

Stok Yönetiminde Min/Mak, Ekonomik Sipariş Miktarı ve DDMRP Politikalarının Simülasyonla Kıyaslaması

Batuhan KOCAOĞLU*

Utkan ULUÇAY**

ÖZ

Tedarik zincirleri artan değişkenlik ve belirsizlikten olumsuz etkilenmektedir. Çalkantılı piyasalarda üretim ve stok yönetimi için deterministik-doğrusal-itme tabiatlı MRP (Material Requirement Planning) yöntemleri beklenen performansı karşılamakta zorlanmaktadır. Bu zorluğu aşmak üzere Dinamik-çekme tabiatlı Talebe Duyarlı MRP (DDMRP-Demand Driven Material Requirement Planning) yöntemi önerilmiştir.

Bu çalışmada Goldratt Research Labs tarafından AnyLogic üzerinde hazırlanan Hannah's Shop paket simülatörüyle değişkenlik olmayan ideal şartlarda, farklı ölçülerde değişkenlik içeren şartlarda, mevsimlik dalgalanma ve tedarik kapasite kısıtlarıyla 4 farklı kategorideki 10 ürün için MRP tabanlı min/maks ve ekonomik sipariş miktarı (EOQ-Economic Order Quantity) politikalarıyla Talebe Duyarlı MRP arasında operasyonel ve finansal kriterlerde kıyaslama yapılmıştır.

Simülatör denemelerinde değişkenlik artarken DDMRP yönteminin, EOQ ve min/maks yöntemlerine göre daha yüksek performans sağladığı gözlenmiştir. Ancak sık sevkiyat gerektirmesi nedeniyle kaynak kısıtları görülebilecektir.

DDMRP yönteminin hammadde veya mamul stok yönetimi için Tedarik Zincirinin bir kısmı veya tamamında kullanılma potansiyeli vardır. Özellikle çalkantılı piyasalarda ve stok tutma kapasitesi veya bütçesi sınırlı olan KOBİ'lerde stok yönetim stratejisi belirlemeye yardımcı olacaktır.

Kullanılan simülatör sektör uygulamacılarına mevcut iş ortamlarına en yakın kurguya benzeterek EOQ - min/maks yöntemleriyle DDMRP yöntemlerini karşılaştırma fırsatı vermektedir. Yöntemin tekrarlanabilir olması, pandemi ve tedarik zinciri kırılmaları sonrasında görülen kıyaslama yapma ihtiyacını karşılayacaktır.

Anahtar Kelimeler: MRP, DDMRP, Ekonomik Sipariş Miktarı, Stok Yönetimi, Tedarik Zinciri Yönetimi, Simülasyon

JEL Sınıflandırması: M11

Benchmarking of Min/Max, Economic Order Quantity, and DDMRP Inventory Management Policies by Simulation

ABSTRACT

Supply chains are adversely affected by increased volatility and uncertainty. Deterministic-push-based MRP (Material Requirement Planning) methods for production and stock management in turbulent markets have difficulty meeting the expected performance. In order to overcome this difficulty, the Dynamic-Drawn Demand Driven Material Requirement Planning (DDMRP) method has been proposed.

In this study, with the Hannah's Shop package simulator prepared on AnyLogic by Goldratt Research Labs, MRP-based min/max and economic order quantity (EOQ-Economic Order) for 10 products in 4 different categories having several editable attributes to run under differing variability

*Prof.Dr. Topkapı Üniversitesi İİB Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü. batuhan.kocaoglu@gmail.com, ORCID Bilgisi: 0000-0002-6876-1362

** Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi doktora programı utkan.ulucay@gmail.com, ORCID Bilgisi: 0000-0002-8182-9093

(Makale Gönderim Tarihi: 20.04.2023 / Yayına Kabul Tarihi: 14.03.2024)

Doi Number: 10.18657/yonveek.1286214

Makale Türü: Araştırma Makalesi

– capacity – seasonality scenarios. Key performance indicators (KPI) are selected to demonstrate the performance of MRP min-max and MRP EOQ vs DDMRP.

While the variability increased in the simulator trials, it was observed that the DDMRP method provided higher performance than the EOQ and min/max methods. However, resource constraints may be seen due to frequent shipments.

The DDMRP method has the potential to be used in part or all of the Supply Chain for raw material or finished goods inventory management. It will help determine a stock management strategy, especially in turbulent markets and SMEs with limited stock holding capacity or budget.

The simulator allows sector practitioners to compare the EOQ - min/max methods and DDMRP methods by simulating the closest setup to the existing business environments. The reproducibility of the method will meet the need for benchmarking after the pandemic and supply chain breaks.

Key Words: MRP, DDMRP, EOQ, Inventory Management, Supply Chain Management, Simulation

JEL Classification: M11

GİRİŞ

Perakendenin ana performans ölçüsü müşteri isteklerini karşılamaktır. Dolayısıyla doğru ürünü doğru zamanda doğru yerde bulundurunca bir yandan da maliyetlerin dizginlenmesi gerekir. Bu amaca ulaşmak için Birinci Sanayi Devrimi sonrasında piyasaların büyük ölçüde durağanlığı ve iletişimin sınırlılığı dikkate alındığında deterministik, itme esaslı, ve tahmine dayalı, malzeme ihtiyaç planlaması (MİP) ortaya çıkmıştır. Bu kavram içinde stok yönetimi için min/maks ve ekonomik sipariş miktarı politikaları kullanılmıştır. Zamanla artan değişkenlik, hız talebi ve müşteri beklentileri nedeniyle deterministik yöntemler arzu edilen sonuçları vermekte zorlanmıştır (Miclo R. , Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, 2015).

Değişen şartlara uyum sağlamak üzere MİP'e tahmin ve ana üretim çizelgesi (MPS-Master Production Schedule) eklenmiştir. İhtiyaca cevap verebilmek üzere dinamik ve çekme esaslı Yalın ve Kısıtlar Teorisi gibi yeni yaklaşımlar görülmeye başlamıştır. Bu çerçevede talebe duyarlı malzeme ihtiyaç planlaması (DDMRP) dikkat çekmektedir (Shofa & Widyarto, 2017).

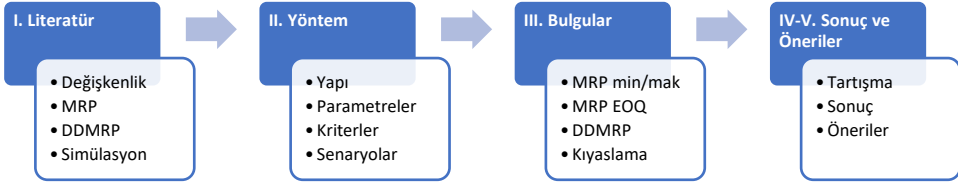
Bugün şartlar değişmeye ve zorlaşmaya devam etmektedir. Küresel tedarik zinciri kırılmaları (çip krizi, süveyş kanal kazası, Ukrayna savaşı, COVID, vb) ve küresel çapta yaşanan yüksek enflasyon alışılmış stok yönetim yaklaşımlarını sorgulamaya neden olmaktadır.

Yeni yaklaşımları fark etmekte gecikmeleri, denemenin kaynak-maliyet-zaman zorluklarıyla baş etmeyi, başarısızlık veya kurum bünyesine uyumsuzluk halinde ortaya çıkabilecek kayıp risklerini üstlenmek istemeyen firmalar artan değişkenliği de dikkate alabilen simülasyon yaklaşımlarını tercih etmektedirler (Gökçen, Boru, & Dosdoğru, 2018).

Perakende sektörü, çalkantılı ekonomik ortamda, yüksek stok seviyelerinden kaçınarak standart ürünlerin çok sayıda lokasyonda bulundurulmasını gerektirmesi nedeniyle DDMRP yöntemi için ideal uygulama alanıdır. Bu yöntem standart hammaddelerin kullanıldığı üretim ortamlarında malzeme eksikliği nedeniyle hat duruşlarını önlemeye yardımcı olacaktır.

Makalenin 2.Bölümünde değişkenlik – MİP kavramları – DDMRP kavramı – simülasyon özet yazın taramasına, 3.Bölümünde simülatör, parametreler, seçilen kriterler ve senaryolara, 4.Bölümünde belirlenen kriterlerde senaryo karşılaştırmalarına ve 5-6.Bölümlerinde tartışma, sonuç ve önerilere yer verilmiştir. Makalenin akış şeması Şekil 1’ de gösterilmiştir.

