

D3.2 - M36 - 3 raporun sentez raporu:

D3.2 – M36 4.0 Dijital Teknolojiler ve Yeşil Dönüşümün, Bask Bölgesinde İleri İmalatta Kestirimci Bakım, Tedarik Zinciri ve Mesleki Eğitim Programlarının Sektör İhtiyaçlarıyla Uyumuna Etkileri

WP3 – Gözlem Merkezi - D3.2 - M36 – Sentez Raporu



**Co-funded by
the European Union**

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



Co-funded by
the European Union

Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. Ancak burada ifade edilen görüş ve fikirler yalnızca yazar(lar)a aittir ve Avrupa Birliği veya Avrupa Eğitim ve Kültür Yürütme Ajansı'nın (EACEA) görüşlerini yansıtmayabilir. Ne Avrupa Birliği ne de EACEA bu görüş ve fikirlerden sorumlu tutulamaz.



Bu  alışma, LCAMP Ortaklığı tarafından Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License lisansı altında lisanslanmıştır.

LCAMP ortakları:

TKNIKA – Bask Mesleki Eğitim Uygulamalı Araştırma Merkezi, CIFP Miguel Altuna LHII, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule, Baden-Württemberg, Curt Nicolin Lisesi, AFM – İspanya Takım Tezgahı Endüstrileri Birliği, EARLALL – Avrupa Yaşam Boyu  ęrenme Bölgesel ve Yerel Otoriteler Birliği, FORCAM, CMQE: Association campus des m tiers et des qualifications industrie du future, MV: Mecanic Vall e, KIC: Bilgi İnovasyon Merkezi, MADE Competence Centre Industria 4.0; AFIL: Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, SIMUMATİK AB; Association HVC Slovenya Yüksek Meslek Yüksekokulları Birliği; TSCMB: Tehniřki şolski center Maribor, KPDoNE: Kocaeli Milli Eğitim Müdürlüęü; GEBKİM OSB ve CAMOSUN Koleji.



Belge özetı

Belge türü:	Kamuya Açık Rapor
Başlık	D3.2 – M36 PdM – SCM – BC raporlarının sentez raporu
Yazar	Pascal Pichoutou, Jesus Rebolled o
Ortak Yazarlar	Vesna Novak, Eda Ipek, Camille Leonard, Ralf Steck, Richard Gale, Pablo Marino
İnceleme	Hervé Danton
Tarih	Haziran 2025
Belge durumu	1.0
Belge açıklaması	Bu belge, kestirimci bakım alanındaki yeni teknolojilerin temel etkilerini ve bunların kuruluşların ve becerilerin uyum sağlaması üzerindeki sonuçlarını açıklamaktadır.
Bu belgeyi şu şekilde alıntılایn:	Pichoutou et al., 2025. - D3.2 - M36 - 3 raporun sentez raporu: D3.2 – M36 Dijital Teknolojiler ve Yeşil Dönüşümün, Bask Bölgesinde İleri İmalatta Kestirimci Bakım, Tedarik Zinciri ve Mesleki Eğitim Programlarının Sektör İhtiyaçlarıyla Uyumuna Etkileri
Belge düzeyi	Halka açık



SÖZLÜK VE/VEYA KISALTMALAR

AFDET - Fransız Teknik Eğitim Geliştirme Derneği
AFM - Asociación de Fabricantes de Máquina Herramienta - Takım Tezgahı Üreticileri Birliği
AFNOR - Fransız Standardizasyon Derneği
AI - Yapay Zeka
AR - Artırılmış Gerçeklik
BC raporu - Bask Ülkesi raporu
CAGR - Bileşik Yıllık Büyüme Oranı
CAM - Bilgisayar Destekli Üretim
CMMS - Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemi
CNC - Bilgisayarlı Sayısal Kontrol
CoVE - Mesleki Mükemmellik Merkezleri
EaaS - Hizmet Olarak Ekipman.
EQF - Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi
ESCO - Avrupa Becerileri, Yetkinlikleri, Nitelikleri ve Meslekleri
FCS - Sonlu Kapasite Planlaması
GSCM - Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi
HVET - Yüksek Mesleki Eğitim ve Öğretim
ICS - Sonsuz Kapasite Planlama
IoT - Nesnelerin İnterneti
IT - Bilgi Teknolojisi
IUT - Üniversite Teknoloji Enstitüsü
LCAMP - Öğrenci Merkezli İleri İmalat Platformu
LLM - Büyük Dil Modeli
MaaS - Hizmet Olarak Bakım
MOOC - Kitleli Açık Çevrimiçi Kurs
MPS - Ana Üretim Programı
MRP - Malzeme Kaynak Planlaması
MV - *Mecanic Vallée*
NLP - Doğal Dil İşleme
PdM - Kestirimci Bakım
PdMaaS - Hizmet Olarak PdM
PLC - Programlanabilir Mantık Denetleyici
ROI - Yatırım Getirisi
SCM - Tedarik Zinciri Yönetimi
SCOR - Tedarik Zinciri Operasyonları Referansı
S&OE - Satış ve Operasyon Yürütme
S&OP - Satış ve Operasyon Planlaması
SLM'ler - Görev Özel Dil Modelleri
SME - Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler
TKNIKA - Bask Mesleki Eğitimde Uygulamalı Araştırma Merkezi
TPM - Toplam Üretken Bakım
VR - Sanal Gerçeklik
XR - Genişletilmiş Gerçeklik



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	6
1. GİRİŞ.....	8
1.1. Raporun Amacı	8
1.2. Metodolojiler	9
1.3. Bağlamlar ve Pazar Dinamikleri.....	10
2. GELİŞEN TEKNOLOJİLER	12
3. DİJİTAL VE YEŞİL DÖNÜŞÜM TRENDLERİNİN KOBİ'LER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ..	16
3.1. Gözlem Alanındaki Teknolojik Değişimler	16
3.2. Yeşil Dönüşüm Katkıları.....	21
3.3. Operasyonel, Organizasyonel ve İşgücü Etkileri.....	22
3.4. KOBİ'lerde Adaptasyon ve Olgunluk	27
3.5. Gelecekteki Eğilimler ve Stratejik Öneriler	32
4. MESLEKİ EĞİTİM MERKEZLERİNDE DİJİTAL VE YEŞİL DÖNÜŞÜM EĞİLİMLERİNİN ETKİLERİ.....	35
4.1. Mesleki Eğitim Merkezleri için Zorluklar ve Fırsatlar	35
4.2. Eğitim ve Kazanılan Beceriler Üzerindeki Etkisi	38
4.3. Mesleki Eğitim ve Öğretimin Stratejik Rolü.....	44
4.4. Sonuçlar ve Öneriler	44
5. SONUÇ VE GELECEĞE BAKIŞ	46
5.1. Önemli Bulguların Özeti	46
5.2. Stratejik Dersler.....	49
5.3. Öneriler	50
5.4. Geleceğe Bakış	52
6. REFERANSLAR	53
7. TABLO DİZİNİ.....	54
8. EK.....	55
8.1. Ek 1 - Beceri ihtiyaçları	55



ÖZET

CoVE girişimi kapsamındaki LCAMP (Öğrenci Merkezli İleri İmalat Platformu) projesi, işbirliği, dayanıklılık ve inovasyon yoluyla İleri İmalat alanındaki bölgesel beceri ekosistemlerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

Bu sentez raporu, LCAMP projesi kapsamında **Kestirimci Bakım (PdM)**, **Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)** ve **Mesleki Eğitim ve Öğretimin Endüstriyel İhtiyaçlarla Uyumlaştırılması (BC)** konularında yürütülen üç derinlemesine çalışmadan elde edilen temel bulguları ve stratejik içgörülerini bir araya getirmektedir. LCAMP Gözlemevi tarafından geliştirilen ve Fransız *Mecanic Vallée* ile Campus des Métiers et des Qualifications Industrie du Futur tarafından, Almanya, İtalya, Slovenya ve Bask'ta bulunan ortakların desteği ve Kanada'nın katılımıyla yürütülen rapor, KOBİ'ler, Mesleki Eğitim Merkezleri ve politika yapımcılar için endüstriyel dönüşümü eğitim ve beceri geliştirme ile uyumlu hale getirmeye yardımcı olacak stratejik içgörüler sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu rapor, Avrupa Birliği (AB) ve ötesinde ileri imalatın sürdürülebilirliğini ve büyümesini geliştirmeye yönelik stratejik yol haritasının temel bir bileşenini sunmaktadır. Rapor, üç kapsamlı incelemeden elde edilen bulguları sentezlemektedir: **Kestirimci Bakım ve Bakım alanı** (Predictive Maintenance – PdM), **Kâr Planlamasına odaklanan Tedarik Zinciri Yönetimi** (Supply Chain Management – SCM 4.0 olarak anılmaktadır; **S&OP, MPS, MRP, FCS/ICS** süreçlerini kapsamaktadır) ve **Mesleki Eğitim ve Öğretimin (MEÖ) sanayi ihtiyaçlarıyla uyumu** (Bask Bölgesi – BC). Amaç, teknolojik ve örgütsel değişimlerin küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) ekosistemini ve onları destekleyen mesleki eğitim merkezlerini nasıl yeniden şekillendirdiğini değerlendirmektir.

Rapor, dijitalleşme ve yeşil dönüşümlerin endüstriyel süreçleri nasıl yeniden şekillendirdiğini ve hem fırsatlar hem de zorluklar getirdiğini vurgulamaktadır. Dijital ve yeşil dönüşümler endüstri genelinde hızla ilerlerken, büyük işletmeler genellikle YZ, dijital ikizler ve gelişmiş analitik gibi teknolojileri benimseme konusunda öncülük ederken, KOBİ'ler sınırlı finansal ve insan kaynakları nedeniyle daha **yinelemeli, modüler yaklaşımlara** ihtiyaç duymaktadır. Bu, giderek karmaşılaşan işgücü piyasası için çeşitli öğrenci gruplarını hazırlamakla görevli MEÖ kurumları için bir zorluk teşkil etmektedir. Bu ikileme rağmen, mesleki eğitim merkezleri, daha fazla **işbirliği, inovasyon ve sistemik entegrasyon** yoluyla endüstrinin değişen taleplerine yanıt vermek için benzersiz bir konumdadır.

Bu sentezin temel bulguları şunlardır:

- **Dijital Teknoloji Adaptasyonu:** KOBİ'ler, bulut tabanlı PdM sistemleri ve yapay zeka destekli SCM platformları gibi teknolojileri benimseme konusunda kademeli ilerleme kaydetmektedir. Ancak, iç uzmanlık eksikliği, yetersiz altyapı ve finansal engeller nedeniyle uygulama düzensizdir.
- **Beceri Açıkları ve İşgücünün Hazırbulunuşluğu: Teknik beceriler** (ör. veri analizi, Nesnelerin İnterneti (IoT), Yapay Zeka (AI), siber güvenlik) ile **çapraz ve sosyal beceriler** (ör. uyum sağlama, işbirliği, sistemsel düşünme) konusunda acil bir ihtiyaç bulunmaktadır. Mesleki eğitim kurumları, esnek ve karma eğitim yaklaşımlarıyla bu eksiklikleri gidermeli, endüstri ile mesleki eğitim merkezleri arasında daha yakın işbirliği ve Avrupa genelinde mesleki eğitim merkezlerinin özerk bir şekilde güçlendirilmesi çağrısında bulunmalıdır.
- **Operasyonel ve Organizasyonel Dönüşüm:** Dijital ve yeşil dönüşümler, endüstriyel operasyonları yeniden şekillendirerek, çeviklik, işlevler arası işbirliği ve veriye dayalı karar verme yönünde kültürel değişimleri teşvik etmektedir. Bu değişiklikler, eğitim yaklaşımları ve işgücü geliştirmede buna uygun reformlar gerektirmektedir.



- **Sürdürülebilirlik Katkıları:** PdM ve SCM teknolojileri, enerji verimliliğini artırarak, kaynak israfını en aza indirerek ve döngüsel ekonomi uygulamalarını mümkün kılarak yeşil geçişi doğrudan desteklemektedir. Bu teknolojiler ayrıca endüstriyel dayanıklılığı ve uzun vadeli rekabet gücünü de artırmaktadır.
- **Adaptasyon Önündeki Engeller:** Yaygın engeller arasında yüksek uygulama maliyetleri, değişime direnç, parçalı veri sistemleri ve siber güvenlik endişeleri bulunmaktadır. KOBİ'lerin deneme aşamasından ölçekli benimsemeye geçmelerine yardımcı olmak için özel stratejiler ve destek mekanizmaları gereklidir.
- **Stratejik Öneriler:** Rapor, **endüstri ve akademi arasında daha iyi bir uyum, mesleki eğitim merkezlerine daha fazla yatırım ve dijitalleşme ve sürdürülebilirlik hedeflerini ortaklaşa ele alan koordineli girişimler** savunmaktadır. Temel teknolojilerin mesleki eğitim müfredatına entegrasyonu ve KOBİ'lerle işbirliği içinde geliştirme de gelecek için hazır olmanın temel unsurlarıdır.

Sürdürülebilir, sağlam ve ileriye dönük bir imalat sektörünün oluşturulması, **dijital ve yeşil teknolojilerin** endüstriyel faaliyetlere **sorunsuz bir şekilde entegre edilebilme** ve ekonominin değişen taleplerini karşılamak için eğitim uygulamalarının dönüştürülebilme becerisine bağlı olacaktır. Bu rapor, ortaya çıkan endüstri ihtiyaçlarını yenilikçi, öğrenci merkezli mesleki eğitim stratejileriyle uyumlu hale getirerek, **işgücünün hazırlığını artırmak, sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek ve Avrupa ve dünya için dayanıklı bir endüstriyel ekosistem oluşturmak için uygulanabilir adımlar** ortaya koymaktadır.



1. GİRİŞ

1.1. RAPORUN AMACI

Bu raporun amacı, Avrupa Birliği genelindeki Mesleki Eğitim ve Öğretim (MEÖ) merkezlerindeki öğrencilerin gelecekteki başarılarını desteklemek amacıyla, ileri imalat sektöründeki teknolojik eğilimleri, beceri gereksinimlerini ve istihdam eğilimlerini gözlemlemek ve analiz etmek için bir yapı ve metodoloji tanımlamaya yönelik genel hedefe katkıda bulunmaktadır.

Bu rapor, LCAMP projesi kapsamında yürütülen **üç gözlem alanının** bulgularına dayanmaktadır: **PdM ve Bakım alanı** (Pichoutou Pascal et al., 2025a) , **Kar Planlama, S&OP, MPS, MRP, FCS/ICS süreçlerine odaklanan SCM** (bu raporda **SCM 4.0** olarak adlandırılmaktadır) (Pichoutou Pascal et al., 2025b) ve **Mesleki Eğitim ve Öğretim (MEÖ) ile endüstriyel ihtiyaçların uyumlaştırılması (BC)** (Pablo Marino, 2025) - ve bunları sentezleyerek endüstriyel ekosistemleri yeniden şekillendiren temel teknolojik, operasyonel ve işgücü gelişmelerine ilişkin birleşik bir vizyon sunar.

Bu rapor, ileri imalatın iki temel dönüşüm dinamiğine özellikle vurgu yapmaktadır:

- Üretim ve planlama süreçlerine yapay zekâ, nesnelerin interneti, veri analitiği ve otomasyonun entegrasyonunu kapsayan **dijital dönüşüm** ve
- operasyonel stratejilerde sürdürülebilir uygulamaları, kaynak verimliliğini ve iklim bilincine sahip inovasyonu teşvik eden **yeşil geçiş**.

Bu bağlamda rapor, **küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ'ler)** Gözlem alanlarında bu değişimlere şu anda nasıl yanıt verdiklerini araştırmaktadır. Saha gözlemleri, anket analizleri ve **gerçek hayattaki iş vakalarının** belgelenmesi yoluyla KOBİ'lerin **uygulamalarını, zorluklarını ve hazırlık düzeylerini** incelemektedir. Bu içgörüler, iki temel hedef kitleye uygulanabilir karşılaştırma ölçütleri ve stratejik içgörüler sağlamayı amaçlamaktadır

- KOBİ'ler için: **Gözlem alanlarında ve özellikle PdM ve SCM alanlarında uygulanan yeni teknolojiler, kavramlar ve araçlara** genel bir **bakış** sunarak iş süreçlerinin verimliliğini artırmayı mümkün kılar.
- Mesleki Eğitim Kurumları için:
 - Mesleki eğitim müfredatlarının ve kurumsal stratejilerin buna göre uyarlanması için **stratejik öneriler** sunmak ve
 - Eğitim merkezlerinin değişen işgücü ihtiyaçlarını öngörme ve bunlara yanıt verme kapasitesini artıran **politika ve yatırım kararlarına** rehberlik etmek.

