



Open Access Journal
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 9 - Sayı 4: 1636-1643 / Temmuz 2026

(Volume 9 - Issue 4: 1636-1643 / July 2026)

DÖKÜMHANELERDE GERÇEK ZAMANLI ÜRETİM TAKİBİ VE KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Ferhat SAYDAM^{1*}, Abdulhadi KOŞATEPE², Çağlar YÜKSEL³

¹Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgy and Materials Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye

²Ağrı İbrahim Çeçen University, Patnos Vocational School, Department of Medical Services and Techniques, 04100, Ağrı, Türkiye

³Marmara University, Faculty of Technology, Department of Metallurgy and Materials Engineering, 34854, İstanbul, Türkiye

Özet: Son yıllarda internet teknolojilerinin yaygınlaşması, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği ve yapay zekâ uygulamalarının hızlı gelişimi, imalat sanayinde olduğu gibi döküm sektöründe de üretim anlayışının yeniden şekillenmesine neden olmuştur. Buna rağmen, özellikle küçük ve orta ölçekli dökümhanelerde üretim verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi süreçlerinde hâlen kâğıt formlar, manuel kayıtlar ve karmaşık Excel tabloları gibi geleneksel yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemler, veri bütünlüğünün sağlanmasını zorlaştırmakta, hataya açık ve gerçek zamanlı karar almayı önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Zaman, enerji ve maliyet unsurları, dökümhane işletmeleri için rekabet gücünü doğrudan etkileyen parametrelerin etkin yönetilebilmesi, üretim süreçlerinden elde edilen verilerin doğru, hızlı ve anlamlı şekilde analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada, dökümhanelerin dijital dönüşüm sürecine katkı sağlamayı amaçlayan DÖKÜMHANEM adlı dijital üretim yönetim platformu ele alınmıştır. Geliştirilen platform; ergitme, alaşımlandırma, döküm, kalite kontrol, stok ve sevkiyat gibi temel üretim adımlarından sahadan veri toplanmasını, bu verilerin merkezi bir veri tabanında işlenmesini ve işletme içerisinde anlık olarak izlenebilmesini mümkün kılmaktadır. Çalışma kapsamında, DÖKÜMHANEM platformunun bir dökümhane ortamında uygulanmasıyla elde edilen verilerin üretim yönetimi, izlenebilirlik, kalite kontrol ve karar destek süreçlerine olan katkıları incelenmiştir. Sistem sayesinde manuel veri girişlerinden kaynaklanan hataların azaltıldığı, üretim süreçlerinin daha şeffaf hale getirildiği ve yöneticilerin gerçek zamanlı verilere dayalı hızlı kararlar alabilmesinin sağlandığı görülmüştür. Ayrıca platformun modüler yapısı, Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm yaklaşımlarıyla uyumlu bir altyapı sunarak gelecekte sensör, PLC ve IoT tabanlı sistemlerle entegrasyona imkân tanımaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, dijital üretim yönetim platformlarının dökümhanelerde operasyonel verimliliği artırmada ve sürdürülebilir rekabet avantajı sağlamada önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Dökümhane, Dijital dönüşüm, Üretim yönetimi, Endüstri 4.0, Veri toplama, Karar destek sistemleri

Development of Real-Time Production Monitoring and Decision Support Systems in Foundries

Abstract: The widespread adoption of internet technologies, along with the rapid development of the Internet of Things (IoT), big data analytics, and artificial intelligence, has significantly transformed manufacturing paradigms, including those in the foundry industry. Despite these developments, data collection and production monitoring in small and medium-sized foundries are still predominantly performed using traditional methods such as paper-based forms, manual records, and complex spreadsheet systems. These approaches often lead to data inconsistency, increased error rates, and limited real-time visibility, thereby restricting effective decision-making processes. Time, energy, and cost are critical performance indicators that directly influence the competitiveness of foundry operations. Efficient management of these factors requires accurate, timely, and meaningful analysis of production data. In this study, a digital production management platform named DÖKÜMHANEM is introduced with the aim of supporting the digital transformation of foundry operations. The proposed platform enables systematic data collection from the shop floor across key production stages, including melting, alloying, casting, quality control, inventory, and dispatch. Collected data are centrally stored, processed, and visualized, allowing real-time monitoring of production activities within the organization. The study evaluates the practical implementation of the DÖKÜMHANEM platform in a foundry environment and examines its contributions to production management, traceability, quality assurance, and decision support processes. The results indicate that the system significantly reduces errors associated with manual data entry, enhances process transparency, and enables managers to make timely, data-driven decisions based on real-time information. Furthermore, the modular and scalable architecture of the platform is fully aligned with Industry 4.0 principles, providing a flexible infrastructure for future integration with sensor-based systems, PLCs, and IoT technologies. Overall, the findings demonstrate that digital production management platforms play a crucial role in improving operational efficiency and establishing sustainable competitive advantage in foundry operations.

