

**YÖNEYLEMLE İLERİ İMALAT TEKNOLOJİLERİ EDİNİMİ METODOLOJİSİNİN  
BİRLEŞTİRİLMESİYLE ÜRETİM VE DEPOLAMA HATTININ DENGELENMESİ:  
METAL MUTFAK EŞYA ÜRETİMİ YAPAN BİR İŞLETMEDE ALAN ÇALIŞMASI**  
*Stabilization of Production And Storage Route by Joining Advanced Manufacturing  
Technologies Acquisiton Methodologies And Operational Rsearch: Field Work of A Firm  
Which Manufactures Metal Kitchen Equipment*

Yrd. Doç. Dr. Arif Selim EREN  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü  
arifselimeren@hotmail.com  
Dr. Mehmet Said GÜN  
MSG Mühendislik, mehmetsaidgun@yahoo.com

Eren, A.S. & Gün, M. S. (2017), Yöneylemle İleri İmalat Teknolojileri Edinimi Metodolojisinin Birleştirilmesiyle Üretim Ve Depolama Hattının Dengelenmesi: Metal Mutfak Eşya Üretimi Yapan Bir İşletmede Alan Çalışması, International Journal of Academic Value Studies, Vol: 3, Issue:9; pp:247-257 (ISSN:2149-8598)

**ARTICLE INFO**

**ÖZ**

**Article History**

Makale Geliş Tarihi  
Article Arrival Date  
14/03/2017  
Makale Yayınlanma Tarihi  
The Published Date  
31/03/2017

**Anahtar Kelimeler**

Yöneylem, İleri İmalat  
Teknolojisi Edinimi,  
Konveyör Bant

**Keywords**

Operations Research,  
Advanced Manufacturing  
Technology Acquisition,  
Conveyor Belt

**JEL Kodları:** L60, M11

Küreselleşme ile birlikte işletmeler üretim süreçlerini sürekli gözlem altında bulundurmaya başlamıştır (Luo vd., 2015: 196). Bu çabaların neticesinde, ortaya çıkan aylak zamanlar ile atıl durumda olan kapasitenin üretime kazandırılması mümkün olmaktadır (Muralidharan vd., 2014: 274). Bu çalışma metal mutfak eşyası üretimi yapan bir işletmenin yöneylem ve ileri imalat teknolojisi edinimi metodolojisinden faydalanılarak üretim ve depolama hattının dengelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle yazın detaylı bir şekilde taranmıştır (Liu vd., 2016: 307). Önceki çalışmalar konu, kapsam, yöntem ve bulgular bakımından incelenmiştir. Buradan elde edilen veriler ışığında işletmenin üretim ve depolama hattında iş analizi gerçekleştirilmiştir (Molnar vd., 2016: 21). Analiz sonuçları işletmenin itme-çekme bakımından büyük sıkıntılar yaşamakta olduğunu göstermiştir. Geliştirilen matematiksel modelleme ile işletmenin mevcut makine altyapısının dengelenmesi sağlanmıştır (Zeng vd., 2015: 232). Bunun yanında edinilen konveyör bant sistemi ile işletme içindeki akış hızlandırılmıştır. Ayrıca süreçler arasındaki karmaşa giderilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile işletmenin verimlilik bakımından önemli iyileştirmeler gerçekleştirdiği görülmüştür. Akademi ile sanayinin eşgüdüm içinde çalışmasının önemli sonuçlar doğurabileceğini gösteren bu çalışmanın hem akademisyenlere hem de uygulayıcılara fayda sağlaması ümit edilmektedir.

**ABSTRACT**

Along with globalization, businesses are required to keep under constant observation of their production processes (Luo et.al., 2015: 196). As a result of these efforts, idle time and idle production capacity can be used by gaining them into production (Mudalidharan et.al., 2014: 274). This study is carried out in order to balance the production and storage lines of a metal household items manufacturing firm by using operations research and advanced manufacturing technology acquisition methodology. With this aim the literature is reviewed in detail (Liu et.al., 2016: 307). Previous studies are examined in terms of topic, scope, methods and findings. In the light of these findings, a job analysis is conducted in production and storage lines of the firm (Molnar et al., 2016: 21). The results of the analysis revealed that the enterprise faces a great deal of problems in terms of push-pull operations. By the use of a derived mathematical modelling, the machine infrastructure of the enterprise is balanced (Zeng et al., 2015: 232). Besides these, acquisition of a conveyor belt accelerated the flow of business. Also, complexity of the processes has been corrected. The results depicted that significant improvements are achieved in terms of efficiency. It also demonstrates the coordination of the academy with the industry can create significant implications for both academicians and practitioners.

## 1. GİRİŞ

Küreselleşen dünya ekonomisi işletme süreçlerinin sürekli olarak gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir (Luo vd., 202). Bu durum küresel bağlamda gerçekleşen rekabet koşullarının ağırlığından kaynaklanmaktadır (Ngai vd., 2008: 640). Bu nedenle işletmelerin rekabette kendilerini öne çıkaracak yollar aramaları gerekmektedir (Cordero & Pugnali, 2015: 290).

Buradan yola çıkarak metal mutfak eşyaları üreten bir işletmeden gelen talep değerlendirilerek üretim süreçlerinin nitel ve nicel bakımlardan incelenmesi sağlanmıştır. Yapılan bu analiz neticesinde işletmeye bazı önerilerde bulunulmuştur. Önerilerden işletmenin mali ve idari kabiliyetleri de göz önünde bulundurularak uygun bulunanları uygulanmıştır.