Bu analizin merkezinde, **öğrenen merkezli inovasyona** olan bağlılık yer almaktadır: Mesleki eğitim merkezlerini, öğrencileri sadece mevcut işgücü piyasasının taleplerine değil, aynı zamanda **dayanıklı, sürdürülebilir ve dijital olarak entegre endüstriyel ortamlarda** işin geleceğine de hazırlamak için gerekli bilgi ve araçlarla donatmak.



1.2. METODOLOJİLER

Bu sentez raporunun temelini oluşturan metodoloji, ileri imalat bağlamında ortaya çıkan mesleki alanları belirlemeyi, analiz etmeyi ve doğrulamayı amaçlayan Gözlem Süreci Döngüsü'nde (D3.1) tanımlanan LCAMP Gözlemevi'nin yapılandırılmış çerçevesini takip etmektedir. Bu yıl, kestirimci bakım (PdM) ve tedarik zinciri yönetimi (SCM) gözlem alanları olarak seçilmesinde, hem sektörler arası teknolojik alaka hem de LCAMP'ın Çalışma Paketi 7'de (WP7) tanımlanan dijital ve yeşil dönüşümlerle güçlü uyumu etkili olmuştur.

Genel yaklaşım, çok aşamalı ve çok yöntemli bir tasarıma dayanmaktadır ve bu sayede nicel endüstri analizi, nitel mesleki eğitim ve öğretim katılımı ve bölgesel derinlemesine incelemeler bir araya getirilmiştir:

PdM ve SCM Raporları için Metodoloji

Araştırmanın PdM ve SCM bölümleri, aşağıdakileri birleştiren teknoloji odaklı bir yaklaşım benimsemiştir:

- Öncelikleri belirlemek için Fransa, Almanya, İsveç, İtalya, Türkiye ve Slovenya'dan ortaklarla yapılan ülkeler arası uzman tartışmaları;
- Bilimsel yayınlar, sektör öngörü raporları ve uluslararası vaka çalışmalarının kapsamlı bir literatür incelemesi;
- Üçgenleme yöntemiyle veri toplama, aşağıdakileri içermektedir:
 - Teknoloji adaptasyonu, olgunluk, işgücü eksiklikleri, eğitim ihtiyaçları ve yatırım engelleri hakkında bilgi toplamak için KOBİ'leri ve mesleki eğitim merkezlerini hedefleyen anketler;
 - İş dünyası liderleri ve teknik uzmanlarla yarı yapılandırılmış görüşmeler;
- Her ikisi de uzmanlar tarafından incelenmiş ve onaylanmıştır.

Bu adımlar, metodolojik tutarlılığı sağlamak için tüm LCAMP ortakları tarafından doğrulanarak, teknoloji adaptasyonun operasyonel, organizasyonel ve iş gücü üzerindeki etkileri hakkında sağlam içgörüler elde edilmesini sağlamıştır.

BC Raporu Metodolojisi (İş Değişimi ve Eğitim)

Buna paralel olarak, BC (İş Değişimi) raporu, mesleki eğitim kurumlarının endüstrideki dönüşümlere nasıl tepki verdiğini anlamayı amaçlayan, saha temelli, eğitim odaklı bir metodoloji kullanmıştır. Bu, aşağıdakileri içermektedir:

- LCAMP 2024'ün ileri imalat sektöründeki iş evrimine ilişkin analizine dayanan, Bask Ülkesinde yapılan derinlemesine bölgesel çalışma;
- Pedagojik uyum ve inovasyon uygulamalarını haritalamak için, bir yıllık uzmanlık kursu eğitmenlerinden ikili eğitim ve inovasyon projelerinde yer alan mentörlere kadar 21 mesleki eğitim öğretmeniyle yapılan görüşmeler;
- KOBİ'ler ve teknoloji girişimleri dahil 12 endüstri paydaşı ile yetenek ihtiyaçlarını ve eğitim ile iş birliği modellerini araştırmak için yapılan görüşmeler;
- İspanya Takım Tezgâhı Üreticileri Birliği'nden (AFM) anket girdisi ve seçilen dört mesleğe ilişkin tamamlayıcı masa başı araştırması;
- Nitelik ve yetkinlik analizinde tutarlılığı sağlamak için ESCO ve diğer Avrupa beceri çerçeveleriyle uyum.

Bu çift katmanlı metodoloji (Avrupa ve bölgesel) dijital ve yeşil dönüşümlerin, özellikle mesleki eğitim ve öğretim ekosistemlerinde beceri arzı ve talebini nasıl etkilediğine dair kapsamlı, dikey olarak entegre bir anlayış sağladı.

Bu tamamlayıcı metodolojileri entegre ederek, bu rapor hem **Avrupa çapında stratejik bir bakış açısı** hem de gelişen ileri imalat dinamiklerine dayalı, **uygulamaya yönelik bir bakış açısı**



sunarak, hem politika yapıcılar hem de eğitim pratisyenleri için alaka düzeyini garanti altına almaktadır.

1.3. BAĞLAMLAR VE PAZAR DİNAMİKLERİ

Son on yılda, Endüstri 4.0 teknolojilerinin hızla benimsenmesi, özellikle **Bakım ve Kestirimci Bakım, Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM), CNC işleme ve kalite kontrol** alanlarında gözlemlenen endüstriyel operasyonları temelden yeniden şekillendirmiştir. Bu dönüşümler sadece teknolojik değil, aynı zamanda örgütsel ve stratejik olup, Avrupa'nın ileri imalat ekosisteminde iş modelleri, pazar dinamikleri ve işgücü beklentilerini yeniden tanımlamaktadır.

PdM raporuna göre, 2024 yılında 10,93 milyar ABD doları değerinde olan küresel PdM pazarının **2032 yılına kadar 70 milyar ABD dolarını** aşması ve **2033 yılına kadar 100 milyar ABD dolarını** geçmesi öngörülmektedir. Anahtar itici güçler arasında, gerçek zamanlı makine durumu izleme, proaktif bakım stratejileri ve yaşam döngüsü maliyet optimizasyonu sağlayan **yapay zeka, IoT, bulut bilişim** ve **sensör tabanlı analitiklerin** kullanımı yer almaktadır. PdM, otomotiv, havacılık ve endüstriyel üretim gibi sektörlerde stratejik bir kolaylaştırıcı haline gelmiştir ve Kuzey Amerika ve Avrupa'da hızla benimsenirken, Asya-Pasifik bölgesinde de ivme kazanmaktadır.

Bununla birlikte, **PdM raporu** önemli eksiklikleri de ortaya koymaktadır. Büyük şirketler genellikle öngörüselsel teknolojilerin uygulanmasında öncülük ederken, **KOBİ'ler** sınırlı yatırım kapasitesi, yetersiz dijital hazırlık ve teknik uzmanlık eksikliği gibi **yapısal kısıtlamalarla karşı karşıya kalmakta** ve bu da bu teknolojilerin benimsenmesini yavaşlatmaktadır. Reaktif bakımdan kestirimci bakıma geçiş, sadece teknolojik yetenekleri değil, aynı zamanda yeni organizasyon modelleri ve işgücü rollerini de gerektirmektedir.

Aynı zamanda, **SCM raporu**, COVID-19, jeopolitik gerilimler, enflasyon ve iklim bozulması gibi son dönemdeki küresel şokların küresel tedarik zincirlerinin zayıflıklarını nasıl ortaya çıkardığını vurgulamaktadır. Buna yanıt olarak, şirketler görünürlük, çeviklik ve dayanıklılık elde etmek için **Dijital Tedarik Ağları (DSN'ler)**, yerel tedarik stratejileri ve **blok zinciri, yapay zeka, dijital ikizler** ve **gelişmiş planlama sistemleri** gibi teknolojilere yatırım yapmaktadır. SCM, maliyet optimizasyonu işlevinden, özellikle **Kapsam 3 emisyonları**, döngüsellik ve risk öngörüsüne odaklanan **inovasyon ve sürdürülebilirliğin stratejik bir ayağına** dönüşüyor.

Yine de, **Avrupalı KOBİ'ler bu gelişmelere ayak uydurmakta zorlanıyor**. SCM raporu, aşağıdaki gibi kalıcı engelleri belirlemektedir:

- Parçalanmış eski sistemler ve sınırlı teknolojik birlikte çalışabilirlik;
- Finansal kısıtlamalar ve yeni araçlar için yüksek giriş maliyetleri;
- Siber güvenlik endişeleri ve veri yönetimi zorlukları;
- Organizasyonel ve süreç dönüşümüne karşı iç direnç.

Bu zorluklar, işgücünün gelişimini doğrudan etkiliyor. Roller daha veri odaklı ve disiplinler arası hale geldikçe, çalışanların geleneksel bilgi birikimini dijital araçlar, sistemsel düşünme ve gerçek zamanlı karar verme becerileriyle birleştirmeleri bekleniyor.

BC raporunda sunulan **Bask Bölgesi'ndeki bölgesel vaka çalışmasının** bulguları, bu Avrupa trendlerini yansıtmakta ve pekiştirmektedir. KOBİ'ler ve inovasyon odaklı firmalardan oluşan güçlü bir karışımı içeren Bask üretim ekosistemi, benzer yapısal değişiklikler geçirmektedir. BC raporundaki bilgilere göre, sadece 2024 yılında bölgede **44.000'den fazla yeni endüstriyel istihdam** öngörülmektedir ve bunların **%70'inden fazlası üretim, bakım, kalite ve mühendislik rollerine** odaklanmaktadır. AFM Kümesi, veri ortamlarında ve birbirine bağlı sistemlerde gezinebilen **CNC operatörleri, bakım teknisyenleri ve kalite kontrolörlerine** olan acil talebi vurgulamaktadır.



Bask bölgesinde yapılan röportajlar, **eğitim merkezlerinin** karma beceri taleplerine yanıt verme baskısını vurguluyor. Şirketler, rollerin daha akıcı hale geldiğini, daha önce birbirinden ayrı olan işlevlerin birleştiğini ve profesyonellerin süreçler arasında hızlı bir şekilde uyum sağlamasını gerektirdiğini bildiriyor. Bu durum, **teknik dijital becerilerin** yanı sıra problem çözme, işbirliği, uyum sağlama gibi **çapraz yetkinliklerin** önemini de pekiştiriyor.

Bu değişiklikler münferit değildir. Avrupa genelinde daha geniş bir eğilimi yansıtmaktadır: **dijital ve yeşil dönüşümlerin** birleşmesi, yeni performans standartları, organizasyonel modeller ve işgücü gereksinimlerini beraberinde getirmektedir. BC raporunun da gösterdiği gibi, **mesleki eğitim merkezleri** bu değişiklikleri takip etmekle kalmamalı, müfredatın yenilenmesi, endüstri ile ortaklıklar ve esnek öğrenme yolları aracılığıyla bu değişiklikleri önceden tahmin etmelidir.

Bu bağlamda, **LCAMP Gözlemevi**, farklı bölgelerden gelen bilgileri bir araya getirmek, teknolojik sinyalleri doğrulamak ve mesleki eğitim sistemlerinin yeni ortaya çıkan pazar dinamiklerine uyumunu desteklemek konusunda stratejik bir rol oynamaktadır. Makro düzeydeki öngörüler Bask Ülkesi gibi bölgelerden gelen temel düzeydeki verilerle birleştiren bu rapor, **ileri imalatın nasıl geliştiğine ve eğitim ve öğretimin buna nasıl ayak uydurması gerektiğine** dair kapsamlı bir tablo sunmaktadır.



2. GELİŞEN TEKNOLOJİLER

Endüstrinin dijital dönüşümü, bir dizi ileri teknoloji tarafından yönlendirilmektedir. Bu teknolojiler, bir dizi temel destekleyici teknoloji aracılığıyla ileri imalatı yeniden şekillendirmektedir. Bu yenilikler sadece performansı iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda operasyonları sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale getirir. Pdm, SCM ve BC raporlarına dayanan bu bölüm, gözlem alanlarında en önemli teknolojilere genel bir bakış sunmaktadır.

- **Nesnelerin İnterneti (IoT):** IoT, birçok alanda temel bir rol oynamaktadır. Sensörler ve cihazlar kullanarak fiziksel varlıkları dijital sistemlere bağlayarak birçok alanda veri toplamanın temelini oluşturmaktadır. IoT'nin katma değeri, düşük maliyetle gerçek zamanlı, ayrıntılı veriler üretme yeteneğinde yatmaktadır. Ancak, sensör kalibrasyonu, ağ entegrasyonu, siber güvenlik riskleri ve uygun filtreleme veya analiz olmadan veri aşırı yüklemesi gibi zorluklar da bulunmaktadır.
- **Bulut ve Kenar Bilişim:** Bu teknolojiler, dağıtılmış ortamlarda veri depolama, işleme ve analitiği destekler:
 - Bulut bilişim, KOBİ'lerin önemli bir altyapıya ihtiyaç duymadan tahmine dayalı analiz platformları, gerçek zamanlı izleme panoları, işbirliğine dayalı planlama sistemleri ve ölçeklenebilir veri depolama çözümleri gibi gelişmiş araçlara erişmesini sağlar. Bulut platformları verileri toplar, yapay zeka yetenekleri sağlar ve merkezi olmayan karar vermeyi destekleyen panoları barındırır.
 - Kenar bilişim, veri kaynağına yakın işlemeyi mümkün kılarak gecikmeyi ve ağ bağımlılığını azaltır; bu da gerçek zamanlı yanıt ihtiyaçları için çok önemlidir. Ayrıca depolarda veya üretim hatlarında yerel işlemleri de destekler.

Bulut platformları ölçeklenebilirlik ve birlikte çalışabilirlik sunarken, uç bilgi işlem özerklik ve hız sağlar. Başlıca kısıtlamalar veri güvenliği, sistem entegrasyonu ve hizmet güvenilirliğidir, özellikle altyapının zayıf olduğu durumlarda.

- **Dijital İkizler:** Dijital ikiz, fiziksel bir süreci veya sistemi sanal bir ortamda kopyalar ve fiziksel varlıkları, sistemleri veya süreçleri sanal olarak temsil eder. Sensör verilerini, geçmiş kayıtları ve yapay zeka tabanlı tahminleri birleştirerek gerçek dünyadaki davranışları simüle ederler. Dijital ikizler, gerçek ve sanal operasyonları birbirine bağlayarak önemli bir katma değer sunar. Kısıtlamaları arasında modelleme karmaşıklığı, yüksek kaliteli veri ihtiyaçları ve eski sistemlerle entegrasyon yer alır.
- **Yapay Zekâ (AI):** AI, büyük alanlarda tahmin sistemlerinin hızla omurgası haline gelmektedir. Sistemlerin verilerden öğrenmesini, karmaşık kalıpları tanımlamasını, tahminlerde bulunmasını ve karar vermeyi desteklemesini sağlar. AI, kural tabanlı otomasyondan öğrenme, uyum sağlama ve kararları optimize etme yeteneğine sahip sistemlere geçişi destekler. AI, endüstrilerin bakım döngülerini optimize etmesini, üretimi kolaylaştırmasını ve tedarik zincirinin yanıt verebilirliğini artırmasını sağlar.

Yapay Zeka'nın geniş alanı, bir dizi gelişmiş yöntem ve mimariyi kapsar. Aşağıdaki genel bakış, temel kategorileri vurgulamaktadır: Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme, Sinir Ağları ve Dönüştürücüler, Üretken AI ve Veri Artırma, **NLP ve Konuşma AI**, Açıklanabilir AI (XAI) ve Yorumlanabilir Makine Öğrenimi (iML), **Optimizasyon için Kümeleme algoritmaları** ve Optimizasyon Algoritmaları. Her biri, endüstriyel bağlamlarda öngörülebilir, uyarlanabilir ve şeffaf karar vermeyi mümkün kılmada farklı bir rol oynamaktadır.

Makine Öğrenimi (ML) ve Derin Öğrenme (DL)



Karar Ağaçları, Rastgele Ormanlar ve Destek Vektör Makineleri (SVM'ler) gibi ML modelleri birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modeller, ekipman bozulmalarını tahmin etmeye, bileşen arızalarını sınıflandırmaya, talep dalgalanmalarını öngörmeye ve envanter ve planlamayı optimize etmeye yardımcı olur.

- Karar Ağaçları, yorumlanabilir, kural tabanlı karar vermeyi mümkün kılar.
- Karar Ağaçları kümesi olarak Rastgele Ormanlar, birden fazla ağacı bir araya getirerek tahmin doğruluğunu artırır.
- SVM'ler, sınıflandırma görevlerinde (ör. envanter segmentasyonu) ve regresyon modellerinde (ör. talep tahmini) kullanılır ve yüksek boyutlu veri kümelerinde etkilidir.
- Katma Değer: Yapılandırılmış ortamlarda yüksek doğruluk ve esneklik.
- Kısıtlamalar: Büyük, yüksek kaliteli veri kümeleri ve parametre ayarlaması gerektirir.

