

Ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin tersane verimliliği üzerindeki etkisi

Murat ÖZKÖK*, **Metin TAYLAN**, **İsmail H. HELVACIOĞLU**

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Çoğu endüstriyel alanda olduğu gibi, gemi inşa sektöründe de süreç iyileştirme çalışmaları son derece önemlidir. Günümüzde, tersanelerin rekabet avantajını sağlayabilmeleri ve varlıklarını devam ettirebilmeleri için üretim süreçlerini gözden geçirerek, çıktıyı artırabilecek iyileştirmeleri sağlamaları ve bunun sonucunda daha kısa sürede ürün teslimini gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Ürün çevrim süresinin veya diğer bir ifadeyle imalat temin süresinin kısaltılması, tersanelerin yıllık üretim kapasitelerinin ve buna bağlı olarak pazar payının artmasına neden olacaktır. Bunların gerçekleştirilebilmesi için, tersanelerin, mevcut üretim sistemlerini detaylı bir biçimde analiz etmeleri ve sistem üzerinde çeşitli iyileştirmeleri yapması gerekmektedir. Bu çalışmada, bir iyileştirme süreci modeli belirlenmiş ve ele alınan bir çift dip bloğunun teçhiz ve boru montaj işlemlerinin tamamının blok montaj istasyonunda değil kısmen daha önceki istasyonlarda yapılması durumunda sistemin çıktı miktarının nasıl değiştiği izlenmiştir. Öncelikle, bir iyileştirme süreci modeli ortaya konulmuştur. İyileştirme süreci modeli, sürekli iyileştirme (Kaizen), darboğaz teorisi (OPT) ve Arena simülasyon gibi süreçleri içermektedir. Model içerisindeki adımlar, sırasıyla takip edilmiş ve mevcut üretim sisteminde, tamamı blok montaj sahasında yapılan teçhiz ve boru montaj işlemlerinin ön istasyonlarda yapılmasının sistemin çıktısına olan etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, teçhiz ve boru montaj işlemlerinin daha önceki istasyonlarda yapılmasıyla ve mevcut durum üzerinde bazı ufak değişikliklerin yapılmasıyla birlikte sistemin belirli bir sürede ürettiği blok sayısının yani çıktı miktarının arttığı görülmüştür. Dolayısıyla, ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin tersane üretim sisteminin performansını artırdığı teorik olarak gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sürekli iyileştirme, darboğaz ilkesi, Arena simülasyon, ön teçhizleme, ön boru montaj.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Murat ÖZKÖK. ozkokm@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 64 06.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Tersane verimliliğinin iyileştirilmesi: Gemi inşaatında modern endüstri mühendisliği ve belirsizlik süreçlerinin uygulanması" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 11.03.2010 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 07.04.2010 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.06.2011 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Bu makaleye "Özkök, M., Taylan, M., Helvacioğlu, İ.H., (2011) 'Ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin tersane verimliliği üzerindeki etkisi', İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 10: 1, 93-102" şeklinde atıf yapabilirsiniz.

The effect of the pre-outfit and pre-pipe assemblies on shipyard efficiency

Extended abstract

In recent years, the competition is very hard in shipbuilding industry just like other industries. In this competitive environment, it is very important that the companies work efficiently. In shipbuilding industry, the production should be performed in effective way so that the shipyards keep their competitive power against their competitors. The most important and serious competitors are the far eastern shipyards. The shipyards located in the far eastern countries have a serious competitive power. A ship can be launched in shorter time by the far eastern shipyards and also the costs are lower. By doing that, they meet the customer demands and sell a lot of ships and extend their market share. To keep competitive power, a shipyard needs to produce more ships in a given time or, in other words, reduce cycle time.

To be able to produce a ship in shorter time and increase the system throughput, the first step is to analyze the current production system in detail and identify the processes. After the whole processes are identified, the activities which take long time and the unnecessary activities should be found. For doing this, all the activities should be investigated. The activities taking long time should be shortened and the unnecessary activities should be removed.

As the processes and activities in the shipyard production system are investigated, it can be seen that a lot of shipyards perform their outfit and pipe works in block assembly area after the completion of the steel works. In other words, firstly, the steel works is completed, secondly, the outfit works and finally the pipe works are performed. All this works are carried out one after the other. So it takes a long time and the cycle time of a block is quite long. The longer the cycle times of blocks are, the longer the whole ship cycle time is. If the cycle time of a ship is long, then number of ships produced annually is lower. This, also, reduce the shipyard annual income.

A double bottom block, a part of a container ship of 1150 TEU, was presented here as a sample case study. The block considered here covers almost all the work stations joining its production. Consequently, all the steel work activities in double bottom

block production were taken into the process and the field of the study was extended.

In this study, it is aimed to determine the effect of pre-outfit and pre-pipe assemblies on the system throughput. So, the whole of the outfit and pipe works weren't performed in block assembly area, instead, some assembly works of outfits and pipes were performed in previous work stations. In this way, the effects of the pre-outfit and pre-pipe assemblies were seen.