Bu önerilerin uygulanması ile işletmenin fabrika organizasyonundaki karmaşa engellenmiştir (Zeng vd., 2015: 241). Bununla birlikte konveyör bant sisteminin edinimi gerçekleştirilmiş ve işgücüne olan ihtiyaç düşürülmüştür (Selver vd., 2011: 169). Kimi istasyonlardaki darboğazlar vardiya sürelerinin değiştirilmesi ile aşılmış ve atıl durumdaki kapasite üretime dahil edilmiştir (Liu vd., 2016: 307). İtme-çekme bakımından işletmenin dengelenmemiş durumda bulunan hatlarının dengelenmesi sağlanmıştır (Ngai vd., 641).

Elde edilen sonuçlar bakımından değerlendirildiğinde işletmeye kaynaklarını verimli bir şekilde kullanabilmek adına pek çok katkı sağlandığı gözlenmiştir. Ayrıca işletmelerin üniversitelerle etkileşim halinde olmalarının olumlu sonuçlar doğurabileceğinin gösterilmesi açısından da ümit verici sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak mevcut çalışmanın akademisyenlere araştırma metodolojisi bakımından, işletme yöneticilerine üniversitelerle etkileşimin kendileri için olumlu sonuçlar doğuracağını gösterilmesi açısından fayda sağlaması ümit edilmektedir.

## 2. YAZIN TARAMASI

Konveyör bantlarının üretim sistemlerine dâhil edilmesi ile ilgili pek çok teknik çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar konu, yöntem, bağlam ve bulgular bakımından taranmış ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

Köse vd., (2012: 15) otomatik konumlanabilen konveyör sistemi geliştirilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Kamyon kasasından yere, yerden kamyon kasasına ve yatay bağlamda düz olarak taşıma yapabilen bir sistemin geliştirilmesi anlatılmaktadır. PLC kontrollü olarak gerçekleştirilen modelde kapasitif sensörlerin kullanıldığı görülmektedir. Sistemin dikey hareket edebilmesi için iki adet asenkron motor kullanılmıştır. Yatay hareket için ise bu motorlardan bir tane kullanılmıştır. Sistemin başarı ile çalıştığı rapor edilmektedir. Bu çalışmadan konveyör bantların çalışma prensipleri ve gereksinimlerinin belirlenmesi bakımından mevcut çalışmada yararlanılmıştır. Özdemir (2007: 49), Cengiz (2012: 1) ve Yıldırım (1991: 27) da konveyör bantlarının sistematığı üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalardan da konveyör bantlarının çalışma prensipleri ve gereksinimlerinin belirlenmesinde faydalanılmıştır. Selver vd. (2011: 164) de benzer bir çalışma yürütmüştür. Bu ekibin tasarlamış olduğu konveyör sistemi grafik işleme ile sınıflandırma kabiliyetine sahip olarak geliştirilmiştir. Mevcut çalışmanın gerçekleştirilmiş olduğu işletme farklı ebatlarda üretim kabiliyetine sahip olduğu için bunların stoklanması ve markalanması aşamalarında imaj proseslerinden faydalanılması bakımından bu çalışmanın bulguları da kullanılmıştır.

Roumpos vd. (2014: 19) ise madencilik bağlamında konveyör bant sisteminin optimal konumlandırması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Hem jeolojik hem de stokastik unsurların göz önünde bulundurulması ile sistemin optimal lokasyonunun neresi olması

gerektiği hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu çalışmadan edinimi planlanan konveyör sisteminin konumlandırılmasında dikkat edilecek hususlar bakımından faydalanılmıştır.

Cordero & Pugnali, (2015: 290) akış tipi üretim gerçekleştirilen durumlarda konveyör bantlarından akışın dinamik olarak geçişinin incelendiği bir çalışma gerçekleştirmiştir. Artan yüke bağlı olarak gelişen sürtünmenin incelendiği ve güç gereksiniminin belirlendiği çalışmadan edinimi düşünülen konveyör bandın büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır. Buna benzer bir değerlendirme Grincova vd. (2015: 184) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışma artan yüke bağlı olarak destek sistemlerine binen yükün büyüklüğünü araştırmıştır. Bu çalışma da sistemin büyüklüğünün belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken hususların belirlenmesi için kullanılmıştır. Liu vd. (2016:307) ise konveyör bantları bağlamında sistemin üzerindeki basıncın dengelenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmadan sistemin hareketi sağlayan parçalarının lokasyonlarının belirlenmesi ve basıncın dengelenmesi metodolojisi bakımından faydalanılmıştır. Molnar vd. (2016: 21) de benzer bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada yükün konveyör bandın çalışma dinamiklerine etkileri incelenmiştir.

Muralidharan vd. (2014: 274) ise konveyör bant sisteminin gözlenmesini sağlayacak istatistiki karar alma süreçlerini inceleyen bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmadan edinimi düşünülen sistemin kontrolü ile ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar bakımından faydalanılmıştır. Zeng vd. (2015: 230) de buna benzer bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada sistemin kontrolü ile enerji verimliliği ile ilgili hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Bu araştırmanın bulguları da edinimi planlanan sistemin kontrol parametrelerinin belirlenmesi aşamasında kullanılmıştır. Bu bantların enerji verimlilikleri üzerine Luo vd. (2015: 196) 'nin de bir çalışması olduğu görülmektedir. Geliştirilen kontrol sistemi ile bantların yükün optimal düzeye olduğu zaman çalıştırılması prensibi benimsenmiştir. Bu çalışmanın metodolojisi, mevcut çalışmanın verimliliğin artırılmasına yönelik tedbirler geliştirilmesinde kullanılması sağlanmıştır. Konveyör bantlarının optimal kontrolü üzerine Zhang & Zia (2010: 1929), Sawicki vd. (2015: 781) ve Ngai vd. (2008: 630) 'nin de benzer çalışmalar gerçekleştirmiş olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan da sistemin kontrolü ile ilgili parametrelerin elde edilmesi hususunda yararlanılmıştır. Güneş & Ural (2008: 103) ise konveyör bantları merkezinin taşınması sürecinin planlanması üzerine bir çalışma gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu çalışma yeni bantların eklenmesi ve mevcut bantların yerlerinin tekrar tanzim edilmesini gerektirdiği için kullanılan metodoloji mevcut çalışmaya uyarlanmıştır.