Sinir Ağları ve Dönüştürücüler

Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN'ler) ve Uzun Kısa Vadeli Bellek (LSTM) ağları dahil olmak üzere sinir mimarileri, zaman serisi tahminleri ve tahmine dayalı planlama için özellikle uygundur. Bunlar, üretim taleplerini, bakım döngülerini veya tedarik eğilimlerini modellemede çok önemlidir.

- Transformatör modelleri (ör. BERT, GPT), raporları yorumlama veya sözleşmeleri ayrıştırma gibi karmaşık metin tabanlı analizler için kullanılmaktadır.
- Katma Değer: Yüksek tahmin gücüyle sıralı bağımlılıkları ve yapılandırılmamış verileri işleyin.
- Kısıtlamalar: Kaynak yoğun ve belirli araçlar olmadan yorumlanması zordur.

Üretken Yapay Zeka ve Veri Artırma

BERT ve GPT gibi LLM (Büyük Dil Modelleri) modelleri, büyük veri kümelerini işler ve gerçek zamanlı planlama anormalliklerini tespit eder. Verilerdeki uzun vadeli bağımlılıkları işlemekte özellikle etkilidirler, bu da onları örneğin aşağıdakiler için uygun hale getirir:

- Dinamik planlama ayarlamaları
- Sentetik arıza verisi üretimi, geçmiş arıza verilerinin yetersizliğini giderir. Bu, geçmiş veri kümeleri seyrek olsa bile sağlam modelleri destekler.
- Nadir ancak kritik olayları simüle ederek YZ modellerinin eğitimini geliştirir.
- Doğal dil üretimi, örneğin bakım günlüklerini özetleme, iş emirleri oluşturma veya teknisyen kılavuzları hazırlama.
- Katma Değer: Düşük veri bağlamlarında bile yapay zekayı mümkün kılar, genellemeyi iyileştirir.
- Kısıtlamalar: Sağlam model eğitim çerçeveleri ve doğrulama mekanizmaları gerektirir.

NLP ve Konuşmaya dayalı Yapay Zekası

Doğal Dil İşleme (NLP), AI'nın e-postalar, sohbet günlükleri veya teknisyen notları gibi yapılandırılmamış verileri ayrıştırmasını sağlar:

- Sohbet robotları, tedarikçilerle iletişimi kolaylaştırır.
- Adlandırılmış Varlık Tanıma (NER), metinlerden yapılandırılmış verileri çıkarır.
- Konu Modelleme (LDA) ve Duygu Analizi, risk tespiti ve iş gücü yönetimine yardımcı olur.
- Katma Değer: Bilgi çıkarma ve iletişimi otomatikleştirir.
- Kısıtlamalar: Dilbilimsel nüanslara ve veri gizliliği endişelerine duyarlıdır.

Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI) ve Yorumlanabilir Makine Öğrenimi (iML)

Yapay Zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve insan-makine arayüzlerinin entegrasyonu, donanım ve yazılım sistemlerini birbirine bağlayarak otomasyon iş süreçlerini optimize eder. Endüstriler Endüstri 5.0'a geçiş yaparken, odak noktası makine merkezli operasyonlardan insan merkezli AI'ya kaymaktadır. AI teknolojileri, üretkenliği artırmak için insan karar verme sürecini desteklemektedir.



Ancak, bunun etkili bir şekilde uygulanması, yüksek kaliteli verilerin mevcudiyetine, modelleri geliştirmek ve sürdürmek için yetenekli personele ve kullanıcıların sistemin çıktılarına olan güvenine büyük ölçüde bağlıdır. Birçok KOBİ için, bu ön koşullar, özellikle dış destek yapılarının veya modüler, entegrasyonu kolay çözümlerin yokluğunda, bir engel olmaya devam etmektedir.

Güven ve kullanılabilirlikle ilgili endişeleri gidermek için, AI'yı açıklanabilirlik ve yorumlanabilirlik çözümleri aracılığıyla daha şeffaf ve erişilebilir hale getirmek için yeni yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır:

- XAI (ör. SHAP, LIME), YZ sistemlerinin sonuçlara nasıl ulaştığına dair net açıklamalar sunarak kullanıcıların güvenini artırır. Bu, operatörlerin YZ tarafından üretilen kararların ardındaki mantığı anlamalarına yardımcı olarak güveni artırır ve benimsemeyi kolaylaştırır.
- iML, Karar Ağaçları, Genelleştirilmiş Katkısal Modeller (GAM'ler) ve Açıklanabilir Güçlendirme Makineleri (EBM'ler) gibi doğası gereği yorumlanabilir modeller kullanır. IML, kullanılan karar modellerinin doğası gereği şeffaf ve yorumlanabilir olmasını sağlar. Kullanıcıların tahminlerin veya önerilerin ardındaki mantığı izlemelerini sağlayarak, IML operasyonel bağlamlarda daha sorumlu ve kontrol edilebilir AI entegrasyonuna katkıda bulunur.
- Katma Değer: Şeffaflığı artırır, mevzuata uyumu destekler.
- Kısıtlamalar: Belirli model mimarilerine uyarlanması gerekir.

Optimizasyon için kümeleme algoritmaları

YZ, planlama, sınıflandırma ve zamanlamayı geliştirmek için kümeleme tekniklerinden yararlanır:

- K-Means, DBSCAN (Gürültülü Uygulamaların Yoğunluk Temelli Uzamsal Kümelenmesi) ve Gauss Karışım Modelleri (GMM), benzer veri noktalarını bir araya getirmek için yaygın olarak kullanılan denetimsiz öğrenme algoritmalarıdır.
- Katma Değer: Sınıflandırmayı otomatikleştirir, süreç verimliliğini artırır.
- Kısıtlamalar: Aykırı değerlere duyarlıdır, ayarlama gerektirir.

Optimizasyon Algoritmaları

YZ destekli optimizasyon, karmaşık kaynak tahsis sorunlarını dengelemek için kullanılır:

- Genetik Algoritmalar (GA): Çok amaçlı planlama ve kaynak dengeleme.
- Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO): Dinamik yönlendirme ve sıralama.
- Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO): Uyarlanabilir iş yükü dengeleme ve tedarik planlaması.

Özetle, bu yöntemler üretim planlaması, tedarik uyumu ve lojistikte kritik öneme sahiptir.

- Katma Değer: Gerçek zamanlı, büyük ölçekli tahsis sorunlarını çözer.
- Kısıtlamalar: Yüksek hesaplama talebi ve parametre ayarlarına duyarlılık.

- **Siber Güvenlik:** Siber güvenlik sadece teknik bir sorun değil, dijital sistemlere duyulan güvenin temel unsurudur. AI, bulut ve IoT'ye olan bağımlılık arttıkça, sağlam siber dayanıklılık sağlamak özellikle gerekli altyapı veya uzmanlığa sahip olmayan KOBİ'ler için hayati önem kazanmaktadır. Bu gelişmeler, endüstriyel kontrol sistemleri (ICS) ve operasyonel teknoloji (OT) altyapılarını siber saldırılara daha duyarlı hale getiren güvenlik açıkları yaratmaktadır. Rapor, üç ana riski vurgulamaktadır:
 - Hassas tedarikçi veya lojistik verilerini hedef alan **Gelişmiş Kalıcı Tehditler (APT'ler)**.
 - **Tedarik zincirinin zehirlenmesi**, yani yukarı akış süreçlerinde kötü amaçlı bileşenlerin eklenmesi.
 - **Veri ihlalleri**, operasyonel aksaklıklar ve itibar kaybına neden olur.

Bu riskleri azaltmak için, DETECTA 2.0 gibi girişimler, siber güvenlik önlemlerini PdM'ye entegre etmeye ve küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ'ler) dayanıklılığını artırmaya odaklanmaktadır.



- **Blockchain:** KOBİ'ler arasında benimsenmesi henüz başlangıç aşamasında olsa da, blockchain, merkezi olmayan sistemlerinde izlenebilirlik, şeffaflık, veri bütünlüğü ve sözleşme yönetimi için umut verici bir çözüm olarak tanımlanmaktadır ve değiştirilemez ve merkezi olmayan işlem kayıtları sunarak siber güvenlik için stratejik bir kolaylaştırıcıdır. Blockchain'in katma değeri şeffaflık ve güvendir. Ancak, uygulanması karmaşık olmaya devam etmekte ve teknik ve maliyet engelleri nedeniyle KOBİ ortamlarında henüz yaygın olarak benimsenmemiştir.



3. DİJİTAL VE YEŞİL DÖNÜŞÜM TRENDLERİNİN KOBİ'LERE ETKİLERİ

3.1. GÖZLEM ALANINDAKİ TEKNOLOJİK DEĞİŞİMLER

Daha önce açıklanan ileri teknolojileri temel alarak, şimdi PdM, SCM ve BC raporlarında incelenen alanlarda bu teknolojilerin somut uygulamalarına geçiyoruz.

Bu ileri teknoloji paketi, Kestirimci Bakım (PdM) ve Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) alanlarını yeniden şekillendirmektedir. Her iki alanın kapsamı ve operasyonel mantığı farklı olsa da,

Bu dijital teknolojiler sadece araçlar değil, aynı zamanda yeni endüstriyel uygulamalar için katalizörler olup, bu ileri teknolojiler kestirimci bakım (PdM) ve tedarik zinciri yönetimi (SCM) alanlarında benimsenmektedir. Bu alanlar farklı iş hedeflerine hizmet etse de, giderek artan bir şekilde örtüşen teknolojilere ve inovasyon modellerine dayanmaktadır: Yapay Zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT), Bulut Bilişim ve Dijital İkizler'e olan bağımlılıkları giderek artmaktadır. Bu teknolojiler sadece otomasyonu desteklemekle kalmaz, kararların nasıl alındığını, kaynakların nasıl tahsis edildiğini ve performansın nasıl optimize edildiğini yeniden tanımlar.

PdM teknolojileri, öncelikle ekipman arızalarını tahmin etmek, makine çalışma süresini artırmak ve planlanmamış müdahaleleri azaltmak için kullanılır. Bu teknolojiler, şirketlerin ekipmanı izleme, bakım ve servis verme şeklini yeniden şekillendirir. IoT sensörleri, gerçek zamanlı durum izleme sağlar. AI, bozulma ve arıza risklerinin erken tespitini mümkün kılar. Dijital ikizler, operasyonel davranışı simüle eder ve bulut platformları, verileri büyük ölçekte toplar ve analiz eder.

Buna karşılık, SCM teknolojileri tahmin, planlama, çizelgeleme ve ağ düzenlemesine uygulanır. Bu değişim, talep tahmini ve risk analizi için yapay zekanın, varlık ve sevkiyat takibi için IoT'nin ve tedarikçiler ve müşteriler arasında operasyonları senkronize etmek için bulut sistemlerinin giderek daha fazla kullanılmasıyla açıkça görülmektedir. Planlama, yürütme ve izleme alanlarıyla ilgili SCM süreçleri, çeviklik ve dayanıklılık için dijital yeteneklerden yararlanmak üzere yeniden tasarlanmaktadır.

3.1.1. TEKNOLOJİK ANLATILAR VE STRATEJİK ODAK

PdM uygulamaları iç performans, sistem güvenilirliği ve maliyet optimizasyonuna odaklanırken, SCM uygulamaları ağ koordinasyonu, esneklik ve sürdürülebilirlik tarafından yönlendirilir. Bu, farklı anlatıları yansıtır:

- PdM, sıfır planlanmamış kesinti ve bakımda maliyet verimliliği hedefiyle çalışma süresi ve süreç mükemmelliğine öncelik verir.
- SCM, özellikle değişken piyasalarda veya düzenleyici bağlamlarda çeviklik, uçtan uca koordinasyon ve esnekliği vurgular.

Her iki alan da daha otonom, açıklanabilir ve hizmet tabanlı sistemlere doğru yakınsamaktadır. Ancak, bunların dağıtım yolları farklıdır:

- Büyük şirketler, entegre YZ ve dijital ikiz platformlarla öncülük etmektedir.



- KOBİ'ler, adaptasyon konusunda daha yavaş olsalar da, modüler çözümler, bulut tabanlı hizmetler ve işbirliğine dayalı ekosistemler aracılığıyla potansiyel göstermektedir.

3.1.2. KESTİRİMCİ BAKIMDA TEKNOLOJİLER

Kestirimci Bakım, geleneksel zaman tabanlı ve reaktif bakım yaklaşımlarından veri odaklı, duruma dayalı modellere hızla evrilmektedir. Bu değişim, aşağıda açıklanan dijital teknolojilerin kullanımıyla büyük ölçüde mümkün hale gelmiştir.

Nesnelerin İnterneti (IoT)

IoT cihazları, makinelerden gerçek zamanlı veriler toplar ve titreşim, sıcaklık, basınç, enerji kullanımı ve yağlama seviyeleri gibi temel parametreleri izleyerek sürekli izlemeyi mümkün kılar. Bu veriler, anormallikleri tespit etmek ve proaktif olarak bakım planlaması yapmak için öngörücü modellere aktarılır.

Bu veriler, durum izleme için kritik öneme sahiptir ve doğrudan AI modelleri ve teşhis platformlarına aktarılır.

IoT, arızaların üretimi etkilemeden önce tahmin edilmesine yardımcı olur ve uzaktan gözetim sağlar.

Bulut ve Uç Bilişim

Bulut platformları, ölçeklenebilir veri depolama, analitik ve bakım panolarını destekleyerek KOBİ'lerin kendi BT altyapılarını kurmadan PdM'yi uygulamalarına olanak tanır. Hizmet Olarak Kestirimci Bakım (PdMaaS) geliştirilmesini desteklerler.

Uç bilişim, verileri ekipman düzeyinde işleyerek gerçek zamanlı kararlar alınmasını sağlar ve yüksek hızlı üretim ortamlarında kritik öneme sahip gecikmeyi azaltır.

Dijital İkizler

Dijital ikizler, varlıkların dinamik davranışını simüle ederek, olasılık analizlerini ve yaşam döngüsü tahminlerini destekler.

PdM yazılımıyla birlikte kullanıldığında, stres faktörleri, enerji tüketimi ve beklenen arıza süresi hakkında içgörüler sağlar.

Bu simülasyonlar, önleyici müdahaleleri ve yedek parça planlamasını optimize etmeye yardımcı olur.

Yapay Zeka (YZ)

Bakım alanında YZ, ekipman arızalarını tahmin eden, anormallikleri tespit eden ve optimize edilmiş bakım eylemleri öneren tahmine dayalı modeller oluşturmak için kullanılır.

Bağlama bağlı olarak farklı YZ yaklaşımları kullanılır:

- Makine Öğrenimi (ML): ML algoritmaları, arıza tahmini, anomali tespiti ve trend analizi için PdM'de yaygın olarak kullanılır. Bu sistemler, geçmiş verilerden öğrenerek zamanla gelişir.
- Derin Öğrenme (DL): ML'nin bir alt kümesi olan DL, PdM'de sensör verilerini işlemek ve örneğin titreşimler, sıcaklık değişiklikleri veya basınç okumalarında ince kalıpları tespit etmek için kullanılır.
- Büyük Makine Öğrenimi Modelleri (LMM'ler): Bu modeller, ölçeklenebilir içgörüler sunmak için geniş veri kümelerini entegre eder. PdM'de LMM'ler, karmaşık çoklu sensör verilerinin yorumlanmasına yardımcı olur.
- Üretken Yapay Zeka / Büyük Dil Modelleri (LLM'ler): PdM'de LLM'ler, teşhis araçları veya bakım talimatları ile doğal dil etkileşimini mümkün kılarak teknisyenler için yeni bir arayüz



sunar. Geçmiş bakım günlüklerini özetleyebilir veya prosedürle ilgili soruları yanıtlayabilirler.