During this study, an improvement process model was proposed and applied. This model includes the continuous improvement process (Kaizen), bottleneck theory (OPT: Optimized Production Techniques) and Arena simulation. The steps in this model were followed one by one. In the model, the current case analysis was examined in detail and the parallel and serial work activities were determined. Considering these parallel and serial activities, the completion times of all work stations were found. Then, the current case was modeled in Arena simulation program and the data such as number of blocks produced in a given period and the waiting time were calculated. By using this data, it was seen that how many blocks the current system could produce and what work station in bottleneck situation. As a result of the simulation study, the block assembly station was found as a bottleneck of the process. In the other step, considering the bottleneck theory, some improvement suggestions were identified on the bottleneck station. The suggestions were mainly based on pre-outfit and pre-pipe assemblies. Then the suggestions were applied on the current case and the new case was achieved. By modeling the new case in Arena simulation program, some data were taken from simulation and compared with the new case. In this comparison, in a same working period, it was seen that the new case could produce more blocks than that of the current case. In other words, in the new case, the cycle time of a block is shorter than the current one. As a result, by performing outfit and pipe assemblies in earlier work stations, a shipyard can increase its throughput considerably. Approximate increase of 33% in block quantity in a given period was achieved. This is an important improvement rate and it gives a great competitive advantage to a shipyard.

Keywords: Continuous improvement (Kaizen), bottleneck theory, Arena simulation, pre-outfit assembly, pre-pipe assembly.

Giriş

Günümüz rekabet koşullarında, tersaneler, gemiyi oluşturan blokları ve dolayısıyla gemiyi minimum sürede üreterek diğer rakiplerine karşı bir rekabet avantajı elde etmek istemektedirler. Bu amacı gerçekleştirebilmek için, tersanelerin mevcut üretim sistemlerini gözden geçirerek, üretim süreçlerini iyileştirmeleri gerekmektedir. Bir geminin üretimini etkileyen en önemli üretim süreci blok üretim aşamasıdır. Blokların üretim süresi kısaltıldığında, önemli bir rekabet avantajı elde edilecektir.

Birçok tersanede, blok yapısı içinde yer alan teçhiz parçaları ve boru sistemlerinin montaj işlemlerinin tamamı blok montaj sahasında yapılmaktadır. Blok montaj sahasında, blokların çelik tekne montaj işlemleri bitirildikten sonra, teçhiz montaj ve ardından boru montaj işlemlerinin yapıldığı düşünüldüğünde, blok montaj istasyonunun iş yükü daha iyi anlaşılabilir. Blok montaj istasyonunun iş yükünün fazla olması, bu istasyonun üretim sistemi içerisinde darboğaza neden olan istasyon olmasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada, belirlenen iyileştirme süreci modeli gözönüne alınarak, teçhiz ve boru montaj işlemlerinin blok montaj sahasından daha önceki istasyonlara kaydırılmasının ve yapılacak bazı küçük iyileştirmelerin mevcut sistem üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu ve yapılan bu değişikliklerin avantajlı olup olmadığı teorik olarak belirlenmeye çalışılacaktır.

Gemi üretim süreçleri de dahil olmak üzere imalat teknolojisindeki son trendlerden biri, üretim süreci boyunca imalat temin süresinin yani çevrim süresinin kısaltılmasıdır (Bookman, 1985). Üretim sürecini iyileştirmek ve sonuçta imalat temin sürelerini kısaltmak için, tersanelerin varolan üretim sistemlerinin detaylı bir biçimde incelenmesi ve her bir iş istasyonunun iş yükünün bulunması gerekir. Bu detaylı süreç veya proses analizi sonucunda elde edilen iş istasyonları süreleri incelenerek blokların imalat süreleri belirlenebilir. İmalat temin sürelerinin belirlenmesi sonucunda bir bloğun ne kadar sürede üretimden çıktığı bilinmiş olur. Sonraki aşamada, bulunan bu sürenin nasıl kısaltılabileceği konusunda bazı iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Bu iyileştirme çalışmaları proses analizi sonucunda belirlenmiş olan iş akışları ve iş ögeleri üzerinde olmalıdır. İyileştirme çalışmaları sürekli olmalıdır. Çünkü sistemler, kendi haline bırakıldıklarında sürekli bir kötüye gidiş söz konusu olmaktadır. Prosesler veya süreçler, dizayn edilip kurulmalarından itibaren sürekli olarak iyileştirilmelidir (Santella, 1989).

Geoje Samsung Tersanesi, Kore'de, yıllık 40 adet gemi üretmektedir ve dünya gemi inşa endüstrisinde, en büyük üretim verimliliğine sahip tersane olarak kabul edilmektedir. Amerikan tersaneleri ile kıyaslandığında arada maliyet açısından bir uçurum vardır. Samsung tersanesi, Amerikan tersanelerinde üretilen gemilerin üçte biri maliyetine gemileri satmaktadır. Bunun anlamı, müşteriler malzeme fiyatına Samsung Tersanesinden gemi satın alabilmektedirler. Geoje Samsung Tersanesi ve Amerikan tersaneleri arasındaki verimlilik uçurumu, Amerikan tersanelerinde süreç iyileştirme için bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Verimlilikteki bu büyük fark, Amerikan tersaneleri üzerinde rekabet açısından büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için, Amerikan gemi inşa sektöründe bazı süreç iyileştirme metodlarının uygulanmasına çalışılmaktadır. Bu süreçler; darboğaz yani OPT teorisi, altı sigma (six sigma), yalınlık (lean)'tır (Inozu vd., 2006). Bu süreçler içerisinde, sürekli proses iyileştirmede kullanılan etkin yöntemlerden biri darboğaz teorisi (USA Department of Defence, 2006).

