



Araştırma Makalesi / Research Article

## Yapı Malzemeleri Üretimi Yapan Bir Firmada Değer Akış Haritalama Yapılması ve Bayes Yöntemi ile Analizi\*

*Value Stream Mapping in A Company Producing Building Materials and Finding an Improvement with The Bayesian Method*

İrem Duzdar<sup>1</sup>  
Ceren Asan<sup>2</sup>

### MAKALE BİLGİSİ

**Başvuru:** 14.02.2024  
**Revizyon:** 19.10.2024  
**Kabul:** 22.11.2024  
**Yayın:** 31.12.2024

#### Anahtar Kelimeler

*Yalın üretim  
Yapı malzemeleri endüstrisi  
Değer Akış haritalama  
Bayes Ağları  
Verimlilik*

#### Jel Kodları

*C11, D24, L0*

### ÖZ

Ülkemizde rekabetçi bir ortamda düşük maliyetle yüksek kar elde etme hedefi doğrultusunda işletmeler, kaynakları etkin planlayarak kalite, kullanılabilirlik ve müşteri memnuniyetini öncelikli kılmaktadır. Günümüz rekabet koşullarında müşteri odaklı çalışmanın önemi vurgulanarak, işletmeler Yalın Üretim kavramını benimsemektedir. Bu yaklaşımın inşaat endüstrisinde uygulanmasıyla, yapı malzemelerinin kullanımı, depolama, taşıma ve işlenmesi gibi süreçlerdeki israfların azaltılması hedeflenir. Yalın üretim, inşaat projelerinde verimliliği artırarak iş süreçlerini optimize etmeye yardımcı olurken, yapı malzemelerinin etkin kullanımı ve yönetimi de bu stratejinin önemli bir parçasını oluşturur. Bu nedenle, yapı malzemeleri ve yalın üretim arasındaki ilişki, inşaat endüstrisinde daha verimli ve etkin bir üretim sürecinin sağlanmasına katkıda bulunur. Yalın Üretim, değer akışını optimize ederek israfi en aza indirme ve müşteri memnuniyetini artırma amacını taşır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı işletmeyi yalın üretim teknikleriyle analiz ederek, müşteri taleplerine göre üretim yapabilir hale gelmesini sağlamaktır. Değer Akış Haritalama yöntemi kullanımı ile mevcut durum analizi yapılarak darboğazlar tespit edilecek ve Bayes ağları ile üretim verileri olasılıksal analizi sayesinde alternatif çözüm önerileri sunulacaktır.

### MANUSCRIPT INFO

**Submitted:** 14.02.2024  
**Revised:** 19.10.2024  
**Accepted:** 22.11.2024  
**Published:** 31.12.2024

#### Keywords

*Lean Production  
Construction industry  
Value Stream Mapping  
Bayesian Network  
Efficiency*

#### Jel Codes

*C11, D24, L0*

### ABSTRACT

In today's competitive environment, businesses in our country strive to achieve high profits with low costs by effectively managing resources and prioritizing quality, usability, and customer satisfaction. Emphasizing the importance of customer-centric work in today's competitive conditions, businesses are adopting the concept of Lean Production. In the construction industry, this approach focuses on reducing waste in the use, storage, transportation, and processing of building materials. While lean manufacturing helps optimize business processes by increasing efficiency in construction projects, the effective use and management of building materials also forms an important part of this strategy. Therefore, the relationship between building materials and lean manufacturing contributes to a more efficient and effective production process in the construction industry. Lean Production seeks to optimize the value stream, minimize waste, and increase customer satisfaction. In this context, the research aims to examine the business using lean production techniques and produce according to customer demands. The current state analysis will be conducted using the Value Stream Mapping method to identify wasteful practices, and alternative solution suggestions will be presented by statistical analyzing production data with Bayesian networks accordingly.

### Önerilen Atıf

*Suggested Citation*

Duzdar, İ., & Asan, C. (2024). Yapı malzemeleri üretimi yapan bir firmada değer akış haritalama yapılması ve Bayes yöntemi ile analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(3), 149-162.

\* Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-B - Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı Projesi (Proje No: 1139B412301764) tarafından desteklenmektedir.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, iremduzdar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7642-8121>

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisi, Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, cerasan04@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-0545-9230>

## **EXTENDED SUMMARY**

### **Introduction and Research Purpose**

In our country, in a competitive environment characterized by high operating costs, effective planning of resources and achieving high profits at low costs are aimed. To achieve these goals, it is a priority to consider factors such as quality, usability and customer satisfaction. In this regard, it is aimed to minimize waste and increase efficiency in business processes. In today's competitive conditions, businesses need to work customer-oriented in order to maintain their existence. Working customer-focused aims to meet customer needs. For this reason, businesses aim to shape their production systems according to production systems that will keep up with today's competitive conditions instead of traditional production. The study will be carried out in a business in the building materials production sector. The aim of the study is to perform value stream mapping for the selected product family and to draw the current state map of the process, see the bottlenecks and create solution method scenarios for the bottlenecks with Bayes and draw a future state map. The Bayesian method will update previously known information, allowing for better predictions with new data, and will be used to support decision making by performing data analysis with probabilistic-based modeling, especially in cases where uncertainty is high.

### **Methodology**

These conditions introduced businesses to the concept of Lean Production. Lean Manufacturing tries to eliminate activities that do not add value to the product throughout the production process and focuses on customer expectations. Value Stream Mapping is a technique used to see the activities that create value for the product and those that do not. In this way, businesses can increase customer satisfaction and gain competitive advantage by making their production processes more efficient. The aim of the research is; It is to examine the business with lean production techniques and produce according to customer demand. For this purpose, the application of the Value Stream Mapping method, one of the lean production methods, will be examined. In order to follow the value stream mapping steps, product family selection will be made first in the study. By drawing the current situation map, unobservable wastes will be revealed. In order to make improvements in the identified resources, solution suggestions can be created using the Bayesian method.

### **Findings**

The current state map was created after observing all processes, and waste points were identified on this map. The sources of waste identified in the study include the cleaning line, unloading-waiting area, and pre-shipment stock. Improvement suggestions were made for the cleaning line in the business. The current cleaning line faces issues such as a shortage of workers, lack of machinery, and excessive production (stock). These problems were addressed in the scenario study developed. Several solution alternatives were proposed to address these issues, including automation, increased machine efficiency, the use of renewable energy, energy recycling, training, and inspection. To implement the proposed solutions, various resource variables are required. These include machinery, budget, number of employees, and production quantity and quality. The determination of resources, the selection of solution alternatives, and the identification of bottlenecks were made through expert evaluations. The model's sensitivity was assessed by analyzing the impact of changes in certain variables through sensitivity analysis. The results from the solution alternatives indicate that all alternatives perform above 55%. In this context, the most effective solution appears to be automation, with a success rate of 75.2%. The bottleneck with the highest probability of resolution is overproduction, with a resolution probability of 74%. The second-highest probability of resolution is labor shortage, with a probability of 59.2%. The bottleneck with the lowest probability of resolution is machinery shortage, with a resolution probability of 58.7%.

### **Conclusion and Discussion**

This study was conducted by applying the Value Stream Mapping method and Bayesian analysis in a building materials company that is attempting to implement lean production principles. The objective of the study is to identify waste points by providing a detailed view of the current situation and to develop scenarios for addressing these bottlenecks. The Value Stream Mapping method reveals waste in the current process. For product family selection within the company, the product with the highest production volume was chosen. The determination of resources, selection of solution alternatives, and identification of bottlenecks were based on expert evaluations. The sensitivity of the model was assessed by analyzing the changes in certain variables through sensitivity analysis.

## Giriş

Mükemmeliyet, sürekli gelişim ve en iyiye ulaşma hedefiyle uyumlu olmayı gerektiren bir kavramdır. Özellikle üretim sektöründeki firmalar, verimliliği ve karlılığı arttırmak için değer akış analizi yöntemini sıkça kullanmaktadır. Bu teknik, üretim süreçlerindeki israfları azaltmayı ve sürekli olarak iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Değer akış haritalama, israf kaynaklarını belirleme ve ortadan kaldırmada kullanılır, böylece süreçlerde daha etkili bir değer akışı sağlanır (Kiriş, 2021).

Ülkemizde işletme maliyetlerinin yüksek olduğu rekabet ortamında, kaynakların etkin planlanması ve düşük maliyetlerle yüksek kâr elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu hedeflere ulaşmak için kalite, kullanılabilirlik ve müşteri memnuniyeti gibi faktörlerin dikkate alınması önceliklidir (Ghoshal, 1987).

Bu sayede israfın en aza indirilmesi ve iş süreçlerinde verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır. Günümüz rekabet koşullarında işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için müşteri odaklı çalışmaları gerekmektedir. Müşteri odaklı çalışmak, müşteri ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlamaktadır. Bu nedenle işletmeler üretim sistemlerini geleneksel üretim yerine günümüz rekabet koşullarına ayak uyduracak üretim sistemlerine göre şekillendirmeyi hedeflemektedir (Thakur ve Singh, 2011).