Güven ve kullanılabilirlik:

- Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI): Kestirimci bakım (PdM) uygulamalarında, GradCAM, DIFFI ve ARCANA gibi XAI teknikleri, bir yapay zekâ modelinin neden bir bileşeni arızalı olarak işaretlediğini operatörlerin anlamasına yardımcı olur. Bu yöntemler, anormallik veya arıza tahminine en fazla hangi değişkenlerin (ör. titreşim, sıcaklık) katkıda bulunduğunu vurgular. Örneğin, DIFFI, zaman serisi verilerinde anomali tespitine yol açan özellikleri sıralarken; ARCANA, otomatik kodlayıcı (autoencoder) tabanlı modellerde yeniden yapılandırma hatalarını analiz ederek kök nedenleri belirler. Bu tür araçlar, güveni artırır ve daha bilinçli karar almayı mümkün kılar.
- Yorumlanabilir Makine Öğrenimi (IML): PdM alanında IML, Karar Ağaçları (Decision Trees), LionForests ve Açıklanabilir Güçlendirme Makineleri (Explainable Boosting Machines – EBMs) gibi şeffaf modeller kullanmaya odaklanır. Bu modeller, açık mantık ve kurallara dayalı tahminler sunar. Örneğin, LionForests, Rastgele Ormanlar'dan (Random Forests) insan tarafından okunabilir "EĞER–O HALDE" (IF–THEN) kuralları türeterek arıza sınıflandırmalarını açıklarken; EBMs, her bir girdi değişkeninin bakım sonuçlarına nasıl katkıda bulunduğunu gösterir. Bu yöntemler, operatörlerin ve mühendislerin tahminlerin arkasındaki mantığı izlemesine yardımcı olarak, endüstriyel ortamlarda sorumlu yapay zekâ entegrasyonunu desteklemektedir.

Blockchain:

PdM'de blok zinciri nadiren kullanılır, ancak garanti ve izlenebilirlik için bakım işlemlerinin veya parça değiştirmelerinin güvenli bir şekilde kaydedilmesini destekleyebilir.

Siber güvenlik

PdM, makine verilerinin korunmasını ve operasyonların sürekliliğini vurgular.

Vaka Çalışması Öngörüler

PdM raporunda açıklanan iki vaka, Kestirimci Bakım'ın (PdM) reaktif, zamana dayalı modellerden gelişmiş veri odaklı sistemlere doğru evrimini anlatmaktadır. AI, kalite entegrasyonu ve modüler otomasyonun PdM stratejilerini nasıl yeniden şekillendirdiğini vurgulamaktadır. Bu iki vaka çalışması, en son teknolojiye sahip modellerin uygulanmasını ve bunların çeşitli sektörlerdeki pratik faydalarını göstermektedir.

- Vaka 1 - Ürün Kalitesi Entegrasyonu Kullanarak Geliştirilmiş PdM
 - Kullanılan Yöntemler:
 - PdM için ML ve Ürün Kalitesinin Entegrasyonu
 - **91%** doğruluk oranına sahip üç aşamalı bir çerçeve geliştirilmesi.
 - Sonuçlar
 - Vakumlu karıştırıcı makinesi, PQ'yu etkileyen en kritik unsur olarak belirlendi (toplam atığın %85'i).
 - Çerçeve, ürün kalitesindeki değişikliklere dayalı olarak bakım ihtiyaçlarını tahmin etmenin önemli maliyet tasarrufları ve verimlilik artışı sağladığını gösterdi.
 - Finansal Etki:
 - Makine arıza süresi maliyetlerinde %50 azalma.
 - Hurda ile ilgili maliyetlerde %64 azalma.
- Vaka 2 - Gerçek Zamanlı IoT Verilerini Kullanarak Endüksiyon Motorlarında Anomali Tespiti
 - Kullanılan Yöntemler:
 - Çalışmada, üç ML algoritması duyarlılık, özgüllük ve çıkarım süresi (doğrulama ve test veri kümeleri genelinde ortalama performans) açısından karşılaştırılmıştır.



- Sonuç
 - Çalışma, endüksiyon motorlarında anomali tespiti için IoT sensörleri ve ML algoritmaları kullanarak düşük maliyetli, gerçek zamanlı bir öngörücü bakım sistemi geliştirmeyi başardı.

3.1.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE TEKNOLOJİLER

SCM'de dijital dönüşüm, değer zinciri genelinde çeviklik, görünürlük ve yanıt verebilirliği iyileştirmeye odaklanmaktadır. Aşağıda açıklandığı gibi, teknolojiler SCM planlama ve yürütme alanındaki gözlemlerde analiz edilen tüm düzeylerde kullanılmaktadır.

Nesnelerin İnterneti (IoT)

IoT sensörleri, aşağıdakileri mümkün kılarak operasyonel yürütmeyi destekler:

- Sevkiyatların ve konteynerlerin gerçek zamanlı takibi,
- Depo koşullarının izlenmesi (ör. sıcaklığa duyarlı ürünler),
- Envanter sayımlarının ve ikmal tetikleyicilerinin otomasyonu.

Gerçek zamanlı görünürlük, uyarı ve izlenebilirliği destekler.

IoT, bir olanak sağlayan teknoloji olarak kabul edilir ve birçok büyük şirkette zaten standart hale gelmiştir. Örneğin, pilot sonuçları, üretim ağlarında IoT tabanlı izlemenin malzeme israfını %12-20 oranında azaltabileceğini göstermektedir.

Bulut Bilişim

Bulut platformları, planlama sistemlerini ve tedarik zinciri görünürlük araçlarını entegre etmek için temel oluşturur:

- Bulut sistemleri, gösterge panelleri, gerçek zamanlı KPI'lar ve işbirliğine dayalı planlama arayüzlerini barındırır.
- Departmanlar ve dış ortaklar (tedarikçiler, nakliyeciler, müşteriler) arasında veri akışını senkronize etmek için kullanılır, ağlar arasında veri paylaşımını mümkün kılar ve merkezi olmayan karar vermeyi destekler.

Kenar bilgi işlem sistemleri, depolarda veya üretim hatlarında yerel operasyonları destekleyebilir.

Dijital İkizler

SCM'de hala yeni olsa da, dijital ikizler şu amaçlarla kullanılır:

- Tedarik zinciri ağlarını ve üretim akışlarını simüle etmek,
- Kapasite değişikliklerini veya tedarik kesintilerini değerlendirmek,
- Sürdürülebilirlik önlemlerinin veya teslim süresi değişikliklerinin etkisini test etmek.

Genellikle kontrol kuleleriyle birleştirilerek SCM operasyonlarının "kokpit görünümünü" sağlarlar.

Blockchain:

SCM'de blok zinciri, malların menşeyini ve hareketini takip etmeye, uyumluluğu doğrulamaya ve akıllı sözleşmeler aracılığıyla işlemleri otomatikleştirmeye yardımcı olur. Özellikle düzenlemelere tabi sektörlerde veya sürdürülebilirlik sertifikalı tedarik zincirlerinde kullanışlıdır. Sözleşme uyumluluğunu sağlamak için güvenli ve şeffaf veri alışverişi sunar.

Siber güvenlik

Dijital stratejilerin temel direği ve SCM Anketinde şirketlerin ana endişelerinden biri olarak tanımlanan siber güvenlik, orta ölçekli işletmelerin %100'ü ve küçük işletmelerin %60'ı tarafından "kritik" olarak değerlendirilmiştir. SCM'de siber güvenlik, karmaşık tedarikçi ekosistemlerinde yüksek risk olarak tanımlanmakta ve blok zinciri umut verici bir çözüm olarak gösterilmektedir.

Yapay Zeka (AI)



YZ, akıllı tahmin, risk yönetimi ve planlama senkronizasyonunu mümkün kılar:

- SCM'de tahmin, envanter optimizasyonu, dinamik envanter kontrolü, planlama ve çizelgelemeyi destekler. SCM raporuna göre, AI 31 kullanım örneğinin 9'unda bahsedilmiş ve lojistik maliyetlerinde %15'e varan azalma ve envanter doğruluğunda %35'e varan iyileşme sağlamıştır. Bununla birlikte, AI'nın benimsenmesi KOBİ'ler arasında sınırlı kalmaya devam etmekte, ancak stratejik potansiyeli yaygın olarak kabul edilmektedir. Bağlama bağlı olarak farklı YZ yaklaşımları uygulanmaktadır:
 - Makine Öğrenimi (ML): SCM'de ML, tahmin, risk değerlendirmesi ve uyarlanabilir planlama için kullanılır. Bu sistemler, geçmiş verilerden öğrenerek zamanla gelişir.
 - Derin Öğrenme (DL): ML'nin bir alt kümesi olan DL, SCM'de görüntü tanıma (örneğin, ürün kalitesi için) ve büyük veri kümelerinden desen çıkarma işlemlerini destekleyebilir.
 - Büyük Makine Öğrenimi Modelleri (LMM'ler): SCM'de, küresel talep tahmini ve ağ optimizasyonunu desteklerler.
 - Üretken Yapay Zeka / Büyük Dil Modelleri (LLM'ler): SCM'de, belge otomasyonunu veya müşteri hizmetleri sohbet robotlarını destekleyebilirler.

Güven ve kullanılabilirlikle ilgili endişeleri gidermek için, YZ'yı daha şeffaf ve erişilebilir hale getirmek için yeni yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır:

- Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI): SCM'de risk yönetimi sistemleri, AI modellerinin karar verme sürecini açıklığa kavuşturmak için **SHAP**, **LIME** ve **GradCAM** gibi **XAI yöntemlerini** giderek daha fazla kullanmaktadır. Örneğin, tedarikçileri teslimat süreleri, ESG performansı veya maliyetlerine göre sıralamak gibi. Bu araçlar, paydaşların otomatik tahminleri veya değerlendirmeleri anlamasına ve güvenmesine yardımcı olarak, AI odaklı önerilerin karar vericiler için daha şeffaf ve kabul edilebilir olmasını sağlar.
- Yorumlanabilir Makine Öğrenimi (IML): Tahmin ve lojistikte, **Karar Ağaçları**, **Açıklanabilir Güçlendirme Makineleri (EBM)** ve **GAM** gibi **IML modelleri**, planlama önerilerinin arkasında net ve izlenebilir bir mantık sağlamak için kullanılır. Örneğin, **DIFFI** ve **LionForests**, tedarik zinciri anomalilerinin veya kesintilerinin temel nedenlerini belirlemeye yardımcı olarak, kararların açıklanabilir ve denetlenebilir olmasını sağlar. Bu, özellikle düzenlemelere tabi sektörler veya iş birliğine dayalı planlama süreçleri için önemlidir.

Gözlem alanında tanımlanan SCM düzeylerine uygulanan YZ uygulaması şu şekilde özetlenebilir:

- Kâr Planlaması (PP): YZ, finansal sonuçları simüle eder ve senaryo planlamasını destekler.
- Satış ve Operasyon Planlaması (S&OP): YZ, talep tahminini optimize ederek satış tahminleri ve üretim planları arasında daha iyi koordinasyon sağlar.
- Ana Üretim Planlaması (MPS) ve MRP: YZ, belirsizlik altında optimum üretim ve tedarik miktarlarını hesaplar.
- Sonlu/Sonsuz Kapasite Planlama (FCS/ICS): YZ destekli algoritmalar kaynak tahsisini ve sıralamayı geliştirir.

Performans artışı:

AI'yı entegre eden bazı SCM kullanım örnekleri, lojistik maliyetlerinde %15'e varan azalma ve envanter seviyelerinde %35'e varan iyileşme göstermektedir.

3.1.4. ORTAYA ÇIKAN OPERASYONEL VE İNOVASYON MODELLERİ

Teknolojilerin ötesinde, yeni operasyonel modeller de ilgi görmeye başlamıştır:

- KOBİ'ler ve hizmet sağlayıcılar arasında platform tabanlı işbirliği (ör. PdM platformları veya SCM entegre lojistik kontrol kuleleri).
- İç altyapı ihtiyaçlarını azaltan hizmet odaklı mimariler. Örneğin, PdMaaS (Hizmet Olarak Tahmine Dayalı Bakım), şirketlerin, özellikle KOBİ'lerin, altyapıya sahip olmadan tahmine dayalı yetenekleri dış kaynak olarak kullanmalarını sağlar. Bu, maliyet etkin bir yöntemdir.



ve genellikle bulut platformları veya OEM'ler (Orijinal Ekipman Üreticileri) tarafından ekipmanla birlikte tanımlama hizmetleri (Hizmet Olarak Ekipman) şeklinde sunulur.

- KOBİ'lerin deneme risklerini azaltmaya yardımcı olan test ortamları ve kamu-özel sektör ortaklıkları.

BC (Bask Bölgesi) raporu, KOBİ'lerin bölgesel ekosistemler aracılığıyla paylaşılan dijital altyapıya, gömülü hizmetlere veya eğitim modüllerine erişmesine ilişkin somut örnekler de sunmaktadır. Bu modeller ve ekosistemler, özellikle aktif endüstri kümelerinin bulunduğu bölgelerde altyapı, eğitim ve destek hizmetlerine ortak erişim sağlar ve küçük aktörlerin yüksek teknolojilere erişebilmesinde kritik bir rol oynar.

3.2. YEŞİL DÖNÜŞÜM KATKILARI

İleri imalat ve üç raporda gözlemlenen alanlardaki dijital dönüşüm, yeşil dönüşümle yakından bağlantılıdır. Açıklanan teknolojiler, sadece operasyonel verimliliği mümkün kılan unsurlar değil, aynı zamanda çevresel performans için de güçlü kaldıraçlardır. Bu bölüm, gözlemlenen faaliyetlere uygulanan ileri teknolojilerin, emisyonları azaltarak, kaynakları optimize ederek ve döngüsel ekonomi uygulamalarını destekleyerek sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkıda bulunduğunu ve bunların daha geniş siyasi ve düzenleyici çerçevelerle nasıl uyumlu olduğunu özetlemektedir.

3.2.1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: FIRSAT VE YÜKÜMLÜLÜK

Hem PdM hem de SCM raporları, sürdürülebilirlik konusunda ikili bir anlatıyı vurgulamaktadır:

- PdM bağlamında, sürdürülebilirlik inovasyon ve verimliliğin itici gücü olarak çerçevelenmektedir. Performansı artırır, maliyetleri düşürür ve rekabet gücünü artırır, böylece "kendi kendini finanse eden" bir iyileştirme haline gelir.
- SCM bağlamında ise sürdürülebilirlik, aynı zamanda yasal bir zorunluluktur. Şirketler, ESG (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) kriterlerine, AB Yeşil Anlaşma hedeflerine ve yeni ortaya çıkan yasal çerçevelere (ör. tedarik zincirlerinde gerekli özen, Kapsam 3 emisyonlarının izlenmesi) uymak zorundadır.
- Genel KOBİ bağlamında, dijital dönüşümün çevresel hedeflerle entegrasyonu hala yeterince gelişmemiştir. Birçok küçük ve orta ölçekli işletme (KOBİ), sürdürülebilirlik yönetiminde, özellikle döngüsel ekonomi içinde sistem düşüncesini uygulamada gerekli uzmanlığa sahip değildir. Çevresel hedefler giderek daha fazla dile getirilse de, ekolojik hususları iş faaliyetlerine ve çalışan geliştirme programlarına entegre eden pratik eğitim yaklaşımlarında hala önemli bir boşluk bulunmaktadır.

Bu durum hem stratejik bir fırsat hem de bir uyum yükümlülüğü yaratmaktadır: dijital teknolojiler, şirketlerin giderek daha katı hale gelen çevresel gereklilikleri öngörmelerini ve karşılamalarını sağlarken, aynı zamanda yeşil inovasyon alanında lider konumlarına gelmelerini de mümkün kılmaktadır.

3.2.2. ÇEVRESEL VERİMLİLİK İÇİN KATALİZÖR OLARAK PDM

PdM raporu, öngörücü bakımı bir kazan-kazan stratejisi olarak çerçevelemektedir: operasyonel performansı iyileştirirken aynı zamanda sürdürülebilirlik hedeflerini de ilerletmektedir. Çevresel katkıları somut ve ölçülebilirdir:

- Azalan enerji tüketimi: Verimsizlikleri erken tespit ederek ve makineleri optimum çalışma koşullarında tutarak, PdM enerji israfını önler.
- Daha az malzeme israfı: Gerçek ihtiyaca dayalı planlı bakım, acil onarımları ve erken parça değişimlerini azaltarak yedek parça ve hammadde kullanımını en aza indirir.



- Varlık ömrünün uzatılması: Arızaların erken tespit edilmesi ve düzeltilmesi, ekipmanın kullanım ömrünü uzatarak döngüsel ekonomi hedeflerine uyum sağlar.
- Optimize edilmiş lojistik ve nakliye emisyonları: Arızaların önlenmesi, plansız müdahalelerin ve acil yedek parça teslimatlarının azalması anlamına gelir, bu da lojistikle ilgili emisyonların azalmasına yol açar.
- Döngüsel ekonomiye destek: PdM, yeniden kullanım ve yenilemeyi kolaylaştırarak yeni ekipman ihtiyacını azaltır ve sürdürülebilir varlık yönetimine katkıda bulunur.

Genel olarak, PdM hem CO₂ azaltma hedeflerini hem de ekonomik rekabet gücünü destekleyerek KOBİ'lerin çevresel hedefleri ile karlılık arasında denge kurmasına yardımcı olur. Raporlar, PdM'yi iklim eylemi ile endüstriyel verimliliği uzlaştıran stratejik bir kaldıraç olarak sunmaktadır.

