

KİTLE ÜRETİMİNDEN YALIN ÜRETİM SİSTEMİNE GEÇİŞ SÜRECİ: BİR LASTİK FİRMASINDA UYGULAMA

Buket KAZICIOĞLU¹, Harun Reşit YAZGAN²

¹Arabacıalanı Bahçekent Sitesi A3/4, 54100 Serdivan, Sakarya

²Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya

buketkazicioglu@hotmail.com, yazgan@sakarya.edu.tr

Geliş Tarihi: 14 Ağustos 2008; Kabul Ediliş Tarihi: 21 Aralık 2009

Bu makale 2 kez düzeltilmek üzere 239 gün yazarlarda kalmıştır.

ÖZET

Yalın üretimin amacı yedi büyük günah olarak görülen israfları tanımlayıp ortadan kaldırmak ve hammadde ile bitmiş ürün arasındaki süreyi kısaltmaktır şeklinde açıklanabilir. Sonucunda ise maliyetlerin azaltılması ve kalitenin artırılması beklenir. Bu çalışma, işletmelerin yalın üretime geçişte izleyebilecekleri yeni bir Yalın Üretim Yol Haritası önermekte ve bunun bir lastik firmasındaki uygulamasını aktarmaktadır. Birçok işletmede olduğu gibi yalın üretim uygulamalarında yapılan yanlışların başında, bir kültür değişimi sağlamadan salt yalın üretim araçlarını kullanarak iyileşme sağlamaya çalışmak gelmektedir. Yalın üretim uygulayan Japon firmalarında sistemleri çalışarak, iletişim kurarak, sorunlar çözerek geliştirenler insanlardır. Önerilen yol haritasına göre yalın üretime geçiş süreci üç aşamada ele alınmıştır. Birinci aşama, darboğaz ve israfların belirlenmesi; ikinci aşama, israfları ortadan kaldırmak için iyileştirme planlarının oluşturulması; üçüncü aşama, kültür değişimi ile iyileştirme planlarının gerçekleştirilmesinden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yalın üretim, sürekli iyileştirme, değer akış haritalama, 6 Sigma, imalat hücresi

A CONVERSION PROCESS FROM MASS MANUFACTURING TO LEAN MANUFACTURING: A CASE STUDY AT A TIRE MANUFACTURING PLANT

ABSTRACT

Lean manufacturing is about identification and elimination of seven wastes and reduction in total lead time which takes to complete the process tasks. This study presents a new Road Map for Lean Transformation, and an application of it at a tire manufacturing plant. In many lean applications, the main mistake can be seen as just implementing some lean tools without providing a cultural change. In companies implementing lean manufacturing in Japan, it is the people who bring the system to life: working, communicating, resolving issues, and growing together, by encouraging and supporting. The proposed road map is discussed in three stages. The first stage is identification of bottlenecks and waste, the second stage is elimination of waste and creation of an improvement plan, the third stage is realization of cultural change through implementation of the improvement plan.

Keywords: Lean manufacturing, continuous improvement, value stream mapping, 6 Sigma, manufacturing cell

* İletişim yazarı

1. GİRİŞ

Yalın üretim veya yalın, mevcut süreç içinde değer katmayan bütün faaliyetleri ortadan kaldırmak için liderlik felsefesinin, yönetim sisteminin ve istatistiksel metotların/araçların birbiriyle bütünleştirilmesidir. Bazı kişiler, yalın tekniklerin daha çok maliyet azaltma konusuyla ilgili olduğunu düşünse de aslında bunlar, temin süreleri ile pazara sunma sürelerini kısaltarak, kaliteyi iyileştirerek ve müşterilere istedikleri ürünleri istedikleri zamanda sunarak, maliyetleri azaltmanın uygulanabilir yöntemlerini sunar (Womack ve Johns, 1996).

Yalın, aslında iki önemli olaydan sonra ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki 2. Dünya Savaşı'ndan sonra Japonya'nın durumudur. Japonya o zamanlarda tamamen harap olmuş, çok az kaynakla kalmıştı. Ne diğer endüstrileşmiş ekonomilerin maliyetleri ile rekabet edebilecek düzeydeydi ne de kalite düzeyi toplu üretime uygundu. Aynı zamanda modern donanımlara yatırım yapacak kadar yeterli finans kaynağı mevcut değildi. Japon üreticiler ne yapacaklarsa sahip oldukları çok az şeyle yapmak zorundaydılar. Bu güçlü engellere rağmen yalın için gerekli koşulları sağladılar.

İkinci olay ise birçok yalın metodu geliştiren Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno ve Shigeo Shingo'nun öncü düşünceleriydi. Onların düşük teknoloji, akış sistemleri ve israfın yok edilmesi üzerlerine odaklanmaları 1945'ten 1975'e kadar olan süreçte Toyota Üretim Sistemini (TÜS) geliştirdi. 1990 yılında yayımlanan, James Womack'ın *Dünyayı Değiştiren Makina* adlı kitabı, TÜS veya türevlerini kapsayan yalın üretimi popüler hâle getirdi. TÜS'nin diğer isimleri arasında esnek, hücresele, tek tek, çekme, eşzamanlı, talep üzerine üretim bulunmaktadır. Ayrıca bütün sistemin olmasa da TÜS'nin elemanları olan *just-in-time* (tam zamanında) veya *kaizen* (sürekli iyileştirme) de kullanılan isimler arasındadır.

Yüzlerce organizasyon, TÜS'nin kendilerine uyarlanması ve yeni metotlarla araçlar geliştirme üzerinde çalışmaktadır. Böylece yalın üretim sürekli evrim geçirmektedir (Kaufmann Global, 2003). Ancak

çoğu şirket, bir hücre uygulaması, bir çekme sistemi uygulaması veya bir ayarlama süresi azaltılması uygulamasından öteye gitmemektedir. Bu, gerçek TÜS'nin gücünü anlamamaktan kaynaklanmaktadır (Liker, 2004).

Literatürde TÜS'ni açıklayıcı birçok çalışma bulmak mümkündür. Ancak yalın üretim uygulamalarını bütün boyutlarıyla ele alıp kazançlarını ortaya koyan çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Crute, Ward, Brown ve Graves (2003), yalın üretimi Boeing firmasında uygulamaya çalışmışlar ve yönetsel zorluklarla nasıl başa çıkacaklarına dair çeşitli çözüm önerileri sunmuşlardır. Ahlstrom (1998), süreç endüstrilerinde yalın üretim uygulama adımları üzerine araştırmalar sunmuştur. Shah ve Ward (2003), 22 adet yalın üretim örneğini incelemiş ve uygulamaların, şirketlerin büyüklük ve endüstri tipine göre ne kadar farklılaştığını ortaya koymuşlardır. Herron ve Hinks (2008), araştırmalarda yönetim desteği ve değişim ajanlarının kabiliyetlerinin uygulama başarısındaki etkilerini istatistiksel verilerle ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu çalışma, yalın üretim adımlarından bazıları üzerine uygulamalı örnekler de içermektedir. Abdulmalek ve Rajgopal (2007)'e göre Değer Akışı Haritalama (*Value Stream Mapping - VSM*), çeşitli yalın tekniklerini uygulamak için kazanç fırsatlarını ortaya koyan bir araçtır. Araştırmalarında bunu uygularken önce ve sonra senaryolarını görmek açısından bir benzetim modeli tanımlamışlardır. Aynı şekilde yalın araçlarından Kanban, *SMED* ve diğerleri üzerine benzer çalışmalar bulmak mümkündür.

Lastik sektöründe bir yalın uygulama çalışması, kanban uygulaması olarak Mukhopadhyay ve Shanker (2005) tarafından yapılmıştır. Çalışma, kanban sayısını, konteyner büyüklüğünü, uygulama kurallarını ve Kanban ile bir makinanın gün gün çizelgelemesini verilerle ortaya koymaktadır. Uygulamalarında imalat çalışmasının da desteğini almak için ücret politikalarının nasıl düzenlenmesi gerektiği üzerine araştırmaları da bulunmaktadır.

Bu çalışma ise sadece bir yalın üretim aracını değil, çeşitli araçları, uygulama nedenleriyle ve kazançlarıyla ortaya koymaya çalışmaktadır.

2. BASİT TANIMLAR

Süreç Temin Süresi (PLT): Bir ürünün bir sürece gönderilmesinden tamamlanmasına kadar geçen süre

Süreç İçi Stok (WIP): Süreç sınırları içindeki parça, ürün miktarı

Çıkış Oranı (Üretim Miktarı): Bir sürecin belirli bir süre içindeki çıktısı

Kapasite: Bir sürecin sürekli bir zaman dönemi içinde sağlayabileceği (üretebileceği) en fazla ürün (çıkış) miktarı

Darboğaz: Bir sürece en fazla gecikmeyi ekleyen operasyon veya süreç adımı (her süreçte mutlaka bir darboğaz noktası vardır)

Kapasite Sınırlaması: Müşterinin talebini karşılamak için gerekli çıkış oranında üretemeyen bir darboğaz

Bir fabrikada en temel ilişki **Little Yasası** (Little, 1961) olarak bilinir. Buna göre,

$$\text{Süreç Temin Süresi (PLT)} = \frac{\text{Süreç içi stok (WIP)}}{\text{Çıkış Oranı}}$$

Ek olarak, verilen bir parça için,

$$\text{PLT} = \Sigma \text{ Model Değişim Zamanı} + \Sigma \text{ Çevrim Zamanı} + \Sigma \text{ Sıra Zamanı} + \Sigma \text{ Taşıma Zamanı} + \Sigma \text{ Diğer Gecikme Zamanları}$$

olarak hesaplanabilir. Yani değer katan ve değer katmayan sürelerin toplamıdır.

Süreçteki bütün parçalar için PLT'yi, WIP/Çıkış Oranından yaklaşık olarak elde edebiliriz.

Süreç Çevrim Etkinliği (PCE): Süreç içi stokların çıktıya ne kadar etkin dönüştürüldüğünü gösterir (George Group, 2006).

$$\text{Süreç Çevrim Etkinliği} = \frac{\text{Toplam Değer Katan Zaman}}{\text{Süreç Temin Süresi}}$$

3. METODOLOJİ

Ucuz üretim yapan uzakdoğu ülkelerinin küresel rekabete etkisinden en büyük şirketler bile etkilenmektedir. Orijinal Donanım Üreticileri (OEM)'nin, üretim maliyetlerini azaltan, değer katmayan faaliyetlerini ortadan kaldıran, etkili imalat ve stok planlama ile müşteri isteklerine daha etkin cevap verebilecek düzeyde olan şirketleri seçmeleri, bütün lastik üretim şirketlerindeki baskıları iyice artırmıştır (Mukhopadhyay ve Shanker, 2005). Bu hedeflere ulaşmak için bu çalışmanın yapıldığı şirket, ilk defa 2004 yılında geniş çaplı olarak yalın düşüncüyü yaymaya başlamıştır. İmalat ve iş süreçlerindeki her türlü israfı ortaya çıkarmak ve yok etmek için yalın metodolojileri altı sigma inisiyatifine eklenmeye çalışılmıştır. Diğer sürekli iyileştirme araçları da yalın altı sigma alt yapısı ile birleştirilmiştir. Bu ek nokta, pazar hâkimi olma yolunda müşterinin istediği ürün ve hizmeti vermek için önemli bir adım olmuştur.

Çalışmada, klasik yalın üretim yol haritaları yerine yeni bir yöntem önerilmektedir. İşletmelerin yalın üretimi uygulama süreçlerinde izleyebilecekleri yol haritası Şekil 1'deki gibi ortaya çıkmıştır.

Geleneksel imalat sistemleri çok fazla süreç içi stok ile çalışarak temin süresinin uzamamasını sağlamaya çalışır. Çünkü bu tür imalat ortamlarında darboğazların nerelerde olduğu bilinmez. Her imalat ortamında her zaman bir adet darboğaz noktası vardır. Süreç içi stoklar azaltılırsa darboğaz noktasında imalat kesintiye uğrayabilir.