Değer akışı haritalandırma, bir işletmedeki süreçleri anlamak ve iyileştirmek için başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntem, değeri, israfı ve israf kaynaklarını belirlemek ve işletmenin tamamını tek bir proses yerine bütünsel bir bakış açısıyla ele almak için kullanılır. Değer akışı haritaları, işletmenin girişten çıkışa kadar olan tüm akışını planlamak için kullanılır ve yalnız uygulamaların uygulanması için bir yol haritası oluşturur. Bu haritalar, katma değer sağlamayan adımları belirlemek için sayısal değerlerle birlikte temin süresi, mesafe ve stok seviyelerini içerir. Değer akışı haritalandırma, işletmenin nasıl çalıştırılması gerektiğini görsel bir araçla ayrıntılı bir şekilde tanımlar, böylece akışın optimize edilmesine olanak tanır (Birgün vd., 2006).

Değer akış analizi veya değer akış haritalama, firmaların sıkça kullandığı darboğaz süreçlerini tespit etme ve ardından bu süreçleri geliştirmede önemli avantajlar sunan basit bir üretim metodolojisidir. Üretim şirketleri, bu yöntemle şirket içindeki tüm malzeme ve bilgi akışlarını entegre ederek proses sıralarını bir araya getirip görselleştirebilir. Bu sayede üretim sürecindeki israf noktalarını ve darboğazları kolayca analiz edebilirler. Bu analizler, israfları önleme ve şirket verimliliğini artırma konusunda önemli adımlar atılmasını sağlar. Darboğaz süreçleri belirlendikten sonra, bunların etkili bir biçimde ortadan kaldırılması için çözüm yolları araştırılmalı ve doğru görülen çözümler uygulanmalıdır. Darboğazların çözüm yollarını tespit etmek ve bu çözümler arasındaki ilişkileri belirlemek için Bayes ağları kullanılan yöntemlerden birisidir. Bayes Ağları, istenilen değişkenleri ve bu değişkenler arasındaki niteliksel ilişkileri açıklayan grafik gösterimi ile nicel yönden olasılıksal ilişkileri açıklayan ve inceleyen bir modelleme sistemidir. Daha önce yaşanmış olayları analiz ederek gelecekte yaşanacak olaylar üzerine çıkarım yapabilmemize olanak sağlar. Değer akış haritalamanın bir diğer yönü, gelecek durum değer akış haritasının oluşturulmasıdır. Değer akış haritalaması sonucunda belirlenen darboğazların farklı çözüm yollarıyla ortadan kaldırılması, gelecek durum için değerlendirilmiş fabrika ve müşteri ihtiyaçlarına uygun olarak akışın yeniden çizilmesini gerektirir. Bu şekilde, gelecek durum haritası, darboğaz süreçlerin çözüldüğü varsayımı altında daha kesin değerlendirmeler yapılmasını sağlar (Akçaoğlu, 2012).

Kiriş (2021) çalışmasında, geleneksel üretim yapan bir işletmenin sürecini incelemiştir. Ürün ailesinin mevcut durumu ve iyileştirmeler sonrası gelecek durumu haritalanmıştır. Sonuçlar, değer akış haritalama (DAH) ve yalnız üretime geçmenin işletmeye katacağı faydaları vurgulayarak özetlenmiştir. Akçaoğlu (2012), çamaşır fabrikasında değer akış haritalama sonuçlarına dayanarak değer yaratmayan süreçleri ortadan kaldırmak için bir Bayes modeli oluşturdu. Üretim kavramları ve bilişsel haritalar kullanılarak yapılan bu modelle, fabrika değer akış haritası incelendi. Değer yaratmayan süreç değişkenleri belirlendi ve ilişkiler değerlendirildi. İşletme kaynakları değişkenleri için muhtemel çözüm alternatifleri, bilirkışı görüşleriyle desteklenerek incelendi. Uygulamanın sonucunda gelecek durum değer akış haritası çizildi. Kahrıman (2013) çalışmasında, Değer Akış Haritalama tekniği kullanılarak malzeme ve bilgi akışının yalınlaştırılması ve üretim akışının hızlandırılması amaçlanmıştır. Otomotiv yan sanayi firmasında yapılan uygulama, mevcut durum analizleriyle malzeme ve bilgi akışına odaklanmıştır. Analizler, mevcut israfı azaltarak üretim akış sürecini hızlandırmayı hedeflemiş ve simülasyon programına ait çıktılarla gelecek durumu göstermiştir. İyileştirme noktaları belirlenmiş ve çeşitli çalışmalarla uygulanmıştır. Bu çalışma, Değer Akış Haritalama tekniğinin otomotiv yan sanayi örneğindeki kullanımını vurgulayarak tüm endüstrilere uygulanabilirliğini göstermektedir. Sarı (2018), otomotiv yan sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmenin, müşteri memnuniyetini artırmak ve çalışmalarını iyileştirmek amacıyla çözüm arayışına girdiğini belirtmektedir. İşletmedeki sorunlar arasında yüksek işlenmemiş ürün adedi, düşük takip edilebilirlik ve darboğazlardan kaynaklanan geç teslim süreleri bulunmaktadır. Çalışmalar sırasında, çevrim süresini kısaltma amacıyla yapılan araştırmalarda fazla stok sorunuyla karşılaşmıştır. DAH kullanılarak işletmenin gelecekteki durumu analiz edilmiş, çevrim süresi kısaltılmış ve stok miktarı düşürülmüştür. Ayrıca, işletmede sürekli iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bu sayede kalitede maliyetler düşürülmüştür. Çobanoğlu (2011), bir treyler fabrikasında Darboğaz Analizi Haritalama (DAH) yöntemini kullanarak darboğaz istasyonlarını belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma, hat dengeleme, Kaizen, 5S, yürüme ve taşıma mesafelerinin azaltılmasına odaklanmıştır. Sonuçlar, akış süresinin azaldığını, üretim kapasitesinin arttığını ve işçilikten tasarruf sağlandığı bir süreç ortaya çıktığını göstermektedir. Ayrıca, katma değeri olmayan operasyonlar ve taşıma mesafeleri de azaltılmıştır. Bu iyileştirmelerin neticesinde işletme kar elde etmiştir. Ancak, Kanban kullanımı için uygun şartların sağlanmadığı belirtilmiş ve bu nedenle uygulamaya geçilmemiştir.

Sevgili ve Antmen (2019), ağır iş makinesi aksamı üreten bir metal işleme fabrikasında yalnız üretim teknikleri üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Uygunsuz ürünler nedeniyle yeniden işleme ve tahsis işlemlerinin sıkça uygulandığı bir durumu ele almıştır. Çalışma, akış süresini azaltma, verimliliği ve üretim miktarını artırma, proses değişkenliğini azaltma gibi hedeflere odaklanmıştır. FIFO (First In First Out-İlk Giren İlk Çıkar) düzeninde parça akışı sağlanmış ve Kanban sistemi ile ara stoklar minimize edilmiştir. Bu iyileştirmeler sonucunda üretim akış süresi kısaltılmış ve müşteri taleplerine daha hızlı cevap verilebilmiştir. Ayrıca, Kanban

uygulaması, iş adımlarının düzenlenmesi, hat dengeleme, FIFO düzeni, performans ölçüm sistemi, iş emri uygulaması gibi önerilerde bulunulmuştur. Albayrak (2019), enerji tüketiminin yoğun olduğu süreçleri belirleyerek soğutucu fabrikasında enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen bir çalışma yapmıştır. Enerji verimliliği odaklı, yalın üretim teknikleri çözüm alternatifi olarak tercih edilmiştir. Bayes ağları yöntemi kullanılarak güncel durum, en iyi ve en kötü durum senaryoları yapılmış ve tüketimi azaltmak için makinelerine yapılacak yatırımın en olası olduğu sonucuna varılmıştır. Bulut ve Altunay (2016), mobilya işletmesinde beş kilit üretim hattı için Darboğaz Analizi Haritalama (DAH) yöntemini uygulamıştır. Mevcut durum haritasının incelenmesi sonucunda, delik delme ve kenar işleme hatlarında israf ve gereksiz hazırlık sürelerine dikkat çekilmiş ve bu hatlarda iyileştirmeler öngörülmüştür. Planlanan iyileştirmelerin ardından elde edilecek kazanç miktarı da hesaplanmıştır.

