılmakta ve üretilen MDF'lerin kalitesinin kontrol edilmesi amacıyla üretim hattından levhalar çekilmektedir. Bu doğrultuda; üretim sürecinin izlenmesine karar verilen MDF türünün çekme direnci kalite karakteristiği için veri elde etme süreci 2021 yılı Mayıs-Eylül aylarını içeren yaklaşık olarak beş aylık bir süreci kapsamaktadır. Çalışma kapsamında,

çekme direnci testlerinin sonucu olarak elde edilen her biri 10 ölçüm değerinden oluşan toplam 91 örnek veri veya altgrup kullanılmıştır.

3.2.2. $\bar{x} - s$ Kontrol Grafiklerinin Uygulanması

MDF üretim sürecinin çekme direnci kalite karakteristiği açısından kontrol altında olup olmadığını izlemek için Shewhart kontrol grafiklerinden $\bar{x} - s$ grafikleri kullanılmıştır. Süreçten veriler elde edildikten sonra grafiklendirme işlemine geçilmiş ve bu işlem Faz 1 ve Faz 2 olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Faz 1'deki kontrol grafikleri, sürecin istatistiksel olarak kontrol durumuna getirilmesine yardımcı olmaktadır. Süreçte özel bir neden bulunursa, o veri noktası ihmal edilmekte ve deneme kontrol limitleri yalnızca kalan noktalar kullanılarak yeniden hesaplanmaktadır. Bu işlem, tüm noktalar kontrol altına alınana kadar devam etmektedir. Faz 2 ise kontroldeki süreç performansını temsil eden veri kümesi elde edildikten sonra başlamaktadır. Faz 2 için oluşturulan kontrol grafikleri süreçten alınan her ardışık örneğin örnek istatistiğini kontrol limitleriyle karşılaştırarak süreci izlemeye imkan sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle, Faz 2 güvenilir kontrol limitlerinin oluşturulmasından sonra gelecekteki üretimi izlemek için kullanılmaktadır (Montgomery, 2012).

Bu doğrultuda, çalışmada öncelikle Faz 1 aşamasında $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri kullanılarak kontrol durumundaki bir veri grubu veya veri seti oluşturulmuş, Faz 2'de ise süreçten çekilen ve Faz 1 aşamasında kullanılmayan yeni veriler kullanılarak sürecin performansı araştırılmıştır.