Yalın üretimin stratejik düzeydeki araçlarıyla (değer akışı haritalama, darboğaz noktası analizi) ilk olarak darboğaz noktası belirlenmelidir. Ardından darboğaz noktasındaki israflar belirlenerek yalın üretimin sunduğu taktiksel araçlarla (hücre sistemi, çekme sistemi, SMED, kaizen, 5S, *poke yoke*, toplam verimli bakım (TPM) vb.), kaizen çalışmaları kapsamında, değer katmayan faaliyetler yok edilmelidir. Bu şekilde hem basit değer katmayan faaliyetlerden kurtulmak, hem de çalışanların katılımı yoluyla değişime daha çabuk uyum göstermelerini sağlamak mümkün olur. Ancak daha sonra, müşteri talebini karşılamada daha da etkin olmak için, çevrim süreleri üzerine odaklanılmalıdır.



Şekil 1. Önerilen Yalın Üretim Uygulama Yol Haritası

Kaizen, çalışan katılımını sağlayarak sürekli iyileştirme için yapılan küçük iyileştirmeler anlamına gelir. Kaizen çalışmalarının amacı, atölyede çalışanlar ile yöneticiler arasındaki köprüyü yıkararak, basit değer katmayan faaliyetleri, işi yapan insanların yok etmesini sağlamaktır. Böylece işi yapan insanlar üzerinde yalın üretimi uygularken oluşabilecek tepkiler tamponlanmış olur. Kültür değişimi bu şekilde sağlanmaya başlanır.

Altı sigma ile daha uzun sürecek, aynı zamanda istatistiksel araştırma gerektiren çalışmalar yapılarak bu düzen, yalın üretim sistemleriyle bütünleştirilir. Böylece bütün işletmelerin hedeflediği yalın altı sigma seviyesine ulaşmak mümkün olabilir.

4. DARBOĞAZ VE İSRAFLARIN BELİRLENMESİ

Bu aşamada değer akışı haritalama yöntemi kullanılmıştır. Değer akışı, her ürün/hizmet için hammaddeden müşteriye malzeme/bilgi akışı ve tasarımdan seri üretime kadar olan akış boyunca katma değer yaratan/yaratmayan faaliyetlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Rother ve Shook, 1999). Değer akışı haritaları ile, yol üzerinde katma değer

yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve değerin kesintisiz akışının sağlanması için nelerin yapılması gerektiği daha iyi ortaya çıkmaktadır. Değer Akış Haritası süreçlerin tanımlanmasına, sadece israf alanlarının değil onların kaynaklarının görülmesine ve dikkatin akış üzerine odaklanmasına yardımcı olan bir tekniktir.

4.1 Ürün Ailesi Seçimi

İlk aşamada, ürün aileleri tanımlanır. Bir ürün ailesi, benzer süreç adımlarından geçen ve özellikle üretimin son aşamalarındaki süreçlerde ortak ekipman kullanan ürünler grubudur (Rother ve Shook, 1999). Uygulanan örnekte ürün karmaları temelde ikiye ayrılmaktadır. Ürün ailesi olarak üretimin %95'ini oluşturan yolcu araçlarında kullanılan lastikler belirlenmiştir. %5'lik traktör, kamyon ve otobüs lastikleri, süreçleri ve süreleri diğer yolcu lastiklerinden çok farklı olduğu için bu grubun dışında bırakılmıştır.

4.2 Veri Toplama

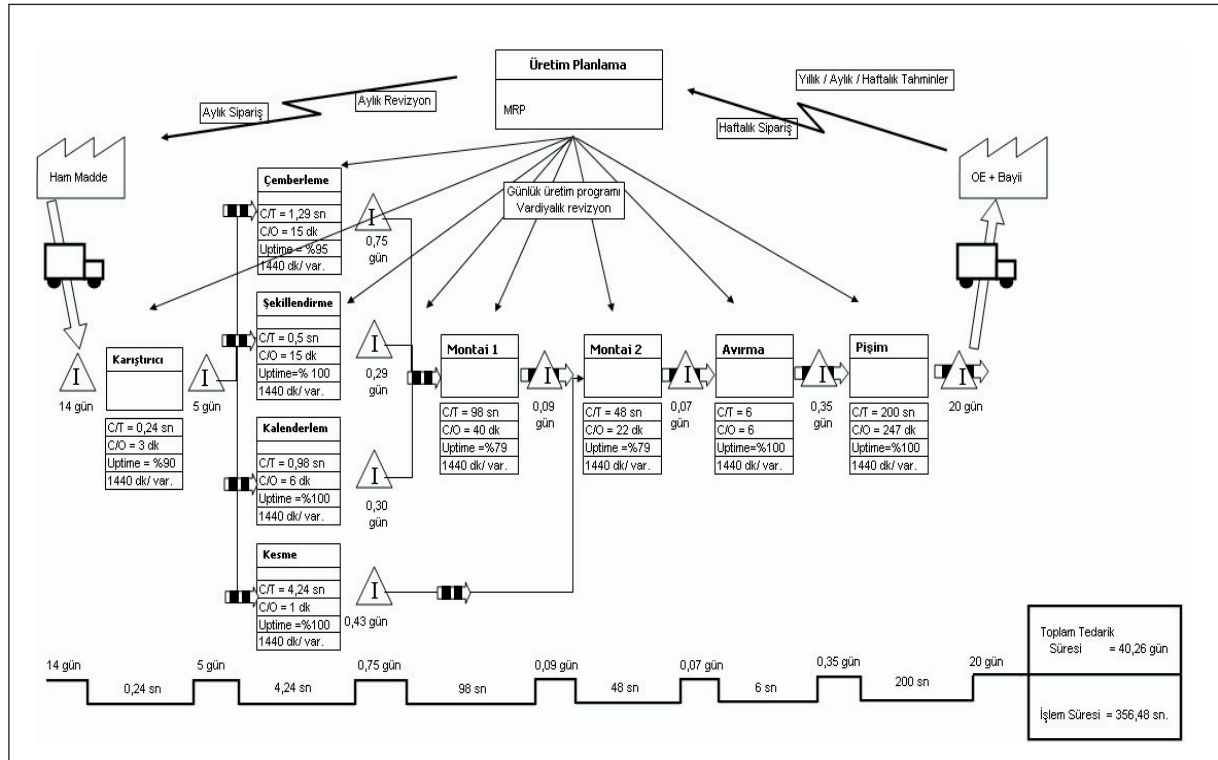
Bu aşamada, mevcut süreç etkinliğini ortaya koymak için, temin süresi, değer katan zamanlar ve kapasite kullanımları hesaplarını gerçekleştirilmede Tablo 1'deki verilerin toplanması yararlı görülmüştür.

noktaları gösterirken, gelecek durum için üretimi tetikleyecek tempo belirleyici sürecinin seçilmesine de yardımcı olur. Akış oluşturulurken satış, imalat ve satın alma çalışanlarının katılımı gerekmektedir.

Planlama bölümünden gelen sayım ve program bilgileri, Şekil 2'deki akışta gösterilen itme sisteminin (MRP) her aşamada etkili olduğunu göstermiştir.

4.4 Mevcut Durum Haritasının İncelenmesi

Şekil 3'te gösterilen mevcut durum haritasından aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.



Şekil 3. Mevcut Durum Haritası

1. Hiçbir aşamada sürekli akış mevcut değildir.
2. Paralel süreçler arasında darboğaz noktası 0,75 gün ile çemberleme sürecidir.
3. Değer katan sürelerin toplamı, mevcut durum haritasındaki ilgili çevrim sürelerinin toplamı olan $0,24 + 4,24 + 98 + 48 + 6 + 200 = 356,48$ sn'dir.
4. Değer katan ve değer katmayan sürelerin toplamı, toplam PLT'dir.

$$14 + 5 + 0,75 + 0,09 + 0,07 + 0,35 + 20 = 40,26 \text{ gün (değer katmayan süreler)}$$

$$356,48 \text{ sn} = 0,0041 \text{ gün (değer katan süreler)}$$

$$\text{Toplam PLT} = 40,2641 = 40,26 \text{ gün.}$$

5. Montaj 1 ıskarta oranı %4,9 ile oldukça yüksektir ve iyileştirilmesi gerekmektedir.
6. İşletme kârını en çok etkileyen kısım, 20 günlük temin süresi ile bitmiş ürün stok alanı olarak görülmektedir.
7. Pişim model değişim zamanı 247 dk ile oldukça yüksektir ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

5. İYİLEŞTİRME PLANLARININ OLUŞTURULMASI

Gelecek duruma karar verirken aşağıdaki noktaların göz önüne alınması gerekmektedir.

1. Müşterinin ürünü nereden çekeceğine, yani bitmiş ürün süpermarketi oluşturma veya doğrudan sevkiyat yapma stratejilerine karar verilmelidir.

2. Takt zamanı, yani müşterinin ürünü isteme temposu belirlenmelidir.
3. Sürekli akışın nerelerde mümkün olduğuna karar verilmelidir.
4. Sürekli akışın mümkün olmadığı noktalarda süpermarket çekme sisteminin kurulması gerekmektedir.
5. Hangi noktanın çizelgelenmesi gerektiği, yani müşterinin ürünü çektiği ve diğer üretim noktalarını tetikleyen tempo belirleyici sürece karar verilmelidir.
6. Tempo belirleyici süreçteki ürün karmasına karar verilmeli ve seviyelendirilmelidir.
7. Tempo belirleyici sürece hangi miktarlarda ve zaman aralığında ürün gönderilip çekileceği belirlenmelidir.
8. Ne tür iyileştirmelerle uygulamaların desteklenmesi gerektiğine karar verilmelidir. (Rother ve Shook, 1999; Smalley, 2004)

5.1 Bitmiş Ürün Süpermarketi mi, Doğrudan Sevkiyat mı?

Bu noktada karar vermek için son bir yıldaki aylık satış rakamları kullanılarak ABC ürün segmentasyonu

analizi uygulanmıştır. Bu analize göre, A grubu ürünleri (%60) en sık, B grubu ürünleri (%20) orta sıklıkta ve C grubu ürünleri (%20) en seyrek ve düzensiz talebe sahip ürünlerdir. Uygulama sonucunda A segmentine 11 ürün, B segmentine 15 ürün ve C segmentine ise 85 ürün girmiştir.

Şirket, her ürün çeşidinden stok tutamayacağı ve süreç yapısı ilk etapta stoksuz üretime uygun olmadığı için bazı ürünleri stoğa ve bazı ürünleri ise siparişe göre üreterek karma bir strateji izlemeye karar vermiştir. Bu noktada hangi üründen bitmiş ürün stoğu tutulacağına ve hangi ürünün siparişe göre üreteceğine karar verilmelidir. Ürün segmentlerine bakıldığında talebi fazla ürünlerden stok tutmak, az olan ürünleri ise siparişe üretmek ilk aşamada en güvenli strateji olarak düşünülmüştür. A ve B segmentleri için bitmiş ürün stoğu, C segmenti için ise siparişe üretim uygun bulunmuştur. A ve B segmentlerindeki ürünler için bitmiş ürün stok seviyesi, ortalama talebi karşılayacak olan çevrim stoğu, talepteki dalgalanmayı karşılayacak olan tampon stok ve süreç güvensizliğini karşılamak için emniyet stoklarının toplamından oluşmaktadır.