Değer akış haritalama, üretim ve servis alanında çok sayıda uygulama yeri bulmaktadır. Yapı malzemeleri üretiminde kalitenin önemi güvenlik, dayanıklılık, performans, maliyet etkinliği, müşteri memnuniyeti ve sektör imajı gibi birçok açıdan ortaya çıkmaktadır (Zhao vd., 2012). Bu çalışma, yapı malzemeleri arasında belirlenen ürün ailesi için değer akışı haritalama yönteminin uygulanmasını ve sürecin mevcut durumunun detaylı olarak incelenmesini amaçlamaktadır. Çünkü yapı malzemeleri üretiminde kalitenin önemi güvenlik, dayanıklılık, performans, maliyet etkinliği, müşteri memnuniyeti ve sektör imajı gibi birçok açıdan ortaya çıkmaktadır (Zhao vd., 2012). Değer akışı haritalaması, işletmenin üretim sürecindeki adımları ve akışı görsel olarak temsil ederek değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede işletme içindeki işleyişin daha iyi anlaşılması ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Değer akışı haritalaması, işletmenin üretim sürecindeki adımları ve akışı görsel olarak temsil ederek değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesine olanak tanır. Bu sayede işletme içindeki işleyişin daha iyi anlaşılması ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında seçilen ürün ailesi için değer akış haritalama süreci başlatılarak ve üretim sürecinin her adımı detaylı olarak incelenmesidir. Bu aşamada ürünlerin hammadde girişinden başlayarak üretim hattındaki her bir proses ve katma değerli adımları belirlemek için saha çalışmaları ve veri toplama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra işletmenin üretim sürecindeki darboğazları ve iyileştirme fırsatlarını belirlemek için mevcut durum analizi yapılarak değer akış haritası çizilmiştir. Bu adımlarda Bayes ağ yöntemi ile istatistiksel ve analitik araçlar kullanılarak işletmenin mevcut durumunun anlaşılması için olasılıksal model kurularak alternatif senaryolar üretilerek karar verme aşamasında değerlendirilmiştir.

Son aşamada ise darboğazların çözüm yöntemlerine ilişkin senaryolar oluşturularak gelecek durum haritası çizilmiştir. Bu senaryolar, darboğazları ortadan kaldırmak ve işin verimliliğini artırmak için çeşitli iyileştirme stratejilerini içermektedir. Bu stratejiler işletmenin rekabet gücünü artıracak ve müşteri memnuniyetini sağlayacak şekilde tasarlanacaktır. Sonuç olarak bu çalışma, yapı malzemeleri üretim sektöründe faaliyet gösteren firmanın üretim sürecini daha verimli hale getirmek ve rekabet avantajı sağlamak amacıyla değer akışı haritalama yöntemini kullanmayı ve iyileştirme stratejileri geliştirmeyi amaçlamaktadır.

## **1. Yöntem**

### *1.1. Değer Akış Haritalama*

Tam zamanında üretim fikri, 1950'lerde Taichi Ohno tarafından geliştirildi. Ohno, bu konsepti Amerikan süpermarketlerindeki uygulamalardan esinlenerek ortaya koymuştur. Süpermarketlerde ara aşamalar olmadığından, müşteriler doğrudan çeşitli ürünlerle karşılaşır. Bozulan veya kalitesiz ürünlerin yanı sıra aranan bir malın bulunmaması veya değiştirme ve iade gibi sorunlar doğrudan müşteriye yansır. Müşteriler rafları boşalttıkça, görevli bir kişi rafları doldurur ve satılan mal tekrar yerine konur.

Bu uygulama, stokların temel israf kaynağı olabileceği düşüncesini Ohno tarafından benimsenmesine neden oldu. "Tam zamanında" terimi, genellikle sloganlaşan tanımıyla, sadece gerekli parçaların, gerekli miktarlarda, belirlenen kalite düzeyinde, ihtiyaç duyulan zaman ve yerde üretilmesini ifade eder. Ancak, bu tanım, tam zamanında üretimin daha geniş bir anlamda "israfın önlenmesi yoluyla maliyetlerin azaltılması" olarak açıklanabileceği şeklinde de ifade edilmektedir (Yazgan vd., 1998).

Yalın üretim, yaygın olarak kullanılan bir kavram olup, kökeni Japon otomobil üreticisi Toyota'nın üretim sistemi TPS-Toyota Production System) ile ilişkilidir. Bu yönetim felsefesi, organizasyon içinde çeşitli metodolojiler kullanarak sürekli olarak israfı azaltmaya ve süreçleri iyileştirmeye odaklanır (Gürsoy, 2021).

Yalın üretim, proses aşamalarındaki gereksiz süreçlerin ortadan kaldırılmasını, iş gücünün profesyonelliğe göre ayrılmasını ve süreçlerin tüm çalışanlara yayılarak sistemi iyileştirme çabasıdır. Diğer bir tanımlamaya göre, yalın üretim; sistem giderlerinin, zamanının, kullanılan teçhizatın ve iş gücünün daha az kaynak kullanılarak, ürün ve hizmet kalitesinden ödün vermeden üretildiği ve lojistiğinin yapıldığı bir üretim biçimidir (Kahırman, 2013).

Yalın uygulamaların asıl amacı, kaliteyi arttırırken aynı zamanda verimliliği, karlılığı ve rekabet gücünü arttırmaktır. Yalın üretim, israfın önlenmesi ve ortadan kaldırılması üzerine odaklanarak akışın iyileştirilmesini hedefler. Bu süreçte müşteri açısından değer yaratan ve değer yaratmayan nedir sorularına cevap arar. Tam zamanında üretim, doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru şartlarda üretimi ifade eder. Hizmet ve ürünler, müşteri talebine göre üretilir, bu da yalın sistemin müşteri taleplerine etkin şekilde cevap verebilme yeteneği sağlar. Yalın üretime geçiş, teknik, davranışsal ve yönetsel sistemlerde eş zamanlı değişiklikleri gerektirir (Çobanoğlu, 2011).

İşletmeler, rakiplerine karşı daha güçlü bir rekabet avantajı elde etmek için müşteri beklentileriyle uyumlu bir strateji benimsemelidir. Esnek bir işletme yapısı oluşturularak müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilme kapasitesine sahip olmalıdır. Bununla

birlikte maliyetleri düşürürken kaliteyi arttırmak da önemlidir. İşletmelerin maliyetleri azaltabilmeleri için yalın olması gereklidir, yani gereksiz olan her şeyden kurtulmalıdırlar. Yalın üretimi başarıyla uygulamak, tüm organizasyonun bu felsefeyi benimsemesiyle olur (Kiriş, 2021).

Değer akış haritalama ile bir üretim sürecinde değer yaratan ve değer yaratmayan (israf) faaliyetlerini belirlemeye yönelik bir yöntemdir. Bu metodoloji, proseslerin bütünsel bir bakış açısıyla incelenerek, teker teker değil bütün olarak ele alınarak genel süreci iyileştirmeyi hedefler (Gür, 2019).

“Toyota Üretim Sistemi” tarafından, değer akış haritalama tekniği yalın sistemler oluşturmak için uygulama, planlama, geliştirme sürecinde mevcut ve gelecek durumları göstermek amacıyla kullanılmaktadır. Malzeme akışı ve bilgi akışı değer akış haritalamada kullanılmaktadır. Değer akış haritalama; müşteri talebinden sevkiyata kadar gerekli olan malzeme ve bilgi akışlarının mevcut olduğu diyagramdır (Rother ve Shook, 2019). Yalın Üretim aracı olan değer akışı haritalama ürün ailesinin seçimi, mevcut durum haritası ve gelecek durum haritası süreçlerini kapsamaktadır.

## 1.2. Malzeme ve Bilgi Akışı

Hizmet veya üretim süreçlerinin ardışık akışlarının içinde, malzeme ve bilgi akışı bir araya gelir. Her bir prosese daha sonraki adımları ileten akış, bilgi akışını temsil eder. Malzeme ve bilgi akışının her ikisinin de detaylı bir şekilde haritalanması gerekir (Rother ve Shook, 1999).

*Ürün Ailesi Seçimi:* Bir ürün ailesi, benzer süreç adımlarından geçen ve özellikle üretimin son aşamalarındaki süreçlerde ortak donanım kullanan ürünler grubunu ifade eder.

*Mevcut Durum Haritasının Çizimi:* Mevcut durum haritası, yalın üretim tekniği kullanılarak ürünle ilgili süreçlerin ilerleyişinin takip edilebildiği bir araçtır. Ürün ailesi seçildikten sonra seçilen ürün grubunun mevcut durumu detaylı bir şekilde çizilmelidir (Sedefoğlu, 2018).

Çalışmaya başlamadan önce belirli bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Saha çalışmaları gerçekleştirilerek, üretimle ilgili sürecin tüm girdi ve çıktı bilgileri, süreçlerin işeyiş süreleri, proses sıraları, talep düzeyi gibi bilgiler toplanmalı ve değer akış haritalama mantığına uygun şekilde işlenmeye hazır hale getirilmelidir. Değer akış haritalamaya başlamadan önce elde edilmesi gereken bilgiler şu şekilde sıralanabilir (Akçaoğlu, 2012).

*Çevrim Süresi (C/T):* Sürecin tamamladığı parça veya ürünün tamamlanma sıklığını ifade eder.

*Takt Zamanı (Takt time):* Müşterinin ürün talep sıklığını ifade eden bir kavramdır. Diğer bir deyişle, belirli bir satış seviyesine bağlı olarak müşteri taleplerini karşılamak için bir ürünün ne sıklıkta üretilmesi gerektiğini belirten bir ölçüdür (Kiriş, 2021)

*Katma Değer Süresi:* Müşteri tarafından karşılığında para ödeyebileceği ürünün üretimde oluşturduğu iş elemanlarının süresidir (Kiriş, 2021).

*Uptime:* Makinenin kullanım oranını ifade eder. Makinenin kullanılabilir zamanından model dönüşümü, arıza, bekleme zamanının çıkarılması ile elde edilen gerçek çalışma zamanının kullanılabilir zamana bölünmesi ile oran bulunur (Kılıç ve Berk, 2016).