Keywords: Foundry, Digital transformation, Production management, Industry 4.0, Data collection, Decision support systems

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgy and Materials Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye

E mail: fsaydam34@gmail.com (F. SAYDAM)

Ferhat SAYDAM



<https://orcid.org/0000-0003-2679-7225>

Abdulhadi KOŞATEPE



<https://orcid.org/0000-0002-7767-4981>

Çağlar YÜKSEL



<https://orcid.org/0000-0001-9591-6430>

Gönderi: 29 Nisan 2026

Kabul: 05 Haziran 2026

Yayınlanma: 15 Temmuz 2026

Received: April 29, 2026

Accepted: June 05, 2026

Published: July 15, 2026

Cite as: Saydam, F., Koşatepe, A., & Yüksel, Ç. (2026). Development of real-time production monitoring and decision support systems in foundries. *Black Sea Journal Engineering and Science*, 9(4), 1636-1643.



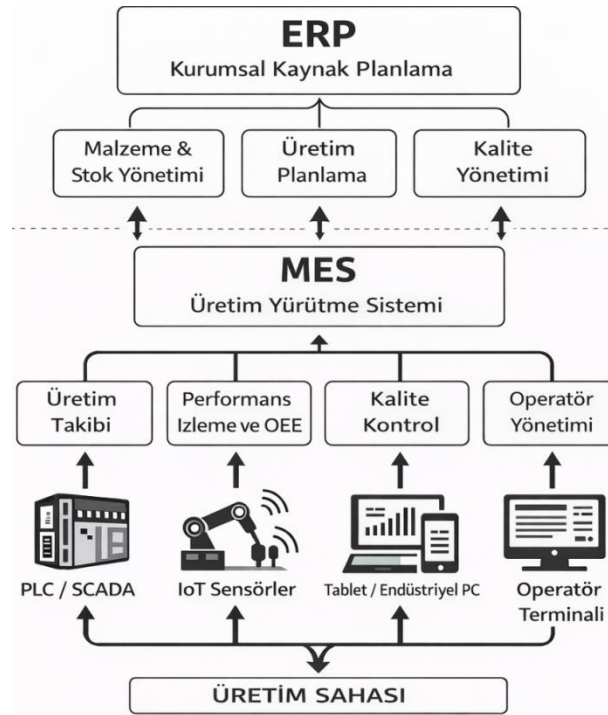
1. Giriş

Dökümhaneler, metal üretim sektörünün temel bileşenlerinden biri olup otomotiv, havacılık, savunma ve inşaat gibi birçok endüstriye kritik ara ürünler sağlamaktadır. Bu tesislerde üretim süreçleri, uzun yıllar boyunca geleneksel yöntemler ve manuel uygulamalarla yürütülmüş; üretim verilerinin toplanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi çoğunlukla operatör deneyimine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak küresel rekabetin artması, müşteri taleplerinin çeşitlenmesi ve kalite standartlarının yükselmesi, dökümhanelerin üretim süreçlerini daha etkin ve şeffaf olarak yönetmesini zorunlu hale getirmiştir (Groover, 2010). Bu bağlamda, üretim süreçlerinin dijital platformlar aracılığıyla izlenmesi ve yönetilmesi, dökümhanelerde kalite, verimlilik ve izlenebilirlik performansının artırılmasına yönelik önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Tokatlı vd., 2022). Kurumsal kaynak planlama ve üretim yürütme sistemleri, işletmelerde üretimden lojistiğe kadar uzanan süreçlerin entegrasyonunu ve etkin yönetimini sağlayan kritik bilgi sistemleridir. Bu

sistemlerin işletme genelinde etkili ve aktif bir halde kullanılması, süreçlerin düzenli işlenmesine, kaynakların verimli kullanılmasına ve operasyonel performansın artırılmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Kletti, 2007; Wagner ve Monk, 2011).

Şekil 1 de ERP ve MES arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Son yıllarda internet teknolojilerinin yaygınlaşması ve Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte, üretim sektöründe dijital dönüşüm önemli bir ivme kazanmıştır. Nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, bulut bilişim ve yapay zekâ tabanlı sistemler, üretim süreçlerinden gerçek zamanlı veri toplanmasına ve bu verilerin karar alma mekanizmalarında etkin kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Ashton, 2009; Kagermann vd., 2013; Lee vd., 2015). Buna rağmen, özellikle küçük ve orta ölçekli dökümhanelerde dijitalleşme seviyesinin sınırlı kaldığı ve veri yönetiminin hâlen kâğıt formlar, manuel kayıtlar ve karmaşık elektronik tablolar aracılığıyla yürütüldüğü görülmektedir (Meyer vd., 2009).



Şekil 1. ERP-MES sistemleri arasındaki ilişki.

Bu durum, üretim süreçlerinin anlık olarak izlenmesini zorlaştırmakta, kalite problemlerinin kök neden analizini geciktirmekte ve yöneticilerin zamanında ve doğru karar almasını engellemektedir (Chaudhuri vd., 2011). Öte yandan, zaman, enerji ve maliyet gibi unsurlar, dökümhanelerin sürdürülebilir rekabet gücünü doğrudan etkileyen temel performans göstergeleri arasında yer almakta; bu göstergelerin etkin yönetilebilmesi için üretim verilerinin doğru, hızlı ve anlamlı olarak tahlil edilmesi gerekmektedir (Laudon ve Laudon, 2004; Jacobs vd., 2011).