Tablo 2. Bitmiş Ürün Stok Seviyeleri

ÜRÜN NO	Günlük Ort. Talep	ÜRETİM ARALIĞI	STANDART SAPMA	HİZMET DÜZEYİ	TEMİN SÜRESİ	Zamanında Teslimat Perf.	% Güvenilirlik	Çevrim Stoğu	Emniyet Stoğu	Tampon Stok	TOPLAM
1	1431	1,00	235	2	0,35	0,70	0,21	1431	226	348	2004
2	1164	1,00	236	2	0,35	0,70	0,21	1164	227	292	1682
3	1003	1,00	281	2	0,35	0,70	0,21	1003	269	267	1539
4	987	1,00	120	2	0,35	0,70	0,21	987	115	231	1334
5	892	1,00	108	2	0,35	0,70	0,21	892	104	209	1205
6	812	1,00	64	2	0,35	0,70	0,21	812	61	183	1057
7	554	1,00	56	2	0,35	0,70	0,21	554	54	128	736
8	520	1,00	100	2	0,35	0,70	0,21	520	96	129	745
9	504	1,00	71	2	0,35	0,70	0,21	504	68	120	692
10	449	1,00	48	2	0,35	0,70	0,21	449	46	104	600
11	384	1,00	55	2	0,35	0,70	0,21	384	52	92	528
12	327	1,00	39	2	0,35	0,70	0,21	327	38	77	441
13	314	1,00	56	2	0,35	0,70	0,21	314	54	77	445
14	278	1,00	96	2	0,35	0,70	0,21	278	92	78	448
15	255	1,00	69	2	0,35	0,70	0,21	255	66	68	389
16	249	1,00	88	2	0,35	0,70	0,21	249	85	70	404
17	230	1,00	78	2	0,35	0,70	0,21	230	75	64	368
18	200	1,00	24	2	0,35	0,70	0,21	200	23	47	270
19	196	1,00	4	2	0,35	0,70	0,21	196	3	42	242
20	195	1,00	55	2	0,35	0,70	0,21	195	52	52	299
21	178	1,00	83	2	0,35	0,70	0,21	178	80	54	312
22	178	1,00	79	2	0,35	0,70	0,21	178	76	53	307
23	173	1,00	29	2	0,35	0,70	0,21	173	28	42	243
24	172	1,00	89	2	0,35	0,70	0,21	172	86	54	312
25	163	1,00	65	2	0,35	0,70	0,21	163	62	47	273
26	146	1,00	43	2	0,35	0,70	0,21	146	41	39	226

Çevrim stoğu: Günlük ortalama talep \times üretim aralığı

Emniyet stoğu: Standart sapma \times hizmet düzeyi \times (temin süresi \wedge (zamanında imalat performansı))

Tampon stok: % Güvenilirlik faktörü \times (çevrim stoğu + emniyet stoğu)

Emniyet stoğu ve tampon stok ile ilgili bu formüller, uygulamaya özgün olarak geliştirilmiştir.

Stok seviyelerinin düşmesi söz konusu olduğundan üretim aralığının doğru hesaplanması önemlidir. Yalın üretim sisteminin önerdiği diğer bir nokta EPEI (*every part every interval*- her ürün numarası her aralık) üretim aralığının belirlenmesidir. İleri düzeyde seviyelendirme hedeflendiğinden her ürün numarasını (A ve B ürün segmentinden) her vardiyada üretmeye karar verilmiştir (işletme toplam 3 vardiya çalışmaktadır). Böylece artık büyük partiler halinde üretim devri kapanmış, daha sık aralıklarda daha az miktarda üretim yapma zamanı gelmiştir. Uygulamada pazarlama bölümünden elde edilen %21'lik güvenilirlik düzeyi kullanılmıştır. A ve B segmentleri için bitmiş ürün süpermarketi stok seviyeleri Tablo 2'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 2'deki istenen toplam stok seviyesi mevcut durumla karşılaştırıldığında neredeyse %70 gibi önemli bir düşüş olduğu görülmektedir.

5.2 Takt Zamanının Hesaplanması

Takt zamanı, müşteri isteklerini karşılamak için satış seviyesine bağlı olarak bir parça veya ürünün hangi sıklıkta üretmeniz gerektiğini belirtir. Vardiya başına kullanılabilir çalışma süresinin, vardiya başına müşteri talebine bölünmesi ile hesaplanır (Rother ve Shook, 1999).

Kullanılabilir çalışma zamanı = 25,200 sn/ vardiya

(8 saat – 60 dk mola = 420 dk = 25,200 sn)

Müşteri talebi = 5000 adet/vardiya

Tempo zamanı = 25,200 / 5000 = 5,04 sn/ adet

5.3 Sürekli Akış Nerelerde Mümkündür?

Bu aşamada,

1. Makina özellikleri
2. Taşıma şartları
3. Yeni teknoloji geliştirme maliyetleri ve yatırım olanakları incelenmektedir.

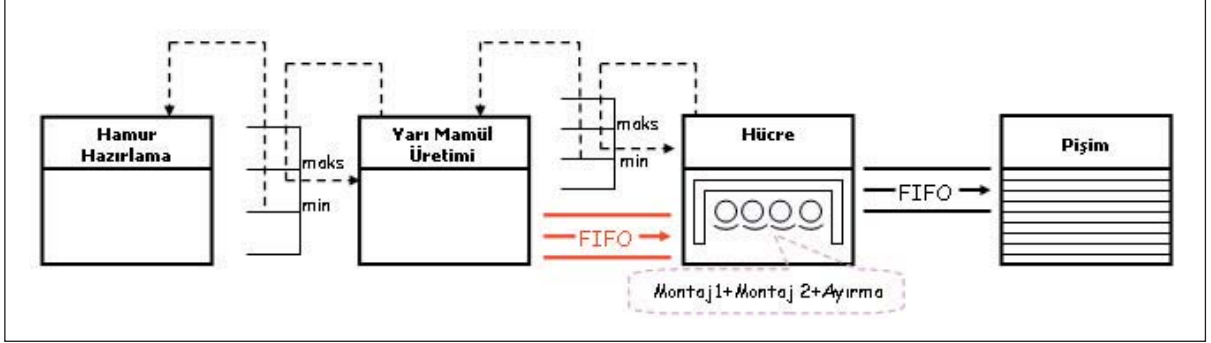
Fabrikada üretim aşamasında yer alan her bir makina tek tek incelenmiştir. İlk olarak karıştırıcı makinası ele alınmıştır. Bu makinanın özelliklerine bakıldığında makinanın kütleli olarak çok ağır olduğu, yer değiştirmeye olanak vermediği görülmüştür. Karıştırıcıdan sonra gelen ve paralel olarak çalışan dört çeşit makina mevcuttur. Bunlar çemberleme, şekillendirme, kalenderleme ve kesme makinalarıdır. Bu makinaların her biri yaklaşık 500 m²lik alan kaplamaktadır. Bu makinaların birleştirilmesi düşünüldüğünde bunların birleştirilmesinin taşıma bakımından mümkün olmadığı görülmüştür. Ayrıca bu dört makinanın üretime yaptığı katkıyı bir makinada sağlayacak teknoloji, şirketin mevcut durumda yatırım maliyetinin karşılanabileceği düzeyde değildir.

Tüm bu şartlar incelendiğinde Montaj 1, Montaj 2 ve Ayırma süreçlerinin birleştirilmesi uygun görülmektedir. Bu şekilde oluşturulacak hücre sistemi firmaya ek bir maliyet oluşturmaz. Makina boyutları taşımaya olanak verdiği için bu konuda da herhangi bir sorun ortaya çıkmamaktadır.

Sonuç olarak, süreçler arasındaki stokları, beklemleri ve taşımaları ortadan kaldırmak için Montaj 1, Montaj 2 makinalarından ve ayırma işleminin yapıldığı bölümden birer hücre oluşturulmasına karar verilmiştir.

5.4 Süpermarket Çekme Sistemlerinin Kurulması

Sürekli akış olarak hücre sistemi oluşturulduktan sonra hücre sisteminin gerisine doğru yarı mamuller için süpermarket çekme sistemi oluşturulması gerekmektedir. Bu sistemin bir gösterimi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Gelecek Durum Çekme Sisteminin Geniş Gösterimi

5.5 Tempo Belirleyici Sürecin Seçilmesi

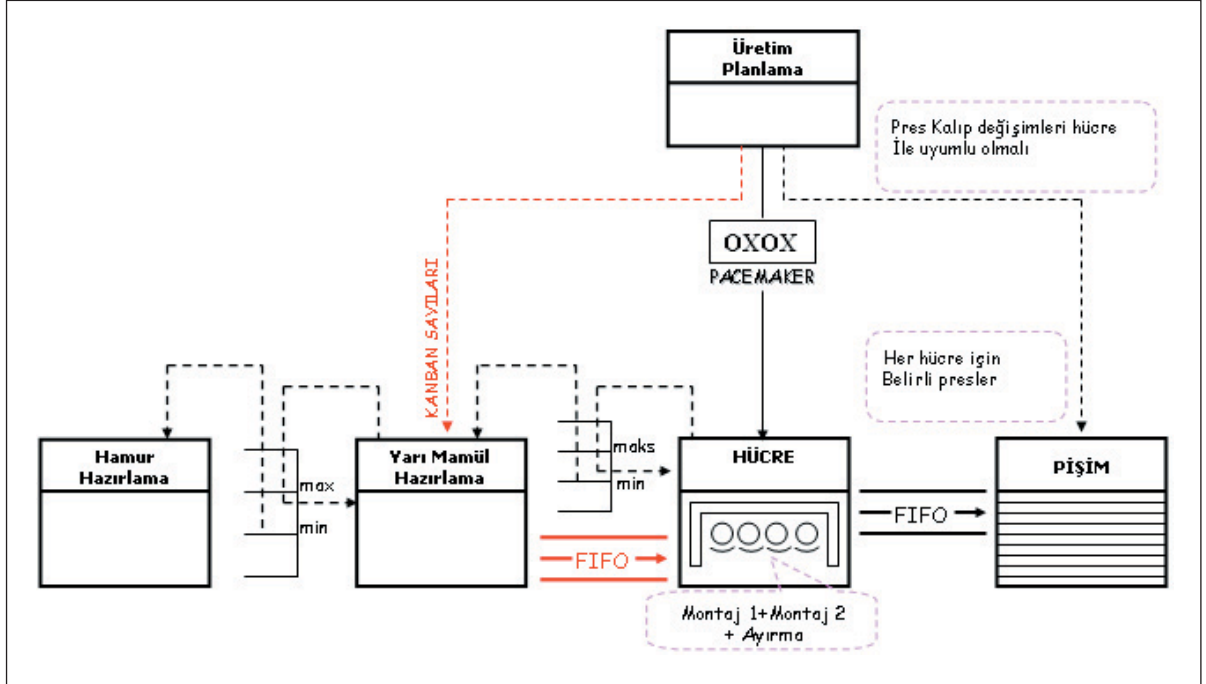
Tempo belirleyici sürecin önemi aşağıdaki sebeplerden kaynaklanmaktadır.

1. Müşterinin ürünleri çekeceği nokta olması,
2. Planlama kısmının çizelgeleme yapacağı tek nokta olması,
3. Bu noktadan geriye doğru çekme, ileriye doğru itme sisteminin etkili olacağı nokta olmasıdır.

Tempo belirleyici süreç olarak, uygulanan örnekte iki seçenek ortaya çıkmaktadır.

1. Hücre (yarı mamullerin birleşme noktası)
2. Pişim (ürünlerin son halini aldığı daha sonra son kontrollerden geçerek ambara ulaştığı üretim noktası)

Her iki süreç için de çizelgeleme yaparken birbirinin kapasitesi ve ürünlerin belirli noktalarda üretilmesi gerektiği göz önüne alındığında karar vermek oldukça zor hâle gelmektedir. Sonuçta her hücre birimi (toplam 21 adet) için bir adet ürün üretilmesi gerektiği (hücre içindeki makinalarda değişik ürünler üretilmeyeceği) ve her hücrenin belirli pişim makinasında (toplam 180



Şekil 5. Gelecek Durum Tempo Belirleyici Süreç Gösterimi

adet) pişmesi gerektiği göz önüne alınarak çizelgeleme yapılmasına karar verilmiştir. Teorik olarak hücre sistemi tempo belirleyici süreç olarak alınmakla birlikte çizelgenin, her iki süreç düşünülerek yapılması gerekmektedir. Gelecek durum tempo belirleyici süreci Şekil 5'te gösterilmiştir.