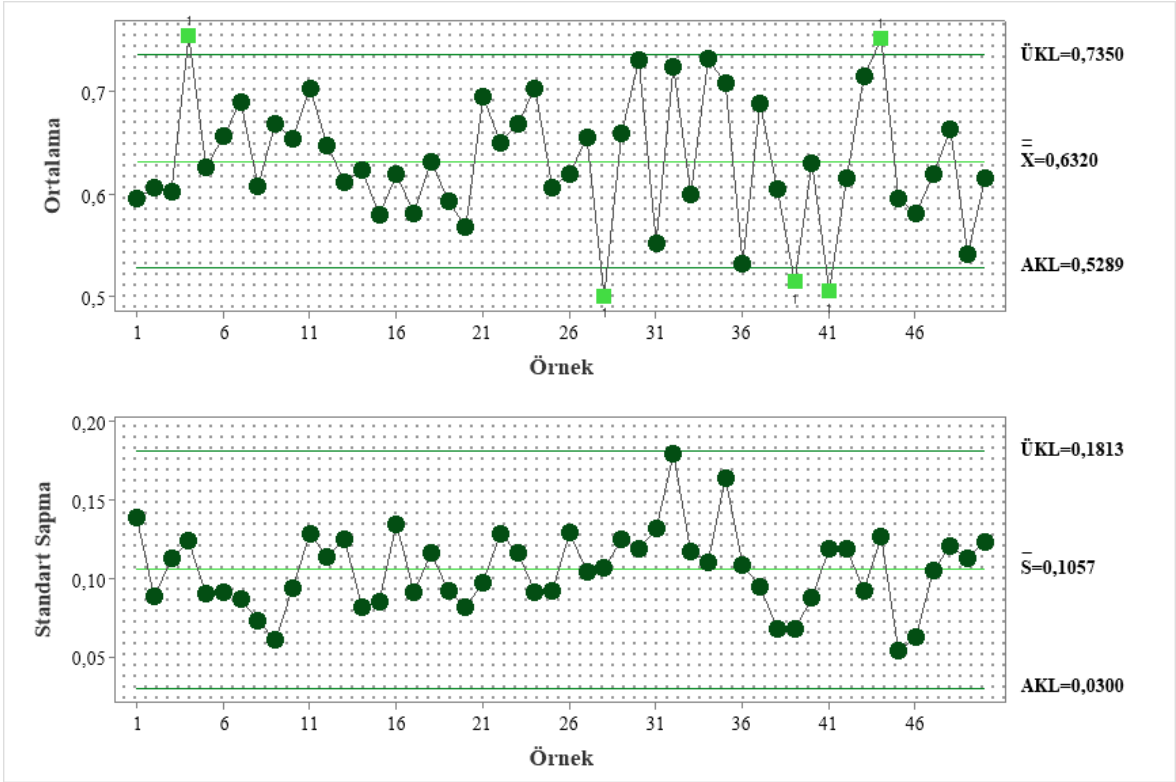
Üretim sürecinden çekme direncine ait toplanan veriler analizin birinci ve ikinci aşamaları için gruplandırılmıştır. Çekme direncinin 91ortalama verisinden 50 veri grubu veya altgrup Faz 1'de, kalan 41 veri grubu veya altgrup ise Faz 2'de kullanılmak üzere ayrılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında, $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri MDF üretim sürecinden elde edilen çekme direncinin ölçüm değerlerine uygulanmıştır. Arcidiacono ve Nuzzi (2017), süreci istatistiksel olarak kontrol altında tutarak süreç hakkında daha güvenilir göstergelerle daha güçlü bilgilere sahip olmanın mümkün olabileceğini ve bu durumun da müşterilerin gereksinimlerini daha iyi karşılamaya olanak sağlayabileceğini ifade etmiştir. Şu anki çalışmada ilk olarak, Faz 1 uygulaması ile kontrol altında bir süreci ifade eden veri

grubunun elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, deneme kontrol limitleri oluşturulmuş ve bu süreç kontrol dışı tüm veriler ortadan kaldırılıncaya kadar devam ettirilmiştir.

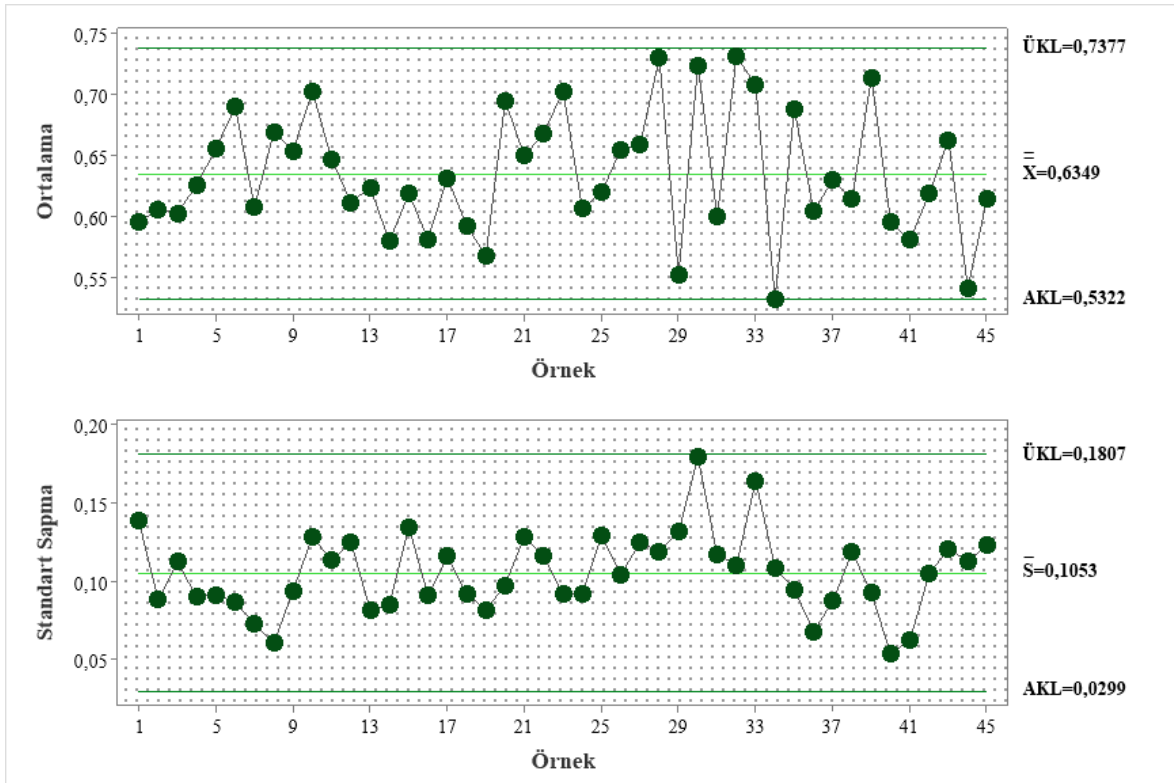
Shewhart'ın \bar{x} ve s kontrol grafikleri süreçteki değişimleri veya çekme direnci değerlerindeki kaymaları izlemek için birlikte kullanılmıştır. Faz 1'de aşağıda ifade edilen adımlar takip edilerek süreç kontrol durumuna getirilmiştir. Faz 1'in 1. adımı için 50 verinin kullanımı ile elde edilen grafik Şekil 1'te verilmiştir.