Konuk (1982: 20) ise konveyör bant sistemlerinin kıyaslanmasına yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada kullanılan parametrelerin teknoloji edinimi ile ilgili parametrelerin belirlenmesinde kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Çalışmanın konveyör bantlarını ilk yatırım giderleri, malzeme tüketimi ve bakım onarım gereksinimleri, işçilik giderleri, enerji giderleri, ekleme ve çıkarma kolaylığı, gürültü ve toz oluşumu, teknetesebilme yetenekleri ve son olarak da uzama ve gerdirme parametreleri bakımından incelediği görülmektedir. Mevcut çalışmanın yapıldığı bağlam farklı olmakla birlikte bu parametrelerin çoğunun kullanılabilceği kanaati oluşmuştur.

Şenses vd. (2007: 1) ise konveyör bantların diğer üretim sistemleri ile birlikte otomasyon oluşturacak şekilde kullanılması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada konveyör bantlar robot işleme tezgâhlarına malzemelerin taşınması ve tasnif edilen malzemelerin depolanmasında kullanılmıştır. Bu çalışmanın sistem akış diyagramı mevcut çalışmada edinimi önerilen konveyör bandın çalışma prensibinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yörükoğlu (1991: 13) da aynı bağlamda madencilik çalışmalarının gözlenmesi üzerine bir çalışma yürütmüştür. Kullanılan ekipmanlar içinde konveyör bantlarının

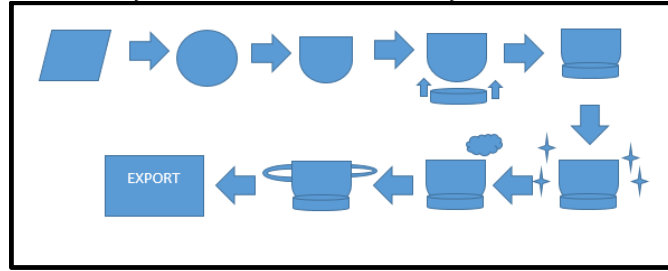
özelliklerinden de bahsedilen çalışmanın bulgularından edinimi planlanan konveyör sisteminin parametrelerinin belirlenmesinde yararlanılmıştır. Taşgetiren & Gökçe (2005: 7)'nin de benzer bir çalışma içinde konveyör bantlarının niteliklerinden bahsetmiş olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak yazında konveyör bantlarının çalışma prensibi, kontrol parametreleri, sistem bileşenleri ve enerji verimliliği üzerine çalışmaların yapılmış olduğu görülmüştür. Önceki çalışmalardan araştırma metodolojisinin belirlenmesi başta olmak üzere sonuçların kıyaslanması gibi pek çok fayda elde edilmiştir (Güneş & Ural, 2008: 107). Mevcut çalışmanın da kısıtlı sayılabilecek yazına fayda sağlaması ümit edilmektedir.

### 3. TENCERE ÜRETİM AŞAMALARI

Üretim parametrelerinin iyi bir şekilde anlaşılabilmesi yapılacak olan değişiklik önerilerinden beklenen faydanın gerçekleşmesi için önem arz etmektedir (Cengiz, 2012: 17). Bu nedenle fabrika içindeki süreçlerin iş analizi gerçekleştirilmiştir (Konuk, 1982: 25). Yapılan analiz sonucunda fabrikaya rulo halinde gelen çelik sacların tencereye dönüştürülebilmesi için pek çok aşamanın gerçekleştirilmesi gerektiği görülmüştür. Bu aşamalar Şekil 1'de özetlenmiştir. Öncelikle dilimleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Dilimleme işlemi için metal ruloların optik sistemler kullanan Nümerik Kontrol (NC) Prensibi ile çalışan dilimleyiciler kullanılmaktadır. Farklı ebatlarda dilimleme için farklı kalıplar kullanılmaktadır. Gelen talebin niteliğine göre kalıpların değiştirilmesi işlemleri vardiya içinde gerçekleştirilmektedir. Bu da üretimde aksamalara sebep olmaktadır.

Şekil 1. Tencere Üretim Aşamaları



Üretimin ikinci aşamasında dilimlenmiş saclar tencere şeklini almaları için sıvama makinelerinde işlem görmektedir. Sıvama makinelerine dilimler el ile yüklenmektedir. Yükleme işlemi sonrasında pnömötik robotlar kullanılmakta ve makine içindeki işlemler Romeo & Juliet yöntemi kullanılarak dolunun alınması ve boşun doldurulması ile işlem gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada kullanılan hidrolik preslerin kendilerini tekrar kullanım için hazır hale getirmeleri ile işlenen ürünün tezgâhtan uzaklaştırılması ve yenisinin yüklenmesi için zaman kayıplarının yaşandığı gözlenmiştir.

Üretimin üçüncü aşamasında alüminyum kapsül tabanların çakılması gerçekleştirilmektedir. Çakma işlemi için makinelere el ile yükleme yapıldığı görülmektedir. Ayrıca çakma işleminden sonra tabanın tam anlamıyla sabitlenmesi için fırınlama işleminin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu aşamada da makinelere yükleme ve boşaltma işlemlerinin el ile yapıldığı görülmektedir.

Böylece yarı mamul halini alan ürünün parlatılması için polisaj hatlarına sevki gerçekleştirilmektedir. Üretimin bu aşamasında 4 eşdeğer pnömötik robot kullanılarak ürünlerin iç ve dış polisaj işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu robotlara yükleme ve boşaltma da el ile gerçekleştirilmektedir.