Şekil 1. Makalenin akış şeması



I. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

A. Değişkenlik (volatility)

Doğrusal yaklaşımlar olan optimizasyon ve MİP bünyesindeki min/mak ile ekonomik sipariş miktarı uygulamalarında karar değişkenleri ve parametreler için tek ve kesin bir sayı belirleme zorluğu vardır. Parametrelerin bugünün dinamik ortamında duyarlılık analizinde gösterilen aralıkta kalması çok mümkün değildir. Bir parametrenin %95 olasılıkla verilen aralıkta kalacağı kabul edildiğinde 10 parametrelili sade bir doğrusal modelde bile sonucun optimal olma olasılığı $(0,95)^{10} = \%60$ mertebesindedir.

Değişkenlik fiyat, satış adedi, teslim tarihi, enflasyon, faiz, proses süreleri, arıza periyotları, el işçilikleri, kalite, fire, vb her noktada önümüze çıkabilmektedir. Ürün karmaşıklaştıkça, tedarik zinciri büyüdükçe sorun da büyümektedir.

Miclo vd değişimin MİP’ten DDMRP’ye geçişe yol açtığını söylemektedir (Miclo R. , Fontanili, Luras, Lamothe, & Milian, 2015). Favaretto ve Martin de MİP’in gelişimini not ederek bu eğilimi desteklemiştir (Favaretto & Marin, 2018). Kortabarria vd bu eğilimi Yalın ve Kısıtlar Teorisini de ekleyerek zenginleştirmiştir (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018). Achergui vd tahmin fikrini de konuya dahil etmişlerdir (Achergui, Allaoui, & Hsu, 2021).

Üretim ortamında ve piyasada artan değişkenlik, işletme yönetiminde alışılmış metodların sorgulanmasını gerektirmektedir.

B. MRP – Min/Maks – Ekonomik Sipariş Miktarı

1920’lerdeki stok yönetimi kavramı 1975’te Joseph Orlycky tarafından MRP olarak yayınlanmış, zaman içinde kapalı devre MRP, Üretim Kaynakları Yönetimi (MRPII-Manufacturing Resources Planning), Kurumsal Kaynak Planlama (ERP-Enterprise Resource Planning) ve İleri Planlama ve Çizelgeleme Sistemleri (APS-Advanced Production Scheduling) olarak evrilmiştir (Ptak & Smith, 2011).

Belirsizlikle mücadele için MİP kavramına partileme (lot sizing), emniyet stoku (safety stock), akış süresi (lead time) fikirleri ilave edilmiştir. Tahmin sistemleri yapay zekâ takviyeli olarak güncellenmiştir. Ancak yine de firmaların

yüksek stok seviyeleri, bazı ürünlerde aşırı stok varken bazı ürünlerde yetersiz stok olması gibi sorunlarla karşılaşmaya devam etmiştir (Shofa & Widyarto, 2017).

Belirsizlikle mücadelenin maliyet boyutunda min/mak politikası optimizasyona dayanan ekonomik sipariş miktarı ile desteklenmiştir. MİP'in gelecek öngörüsü tahmin esaslı ana üretim çizelgesi ve buna bağlı hizalanmayı sağlayan satış-operasyon planı ile oluşturulmuştur (Favaretto & Marin, 2018).

Buraya kadar yapılan iyileştirmelerin beklenen sonucu veremediğini Kortabarria vd İspanya'dan bir vaka örneği üzerinde incelemiştir. Bu vakada MRP' den DDMRP'ye geçilmiş ve seçilen parametrelerde olumlu değişim gözlenmiştir (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018).

Benzer bir çalışmada DDMRP yaklaşımının uzun akış süreli ithal malzeme ve talep belirsizliği altındaki davranışı araştırılmıştır (Shofa, Moeis, & Restiana, 2018).

Perakendede stok yönetimi için kullanılan deterministik kavramlar artan değişkenlik nedeniyle arzu edilen sonuçları sağlayamamaktadır.

C. Talebe Duyarlı MRP (DDMRP)

MİP'te yaşanan sıkıntılar, Yalın ve Kısıtlar Teorisiyle gündeme gelen yeni fikirler DDMRP ile sentezlenmiştir. Şekil 2'de beş aşamalı uygulama metodu gösterilmiştir. Başlangıç stok seviyeleri için tahmin sistemlerini çağrıştıran ortalama günlük tüketim fikri dikkate alınmıştır. Sistem MİP ve ürün ağacı ile barışıktır, planlı satış promosyonlarını dikkate alır (Miclo R. , Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, 2015).

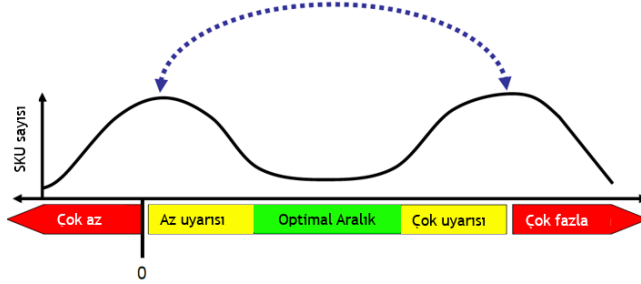
Şekil 2. Beş aşamalı DDMRP uygulaması



Kaynak: (Ptak & Smith, 2016)

MİP'te yaşanan temel sorun "bi-modal" olarak tarif edilen ve Şekil 3'te gösterilen çift tepeli stok görünümüdür. Bu durumda aynı anda hem yetersiz stoklu hem de aşırı stoklu ürünler vardır. DDMRP' deki üç bölgeci dinamik tampon (ürün ve lokasyon bazlı dinamik stok) profili sayesinde iki aşırı uç arasındaki osilasyonu azaltır, stok dağılımını çan eğrisine doğru değiştirir (Shofa & Widyarto, 2017). Favaretto ve Marin DDMRP tampon profilini tamamlanan ürün (Replenished) ve emniyet stoklu (min-mak politikasıyla takip edilen stratejik olmayan) ürün olarak detaylandırmıştır (Favaretto & Marin, 2018).

Şekil 3. Bimodal stok görünümü



Kaynak: (Ptak & Smith, 2016)

DDMRP' deki üç bölgeli tampon Şekil 4'te gösterilmiştir:

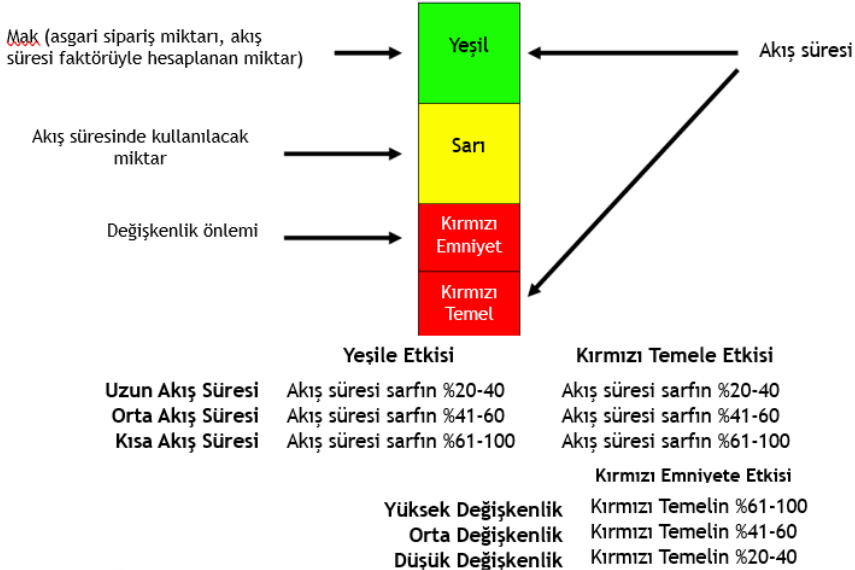
Yeşil bölge sipariş sıklığını ve sipariş büyüklüğünü belirler, asgari sipariş miktarı, asgari sipariş dönemi (örnek: haftada bir) ve akış süresi faktörünün (korunmuş akış süresi ile ortalama günlük tüketim çarpımı) maksimum olanıdır.

Sarı bölge stok yeterliliği içindir, ortalama günlük tüketim ile korunmuş akış süresi çarpımıyla belirlenir.