5.6 Tempo Belirleyici Süreçte Ürün Karmasının Seviyelendirilmesi

Tempo belirleyici süreçte ürün karmasının seviyelendirilmesi, tüm değer akımının ve maliyetin azalmasını sağlayacaktır.

Ürün karması seviyelendirilirken birçok nokta göz önüne alınmaktadır. Elimizdeki mevcut ürün çeşitlerini, o ürünleri üretebileceğimiz hücrelere en uygun şekilde dağıtmak bize istediğimiz sonucu verecektir.

Üretilen ürünleri hücrelere dağıtırken dikkate alınması gereken önemli noktalar şunlardır.

- Her hücre her ürünü üretememektedir. Hücrelerin ve ürünlerin özelliklerine göre her bir hücrede üretilen ürünler belirlenir.
- Hücrelerin kapasiteleri sınırlıdır.
- Günlük çalışma süresi kısıtlıdır.
- Her ürünün kendine ait üretim süresi (çevrim süresi) vardır.
- Hücrenin kapasitesine ve o hücrede üretilen ürünün talebine göre, bir hücrede birden fazla ürün üretilir. Bu durumda üretilen ürünler arasında kalıp değişimi olacaktır.

Tüm bu noktalar dikkate alındığında ürünlerin üretilenleri hücrelere yerleştirilmesi aşaması şu şekilde gerçekleştirilebilir.

1. Öncelikle her bir hücrenin kapasitesi belirlenir.
2. Her bir hücrede üretilen ürünler belirlenir.
3. Bu ürünler yukarıda belirtilen ayrıntılar göz önüne alınarak üretilenleri hücrelere dağıtılır.

Bu aşamalar gerçekleştirilirken karşılaşılan kısıtlar doğrultusunda dört tane olasılık vardır.

1. Ürünün talebi hücre kapasitesinden küçüktür (veya eşittir) ve ürünün üretim zamanı çalışılacak zamandan küçüktür (veya eşittir). Bu durumda o ürün için talep edilen miktar dikkate alınır.
2. Ürünün talebi hücre kapasitesinden küçüktür (veya eşittir) ve ürünün üretim zamanı çalışılacak zamandan büyüktür. Bu durumda üretim için kalan zamandan kalıp değişim süresi çıkarılır ve bu sonuç o ürünün üretim süresine bölünür. Böylece kalan zamana göre üretebileceğimiz ürün miktarı bulunmuş olur.
3. Ürünün talebi hücre kapasitesinden büyüktür ve ürünün üretim zamanı çalışılacak zamandan küçüktür (veya eşittir). Bu durumda o ürün için hücrenin üretebileceği ürün kapasitesi dikkate alınır.
4. Ürünün talebi hücre kapasitesinden büyüktür ve ürünün üretim zamanı çalışılacak zamandan büyüktür. Bu durumda yine o ürün için hücrenin üretebileceği ürün kapasitesi dikkate alınır.

Anlatılan tüm bu kısıtlar ve olasılıklar, hücre

Tablo 3. Örnek Hücre İçin Ürün Karmasının Seviyelendirilmesi Hesabı

Ürün No	Ürün Talebi (1 vardiya)	Vardiya Parti Büyüklüğü	Kalan Kapasite	Çevrim Süresi (dk)	Toplam Çevrim Zamanı (dk)	Kod Değişim Süresi (dk)	Kalan Süre	Üretilmeyen Miktar
1	400	400	650	0.75	300	30	695	0
2	350	350	300	0.71	247	30	418	0
3	200	200	100	0.85	170	30	219	0
4	100	100	0	0.77	77	30	112	0
5	100	0	0	0.72	0	30	82	100
6	150	0	0	0.84	0	30	52	150
1	100	0	0	0.83	0	30	22	100
8	90	0	0	0.83	0	30	22	90

Kullanılan Kapasite	1050
Toplam Kapasite	1050

Toplam Çalışılan Zaman	995 dk
------------------------	--------

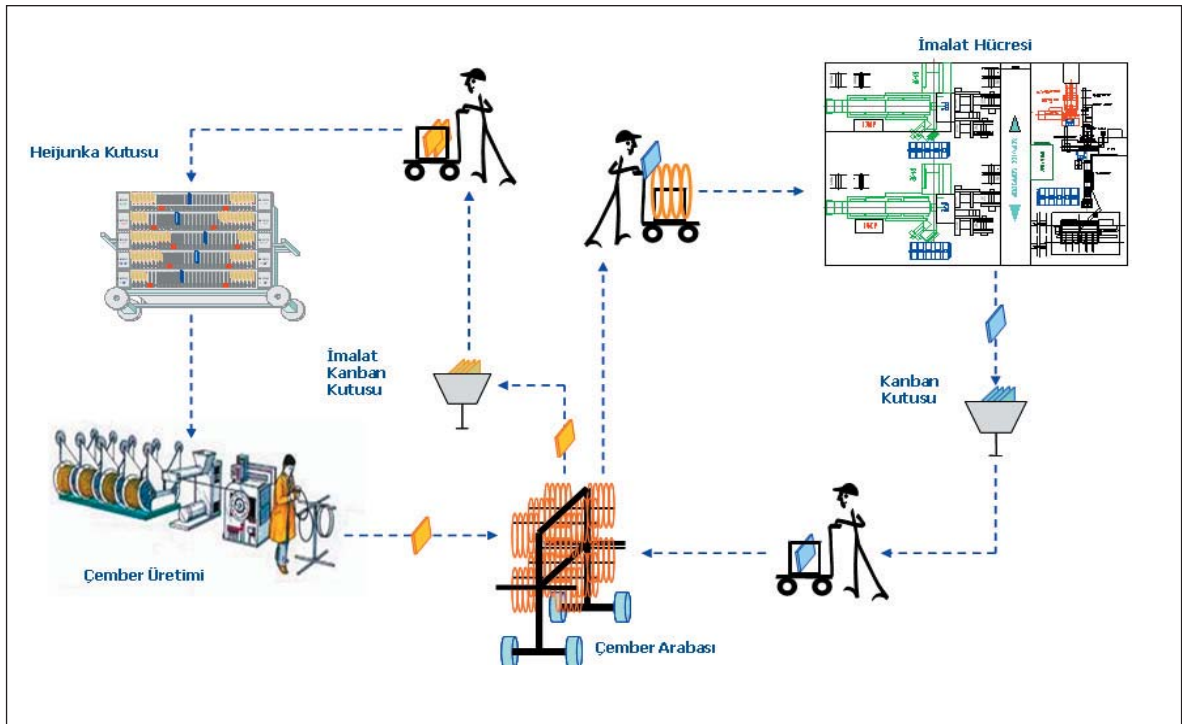
kapasitesini aşmamak amacıyla üretim planına uygulanmıştır. Bununla ilgili olarak 1. hücreye ait plan Tablo 3'te gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

- Ürün Talebi: Günlük ürün talebi/3 (vardiya) dır.
- Parti Büyüklüğü: Hücresinin kapasitesine ve ürünün üretim zamanına göre o vardiyada üretilebilmesi gereken miktardır.
- Kalan Kapasite: Ürünler istenen talep oranında üretildikçe hücrenin daha fazla üretim için kalan kapasitesidir.
- Çevrim süresi: İstenen ürünün bir adedinin üretim süresidir.
- Toplam Üretim Süresi: Ürünün çevrim süresiyle talep miktarının çarpımıdır.
- Model Değişim Süresi: Hücrede birden fazla ürün üretildiğinde üretilecek ürün için kalıp değiştirme süresidir.
- Kalan Süre: Günde çalışılan toplam zamandan üretilen ürün zamanları tek tek çıkarılınca kalan süredir.
- Üretilmeyen Ürün Miktarı: Üründen talep edilen

miktardan o hücrede üretilen miktar çıkarılarak bulunan sonuçtur. Bir üründe üretilmeyen kaldığı zaman, o ürün, onu üretebilecek diğer hücrelere gönderilir.

5.7 Tempo Belirleyici Sürece Hangi Zaman Aralığında Ne Kadar Ürün Gönderilip Çekileceğinin Belirlenmesi

Bu aşamaya kadar montaj hücresi, tetikleyici süreç (tempo belirleyici süreç) olarak seçildi. Ardından vardiyalık üretim miktarları ve ürün karmaları belirlendi. Şimdi ise sıra bitmiş ürünlerin hücreden hangi aralıklarla ve miktarda alınıp süpermarket sahasına transfer edileceğinin belirlenmesine gelmiştir. Bu transfer işlemi sırasında iletişim ve malzeme hareketlerinin düzenlenmesini sağlayan araç kanbandır. Üretimi seviyelendirmek için ise basit bir araç olan *heijunka* kutusu kullanılmıştır. Bu araç, bir sonra hangi ürün numarasının tam olarak ne zaman üretileceğini tamamen açık hâle getirecek şekilde üretim emirlerini – süreç içi kanbanı – görsel olarak dizmek için zaman aralıklarını kullanır.

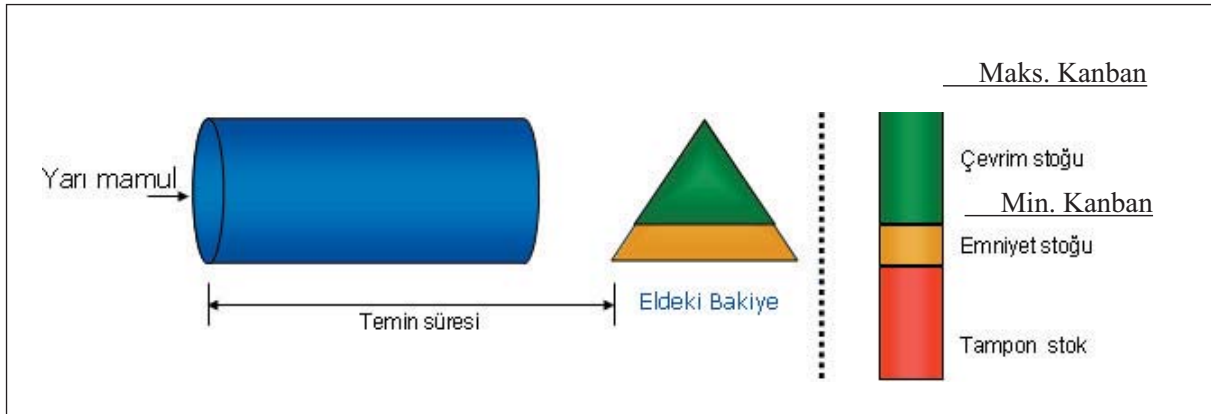


Şekil 6. Örnek Çemberleme Süreci İçin Çekme Sistemi Akışı

Şekil 6’da gösterildiği gibi, çember üretimi, bunu gerçekleştiren operatörün heijunka kutusunda tetikleme noktasına gelen parça üretimine karar vermesi ile başlar. Üretilen parçanın üzerine kanban konulur. Üzerinde kanban olan parça hücre operatörü tarafından alınır. Hücrede tüketilen parçanın kanbanı heijunka kutusuna geri getirilir.

süreci devam eder. Eldeki envanter tampon stoğa ulaştığında üretim emri tamamlanır. Sistem tekrar maksimum kanban düzeyine gelir.

- Yeşil “her şey yolunda” demektir.
- Sarı “dikkatli olmakta fayda var” demektir.
- Kırmızı “başınız deritte!” demektir.