3.2.3. SCM 4.0 VE YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

SCM raporu, SCM 4.0'ı Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi'nin (GSCM) temel bir unsuru olarak konumlandırarak daha da ileri gidiyor. Dijitalleşme sayesinde şirketler, tedarikten üretime, nakliyeye ve kullanım ömrünün sonuna kadar tüm değer zinciri boyunca çevresel etkiler üzerinde görünürlük ve kontrol elde ediyor.

Önemli katkılar arasında şunlar yer almaktadır:

- IoT ile kaynak akışlarının izlenmesi sayesinde malzeme israfında %12-20 azalma.
- AI tabanlı rota optimizasyonu ve yük dengeleme yoluyla lojistikte %5-10 CO₂ azaltımı.
- Blockchain ile izlenebilirlik, şeffaflığın ve tedarikçi sorumluluğunun artması sayesinde üretimde kullanılan geri dönüştürülmüş malzemelerin oranını %15'e kadar artırır.
- Kapalı döngü lojistik, yeniden üretim ve yaşam döngüsü takibi sağlayan dijital araçlarla döngüsel ekonomi entegrasyonu.
- Eko-tasarım desteği, tedarik zinciri paydaşlarının tasarım aşamasından itibaren daha çevreci ürün geliştirme konusunda işbirliği yapmalarını sağlar.

Bu ilerlemelere rağmen, ankete katılan şirketlerin yalnızca %27'si dijital ve sürdürülebilirlik stratejilerini resmi olarak uyumlu hale getirmiştir, bu da sinerji için büyük bir fırsat olduğunu göstermektedir.

3.3. OPERASYONEL, ORGANİZASYONEL VE İŞ GÜCÜ ETKİLERİ

Gelişen teknolojilerin iş faaliyetlerini nasıl geliştirebileceğini özetleyen ve sürdürülebilirliğe katkılarını vurgulayan önceki bölümlerden yola çıkarak, bu bölümde daha geniş kapsamlı etkileri ele alınmaktadır. Gelişen teknolojiler, somut zorluklara dijital çözümler sunmakla kalmaz, aynı zamanda şirketlerin çalışma şeklini, yapılarını ve işgüçlerini geliştirme biçimlerini de temelden yeniden şekillendirir. Aşağıda, üç raporda belirlenen ve bakım ve öngörücü bakım (PdM), tedarik zinciri yönetimi (SCM), **otomasyon, kalite kontrol ve CNC işletiminde** ortaya çıkan temel değişiklikleri özetliyoruz.

PdM ve SCM, iş akışlarında ve organizasyonel yapılarda daha geniş çaplı değişikliklerin katalizörleridir ve organizasyonlarda ve işgücü rollerinde önemli adaptasyonlar gerektirir.

Her iki alanda da, mühendislik uzmanlığı ile dijital akıcılığı birleştiren yeni roller ortaya çıkmaktadır. Bakım ve lojistik uzmanlarından, gösterge panellerini yorumlamaları, yapay zeka destekli sistemlerle etkileşim kurmaları ve departmanlar arasında işbirliği yapmaları giderek daha fazla beklenmektedir.



PdM'de, PdMaaS gibi yeni modeller, görevleri teknisyenlerden veri analistlerine ve uzaktan hizmet operatörlerine kaydırmaktadır.

SCM'de de benzer dönüşümler yaşanmaktadır. Karar verme süreci daha fazla veri odaklı hale gelmekte ve BT, lojistik, satın alma ve planlama departmanları arasında koordinasyon gerektirmektedir. Çalışanlar, entegre platformlarını yönetmek, algoritmik önerileri doğrulamak ve dış paydaşlarla işbirliği yapmak zorundadır. Bu değişiklikler, çapraz becerilerin ve dijital okuryazarlığın artan önemini vurgulamaktadır.

3.3.1. OPERASYONEL ETKİLER

Operasyonel düzeyde, PdM ve SCM 4.0, kararların alınma şekli, iş akışlarının yapılandırılması ve kaynakların gerçek zamanlı olarak yönetilmesinde önemli değişiklikler getirmiştir.

Kestirimci Bakım'da, operasyonlar geleneksel önleyici rutinlerden daha dinamik, **veri odaklı bir yaklaşıma** geçmektedir. PdM'de müdahaleler, sensörler tarafından tespit edilen gerçek aşınma modellerine veya anormalliklere dayanır, bu da makine arıza süresinin azalmasına ve kaynakların daha verimli kullanılmasına yol açar.

Bu geçiş, birkaç somut operasyonel iyileştirme sağlar:

- Sürekli durum izleme ve gerçek zamanlı uyarılar sayesinde **planlanmamış arıza sürelerinin azalması**.
- Planlı arıza süreleri veya düşük aktivite dönemlerinde bakım görevlerinin **stratejik olarak planlanması**.
- **Veriye dayalı karar verme**, sezgi yerine sensör tabanlı tanılama ve tahmin panoları kullanılması.
- Eşik değerler aşıldığında bakım emirlerinin tetiklenmesi gibi **rutin kararların otomasyonu**.

Benzer şekilde, SCM'de AI, IoT ve bulut platformları gibi dijital araçlar, tedarik zinciri genelinde çevikliği ve tepki hızını artırır. Gerçek zamanlı veriler ve otomatik senaryo modelleme sayesinde planlama daha az reaktif ve daha öngörülü hale gelir.

Operasyonel değişiklikler şunları içerir:

- Lojistik ve envanter akışlarının **gerçek zamanlı görünürlüğü**, kesintilere karşı tepki hızını artırır.
- IoT cihazlarından ve dijital ikizlerden gelen canlı girdilere dayalı **dinamik planlama ve yeniden planlama**.
- Otomatik tedarik veya teslimat rotası optimizasyonu dahil olmak üzere **YZ destekli karar verme**.
- Satış, üretim ve lojistik gibi departmanlar arasındaki siloları ortadan kaldıran **uçtan uca iş akışı entegrasyonu**.

Bu değişiklikler, Bask Ülkesi bölgesel raporundaki bulgularla daha da net bir şekilde ortaya konmaktadır. Dijital dönüşümün operasyonel etkileri, profesyonellerin günlük görevlerini yerine getirme ve teknoloji sistemleriyle etkileşim kurma biçimlerini yeniden şekillendirmektedir. Tüm profillerde, sensör ağları, gerçek zamanlı uyarılar ve gelişmiş izleme sistemleri ile desteklenen reaktif bakımdan öngörücü ve duruma dayalı bakım ve kalite kontrolüne doğru açık bir geçiş söz konusudur.

Görevlerin yeniden dağıtımı belirgindir. Örneğin, makine veya hat operatörleri, kalite kontrolünün geleneksel sorumluluklarından bazılarını üstlenerek kaliteyi üretim ekipleri arasında paylaşılan bir sorumluluk haline getirmektedir. Bakım teknisyenleri artık geleneksel onarım görevlerinin ötesine geçen ve süreç optimizasyonuna ve otomasyon sistemlerinin teknolojik entegrasyonuna katkıda bulunmayı da içeren genişletilmiş sorumluluklarla karşı karşıyadır.



3.3.2. ORGANİZASYONEL ETKİLER

Operasyonel iyileştirmeler, ancak uygun **organizasyonel yapılar ve kültürel değişikliklerle** desteklendiğinde mümkündür. PdM ve SCM 4.0 araçlarının uygulanması, geleneksel hiyerarşileri sorgular ve daha işbirlikçi, çevik modelleri teşvik eder.

Her iki alanda da, kuruluşlar giderek daha fazla **işlevler arası ekip çalışması** ve **çevik çalışma yöntemlerini** benimsemektedir. Uzun, doğrusal projeler yerine, artık kısa pilot döngülere ve yinelemeli geri bildirim döngülerine güvenmektedirler. Bu, daha hızlı inovasyon ve hızla gelişen teknolojik ortamlarla daha iyi uyum sağlama imkânı sunar.

Önemli organizasyonel gelişmeler şunlardır:

- **Silo haline gelmiş departmanlardan**, BT, operasyon, bakım ve veri ekiplerini içeren **çapraz fonksiyonlu iş birliğine** geçiş.
- Hızlı deneme ve ölçeklendirmeye dayalı **çevik proje modellerinin geliştirilmesi**.
- Ekip arasında şeffaflık ve koordinasyonu sağlayan **dijital platformların kullanımının artması**.
- **Değişim yönetiminde daha güçlü liderlik rolleri**, yöneticilerin dijital benimsemeyi kolaylaştırıcılar olarak hareket etmesi.

Bask Bölgesi vaka çalışmasından, organizasyonel düzeydeki dönüşüm, geleneksel olarak bakım, otomasyon ve kalite alanlarında ayrı olan işlevleri birbirine bağlayan hibrit rollerinin ortaya çıkmasını içermektedir. Otomasyon artık izole değil, daha geniş üretim ve veri platformlarıyla bağlantılıdır ve çalışanların insan-makine arayüzlerini ve iletişim protokollerini kullanmasını gerektirmektedir.

Bu rol yakınsaması, profesyonellerin geleneksel sınırların ötesinde çalışması ve entegre sistemlerle aktif olarak ilgilenmesi gereken yeni bir işbirliği dinamiği getirmiştir. Ayrıca, veriye dayalı karar alma süreçlerinin benimsenmesi, gerçek zamanlı analitiği günlük operasyonların merkezine yerleştirmiştir.

Şirketler, yapay zeka, siber güvenlik ve öngörücü bakım ile ilgili hizmetleri giderek daha fazla sözleşmeye bağlayarak ve bu da dijital farkındalığa sahip iç rollere olan ihtiyacın arttığını ortaya koyuyor. Bu profesyoneller derin teknik uzmanlar olmayabilir, ancak dış teknoloji sağlayıcılarla sorunsuz iletişim kurmak için yeterli temel bilgiye sahiptir. İşlevleri, teknolojik yenilikleri kuruluşun iç ihtiyaçları ve stratejik hedefleriyle uyumlu operasyonel uygulamalara dönüştürmektir.

Özellikle dikkat çeken bir değişim, Hizmet Olarak Bakım (MaaS) gibi yeni iş modellerinin ortaya çıkmasıdır. PdM tarafından mümkün kılınan bu model, satıcıların ekipman çalışma süresi garantileri veya performansa dayalı sözleşmeler sunmasına olanak tanıyarak müşteri-tedarikçi ilişkilerini yeniden tanımlamaktadır:

- Bakım, sadece bir maliyet merkezi değil, **katma değerli bir hizmet** haline gelir.
- Üreticiler, uzaktan entegre edilmiş öngörücü teşhis ile **hizmet odaklı modellere** doğru evrimleşir.
- Bu dönüşüm, **tekrarlayan gelir akışlarını** ve **daha yakın müşteri ortaklıklarını** destekler.

Ancak, bu değişiklikler bazı zorluklar da beraberinde getiriyor. SCM raporunda, **dönüşüme engel olan** birkaç organizasyonel **bariyer** tespit edilmiştir:

- Özellikle eski sistemlere sahip KOBİ'lerde **teknolojik entegrasyon sorunları**.
- Daha fazla dijital maruziyetle daha da kötüleşen **siber güvenlik endişeleri**.
- Özellikle yaşlı veya daha deneyimli çalışanlar arasında **değişime direnç**.
- KOBİ'lerin altyapı veya yeteneklere yatırım yapma kapasitesini sınırlayan **finansal kısıtlamalar**.

Bu engellere rağmen, başarılı kuruluşlar, iç kapasitelerini geliştirerek ve **öğrenme, verilere güven ve deneme kültürünü** teşvik ederek değişimi proaktif olarak yöneten kuruluşlardır.



3.3.3. İŞGÜCÜ ETKİLERİ

Teknolojik benimseme, işin dönüşümüyle el ele gider. PdM ve SCM 4.0, **yeni roller, yeni beceriler ve yeni zihniyetler** gerektirir.

PdM'de, bakım uzmanları tamamen mekanik görevlerden uzaklaşarak **izleme, analiz ve stratejiye** yönelmektedir. Geleneksel teknisyenlerin sensör verilerini yorumlaması, istatistiksel modelleri anlaması ve BT sistemleriyle birlikte çalışması giderek daha fazla talep edilmektedir.

Bu değişim şunları gerektirir:

- PdM analistleri veya dijital bakım stratejistleri gibi rollerin ortaya çıkması gibi **rollerin dönüşümü**.
- Teknisyenlerin artık durum izleme yazılımları ve yapay zeka araçlarıyla etkileşimde bulunması gerektiğinden, **BT ve OT becerilerinin entegrasyonu**.
- **Bölümler arası çapraz eğitim**, bakım, veri ve mühendislik ekipleri arasında işbirliğini teşvik eder.

Buna paralel olarak, Bask Ülkesi'nde yapılan araştırma, geleneksel teknik uzmanlığı dijital yetkinliklerle birleştiren hibrit profesyonel profillere olan talebin arttığını ortaya koydu. Örneğin:

- Kalite teknisyenlerinden artık makine görme sistemleri, 3D tarayıcılar ve dijital doğrulama araçlarını kullanarak denetim becerilerini dijital ve veri yönetimi ile birleştirmeleri beklenmektedir.
- CNC operatörleri, MES ve ERP sistemleriyle giderek daha fazla etkileşime giriyor, program ayarlamaları yapıyor ve öngörücü bakım dahil olmak üzere veri analizi tekniklerini uyguluyor.

SCM'de, işgücü değişiklikleri bu gelişmeleri yansıtmaktadır. Manuel veri girişi ve kural tabanlı planlama giderek otomatikleştirilmektedir. Çalışanlar artık algoritma çıktılarını denetlemekte, karmaşık istisnaları ele almakta ve planlama kararlarına stratejik girdiler sağlamaktadır.

SCM raporu, işgücü üzerinde birkaç önemli etkiyi belirlemektedir:

- Dijital ve operasyonel uzmanlığa sahip tedarik zinciri analistleri gibi **hibrit roller ortaya çıkmaktadır**.
- Geleneksel olarak teknik olmayan rollerde bile **veri ve sistem okuryazarlığına olan talebin artması**.
- Bağlı sistemlerin hassasiyeti göz önüne alındığında, **siber güvenlik bilincine olan ihtiyaç artmıştır**.
- Teknolojiler mevcut müfredatlardan daha hızlı geliştiği için **öğrenme eğrileri ve sürekli eğitime daha fazla önem verilmesi**.

Ancak, birçok şirket – özellikle KOBİ'ler – ciddi zorluklarla karşı karşıyadır:

- **Dijital beceri eksiklikleri ve yetenek kıtlığı**, SCM 4.0 araçlarını etkili bir şekilde benimseme yeteneklerini sınırlamaktadır.
- **Eğitim programları ile gerçek dünya sistemleri arasındaki uyumsuzluk**, yatırım getirisini zayıflatmaktadır.
- Çoğu zaman iş kaybı veya karmaşıklıkla ilgili korkularla bağlantılı olan **çalışanların otomasyona direnci**, sürtüşmelere neden olmaktadır.

Bu yeni ortamda başarılı olmak için, çalışanlar hem **teknik** hem de **sosyal beceriler** geliştirmelidir:

Temel teknik ve analitik beceriler şunlardır:

- Veri analizi ve görselleştirme (ör. gösterge panelleri kullanma)
- Tahmin algoritmaları ve hata modellerini anlama
- Bulut platformları ve tanılama araçlarına aşinalık



Önemli sosyal beceriler şunlardır:

- Uyarlanabilirlik ve sürekli öğrenme
- Departmanlar arası takım çalışması
- Teknik bulguların etkili iletişimi

Bu bulgular, şirketlerin dijital stratejilerine **işgücü geliştirme ve değişim yönetimini** dahil etmelerinin aciliyetini vurgulamaktadır.



3.4. KOBİ'LERDE ADAPTASYON VE OLGUNLUK

Daha önce açıklanan ileri teknolojilerin adaptasyonu ve yeşil dönüşüme katkılar, küçük ve orta ölçekli işletmelerde (KOBİ'ler) hızlanmaktadır. Ancak, bu süreç hala dengesizdir ve çeşitli operasyonel, kültürel ve stratejik engellerle karşı karşıyadır. Bu bölüm, benimsenme düzeyleri, temel kısıtlamalar ve beceri geliştirme ile ilgili sonuçların bir özetini sunmaktadır.

Burada sunulan veriler ve rakamlar, üç raporda atıfta bulunulan çalışmalardan ve KOBİ'ler arasında yapılan özel anketlerden alınmıştır.