*Operatör Sayısı:* İlgili istasyonda çalışan sayısıdır.

*Çalışılabilir Süre:* Bir vardiya süresinden, mola toplantı, temizlik vb. çıkarıldıktan sonra geriye kalan net çalışılabilir süredir.

*Süreçler Arası Stok Miktarı:* Stoklar arasında bekleyen yarı mamul parçalarıdır.

## 1.3. Bayes Ağları

Bayes ağları, daha önce yaşanmış olayları analiz ederek gelecekte yaşanacak olaylar üzerine çıkarım yapabilmemize olanak sağlayan; Bayes Teoremi'nin üzerine inşa edilmiş olasılık içeren ağlardır. Basitçe söylemek gerekirse bir Bayes Ağı, bir kümenin değişkenlerini ve bu değişkenler arasındaki nitel ilişkileri açıklayan bir grafik gösterimle, yine aynı değişkenler arasındaki olasılıksal ilişkileri açıklayan nicel bir yaklaşımın bir arada yer aldığı bir modeldir (Dereli, 2014). Bayes Ağı oluşturulurken şu süreçler uygulanır: Problemin belirlenmesi, değişkenlerin seçilmesi, modelin oluşturulması, verilerin değerlendirilmesi, senaryo analizlerinin yapılması, analizlerin derlenmesi ve sonuçların incelenmesidir.

Bayes ağları seçilen bir küme içerisindeki değişkenleri gösteren düğümler ve bu değişkenler arasındaki olasılık ilişkilerini gösteren oklardan oluşan yönlendirilmiş döngüsüz diyagramlardır (Akçaoğlu, 2012).

Kendilerinden ok çıkan düğümlere ebeveyn düğüm, kendisine ok gelen düğümlere çocuk düğüm ve kendisinden ok çıkan ama hiç ok gelmeyen düğümlere kök düğüm, kendisinden hiç ok çıkmayan çocuk düğümlere ise yaprak düğüm denir (Albayrak, 2019).

## 2. Uygulama

### 2.1. Ürün Ailesinin Seçimi

Ürün ailesinin seçimi yapıldıktan sonra üretim sürecinde mevcut durum tespiti yapılır. Diğer bir deyişle, değer akışının mevcut durum haritası çizilir. Mevcut durum haritası, üretim sürecindeki malzeme ve bilgi akışını görselleştirmek amacıyla, standart semboller kullanılarak çizilir. Çalışma değer akış haritalamada, firmanın mevcut verilerinin temini ile başlamıştır.

Müşteri fabrikası haritanın sağ üst köşesine ve tedarikçi fabrikası sol üst köşeye dış kaynak sembolü kullanılarak çizilmiştir. Alt kısımlarına bilgi kutuları yerleştirilmiştir. Tedarikçiden fabrikaya ve fabrikadan müşteriye sevkiyat verileri aylık, haftalık, günlük şeklinde yazılıp, kamyon simgesi kullanılmıştır.

Üreticinin üretim planlama sembolü, tedarikçi ve müşteri fabrikaları sembollerinin arasına çizilmiştir. Üretim planlamadan tedarikçiye giden satın alma ve müşteriden üretim planlamaya gelen sipariş bilgi akışları çizilip veriler girilmiştir.

Ana üretim süreçleri, process kutuları kullanılarak haritanın alt kısımlarına çizilip, altlarına bilgi kutuları yerleştirilmiştir. Bu kutulara toplanan veriler yazılmıştır ve üretim planlamadan süreçlere giden bilgi akışları çizilmiştir.

Ara stok miktarlarını göstermek için süreçler arasına üçgen simgesi çizilmiştir ve altına miktarı yazılmıştır. Daha sonra bu stok miktarı güne dönüştürülmüştür. Stok miktarının kaç güne karşılık geldiği, stok miktarının müşteri talebine bölünmesi ile elde edilir.

Bir sonraki sürecin ihtiyacının karşılanmasını göstermek için itme sembolü kullanılmıştır.

Son olarak, haritanın en alt kısmına bir zaman çizelgesi eklenerek süreç boyunca elde edilen veriler bu çizgi üzerine yazılmıştır. Daha sonra bu verilerin toplamı sağ alt köşeye yazılarak, toplam akış süresi (L/T) ve işlem süresi bulunur. Bu iki süre, ürüne değer katan ve değer katmayan faaliyetlerin süreleridir.

İşletmede üretim müşterinin talep ettiği miktara göre yapılmaktadır. İlk olarak model bazında en çok üretilen ürün seçilmiştir. Çalışmada ürün ailesi seçimi en çok üretilen ürüne göre planlanmıştır. Hata oranlarındaki prosesleri incelediğimizde de en fazla hata oranı A ürün proseslerinde olduğu için ürün ailesi olarak A ürün ailesi seçilmiştir. A ürün ailesinde aylık hata yüzdesi %24 iken, B ürün ailesinde aylık hata yüzdesi %14 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

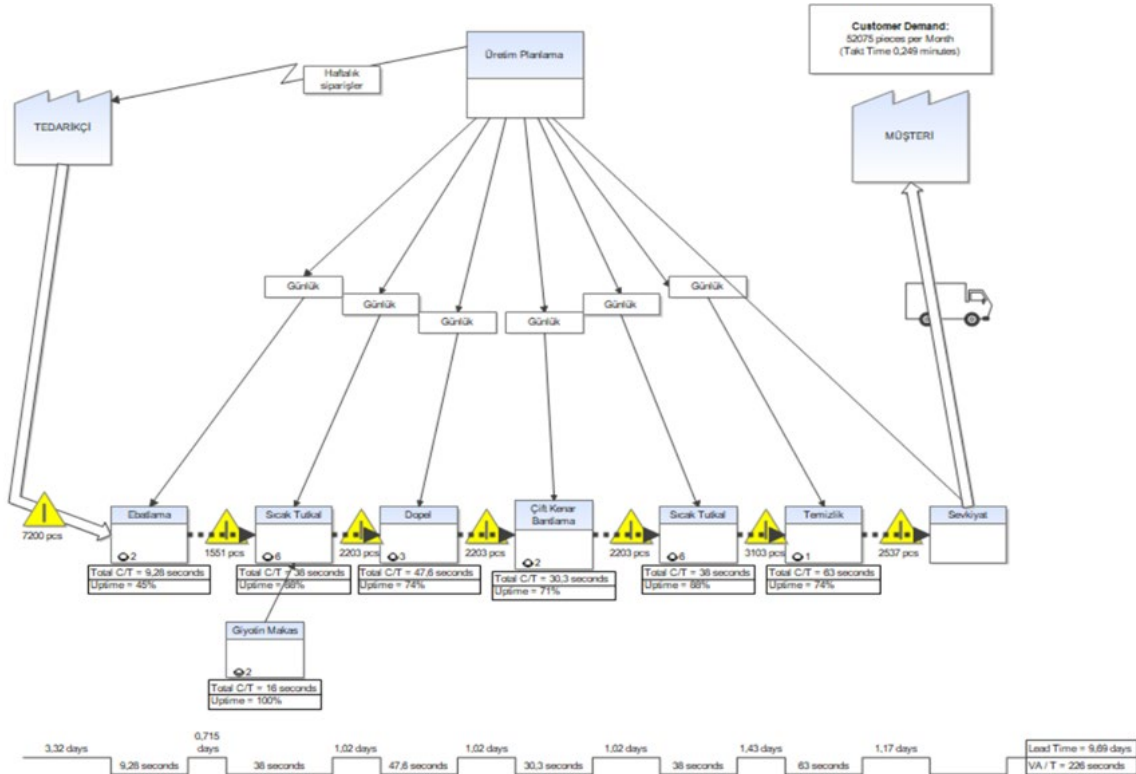
Tablo 1. Ürün Ailesi Seçimi

Ürün	A					B				
Süreç	X	Y	Z	<b>T</b>	K	L	Z	Y	M	N
Hata Oranı	351	93	2126	<b>2277</b>	1211	258	1865	56	543	973

## 2.2. Mevcut Durum Haritasının Çizimi

Ürün ailesinin seçimi yapıldıktan sonra üretim sürecinde mevcut durum tespiti yapılır. Diğer bir deyişle, değer akışının mevcut durum haritası çizilir. Mevcut durum haritası, üretim sürecindeki malzeme ve bilgi akışını görselleştirmek amacıyla, standart semboller kullanılarak çizilir. Çalışma değer akış haritalamada, firmanın mevcut verilerinin temini ile başlamıştır (Şekil 1).

Şekil 1. Mevcut Durum Haritasının Çizimi



Mevcut durum haritası çizilmiştir (Şekil 1). Çevrim süreleri incelenerek en fazla zamanın temizlik prosesinde harcandığı görülmüştür ve darboğazın temizlik prosesinde olduğu görülmüştür.

### 2.3. Bayes Uygulaması

Darboğazı çözebilmek için Bayes ile senaryolar oluşturulmuştur. Bayes uygulaması için değişkenler belirlenmiştir. Kaynak değişkenleri olarak; makine, bütçe, çalışan kişi sayısı, üretim adedi, kalite seçilmiştir. Çözüm alternatifleri değişkenleri olarak; Enerji geri dönüşüm, otomasyon, makine verimliliğinde artış, yenilenebilir enerji, eğitim, denetim seçilmiştir. Darboğaz değişkenleri; Fazla üretim, işçi yetersizliği, makine yetersizliği olarak fabrika ile görüşülüp belirlenmiştir.