Şekil 1. Faz 1'in 1. adımı için çekme direnci (N/mm²)'ne ait $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri.

Faz 1'in ilk adımı için oluşturulan kontrol grafikleri incelendiğinde, toplam 5 veri grubu veya veri noktasının ÜKL'nin üstünde ya da AKL'nin altında olduğunu görmek mümkündür. Bu nedenle, ÜKL'nin üzerinde ya da AKL'nin altında bulunan veri noktaları veri grubundan veya setinden çıkartılmış ve kalan veriler ile grafik oluşturma sürecinin bir sonraki adımına geçilmiştir.

Faz 1'in 2. adımını gerçekleştirmek için geriye kalan veriler ile kontrol grafikleri yeniden oluşturulmuştur. Şekil 2, Faz 1'in 2. adımı için oluşturulan kontrol grafiklerini göstermektedir.



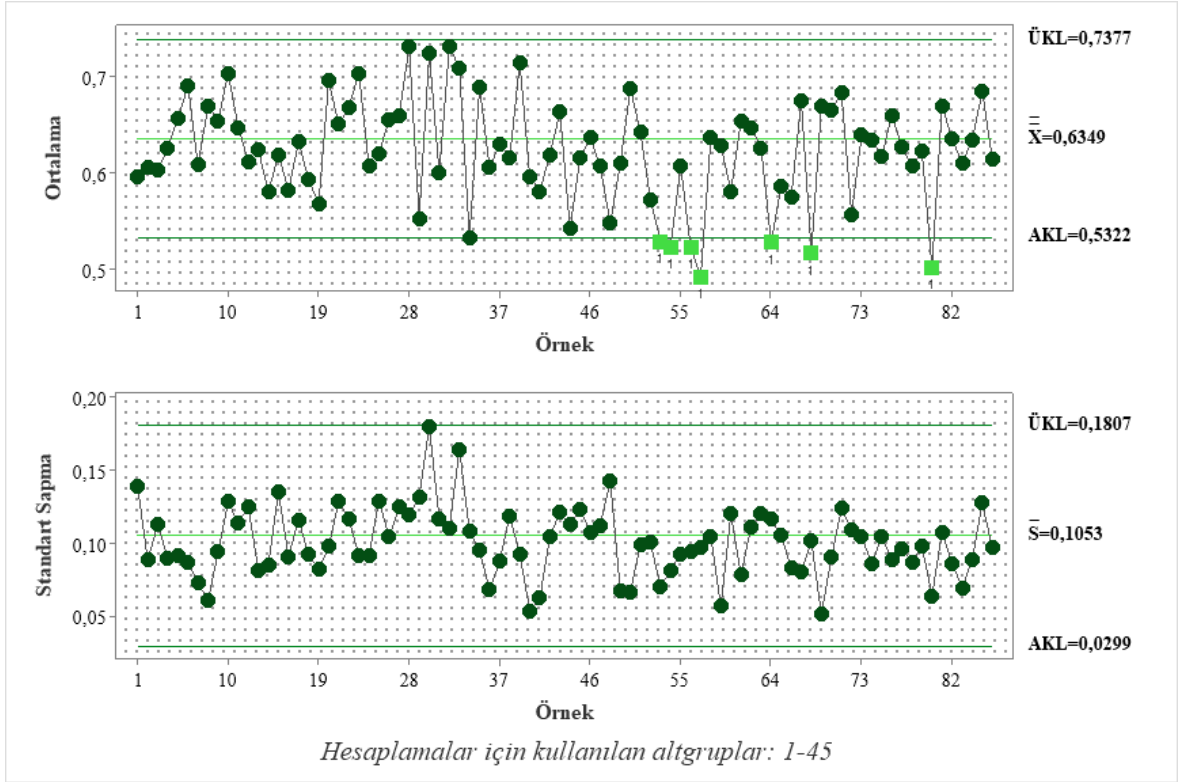
Şekil 2. Faz 1'in 2. adımını için çekme direnci (N/mm²)'ne ait $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri.