Gemi inşa endüstrisi, dünya ölçeğinde rekabet eden global bir endüstridir (Frankel, 1985). Dolayısıyla, tersaneler ayakta kalabilmek ve özellikle de Uzakdoğulu rakipleriyle rekabet edebilmek için, kendi üretim süreçlerini detaylı bir biçimde inceleyip, süreçleri üzerinde bazı iyileştirmeler yapmak durumundadırlar. Tersaneler, eğer bunu yapabilirlerse, daha verimli bir şekilde üretim yapacaklar ve dolayısıyla rekabet güçlerini artıracaklardır.

Süreç iyileştirme çalışmaları, gemi inşa sektörü ile diğer birçok alanda uygulama alanına sahiptir. Gemi inşa dışındaki sektörlerde uygulanan bazı proses iyileştirme çalışmaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Otomotiv üretimi yapan firmalar (Tiryakioğlu, 2009),
- Şirketlerin insan kaynakları bölümü (Pamir, 1997),
- Beyaz eşya üretimi yapan firmalar (Demir, 1998),
- Toz deterjan üretimi yapan firmalar (Çetin, 2000),
- Döküm sektörü (Özdemir, 2006),
- Mühendislik dizaynları (Middleton, 1996),
- Eğitim sektörü (Blasdale, 2004),
- Sağlık sektörü (Friesner, 2009; Hummer ve Daccarett, 2009)

Gemi inşa sektöründe uygulanan iyileştirme çalışmalarına verilebilecek bazı örnekler ise şu şekilde sıralanabilir:

Sedef Tersanesi ile Hollandalı Schalekamp tersanesinin boya atölyelerinde gerçekleştirilen boya prosesleri birbirleriyle karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma sonunda Sedef tersanesi boya atölyesinde yapılabilecek bazı iyileştirme önerileri getirilmiştir (Eker, 1999). Senesco tersanesi, çalışanları, yönetimi, tedarikçilerini ve teknoloji faktörlerini biraraya getirip bir ekip çalışmasıyla verimliliğini %50 oranında artırmıştır (Gebhardt ve Jarvis, 2003). Bir tersanede yapılan iyileştirme çalışmasında, CNC tezgahlarına dizayn bölümünden gelen tasarım resimlerinin formatının değiştirilmesiyle kesim işlemi daha kısa süre içerisinde ve daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Hardwick vd., 2005). Bir tersanede blok inşaatında kullanılan malzemelerin olduğu alana ve iskelelerin (scaffold) depolandığı alana bir iyileştirme süreci uygulanmıştır (DiBarra, 2002). Diğer bir uygulamada, bir tersaneyi oluşturan iş istasyonlarının yerleşimlerinin iyileştirilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır (Odabaşı vd., 1997; Odabaşı vd., 1993).

Todd Pacific Shipyards'da uygulanan sürekli iyileştirme süreci sonunda, "fork lift"lerin aldığı mesafe %50 oranında azaltılmış, "fork lift"lerin çalışması esnasında ortaya çıkan yağ sızıntıları en aza indirgenmiş, malzeme ve atık kontrolü kolaylaştırılmış ve son olarak enerji kullanımı azaltılmıştır. Bender Shipbuilding and Repair Company'de oluşturulan 13 kişilik bir kalite kontrol grubu fazladan yapılan aşırı kaynak iş-

lemlerini azaltmaya odaklanmış ve kaynak boyutlarını azaltmaya çalışmıştır. Sonuçta, daha az kaynak duman emisyonu elde edilmiştir. Bath Iron Works Şirketi'nde yapılan iyileştirme çalışmalarında, proseslerin bitim zamanlarında çok büyük sapmalar tespit edilmiş ve bu sapmaları azaltmaya ve işleri standart hale getirmeye çalışılmıştır (Larson ve Tice, 2005).

Modern süreçler

Bu çalışmada, ortaya konulan süreç iyileştirme modeli, bazı süreçleri içermektedir. Bu süreçler; sürekli iyileştirme süreci olarak da isimlendirilen Kaizen, darboğaz teorisi olarak da bilinen OPT (Optimized production technology) ilkesi ve Arena simülasyon süreçleridir.

Kaizen, sürekli iyileştirme anlamına gelmektedir (Imai, 1998) ve özellikle Uzakdoğu ülkelerinde her alanda sıklıkla uygulanmaktadır. Kaizen felsefesinde iyileştirmeler küçük ama sürekli olmaktadır. En küçük bir iyileştirme bile dikkate alınır ve eğer faydalı ise sisteme yansıtılarak uygulanır. Yapılan bu küçük iyileştirmeler, üst üste geldiğinde sistem içerisinde belirli bir zaman sonra gözle görülür iyileştirmelerin olduğu görülmektedir.

OPT, 1979 yılında, ABD'de tanınmaya başlanmış ve üretim planlama ve programlamada bir araç olarak büyük ilgi yaratmıştır (Jacobs, 1985). OPT, kritik kaynakların kullanımını ve çıktıyı maksimize eder, süreç içi stokları azaltır, imalat temin süresini veya çıktı süresini (throughput time) minimize eder (Aggarwal, 1985). OPT'nin en temel ilkesi "akışı dengele, kapasiteyi değil" ilkesidir (Goldratt ve Cox, 1992). Bu ilkeye göre, bir üretim sisteminin çıktı miktarını artırmak için, sistemi oluşturan bütün istasyonlarla değil, darboğaza neden olan istasyon üzerinde durmak gerekmektedir. Darboğaz istasyondan sağlanan süre kazancı sistemin çıktı miktarını doğrudan etkileyecektir.