3.4.1. MEVCUT ADAPTASYON DÜZEYLERİ VE TEMEL RAKAMLAR

Genel olarak, KOBİ'ler PdM ve SCM 4.0 teknolojilerinin stratejik değerini giderek daha fazla kabul etmektedir. Bu motivasyonları hem iç faktörlerden (verimlilik artışı ve maliyet azaltma gibi) hem de dış baskılardan (uyum gereklilikleri, müşteri beklentileri ve tedarik zinciri entegrasyonu) kaynaklanmaktadır.

3.4.1.1. PDM ADAPTASYONUNUN ÖNEMLİ NOKTALARI:

- Küresel kestirimci bakım pazarı, imalatın öncü sektör olduğu güçlü bir büyüme göstermektedir.
 - PdM raporunda, 2018 yılında şirketlerin %81'inin öngörücü yaklaşımlara yatırım yaptığı ve %40'ının bunu stratejik bir öncelik olarak gördüğü belirtilse de, en yaygın uygulamalar zaman bazlı veya düzeltici bakım olmaya devam etmektedir.
 - PdM'ye olan arama ilgisi 2017'den bu yana üç katına çıkarak diğer bakımla ilgili aramaları geride bırakmış ve bu da PdM'nin endüstriyel bir çözüm olarak öneminin giderek arttığını göstermektedir.
 - En yaygın kullanılan PdM yöntemi titreşim izleme (uygulamaların %28'i).
- Anket sonuçları, KOBİ'lerin verimlilik ve rekabet gücünü artırmada Kestirimci Bakım'ın (PdM) önemini kabul etmelerine rağmen, birçok şirket için bu yöntemin benimsenmesinin henüz keşif aşamasında olduğunu göstermektedir.
- Birkaç öncü şirket, özellikle kritik varlıklar üzerinde pilot PdM sistemleri uygulamıştır.

3.4.1.2. SCM UYGULAMASININ ÖNEMLİ NOKTALARI:

- Anket sonuçları, yüksek düzeyde bağlantılı lojistik ağlarından manuel, Excel tabanlı iş akışlarına kadar dijital olgunlukta büyük farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır.
- KOBİ'lerin sadece küçük bir yüzdesi entegre dijital ve yeşil SCM stratejilerini benimsemiştir: AB'deki KOBİ'lerin %3'ü yüksek dijital yoğunluk sergilerken, büyük firmaların %98'i bu yoğunluğa sahiptir.
- KOBİ'lerin %64'ü kendi operasyonel verilerini analiz etmekte zorluk yaşadıklarını, %74'ü ise mevcut dijital yatırımlarından yeterli değer elde edemediklerini belirtmektedir.
- KOBİ anketinin sonuçları, yürütme ve planlama işlevlerinin en yaygın olarak dijitalleştirilen işlevler olduğunu gösteriyor. Ancak, tahmin, S&OP (satış ve operasyon planlaması) ve MPS (ana üretim planı) işlevleri, özellikle daha küçük firmalarda daha düşük entegrasyon gösteriyor.
- SCM'ye özgü benimseme, AI, IoT ve bulut tabanlı bilgi işlem gibi araçlar kullanılarak yürütme ve planlamada yoğunlaşmaktadır.
- Özellikle küçük işletmelerde tahmin ve S&OP işlevleri yeterince gelişmemiştir.



3.4.2. ENGELLER VE KISITLAMALAR

PdM ve SCM 4.0 teknolojilerinin değer önerisi KOBİ'ler tarafından yaygın olarak kabul görse de, bu iki alanda **adaptasyon önündeki engellerin niteliği ve yoğunluğu** biraz farklılık göstermektedir.

3.4.2.1. FİNANSAL KISITLAMALAR

PdM için finansal engeller genellikle şunlarla bağlantılıdır:

- Sensörlerin, izleme ekipmanlarının, analiz platformlarının ve mevcut bakım altyapısına entegrasyonun **yüksek başlangıç maliyeti**.
- **Uzman hizmetlere veya dış danışmanlara** duyulan ihtiyaç, iç kaynakların bulunmaması durumunda operasyonel maliyetleri artırmaktadır. Bulut veya "hizmet olarak" modellerinde bile, devam eden operasyonel maliyetler bir sorun olmaya devam etmektedir.
- PdM inovasyonu için **hedefli fonlara** ilişkin sınırlı farkındalık veya erişim — birçok KOBİ, mevcut hibelerden haberdar değildir veya bunlara erişmekte zorluk çekmektedir.

SCM durumunda, finansal kısıtlamalar şunlardan kaynaklanmaktadır:

- Platform revizyonları veya bulut geçişi gerektirebilecek **birden fazla fonksiyonun** (ör. tedarik, envanter, lojistik) **dijitalleştirilmesinin kümülatif maliyeti**.
- **Yeterince kullanılmayan dijital araçlar** nedeniyle yatırım getirisinin görünürlüğünün olmaması - birçok KOBİ, ERP uzantılarına veya gösterge panellerine yatırım yapmaktadır, ancak bunları tam olarak benimsememektedir.
- Kısa vadeli kazançların olmaması durumunda, karbon izleme veya döngüsel lojistik gibi **yeşil geçiş bileşenlerine** yapılan yatırımları haklı çıkarmada yaşanan zorluklar.

Her iki alanda da:

- Genellikle sıkı nakit akışı koşulları altında faaliyet gösteren KOBİ'lerin sınırlı yatırım kapasitesi, önemli bir engel olmaya devam etmektedir. Ödeme yaptıkça öde veya "hizmet olarak" modelleri bile bazen riskli tekrarlayan giderler olarak algılanmaktadır.
- Birçok KOBİ, kamu fonlarına veya özel yatırımlara erişememekte ve bu da teknoloji benimseme sürecini yavaşlatmaktadır.

3.4.2.2. TEKNİK ENGELLER

PdM'de teknik zorluklar genellikle şunlardan kaynaklanmaktadır:

- **Entegrasyon zorlukları:** Modern sensörleri ve veri sistemlerini eski makinelere veya farklı CMMS araçlarına bağlamak.
- **Birlikte çalışabilirlik sorunları:** Uyumsuz veri formatları veya makine ara yüzleri, kesintisiz izlemeyi engeller.
- **Siber güvenlik riskleri:** Artan bağlantı, özellikle gözetimsiz uç cihazlarda güvenlik açıklarına yol açar.

SCM'de teknik engeller şu şekilde ortaya çıkar:

- gerçek zamanlı işbirliğini veya otomasyonu desteklemeyen eski sistemler.
- **Planlama sistemlerini operasyonlarla ilişkilendirmede** zorluklar- örneğin, envanter panolarını gerçek depo veya nakliye verileriyle entegre etmek.
- Veri kalitesi ve yönetim çerçevelerinin eksikliği, bu da zayıf veya gecikmeli karar almaya neden olur.

Her iki alanda da:



- **güçlü iç BT destek yapılarının olmaması** teknik engelleri daha da kötüleştirir. KOBİ'ler genellikle genel bilgiye sahip personele veya üçüncü taraf desteğine bağımlıdır, bu da çözüm ve inovasyonu geciktirir.
- Siber güvenlik, orta ölçekli işletmelerin %100'ü ve küçük işletmelerin %60'ı tarafından "kritik" olarak değerlendirilen, sınırlı iç uzmanlık nedeniyle daha da kötüleşen, kesen bir sorundur.
- **Karmaşık ve parçalı eski BT altyapıları**, PdM/SCM çözümlerinin entegrasyonunu engellemektedir.

3.4.2.3. ORGANİZASYONEL VE STRATEJİK ENGELLER

PdM için organizasyonel engeller şunlardır:

- **Dijital bakım stratejisinin olmaması**, parçalanmış veya izole pilot girişimlere yol açmaktadır.
- Yönetim düzeyinde **PdM değerinin düşük görünürlüğü**, bunun sonucunda önceliklendirmenin düşük olması.
- Özellikle deneyimli teknisyenler arasında geleneksel önleyici veya reaktif yaklaşımlardan vazgeçme isteksizliği.

SCM'de stratejik engeller daha çok işlevler arası olma eğilimindedir:

- Departmanlar arasında **birleşik bir dijital yol haritasının olmaması**, bu da parçalı ve koordinasyonsuz bir benimsemeye sonuçlanır.
- Özellikle lojistik ve tedarik rollerinde, Excel veya kağıt tabanlı sistemlere alışkın personelin direnci.
- Yeşil tedarik zinciri hedefleri ile günlük operasyonel kararlar arasında kopukluk — genellikle **stratejik uyum eksikliğinden** kaynaklanır
- Birçok KOBİ'de Veri Sorumlusu, SCM Süreç Sorumlusu veya BT Güvenlik Sorumlusu gibi roller bulunmamakta ve bu da iç inovasyon kapasitesini sınırlamaktadır.

Her iki alanda da, **değişime karşı kültürel direnç** ve dijital dönüşümde liderlik eksikliği tekrarlayan sorunlardır. Dijital çabalar genellikle, daha geniş bir organizasyonel destek olmadan, izole edilmiş şampiyonlar tarafından öncülük edilmektedir.

3.4.2.4. BECERİ İHTİYAÇLARI

Yukarıdaki kısıtlamaların her biri, yeni beceri ve yeteneklere olan ihtiyacın giderek arttığını vurgulamaktadır.

Bu **beceri eksiklikleri çok boyutlu** olabilir ve hem ön saflarda çalışanları hem de yönetim organizasyonlarını etkileyebilir.

PdM, SCM ve BC raporlarına dayanarak, LCAMP'de eğitimden sorumlu olan Çalışma Paketi 5 ile paylaşmak üzere sonuçları birleştiriyoruz. Her alana özgü temel yetkinlikleri belirleyerek, bu çalışma paketi faaliyetlerini desteklemek için verilerden yararlanabilecektir. Farklı Çalışma Paketleri arasındaki işbirliği, LCAMP projesinin önemli bir unsurudur.

Ek 1'de bulunan tablonun tamamında şunları bulabilirsiniz:

- **44 kayıt**, becerileri, yetkinlikleri ve tutumları açıklamaktadır.
 - **9 farklı mesleği** kapsamaktadır.
 - En yaygın kategorizasyon **"Yetkinliktir"**, bunu "Beceri" ve "Tutum" izlemektedir.
 - İhtiyaç duyulan yeteneklerin çeşitliliğini yansıtan **4 farklı beceri türü** tanımlanmıştır: YZ okuryazarlığı, Dijital, Profesyonel ve Çapraz.
 - Analiz, tüm alanlarda **YZ ile ilgili becerilere ve siber güvenlik becerilerine** büyük önem verildiğini ortaya koymaktadır.
- Aşağıda, Ek 1'de yer alan bilgilere dair bir örnek sunulmaktadır:



Tablo1 . Beceri ihtiyaçları (özet)

LCAMP Yetkinlik Alanı	Sınıflandırma	LCAMP çerçevesinde önerilen alt kategoriler	Meslek/Raporun kaynağı	Beceri / Yetkinlik / Tutum
YZ Okuryazarlığı	Yetkinlik	Kritik Dijital Yetkinlik	Kestirimci Bakım (PdM)	Temel YZ veya Makine Öğrenimi - AI/ML modellerine ilişkin temel bilgiler
	Beceri	Bilgisayarlı Görü	Kalite Kontrol Teknisyeni (BC)	Hata tespiti için bilgisayarlı görü ve CNN'ler - otomatik kalite kontrolü için sinir ağları uygulama
Dijital	Tutum	Siber güvenlik	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Siber güvenlik farkındalığı - BT güvenlik farkındalığı
	Yetkinlik	Problem çözme	Kestirimci Bakım (PdM)	Problem çözme (bakım) - veriye dayalı karar verme için analitik düşünme
		Sistem Tasarımı	Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	Endüstriyel robotik entegrasyonu - robotları üretim hattı sistemlerine bağlama
	Beceri	Veri okuryazarlığı	Kestirimci Bakım (PdM)	Sensör verilerinin yorumlanması - IoT sensör verilerini okuma ve kullanma becerisi
		ICT	Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	İletişim protokolleri (OPC-UA, Ethernet) - endüstriyel iletişim standartlarını uygulama
			CNC operatörü (BC)	Dijital arayüzler ve HMI'lar - CNC makinelerinde dokunmatik ekran kontrollerini kullanma.
			Bakım teknisyeni (BC)	Endüstriyel IoT sensörlerini kurma ve yapılandırma - veri toplama için bağlı sensörleri kurma
		Problem çözme	Bakım teknisyeni (BC)	IoT ağlarında veri bağlantısı sorunlarını giderme - bağlı sistemlerdeki iletişim sorunlarını çözme
		Veri okuryazarlığı	Kalite kontrol teknisyeni (BC)	Dijital denetim sistemlerinin çalıştırılması - otomatik ölçüm ve test ekipmanlarının kullanılması
			CNC operatörü (BC)	MES/ERP sistem entegrasyonu - işleme operasyonlarını kurumsal sistemlerle bağlayın
			Bakım teknisyeni (BC)	Bulut tabanlı platformları kullanarak makine performansını izleme - uzaktan izleme sistemlerine erişim
		Dijital Üretim	CNC operatörü (BC)	CAD/CAM yazılımı kullanımı - bilgisayar destekli tasarım ve üretim programlarını kullanın
Çapraz	Tutum	İletişim	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	İletişim ve koordinasyon - dijital dönüşümü benimsemeye açık olma ve istekli olma



		Esneklik/Çeviklik	Kestirimci Bakım (PdM)	Uyarlanabilirlik - değişen rollere/teknolojilere uyum sağlama istekliliği
	Yetkinlik	İşbirliği/Takım Çalışması	Kestirimci Bakım (PdM)	İşbirliği - departmanlar arası işbirliği (bakım, BT operasyonları)
		Eleştirel düşünme	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Stratejik düşünme - karmaşık tedarik zincirlerinin bütünsel olarak anlaşılması
	Beceri	İşbirliği/Takım çalışması	Çapraz beceriler (BC)	Çapraz fonksiyonel işbirliği - dijital ortamlarda çok disiplinli ekiplerle etkili bir şekilde çalışma
		İletişim	Çapraz beceriler (BC)	İletişim ve koordinasyon - departmanlar ve vardiyalar arasında bilgileri net bir şekilde paylaşmak
		Esneklik/Çeviklik	Çapraz beceriler (BC)	Gelişen teknolojilere uyum sağlama - yeni teknolojik araçları öğrenme ve kullanma istekliliği
		Problem çözme	Çapraz beceriler (BC)	Problem çözme ve karar verme - durumları analiz etme ve etkili teknik kararlar alma
		Sürekli iyileştirme	Çapraz beceriler (BC)	Sürekli iyileştirme zihniyeti - dijital üretim süreçlerinde optimizasyon fırsatlarını belirlemek
Profesyonel	Yetkinlik Beceri	Sistem Tasarımı	Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	Endüstriyel robotik entegrasyonu - robotları üretim hattı sistemlerine bağlama
		Sistem Tasarımı	Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	Görüntü sistemleri yapılandırması - robot kılavuzluğu ve otomasyon için kameralar ve görüntü işleme kurmak

Öğrenme kültürünü geliştirmek çok önemlidir. KOBİ'ler sadece araçlar için eğitim vermekle kalmamalı, aynı zamanda merak, geri bildirim ve dijital denemelerin normalleştiği ortamlar da oluşturmaktadır.

3.4.3. GERÇEK DÜNYA VARYASYONLARI: BASK BÖLGESİ(BC) ÖRNEKLERİ

BC raporu, bölgeler ve sektörler arasında benimsenme konusunda önemli farklılıklar olduğunu doğrulamaktadır:

- Dijital olarak gelişmiş ekosistemlerde, KOBİ'ler PdM ve SCM yetenekleri için paylaşılan platformlar, bölgesel merkezler ve hizmet sağlayıcılarla iş birliği yapmaktadır.
- Diğerlerinde ise, benimseme parçalı veya yüzeyseldir ve iç stratejiden çok dış gereklilikler tarafından yönlendirilir.

Bu farklılıklar, KOBİ'lerin iş birliğine dayalı deneyimler ve öğrenme yoluyla yapısal kısıtlamaları aşmalarına yardımcı olan bölgesel inovasyon sistemlerinin önemini vurgulamaktadır.



3.5. GELECEKTEKİ EĞİLİMLER VE STRATEJİK ÖNERİLER

Dijital ve yeşil dönüşümler, KOBİ'lerin endüstriyel manzarasını yeniden şekillendirmeye devam ediyor. Üç rapordan ortaya çıkan gelecekteki trendler ve öneriler, KOBİ'lerin ve ekosistem aktörlerinin benimsemesi gereken teknolojik gelişmeleri, yeni organizasyon modellerini ve stratejik yönelimleri vurgulamaktadır. Gözlemlenen alanlar ortak yönelimleri paylaşırsa da, operasyonel mantık ve teknolojik uygulamalara göre spesifik yörüngeleri farklılık göstermektedir.