Bayes analizinde önemli adımlardan biri kaynak değişkenlerinin belirlenmesidir. Bu kaynaklar, darboğazların çözümünde önemli bir rol üstlenmektedir. Literatür araştırması sonucu kaynak değişkenleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

**Makine:** Firmaların üretim süreçlerinde kullandığı tüm donanımlardır. Fabrikalar istenen ürünü üretebilmek için makineye ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden kaynak değişkeni olarak seçilmiştir (Albayrak, 2019).

**Bütçe:** Firmaların tüm harcamalarını içeren genel bütçedir. Birçok durumda verilecek kararı direkt olarak etkilemektedir. Bu yüzden kaynak değişkeni olarak seçilmiştir (Albayrak, 2019).

**Çalışan Kişi Sayısı:** Fabrikalar üretim yapabilmek ve üretimini devam ettirebilmek için birçok çalışana ihtiyaç duymaktadır. Olmazsa olmaz girdilerdendir. Bu yüzden kaynak değişkeni olarak seçilmiştir (Akçaoğlu, 2012).

**Üretim Adedi:** Firmaların üretim adedi tüketimi etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu yüzden kaynak değişkeni olarak seçilmiştir (Albayrak, 2019).

**Kalite:** Firmaların üretime başlamasından itibaren alanlarında geliştirdikleri uzmanlıkları, sahip oldukları bilgi birikimidir (Dereli, 2014).

#### 2.3.1. Çözüm Alternatifleri Değişkenleri

Bayes analizinde önemli adımlardan bir diğeri çözüm alternatifleri değişkenlerinin belirlenmesidir. Çözüm alternatifleri ile darboğazlar çözülmeye çalışılacaktır. Literatür araştırması sonucu çözüm alternatifleri şöyle belirlenmiştir.

**Enerji Geri Dönüşüm:** Fabrikaların enerji geri dönüş sistemleri kurarak oluşan atıklarla enerji elde etmesi önerilmiştir (Keskin, 2013).

**Otomasyon:** Firmaların kullandıkları makinelerden ve insan gücünden dolayı oluşan hataların önüne geçebilmek ve verimli üretim yapabilmek için çözüm alternatifi olarak önerilmiştir.

**Makine verimliliğinde Artış:** Firmaların kullandıkları makinelerin verimsiz olmaları sebebiyle, makine verimliliğinde artış yapılması önerilmiş ve bu sayede verimin artacağı öngörülmüştür.

**Yenilenebilir Enerji:** Doğada herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duyulmadan elde edilebilen enerji kaynaklarıdır. Fabrikaların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenemez enerji yerine yenilenebilir enerji kullanılması önerilmiştir.

**Eğitim:** Fabrikadaki çalışan kişilere eğitim verilmesi önerilmiş ve bu sayede verimin artacağı öngörülmüştür.

**Denetim:** Fabrikada denetim yoluyla daha etkin bir çalışma sağlanacağı düşünülmüş ve denetim yapılarak verimin artacağı öngörülmüştür (Şenol ve Akman., 2019).

#### 2.3.2. Darboğaz Değişkenleri

Fabrika ile görüşülüp darboğaz değişkenleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

**Fazla Üretim:** Firmaların Yalın Üretim'e göre çalışmasında talep edilenden fazla veya erken üretimi israftır. Stok oluşumuna neden olmaktadır.

**İşçi Yetersizliği:** Firmanın çalışmasına göre işçi yetersizliği eksikliklerdir. Üretim ve talep karşılama süresini uzatır.

**Makine Yetersizliği:** Firmanın çalışmasına göre makine yetersizliği eksikliklerdir. Üretim ve talep karşılama süresini uzatır.

Belirlenen değişkenlerin Bayes Ağ yapısına uygun bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Öncül yapısının en üst kısmında kaynaklar, orta kısımda çözüm alternatifleri, en alt kısımda ise darboğazlar yer almaktadır.

NETICA programına verileri işlemek için kaynak değişkenleri anketi, çözüm alternatif değişkenleri anketi ve darboğaz değişkenleri anketi yapılmıştır. Anketin değerlendirmesi şu şekildedir, örneğin kaynak değişkenleri anketi için çalışan kişi sayısı değişkenini ele alırsak, çalışan kişi sayısı için iki alternatif belirlenmiştir. Çalışan kişi sayısının artması ve çalışan kişi sayısının azalması durumudur. Uzmanlara çalışan kişi sayısının artma olasılığı nedir, çalışan kişi sayısının azalma olasılığı nedir diye sorulmuştur. Olasılık verileri bu şekilde çıkartılmıştır. Çözüm alternatifleri değişkenleri anketi için bütçe ve otomasyon örneği; ikiden fazla olasılık kombinasyonu mevcut olacaktır. Bütçe için artar ve azalır, otomasyon için de yap ve yapma alternatifleri mevcuttur. Darboğaz değişkenleri anketi uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Her durumda olasılıklar toplamı %100 olmalıdır.

#### 2.3.3. Mevcut Durum Senaryosu

Tüm değerlendirme işlemleri tamamlandıktan sonra NETICA'ya aktarılmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi NETICA uygulamasında mevcut durum senaryosu çalışılmıştır. Mevcut durum senaryosundan elde edilen değerleri aşağıda verilmiştir.

**Makine:** Uzmanlarla yapılan anket sonucu makinenin artma olasılığı %100 azalma olasılığı %0 olarak belirlenmiştir.

**Bütçe:** Uzmanlarla yapılan anket sonucu bütçenin artma olasılığı %70 azalma olasılığı %30 olarak belirlenmiştir.

**Çalışan Kişi Sayısı:** Uzmanlarla yapılan anket sonucu çalışan kişi sayısı artma olasılığı %55 azalma olasılığı ise %45 olarak belirlenmiştir.

**Üretim Adedi:** Uzmanlarla yapılan anket sonucu üretim adedinin artma olasılığı %100 azalma olasılığı %0 olarak belirlenmiştir.

**Kalite:** Uzmanlarla yapılan anket sonucu kalite artma olasılığı %40 azalma olasılığı %60 olarak belirlenmiştir. Kalite azalma olasılığı, artma olasılığından yüksek çıkmıştır.

**Enerji Geri Dönüşümü:** Enerji geri dönüşümü yapılma olasılığı %59, yapılmama olasılığı %41 çıkmıştır. Enerji geri dönüşümü yapılma olasılığı yüksek çıkmıştır.

**Otomasyon:** Otomasyon yapılma olasılığı %75,2, yapılmaması olasılığı %24,8 olarak belirlenmiştir. Otomasyon yapılma olasılığı yüksek çıkmıştır.

**Makine Verim Artış:** Makine verim artış yapılma olasılığı %51,6, yapılmaması olasılığı %48,4 olarak belirlenmiştir. Makine verim artış yapılma olasılığı yüksek çıkmıştır.

**Yenilenebilir Enerji:** Yenilenebilir enerji kullanımı yapılma olasılığı %55,7, yapılmama olasılığı %44,3 olarak belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımı yapılması olasılığı yüksek çıkmıştır.

**Eğitim:** Eğitim yapılması olasılığı %56,3, yapılmaması olasılığı %43,7 olarak belirlenmiştir. Eğitim verilmesi olasılığı yüksek çıkmıştır.

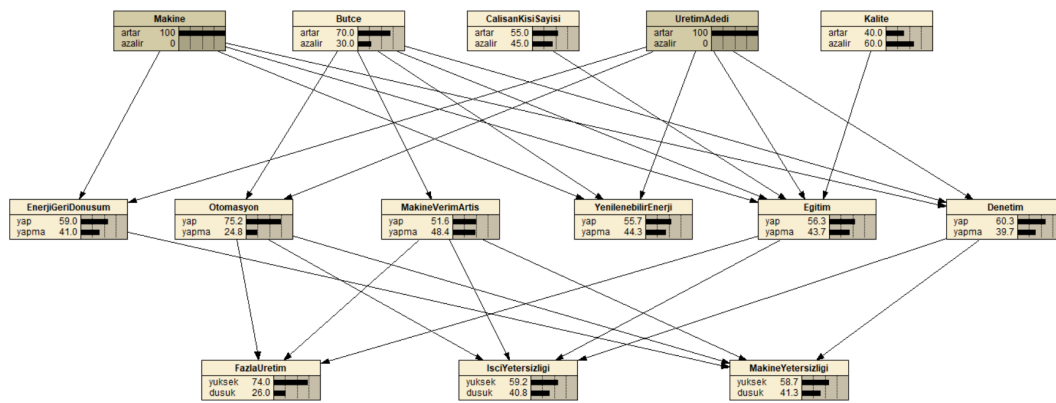
**Denetim:** Denetim yapılması olasılığı %60,3, yapılmaması olasılığı %39,7 olarak belirlenmiştir. Denetim yapılma olasılığı yüksek çıkmıştır.