Kırmızı bölge güvence içindir, temel ve emniyet olmak üzere iki kısımlıdır. Temel, akış süresi faktörü; korunmuş akış süresi ile ortalama günlük tüketim çarpımıyla hesaplanır. Emniyet, temel ile değişkenlik faktörünün çarpımıdır. Kırmızı bölge, temel ve emniyetin toplamıdır.

Yöntem tamamen sezgisel öneridir, uygulayıcılar kendi şartlarına göre düzeltme yapmalıdır.

Şekil 4. Tampon profili ve hesap formülleri



Kaynak: (Ptak & Smith, 2016)

Kortabarria vd DDMRP tampon profilini, ürün ağacı üzerinde göstermiş ve bir vaka analiziyle uygulamayı örneklemiştirlerdir (Kortabarria, Apaolaza,

Lizarralde, & Amorrortu, 2018). Tamponun büyüklüğü kadar, nereye yerleştirildiği de önemlidir. Bu konuda yapılan bir çalışmada doğrusal olmayan model ve sezgisel yaklaşımlar denenmiştir (Acherqui, Allaoui, & Hsu, 2020).

DDMRP tampon yerleşimi konusunda maliyet odaklı doğrusal modellerle yapılan çalışmanın neticesinde değişkenliğin dikkate alındığı, doğrusal olmayan ve sürdürülebilir çalışmalar önerilmiştir (Acherqui, Allaoui, & Hsu, 2021).

Uygulamada görülen tedarik süresi, talep değişkenliklerini dikkate alarak ürün ağacı ve ağ yapılı tedarik zincirlerini aynı potada birleştiren DDMRP yaklaşımı, MİP – Yalın – Kısıtlar Teorisi kavramlarının bir alaşımıdır.

D. Simülasyon

Değişkenliği dikkate alarak MİP – DDMRP karşılaştırması yaparken Miclo vd Kanban Serious Games (eğitim oyunu, <https://www.cipe.fr/jeux-et-seminaires/jeu-du-kanban>) ile data oluşturarak simülasyon modelini Witness uygulamasıyla (<https://www.lanner.com/en-us/technology/witness-simulation-software.html>) hazırlamışlardır. Modelleri üretim içindir, proses süresi sabitken arıza periyodu, onarım süresi ve talep değişken alınmıştır. Senaryolar halinde denemeler yapılmış ancak sonuç muğlak bırakılmıştır (Miclo R. , Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, 2015).

Aynı ekibin 2016 çalışmasında Kanban Serious Game ve Witness kullanılmış, MİP uygulamasındaki kamçı etkisine, bi-modal stok dağılımına dikkat çekilmiş ancak net bir sonuç belirtilmemiştir (Miclo R. , Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, 2016).

Aynı ekibin 2019 çalışmasında yine Kanban Serious Game ve Witness kullanılmıştır, ANOVA değerlendirmeleri STATA14 (<https://www.stata.com/stata14/>) ile yapılmıştır. Bu çalışmada proses süreleri sabit, arıza periyodu ve onarım süreleri değişkendir. Sonsuz kapasite tercih edilmiştir. Düşük ve yüksek talep değişkenlikli olarak iki turlu analiz yapılmıştır. Gününde teslim ve yarı mamul stok seviyesi kriterlerine göre DDMRP performansının daha iyi çıktığı görülmüştür (Miclo, Lauras, Fontanili, Lamothe, & Melnyk, 2019).

Witness yerine SIMIO simülasyon uygulamasıyla (<https://www.simio.com/>) modellenen bir çalışmada ayrık olay (discrete-event) yöntemi izlenmiş, üretim ortamında darboğazlı, tip değişimi ve arıza kaybı olmayan, proses süreleri ve talebin değişken olduğu bir örnek incelenmiştir. Farklı senaryolarda servis düzeyi, yarı mamul stok seviyesi, mamul stok seviyesi kriterleri için kıyaslama yapılmıştır. İstatistiksel bir değerlendirme verilmemiştir (Thürer, Fernandes, & Stevenson, 2020).

Shofa vd, kullanılan aracı ve izlenen metodu belirtmeden, ayrık olay tarzıyla yaptıkları simülasyon çalışmasında DDMRP ile genel stok seviyesinin azaldığını raporlamışlardır (Shofa, Moeis, & Restiana, 2018).

Martin vd kullanılan simülasyon aracını belirtilmemiş, üretim ortamında farklı değişkenlik kombinasyonları planlı senaryolarla çalışmışlardır. ANOVA karşılaştırmaları yapılmış, üretim tipolojisi gösterilmiş, öneriler listelenmiştir (Martin, Lauras, & Baptiste, 2022).

Desserve vd Arena simülasyon uygulamasıyla (<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html>) çalışarak biri sanal diğeri fiili üretim ortamında darboğazlı ve değişkenlik içeren iki vakayı karşılaştırmışlardır (Dessevre, Baptiste, Lamothe, & Pellerin, 2023).

Değişkenliği dikkate alabilmek için en çok simülasyon tekniği kullanılmıştır. Simülasyona veri seti hazırlamak için Kanban Serious Game tercih edilen uygulamadır. Bu çalışmada AnyLogic üzerinde geliştirilen ve kurgusu bir romanı (Goldratt, Eshkoli, & Brownleer, 2009) esas alan Hannah's Shop ver 1.5.2 DDMRP (<https://www.hannahsshop.com/vsl-order-form-uo>) uygulaması kullanılacaktır (Hannah's Shop, 2023).

Literatürün karşılaştırmalı özeti Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan simülatör eşit ve özelleştirilebilen şartlarda min-mak kuralı, ekonomik sipariş kuralı ve DDMRP kuralını karşılaştırmaktadır. Diğer programların aksine bu simülatör ideal (değişkenlik olmayan) şartlar ve değişkenlik içeren şartlar altında karşılaştırmaya izin vermektedir. Parametrelerin kullanıcıya açık olması gerçek hayata uyarlanabilme kabiliyetini artırmaktadır (Hannah's Shop, 2023).

Tablo 1. Literatür değerlendirmesi

Yazarlar	Yayın Tarihi	Yayın	MRP	DDMRP	Sektör	Simülasyon
Miclo, Fontanili, Luras, Lamothe, Milian	2015	Konferans	x	x	Talaşlı üretim	Witness / Kanban Serious Game
Miclo, Fontanili, Luras, Lamothe, Milian	2016	Konferans	x	x	Talaşlı üretim	Witness / Kanban Serious Game
Shofa, Widyarto	2017	Konferans	x	x	Otomotiv	Belirtilmemiş
Favaretto, Marin	2018	Rapor	x	x	-	Kullanılmamış
Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, Amorrortu	2018	Dergi	x	x	Talaşlı üretim	Kullanılmamış
Shofa, Moeis, Restiana	2018	Konferans	x	x	Perakende	Belirtilmemiş
Miclo, Luras, Fontanili, Lamothe, Melnyk	2019	Dergi	x	x	Talaşlı üretim	Witness / Kanban Serious Game
Achergui, Allaoui, Hsu	2020	Konferans		x	-	Kullanılmamış
Thürer, Fernandes, Stevenson	2021	Rapor	x	x	-	SIMIO
Achergui, Allaoui, Hsu	2021	Konferans	x	x	Talaşlı üretim	Kullanılmamış
Martin, Luras, Baptiste	2022	Dergi	x	x	Talaşlı üretim	Belirtilmemiş
Dessevre, Baptiste, Lamothe, Pellerin	2023	Dergi	x	x	Talaşlı üretim	ARENA
Bu çalışma	2023	-	x	x	Perakende	Hannah's Shop

II. YÖNTEM

A. Simülasyon

Perakende ortamındaki çok yönlü değişkenlik doğrusal araçların etkinliğini azaltmaktadır Dolayısıyla değişkenliği ve farklı karar senaryolarını deneyebilmek üzere simülasyon uygulaması öne çıkmaktadır (Miclo, Lauras, Fontanili, Lamothe, & Melnyk, 2019). Simülasyonda izlenen üç ana yapı Sistem Dinamikler (System Dynamics), Etmen Tabanlı (Agent Based) ve Ayrık Olay (Discrete Event) şeklindedir. Piyasadaki simülasyon yazılımları arasında sadece AnyLogic (<https://www.anylogic.com/>) üç yapıyı da eşzamanlı desteklemektedir. Bu çalışmada kullanılan Hannah's Shop hazır paket simülatör AnyLogic üzerinde modellenmiştir (Hannah's Shop, 2023).