Şekil 7. Ürün Karması İçin Üretim Tetikleme Noktası Gösterimi

Söz konusu zaman aralıklarını belirlerken iki kısıt söz konusudur. İlki ürün çevrim zamanı, diğeri model değişim zamanıdır. Uygulamada model değişim zamanı (30 dk) söz konusu olduğundan vardiyaları takt zamanlarına bağlı olarak basit dilimlere ayırma şansı yoktur. Çünkü eşit dilim sistemi ancak model değişim süresi sıfır olduğunda kullanılabilir.

Bu durumda bir önceki adımdan faydalanılarak bir hücrede birden fazla çeşit ürün olduğu zaman bir ürün çeşidi için belirlenen parti büyüklüğü kadar üretim yapıp ardından 30 dk model dönüşü ve ardından diğer ürünler ile devam eden bir seviyelendirme söz konusu olacaktır.

Tetikleme noktası belirlenirken Adım 1’de kullanılan temel çekme sistemi formülleri kullanılmıştır. Bu temel, Şekil 7’de gösterildiği gibi çalışmaktadır.

Bu şekilde imalat süreci boyunca envanter düzeyi gösterilmiştir. Süreç maksimum kanban ile başlar. Talep, stoktaki envanteri bitirdikçe sürece üretim emri girer. Daha fazla talep geldikçe üretim emri

5.8 İyileştirme Projelerinin Belirlenmesi

Şekil 8’de yalın üretimin taktik ve stratejik araçları gösterilmektedir.

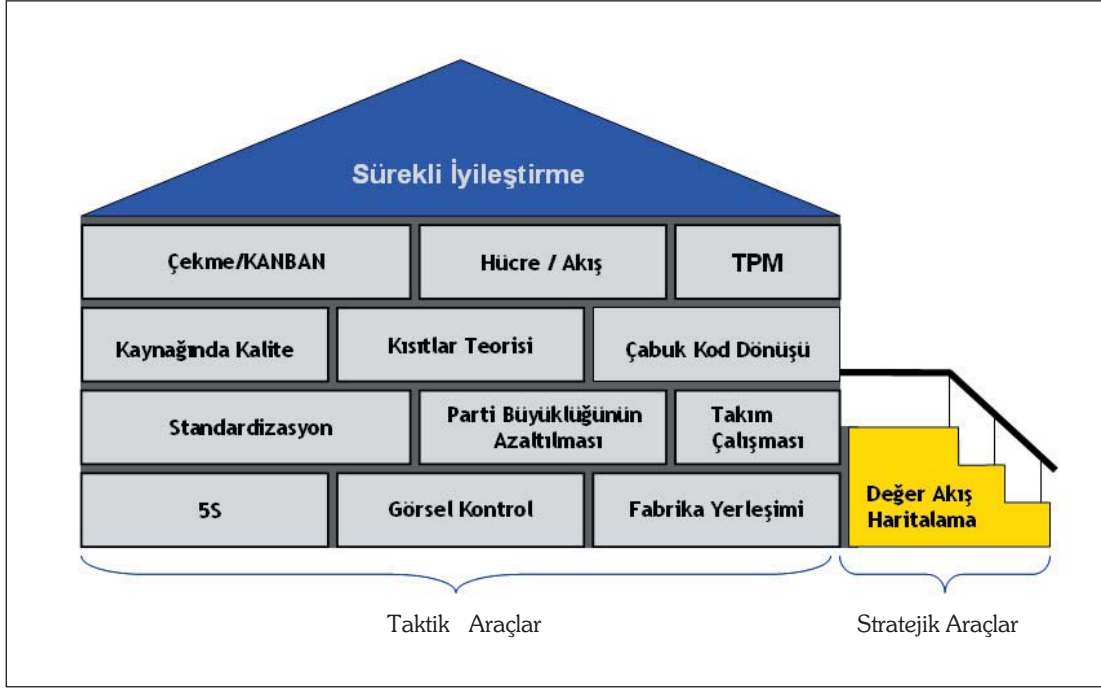
Mevcut durum haritası incelenerek aşağıdaki projeler öncelikli olarak belirlenmiştir.

1. Montaj 1-2 ve Ayırma süreçlerinin birleştirilmesi için hücre sisteminin oluşturulması,
2. Değişim zamanı yüksek olan pişim sürecinde aynı zamanda hücre sistemi ile de uyum sağlayabilmesi için SMED çalışması,
3. Montaj 1 aşamasında yüksek olan ıskarta oranını düşürmek için altı sigma çalışması,
4. Hücre içinde gerekli düzenlemeyi sağlamak için 5S çalışması.

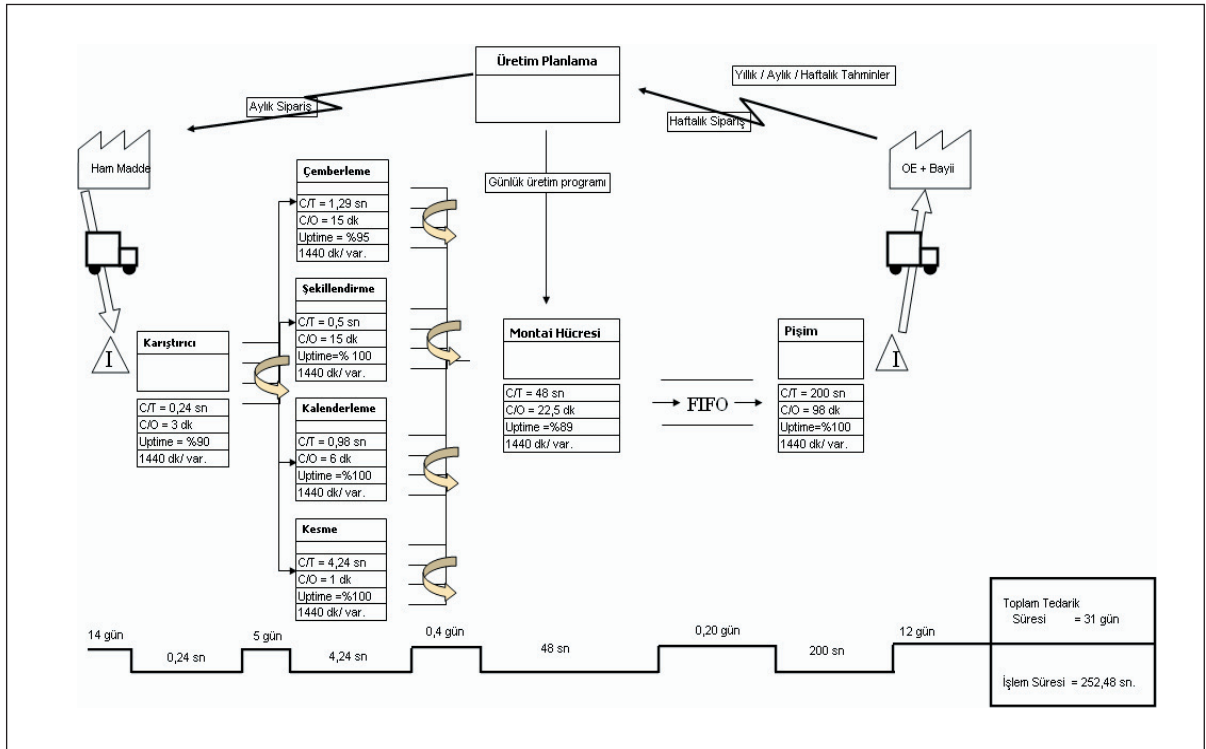
Konulan hedefler sonucunda ulaşılmak istenen ilk gelecek durum Şekil 9’da gösterilmiştir.

Gelecek durum haritasından elde edilen bilgiler şunlardır.

1. Montaj hücresi, süpermarket çekme sistemleri ve



Şekil 8. Yalın Üretim Araçları Tablosu



Şekil 9. Gelecek Durum Haritası

- FIFO (İĞİÇ –İlk giren ilk çıkar) sistemleri ile sürekli akış hedeflenmektedir.
2. Temin süresinin toplam 40,264 günden 31 güne indirilmesi hedeflenmiştir.
 3. Toplam değer katan zamanın 356,48 saniyeden 252,48 saniyeye indirilmesi hedeflenmiştir.
 4. Model değişim zamanının Montaj 1 süreci için 22 dakikaya indirilmesi hedeflenmiştir (Montaj 2 süreci ile uyumlu olması için).
 5. Model değişim zamanının pişim sürecinde 98 dakikaya indirilmesi hedeflenmiştir.

6. KÜLTÜR DEĞİŞİMİ VE İYİLEŞTİRMELERİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

6.1 Hücre Sistemi Projesi

Hücre tasarımı üzerine oldukça fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğu farklı makina kapasiteleri ve ürün aileleri içeren örneklerdir (Banerjee ve Flynn, 1987; Beaulieu ve Gharbi, 1997; Christy ve Nandkeolyar, 1986; Grene ve Sadowski, 1984). Uygulamadaki çalışma ise mümkün olan en az stok seviyesini sağlamak için mevcut makinaların (daha önce bahsedildiği gibi Montaj 1 ve Montaj 2) gruplanmasını içermektedir.

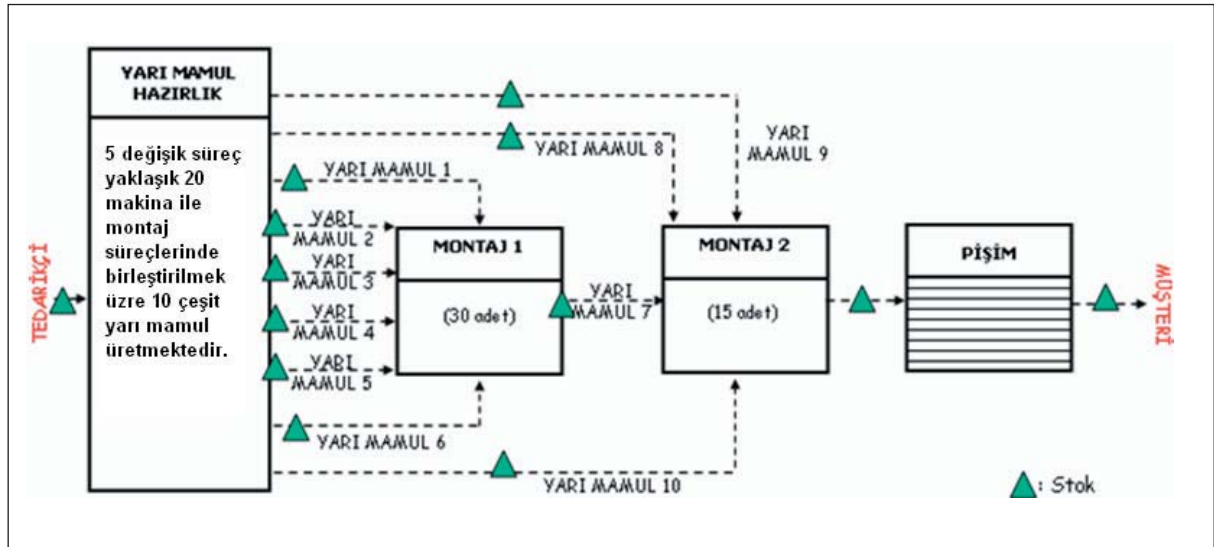
İlk olarak makina sayıları belirlenmiştir. Örnekte toplam 30 adet Montaj 1, 15 adet Montaj 2 makinası bulunmaktadır.

Mevcut süreç akışı Şekil 10'da gösterildiği gibidir.

Söz konusu makinaların çevrim zamanları, Montaj 1 için 95-100 sn/ürün, Montaj 2 için 45-50 sn/ürün'dür. Sonuç olarak Montaj 1 çıktısı, Montaj 2 çıktısının yarı zamanında üretilmektedir. Dolayısı ile iki adet Montaj 1 makinası ile bir adet Montaj 2 makinasının gruplandırılması ve her makinada bir operatör olmak üzere toplam üç operatör ile çalışması gerekmektedir. Ancak makinalardan bazıları söz konusu ürün ailesindeki bütün ürünleri üretebilecek özellikleri taşımamaktadır. Bu kısıtı ortadan kaldırmak için ürün özellikleri ve makina özelliklerini gösteren bir matris oluşturulmuştur.