Simülasyon özellikle global ölçekte üretim yapan firmalar için çok önemli bir yere sahiptir. Günümüz rekabet ortamında, üretim sistemlerinde yapılabilecek değişimler ve bu değişimlerin şirket performansını etkileyip etkilemeyeceği

önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim sisteminde yapılacak bir değişimin, sistem performansı açısından nasıl bir değişikliğe yol açacağını bilmek, şirket yöneticileri için hayati bir önem taşımaktadır. Üretim sisteminde yapılacak bir değişikliği, gerçekte uygulamak ve bunun sonucunu görmek son derece pahalı ve maliyetli bir iştir. Bunun yerine, yapılacak olan değişimlerin bilgisayar ortamında yapıp etkilerini yine bilgisayar ortamında görmek yöneticilere karar verme sürecinde çok büyük avantaj sağlayacaktır. Bu çalışmada, Arena simülasyon programı kullanılmıştır (Kelton vd., 1998).

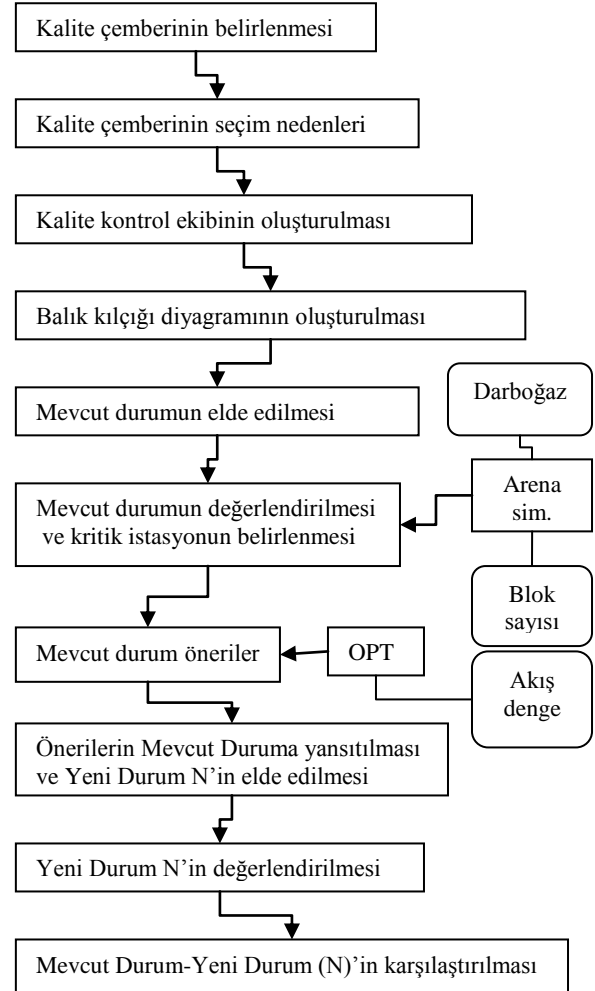
İyileştirme süreci modeli

Ele alınan çift dip bloğunun çevrim süresinin iyileştirilmesi amacıyla, bir iyileştirme süreci modeli belirlenmiştir. Burada, iyileştirme süreci modeli, sürekli iyileştirme (Kaizen), OPT ilkesi ve Arena simülasyon programını içine almaktadır. Modele bakıldığında, modelin ana hatlarını Kaizen sürekli iyileştirme ilkesi oluşturmaktadır. Mevcut durum ve ortaya konulan yeni durum, Arena simülasyon programında modellenmiş ve buradan birtakım sonuçlar elde edilmiştir. Model içerisinde, simülasyon, ortaya konulan yeni durumun ve başlangıçta belirlenen mevcut durumun performansı ile ilgili veriler sağlamaktadır. Burada, ortaya konulan durumun performans kriteri olarak sistemin ürettiği çıktı miktarı (throughput) dikkate alınacaktır. Oluşturulan ve ortaya konulan yeni durumun performansı, ürettiği çıktı miktarına göre değerlendirilmiştir.

Darboğaz (bottleneck) ilkesi, bilindiği gibi, sistemi oluşturan iş istasyonlarından çok, sistemin bütününün performansı ile ilgilenmektedir. Yani bir üretim sistemi içerisinde, o üretim sisteminin nihai olarak ne kadarlık çıktı ürettiği önemli bir faktördür. Darboğaz ilkesi, üretim sistemi içerisinde, istasyonların boş beklemesi ile çok fazla ilgilenmemektedir. Önemli olan sistemin nihai çıktısıdır.