Polisaj hatlarında parlatılan ürünler 25 metrelik bir yıkama makinesinde tencere büyüklüğüne bağlı olarak 6 ila 2'li sıraların kullanılması ile yıkanması işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlem aynı zamanda kurutma işlemini de gerçekleştirdiği için

tencereler puntolamaya hazır hale gelmektedir. Puntolama işleminde müşteri talebinin gerektirdiği şekilde metal ya da bakalit kulplar kullanılmaktadır. Bu işlem metal kulplar için makine ile gerçekleştirilirken bakalit kulplar için el ile yapılmaktadır. Talebin yoğunluğunun bakalit kulplar üzerine gerçekleşmesi puntolama işleminin neredeyse tamamıyla el ile gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Puntolama işleminden sonra ürünlerin paketlenmesi için paketleme makinelerine sevki gerçekleştirilmektedir. Paketleme işleminden önce lazer güdümlü makineler vasıtasıyla markalama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Paketleme işleminden sonra ürünler sevke hazır hale getirilmektedir.

Bütün süreç bir bütün halinde ele alındığında İleri İmalat Teknolojileri bakımından bu kadar zengin bir yapı sergileyen işletmenin işgücü ihtiyacının bu denli fazla olması dikkat çekmektedir. Ayrıca üretim hattının dengelenmesi üretimin hızının artırılması için önem arz etmektedir. Yapılacak birkaç Otomatik Yükleme ve Geri Getirme (AS/RS) yatırımı ile işgücüne olan ihtiyacın azaltılması mümkün olduğu gibi, yükleme ve boşaltma konusunda yapılacak olan konveyör bantları ile fabrika içinde mamul ve yarı mamul haline getirilen ürünlerin dolaşımı daha kolay bir şekilde sağlanacaktır. Ancak, işletmenin mali durumunun AS/RS sistemlerine yatırım yapmaya elverişli olmaması ve işgücünün elde tutulmak istenmesi gibi hususlarda tepe yönetiminin kararlı olduğu anlaşıldığı için sadece konveyör bantların edinimi ve üretim süreçlerinin optimizasyonu üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

#### 4. YÖNEYLEM METODOLOJİSİ İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖNERİLER

Yöneylem metodolojisinin kullanımı ile işletmenin üretim sürecindeki bir takım sıkıntılar giderilmiştir. Öncelikle iş analizi yapılarak süreçler isimlendirilmiştir. Buna göre; a: dilimleme, b: sıvama, c: çakma, d: polisaj, e: yıkama, f: puntolama, g: paketleme, h: depolama, z: gecikme, s: sistem olmak üzere farklı işlemlerin yapıldığı görülmüştür. Yöneylem metodolojisinin ilk aşaması olarak kısıtlar tanımlanmıştır. Bu kısıtlar;

- Birim bazında bir önceki aşamadaki üretim miktarı bir sonraki aşamadakinden küçük olmamalıdır. ( $a > b > c > d > e > f > g > h$ ).

- Zaman bazında bir önceki aşamadaki geçen süre bir sonraki aşamadakinden kısa olmalıdır. ( $t_a < t_b < t_c < t_d < t_e < t_f < t_g < t_h$ ). Ancak ürünlerin tezgâhlara yüklenmesi ve boşaltılması ile ilgili geçen zamanlar da gerçek zamana dâhil edilmelidir ( $\sum_s^t t_a, t_b, t_c, t_d, t_e, t_f, t_g, t_h, t_z$ ). Başka bir ifadeyle her bir süreç için işleyen zamanın hesaplanmasında yükleme ve boşaltmalar için geçen zamanın da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu durumun matematiksel olarak ifade edilmesi aşağıdaki gibidir:

$(\sum_s^t (t_a + t_{za}), (t_b + t_{zb}), (t_c + t_{zc}), (t_d + t_{zd}), (t_e + t_{ze}), (t_f + t_{zf}), (t_g + t_{zg}), (t_h + t_{zh}))$  Bu kısıtlar içinde işletmenin üretim kabiliyetinin artırılması için önerilen ilk aşama  $t_z$  ile gösterilen gecikmelerin

giderilmesidir. Yapılan iş analizi neticesinde süreler ve birim miktarlarına ulaşılmıştır. Buna göre; a için dilimleme zamanı ½ saniye olarak ölçülmüştür. Ancak sac rulusunun makineye yerleştirilmesi 5 dakika sürmektedir. Bir rulodan talebin gereklerine bağlı olarak farklı sayılarda dilimler elde edilmektedir. Press sistemi ile kesim yapıldığı için boyutlar büyüdükçe işleme zamanı da artmaktadır. Buradan a için geçen süre ( $t_a + t_{za}$ ) olarak hesaplanmıştır. Gecikme süreç başlangıcında olduğu için bu aşamanın bütününe yayılması sağlanmıştır. Böylece ilk işlem gören ürün ile son işlem gören ürün arasında bir denge gözetilmiştir. Sonuç olarak talebe göre farklılık göstermekle birlikte ortalama geçen sürenin mamul başına 1 saniye olarak gerçekleştiği gözlenmiştir. Dakikada 60 dilimin elde edildiği anlaşılmıştır.

Bunun yanında b için 17 saniye işlem süresi ve 4 saniye yükleme ve boşaltma gerçekleştiği görülmüştür. Buradan ( $t_b + t_{zb}$ ) için 21 saniye gibi bir zaman geçtiği görülmüştür. Sonuç

olarak dakikada 2 ürün işlenebilmektedir. Bu durum itme çekme bakımından değerlendirildiğinde istasyonlar açısından bir dengesizliğin olduğunu göstermektedir. Ürün hattının dengelenmesi için 22 adet *b* istasyonunun gerekliliğini göstermektedir. Bu nedenle işletme yöneticilerinin bu istasyonun sayısını artırması gerekmektedir. Ancak mevcut talep darlığı ve istasyon maliyetinin çok fazla olması işletmenin bu yönde hareket etmesini kısıtlamaktadır. Yine de işletme yöneticileri ile yapılan görüşmelerde talepte canlanma olduğu zaman gözden geçirilmesi gereken bir husus olarak görüş alışverişinde bulunulmuştur. İstasyonun bir önceki istasyondan yavaş çalışması iki istasyon arasında yarı mamul stokunun oluşmasına neden olmaktadır.