Gelecek duruma Şekil 5'teki gibi ulaşıldığında elde edilen yararlar aşağıda özetlenmektedir.

- Sadece hücre için oluşturulan program sonucu planlama zamanı azalmıştır.
- Müşteri isteklerindeki ani değişimlere ayak uydurma esnekliği artmıştır.



Şekil 10. Mevcut Durum Parça Süreç Akışı

- Montaj 1 ve 2 süreçleri arasındaki stok ve taşıma israfları ortadan kalmıştır.
- Montaj 1 sürecinden Montaj 2 sürecine iletilen kusurlu ürünlerin fark edilme zamanı ciddi olarak azalmış, kontrol sağlamak daha kolay hâle gelmiştir.
- Grup çalışması ve çalışan performansında iyileşme sağlanmıştır.

6.2 Pişim Kalıp Değişim SMED Projesi

SMED (*Single Minute Exchange of Die* – 10 dk'nın altında değişim sağlama) model değişim sürelerini azaltmak için etkin bir yöntemdir (Shingo, 1985). SMED prensiplerine göre, model değişimi iç ve dış işlemlerden oluşur. İç işlemler makina dururken yapılan işlemler, dış işlemler makina çalışırken yapılabilecek işlemlerdir. Adımlar şunlardır.

1. İç ve dış işlemleri birbirinden ayır,
2. İç işlemleri dış işlemlere çevir,
3. İç işlem sürelerini azaltmaya çalış,
4. Ayarlar için gereken süreyi azalt.

Bu süreçte yapılan en yaygın hata, iç ve dış değiştirmeyi ayırt edememektir (Suzaki, 1987).

Pişim kalıp değişim operasyonunda vardiyada 2 kalıpcı beraber çalışmaktadır. Gözlemler sonucunda, her süreç için Gantt şemaları oluşturulmuştur. İç ve dış değişim süreleri belirlenmiştir (Tablo 4).

Son iyi lastik ile ilk iyi lastik arasında geçen süre, $236,6 - 18 = 218,6$ dakikadır.

Gantt şemaları sonucunda kalıpcıların çalıştığı (1,2,3,4,5 ve 6 numaralı) adımlarda her bir kalıpcının bütün sürenin en az %20'sinde beklediği görülmüştür.

İç işlem sürelerini azaltmak için öngörülen iyileştirme çalışmaları şunlardır.

1. Alet arabalarının daha ergonomik ve düzenli olması için yeni araba sipariş edilmesi, alet kontrol listesi oluşturulması
2. Havalı tabanca sayısının 2'ye çıkarılması
3. Tabancaların daha kolay sökölüp çıkarılması için preslere ek hava sistemlerinin monte edilmesi
4. Preslerdeki tek kalıp değişimlerinde sadece 1 kalıpcının çalışmasının sağlanması
5. Buhar bağlantılarının daha kolay yapılması için Çabuk Bağlantı parçalarının maliyet avantajının araştırılması
6. Isıtma süresinin azaltılması için ön ısıtıcı kullanılması.

Tablo 5'te bu doğrultuda iyileştirilmiş işlem süreleri gösterilmektedir.

Buna göre, son iyi lastik ile ilk iyi lastik arasında geçen süre 94,97 dk olmuştur. Sonuçta, önce 218,6 dk olan kalıp değişim süresi 94,97 dk'ya düşürülmüştür.

Gelinen noktadaki süre montaj hücresi değişim süresi olan 30 dk'ya hâlen yakın değildir. Ancak A ve B ürün segmentlerinin her vardiyada üretilmesi için

Tablo 4. Mevcut İşlem Süreleri

No	İşlem Adımları	Süre (dk)	İç/ Dış
1	Kalıpları hazırlama	18	D
2	Presleri durdurma	0.3	İ
3	Buhar vanalarını kapama, bladder sökülmesi, kalıp bağlantılarının sökülmesi	18	İ
4	Eski kalıpların presten alınıp yenilerinin prese konulması	22	İ
5	Yeni kalıpların prese monte edilmesi, buhar vanalarının açılması	28	İ
6	Presin ısınmaya verilmesi	0.3	İ
7	Presin ısınması (Kalıpcılar çalışmaz)	150	İ
	TOPLAM	237	

Tablo 5. İyileştirilmiş İşlem Süreleri

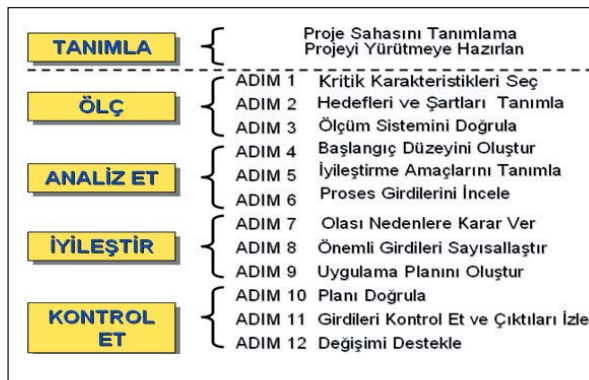
No	İşlem Adımları	Süre (dk)	İç/ Dış
1	Kalıpları hazırlama	0	D
2	Presleri durdurma	0,3	İ
3	Buhar vanalarını kapama, bladder sökülmesi, kalıp bağlantılarının sökülmesi	10	İ
4	Eski kalıpların presten alınıp yenilerinin prese konulması	14	İ
5	Yeni kalıpların prese monte edilmesi, buhar vanalarının açılması	21	İ
6	Presin ısınmaya verilmesi	0,3	İ
7	Presin ısınması (Kalıplar çalışmaz)	50	İ
	TOPLAM	95	

gerekli senkronizasyonu sağlamada ihtiyaç duyulan model değişim sayısına ulaşılmıştır.

6.3 Montaj 1 İskarta Oranını Düşürmek İçin Altı Sigma Çalışması

Altı sigma karmaşık süreç ve ürünlere sahip endüstrilerde hataları ortadan kaldırmak ve varyasyonu azaltmak için kullanılan bir yaklaşımdır. Altı sigma projelerinde İngilizce olarak DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) denilen, Türkçesi TÖAİK (Tanımla-Ölç-Analiz Et-İyileştir-Kontrol Et) olan adımları izlemek temeldir.

Proje konusunda karar verebilmek için söz konusu makinada hata analizi yapılmalıdır.

**Şekil 11.** TÖAİK Adımları

Şekil 12'deki Pareto grafiğine göre %80 dilimine giren hata çeşitleri 33, 3 ve 49 numaralı hatalardır. İskartaların önemli bir bölümü bu hatalardan

kaynaklanmaktadır. Çalışmalara ilk olarak 33 nolu hatadan, yani “yanak bölgesinde hava” hatasından başlanması ve bunu gidermek üzere bir altı sigma projesi başlatılması uygun bulunmuştur.

Proje Tanımı: Amaç, hataların toplam %38,81'ini oluşturan 33 nolu hatanın azaltılmasıdır. Yanakta hava, lastiğin üst yan kısımlarının kabarcıklı görünmesine neden olabilir. Görüntüde problem olmasa bile hava problemi, lastik araca takıldığında zamanla büyür ve lastiği patlatabilir.

Adım 1. Kritik Karakteristikler

Y: Yüksek yanak bölgesinde hava sorunu

y: Yanak bölgesinde havadan dolayı ıskarta miktarı

Adım 2. Hedef ve Şartlar

Birinci metrik: Yanak bölgesinde havadan dolayı ıskarta miktarı

İkinci metrik: Toplam ıskarta içinde yanak bölgesinde hava ıskartasının yüzdesi

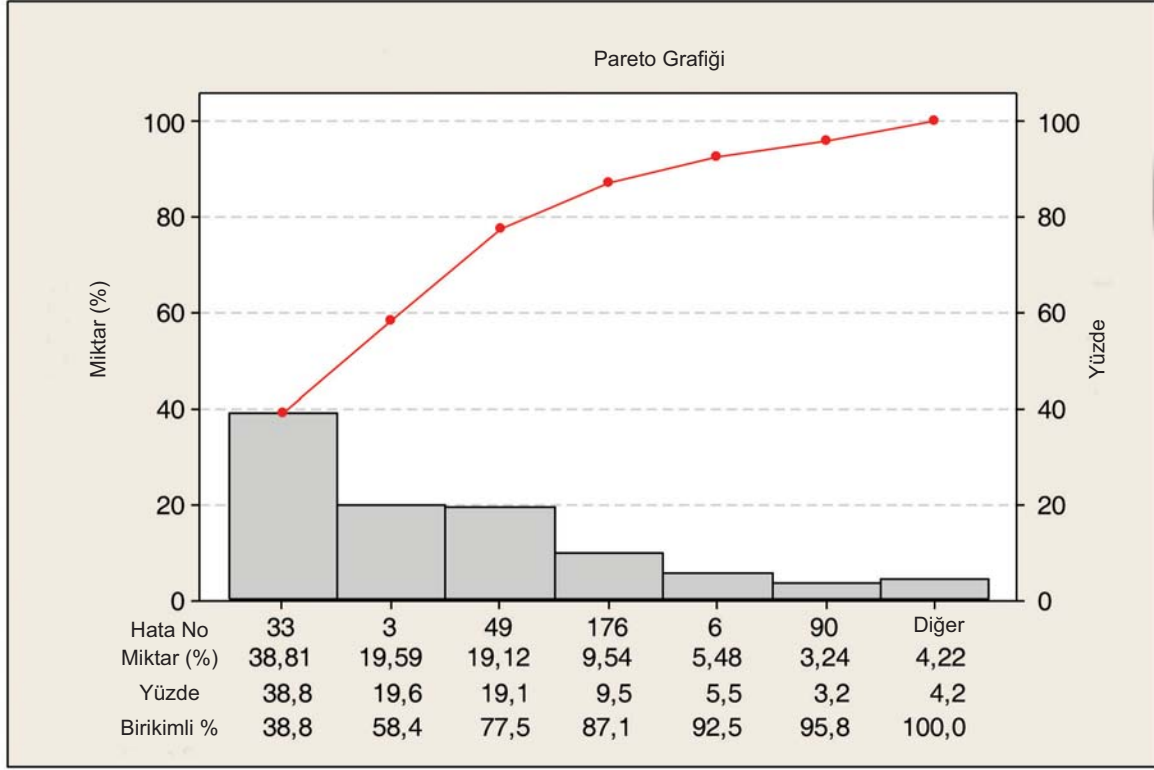
Hedef: Toplam ıskarta içinde yanak bölgesinde hava ıskartasının %40 iyileştirilmesi

Adım 3. Ölçme Sisteminin Doğrulanması

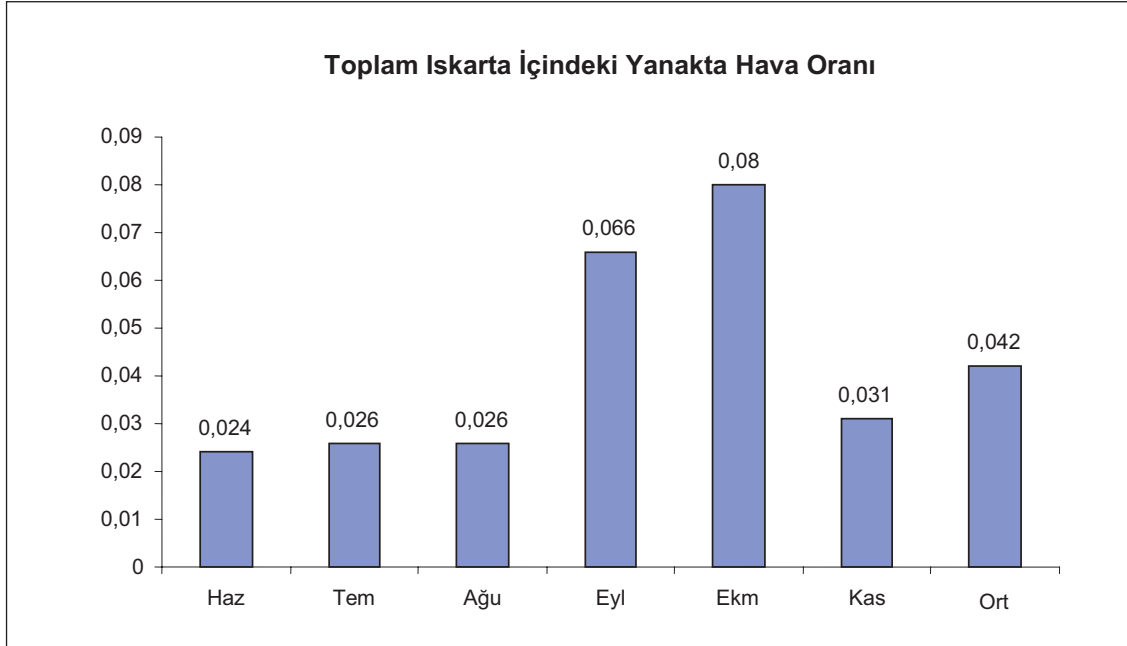
Ölçme sistemi, ıskarta ürünler için barkod sistemi üzerinden gelen kesin verilere dayalı olduğundan doğruluğu %100'dür.