Bu çalışmanın temel amacı, dökümhaneler için

geliştirilen dijital üretim yönetim platformu DÖKÜMHANEM'in gerçek üretim ortamındaki uygulanabilirliğini değerlendirmek ve platformun üretim yönetimi, veri izlenebilirliği, karar destek mekanizmaları ve operasyonel verimlilik üzerindeki etkilerini sistematik olarak analiz etmektir. Ayrıca çalışma kapsamında, dijital dönüşüm uygulamalarının dökümhane süreçlerine entegrasyonunun Endüstri 4.0 yaklaşımı çerçevesinde sağlayabileceği katkılar ortaya konulmuştur. Geliştirilen platformun gerçek saha koşullarındaki performansını değerlendirmesi, dökümhane süreçlerinde dijitalleşmenin etkilerini analiz etmesi ve Endüstri 4.0

tabanlı üretim yönetim sistemlerinin uygulanabilirliğine yönelik literatüre katkı sağlaması bakımından önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

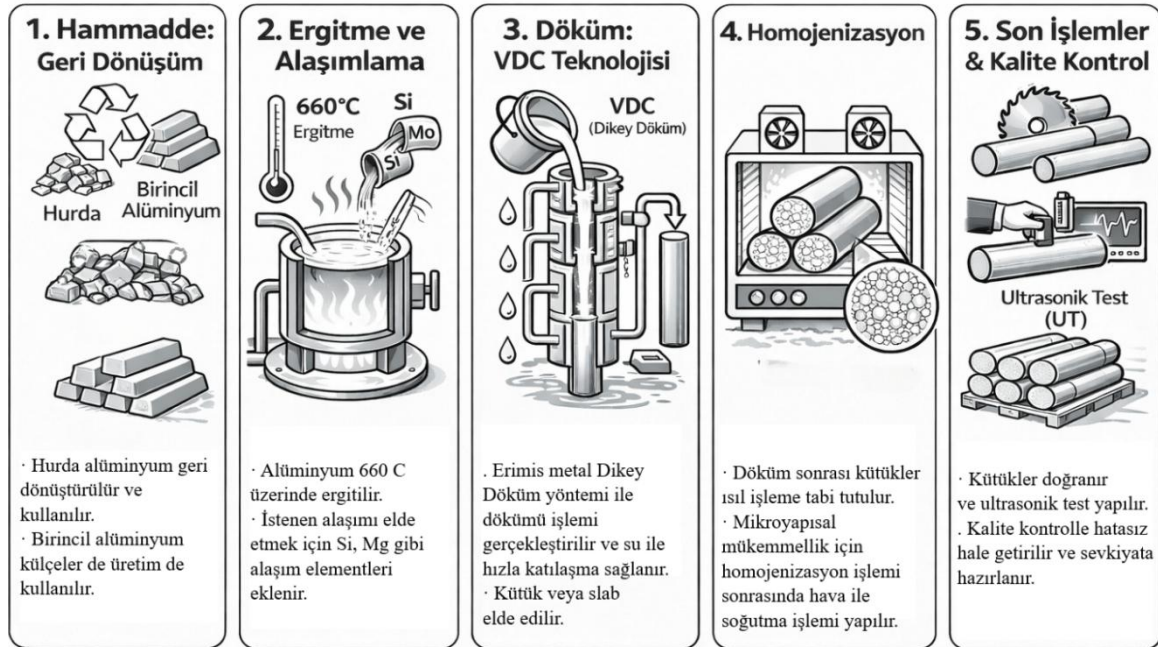
Bu çalışma, dökümhane üretim süreçlerinde dijital veri toplama ve üretim yönetimi uygulamalarının etkinliğini değerlendirmeyi amaçlayan uygulamalı bir araştırma niteliği taşımaktadır. Araştırma kapsamında, DÖKÜMHANEM adı verilen dijital üretim yönetim platformu geliştirilmiş ve aktif bir dökümhane ortamında uygulanmıştır. Çalışma, gerçek üretim verilerine dayalı olarak sistemin işlevselliğini, uygulanabilirliğini ve üretim yönetimine olan katkılarını incelemektedir.

Araştırmada durum çalışması yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşım, karmaşık endüstriyel sistemlerin gerçek üretim koşulları altında analiz edilmesine olanak sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir (Yin, 2018). Uygulama, alüminyum alaşımlı kütük (billet) üretimi gerçekleştiren orta ölçekli bir dökümhanede yürütülmüştür. İncelenen üretim hattı; ergitme, alaşımlandırma, döküm, kalite kontrol, stok ve sevkiyat