3.5.1. KESTİRİMCİ BAKIM (PDM) ALANINDA GELECEK YÖNELİMLER

PdM raporu, öngörücü bakımın KOBİ'ler için daha erişilebilir ve etkili hale getirilmesi için ölçeklenebilir, insan odaklı ve performans odaklı stratejiler geliştirmenin önemini vurgulamaktadır.

- **Finansal Desteğe ve Teknoloji Benimsemeye Erişimin Genişletilmesi:**
Birçok KOBİ, maliyet, risk veya karmaşıklık nedeniyle PdM'yi benimsemekte isteksizdir. Rapor, finansal ve teknik engelleri azaltmak için somut eylemler önermektedir:
 - Özellikle kamu-özel sektör ortaklıkları veya AB düzeyindeki programlar aracılığıyla finansal teşviklerin ve uygun fiyatlı PdM teknolojilerine erişimin kolaylaştırılması.
 - Sermaye harcamalarını azaltmak ve benimseme eşiğini düşürmek için ölçeklenebilir, bulut tabanlı PdM-as-a-Service modellerini teşvik etmek.
 - KOBİ'lerin PdM çözümlerinin gerçek dünyadaki uygulamalarını gözlemleyip test edebilecekleri işbirliğine dayalı demonstrasyon platformlarının teşvik edilmesi.
- **İşgücü Eğitimi ve Dijital Beceri Geliştirmeye Yatırım Yapmak:**
İnsan sermayesi, PdM için kritik bir başarı faktörü olmaya devam etmektedir. Rapor, eğitimin bakım uygulamalarının gelişimiyle uyumlu hale getirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır:
 - Özellikle teknisyenler ve operatörler arasında dijital beceriler ve bakım analitiği eğitimini genişletilmesi.
 - Mesleki eğitim ve öğretim (MEÖ) merkezleriyle işbirliği yaparak PdM'ye özgü modüllerin müfredata dahil edilmesi.
 - Bakım ekiplerini gelişen araçlarla (ör. YZ destekli teşhis, uzaktan izleme) uyumlu hale getirmek için yaşam boyu öğrenme ve çapraz beceri yaklaşımlarının teşvik edilmesi.
- **Uzun Vadeli Rekabet Gücü için PdM Stratejilerini Optimize Etmek:**
Uzun vadeli değer yaratmak için, PdM izole kullanım örneklerinin ötesine geçmeli ve stratejik varlık yönetiminin bir dayanağı haline gelmelidir:
 - Yalıtılmış PdM kullanım örneklerinden stratejik, kurumsal düzeyde bakım dönüşüm planlarına geçmek.
 - Veri yönetimi ve siber güvenlik protokollerini PdM sistem tasarımına dahil edin.
 - PdM KPI'larını takip edin ve optimize edin, böylece zaman içinde iş değeri ve sürdürülebilirlik etkisini gösterin.

3.5.2. SCM 4.0 İÇİN GELECEK PERSPEKTİFLERİ VE ÖNERİLER

SCM raporu, şeffaflık, ortaklık ve müşteri ve çevre beklentileriyle stratejik uyumu vurgulayan, tedarik zincirinin dijitalleşmesi için bütünsel bir vizyon sunar.

- **Güven, Şeffaflık ve Bilgi Paylaşımının İnşası:**
Tedarik zincirleri daha dijital ve merkezi olmayan hale geldikçe, SCM raporu güvenin temel rolünü vurgulamaktadır:



- Dijitalleşme (ör. Tedarikçi İlişkileri Yönetimi platformları) yalnızca otomasyon için değil, ortaklar arasında açık ve izlenebilir iletişim sağlamak için de kullanılmalıdır.
- İş birliği araçları, paylaşılan gösterge panelleri ve ortak inovasyon platformları gibi güven oluşturma mekanizmaları teşvik edilmelidir.
- KOBİ'ler, uzun vadeli sadakat ve iş birliğini sürdürmek için teknolojik verimlilik ile kişiselleştirilmiş insan etkileşimi arasında denge kurma konusunda desteklenmelidir.
- Stratejik Öneriler (10 Temel Eylem):
Dijital dönüşüm ve küresel karmaşıklığı yönetmek için rapor, on adet uygulanabilir kaldıraç içeren yapılandırılmış bir çerçeve önermektedir:
 - Tedarik ve Tedarikçi İlişkileri Yönetimini Dijitalleştirme – Şeffaflığı ve yanıt verebilirliği artırmak için işbirliği platformları ve EaaS gibi modüler araçlar uygulayın.
 - Şeffaflığı Teşvik Etmek için Dijital Araçlardan Yararlanma – Bölgesel SCM 4.0 demonstrasyonları oluşturun ve açık bilgi akışı için blok zinciri veya yapay zeka kullanın.
 - Veri Yönetimi ve Bilgi Güvenliğini Güçlendirme – Tedarik zinciri ortakları arasında güvenli ve uyumlu veri alışverişi sağlayın.
 - Tedarikçi Hizmetlerini Müşteri Beklentileriyle Uyumlu Hale Getirme – Dijital geri bildirim döngülerini kullanarak değişen müşteri ihtiyaçlarına uyum sağlayın.
 - Dijital Verimlilik ile İnsan Katılımını Dengeleme – Dijital ortamda gerçekleşen etkileşimlerde duygusal zekâ, müzakere ve güvene öncelik verin.
 - İşbirliğine Dayalı Ortaklık Kültürünü Teşvik Etme – İşlem modellerinden ortaklık modellerine geçin, ortak değer ve ortak inovasyonu vurgulayın.
 - İş Gücünün Beceri Geliştirme ve İlişkisel Yeteneklerine Yatırım yapma – Mesleki eğitim ortakları ve karma öğrenme yoluyla dijital lojistik, planlama ve ilişkisel beceri eğitimi sağlayın.
 - Değişim Yönetimi Desteğini Güçlendirme – KOBİ'leri dönüşüm sürecinde desteklemek için teşhis, danışmanlık hizmetleri ve değişim kolaylaştırma hizmetleri sunun.
 - Dijitali Yeşil Stratejilere Entegre Etme– Sürdürülebilirlik göstergelerini (KPI) dijital projelere entegre edin (ör. Scope 3 emisyonları, döngüsel lojistik).
 - Düzenli Güven ve İlişki Denetimleri Yapma – İş birliği olgunluğunu değerlendirin ve tedarikçi ilişkilerinde ortaya çıkan riskleri ele alın.

3.5.3. İLERİ İMALAT İÇİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM STRATEJİLERİ: BASK BÖLGESİNDEN ÖNGÖRÜLER

Bask bölgesi raporu, ileri imalat sektöründe dijital dönüşümün pratik gerçeklerine ilişkin değerli içgörüler sunarak KOBİ'lerin gelişimi için hem zorlukları hem de fırsatları vurgulamaktadır. Analiz, insanın değişime direncinin, teknolojik karmaşıklık ve finansal kısıtlamaları bile geride bırakarak dijital dönüşümün önündeki en büyük engel olmaya devam ettiğini ortaya koymaktadır. Şirketler, hem geleneksel teknik uzmanlık hem de dijital yetkinlikler gerektiren hibrit işgücü profillerine doğru evrilmektedir. Bu değişim, dijital becerilerin iş performansı ve kariyer gelişimi için giderek daha önemli hale geldiği bakım teknisyeni, otomasyon teknisyeni, CNC operatörü ve kalite teknisyeni gibi mesleklerde özellikle belirgindir.

Bu bulgulara dayanarak, dijital dönüşüm yolculuğunda ilerleyen şirketler için birkaç önemli strateji ortaya çıkmaktadır:

- Kültürel uyumu teknik eğitimle birlikte ele alan insan odaklı değişim yönetimi stratejilerinin uygulanması.
- MEÖ programlarından yetişen dijital farkındalığa sahip çalışanların, geleneksel operasyonlarla yeni teknolojiler arasında köprü kuracak ve dış teknoloji sağlayıcıları (ör. yapay zekâ uzmanları, kestirimci bakım uzmanları) ile etkili araçlar olarak görev yapacak şekilde konumlandırılması.



- Kamu finansmanı ve iş birliğine dayalı projelerden yararlanılarak düşük riskli ortamlarda yeni teknolojilerin keşfedilmesini sağlayan kademeli teknoloji benimseme yaklaşımlarının benimsenmesi.
- Bask Bölgesi MEÖ merkezlerinin dijital dönüşümü yönlendirmedeki stratejik değerinin tanınması; bu merkezlerin uygulamalı inovasyon projelerine aktif katkı sunması ve iş gücünün **beceri geliştirme (upskilling)** ile **yeniden beceri kazandırma (reskilling)** süreçlerine temel destek sağlaması.

3.5.4. KOBİ'LERİN UZUN VADELİ DÖNÜŞÜMÜ İÇİN ORTAK ÖNCELİKLER

Alanlara özgü yaklaşımlara rağmen, üç rapordan ortak olarak öne çıkan çeşitli öncelikler bulunmaktadır:

- Finansal erişilebilirlik kritik önemdedir: sensörler, yazılım veya danışmanlık için olsun, KOBİ'lerin sübvansiyonlar, kiralama veya paylaşımlı hizmetler yoluyla daha kolay giriş noktalarına ihtiyacı vardır.
- İşgücü dönüşümü kritik öneme sahiptir: Dijital ve sosyal beceriler paralel olarak geliştirilmelidir. SCM'de bu, sistemsel düşünme, güven yönetimi ve yapay zeka okuryazarlığını içerir. PdM'de ise durum izleme, teşhis ve tahmine dayalı analitik anlamına gelir.
- Dijital ve yeşil hedeflerin entegrasyonu: Gelecek stratejileri, enerji verimliliği, atık azaltma veya karbon izleme gibi çevresel hususları içermelidir.
- İnsan faktörü merkezi önemini korumaktadır: bakım veya tedarik zinciri ilişkilerinde olsun, dönüşüm liderlik, iş birliği ve kullanıcıların benimsemesine bağlıdır.



4. MESLEKİ EĞİTİM MERKEZLERİNDE DİJİTAL VE YEŞİL DÖNÜŞÜM TRENDLERİNİN ETKİLERİ

Bu bölüm, kestirimci bakım (PdM), tedarik zinciri yönetimi (SCM) ve Bask Bölgesi raporlarında ortaya konan bulgulara dayanarak, dijital ve yeşil dönüşümün eğitim merkezleri üzerindeki etkilerine ilişkin sentezi sunmaktadır. Analiz hem literatür taramasına hem de söz konusu raporlar kapsamında gerçekleştirilen anket ve mülakat sonuçlarına dayanmaktadır.

4.1. MESLEKİ EĞİTİM MERKEZLERİ İÇİN ZORLUKLAR VE FIRSATLAR

4.1.1. GİRİŞ

Yeşil ve dijital dönüşüm, endüstride köklü bir dönüşüme yol açmakta ve eğitim merkezlerinin programlarını ve stratejilerini buna uyarlamalarını gerektirmektedir. Değişimin hızlı temposu göz önüne alındığında, bu merkezlerin öğrencilere işgücü piyasasının talep ettiği becerileri kazandırmak için güncel kalmaları çok önemlidir. Aşağıdaki bölümde, bu dönüşümün getirdiği başlıca fırsatlar ve zorluklar özetlenmektedir.

4.1.2. ENDÜSTRİ ORTAKLARIYLA İŞ BİRLİĞİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Üretim sektörünün taleplerine ayak uydurma ihtiyacına yanıt olarak, eğitim merkezleri endüstri ile doğrudan iş birliği yapma arayışını giderek artırmaktadır. Birçok kurum, ikili eğitim, stajlar ve ortak projeler gibi pratik deneyimlerin programlarına entegrasyonunu destekleyen iş ortakları ağlarına zaten sahiptir.

Bu eğilim, yapılan anketlerle de doğrulanmıştır: PdM ve SCM alanlarında, ankete katılan eğitim merkezlerinin çoğu, programlarını gerçek ve güncel endüstri ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirmek amacıyla, diğer eğitim merkezleriyle iş birliğinden çok şirketlerle ortaklıkları öncelikli görmektedir.

Mesleki eğitim merkezlerinin endüstri ortaklarıyla artan iş birliği yoluyla uyumlaştırılması, eğitim programlarının gerçek işyeri gereksinimlerine uygun hale getirilmesi için hâlâ çok önemlidir. Daha yakın iş birliği sayesinde, öğrenme yollarının ortaklaşa geliştirilmesi, yeni teknolojilerin müfredata entegre edilmesi ve gelişen beceri ihtiyaçlarına daha iyi yanıtlar verilmesi mümkün hale gelmektedir. Mesleki eğitim öğrencileri ile endüstri ortaklarını bir araya getirmek, karşılıklı anlayışı artırır, inovasyon yeteneklerini geliştirir ve öğrencileri bir şirketin dijital ve endüstriyel dönüşümüne aktif olarak katılmaya hazırlar.

4.1.3. EĞİTİCİLER İÇİN EĞİTİMLER

SCM anketinin en önemli bulgularından biri, eğitim merkezlerinde yeni dijital teknolojiler 4.0'ın entegrasyonunun önündeki başlıca engellerin belirlenmesi olmuştur. Ankete katılanların çoğu,



eğitmenler için eğitim eksikliğini birincil engel olarak göstermiş, bunu geçişle ilgili yüksek maliyetler izlemiştir.

Bu sorun tek bir ülkeye özgü değil, Avrupa genelinde endüstri sektörlerini etkilemektedir. "Endüstride İş Gücü ve Beceriler ile İlgili Gerilimler ve İlgili Eğitim Programları" başlıklı rapor, öğretmenlerin eğitimini güçlendirmenin acil ve önemli bir ihtiyaç olduğu kabul edilen Fransa'da bu açığı zaten vurgulamaktadır. Benzer şekilde, SCM çalışmasında ankete katılan Türkiye'deki bir eğitim merkezi, "Bakanlık, tüm mesleki eğitim kurumlarında dijital ve yeşil dönüşüm konusunda öğretmenlerin eğitimini zorunlu hale getirmelidir" demiştir.

Bask Ülkesi, öğretim kadrosunun modern endüstriyel gelişmeler, eğitim yöntemleri ve teknolojik ilerlemeler hakkındaki bilgilerini güncel tutmak için mesleki eğitim eğitmenlerine yönelik eğitim programları uygulamıştır. Programlar, teknik yetkinliklerin yanı sıra proje tabanlı ve karma öğrenme yaklaşımlarını içeren modern eğitim yöntemlerinin öğretilmesine odaklanmaktadır. Eğitimcilerin akıllı ve bağlantılı endüstriyel ortamlara tam olarak hazır olabilmeleri için mevcut girişimlerin genişletilmesi, sistematik hale getirilmesi ve erişilebilirliğinin artırılması gerekmektedir.

4.1.4. EĞİTİM MERKEZLERİNİN ÖZERKLİĞİ

Eğitim merkezleri için bir diğer önemli zorluk, sınırlı özerkliğe sahip olmalarına rağmen yeni trendlere uyum sağlamaktır. Birçok Avrupa ülkesinde, bu merkezler eğitim bakanlıkları gibi üst makamlar tarafından belirlenen ve programlar ve öğretim yöntemleri konusunda bağımsız karar verme yeteneklerini kısıtlayan yönergelere uymak zorundadır.

PdM anketine göre, eğitim merkezlerinin %44'ü özerkliğinin sınırlı olduğunu bildirmiş ve %36'sı özerkliğinin kontrol altında olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, SCM anketi, merkezlerin yalnızca %29'unun tam özerkliğe sahip olduğunu göstermiştir.

4.1.5. HİBRİT EĞİTİMLER

Dijital dönüşüm, çevrimiçi ve yüz yüze öğrenmeyi birleştiren hibrit modellerin yükselişiyle eğitim yollarında daha fazla esneklik ve erişilebilirlik sağlamıştır. Bu model, teknik becerilerin aktarımını kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda ağ oluşturma ve mesleki entegrasyonu da teşvik eder.

Dahası, hibrit eğitim, çalışanların istihdamlarını sürdürürken eğitimlerine devam etmelerine ve resmi bir yeterlilik elde etmelerine olanak tanıdığından, özellikle çalışanlar için çok uygundur. Bu esneklik, hibrit modelleri, yaşam boyu öğrenmeyi, beceri geliştirmeyi ve işgücünün akıllı ve bağlantılı endüstriyel ortamların değişen taleplerine sürekli uyum sağlamasını destekleyen önemli bir strateji haline getirmektedir.

4.1.6. ARTAN TALEP

Eğitim kurumları, uzmanlık gerektiren öğrenime yönelik artan talep ve kayıt sayısındaki artışla karşı karşıya kalmakta ve bu da programlarını modernize etme ve çeşitlendirme fırsatı yaratmaktadır. İspanya'da, 2024 yılında tedarik zinciri yönetimi alanında yüksek lisans programının başlatılması, EQF seviye 7 bu raporun odak noktası olmasa da, bu eğilimin açık bir örneği olarak hizmet etmektedir.