**Fazla Üretim:** Fazla üretim sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %74, düşük olasılık %26 olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda sorunun çözülme olasılığı yüksek çıkmıştır.

**İşçi Yetersizliği:** İşçi yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %59,2, düşük olasılık %40,8 olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda sorunun çözülme olasılığı yüksek çıkmıştır.

**Makine Yetersizliği:** Makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %58,7, düşük olasılık %41,3 olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda sorunun çözülme olasılığı yüksek çıkmıştır.

Şekil 2. Mevcut Durum NETICA modeli



### 2.3.4. En İyi Durum Senaryosu

Bu senaryoda kaynaklar için en iyi durum senaryosu yapılmıştır. Şekil 3'te görüldüğü gibi tüm kaynak değişkenlerinin artar olasılıkları %100 olarak alınmıştır. En iyi durum senaryosunda elde edilen değerlerin açıklaması aşağıdaki gibidir.

**Enerji Geri Dönüşümü:** Mevcut durumda enerji geri dönüşümü yapılma olasılığı %59, yapılmama olasılığı %41 olarak belirlenmiştir. En iyi durum senaryosunda enerji geri dönüşümü yapılma olasılığı %59, yapılmama olasılığı %41 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla enerji geri dönüşüm yapılma ihtimalinin değişmediği görülmüştür.

**Otomasyon:** Mevcut durumda otomasyon yapılma olasılığı %75,2, yapılmama olasılığı %24,8 olarak belirlenmiştir. En iyi durum senaryosunda otomasyon yapılma olasılığı %85, yapılmama olasılığı %15 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla otomasyon yapılma ihtimalinin de arttığı görülmüştür.



**Makine Verim Artış:** Mevcut durumda makine verim artış yapılma olasılığı %51,6, yapılmama olasılığı %48,4 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda makine veriminde artış yapılma olasılığı %66, yapılmama olasılığı %34 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla makine veriminde artış yapılma ihtimalinin de arttığı görülmüştür.

**Yenilenebilir Enerji:** Mevcut durum senaryosunda yenilenebilir enerji kullanımı yapılma olasılığı %55,7, yapılmama olasılığı %44,3 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda yenilenebilir enerji kullanımı yapılma olasılığı %61,3, yapılmama olasılığı %38,7 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla yenilenebilir enerji kullanımı ihtimalinin de arttığı görülmüştür.

**Eğitim:** Mevcut durum senaryosunda eğitim yapılması olasılığı %56,3, yapılmama olasılığı %43,7 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda eğitim yapılması olasılığı %69, yapılmaması olasılığı %31 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla eğitim verilmesi ihtimalinin de arttığı görülmüştür.

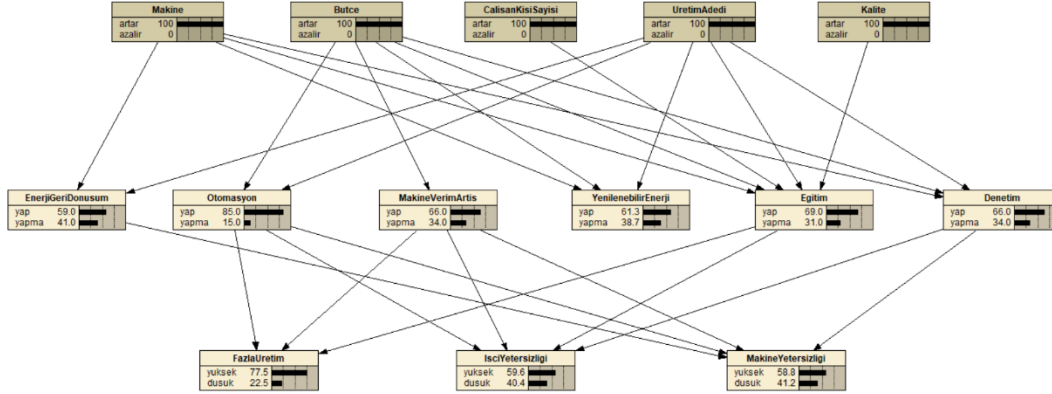
**Denetim:** Mevcut durum senaryosunda denetim yapılması olasılığı %60,3, yapılmaması olasılığı %39,7 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda denetim yapılması olasılığı %66, yapılmaması olasılığı %34 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla denetim yapılması ihtimalinin de arttığı görülmüştür.

**Fazla Üretim:** Mevcut durumda fazla üretim sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %74, düşük olasılık %26 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda fazla üretim sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %77,5, düşük olasılık %22,5 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla fazla üretim sorununun çözülme ihtimalinin yükseldiği görülmüştür.

**İşçi Yetersizliği:** Mevcut durumda işçi yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %59,2, düşük olasılık %40,8 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda işçi yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %59,6, düşük olasılık %40,4 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla işçi yetersizliği sorununun çözülme olasılığının yükseldiği görülmüştür.

**Makine Yetersizliği:** Mevcut durumda makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %58,7, düşük olasılık %41,3 olarak belirlenmişti. En iyi durum senaryosunda makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %58,8, düşük olasılık %41,2 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının artmasıyla makine yetersizliği sorununun çözülme olasılığının az miktarda yükseldiği görülmüştür.

Şekil 3. En İyi Durum NETICA Modeli



### 2.3.5. En Kötü Durum Senaryosu

Bu senaryoda kaynaklar için en kötü durum senaryosu yapılmıştır. Şekil 4'te görüldüğü gibi tüm kaynak değişkenlerinin azalır olasılıkları %100 olarak alınmıştır.

En kötü durum senaryosunda elde edilen değerlerin açıklaması aşağıdaki gibidir.

**Enerji Geri Dönüşümü:** Mevcut durumda enerji geri dönüşümü yapılma olasılığı %59, yapılmama olasılığı %41 olarak belirlenmişti. En kötü durum senaryosunda enerji geri dönüşümü yapılma olasılığı %51, yapılmama olasılığı %49 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla enerji geri dönüşümü yapılma ihtimalinin azalacağı görülmüştür.

**Otomasyon:** Mevcut durumda otomasyon yapılma olasılığı %75,2, yapılmama olasılığı %24,8 olarak belirlenmişti. En kötü durum senaryosunda otomasyon yapılma olasılığı %10, yapılmama olasılığı %90 olarak belirleneceği öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla otomasyon yapılma ihtimalinin de azalacağı görülmüştür.

**Makine Verim Artış:** Mevcut durumda makine verim artış yapılma olasılığı %51,6, yapılmama olasılığı %48,4 olarak belirlenmişti. En kötü durum senaryosunda makine verim artışı yapılma olasılığı %18, yapılmama olasılığı %82 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla makine verim artışı yapılma ihtimalinin de azalacağı görülmüştür.

**Yenilenebilir Enerji:** Mevcut durumda yenilenebilir enerji kullanımı yapılmama olasılığı %55,7, yapılma olasılığı %48,4 olarak belirlenmiştir. En kötü durum senaryosunda yenilenebilir enerji kullanımı yapılmama olasılığı %42,7, yapılma olasılığı %57,3 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla yenilenebilir enerji kullanımı yapılmama ihtimalinin de azalacağı görülmüştür.

**Eğitim:** Mevcut durumda eğitim yapılması olasılığı %56,3, yapılmaması olasılığı %43,7 olarak belirlenmiştir. En kötü durum senaryosunda eğitim yapılması olasılığı %16,8, yapılmaması olasılığı %83,2 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla eğitim yapılma ihtimalinin de azalacağı görülmüştür.

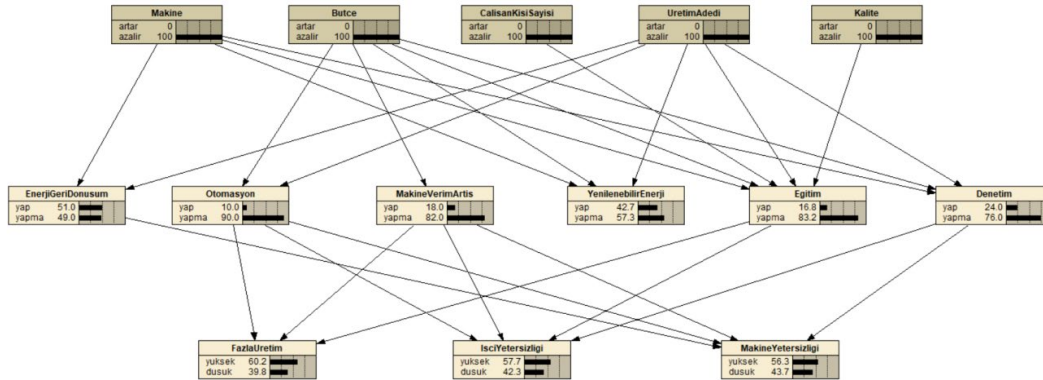
**Denetim:** Mevcut durumda denetim yapılması olasılığı %60,3, yapılmaması olasılığı %39,7 olarak belirlenmiştir. En kötü durum senaryosunda denetim yapılması olasılığı %24, yapılmaması olasılığı %76 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla denetim yapılma ihtimalinin de azalacağı görülmektedir.