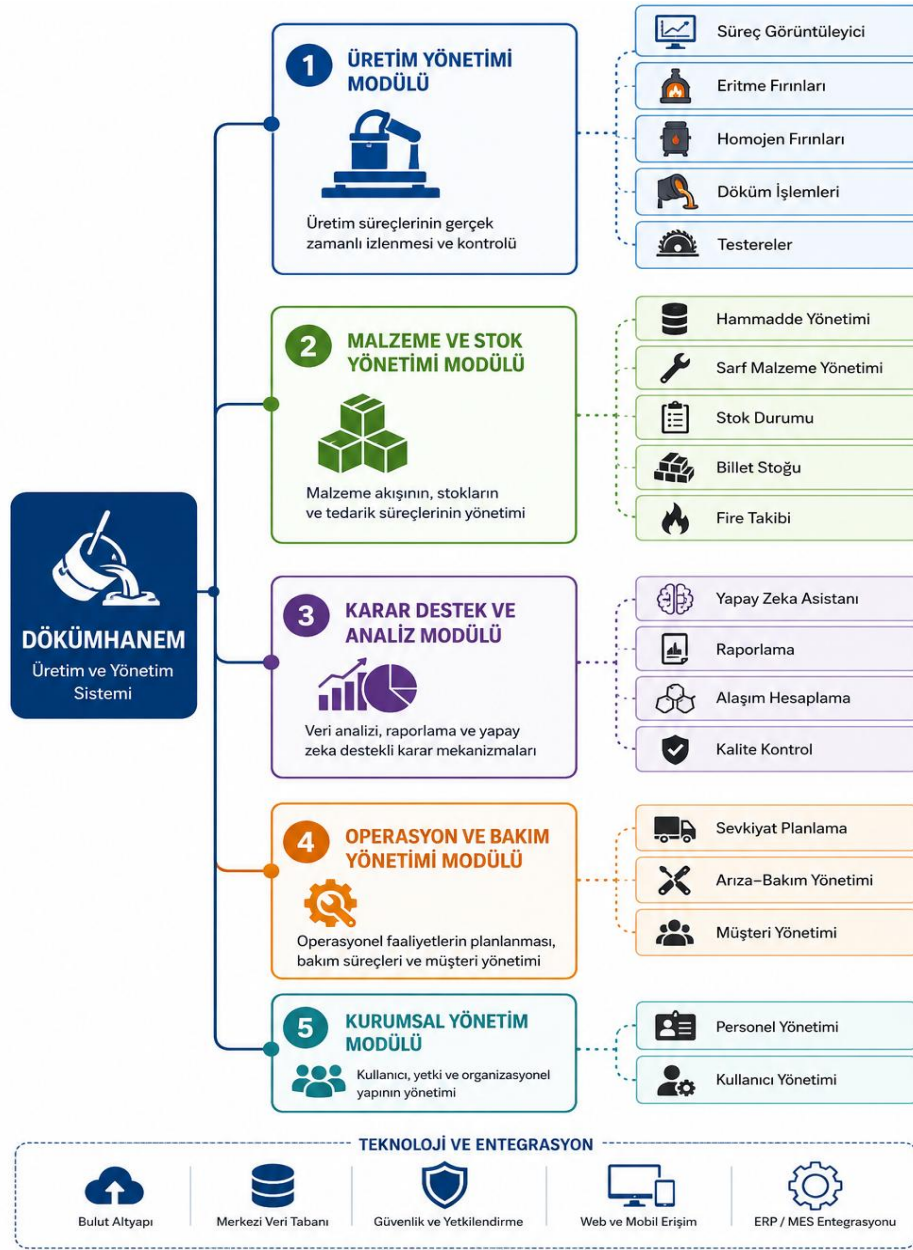
aşamalarından oluşmaktadır. Çalışma süresince üretim faaliyetleri kesintiye uğratılmadan, sistem mevcut operasyonel yapı ile entegre edilerek kullanılmıştır. Şekil 2 de bir alüminyum billet fabrikasının üretim adımları özetlenmiştir.

Çalışmada kullanılan DÖKÜMHANEM platformu, dökümhane üretim süreçlerinden sahadan veri toplanmasını, bu verilerin merkezi bir veri tabanında saklanmasını ve gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlayan dijital bir üretim yönetim sistemidir. Platform, modüler bir mimariye sahip olup her bir üretim adımı ayrı fonksiyonel modüller altında yapılandırılmıştır. Programın genel yapısı Şekil 3'te şematize edilmiştir. Sistem mimarisi; kullanıcı arayüzü, uygulama mantığı ve veri katmanı olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Kullanıcı arayüzü, operatör ve yöneticilerin üretim verilerini girebilmesi ve izleyebilmesi amacıyla geliştirilmiştir.

Uygulama mantığı katmanı, üretim süreçlerine ait iş kurallarını ve veri akışını yönetmektedir. Veri katmanı ise bulut tabanlı bir veri tabanı üzerinde yapılandırılmıştır (Google, 2024).



Şekil 2. Örnek bir alüminyum billet fabrikasının üretim adımları.



Şekil 3. Dökümhanem platformu genel yapısı.

Dökümhanem uygulamasının ekran görüntüsü Şekil 4'te sunulmuştur. Çalışma kapsamında veriler, üretim sahasında görev yapan operatörler tarafından dijital platform aracılığıyla girilmiştir. Toplanan veriler aşağıdaki üretim aşamalarını kapsamaktadır:

- Ergitme işlemlerine ait fırın yükleme ve ergiyik miktarları
- Alaşımlandırma sürecinde eklenen alaşım elementleri
- Döküm aşamasında üretilen kütüklerin alaşım türü ve miktarı
- Kalite kontrol sonuçları
- Stok ve sevkiyat bilgileri

Veriler, işlem bazlı olarak zaman damgası ile kayıt altına alınmış ve böylece üretim süreçlerinde izlenebilirlik sağlanmıştır. Veri toplama süreci, manuel yöntemlerle yürütülen mevcut sistemle paralel olarak uygulanarak doğrulama yapılmıştır. Toplanan üretim verileri,

platformun veri işleme modülleri aracılığıyla anlamlı bilgiye dönüştürülmüştür. Üretim miktarları, işlem süreleri ve kalite sonuçları temel performans göstergeleri üzerinden analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, üretim süreçlerinin izlenmesi ve yöneticilerin karar alma süreçlerini desteklemek amacıyla grafiksel ve sayısal raporlar halinde sunulmuştur.