Literatürdeki iki ana grup araştırma yapısı aynı veri setiyle MİP-Yalın-DDMRP kıyaslaması ve DDMRP parametre set kıyaslaması şeklindedir (Martin, Lauras, & Baptiste, 2022). Bu çalışmada her iki yapı da kapsamakta, DDMRP parametrelerinin etkinliği izlenmektedir (Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, & Amorrortu, 2018). Veri seti rastgele üretilmektedir ve simülatöre gömülü haldedir.

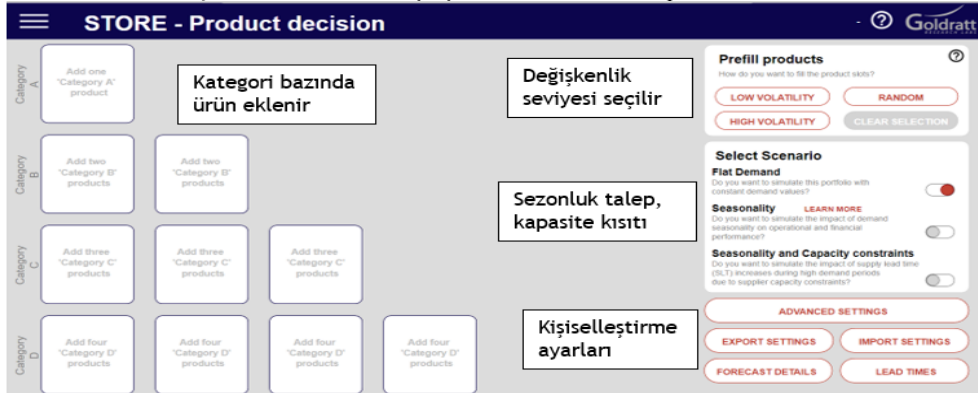
Bu çalışmada aynı veri setiyle farklı stok yönetim politikaları, değişen parametrelerle senaryolar halinde kıyaslanmıştır. Çalışmada farklı değişkenlerin sisteme etkisinin gösterilmesi hedeflenmiştir, optimizasyon söz konusu olmadığı için daha sofistike araçlara gerek duyulmamış (Dessevre, Baptiste, Lamothe, & Pellerin, 2023), tekrar edilebilirliği yüksek, parametrik yapısı güçlü (Martin, Lauras, & Baptiste, 2022) ve her üç politikayı da kapsayan Hannah's Shop hazır paket simülatör tercih edilmiştir (Hannah's Shop, 2023).

Uygulayıcılara alternatif bakış açısının gösterilmesi yeterli kabul edilmiş, tekrarlı çalıştırmalar ve buna dayalı istatistik değerlendirmeler gelecek araştırmalara bırakılmıştır. Ayrıca uygulayıcılara fikir verebilmek amacıyla 2014 yılında gerçekleştirilmiş bir dönüşüm projesine atıf yapılmıştır (Uluçay, 2014).

B. Simülatörün Yapısı

Simülatörde bir mağaza için gelecek bir yıl boyunca rafta tutulacak ürün asortisi ve stok kontrol yöntemi seçilmektedir. Şekil 5'te simülatörün açılış ekranı gösterilmiştir.

Şekil 5. Simülatörün açılış ekranı, Hannah's Shop Simulator



Kaynak: (Hannah's Shop, 2023)

Mevcut 4 kategoriden toplam 10 adet ürün seçilecektir. Aynı kategorideki ürünlerin ortalama satış adetleri ve alım/satım fiyatları benzer olmakla birlikte talep değişkenlikleri ve sezon dalgalanmaları arasında önemli farklar vardır. Kategorilerin temel özellikleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Kategorilerin başlangıç parametreleri

Kategori	Ürün sayısı	Alım fiyatı	Satış fiyatı	Min-ort-mak temin süresi	Sipariş döngüsü	Min alım sipariş adedi	Tahmin hatası	Min-ort-mak satış adedi	DDMRP akış süresi faktörü
A	1	4	5	1, 3, 5	1 gün	1 adet	+/-%20	1, 5, 10	Kısa
B	2	15	25	3, 5, 10	1 gün	1 adet	+/-%40	1, 5, 10	Orta
C	3	25	50	5, 10, 15	1 gün	1 adet	+/-%60	1, 5, 10	Orta
D	4	50	80	15, 20, 30	1 gün	1 adet	+/-%80	1, 5, 10	Uzun

Kategori içindeki değişkenliği anlamak için A Kategorisinde simülatörün sunduğu toplam 3 farklı ürün tipi Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. A Kategorisi içindeki 3 ürün tipinin karşılaştırmalı parametreleri

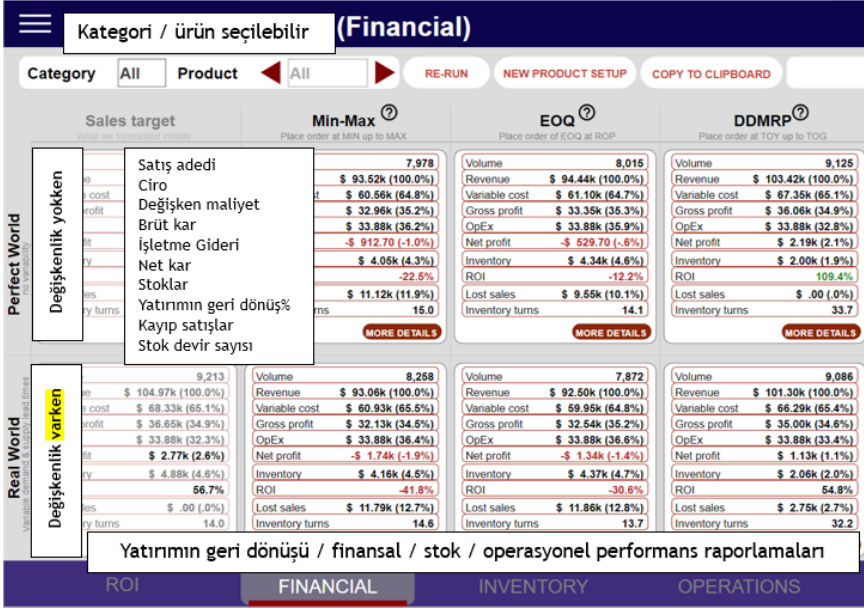
Ürün	Talep değişim hızı	Talep değişkenliği	Min-ort-mak temin süresi	Min-ort-mak satış tahmini	Min-mak-emniyet stok adedi	Sip noktası-ekonomik sip adedi-emniyet stok adedi	DDMRP sip sıklığı-başlangıç stoku-ufuk
1	Yüksek	değişken	1, 3, 5	1440, 7200, 12960	150, 450, 60	150, 380, 60	1 gün, 292 adet, 3 gün
2	düşük	sabit	1, 3, 5	6480, 7200, 7920	150, 450, 60	150, 380, 60	1 gün, 256 adet, 3 gün
3	orta	mevsimlik	1, 3, 5	5040, 7200, 9360	150, 450, 60	150, 380, 60	1 gün, 270 adet, 3 gün

Ürün seçimi yapılırken talep değişkenliği düşük – yüksek – rastgele olarak seçilecektir. Düşük seçildiğinde +/-%10 dalgalanma, yüksek seçildiğinde +/-%80 dalgalanma söz konusudur. Buna ilave olarak seçilmesi halinde mevsimlik dalgalanma da olacaktır. Benzer şekilde seçilmesi halinde tedarikçinin kapasite kısıtı da dikkate alınacaktır. İdeal şartlarda değişkenlik olmadan sadece ortalama değerler kullanılacaktır. Gerçek hayat şartlarında değişkenlik üçgen dağılımla (min ve mak arasında salınan moda göre) ifade edilecektir.

Ekonomik Sipariş Miktarı hesabında sipariş verme maliyeti 10, faiz %25 alınacaktır. Tüm para birimleri Amerikan doları (USD) cinsindedir. Tahminlerin her hafta güncellendiği kabul edilmektedir. Başlangıç ayarlarında e-ticaret opsiyonu kapalıdır.