Şekil 1, bu çalışmada önerilen iyileştirme süreci modelini göstermektedir. İyileştirme süreci modeli içerisinde, yukarıda belirtilen darboğaz il-

kesi dikkate alınmıştır. Arena simülasyon programından gelen darboğaza neden olan istasyon belirlendikten sonra, sistemdeki iyileştirmeler bu darboğaza neden olan istasyon üzerinden yapılmış, böylelikle, darboğaz ilkesi burada uygulanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. İyileştirme süreci modeli

Uygulama

Bu bölümde, yukarıda belirtilen iyileştirme süreci modelinin, bir çift dip bloğunun çevrim süresinin iyileştirilmesi problemine uygulanışı açıklanmaktadır. Model içerisinde belirtilen her bir aşama sırasıyla takip edilerek en fazla çıktıyı veren sürecin belirlenmesine çalışılmıştır.

Çift dip bloğu, gemiyi oluşturan en önemli yapılardan biridir. Bir gemi yapısı içerisinde çok sayıda oluşu ve üretim sürecine hemen hemen bü-

tün çelik işleme istasyonları dahil olduğundan bu çalışmada çift dip bloğu ele alınmıştır. Çift dip bloğu çelik imalatında 16 adet iş merkezi yer almaktadır. Her bir iş merkezinin, çift dip bloğu üretim sürecinde farklı görevleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, her bir iş merkezi istasyon olarak adlandırılacaktır. Tablo 1, çift dip bloğu üretiminde görev alan istasyonları göstermektedir.

Tablo 1. Çift dip bloğu üretiminin yapıldığı istasyonlar

İstasyon no	İstasyon adı
I1	Kenar kesim
I2	Kenar temizleme ve sıralama
I3	Panel imalat
I4	Panel kesim
I5	Profil punto kaynak
I6	Profil gazaltı kaynak
I7	Seksiyon punto kaynak
I8	Seksiyon gazaltı kaynak
I9	Panel hattı sonu taşlama
I10	Profil kesim
I11	Profil eğim
I12	Nest kesim
I13	Ön imalat
I14	Jig
I15	Saç eğim (pres)
I16	Blok montaj

Tablo 1’de verilen istasyonlarda, çift dip bloğunun üretimi için gerekli olan faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, her bir istasyon farklı bir fonksiyonu yerine getirmektedir. Diğer bir deyişle her bir istasyonun farklı bir görevi vardır. İstasyonlar bu görevleri yerine getirirken birbirleri arasında da malzeme geçişleri olmaktadır. Yani, istasyonlar kendine düşen görevi yaptıktan sonra, ilgili yapıyı ilgili istasyona göndermektedir. Tablo 2, çift dip bloğunun üretiminde görev alacak olan istasyonların birbirleri arasındaki malzeme akış ilişkisini göstermektedir. Örneğin, I1 kenar kesim istasyonundan çıkan yapı, I2 kenar temizleme ve taşlama istasyonuna, I2’den çıkan yapı ise I3 panel imalat istasyonuna gitmektedir.

Tablo 2. İstasyonlar arasındaki malzeme akış ilişkisi

Nereden	Nereye
I1	I2
I2	I3
I3	I4
I4	I5
I5	I6
I6	I7
I7	I8
I8	I9
I9	I16
I10	I5, I11, I13, I16
I11	I14
I12	I7, I13, I14, I15, I16
I13	I7, I14
I14	I16
I15	I14, I16

Uygulama adımları

1. Adım: Konunun seçilmesi (kalite çemberi): Burada seçilen problem “çift dip bloğu üretim süresinin kısaltılması” problemidir.

2. Adım: Konunun seçilme nedenleri: Belirtilen problemin neden seçildiğini gösteren maddeler şunlardır:

- Hızlı gemi teslimatı yapmak,
- Blok montaj sahasını hızlı tahliye etmek,
- Yıllık gemi üretim sayısını artırmak,
- Ciro artışı,
- Rekabet gücünü artırmak.

3. Adım: Kalite kontrol ekibinin oluşturulması: Bu çalışmada, yukarıda belirtilen problem, bu çalışmayı yapan araştırmacı ve modelleme ile ilgili verilerin toplandığı tersanedeki çalışma grubu tarafından çözülmüştür.

4. Adım: Balık kılçığının oluşturulması: Balık kılçığı diyagramında, 1. adımda belirlenen probleme neden olabilecek ana sebepler belirlenmeye çalışılmıştır. Çevrim süresinin uzun olmasına neden olabilecek problemlerin, blok montaj istasyonu (I16), pres istasyonu (I15), jig istasyonu (I14), nest kesim istasyonu (I12), profil kesim istasyonu (I10) ve panel hattını oluşturan istasyonlardaki gecikmelerden kaynaklanabileceği

düşünülmüştür. Dolayısıyla, balık kılçığı diyagramını bu sebepler oluşturmaktadır.

5. Adım: Mevcut durum analizi: Mevcut durumun detaylı proses analizi sonucunda her bir iş istasyonu için istasyon bitiş süreleri belirlenmiştir. Tablo 3’te, her bir istasyonun istasyon bitiş süresi görülmektedir.