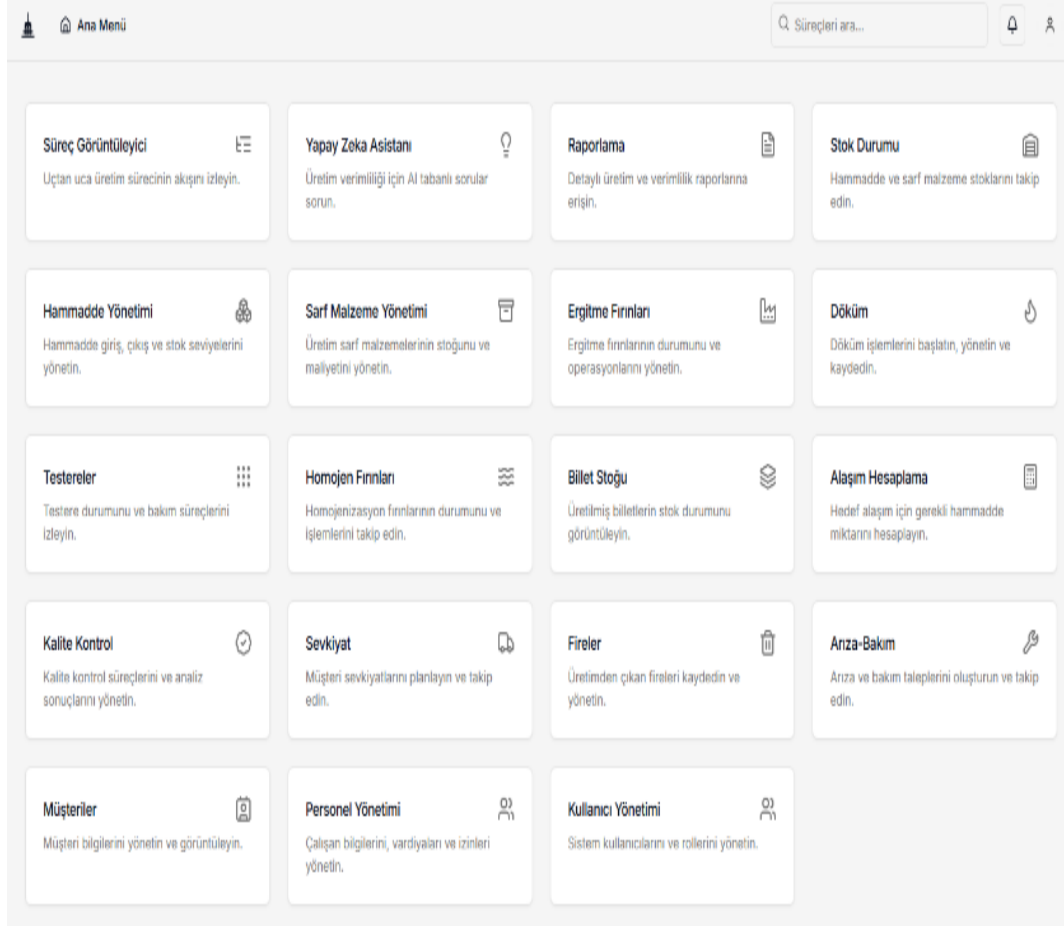
Bu analizler, dijital sistemin üretim süreçlerinde sağladığı şeffaflık ve karar destek yeteneğini değerlendirmek için kullanılmıştır. DÖKÜMHANEM platformunun etkinliği aşağıdaki kriterler üzerinden değerlendirilmiştir:

- Üretim verilerinin doğruluğu ve bütünlüğü
- İzlenebilirlik düzeyi
- Gerçek zamanlı veri erişimi
- Karar alma sürecine katkı
- Manuel veri toplama yöntemlerine kıyasla sağlanan operasyonel avantajlar

Bu kriterler doğrultusunda elde edilen bulgular, dijital

üretim yönetim sistemlerinin dökümhanelerdeki potansiyel faydalarını ortaya koymak amacıyla yorumlanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan tüm veriler işletmeye ait olup, ticari gizlilik gereği sayısal

değerler göreceli olarak değerlendirilmiştir. İşletme adı ve özel üretim parametreleri anonimleştirilerek raporlanmıştır.



Şekil 4. Dökümhanem Platformu

3. Bulgular

DÖKÜMHANEM dijital üretim yönetim platformunun uygulanmasıyla birlikte dökümhane üretim süreçlerinden elde edilen veriler merkezi bir veri tabanında düzenli ve sistematik olarak toplanmıştır.

Ergitme, alayımlandırma, döküm, kalite kontrol, stok ve sevkiyat aşamalarına ait tüm üretim verileri işlem bazlı olarak zaman damgası ile kayıt altına alınmıştır. Bu sayede üretim süreçlerinde geriye dönük veri takibi mümkün hale gelmiştir.