Son olarak stok yönetim politikalarını karşılaştırabilmek amacıyla tüm (min/mak, ekonomik sipariş miktarı ve DDMRP) politikalar seçilecek ve çalıştırıldığında ideal (değişkenlik yokken) ile gerçek (değişkenlik varken) şartlarda yatırımın geri dönüş oranı, finansal, stok yönetim, operasyonel bakış açılarıyla karşılaştırılacaklardır. Örnek finansal karşılaştırma ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6. Başlangıç ayarlarıyla finansal karşılaştırma ekranı, Hannah's Shop Simulator



Kaynak: (Hannah's Shop, 2023)

Simülâtörde min/mak kuralları aşağıdaki gibidir, her 60 günde bir otomatik revize edilirler:

- Emniyet Stoku = Ortalama temin süresi X (maksimum talep – minimum talep) (1)
- Minimum = 3 X ortalama temin süresi X ortalama talep miktarı (2)
- Maksimum = Emniyet Stoku + (ortalama temin süresi X ortalama talep miktarı) (3)

Simülâtörde ekonomik sipariş miktarı kuralları aşağıdaki gibidir, her 60 günde bir otomatik revize edilirler:

- Emniyet Stoku = Ortalama temin süresi X (maksimum talep – minimum talep) (4)
- Tekrar Sipariş = Emniyet Stoku + (ortalama temin süresi X ortalama talep miktarı) (5)
- Sipariş Miktarı = $\sqrt{\frac{2 * \text{sipariş maliyeti} * \text{yüklük talep tahmini}}{\text{ürün maliyeti} * \text{yüklük stok taşıma faizi}}}$ (6)

Simülâtörde DDMRP kuralları aşağıdaki gibidir, hedef stoklar (tampon) her gün otomatik revize edilirler:

- Kullanılabilir Stok = eldeki stok + yoldaki stok – kısa dönem beklenen sipariş sıçraması (7)

- Sipariş Miktarı = Hedef tampon adedi – kullanılabilir stok miktarı (8)

C. Simülasyonun Parametreleri

Simülasyonun açılışında yapılan seçimlere ek olarak kişiselleştirilebilen parametreler dört grupta incelenmiştir:

- **Fiyatlama:** Kategori bazında alım ve satım fiyatları, ekonomik sipariş miktarı hesabında kullanılan sipariş verme bedeli ve stok taşıma faizi
- **Tedarik:** Kategori bazında tedarik akış süresi min – mod – mak gün sayıları, kategori bazında sipariş verme sıklığı, asgari sipariş miktarı
- **Talep:** Düşük-orta-yüksek değişim hızı aralık değerleri (%), darbeli satış için azami sipariş kat sayısı, stokgün hesabı için bakılacak akış süresi sayısı, kategori bazında tahmin hatası%, kategori bazında sipariş min-mod-max adetleri, tahmin güncelleme sıklığı, geç teslim opsiyonu, etcaret pay%
- **DDMRP:** ortalama tüketim hesaplama dönemi, tampon değişiminde soğuma dönemi, tampo hesabındaki yeşil-kırmızı pay%, kategori bazında temin süresi sınıflandırması, değişkenlik sınıflamasına göre pay%, talepte sıçrama kontrolü opsiyonu

D. Simülasyondaki Kriterler

Stok yönetim politikaları karşılaştırılırken plan - min/mak – ekonomik sipariş miktarı – DDMRP kurallarına, ideal – gerçek hayat şartlarında bakılacaktır. Literatürde kullanılan kriterlerin gösterildiği Tablo 4 dikkate alınarak stok devir hızı, yatırımın geri dönüş oranı%, net kâr, satış cirosu, kayıp satış cirosu, ortalama stok değeri, stok-gün sayısı, aşırı stok%, ortalama tedarikçi sipariş büyüklüğü ve tedarikçiye verilen sipariş sayısı karşılaştırma kriteri olarak seçilmiştir.

Tablo 4. Senaryo performans karşılaştırmasında kullanılan kriterler

Yazarlar	Yayın Tarihi	Yayın	Kriterler
Miclo, Fontanili, Luras, Lamothe, Milian	2015	Konferans	Gününde teslim, yatırım, stok, verim, lot büyüklüğü
Miclo, Fontanili, Luras, Lamothe, Milian	2016	Konferans	Gününde teslim, yatırım, stok, lot büyüklüğü, Yetersiz ve aşırı stoklu ürünler
Shofa, Widyarto	2017	Konferans	Akış süresi, stok, yatırım, Yetersiz ve aşırı stoklu ürünler
Kortabarria, Apaolaza, Lizarralde, Amorrortu	2018	Dergi	Stok, stok-gün, Yetersiz ve aşırı stoklu ürünler
Shofa, Moeis, Restiana	2018	Konferans	Stok, yetersiz ve aşırı stoklu ürünler
Miclo, Luras, Fontanili, Lamothe, Melnyk	2019	Dergi	Gününde teslim, stok, yetersiz ve aşırı stoklu ürünler
Martin, Luras, Baptiste	2022	Dergi	Gününde teslim, stok, yetersiz ve aşırı stoklu ürünler

E. Senaryolar

İdeal – Gerçek hayat şartları başlangıç ayarları, yüksek değişkenlik, sezon ve kapasite kısıtı varken denenerek gösterilecektir. Diğer senaryolar sadece Gerçek Hayat şartlarında karşılaştırılacaktır.

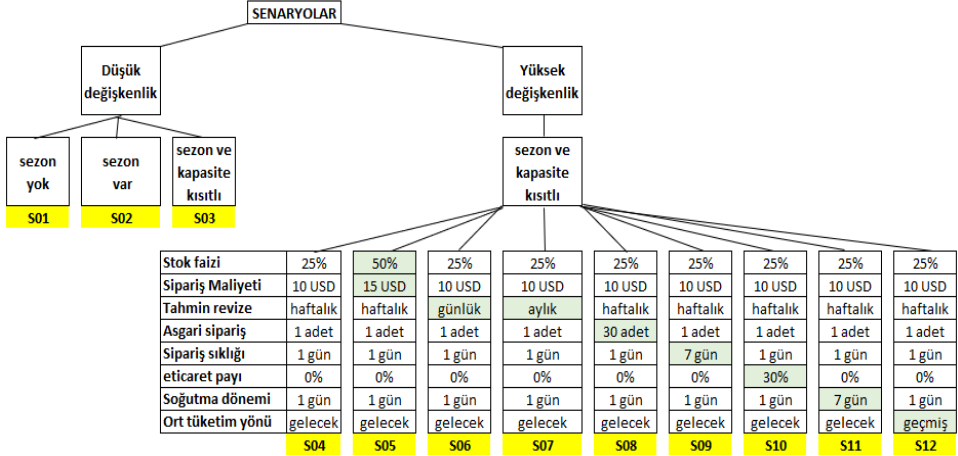
Değişkenlik için 3 senaryo denenecektir: Başlangıç ayarlarıyla, düşük değişkenlikli ürünlerle sezon dalgalanması ve tedarik kapasite kısıtı yokluğu (S01), sezon dalgalanması var ama tedarik kapasite kısıtı yokluğu (S02), sezon dalgalanması ve tedarikçi kapasite kısıtı varlığı (S03).

MİP için 7 senaryo denenecektir: Başlangıç ayarlarıyla, yüksek değişkenlikli ürünlerle, sezon dalgalanması ve tedarikçi kapasite kısıtı varlığında (S04), stok faizi %50'ye ve sipariş verme maliyeti 15 USD'ye yükseltildiğinde (S05), tahmin güncellemesi günlük yapıldığında (S06), tahmin güncellemesi aylık yapıldığında (S07), asgari sipariş miktarı tüm kategorilerde 30 adede yükseltildiğinde (S08), sipariş sıklığı 7 güne yükseltildiğinde (S09), e-ticaret payı tüm kategorilerde %30 yapıldığında (S10).

DDMRP için 2 senaryo denenecektir: Başlangıç ayarlarıyla, yüksek değişkenlikli ürünlerle, sezon dalgalanması ve tedarikçi kapasite kısıtı varlığında soğutma dönemi 7 güne yükseltildiğinde (S11), ortalama tüketim belirlemesi için sadece geçmişe bakıldığında (S12).