Aynı zamanda *c* için gözlenen işlem süresi 5 saniye olarak kaydedilmiştir. Bunun yanında istasyona el ile yüklemeye geçen zamanın 2 saniye olduğu görülmüştür. Buradan dakikada 8 işlem gerçekleştirilebildiği görülmektedir. Bir önceki istasyondan dakikada 2 ürünün işlenmesi bu istasyonun ilk 2 ürünü işledikten sonra 46 saniye beklemesine neden olmaktadır. Ürün hattının dengelenmesi açısından değerlendirildiğinde 22 adet *b* istasyonu edinildiğinde bu istasyonun yeterli olmayacağı anlaşılmaktadır. Ancak mevcut durum itibariyle süreçler arasında beklemeden kaynaklanan kapasite kaybının hatırı sayılır düzeylerde olduğunu göstermektedir (Aylık 16.560 saat bekleme anlamına gelmektedir.)

*d* için gözlenen işlem süresi 10 saniye, yükleme ve boşaltma için geçen süre ise 3 saniye olarak tespit edilmiştir. Buradan dakikada 4 ürün işlenebileceği görülmektedir. Bu istasyondan işletmede 4 adet bulunduğu gözlenmiştir. Bu da dakikada 16 adet mamulün işlenebileceğini göstermektedir. Bir önceki istasyondan gelen dakikada 2 ürün bu makinelerden ikisinin dakikada 47 saniye diğer ikisinin de topyekun aylak kalmasına neden olmaktadır (İki makinenin ayda 16.920, diğer iki makinenin de sürekli olarak boş kalması söz konusudur).

Ayrıca, *e* için 25 metrelik bir yıkama ünitesi kullanılmaktadır. Talebin boyutlarına bağlı olarak iki ila dördümlü sıralar halinde yıkama yapılabilmektedir. Bandın hızı ölçüldüğünde 8.3 dakika gibi bir süre içinde baştan yerleştirilen bir ürünün sona geldiği görülmektedir. Ancak 250 tencere kapasiteli bir bant söz konusu olduğu için mamul başına 2 saniye gibi bir süre ölçülmektedir. Bir önceki istasyondan gelen ürün miktarı ile bu makinenin kapasitesi arasında bir uçurum bulunmaktadır. Bu nedenle bu istasyonun sürekli olarak çalıştırılması işletme için büyük enerji sarfıyatı anlamına gelmektedir.

Bunula birlikte, *f* istasyonunda her bir tencerenin puntolanması için geçen sürenin 30 saniye olduğu anlaşılmaktadır. Bir önceki istasyon tam kapasite ile çalıştığı zaman buradaki kapasite bunu karşılayamayacak durumdadır. İstasyonda çalışan 10 işçi dakikada 20 tencere puntolayabilecekken 250 tencere her 9 dakikada bir bu istasyona yığılabilmektedir. Bu durum sistemin verimliliği ile ilgili müdahale edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. *g* istasyonunda konveyör bantların kullanımı ile otomatik paketleme yapıldığı görülmektedir. Ürünün bantta geçirdiği süre 20 saniye paketleme süresi ise 10 saniye olarak tespit edilmiştir. Bant uzunluğunun 20 metre olduğu göz önünde bulundurulduğunda ortalama 30 cm çapta olan tencerelerden 66 tane bandın üstünde bulundurulmaktadır. Bir önceki istasyonda dakikada 20 tencere puntolanabildiği için dördüncü dakikadan sonra bant dolmakta ve işçiler beklemek durumunda kalmaktadır. Bu da bu istasyonun paketleme bakımından kapasitesinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Son olarak da *h* istasyonunda bir önceki istasyonda paketlenen ürünler el ile paletlere yerleştirilmekte ve bunlar fork-lift yardımıyla depolanmaktadır. Depolamada herhangi bir envanter kayıt sisteminin bulunmadığı gözlenmiştir. Bu da üretim miktarının ne durumda olduğunun ancak vardiya raporlarından anlaşılmasına neden olmaktadır.

Bu analizden elde edilen veriler değerlendirildiğinde işletmede kimi makinelerin hemen hemen hiç kimilerinin de ayın yarısını çalışarak geçirdiği tespit edilmiştir. *b* istasyonundaki darboğazın çözülmesi için işletmenin bu istasyonu tek vardiya çalıştırmaktansa üç vardiya halinde çalıştırmasının daha verimli olacağı düşünülmüştür. Bunun yanında

$$\sum_s^t 1.(t_a + t_{za}), 3.(t_b + t_{zb}), 3.(t_c + t_{zc}), 3\left(\frac{1}{4}.(t_d + t_{zd})\right), 1.(t_e + t_{ze}), 1.(t_f + t_{zf}), \frac{1}{3}.(t_g + t_{zg}), 3.(t_h + t_{zh})$$