Uygulama sürecinde elde edilen veriler, dijital sistem öncesindeki yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2’de sunulmuştur. Dijital sistem öncesinde üretim verileri ağırlıklı olarak manuel kayıtlar ve elektronik tablolar aracılığıyla takip edilirken, uygulama sonrasında tüm süreçler dijital platform üzerinden yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre veri giriş süresi işlem başına yaklaşık 8–10 dakikadan 2–3 dakikaya düşmüş ve %60–70 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Benzer şekilde eksik veya hatalı kayıt oranı yaklaşık %12 seviyesinden %3 seviyesine gerilemiştir. Ayrıca raporlama süreçleri gerçek zamanlı hale gelmiş ve

manuel raporlama ihtiyacı belirgin biçimde azalmıştır. İzlenebilirlik açısından değerlendirildiğinde, dijital sistem öncesinde yaklaşık %65 seviyesinde olan izlenebilir parti oranının uygulama sonrasında %95’in üzerine çıktığı belirlenmiştir. Böylece üretim partilerinin hangi hammaddelerden üretildiği, hangi işlem basamaklarından geçtiği ve kalite kontrol sonuçlarının geriye dönük olarak takip edilebildiği görülmüştür.

Platformun gerçek zamanlı veri işleme yetenekleri sayesinde fırın doluluk oranları, aktif döküm işlemleri, üretim miktarları ve stok durumları anlık olarak görüntülenebilmiştir. Üretim sahasında oluşan operasyonel değişiklikler sistem üzerinden eş zamanlı olarak takip edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Uygulama süresince operatörlerin sistemi düzenli olarak kullandığı ve veri girişlerinin süreklilik gösterdiği gözlemlenmiştir. Sistemin mevcut üretim yapısına uyum sağlayabildiği ve üretim faaliyetlerini aksatmadan kullanılabildiği belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde elde edilen bulgular, DÖKÜMHANEM platformunun veri doğruluğunu artırdığını, izlenebilirliği geliştirdiğini, raporlama süreçlerini hızlandırdığını ve üretim verilerinin merkezi

bir yapı altında yönetilebilmesine olanak sağladığını göstermektedir. Tablo 1’de görüldüğü üzere, dijital sistem uygulamasından önce veri toplama süreçleri manuel yöntemlerle yürütülürken, uygulama sonrası tamamen dijital platform üzerinden yapılmaktadır. Verilerin tutarlılığı ve bütünlüğü önemli ölçüde artmış, işletme içi veri erişimi anlık hale gelmiştir. Bu sonuçlar Tablo 1’deki verilerle desteklenmektedir.

Tablo 2’de, temel performans göstergelerindeki değişimler özetlenmiştir. Veriler incelendiğinde, dijital sistem kullanımı ile veri giriş süresinin yaklaşık %60–70 oranında azaldığı, hatalı veya eksik kayıt oranının %75’e yakın azaldığı görülmüştür. Raporlamada gecikme tamamen ortadan kalkarak gerçek zamanlı hale gelmiş; izlenebilir parti oranı ise %30 artışla %95’in üzerine çıkmıştır. Bu göstergeler, dijital platformun operasyonel verimlilik üzerindeki olumlu etkilerini açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Dijital sistem öncesi ve sonrası üretim veri yönetimi karşılaştırması

Kriter	Dijital Sistem Öncesi	Dijital Sistem Sonrası
Veri toplama yöntemi	Manuel, kâğıt ve elektronik tablolar	Dijital platform
Veri giriş süresi	Görece uzun	Görece kısa
Veri bütünlüğü	Düşük-orta	Yüksek
İzlenebilirlik	Sınırlı	Yüksek
Raporlama	Gecikmeli	Gerçek zamanlı
Karar destek	Sınırlı	Etkin

Tablo 2. Dijital sistem öncesi ve sonrası temel performans göstergeleri (KPI)*

Performans Göstergesi	Dijital Sistem Öncesi	Dijital Sistem Sonrası	İyileşme
Veri giriş süresi (dk/işlem)	8–10	2–3	↓ %60–70
Eksik veya hatalı kayıt oranı (%)	≈12	≈3	↓ %75
Raporlama gecikmesi (saat)	24	Gerçek zamanlı	—
İzlenebilir parti oranı (%)	≈65	>95	↑ %30
Manuel raporlama iş yükü	Yüksek	Düşük	Belirgin azalma

*Değerler işletme gizliliği nedeniyle göreceli olarak ifade edilmiştir.

Üretim performansının değerlendirilmesinde kullanılan temel göstergeler, aşağıdaki gibi tanımlanmıştır: Veri Doğruluk Oranı (VDO), İzlenebilirlik Oranı (İO) ve Operasyonel Zaman Kazancı (OZK). Bu göstergeler, dijital sistem öncesi ve sonrası koşullar karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

Veri doğruluk oranı (VDO), üretim süreçlerinden elde edilen verilerin ne ölçüde doğru, eksiksiz ve güvenilir olduğunu gösteren temel bir performans göstergesidir. Dijital üretim ve karar destek sistemlerinde veri kalitesi, alınan kararların doğruluğunu doğrudan etkilediği için kritik öneme sahiptir (Laudon ve Laudon, 2004).

VDO, doğru şekilde kaydedilmiş veri sayısının toplam veri sayısına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (eşitlik 1):

$$VDO = \frac{N_{doğru}}{N_{toplam}} \times 100 \quad (1)$$

Burada

- $N_{doğru}$, hatasız ve doğrulanmış veri sayısını,
- N_{toplam} ise sisteme girilen toplam veri sayısını ifade etmektedir.

Literatürde, özellikle üretim yürütme sistemleri (MES) ve dijital üretim platformlarında yüksek veri doğruluk oranının, kalite kontrol süreçlerini iyileştirdiği ve karar destek mekanizmalarının etkinliğini artırdığı vurgulanmaktadır (Kletti, 2007).