Adım 4. Başlangıç Düzeyinin Oluşturulması

Son 6 aylık ıskarta oranları (ortalama %4,2), başlangıç düzeyi olarak alınmıştır (Şekil 13).



Şekil 12. Odaklanılacak Hataları Gösteren Pareto Grafiği



Şekil 13. Başlangıç Durumu Toplam Iskarta İçindeki Yanakta Hava Oranının Grafiği

Adım 5. İyileştirme Amaçlarının Tanımlanması

Bu aşamada amaç, sistemin uzun dönem ve kısa dönemdeki performansı ile en iyi olabileceği hedef performansının belirlenmesidir.

Şekil 15'te öncelikli gözüken lastiklerden 1 numaralı lastiğin performansı kısa döneme, üretilen tüm lastiklerin ortalama performansı ise uzun döneme ait olarak alınmıştır. Tablo 6'da her iki dönem için başlangıç ve hedeflenen duruma ait bazı göstergeler verilmektedir. Hedeflenen durum için ortalama üretim ve ıskarta değerleri, toplam ıskartada yanakta hava oranını %40 iyileştirilecek şekilde belirlenmiştir. Bu göstergelerin hesaplanmasında Breyfogle (2003) kitabından yararlanılabilir.

Burada,

- n : Üretilen toplam (veya ortalama) lastik miktarı (aylık)
d : Toplam (veya ortalama) yanakta havadan dolayı ıskarta miktarı (aylık)
z : Standart normal dağılıma göre ıskarta oranına karşı gelen z değeri

DPM: Milyonda ıskarta miktarı

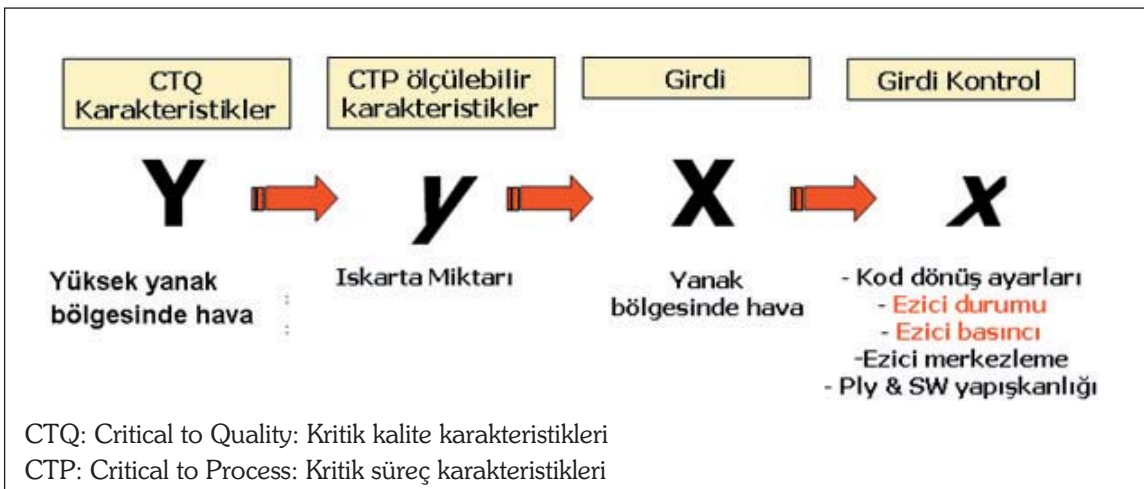
Tablo 6'da verilen değerlere göre, 1 numaralı lastik için başlangıçtaki z değeri 2,821, hedeflenen z değeri 2,939'dur. Sistemin ideal koşullarda ulaşabileceği en iyi z değerinin ise 3,5 olduğu belirlenmiştir. Bu değer belirlenmesinde elde edilmesi mümkün olan en küçük ıskarta oranı kullanılmıştır.

Adım 6. Süreç girdilerinin belirlenmesi

Şekil 14'te süreç girdilerinin nasıl belirlendiği tarif edilmektedir.

Tablo 6. Yanakta Hava Hatası ile İlgili Kısa ve Uzun Dönem Performans Göstergeleri

Dönem	Durum	n	d	z	DPM
Uzun (ortalama lastik)	Başlangıç	173.653	168	3,100	967
	Hedef	170.000	93	3,265	547
Kısa (1 nolu lastik)	Başlangıç	15.024	36	2,821	2396
	Hedef	13.360	22	2,939	1647
Plan uygulandıktan sonra (ortalama lastik)	Ocak ayı	179.693	83	3,313	368

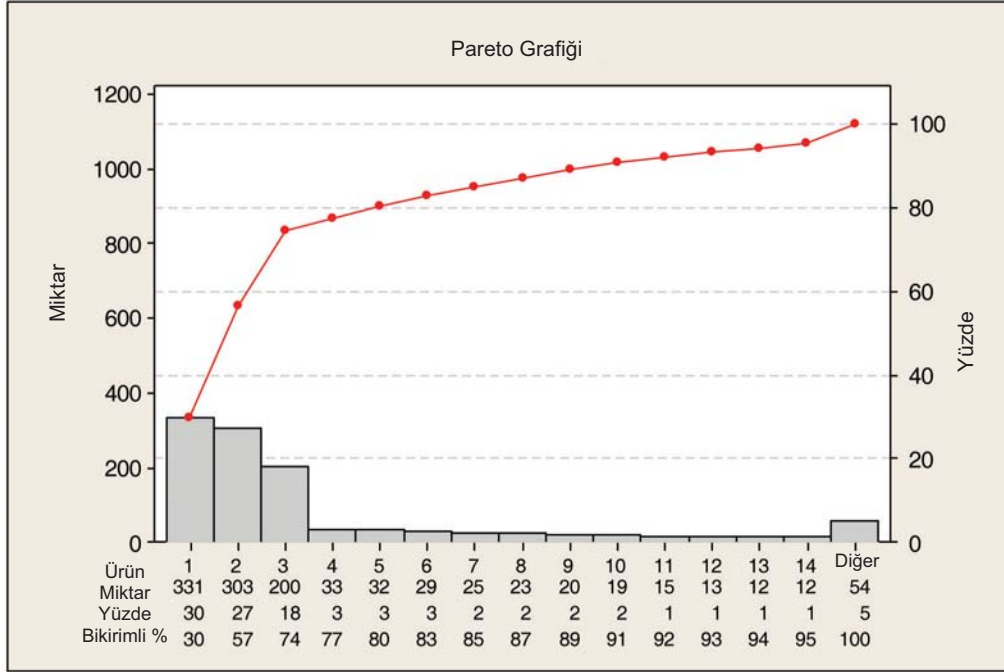


Şekil 14. Süreç Girdileri Grafiği

Adım 7. Olası nedenlerin belirlenmesi

Şekil 15'teki Pareto grafiğine göre yanakta hava hatasına sahip ürün çeşitleri analiz edilmiştir. En hatalı

araştırmak için bir deney tasarlanmıştır. Özellikle iki faktör incelenmiştir (ezici basıncı ve uzaklığı). Her iki faktör de iki seviyeye sahip olduğundan toplam



Şekil 15. Hatanın Hangi Ürünlerde Hangi Oranda Görüldüğünü Gösteren Pareto Grafiği

olanların 1, 2 ve 3 nolu ürünler olduğu görülmüştür. Bu ürünler aynı tipte iki imalat makinasında üretilmektedir. O hâlde bu makinalar üzerinde gerekli iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Adım 8. Önemli girdilerin sayısallaştırılması

Sorunlu iki adet imalat makinası üzerinde, yanak bölgesindeki hava probleminin nedenlerini

Tablo 7. Deney Tasarımı Faktör Değerleri

Ezici Basıncı	Ezici Uzaklığı
Düşük (30 psi)	Kısa (Kemerden yanağa kadar 10mm)
Yüksek (40 psi)	Kısa (Kemerden yanağa kadar 10mm)
Düşük (30 psi)	Uzun (Kemerden Çembere kadar 10mm)
Yüksek (40 psi)	Uzun (Kemerden çembere kadar 10mm)

$2 \times 2 = 4$ durum için her iki makinada toplam 100'er lastik denenmiştir. Tablo 7, deneyde çalışılan faktör değerlerini göstermektedir.

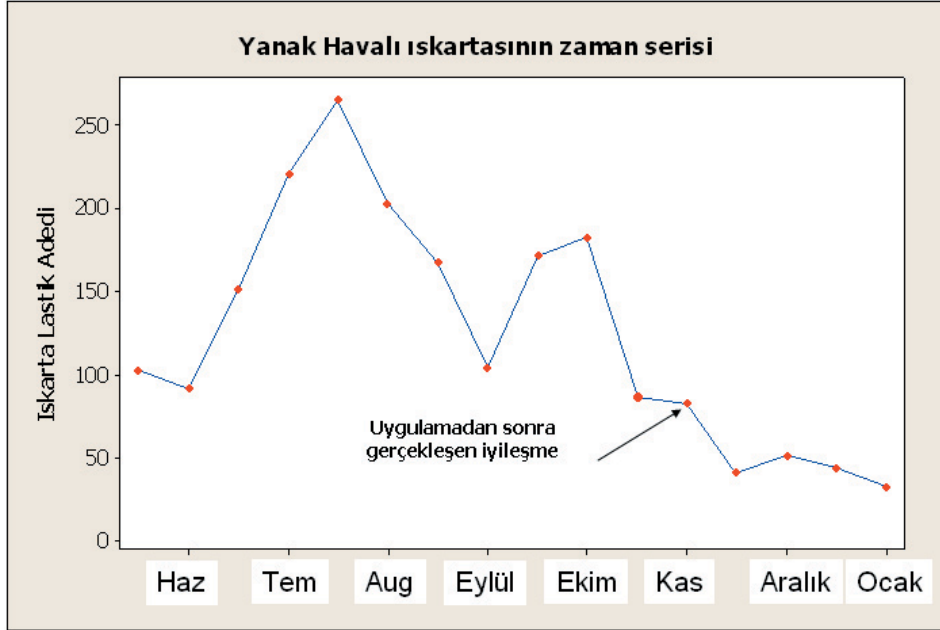
Elde edilen verilerin her faktör değer seçimi için yapılan çözümlenmesinde en düşük ıskarta oranının, yüksek basınç ve kısa ezici uzaklığı seçildiğinde elde edildiği bulunmuştur.