Tablo 3. Mevcut durum istasyon bitiş süreleri

İstasyon adı	İstasyon bitiş sür.(dk)
Kenar kesim (I1)	190
Kenar temizleme ve sıralama (I2)	203
Panel imalat (I3)	(P01: 369) (P02: 253)
Panel kesim (I4)	(P01: 227) (P02: 129)
Profil punto kaynak (I5)	(P01: 175) (P02: 197)
Profil gazaltı kaynak (I6)	(P01: 215) (P02: 199)
Seksiyon punto kaynak (I7)	501
Seksiyon gazaltı kaynak (I8)	660
Panel hattı sonu taşlama (I9)	(P01: 85) (P02: 14)
Profil kesim (I10)	410
Profil eğim (I11)	350
Nest kesim (I12)	653
Ön imalat 1 (I13)	448
Ön imalat 2 (I13)	632
Jig (I14)	1522
Saç eğim (pres) (I15)	1317
Blok montaj (I16)	2196

6. Adım: Mevcut durumun değerlendirilmesi ve kritik istasyonun belirlenmesi: Mevcut durum değerlendirilirken Arena simülasyon programından elde edilen verilerden yararlanılmıştır. İstasyonlar ve istasyonlar arasındaki ilişkiler söz konusu program ile modellenmiş ve kuyruk süreleri ve belirli bir çalışma süresi sonucu üretilen blok sayısı verileri elde edilmiştir. Tablo 4’e bakıldığında, I16 blok montaj istasyonu önünde kuyruklar meydana geldiği görülmektedir. Do-

layısıyla, kritik istasyon I16 blok montaj istasyonudur. Mevcut durumdaki üretim sistemi 720 saatlik çalışmanın sonucunda, 18 adet blok üretecektir. Bunun anlamı, mevcut durumda her 40 saatte bir (2400 dk) çift dip bloğu üretimi yapıldığıdır.

Tablo 4. Mevcut durum kuyruk özet tablosu

İstasyon Adı	Bekleme Süresi (saat)
Kenar Kesim (I1)	6.78
Pah Açma ve Taşlama (I2)	22.86
Panel İmalat (I3)	240.51
Panel Kesim (I4)	0.00
Profil Punto Kaynak (I5)	0.17
Profil Gazaltı Kaynak (I6)	0.15
Seksiyon Punto Kaynak (I7)	0.00
Seksiyon Gazaltı Kaynak (I8)	7.88
Panel Hattı Sonu Taşlama (I9)	0.05
Profil Kesim (I10)	18.45
Profil Eğim (I11)	0.00
Nest Kesim (I12)	122.56
Ön İmalat (I13)	56.67
Ön İmalat2 (I13)	24.45
Jig (I14)	286.13
Pres (I15)	177.07
Blok Montaj (I16)	314.1

7. Adım: Mevcut durum üzerine öneriler: Mevcut durum incelendiğinde, kritik istasyonun I16 blok montaj istasyonu olduğu görülmüştür. Dolayısıyla yapılacak değişikliklerin bu istasyondan başlaması gerekmektedir. Çünkü, darboğaz teorisine göre, sistem üzerinde yapılacak iyileştirmelerin, darboğaza neden olan istasyon üzerinde yapılması gerekmektedir. Darboğaz teorisinin burada kullanılan ilkesi, “akışı dengele, kapasiteyi değil” ilkesidir.

a. Teçhiz montajlarının:

a.1. Panel kesim (I4) istasyonunda yapılması;

- P01 tanktop paneli üzerine 4 adet manholün montajı ve bir tarafının kaynak işleminin bitirilmesi,
 - P02 dış kaplama paneli üzerine 2 adet lavra tapasının montajı ve bir tarafının kaynak işleminin bitirilmesi,
 - P02 dış kaplama paneli üzerine 6 adet tutyanın montajı,
 - 1 adet punto kaynak, 2 adet gazaltı kaynak ve 2 adet taşlama motoru ilavesi.
- a.2. Ön imalat istasyonunda (I13) yapılması;
- 3 adet merdivenin ilgili seksiyonlara montajı,
 - 32 adet tutyanın ilgili seksiyonlara montajı,
- a.3. Blok montaj istasyonunda (I16) yapılması;
- Blok ters durumdayken 1 adet merdivenin montajı,
 - Blok ters durumdayken 2 adet lavra tapası kaynak işlemlerinin tamamlanması,
 - Blok düz durumdayken 4 adet manholün kaynak işlemlerinin tamamlanması,
 - Blok düz durumdayken 20 adet konteyner dablinginin montajı,
 - Blok düz durumdayken 2 adet sintine kuyusu montajı,
 - Blok düz durumdayken 4 adet tutyanın montajı.
- b. Boru montajlarının:
- Ön imalat istasyonunda (I13) üretilen modüle 26 adet boru sisteminin montajı,
 - Jig istasyonunda (I14) üretilen kutu bloklara 9 adet boru sisteminin montajı,
- c. Boru montajlarının yapılabilmesi için, ön imalat istasyonunda (I13) modül üretiminin yapılması,
- d. Blok montaj istasyonunda (I16) teçhizat montajları ile çelik tekne montaj işlemlerinin birbirlerine paralel olarak yürütülmesi,
- e. Blok montaj istasyonunda (I16), çelik montaj işleminde, gazaltı kaynakçı sayısı 14'ten 16'a, punto kaynakçı sayısı 14'ten 16'a çıkarılacaktır. Punto kaynak ve gazaltı kaynak işlemlerini aynı işçiler yapacaktır. Ekipman sayıları da aynı şekilde artırılabilecektir. Gazaltı kaynak makinesi sayısı 14'ten 16'a, punto kaynak makine sayısı 14'ten 16'a çıkarılacaktır.
- f. Seksiyon punto kaynak istasyonunda (I7) seksiyon montajı yerine modül montajı yapılacaktır.