İzlenebilirlik oranı (İO), üretim süreçlerinde üretilen partilerin geriye dönük olarak hangi üretim koşullarında, hangi girdilerle ve hangi süreçlerden geçtiğinin takip edilebilirliğini gösteren bir göstergedir. Özellikle dökümhanelerde kalite yönetimi ve hata kök neden analizleri açısından izlenebilirlik büyük önem taşımaktadır (ISO, 2015).

İzlenebilirlik Oranı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (eşitlik 2):

$$IO = \frac{\text{İzlenebilir parti sayısı}}{\text{Toplam parti sayısı}} \quad (2)$$

Bu ifade, toplam üretim partileri içerisinde tüm üretim bilgileri eksiksiz şekilde takip edilebilen partilerin oranını göstermektedir. Dijital üretim yönetim sistemleri, manuel kayıt yöntemlerine kıyasla izlenebilirliği önemli ölçüde artırmakta ve süreç şeffaflığı sağlamaktadır (Kagermann vd., 2013; Lee vd., 2015).

Operasyonel Zaman Kazancı (OZK), dijital sistemlerin uygulanmasıyla manuel veri toplama ve raporlama süreçlerine kıyasla sağlanan zaman tasarrufunu ifade etmektedir. Üretim ortamlarında zaman yönetimi, operasyonel verimlilik ve maliyet kontrolü açısından kritik bir performans göstergesidir (Groover, 2010). OZK aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (eşitlik 3):

$$OZK = T_{manuel} - T_{dijital} \quad (3)$$

Burada

- T_{manuel} , manuel veri toplama ve raporlama için harcanan süreyi,
- $T_{dijital}$ ise dijital platform üzerinden aynı işlemler için harcanan süreyi göstermektedir.

Literatürde, dijital üretim ve karar destek sistemlerinin operasyonel zaman kayıplarını azalttığı, yöneticilerin daha hızlı ve etkin karar almasına olanak sağladığı belirtilmektedir (Laudon ve Laudon, 2004; Turban vd., 2011).

4. Tartışma

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, dijital üretim yönetim sistemlerinin dökümhane süreçlerinde veri yönetimi ve operasyonel kontrol açısından önemli avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle veri giriş süresindeki azalma ve hatalı kayıt oranındaki düşüş, dijital platformların veri kalitesini artırıcı etkisini ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, dijital üretim sistemlerinin veri doğruluğunu iyileştirdiğini bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (Kletti, 2007). İzlenebilir parti oranının %65 seviyesinden %95'in üzerine çıkması, kalite yönetimi açısından dikkat çekici bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Dökümhanelerde meydana gelen kalite problemlerinin kök neden analizlerinde üretim geçmişinin eksiksiz olarak takip edilebilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, dijital sistemlerin kalite güvence süreçlerine katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Gerçek zamanlı veri erişimi ve raporlama yetenekleri, yöneticilerin üretim süreçlerini daha etkin biçimde takip etmelerine olanak sağlamıştır. Üretim sahasındaki operasyonel durumların anlık olarak izlenebilmesi, olası gecikmelerin ve süreç sapmalarının erken fark edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu durum, Endüstri 4.0 yaklaşımının temel bileşenlerinden biri olan veri temelli karar verme anlayışıyla örtüşmektedir (Kagermann vd., 2013; Lee vd., 2015). Çalışmada gözlenen bir diğer önemli sonuç, manuel veri girişine ayrılan sürenin azalmasıdır. Operatörlerin kayıt işlemlerine daha az zaman ayırması, üretim faaliyetlerine daha fazla odaklanmalarına imkân sağlamıştır. Bununla birlikte bu çalışmada iş gücü verimliliği, enerji tüketimi veya üretim maliyetleri gibi göstergeler doğrudan ölçülmemiştir. Bu nedenle sistemin ekonomik etkileri hakkında kesin sonuçlara ulaşmak mümkün değildir.

DÖKÜMHANEM platformunun modüler yapısı, gelecekte sensör, PLC ve IoT tabanlı veri toplama sistemleri ile entegrasyona uygun bir altyapı sunmaktadır. Mevcut çalışmada veri girişleri operatörler tarafından gerçekleştirilmiş olsa da otomatik veri toplama teknolojilerinin sisteme entegre edilmesi durumunda veri doğruluğunun ve süreç kontrolünün daha da geliştirilebileceği öngörülmektedir. Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle uygulama tek bir dökümhane ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle elde edilen sonuçların farklı üretim yapılarındaki işletmelere doğrudan genellenmesi mümkün değildir. Ayrıca performans değerlendirmeleri işletme gizliliği nedeniyle göreceli veriler üzerinden yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda farklı ölçeklerdeki dökümhanelerde gerçekleştirilecek uygulamalar ile daha geniş veri setleri üzerinden karşılaştırmalı analizler yapılması önerilmektedir.

Sonuç olarak elde edilen bulgular, dijital üretim yönetim sistemlerinin dökümhanelerde veri yönetimi, izlenebilirlik ve karar destek süreçlerinin geliştirilmesinde etkili bir araç olabileceğini

göstermektedir. Çalışma, dökümhanelerde dijital dönüşüm uygulamalarına yönelik pratik bir örnek sunmakta ve literatürdeki uygulama odaklı çalışmalara katkı sağlamaktadır.