*a* istasyonunun tek vardiya çalışmasının dilimleme işleminin çıktılarının çok fazla olmasından ötürü daha yararlı olacağı anlaşılmıştır. Ayrıca *c* istasyonunun üç vardiya üzerinden çalıştırılmasının yarı mamul üretimi için daha etkili sonuçlar doğuracağı öngörülmektedir. *d* istasyonunda polisaj işleminde atıl durumda olan makinelerin sistemden çıkarılması ve istasyonun üç vardiya esasına dayalı olarak çalışmasının tek makine ile bile bu işlemin gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Ancak buradaki pnömomatik robotların farklı ebatlardaki taleplerin karşılanması için işletmede tutulmasının daha faydalı olacağı öngörülmüştür. *e* istasyonunda yıkama bandının kapasitesinin doldurulduktan sonra işleme geçilmesinin daha uygun olacağı görülmüştür. Bu nedenle de tek vardiya olarak çalışmasının daha verimli olacağı anlaşılmaktadır. *f* istasyonunun bir önceki istasyonun çıktılarına göre tekrar düzenlenmesi gerekmektedir. Vardiya değişimleri ile boşa çıkan personelin burada değerlendirilmesinin daha verimli olacağı öngörülmektedir. *g* istasyonu için bandın kapasitesinin artırılması ya da süreçte bundan önceki istasyonlarda boşa çıkan personelin değerlendirilmesi ile süreçler arasındaki stokların azaltılması mümkün olacaktır. Son olarak *h* istasyonunda ürünlerin paletlenmesi ve stoklanması ile ilgili daha fazla personel ihtiyacı olduğu gözetilerek depolanma aşamasından önce teknoloji edinimi ile işletmenin konveyör bantlar kullanmasının işgücü istihdamından daha verimli olacağı öngörülmüştür. Bütün bu önerilerin matematiksel olarak ifade edildiği model yandaki gibidir;

Bu formülün uygulanması ile işletmede atıl duran makine parkurunun değerlendirilmesi ve üretim miktarının artırılması söz konusu olacaktır. Ancak, işletmenin yatırım kabiliyetleri ile birlikte değerlendirildiğinde bu önerilerin sadece bir kısmı değerlendirilebilmiştir.

## 5. İLERİ İMALAT TEKNOLOJİSİ EDİNİMİ İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN İYİLEŞTİRMELER

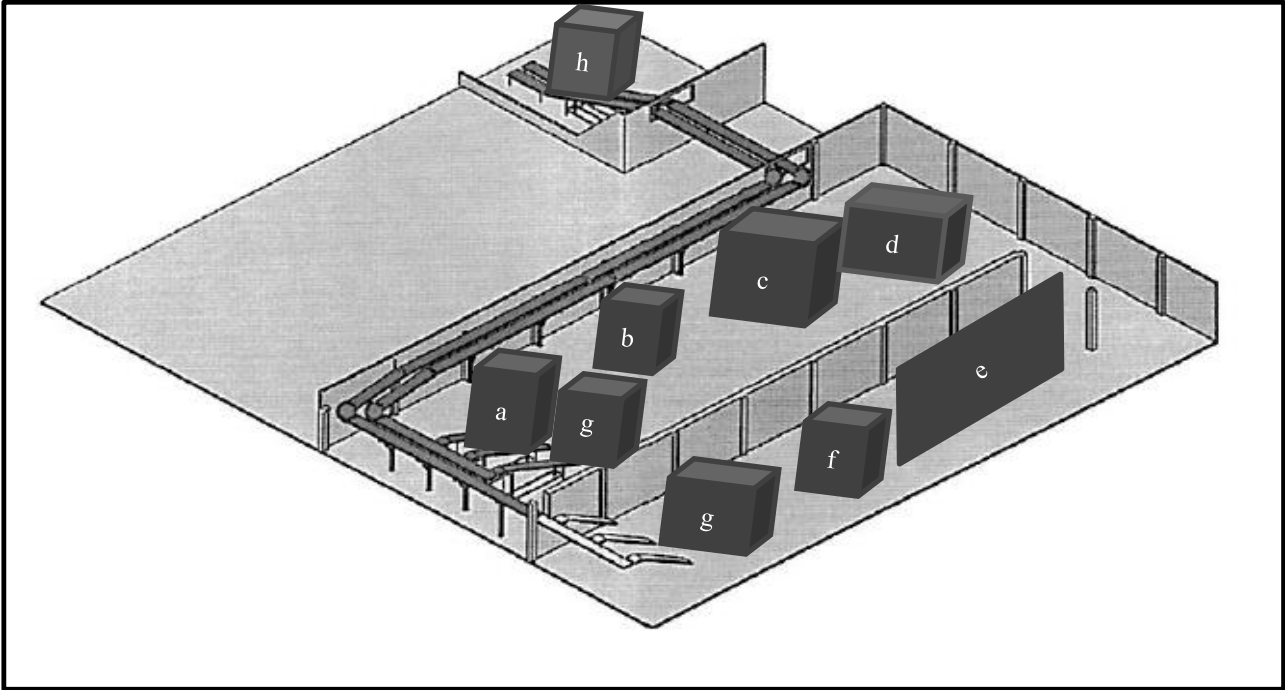
İşletmenin mevcut durumunda sektörle ilgili pek çok ileri imalat teknolojisini kullandığı görülmektedir. Bu sayede küresel bazda bile hatırı sayılır düzeyde bir üretim kapasitesine ulaşmış olduğu gözlenmektedir. Ancak küresel rekabet ortamında üretim süreçlerinin sürekli olarak gözden geçirilip daha verimli hale getirilmesi gerekmektedir (Cardero & Pugnali, 2015: 294).

Bu işletme için *b* istasyonunun yetersizliğinden doğan bir darboğaz söz konusudur. Bunun aynı istasyondan daha fazla bulundurulması ile çözümü mümkün olmakla birlikte işletmeye gelen talebin daha fazla istasyonu karşılamaya elverişsiz olduğu anlaşıldığından bu öneri uygulanmamıştır. Üretim sürecinin aşağıdaki denklem ile gecikmeden kaynaklanan kayıplarının olduğu görülmüştür. Bu nedenle işletmeye üretim hattının dengelenmesinde yardımcı olacak bir konveyör bant edinimi önerilmiştir. İleri İmalat Teknolojileri Ediniminin aşamaları olan planlama, belirleme, edinim, gözlem ve geribildirim aşamalarının uygulanması gerekmektedir (Zhang, Vondembrese & Cao, 2006: 584). Bu aşamalardan ilki olan planlama için süreç analiz edilmiş ve gereksinimler belirlenmiştir. Planlama sürecinde işletmenin mevcut dinamiklerinin kullanılmış olması alana özel çözüm önerilerinin getirilmesini sağlamıştır. Sürecin ikinci aşamasında ise piyasadaki mevcut sistemler arasından en uygununun belirlenmesi sağlanmıştır (Dangayach & Deshmukh, 2005: 484). Bu aşamada

edinimi yapılacak olan sistemin enerji sarfiyatı, kapasite, itme-çekme süreçlerine etki, işgücü gereksinimi, bakım ve onarım maliyeti ile finansman olanakları gözden geçirilmiş ve alınan tekliflerin değerlendirilmesi ile edinim aşamasına geçilmiştir (Tambunan, 2009: 36).