Simülasyon rastgele modda ısınma dönemini ayrı tutarak çalışmaktadır, tek sefer çalıştırılarak sonuçlar derlenmiştir. Senaryo ağacı Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 7. Senaryo ağacı

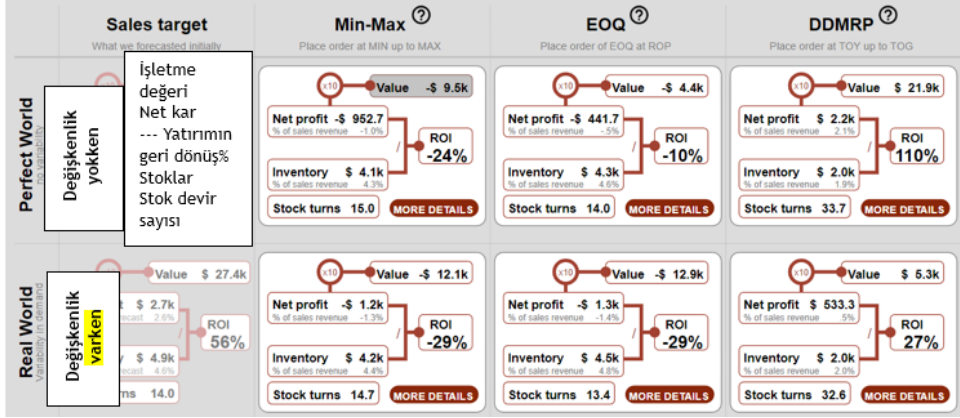


III. BULGULAR

Şekil 8'de üç politika ilk satırda değişkenliğin olmadığı ideal şartlarda, ikinci satırda değişkenlik olan gerçek hayat şartlarında karşılaştırılmıştır. Referans olarak 2.700 USD satış hedefi dikkate alınmıştır. Talepte, sezonda ve tedarik temin süresinde hiçbir değişiklik olmayan ideal şartlarda min/mak politikası 952,7 USD zarar ve ekonomik sipariş miktarı politikası 441,7 USD zarar ederek satış hedeflerini karşılayamamıştır. Aynı şartlarda DDMRP politikasıyla 2.200 USD kâr edilerek diğer politikalardan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Talepte, sezonda, tedarik temin süresinde değişkenlik ve tedarikçi kapasite kısıtı dikkate alındığında min/mak 1.200 USD zarar ve ekonomik sipariş miktarı 1.300 USD zarar ederek daha kötü performans göstermişlerdir. Aynı ortamda DDMRP performansı da bozulmasına ve planın gerisinde kalmasına rağmen yine de 533,3 USD kâr edilmiştir.

Şekil 8. İdeal – Gerçek hayat şartları karşılaştırması, Hannah’s Shop Simulator



Kaynak: (Hannah's Shop, 2023)

A. MRP min/mak politikasının senaryo performansı

Stok yönetim politikaları senaryolar bazında kendi içinde değerlendirilmiştir. MİP-min/mak politikasına ilişkin sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Bu politika düşük değişkenlikli ürünlerde sezonluk dalgalanma ve tedarikçi kapasite kısıtları varken dahi beklenen sonuçları üretmiştir. Ancak yüksek değişkenlik varken farklı senaryoların tamamında zararlı sonuçlanmıştır.

Taşınan yüksek stok seviyesine rağmen kayıp satışlar vardır. Bu senaryolardan sadece asgari sipariş miktarı 1 adetten 30 adede yükseltilen (S08) diğerlerine nazaran daha olumludur ancak yine de 833 USD zararlı bitmiştir.

Yüksek değişkenlikli senaryolarda ortalama stok 4.440 USD, kayıp satışlar 10.919 USD, yatırımın geri dönüş oranı (ROI) -%38 çıkmıştır.

Tablo 4. MRP-min/mak politikası için karşılaştırmalı senaryo sonuçları

MRP min / mak	Senaryolar												ortalama
	Düşük değişkenlik			Yüksek değişkenlik									
	S01 sezon yok	S02 sezon var	S03 sezon + kapasite	S04 sezon + kapasite	S05 faiz %50 sip 15	S06 günlük tahmin	S07 aylık tahmin	S08 asgari sip 30	S09 sip sıklık 7	S10 eticaret %30	S11 soğutma 7 gün	S12 ADU geçmiş	
ROI%	66%	60%	62%	-53%	-17%	-35%	-31%	-13%	-28%	-55%	-52%	-59%	-38%
net kar, USD	3.000	2.700	2.800	-2.200	-683	-1.500	-1.300	-833	-1.200	-2.300	-2.200	-2.500	
stok devir hızı	15	15	15	15	15	15	15	9	14	14	14	14	
ciro, USD	102.940	102.360	102.610	91.730	95.360	93.060	93.500	94.060	93.340	90.580	90.640	90.220	
kayıp satış, USD	400	400	150	12.340	10.270	12.400	12.340	10.600	10.040	11.980	9.650	8.650	10.919
ort stok, USD	4.490	4.450	4.550	4.110	4.070	4.150	4.230	6.570	4.240	4.140	4.180	4.270	4.440
stokgün	30	30	30	26	26	27	27	56	27	26	27	27	
aşın stok%	89%	90%	89%	87%	87%	87%	88%	92%	60%	88%	88%	88%	
ort tedarik sip, adet	98	98	98	104	105	101	104	133	103	100	100	105	
tedarik sip sayısı	88	88	88	78	81	80	80	61	80	77	78	77	

B. MRP ekonomik sipariş miktarı politikasının senaryo performansı

MRP-ekonomik sipariş politikasına ilişkin sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. MRP min/mak politikasına benzer şekilde düşük değişkenlikli ürünlerde sezonluk dalgalanma ve tedarikçi kapasite kısıtları olmasına rağmen beklenen sonuçları üretmiştir. Ancak yüksek değişkenlik varken farklı senaryoların tamamında zararlı sonuçlanmıştır. Taşınan ortalama stok miktarı ve kayıp satışlar min/mak politikasıyla benzerdir.

Zararla biten yüksek değişkenlikli senaryolar arasında en iyisi asgari sipariş miktarının 1 adetten 30 adede yükseldiği senaryodur (S08), yine de 687 USD zararla sonuçlanmıştır.

Yüksek değişkenlikli senaryolarda ortalama stok 4.628 USD, kayıp satışlar 10.648 USD, ROI -%38 çıkmıştır.

Tablo 5. MRP-Ekonomik Sipariş Miktarı politikası için karşılaştırmalı senaryo sonuçları

MRP Ekonomik Sipariş Miktarı	Senaryolar												ortalama
	Düşük değişkenlik			Yüksek değişkenlik									
	S01 sezon yok	S02 sezon var	S03 sezon + kapasite	S04 sezon + kapasite	S05 faiz %50 sip 15	S06 günlük tahmin	S07 aylık tahmin	S08 asgari sip 30	S09 sip sıklık 7	S10 eticaret %30	S11 soğutma 7 gün	S12 ADU geçmiş	
ROI%	65%	58%	57%	-56%	-42%	-24%	-33%	-10%	-36%	-43%	-54%	-45%	-38%
net kar, USD	3.000	2.800	2.800	-2.500	-1.700	-1.100	-1.400	-687	-1.600	-1.800	-2.400	-2.000	
stok devir hızı	14	14	14	14	15	14	14	9	13	14	13	13	
ciro, USD	103.140	102.640	102.610	90.520	92.280	93.560	93.750	94.930	92.350	91.750	90.440	91.440	
kayıp satış, USD	200	0	100	13.070	12.690	11.540	11.470	9.190	10.600	10.510	9.680	7.080	10.648
ort stok, USD	4.680	4.840	4.880	4.360	4.080	4.510	4.330	6.620	4.480	4.350	4.450	4.470	4.628
stokgün	30	31	31	27	26	28	27	56	28	27	27	27	
aşırı stok%	90%	90%	90%	88%	87%	88%	88%	92%	63%	88%	88%	88%	
ort tedarik sip, adet	107	109	109	114	97	112	114	145	108	111	111	116	
tedarik sip sayısı	80	78	78	71	82	74	72	57	73	71	70	70	

C. DDMRP politikasının senaryo performansı

DDMRP politikasına ilişkin sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Bu politika düşük değişkenlikli senaryolarda taşıdığı daha az stok seviyesi nedeniyle üstündür ve etkisi değişkenlik artışıyla daha belirgin hale gelmektedir.

DDMRP politikası, diğer iki MİP politikasının aksine yüksek değişkenlikli 9 senaryodan DDMRP kurallarının esnetilmediği 7 senaryoda kârlı sonuçlanmıştır. Kurallar pratik şartlara uygunluk adına esnetildiğinde performansı düşmüş ancak yine de Tablo 4 ve Tablo 5'te görülen emsal MİP senaryolarından daha başarılı olmuştur.