5. Sonuç

Bu çalışmada, dökümhane üretim süreçlerinde dijital veri toplama ve üretim yönetimi ihtiyacına yönelik olarak geliştirilen DÖKÜMHANEM dijital üretim yönetim platformu ele alınmış ve gerçek bir dökümhane ortamında uygulanarak değerlendirilmiştir. Çalışma, geleneksel üretim yönetim yaklaşımlarının sınırlılıklarını aşmayı hedefleyen dijital sistemlerin dökümhaneler için uygulanabilir ve etkili çözümler sunduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar, dijital üretim yönetim platformlarının üretim verilerinin izlenebilirliğini artırdığını, veri bütünlüğünü güçlendirdiğini ve üretim süreçlerine ilişkin şeffaf bir yönetim yapısı oluşturduğunu göstermektedir. Gerçek zamanlı veri erişimi ve görsel raporlama imkânları, yöneticilerin üretim süreçlerini daha etkin biçimde takip etmesine ve veriye dayalı kararlar almasına olanak sağlamıştır. Bu durum, dijitalleşmenin dökümhanelerde yalnızca operasyonel değil, aynı zamanda yönetsel açıdan da önemli kazanımlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmanın en önemli katkılarından biri, dijital üretim yönetim platformlarının küçük ve orta ölçekli dökümhaneler için de erişilebilir ve uygulanabilir çözümler sunabileceğini göstermesidir. Geliştirilen sistemin modüler ve ölçeklenebilir yapısı, farklı üretim yapılarına uyarlanabilmesine ve gelecekte daha gelişmiş dijital teknolojilerle entegrasyonuna imkân tanımaktadır. Bu yönüyle çalışma, Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm literatürüne dökümhane özelinde pratik bir uygulama örneği sunmaktadır.

Bununla birlikte, çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Uygulama tek bir dökümhane ortamında gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar bu bağlamda değerlendirilmelidir. Ayrıca veri toplama süreci ağırlıklı olarak operatör girişlerine dayalıdır. Gelecek çalışmalarda, sensör, PLC ve IoT tabanlı otomatik veri toplama sistemlerinin entegrasyonu ile daha kapsamlı ve nicel analizler yapılması mümkündür. Ayrıca farklı ölçeklerdeki dökümhanelerde gerçekleştirilecek karşılaştırmalı çalışmalar, dijital üretim yönetim sistemlerinin etkilerini daha geniş bir perspektiften değerlendirmeye olanak sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma dijital üretim yönetim platformlarının dökümhanelerde üretim süreçlerinin iyileştirilmesi, izlenebilirliğin artırılması ve karar destek mekanizmalarının güçlendirilmesi açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, döküm sektöründe dijital dönüşüm sürecine katkı sağlamayı amaçlayan akademik ve endüstriyel çalışmalar için yol gösterici niteliktedir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	F.S.	A.K.	Ç.Y.
K	70	20	10
T	70	20	10
Y	70	20	10
VTI	70	20	10
VAY	70	20	10
KT	70	20	10
YZ	70	20	10
KI	70	20	10
GR	70	20	10
PY	70	20	10
FA	70	20	10

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedir.

Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi tarafından sağlanan akademik ve teknik imkânlar kapsamında gerçekleştirilmiştir. Sunulan desteklerden dolayı ilgili birimlere teşekkür ederiz. Ayrıca, makalenin akademik dilinin akıcılığının artırılması ve metin düzenleme süreçlerinde yapay zekâ tabanlı bir dil destek aracı olan ChatGPT'den yararlanılmıştır. Çalışmanın bilimsel içeriği, yapılan analizler ve elde edilen sonuçlar tamamen yazarların sorumluluğundadır.

Kaynaklar

- Ashton, K. (2009). That "Internet of Things" thing. *RFID Journal*, 22(7), 97–114.
- Chaudhuri, S., Dayal, U., & Narasayya, V. (2011). An overview of business intelligence technology. *Communications of the ACM*, 54(8), 88–98. <https://doi.org/10.1145/1978542.1978562>
- Google. (2024). *Firestore documentation*. Firebase. <https://firebase.google.com/docs/firestore>
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems*. John Wiley & Sons.
- ISO- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015—Quality management systems—Requirements.
- Jacobs, F. R., Chase, R. B., & Lummus, R. R. (2011). *Operations and supply chain management* (Vol. 567). New York: McGraw-Hill Irwin.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Acatech—National Academy of Science and Engineering.
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing execution systems (MES)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-49744-8>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2004). *Management information systems: Managing the digital firm*. Pearson Educación.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18–23.
- Meyer, H., Fuchs, F., & Thiel, K. (2009). *Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal design, planning, and deployment*. McGraw-Hill Professional.
- Tokatlı, M., Saydam, F., Hal, M., Koşatepe, A., Çolak, M., & Yüksel, Ç. (2022). Alüminyum Alaşımlarının Dökümünde Yaygınca Kullanılan Sıvı Metal Temizleme Yöntemlerinin İncelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(1), 423–434. <https://doi.org/10.21597/jist.940414>
- Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2011). *Decision support and business intelligence systems* (9th ed.). Pearson.
- Wagner, B. J., & Monk, E. F. (2011). *Concepts in enterprise resource planning*. South-Western.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (Vol. 6). Thousand Oaks, CA: Sage.