Edinim aşamasında işletmenin mevcut üretim süreçlerine minimum müdahale ile montajın gerçekleşmesi sağlanmıştır (Thomas, Byard ve Evans, 2012: 151). Personelin bandın kullanımı ile ilgili eğitimi sağlanarak oluşabilecek aksaklıkların önüne geçilmesi yönünde tedbirler de alınmıştır (Chapman & Sloan, 1999: 107). İşletmenin mevcut süreçlerine edinimin dâhil edilmesi ile gözlem süreci başlatılmış ve üretim kapasitesi ve verimlilik bakımından pek çok faydanın elde edildiği gözlenmiştir (Thomas, Barton & John, 2008: 157). Edinim sonrasında ortaya çıkan durum raporlanarak işletme yöneticilerine sunulmuştur. Bu sayede işletmenin vardiya değişimleri ile birlikte üretim kapasitesinde %20'ye yakın bir artış sergilendiği gibi verimlilik hususunda (işgücüne olan ihtiyacın azalması, enerji verimliliği ile ilgili kazanımlar, işgücünün etkin kullanımı ve bütün bunların sonucu olarak daha az çaba ile daha verimli bir sistemin çıktısı olarak artan finansal etkinlik) çarpıcı sonuçların elde edildiği görülmüştür. Bu sonuçlar ile ilgili ayrı bir çalışma yapılmakta olup sonuçlar orta ve uzun vadede beklenen sürenin gerçekleşmesi ile birlikte yazına ayrı bir katkı olarak sunulması planlanmaktadır.

Şekil 2. Edinim Sonrası Fabrika Yerleşimi



Edinim sonrasında fabrika organizasyonu ile ilgili pek çok iyileştirme sağlanmıştır. Paketleme ile ilgili ikinci bir istasyon daha eklenmiştir. Ayrıca depo ile paketleme arasında sürekli olarak işletme içinde ürünlerin taşınmasından doğan karmaşa engellenmiştir. Böylece üretim hattının mevcut imkânlar ölçüsünde dengelenmesi sağlanmıştır.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma, metal mutfak eşyası üreten bir işletmenin yöneylem ve ileri imalat teknolojisi edinimi metodolojisinin kullanılması ile üretim ve depolama hatlarının dengelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Öncelikle konu ile ilgili çalışmalar detaylı bir şekilde taranmış ve konu, yöntem ve bulgular bakımından incelenmiştir. Elde edilen bulgular araştırma metodolojisinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların kıyaslanması için kullanılmıştır.



Araştırmaya konu olan üretim ve depolama hattı ile ilgili süreç analizleri gerçekleştirilmiş ve yöneylem metodolojisine uygun olarak vardiya saatlerinin değiştirilmesi ve kimi istasyonların sayısının artırılması gibi öneriler getirilmiştir. Ayrıca taşıma ile ilgili işletme içinde hem bir karmaşanın gözlenmiş olması hem de istasyonlara yükleme ve boşaltmanın çok zaman aldığı tespit edilmiş olması ile konveyör bant sisteminin edinimi de önerilmiştir.

İşletme yöneticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde üretim hattının itme-çekme bakımından dengelenmesi için yeni istasyonlar kurulmasına sıcak bakılmadığı görülmüştür. Ancak, işletmedeki vardiya sisteminin değiştirilmesi ile ilgili öneri kabul görmüştür. Böylece devir oranı düşük olan istasyonların vardiyaları artırılarak yüksek olanların düşürülmesi sağlanmıştır. Böylece çok sıkıntı yaşanan diğer istasyonlara aktarılan işgücü ile hattın büyük ölçüde dengelendiği tespit edilmiştir.

İşletmeye yapılan konveyör bantlarla fabrika için karmaşanın yok edilmesi önerisi de kabul görmüştür. Bu öneri teknoloji edinimi gerektirdiği için yazındaki örneklerde konveyör bantlarla ilgili parametreler, işletmenin mevcut üretim parametreleri ile eşleştirilmiştir (Şenses vd., 2007: 1; Yörükoğlu, 1991: 13; Taşgetiren & Gökçe, 2005: 7). Sonuç olarak işletmede fabrika içinde ve depolama esnasında sürekli bir akış elde edilmekle birlikte sürekli olarak ya da ayın yarısını atıl durumda geçiren istasyonların sürekli olarak çalışması sağlanmıştır.

Sonuç olarak işletmenin atıl kapasitesi canlandırılmış ve üretimde hem ekipman hem de işgücü bakımından verimlilik artışı gözlenmiştir (Köse vd, 2012: 16). Orta ve uzun vadede sonuçların elde edilmesi ve değişime karşı gelişen direncin etkilerinin de ayrıştırılması ile daha net sonuçlar elde etmek mümkün olmakla birlikte işletmenin verimliliğinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın işletme yöneticilerinin üniversitelerle birlikte çalışmanın kendileri için olumlu sonuçlar doğurabileceğinin gösterilmesi, akademinin sanayi ile işbirliği neticesinde elinde bulundurduğu bilgi birikimini uygulamaya aktarmasının ekonomik bağlamda etkilerinin artırılması bakımından olumlu sonuçlar doğurduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKÇA

Cengiz, C. (2012), "Bir Bantlı Konveyörün Sonlu Eleman Yöntemiyle Dinamik Analizi", İTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Chapman, R.L. & Sloan, T.R. (1999), "Large firms versus small firms - do they implement CI the same way?", The TQM Magazine, 11(2), pp. 105 - 110.