**Fazla Üretim:** Mevcut durumda fazla üretim sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %74, düşük olasılık %26 olarak belirlenmiştir. En kötü durum senaryosunda fazla üretim sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %60,2, düşük olasılık %39,8 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla fazla üretim sorununun çözülme ihtimalinin düştüğü görülmektedir.

**İşçi Yetersizliği:** Mevcut durumda işçi yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %59,2, düşük olasılık %40,8 olarak belirlenmiştir. En kötü durum senaryosunda işçi yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %57,7, düşük olasılık %42,3 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla işçi yetersizliği sorununun çözülme ihtimalinin biraz düştüğü görülmektedir.

**Makine Yetersizliği:** Mevcut durumda makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %58,7, düşük olasılık %41,3 olarak belirlenmiştir. En kötü durum senaryosunda makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılık %56,3, düşük olasılık %43,7 olarak öngörülmüştür. Kaynak olasılıklarının azalmasıyla makine yetersizliği sorununun çözülme ihtimalinin biraz düştüğü görülmektedir.

Şekil 4. En Kötü Durum Senaryosu



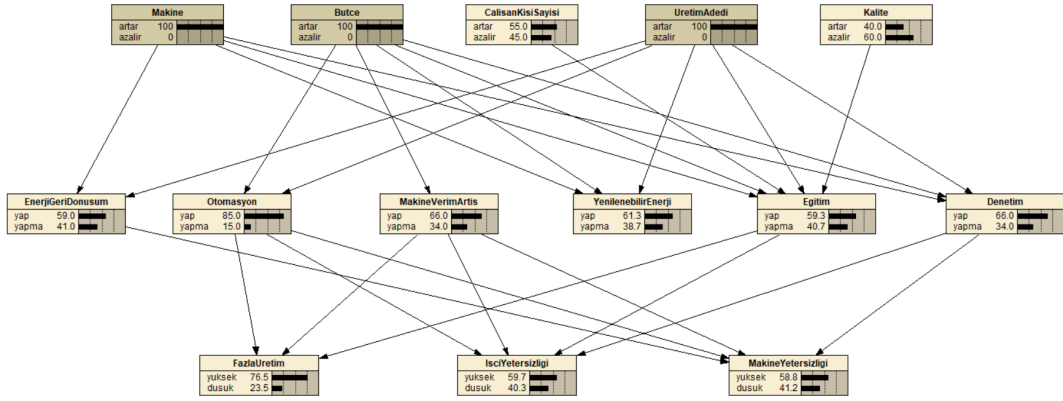
## 2.4. Duyarlılık Analizleri

Bu bölümde belirli parametrelerin etkisini gözlemlemek amacıyla duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Duyarlılığı etkileyen faktörlerde en çok bütçe ve eğitimin etkili olduğu düşünüldüğü için bu değişkenler seçilmiştir. Duyarlılık analizinde seçilen değişkenin değerleri değiştirilirken, diğer değişkenlerin değerleri mevcut değerleri olarak sabit kalmaktadır.

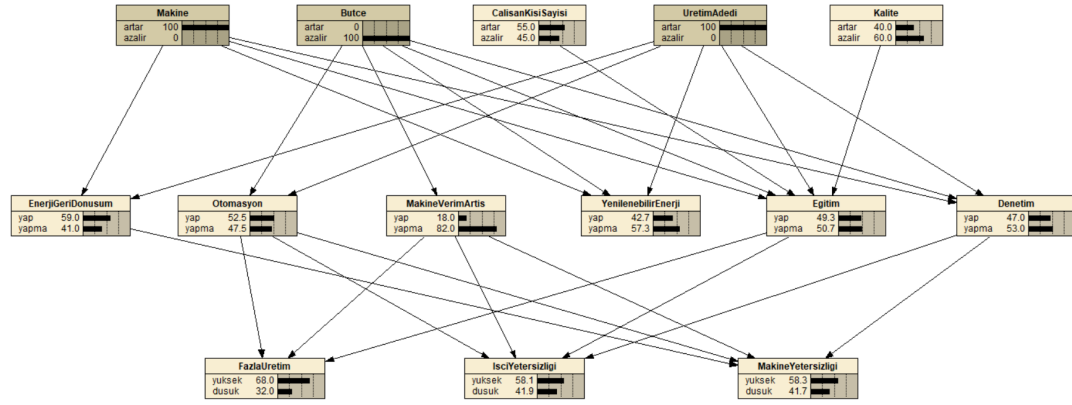
### 2.4.1. Bütçe Duyarlılık Analizi

Bütçe duyarlılık analizi kapsamında, bütçenin iki farklı durumu için analiz gerçekleştirilmiştir. İşletmenin çalışmanın sonunda iyileştirme alternatifleri içinden karar vermelerine yol gösterici olması adına, Bayes modelinde ikili durumlar kullanılmıştır. İlk durumda bütçenin artma olasılığı %100 olarak kabul edilmiş ve diğer tüm değişkenlerin mevcut durumdaki değerleri kullanılmıştır (Şekil 5). Diğer durumda ise bütçe azalır olasılığı %100 olarak kabul edilmiş ve diğer tüm değişkenlerin mevcut durumdaki değerleri kullanılmıştır (Şekil 6).

Şekil 5. Bütçe Artar Durumu İçin NETICA Modeli



Şekil 6. Bütçe Azalır Durumu İçin NETICA Modeli

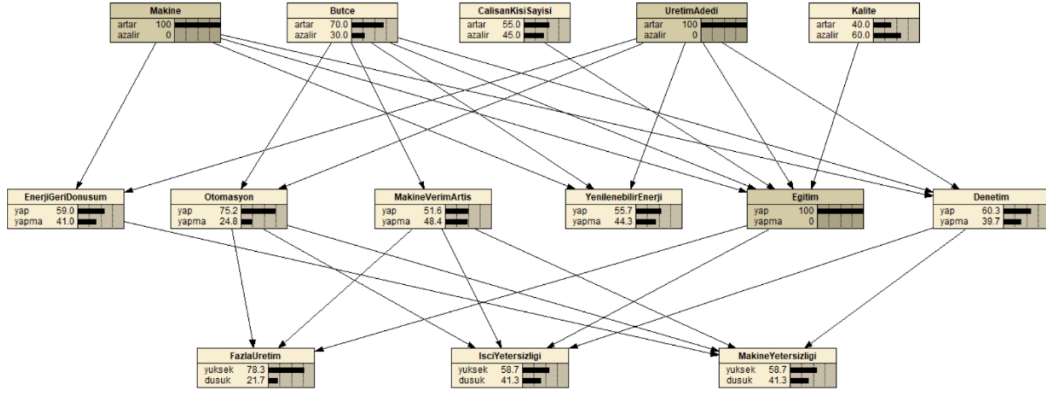


Bütçe duyarlılık analizi sonuçlarına göre, bazı değişkenlerin değişimleri; bütçe artış durumunda otomasyon yap olasılığı mevcut durumda %75,2'ken %85'e yükselmiş, bütçe azalır durumda otomasyon yap olasılığı mevcut durumda %75,2'ken %52,5'e düşmüştür. Bütçe artar durumunda makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılığı mevcut durumda %58,7'ken, 58,8'e yükselmiş, bütçe azalır durumunda makine yetersizliği sorununun çözülmesi için yüksek olasılığı mevcut durumda %58,7'ken %58,3'e düşmüştür.

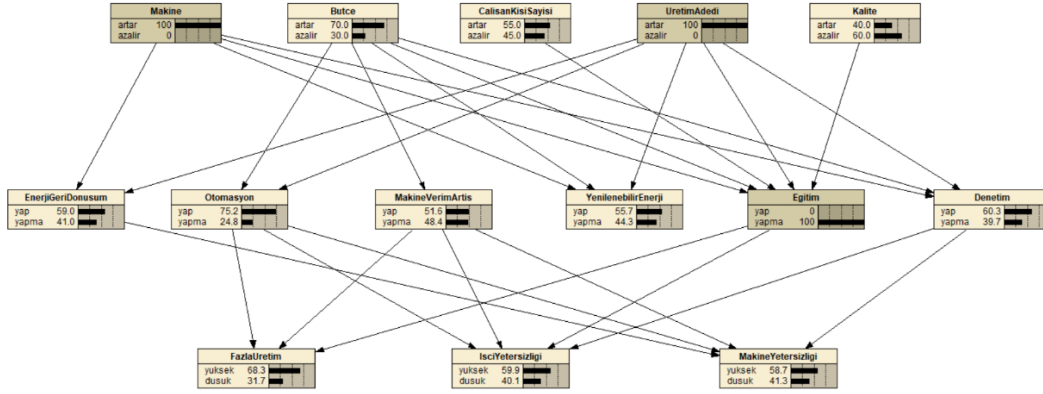
#### 2.4.2. Eğitim Duyarlılık Analizi

Eğitim duyarlılık analizi kapsamında, eğitimin iki farklı durumu için analiz gerçekleştirilmiştir. İşletmenin çalışmanın sonunda iyileştirme alternatifleri içinden karar vermelerine yol gösterici olması adına, Bayes modelinde ikili durumlar kullanılmıştır. İlk durumda eğitim yap olasılığı %100 olarak alınmış ve diğer tüm değişkenler mevcut durumdaki değerleriyle kalmıştır (Şekil 7). Diğer durumda ise eğitim yapma olasılığı %100 olarak alınmış ve diğer tüm değişkenler mevcut durumdaki değerleriyle kalmıştır (Şekil 8).