8. Adım: Önerilerin mevcut sisteme yansıtılması (yeni durum'un elde edilmesi): Mevcut durum üzerinde yapılan önerilerden; panel kesim (I4), seksiyon punto kaynak (I7), ön imalat (I13), jig (I14) ve blok montaj (I16) istasyonları etkilenmektedir. Tablo 5'te, yeni durumda, her bir istasyonun istasyon bitiş süresi verilmiştir.

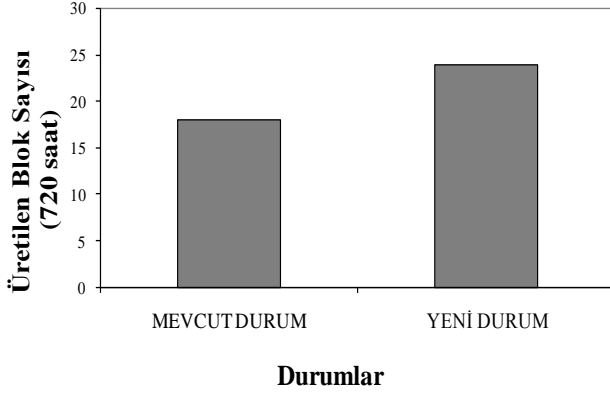
Tablo 5. Yeni durum istasyon bitiş süreleri

İstasyon adı	İstasyon bitiş sür. (dk)
Kenar kesim (I1)	190
Kenar temizleme ve sıralama (I2)	203
Panel imalat (I3)	(P01: 369) (P02: 253)
Panel kesim (I4)	(P01: 306) (P02: 154)
Profil punto kaynak (I5)	(P01: 175) (P02: 197)
Profil gazaltı kaynak (I6)	(P01: 215) (P02: 199)
Seksiyon punto kaynak (I7)	284
Seksiyon gazaltı kaynak (I8)	660
Panel hattı sonu taşlama (I9)	(P01: 85) (P02: 14)
Profil kesim (I10)	410
Profil eğim (I11)	350
Nest kesim (I12)	653
Ön imalat 1 (I13)	621
Ön imalat 2 (I13)	632
Jig (I14)	1634
Saç eğim (pres) (I15)	1317
Blok montaj (I16)	1073

9. adım: Yeni Durum'un değerlendirilmesi: Yeni durum değerlendirilirken Arena simülasyon programı kullanılmıştır. Yeni durum'da üretim sistemi 720 saatlik çalışmanın sonucunda, 24 adet blok üretmektedir. Bunun anlamı, Yeni Durum'da her 30 saatte bir (1800 dk) çift dip bloğu üretimi yapıldığıdır.

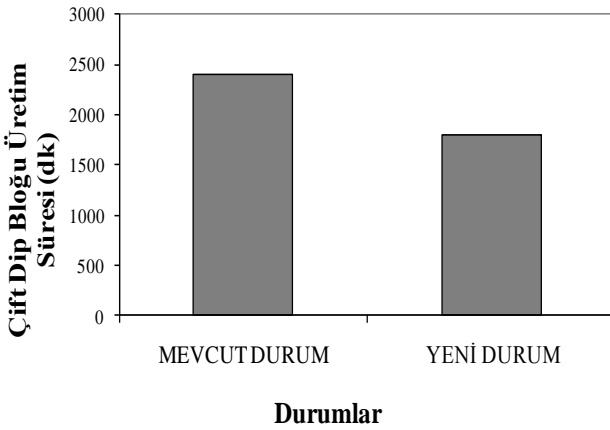
10. adım: Mevcut Durum ve Yeni Durum'un karşılaştırılması: Şekil 2, Mevcut Durum ve Yeni Durum'da, 720 saatlik çalışma süresinde kaç

adet blok üretimi yapıldığını göstermektedir. Buna göre, mevcut üretim sisteminde, 18 adet blok, Yeni Durum'da ise 24 adet blok üretilmektedir.



Şekil 2. Mevcut Durum ve Yeni Durum'da üretilen blok sayısı

Şekil 3, Mevcut Durum ve Yeni Durum'da, 720 saatlik çalışma süresinde, bir adet çift dip bloğunun ne kadar sürede üretildiğini göstermektedir. Mevcut Durum'da bir adet çift dip bloğu 2400 dk'da, Yeni Durum'da ise 1800 dk'da üretilmektedir.



Şekil 3. Mevcut durum ve yeni durum'da çift dip bloğu üretim süresi

Sonuç ve öneriler

Bu çalışmanın sonucunda, mevcut sistem üzerinde, darboğaza neden olan istasyon yani blok montaj istasyonu baz alınarak bazı değişiklikler yapılmıştır. Yapılan bu değişiklikler ana hatlarıyla, teçhiz montaj işlemlerinin kısmen önceki istasyonlarda yapılması, boru montaj işlemleri-