Cordero, M.J. & Pugnali, L.A. (2015), "Dynamic transition in conveyor belt driven granular flow", Powder Technology, 272(1), pp. 290-294.

Dangayach, G.S. & Deshmukh, S.G. (2005), "Advanced manufacturing technology implementation: Evidence from Indian small and medium enterprises (SMEs)", Journal of Manufacturing Technology Management, 16(5), pp. 483 - 496.

Grincova, A., Andrejiova, M. & Marasova, D. (2015), "Measuring and comparative analysis of the Interaction between the dynamic impact loading of the conveyor belt and the supporting system", Measurement, 59(1), pp. Pages 184-191.

Güneş, M. & Ural, S. (2008), "EÜAŞ/AEL İşletmesindeki Bant Dağıtım Merkezinin Taşınması Projesinin CPM İle Planlanması", Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 17(5), ss. 103-111.

Konuk, A. (1982), "Bantlı Konveyör Nakliyat Sistemlerinin Ekonomik ve Teknik Olarak Karşılaştırılması", Madencilik, 29(1-2), ss. 20-27.

- Köse, E., Korkmaz, H., Bulut, A., Özer, M., Uzunoğlu, M. & Tumlukolcu, S. (2012), "Otomatik Konumlanabilen Konveyör Sistemi", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(1), ss. 15-24.
- Liu, X., Pang, Y. & Lodewijks, G. (2016), "Theoretical and experimental determination of the pressure distribution on a loaded conveyor belt", *Measurement*, 77(1), pp. 307-316.
- Luo, J., Huang, W. & Zhang, S. (2015), "Energy cost optimal operation of belt conveyors using model Predictive control methodology", *Journal of Cleaner Production*, 105(1), pp. 196-205.
- Mateusz Sawicki, M., Zimroz, R., Wyłomański, A., Obuchowski, J., Stefaniak, P. & Żak, G. (2015), "An Automatic Procedure for Multidimensional Temperature Signal Analysis of a SCADA System with Application to Belt Conveyor Components", *Procedia Earth and Planetary Science*, 158(1), pp. 781-790.
- Molnar, V., Fedorko, G., Stehlikova, B., Michalik, P., Kopas, M. (2016), "Influence of tension and release in Piped conveyor belt on change of normal contact forces in hexagonal idler housing for pipe conveyor loaded with material", *Measurement*, 84(1), pp. 21-31.
- Muralidharan, V., Ravikumar, S. & Kangasabapathy, H. (2014), "Condition monitoring of Self aligning Carrying idler (SAI) in belt-conveyor system using statistical features and decision tree algorithm", *Measurement*, 58(1), pp.274-279.
- Ngai, E.W.T., Suk, F.F.C. & Lo, S.Y.Y. (2008), "Development of an RFID-based sushi management system: The case of a conveyor-belt sushi restaurant", *International Journal of Production Economics*, 112(2), pp. 630-645.
- Özdemir, H. (2007), "Konveyör Bantları", *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1), ss. 49 - 57.
- Roumpos, C., Partsinevelos, P., Agioutantis, Z. Makantasis, K. & Vlachou, A. (2014), "The optimal location of the distribution point of the belt conveyor system in continuous surface mining operations", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 47(1), pp. 19-27.
- Selver, M.A., Akay, O., Alim, F., Bardakçı, S. & Ölmez, M. (2011), "An automated industrial conveyor belt System using image processing and hierarchical clustering for classifying marble slabs", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 27(1), pp. 164-176.
- Şenses, E.U., Sunar, O., Korçak, B., Gemalmayan, N., Erol, S. & Taplamacıoğlu, M.C. (2007), "Seri Üretim Bandında Robot Kolu İle Malzeme Sınıflandırma Ve Depolama Otomasyonu", 4. Otomasyon Sempozyumu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Tambunan, T. (2009), "Export-oriented small and medium industry clusters in Indonesia", *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*, 3(1), pp. 25 - 58.
- Taşgetiren, S. & Gökçe, B. (2005), "Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemlerin Otomasyonu İçin Bir Mekatronik Sistem Tasarımı", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1), ss. 7-15.
- Thomas, A.J., Barton, R. & John, E.G. (2008), "Advanced manufacturing technology implementation: A Review of benefits and a model for change", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(2), pp. 156 - 176.
- Thomas, A.J., Byard, P. & Evans, R. (2012), "Identifying the UK's manufacturing challenges as a benchmark for future growth", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(2), pp. 142 - 156.

Yıldıran, D. (1991), "Konveyör Bant Kantarı Uygulama Prensipleri", Madencilik, 30(1), ss. 27-32.

Yörükoğlu, M. (1991), "Afşin-Elbistan Projesi ve TKİ Kurumu AELİ Müessesesinde Madencilik Çalışmaları", Madencilik, 30(3), ss. 13-30.

Zeng, İ., Wu, Q., Chu, X. & Yue, Z. (2015), "Measurement of bulk material flow based on laser scanning technology for the energy efficiency improvement of belt conveyors", Measurement, 75(1), pp. 230- 243.

Zhang, H. & Xia, X. (2010), "Optimal control of operation efficiency of belt conveyor systems", Applied Energy, 87(6), pp. 1929-1937.

Zhang, Q., Vonderembse, M.A. & Cao, M. (2006), "Achieving flexible manufacturing competence: The roles of advanced manufacturing technology and operations improvement practices", International Journal of Operations & Production Management, 26(6), pp. 580 - 599.