Adım 9. Uygulama planının oluşturulması

Uygulama planı kapsamında belirlenen iki makina üzerinde deney tasarımı sonuçlarının uygulandığından emin olunması gereklidir.

Adım 10. Planın uygulanması

Plan uygulandıktan sonra meydana gelen iyileşme Şekil 16'da ve Tablo 6'nın son satırında gösterilmiştir. Buna göre, ortalama bir lastik için DPM değerinde yaklaşık %60 civarında bir iyileşme sağlandığı görülmektedir.



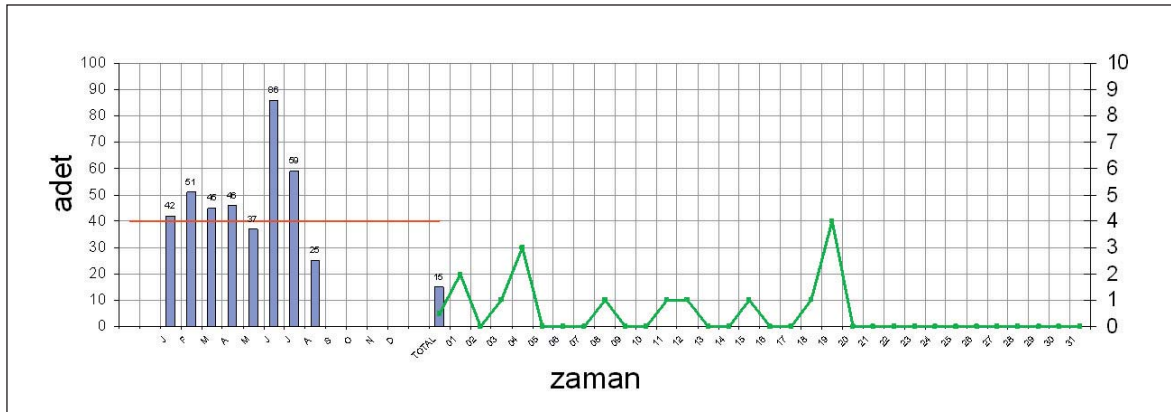
Şekil 16. Yanakta Hava İskartasının Zaman Serisi Grafiği

Adım 11. Girdilerin kontrol edilmesi ve çıktıların izlenmesi

Girdi ve çıktı kontrolleri tek tek belirlenerek kontrol sıklıklarına göre ayarlanmıştır.

Kontroller sonucunda ıskarta eğiliminin Şekil 17'deki gibi seyrettiği görülmüştür.

- Günlük kontrol planlarının oluşturulması (ezici uzaklığı ve ezici basıncı)
- Meydana gelen ıskarta hedeflerinin ve ıskarta sayılarının, operatörler ve kalite sorumlularıyla paylaşılması (günlük TDMS toplantılarında)
- Meydana gelen iyileştirme ve gelişmelerin,



Şekil 17. Yanak Havalı İskarta Kontrol Zaman Serisi Grafiği

Adım 12. Değişimin desteklenmesi

Değişimi desteklemek için aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.

imalat yapan operatörler ve kalite çalışanlarıyla paylaşılması.

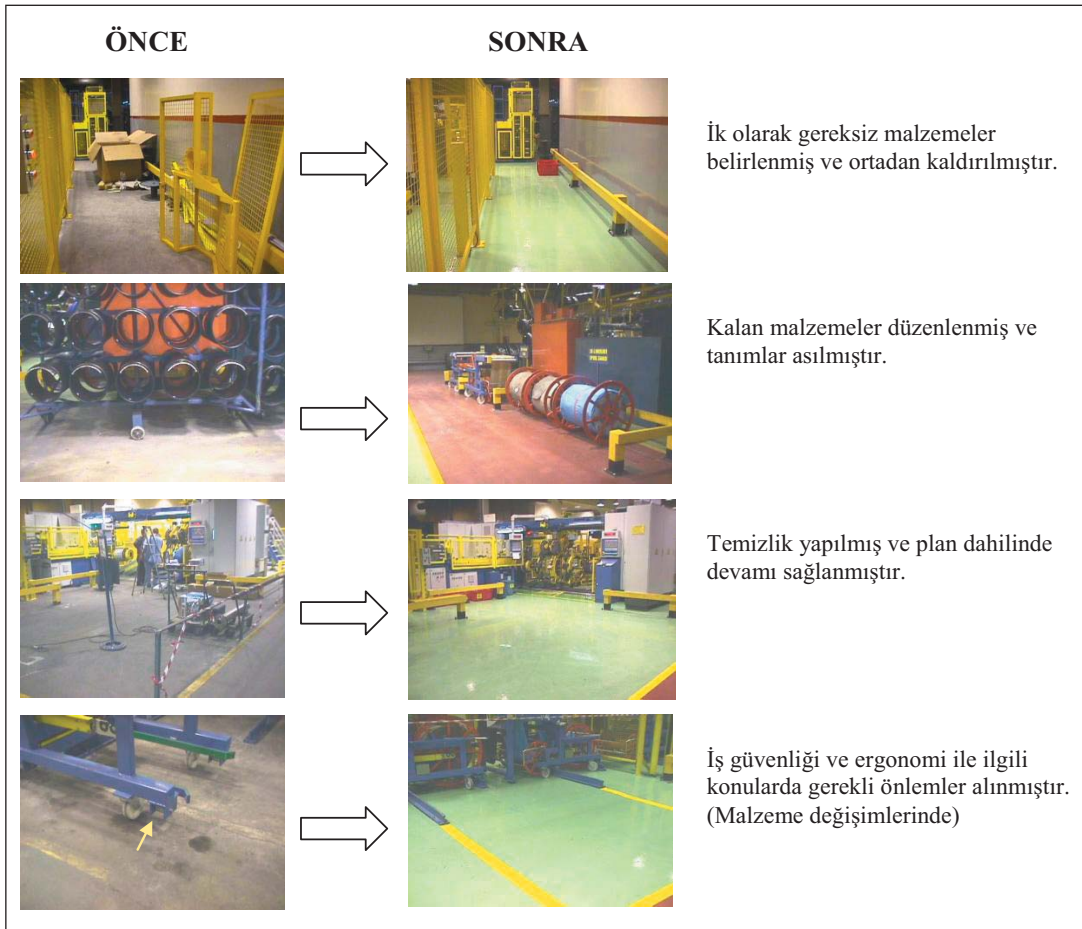
6.4 Hücre İçin 6S Projesi

Aslında yalın üretim faaliyetlerinin başlayacağı alanda ilk olarak 6S çalışmaları ile daha ergonomik, standartlara uygun, düzenli, emniyetli ve verimli bir çalışma ortamı amaçlanmaktadır. Burada altıncı S işletme tarafından eklenmiştir. İş güvenliğine gerekli önemi göstermek açısından “safety” yani iş güvenliği maddesi eklenmiştir.

Adım 5 : SHITSUKI (SUSTAIN—Alışkanlıkların sürdürülmesini sağlama)

Adım 6 : SAFETY (İş güvenliği standartlarını ve kurallarını izleme)

Montaj 1, Montaj 2 ve Ayırma işlemleri birleştirildikten sonra gereken 6S adımları Şekil 18’de gösterildiği gibi uygulanmıştır.



Şekil 18. 6S Projesi Öncesi ve Sonrası

Adım 1 : SEIRI (SORT - Ayırma ve yoketme)

Adım 2 : SEITON (SET IN ORDER - Düzenleme ve Tanımlama)

Adım 3 : SEISO (SHINE—Günlük Temizlik Süreci)

Adım 4 : SEIKETSU (STANDARDIZE—İlk 3 adıma sadık kalınması ve güvenlik)

7. SONUÇLAR

Uygulamalar sonucunda ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Akış yaratmak için hücre sistemi kurulmuştur.
- Müşteri ihtiyacını karşılama önünde darboğaz oluşturan montaj makinalarında taşıma, süreç içi

- stok, aşırı üretim, gereksiz kalite duruşları, hatalar, beklentiler belirlenerek ortadan kaldırılmıştır.
- Model değişim süresi Montaj 1 ve Pişim süreleri için azaltılmıştır.
 - İşçi sayısı, müşteri talebine göre etkin kapasite kullanımı ve hücre sistemi ile azaltılarak işçi başına çıktı %69 iyileştirilmiştir.
 - Nokta ve akış kaizen ekipleri ile basit ıskarta ve yerleşim düzenleme ekipleri kurulmuş, kültür değişimi sağlanarak ıskarta ve akış üzerinde iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir.
 - Çevrim süresi 356,48 saniyeden 252,48 saniyeye düşürülmüştür.
2. Üretim sistemi bir dönem içindeki toplam talep hacmini içine alarak sabitleştirilmiş, her gün aynı miktar ve karma ile çalışan süpermarket çekme sistemi kurulmuştur.
- Toplam temin süresi 40,26 günden 31,60 güne düşürülmüştür.
 - Zamanında teslimat yüzdesi iyileştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Makalenin düzeltilerek son haline getirilmesine katkılarından dolayı değerlendirmeyi yapan hakemlere ve konuk editöre teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Abdulmalek, F.A., Rajgopal. J. 2007. "Analyzing The Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping Via Simulation: A Process Sector Case Study", *Int. J. Production Economics*. 107, 223-236.
2. Åhlström, P. 1998. "Sequences in The Implementation of Lean Production". *European Management Journal*, 16(3), 327-334.
3. Banerjee, A., Flynn, B.B. 1987. "A Simulation Study of Some Maintenance Policies in a Group Technology Shop". *International Journal of Production Research*, 1595-1609.
4. Beaulieu, A., Gharbi, A. 1997. "An Algorithm for the Cell Formation and the Machine Selection Problems in the Design of a Cellular Manufacturing System". *International Journal of Production Research*. 1857.
5. Breyfogle, F.W. III, 2003. *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. NY: Wiley-Interscience.
6. Christy, D.P., Nandkeolyar, U. 1986. "A Simulation Investigation of the Design of Group Technology Cells". In *Proceedings of the Decision Science Institute*. 1201-1203.
7. Crute, V., Ward, Y., Brown S., Graves A. 2003. "Implementing Lean in Aerospace Challenging the Assumptions and Understanding the Challenges". *Technovation*, 23, 917-928.
8. George Group Training, 2006. *Week 1, 03 VSM*. George Group Consulting, LA.
9. Greene, T.J., Sadowski R.P. 1984. "A Review of Cellular Manufacturing Assumptions, Advantages and Design Techniques". *Journal of Operations Management*. 85.
10. Herron, C., Hicks, C. 2008. "The Transfer of Selected Lean Manufacturing Techniques From Japanese Automotive Manufacturing Into General Manufacturing (UK) Through Change Agents". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24, 524-531.
11. Kaufmann Global Whitepaper, 2003. *The Next Generation of Lean Manufacturing*. Kaufmann Global, LLC.
12. Liker, J.K., 2004. "The Toyota Way". *CWL Publishing Enterprises, Inc, USA*.
13. Little, J. 1961. "A Proof of The Queueing Formula $L=\lambda W$ ". *Operations Research*, 9, 383-387.
14. Mukhopadhyay, S. K., Shanker S. 2005. "Kanban Implementation at a Tyre Manufacturing Plant: A Case Study". *Production Planning & Control*, 488-499.
15. Rother, M., Shook, J. 1999. *Learning to see. The Lean Enterprise Institute, USA*. 44.
16. Shah, R., Ward, P.T. 2003. "Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance: *Journal of Operations Management*, 21, 129-149.
17. Shingo, S. 1985. *Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Stanford Connecticut, Inc.
18. Smalley, A. 2004. *Creating Level Pull*. Lean Enterprise Institute (LEI), USA. 22, 39.
19. Suzaki, K. 1987. "The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement". *The Free Press, USA*.
20. Womack, J.P., Jones D.T. 1996. *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, USA.