nin tamamının önceki istasyonlarda yapılması ve buna bağlı olarak modül imalatının yapılması olarak belirtilebilir. Yapılan simülasyon çalışmalarına göre, mevcut sistem, 720 saatlik çalışma süresinde 18 adet blok üretmektedir. Yapılan değişikliklerin, mevcut sistem üzerine yansıtılmasıyla elde edilen Yeni Durum'da ise, yine aynı çalışma süresinde yani 720 saatte, sistem 24 adet blok üretmektedir. Dolayısıyla, ön teçhiz ve ön boru montaj işlemleri ve bunlarla birlikte yapılan değişiklikler sistem üzerinde yaklaşık %33'lük bir iyileştirme sağlayacaktır. Bir diğer ifadeyle, teçhiz ve boru montaj işlemlerinin tamamının blok montaj sahasında ve seri olarak yapılması yerine, ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin önceki istasyonlarda yapılması sistem çıktısının artmasına neden olmaktadır. Bir çift dip bloğu üretim süresine bakıldığında, mevcut durumda her 2400 dk'da bir çift dip bloğu üretilirken, Yeni Durum'da her 1800 dk'da bir sistem bir blok üretecektir.

Sonuç olarak, bu çalışmada, ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin uygulanmasının teorik olarak tersanelere kazandırdığı fayda gösterilmiştir. Ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin uygulanması bloğun daha kısa sürede üretimini sağlayacak, bir diğer ifadeyle belirli bir süre içerisindeki blok üretim miktarı artacaktır. Bu sonuçlara göre tersanelerin bu uygulamaları fiili olarak hayata geçirmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Aggarwal, S.C., (1985). Special reports: MRP, JIT, OPT, FMS, *Harvard Business Review*, 8-16.
- Blasdale, S., (2004). From theory to practise: Kaizen and The Academy of the Pacific Rim, *Journal of Education*, **185**, 2, 1-10.
- Bookman, A.C., (1985). Toward more-productive naval shipbuilding-results of an assessment by the national research council, *Journal of Ship Production*, **1**, 3, 157-161.
- Çetin, A., (2000). Süreç geliştirme siparişten sevkiyata makro süreç uygulaması, *Yüksek lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, B., (1998). Süreç öz değerlendirmesi için bir model önerisi, *Yüksek lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DiBarra, C., (2002). 5S-A tool for culture change in shipyards, *Journal of Ship Production*, **18**, 3, 143-151.

- Eker, E., (1999). Proses iyileştirme kavramının boya prosesine uygulanması, *Yüksek lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Frankel, E.G., (1985). Impact of technological change on shipbuilding productivity, *Journal of Ship Production*, **1**, 3, 174-183.
- Friesner, D., (2009). How to improve patient satisfaction when patients are already satisfied: A continuous process improvement approach, *Hospital Topics: Research and Perspectives on Healthcare*, **87**, 1, 24-40.
- Gebhardt, L. ve Jarvis, R., (2003). Productivity improvement at the SENESCO Shipyard, *Journal of Ship Production*, **19**, 3, 187-193.
- Goldratt, E.M. ve Cox, J., (1992). *The goal: A process of ongoing improvement*, Second Revised Edition, North River Pres, Great Barrington.
- Hardwick, M., Kassel, B., Crump, B. ve Garret, S., (2005). Improving shipyard manufacturing processes using STEP-NC, *Journal of Ship Production*, **21**, 3, 170-176.
- Hummer, J. ve Daccarett, C., (2009). Improvement in prescription renewal handling by application of the lean process, *Nursing Economics*, **27**, 3, 197-201.
- Inozu, B., Niccolai, M.J.N., Whitcomb, C.A., MacClaren, B., Radović, I. ve Bourg, D., (2006). New horizons for shipbuilding process improvement, *Journal of Ship Production*, **22**, 2, 87-98.
- Jacobs, F.R., (1985). OPT Uncovered: Many production planning and scheduling concepts can be applied with or without the software, *New Approaches to Material Flow and Inventory Control*, Indiana University, USA.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P. ve Sturrock D.T., (1998). *Simulation with Arena*, Third edition, McGraw-Hill, Boston.
- Larson, T. ve Tice, J., (2005). Lean and EMS integration workshop, Environmental Technologies, Ship Production Panels, USA.
- Middleton, N.T., (1996). Applying the continuous improvement process to engineering design in the laboratory, IEEE, *Division of Engineering*, Colorado School of Mines, USA, 1429-1433.
- Odabaşı, A.Y., Alkaner, S., Ölçer, A. ve Sukas, N., (1997). Reengineering of small and medium-sized ship production facilities: An example for Turkish Shipbuilding industry, *Journal of Ship Production*, **13**, 1, 8-15.
- Odabaşı, A.Y., Kafalı, K., Alkaner, S. ve Odabaşı, B., (1993). Marmara tersanesinin genişleme programının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi, Sözleşme Raporu, İstanbul.
- Özdemir, D., (2006). Süreç analizi: Bir metalurji firmasında inceleme, *Yüksek lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pamir, G., (1997). Süreç yönetimi ve bir süreç geliştirme uygulaması, *Yüksek lisans tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Santella, R., (1989). The role of test in a “continuous improvement” environment, *International Test Conference*, GenRad Inc., 304-308.
- USA Department of Defence, (2006). Continuous Process Improvement Transformation Guidebook, Washington.
- Tiryakioğlu, S., (2009). Kaizen felsefesi. <http://www.businews.eu/icerik.aspx.?ID.>, (Nisan 2009).
- Imai, M., (1998). Kaizen: Japonya'nın rekabetteki başarısının anahtarı. <http://www.scribd.com>, (Mayıs, 2008).