Yüksek değişkenlikli senaryolarda ortalama stok 2.909 USD, kayıp satışlar 3.028 USD, ROI +%19 çıkmıştır.

Tablo 6. DDMRP politikası için karşılaştırmalı senaryo sonuçları

DDMRP	Senaryolar												ortalama
	Düşük değişkenlik			Yüksek değişkenlik									
	S01 sezon yok	S02 sezon var	S03 sezon + kapasite	S04 sezon + kapasite	S05 faiz %50 sip 15	S06 günlük tahmin	S07 aylık tahmin	S08 asgari sip 30	S09 sip sıklık 7	S10 eticaret %30	S11 soğutma 7 gün	S12 ADU geçmiş	
ROI%	19%	150%	151%	31%	48%	40%	56%	25%	23%	19%	-24%	-46%	19%
net kar, USD	2.900	2.600	2.600	637	982	821	1.100	1.500	618	399	-729	-2.000	
stok devir hızı	38	38	38	32	32	33	34	11	25	32	21	15	
ciro, USD	102.810	102.090	102.060	99.830	101.460	100.870	101.350	102.300	100.470	99.580	96.070	93.830	
kayıp satış, USD	500	550	600	3.120	3.210	3.630	3.520	1.240	2.170	2.220	3.930	4.210	3.028
ort stok, USD	1.750	1.740	1.740	2.070	2.060	2.040	1.930	6.090	2.650	2.060	2.990	4.290	2.909
stokgün	9	9	9	11	12	11	11	53	13	11	15	26	
aşırı stok%	67%	66%	67%	72%	72%	72%	71%	89%	31%	72%	79%	87%	
ort tedarik sip, adet	17	17	17	23	24	24	24	66	38	24	30	36	
tedarik sip sayısı	528	522	521	410	408	403	414	147	261	409	329	276	

D. Gerçek hayat kombine senaryosunda karşılaştırmalı performans

Zorlayıcı ve kombine bir senaryoda üç politika karşılaştırılmıştır. Bu senaryoya göre ürünlerin sezonluk talebi vardır, talep yüksek değişkenliklidir, tedarikçide kapasite kısıtı vardır, asgari sipariş 10 adettir, sipariş sıklığı bir haftadır, stok taşıma faizi %50'dir, sipariş verme maliyeti 15 USD'dir, tahminler ayda bir sefer güncellenir, e-ticaretin payı %30'dur, ortalama tüketim için yarı yarıya geçmiş-gelecek karmasına bakılır, tampon değişikliğinde bir hafta soğutma süresi gözetilir. Sonuçlar Tablo 7'de derlenmiştir.

Zorlaştırılan şartlarda politikaların tamamı zarara yol açmıştır. Bununla birlikte daha az stokla daha yüksek satışı sağlayan DDMRP politikası daha iyi performans göstermiştir. Bu politikada 300 günlük dönem içinde 334 defa satın alma siparişi verilmesi karşılması zor bir ihtiyaçtır. Dolayısıyla Tedarikçi Yönetimli Stok ve Tedarik Zinciri içinde iş birliği sağlanması önemlidir.

Tablo 7. Kombine senaryoda MRP (min/mak) – MRP (Ekonomik Sipariş Miktarı) – DDMRP karşılaştırması

Politika Kıyaslaması	MRP min/mak	MRP ekonomik sip mikt	DDMRP
ROI%	-42%	-38%	-27%
net kar, USD	-1.700	-1.600	-902
stok devir hızı	15	15	19
ciro, USD	92.480	92.720	96.110
kayıp satış, USD	11.320	10.540	6.610
ort stok, USD	4.100	4.055	3.350
stokgün	26	25	19
aşırı stok%	87%	87%	83%
ort tedarik sip, adet	102	96	29
tedarik sip sayısı	77	83	334

IV. TARTIŞMA

Miclo vd DDMRP için daha çok parametreyle test önermişlerdir (Miclo, Lauras, Fontanili, Lamothe, & Melnyk, 2019).

Thürer vd literatürdeki çalışmalarda verilen sonuçları muğlak bulmuşlardır (Thürer, Fernandes, & Stevenson, 2020). Achergui vd DDMRP çalışmalarında maliyet optimizasyonunu amaçlamışlardır ancak MİP politikalarının aksine DDMRP talebe duyarlıdır, dolayısıyla maliyet minimizasyonu yerine satış maksimizasyonu daha uygun bir amaç olacaktır. İncelenen literatürde değişkenliğin dikkate alınmadığı çalışmalar görülmüştür.

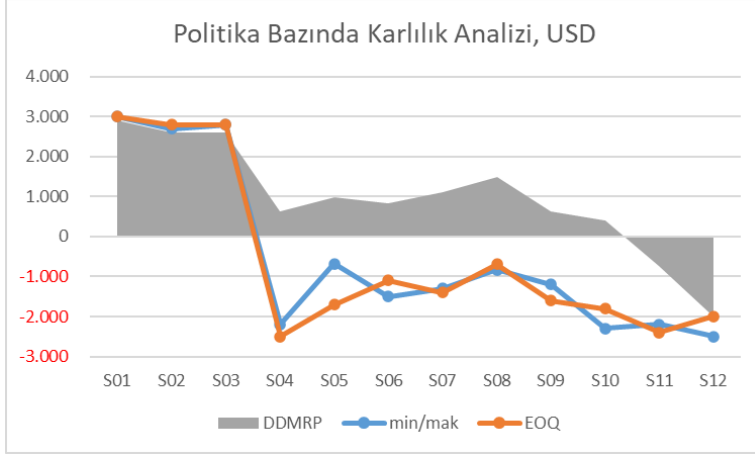
Desserve vd simülasyona ek olarak fiili bir vakayla karşılaştırma yapmışlardır (Dessevre, Baptiste, Lamothe, & Pellerin, 2023). Benzer şekilde İstanbul'da yerleşik orta ölçekli üretici-perakendecide yapılan DDMRP uygulamasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Uluçay, 2014).

Türkiye ekonomisinde kayıtlı şirketlerin %95'i KOBİ ölçeğindedir. Şirketlerin bir kısmında ürün ağacı gerektiren üretim yoktur, sadece dağıtım yapanlar da vardır. Dağıtım yapanlar farklı karmaşıklıkta tahmin sistemleri kullanmaktadırlar ancak tahmin hataları aşırı ve yetersiz stoklu ürünlere sebep olmaktadır (Margherita, Banchi, Biffi, Castri, & Morelli, 2022). Fridgeirsson vd piyasalardaki değişkenlik seviyesini ölçmeyi denemişlerdir (Fridgeirsson, Ingason, Jonasson, & Kristjansdottir, 2021). Perakendenin temel konusu bulunurluktur (Georgiadis & Rajaram, 2013).

Şekil 9'da denenen 12 senaryo için politikaların kâr performansı gösterilmiştir. DDMRP politikası, çalışma prensiplerinin esnetilmediği senaryoların tamamında kârlı çıkmış, esnetildiği senaryolarda zarar çıkmasına

rağmen diğer iki politikadan daha başarılı görünmüştür. Ancak DDMRP politikasında küçük adetlerle çok sık satınalma siparişi verme eğilimi vardır. Dolayısıyla bu politikaya uygun çalışacak tedarikçi seçimi ve buna uygun firma içi lojistik şartları oluşturmak oldukça zordur.

Şekil 9. Politikaya göre kâr-zarar durumu



SONUÇ VE ÖNERİLER

Piyasa ve ürün yapısı düşük değişkenlik içeriyorken MİP tabanlı min/mak ve ekonomik sipariş miktarı politikaları yeterlidir. Ancak sermaye kısıtlıyken, ürünler pahalıyken, tazelik önemliyen veya piyasa ve ürün yapısında aşırı değişkenlik varsa dinamik yapıllı DDMRP tercih edilmelidir.

Gelecek araştırmalarda Kanban Serious Game, Hannah's Shop vb hazır simülatorlerle kategori bazında farklı akış süreleri, fiyatlar, talep miktarları; min/mak kuralı için kategori bazında farklı asgari sipariş miktarları, temin süresi değişkenlikleri; ekonomik sipariş miktarı için farklı faiz ve sipariş verme maliyetleri; DDMRP için tampon belirleme katsayıları, soğutma dönemleri, e-ticaret opsiyonları gibi parametrelerin denenmesi sanayideki karar vericiler için aydınlatıcı olacaktır. Ayrıca DDMRP kavramının *perakendeye* ek olarak üretim ortamında ve tedarik zinciri kurgusuyla incelenmesi yerinde olacaktır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin tüm süreçlerinde Yönetim ve Ekonomi Dergisi'nin araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hareket edilmiştir.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Makalenin tamamı Utkan Uluçay tarafından kaleme alınmıştır.