Faz 1'in 2. adımını için oluşturulan $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri, ÜKL'nin üzerinde ya da AKL'nin altında herhangi bir verinin olmadığını göstermektedir. Böyle bir durum, MDF üretim sürecinin çekme direnci açısından istatistiksel olarak kontrol durumuna getirildiğini ortaya koymaktadır. Kontroldeki altgruplardan Faz 2 hesaplamalarında da faydalanılmıştır. Faz 1'in özeti Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Faz 1 uygulamasının özeti.

Adımlar	Kontrol dışı veri sayısı	Uzaklaştırılan veya kontrol dışı veriler	Kalan veri sayısı
Faz 1-Adım 1	5	4, 28, 39, 41, 44	45
Faz 1-Adım 2	-	-	45

MDF'nin çekme direncine ilişkin yeni verileri izlemek amacıyla $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri kullanılarak Faz 2 aşaması gerçekleştirilmiştir. Faz 2 uygulaması sonucunda elde edilen $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri Şekil 3'de sunulmaktadır.



Şekil 3. Faz 2 için çekme direnci (N/mm^2)'ne ait $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri.

Şekil 3'deki Faz 2 için oluşturulan $\bar{x} - s$ grafiği incelendiğinde Faz 1'in ilk aşamasına benzer şekilde verilerin çok büyük bir çoğunluğunun kontrol limitlerinin arasında olduğu tespit edilse de çekme direncine ait toplam 7 adet verinin veya alt grubun (örnek veya alt grup no.: 53, 54, 56, 57, 64, 68, 80) kontrol limitlerinin dışında kaldığı anlaşılmaktadır. Şekil 3'de yer alan tüm limit dışı veri noktalarının ortalamadaki değişimi ortaya koyan \bar{x} kontrol grafiği üzerinde olduğunu da ifade etmek gerekmektedir. Veriler s kontrol grafiği ile incelendiğinde Faz 1 aşamasındaki duruma benzer şekilde tüm veri noktalarının ÜKL ve AKL arasında yer aldığı, diğer bir ifadeyle, limitlerin dışında herhangi bir veri noktasının bulunmadığı görülmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri ile izlenen sürecin çekme direnci kalite karakteristiği açısından kontrol dışı olduğunu ifade etmek mümkündür.

5. Sonuçlar

Bu araştırma, MDF üretim sürecinin çekme direnci açısından izlenmesinde $\bar{x} - s$ kontrol grafiklerinin kullanımını içermektedir. Araştırmanın öne çıkan sonuçları aşağıda ifade edildiği gibidir:

Grafiklendirme uygulamasının birinci aşamasını oluşturan Faz 1'de $\bar{x} - s$ grafikleri kullanılarak sürecin kontrol durumuna getirilmesi sağlanmıştır. Faz 1 işlemi iki aşamada

tamamlanmış olup bu süreç sonunda toplam 5 veri kontrol dışı olarak tespit edilmiş ve veri setinden çıkartılmıştır. Bu prosedürün tamamlanmasının ardından, Faz 2'de yeni veriler için $\bar{x} - s$ kontrol grafikleri oluşturulmuş ve üretim sürecinin kontrol durumu izlenmiştir. Faz 2 işlemi sonucunda bu aşamada sürece dahil edilen 41 veriden 7'sinin \bar{x} grafiğinde kontrol limitleri dışında olduğu tespit edilmiştir. Prosesi izlemek için kullanılan diğer bir kontrol grafiği olan s grafiğinde ise tüm veri noktalarının kontrol limitleri arasında olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, MDF'nin çekme direnci ile ilgili olarak altgruplar içindeki veri dağılımının dengeli olduğu, ancak alt gruplar arasında stabil olmadığı görülmüştür.

Üretim sürecinde kontrol dışı değerlerin tespit edilmesi, sürecin kontrol altına alınabilmesi için değişkenlik kaynaklarının ortadan kaldırılmasına yönelik bir dizi eylem gerçekleştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar ayrıca, kullanılan grafikler ile sürecin kontrolde olup olmadığını kolay bir şekilde belirlenebildiğini doğrulamıştır. Bu nedenle, sürecin kontrol dışına çıkmasına yol açabilecek özel nedenler mevcut olduğunda bunun kısa bir süre içerisinde tespit edilebilmesi için bu gibi istatistiksel proses kontrol araçlarının kullanımı oldukça önemlidir.

Kaynaklar

- Akbulut, T., & Ayrilmis, N. (2019). Some advantages of three-layer medium-density fibreboard as compared to the traditional single-layer one. *Journal of Wood Science*, 65, 46.
- Akgül, M., Çamlıbel, O., & Gedik, T. (2013). Türkiye ve Dünyadaki MDF endüstrisine genel bir bakış. *Ormancılık Dergisi*, 9(2), 117-125.
- Aldosari, M. S., Aslam, M., Khan, N., & Jun, C.-H. (2018). Design of a new variable Shewhart control chart using multiple dependent state repetitive sampling. *Symmetry*, 10(11), 641.
- Arcidiacono, G., & Nuzzi, S. (2017). A Review of the fundamentals on process capability, process performance, and process sigma, and an introduction to process sigma split. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(14), 4556-4570.
- Birgören, B. (2017). *İstatistiksel kalite kontrolü*. Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Birinci, E. (2022). Hıgrotermal yaşlandırmanın, MDF ve yonga levhalarda renk değişimi, yüzey pürüzlülüğü ve vida çekme direncini üzerine etkisinin incelenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 172-177.

- Hong, M.-K., Lubis, M. A. R., & Park, B.-D. (2017). Effect of panel density and resin content on properties of medium density fiberboard. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 45(4), 444-455.
- Işığışık, E. (2012). *Toplam kalite yönetimi bakış açısıyla istatistiksel kalite kontrol*. 2. Baskı, Ezgi Kitapevi Yayınları, Bursa.
- Intaramo, R., & Pongpullponsak, A. (2012). Development of fuzzy extreme value theory control charts using α -cuts for skewed populations. *Applied Mathematical Sciences*, 6(117), 5811 – 5834.
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to statistical quality control*. 7th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Sumardi, I., Dungani, R., Suhaya, Y., Rumidatul, A., & Rofii, M. N. (2018). Alternative materials for strandboards made with waste veneer from industrial plywood in Indonesia. *BioResources*, 13(4), 8385-8393.
- Singh, V. (2022). Statistical process control (SPC) guide line. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 7(1), 84-92.
- Suzuki, S., & Miyagawa, H. (2003). Effect of element type on the internal bond quality of wood-based panels determined by three methods. *Journal of Wood Science*, 49, 513–518.
- TS EN 319, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vardeman, S. B., & Jobe, J. M. (2016). *Statistical methods for quality assurance: basics, measurement, control, capability, and improvement*. 2th edition: Springer-Verlag New York.
- Zwetsloot, I. M., Jones-Farmer, L. A., & Woodall, W. H. (2024). Monitoring univariate processes using control charts: Some practical issues and advice. *Quality Engineering*, 36(3), 487–499.