Şekil 7. Eğitim Yapı Durumu İçin NETICA Modeli



Şekil 8. Eğitim Yapma Durumu İçin NETICA Modeli



Eğitim duyarlılık analizi sonuçlarına göre, bazı değişkenlerin değişimleri; eğitim yapılması durumunda fazla üretim olma olasılığı mevcut durumda %74'ken, %78,3'e yükselmiştir. Eğitim yapılması durumunda işçi yetersizliği olma olasılığı mevcut durumda %59,2'ken, %59,9'a yükselmiştir.

## Sonuç ve Öneriler

Yalın üretim prensipleri uygulanmaya çalışan yapı malzemeleri firmasında Değer Akış Haritalama yöntemi ve Bayes ağı uygulanarak gerçekleştirilen bir çalışmadır. Bayes yöntemi, daha önceden bilinen bilgiyi güncelleyerek, yeni verilerle birlikte daha iyi tahminler yapmayı sağlamak amacı ile olasılıksal tabanlı modelleme ile veri analizi yaparak karar vermeye destekleyici olarak kullanılmıştır.

Yapı malzemeleri firmasında Yalın Üretim prensiplerini uygulama amacıyla yapılan çalışma, Değer Akış Haritalama ve Bayes ağ yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, mevcut durumu detaylı şekilde göstermek, israf noktalarını belirlemek ve bu darboğazları çözmek için senaryolar üretmektir. Değer akış haritalama yöntemi, mevcut durumda israfları gösterir. Firma bünyesinde ürün ailesi seçimi için üretim hacmi olarak yüksek olan ürün seçilmiştir. Firmanın üretim hattını anlayabilmek için üretim iş akış şeması çıkarılmıştır.

Çalışmada, üretim hacmi yüksek olan bir ürün seçilmiş ve üretim iş akış şeması çıkarılmıştır. Mevcut durum haritası, tüm süreçlerin gözlemlenmesi sonrasında çizilmiş ve temizlik hattı, indirme-bekleme, sevkiyat öncesi stok gibi israf kaynakları belirlenmiştir.

Temizlik hattı için önerilen iyileştirmelerde işçi yetersizliği, makine yetersizliği ve fazla üretim sorunları ele alınmıştır. Çözüm alternatifleri arasında otomasyon, makine veriminde artış, yenilenebilir enerji kullanımı, enerji geri dönüşümü, eğitim ve denetim bulunmaktadır.

Çözüm alternatiflerini uygulayabilmek için makine, bütçe, çalışan sayısı, üretim adedi ve kalite gibi kaynak değişkenleri belirlenmiştir. Bu kaynaklar, uzmanların değerlendirmeleri ve duyarlılık analizleri ile belirlenmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre, çözüm alternatiflerinin tamamının %55 üzerinde çıktığı görülmektedir. En iyi çözüm alternatifinin %75,2 ile otomasyon olduğu belirlenmiştir. Çözüm beklentisi en yüksek olan darboğaz olasılığı %74 ile fazla üretim, %59,2 ile ikinci sırada işçi yetersizliği, %58,7 ile en düşük olan darboğaz ise makine yetersizliği olarak belirlenmiştir.

Firmanın operasyonel süreçlerinin daha detaylı geliştirilmesi için çeşitli öneriler sunulmuştur.

İleriki çalışmalarda, değer veri haritalama yöntemi kullanılarak şirketlerin detayları daha detaylı analiz edilerek diğer kapsamlar belirlenebilir. Bu yöntem, işlemlerdeki israfın azaltılması, cironun artırılması ve teslimat sürelerinin uzatılması için etkili bir araçtır.

Mevcut firmalar hakkında daha detaylı bilgi edinmek için benzetim uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalar sistemin mevcut sonuçlarının modellenmesine ve performans darboğazlarının ve dezavantajlarının belirlenmesine yardımcı olabilir. Bu sayede destek çalışmaları daha odaklı ve etkili bir şekilde yönlendirilebilir.

Bayes ağ yapısındaki çözüm alternatiflerinin sayısı arttırılabilir. Bu, daha fazla seçeneğin önünü açar ve firmanın karşılaştığı karmaşık sorunları çözmek için daha kapsamlı bir analiz sağlar. Bu sayede en uygun çözüm stratejisinin belirlenerek daha etkin hale getirilmesi mümkün olmaktadır.

Değişkenler için daha fazla uzman yorumu alınabilir. Şirketin değişim süreçlerinin belirlenmesi için alınacak kararlarda farklı departmanların görüşlerinin kayıt altına alınması önemlidir. Bu, daha kapsamlı bir analiz yapılmasına ve daha etkili çözümlerin belirlenmesine yardımcı olabilir.

Firmada uzun vadede planlama yapıp oluşabilecek hatalar minimize edilebilir. Bu amaç doğrultusunda uygulanabilecek öneriler:

Özellikle teknolojik çözümler (otomasyon sistemleri) ile işçilerin entegrasyonunu kolaylaştıracak eğitimler sunulabilir.

Veri analitiği ile otomasyon ile üretim sürecinde oluşan verileri analiz ederek, otomasyona uygun noktaların hangileri olduğunu belirlemek amacı ile yapay zekâ algoritmaları kullanılabilir.

## Ek Bilgiler/Yazar Beyanları

<b>Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı</b>	Çalışma, etik kurul onayı gerektirmemektedir.
<b>Çıkar Çatışması</b>	Yazar(lar) açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.
<b>Teşekkür veya Destek Beyanı</b>	Makale çalışması sırasında veri sağlanması açısından yardımcı olan Ali Murat Sürücü özelinde UNİGEN Yapı Malzemeleri A. Ş.'ye teşekkür ederiz. 1139B412301764 numaralı projeye 2209-B - Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı ile desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.
<b>Yazar Katkıları</b>	Yazar 1'in makaleye katkısı %50; Yazar 2'nin makaleye katkısı %50'dir.

## Kaynakça

- Akçaoğlu, Ö. (2012). *Değer akış haritalarında belirlenen darboğazların çözümü için Bayes ağları ile senaryo üretimi: Çamaşır makinası fabrikasında bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Albayrak, K. O. (2019). *Enerji verimliliğinde yalın yöntemlerin uygulanması: Soğutucu fabrikasında bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Birgün, S., Gülen, K. G., & Özkan, K. (2006). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: İmalat sektöründe bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 47-59.
- Bulut, K., & Altunay, H. (2016). Değer akışı haritalandırma yöntemi: mobilya sektöründe bir uygulama. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 8(1), 48-55.
- Çobanoğlu, S. (2011). *Yalın üretim sisteminin otomotiv sektöründe uygulaması* [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Dereli, A. (2014). *Tedarik riskleri altında tedarikçi seçiminin Bayes ağlarıyla modellenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ghoshal, S. (1987). Global strategy: An organizing framework. *Strategic Management Journal*, 8(5), 425-440. <https://doi.org/10.1002/smj.4250080503>
- Gür, T. (2019). *Atölye tipi üretim sistemlerinin toplam ekipman etkinliği, değer akış haritalama ve matematik programlama modeli kullanılarak çözümlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi.
- Gürsoy, Ö. (2021). Yalın üretim sisteminde dijitalleşme ve endüstri 4.0 uygulamaları ile süreç iyileştirme analizi: bir imalat işletmesinde uygulama [Doktora Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Kahrıman, M. (2013). *Otomotiv endüstrisinde simülasyon bütünlüklük değer akış haritalama uygulaması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Keskin, C. (2013). *Endüstriyel enerji verimliliği çalışmalarında değer akış haritalarının kullanımı* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Kılıç, A., & Ayvaz, B. (2016). Türkiye otomotiv yan sanayinde yalın üretim uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15(29)*, 29-60.
- Kiriş, M. (2021). *Değer akış haritalama ve bir üretim işletmesinde uygulanması* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Sarı, E. B. (2018). Üretim hattı tasarımında değer akış haritalama tekniğinin kullanılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (56)*, 67-81.
- Sevgili, A., & Antmen, Z. F. (2019). Yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalandırmanın bir metal işleme fabrikasında süreç iyileştirme amacıyla uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (16)*, 219-228. <https://doi.org/10.31590/ejosat.555940>
- Şenol, L., & Akman, G. (2019). İmalat işletmelerinde enerji verimliliğinin yapısal eşitlik modeli ile incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7(2)*, 205-215. <https://doi.org/10.18506/anemon.419560>
- Thakur, D. R., & Singh, Y. (2011). Customer focus in new business culture. *International Journal of Management Prudence, 3(1)*, 118.
- Yazgan, H. R., Sarı, Ö., & Seri, V. (1998). Toyota üretim sisteminin özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(2)*, 129-134.
- Zhao, Z. Y., Zhao, X. J., Davidson, K., & Zuo, J. (2012). A corporate social responsibility indicator system for construction enterprises. *Journal of Cleaner Production, 29*, 277-289. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.036>