1. yazar %40 oranında, 2. yazar %60 oranında katkı sağlamıştır.

Çıkar Beyanı

Yazarın herhangi bir kişi ya da kuruluş ile çıkar çatışması yoktur.

Teşekkür: Hannah's Shop simülatorre erişim sağlayan Dr. Alan Bernard ve simülatorü kodlayan Benjamin Schumann' a teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Achergui, A., Allaoui, H., & Hsu, T. (2020). Strategic DDMRP's Buffer Positioning for hybrid MTO/MTS manufacturing. *IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions*. IEEE (ICTMOD). doi:10.1109/ICTMOD49425.2020.9380588
- Achergui, A., Allaoui, H., & Hsu, T. (2021). Optimisation of the Automated buffer positioning model under DDMRP logic. *IFAC Papers Online* (pp. 582-588). IFAC PapersOnLine 54-1. doi:10.1016/j.ifacol.2021.08.067
- Dessevre, G., Baptiste, P., Lamothe, J., & Pellerin, R. (2023). Visual charts produced by simulation to correlate service rate, resource utilization and DDMRP parameters. *International Journal of Production Research*, 61(3), pp. 741-753. doi:10.1080/00207543.2021.2015808
- Favaretto, D., & Marin, A. (2018). *Working Paper: An Empirical Comparison Study Between DDMRP and MRP in Material Management*. Venezia: Università Ca'Foscari Venezia.
- Fridgeirsson, T. V., Ingason, H. T., Jonasson, H. I., & Kristjansdottir, B. H. (2021). The VUCAality of Projects: A New Approach to Assess a Project Risk in a Complex World. *Sustainability*, pp. 1-13. doi:10.3390/su13073808
- Georgiadis, G., & Rajaram, K. (2013). The Retail Planning Problem Under Demand Uncertainty. *Production and Operations Management*, pp. 1200-1213.
- Goldratt, E., Eshkoli, I., & Brownleer, J. (2009). *Isn't It Obvious?* Great Barrington: The North River Press.
- Gökçen, M., Boru, A., & Dosdoğru, A. T. (2018). İki Aşamalı Tedarik Zincirinde Eş Zamanı Stok Kontrolünün ve Tedarikçi Seçiminin Simülasyon Optimizasyonu Yaklaşımı ile Analizi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), pp. 1-10. doi:10.7212%2Fzkufbd.v8i1.617
- Hannah's Shop. (2023). Retrieved from Goldratt Research Labs: <https://www.hannahsshop.com/vsl-order-form-uio>
- Kortabbaria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., & Amorrortu, I. (2018). Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 632-650. doi:10.3926/jiem.2654
- Margherita, A., Banchi, E., Biffi, A., Castri, G. d., & Morelli, R. (2022). Beyond Total Cost Management (TCM) to Systemic Value Management (SVM): Transformational Trends and a Research Manifesto for an Evolving Discipline. *Sustainability*. doi:10.3390/su141912890
- Martin, G., Luras, M., & Baptiste, P. (2022). Dynamical multi-parameter sizing of DDMRP buffers in finite capacity flow-shops. *Computers & Industrial Engineering*, 175. doi:10.1016/j.cie.2022.108858
- Miclo, R., Fontanili, F., Luras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2015). MRP vs. Demand-Driven MRP: Towards an Objective Comparison. *6th IESM Conference*. Seville: IESM.
- Miclo, R., Fontanili, F., Luras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). An Empirical Comparison of MRPII and Demand-Driven MRP. In IFAC (Ed.), 49, pp. 1725-1730. IFAC. doi:10.1016/j.ifacol.2016.07.831
- Miclo, R., Luras, M., Fontanili, F., Lamothe, J., & Melnyk, S. (2019). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of Production Research*, 57 (1), pp. 166-181. doi:10.1080/00207543.2018.1464230
- Ptak, C. A., & Smith, C. J. (2011). *Orlycky's Materail Requirements Planning 3rd edition*. New York: McGraw-Hill.
- Ptak, C., & Smith, C. (2016). *DDMRP*. South Norwalk: Industrail Press Inc.
- Shofa, M. J., & Widyanto, W. O. (2017). Effective Production Control in an Automotive Industry: MRP vs. Demand-Driven MRP. *AIP Conference Proceedings*. 1855, pp. 020004.1-020004.9. AIP Publishing. doi:10.1063/1.4985449
- Shofa, M. J., Moeis, A. O., & Restiana, N. (2018). Effective production planning for purchased part under long lead time and uncertain demand: MRP vs. demand-driven MRP. *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*. 337 012055. IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1757-899X/337/1/012055

Thürer, M., Fernandes, N. O., & Stevenson, M. (2020). *Production Planning and Control in Multi-Stage Assembly Systems: An Assessment of Kanban, MRP, OPT (DBR) and DDMRP by Simulation*.

Uluçay, U. (2014). Bir Taşla İki Kuş-Lojistiğinizi biz yapalım, Türkiye kazansın. *Lojistik Dergisi*(32), pp. 23-29.

SUMMARY

Volatile markets, unreliable suppliers, and variable process times are challenging all supply chains. There is a term coined for such environment: VUCA-Volatile-Uncertain-Complex-Ambiguous. Supply chains are supposed to provide availability without compromising the costs. Since World War II there are several deterministic methods in the Operations Research field helping companies to survive such as linear programming, MRP, and forecasting. Unfortunately, the time has changed and deterministic methods are not performing well enough to drive in a VUCA environment.

MRP itself has evolved from MRP I (Material Requirement Planning) to MRP II (Manufacturing Resources Planning) and then to ERP (Enterprise Resource Planning). It is coupled with MPS (Master Production Schedule) and APS (Advanced Planning Systems). Since the problem has not been solved yet Lean and TOC (Theory of Constraints) methods popped up. DDMRP (Demand Driven MRP) is a variety of TOC and is an alloy of Lean, MRP, and TOC. DDMRP let suppliers manage min/max inventory levels or EOQ (Economic Order Quantity) in a dynamic fashion and is well suited to the BOM (Bill of Materials) of MRP systems.

Practitioners demand a comparison with existing methods in a VUCA environment. Therefore, a commercially available simulator (Hannah's Shop by Goldratt Research Labs) is employed letting reproducibility and comparability. Several scenarios are set recognizing different degrees of variability, seasonality, and supplier capacity constraints.

The literature review revealed a certain set of key performance indicators covering operational and financial aspects. In this study, inventory turns, return on investment%, net profit, sales turnover, lost sales, average inventory, stock days, excess stock%, average order size, and the number of orders in a year are reported.

Surprisingly in an ideal world with no variability DDMRP still performs better than deterministic min/max and EOQ methods. DDMRP is remarkably better in real-world (with variability) cases compared to min/max and EOQ methods. There is a combined challenging last scenario composed of seasonal demand, high variability in demand, supplier capacity is limited, minimum order quantity is 10 units, min order cycle is a week, holding cost interest rate is %50, ordering cost is 15 USD, monthly forecast revision, %30 e-commerce, DDMRP horizon is half past half future, DDMRP cooling period is a week. In this scenario, DDMRP – min/max – EOQ all three methods yielded a loss but DDMRP loss is almost half of the other two methods.

DDMRP is aligned with the VUCA environment. It is a perfect fit for the retail industry providing the availability of standard goods in several sales points.

It has another useful implication in production where standard raw materials are required for uninterrupted production flow in several facilities.

DDMRP method requires suitable software to run smoothly in any production or distribution chain. It requires collaboration in the supply chain. In case of a mature and stable demand or a very small scale or very limited low-priced items, it may not be efficient to focus on DDMRP.

There are several editable parameters in Hannah's Shop simulator. In future research, EOQ-related varying interest rates or ordering costs under different degrees of demand and supply variation cases could be investigated. Similarly, min/max related varying levels for different categories under different price – lead time – minimum order quantity combinations could be studied. Finally, DDMRP-related varying cooling periods – buffer coefficients – ecommerce% shares could be questioned. DDMRP is worth to be tested in a multi-tiered supply chain rather than a single company.