Bu nedenle, mesleki eğitim merkezleri, öğrenciler arasında çapraz becerileri güçlendirmeli ve uyum yeteneğini teşvik etmelidir. Bask mesleki eğitim merkezleri hem teknik hem de çapraz yetkinlikleri geliştirmeyi amaçlayan iş birliğine dayalı, proje tabanlı öğrenme metodolojilerini halihazırda uygulamakta olsa da, çapraz becerilerin önemi, günümüzün gelişen endüstriyel ortamında özellikle kritik öneme sahiptir. Problem çözme, iletişim, takım çalışması, öğrenme özerkliği ve yaratıcılık gibi beceriler, özellikle dijital dönüşüm ve sürekli değişim bağlamında şirketler tarafından giderek daha fazla değer görmektedir. Bu yetkinlikler, mesleki çok yönlülüğü desteklemekle kalmaz, aynı



zamanda mezunların yeni teknolojilere, iş akışlarına ve organizasyon modellerine hızla uyum sağlamasına da olanak tanır.

4.1.7. FİNANSAL ZORLUKLAR VE FİNANSAL ÇÖZÜMLER

Eğitim merkezleri için önemli bir zorluk, genellikle finansal kısıtlamalarla sınırlı olan yeni teknolojilere yatırım yapmaktır. Bu sorunu çözmek için çoğu alternatif finansman kaynaklarına güvenmektedir. PdM'nin " " (Mesleki Eğitim Merkezleri: Sürdürülebilirlik ve İnovasyon için Ortaklık) anketine göre, merkezler çoğunlukla kamu fonlarından, endüstri ortaklıklarından ve daha az ölçüde diğer mesleki eğitim merkezleriyle iş birliğinden yararlanmaktadır. SCM anketinde, kamu ve endüstri fonları ana kaynaklar olmaya devam ederken, iç fonlar sınırlıdır. Özellikle, SCM anketine katılan hiçbir merkez diğer mesleki eğitim merkezleriyle iş birliği yaptığını bildirmemiştir. Bazıları ayrıca sponsorlukları ve LCAMP gibi AB projelerini değerli destek mekanizmaları olarak belirtmiştir.

4.1.8. PEDAGOJİK STRATEJİLERLE İLGİLİ YENİ TEKNOLOJİLER

Bu raporda bahsedilen yeni teknolojiler, sadece eğitim programlarının içeriğini etkilemekle kalmamış, aynı zamanda pedagojik stratejiler ve kaynaklar üzerinde de etkisini göstermeye başlamıştır. Aşağıda, bu teknolojilerin pedagojik alanda bazı olası uygulamalarına ilişkin kısa bir genel bakış sunulmaktadır:

- **Yapay Zeka- Kişiselleştirilmiş öğrenme:** Yapay zeka, eğitimi her öğrencinin hızına ve ihtiyaçlarına göre uyarlayabilir ve performanslarına göre hedefli kaynaklar sunabilir.
- **Sanal ve Artırılmış Gerçeklik- Güvenli deneyim:** VR ve AR, teknik alanlarda uygulamalı eğitim için risksiz simülasyon ortamları sağlayabilir.
- **Çevrimiçi Platformlar ve MOOC'lar - Esneklik ve erişim:** Bu araçlar, kişinin kendi hızında uzaktan öğrenmeyi kolaylaştırarak, konum veya zamandan bağımsız olarak eğitime erişimi genişletebilir.
- **Büyük Veri ve Performans Analizi- Sürekli iyileştirme:** Büyük Veri, öğrenenlerin verilerini analiz etmek için kullanılabilir ve öğretim yöntemlerini iyileştirmeye ve eğitim sonuçlarını sürekli olarak geliştirmeye yardımcı olur.
- **PdM sektörü özelinde:**
 - **Eğitimde MAAS- İşbirliğine dayalı bulut platformları aracılığıyla PdM teknolojilerine erişim:** Bulut tabanlı çözümler, öğrencilerin gerçek veriler ve kestirimci bakım araçlarıyla çalışmasına olanak tanıyarak, bu teknolojilerin kullanımında pratik beceriler geliştirmelerini sağlar.
 - **Eğitimde MAAS- Simülasyonların ve gerçek vaka çalışmalarının kullanımı:** Simülasyonlar ve dijital ikizler, öğrencilerin kestirimci bakım tekniklerini güvenli bir şekilde uygulamalarına olanak tanıyarak, gerçek makinelerle çalışmaya başlamadan önce becerilerini geliştirmelerini sağlar.

4.1.9. AVRUPA GİRİŞİMLERİ

Masabaşı araştırması, ileri imalat alanındaki teknolojik eğilimlere ve beceri geliştirmeye odaklanan, AB tarafından finanse edilen çok sayıda girişimi ortaya çıkarmıştır. Projeler, farklı uzmanlık alanlarını kapsayan önemli eğitim materyalleri üretmiştir. Aşağıdaki tablo, mesleki eğitim merkezleri ve diğer önemli paydaşların ilham ve destek için kullanabilecekleri, Avrupa düzeyinde eğitim içeriği ve iyi uygulamalar sunan kaynaklardan bir seçkiyi göstermektedir.



Tablo2 . İleri imalat alanında teknolojik trendler ve beceri geliştirme konusunda Avrupa projelerine örnekler

PROJE	AÇIKLAMA
OPTIMAI	YZ tabanlı hata tespiti, dijital ikizler ve AR kullanarak endüstriyel kalite ve verimliliği artırır; Endüstri 4.0/5.0 eğitimi sağlar.
I4MS	Üretim yapan KOBİ'lerin dijital teknolojileri benimsemelerine yardımcı olan Avrupa girişimi.
DATA.ZERO	Veri odaklı çözümler ve AI, IoT ve makine öğrenimi eğitimleri ile Sıfır Hata Üretimini teşvik eden AB projesi.
PreMETS	Araç setleri, mikro sertifikalar ve ücretsiz Moodle kursları ile Kestirimci Bakım eğitimi geliştiren Erasmus+ projesi.
DRIVES	Bakım, siber güvenlik, yapay zeka ve robotik üzerine bir MOOC aracılığıyla otomotiv becerilerini destekleyen Erasmus+ projesi.
4CHANGE	Dijital, girişimcilik eğitimi ve iş temelli öğrenme yoluyla metal işçilerinin beceri eksikliklerini giderir.

4.2. EĞİTİM VE KAZANDIRILAN BECERİLER ÜZERİNDEKİ ETKİ

4.2.1. PDM ALANINDA KAZANDIRILAN BECERİLER

Yeni teknolojiler, farklı düzeylerde eğitim programlarına giderek daha fazla dahil edilmektedir. Aşağıdaki tablo, yeni teknolojileri ve alanları entegre eden PdM ile bağlantılı programların örneklerini göstermektedir.

Tablo3 . PdM ile ilgili eğitimlere yeni teknolojiler ve alanlar

TEKNOLOJİ	EĞİTİM / KURSLAR
Sürdürülebilirlik	- Endüstri ve Sürdürülebilir Kalkınma Bilimleri ve Teknolojileri Lisans Derecesi (EQF 4) (Fransa) - Endüstri ve Sürdürülebilir Kalkınma Bilimleri ve Teknolojileri Yüksek Tekniker Sertifikası (EQF 5) (Fransa)
Siber Güvenlik	Siber Güvenlik, Bilgisayar Bilimleri ve Elektronik Ağlar Mesleki Lisans ve Yüksek Tekniker Sertifikası (EQF 4) (EQF 5) (Fransa)
IoT	Endüstri için İnovasyon alanında uzmanlaşmış Makine ve Üretim Mühendisliği Teknoloji Lisans Derecesi (EQF 6) (Fransa)
IoT ve IA	Endüstriyel Bakım Yüksek Tekniker Sertifikası
IoT, IA, Siber Güvenlik	- Biyomedikal Ekipman Bakımı Meslek Yüksekokulu Diploması (EQF 6) (Fransa) - Endüstri 4.0 Bakım Meslek Yüksekokulu Diploması (EQF 6) (Fransa)
IoT, AI, Siber Güvenlik, Sürdürülebilirlik, Bulut	- Üretim Yürütme ve İzleme Uzmanlığı ile Mekanik Ürün İmalatı Teknisyenliği Meslek Lisesi (EQF 4) (Fransa) - Ürün Geliştirme Süreci Tasarımı Yüksek Tekniker Sertifikası (EQF 5) (Fransa) - Otomatik Sistemlerin Tasarımı ve Üretimi Yüksek Tekniker Sertifikası (EQF 5) (Fransa) - Elektronik Sistemlerin Tasarımı ve Üretimi Meslek Yüksekokulu Diploması (EQF 6) (Fransa) - Endüstriyel Süreç ve Prosedürlerin Tasarımı ve İyileştirilmesi Meslek Yüksekokulu Diploması (EQF 6) (Fransa) - Endüstriyel Ürün Tasarımı Yüksek Tekniker Sertifikası (EQF 5) (Fransa)



Alanlardaki Kurs Örnekleri: IoT, AI, Siber Güvenlik, Sürdürülebilirlik, Bulut	• Fransa için: Robotik modülü. • Slovenya için: Dijital öğretim; Sürdürülebilirlik; Kullanıcı Arayüzü; Araçların verimli kullanımı; Etik Hackleme - Pratik Eğitim; Siber Güvenlik; Bilgi Teknolojisinde Yapay Zeka - Pratik Eğitim; Yapay Zeka; Sunucu Sistemleri; İleri Düzey Bilgisayar Ağları; IoT Akıllı Elektrik Tesisatları; Sürdürülebilirlik; Verimli kullanım ve yenilenebilir enerji kaynakları; Siber Güvenlik, Güvenlik ve Koruma; Siber Güvenlik, Bilgi Sistemleri Koruması; Siber Güvenlik, Bilgi Sistemleri Koruması. • İtalya: Sistemler ve Ağlar; Bilgi ve Telekomünikasyon Sistemlerinin Teknolojileri ve Tasarımı; Bilgisayar Bilimi; Telekomünikasyon; Proje Yönetimi, İş Organizasyonu.
--	---

4.2.2. SCM ALANINDA KAZANDIRILAN BECERİLER

Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) alanında da yeni teknolojilerin entegrasyonu giderek daha belirgin hale gelmektedir. Aşağıda, bu alanla ilgili eğitim programları ve becerileri özetleyen ayrıntılı bir tablo bulunmaktadır.

Tablo4 . SCM ile ilgili eğitimlere yeni teknolojiler ve alanlar

TEKNOLOJİLER	EĞİTİMLER	BECERİLER
Sürdürülebilirlik	• Lojistik ve Taşımacılıkta Teknoloji Yönetimi Lisans Derecesi: Mobilite ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri • Tedarik Zinciri Yönetiminde Sürdürülebilirlik	• Sürdürülebilirliğe odaklanarak lojistik ve ulaştırma zincirini yönetme • Kaynak kullanımını optimize etme • Sürdürülebilir kalkınma stratejilerini uygulama • Lojistik ve hareketlilikte sorumlu uygulamaları entegre etme • Sürdürülebilir lojistik denetimleri gerçekleştirme • Çevresel kriterlere uygun yenilikçi çözümler geliştirme • Lojistik alanında Kurumsal Sosyal Sorumluluk (KSS) stratejileri uygulama • Sosyal, ekolojik ve ekonomik açıdan sürdürülebilir tedarik ve üretim zincirleri oluşturma • Tedarik Zinciri Due Diligence Yasası ve yakında yürürlüğe girecek AB direktifleri gibi düzenlemeleri yorumlama ve uygulama, sürdürülebilirlik performansını değerlendirme ve optimize etmek için araçlar kullanma • Sürdürülebilirliği stratejik planlama ve operasyonel yönetime entegre etme, ekonomi, ekoloji ve sosyal unsurlar arasındaki dengeyi ele alma • Tedarik zincirinde uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamak için yasal çerçeveyi ve stratejileri anlama
Siber güvenlik	• Kalite, Endüstriyel Lojistik ve Organizasyon, Organizasyon ve Tedarik Zinciri uzmanlığı • Lojistik ve Nakliye Yönetimi, Mobilite ve Sürdürülebilir Tedarik Zincirleri uzmanlığı • Lojistik ve Akış Yönetimi alanında Profesyonel Lisans Derecesi • BT Altyapısı ve Güvenlik Teknisyeni	• BT güvenliğini ve sistemlerin korunmasını sağlama • Bilgi edinmek, işlemek, üretmek ve yaymak için dijital araçların kullanımı ve siber güvenlik kurallarının uygulama • Bulut altyapısında depolanan verilerin korunması için güvenlik politikalarının uygulanması • Bilgi sisteminin yapılandırılması yoluyla izinsiz girişlere, dolandırıcılığa, veri ihlallerine veya sızıntılara karşı önleyici tedbirler uygulama • Şirketin bilgisayar ağlarının ve telekomünikasyonunun düzgün çalışmasını sağlama • Lojistikle ilgili verileri koruma • Bulut altyapısını güvenli hale getirme • Siber güvenlik stratejileri uygulama • Siber riskleri azaltma
IA	• Bilim ve Mühendislik Lisans Derecesi, Akıllı ve Bağlantılı Sistemlerin Bakımı Uzmanlığı • Bilim ve Mühendislik Lisans Derecesi - Bilgi Sistemleri (EQF 6)	• Kestirimci bakım, robotik, mekatronik ve bilgisayar destekli bakım yönetimini optimize etme • Stratejik bilgileri elde etmek için verileri işleme ve analiz etme ve karar vermeyi kolaylaştırmak için bu bilgileri meslektaşlarına iletme. • Veri işleme ve sentez • Veri tabanları geliştirme ve yönetme • Uygulama geliştirmeye YZ'yı entegre etme



	- Bilim ve Mühendislik Lisans Derecesi - Bilgisayar Bilimi ve Dijital Sistemler (EQF 6) - BT Proje Koordinatörü (bulut altyapıları, uygulamalar veya veriler) (EQF 6) - Lojistik ve Yapay Zekâ (IA)	- Endüstri için yapay zekâ çözümleri tasarlama ve optimize etme - YZ projelerini organize etme ve yönetme - Yapay zekâ araçları geliştirme - Yapay zekâ kullanarak tahmine dayalı veri analizi yapma - Robotik ve RPA ile lojistik süreçleri otomatikleştirme - Büyük veri kullanarak verileri yönetme - Talebi öngörmek için tahmine dayalı analitik uygulama - Gelişmiş algoritmalar kullanarak teslimat rotalarını optimize etme ve otomatik sistemlerde siber güvenlik stratejileri uygulama - AI kullanırken etik ilkeleri uygulama - Lojistik 4.0 ve sektördeki otomasyonun geleceğine yönelik bir vizyonla operasyonel verimliliği en üst düzeye çıkarma ve yatırım getirisini sağlama
Bulut Bilişim	BT Proje Koordinatörü (bulut altyapıları, uygulamalar veya veriler)	- Bulut altyapısını düzenleme - Bilgi güvenliğini yönetme - Bulut bilişim hizmetlerinin dağıtım ve bakımını yapma - Bulut altyapısında depolanan verileri korumak için güvenlik politikaları uygulama
Blockchain	Blockchain Çözümleri Proje Yöneticisi (EQF 6)	- Solidity, C++ veya JavaScript gibi uygun programlama dillerini kullanarak blok zinciriye özgü sistemleri tasarlama, kodlama ve iyileştirme - Web uygulamaları ve çerçeveleri geliştirme - Müşteri ihtiyaçlarını analiz etme ve sağlam ve güvenli blok zinciri mimarileri uygulama - Blockchain ve kriptografi alanlarında ileri düzeyde bilgiyi uygulama - Finans, lojistik ve sağlık gibi çeşitli sektörlerde yenilikçi çözümler oluşturma - Blockchain projelerini yönetmek, hedeflere ulaşmak ve müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için etkili koordinasyonu sağlama - Teknik olarak güvenilir ve ölçeklenebilir çözümler sunma
IoT	IoT Çözümleri Tasarımcısı ve Entegratörü	- Bağlı cihaz mimarilerini uygulayarak sinyal, bilgi veya talimatların gönderilmesini, alınmasını ve işlenmesini sağlama, - İşletmelerin iş, yönetim veya operasyonel ihtiyaçlarına göre özel zorlukları ele alma - Faaliyetlerin otomasyonunu kolaylaştırma, iş süreçlerini optimize etme ve yönetsel karar verme sürecini güçlendirme

Aşağıdaki tabloda, Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) veya ilgili alanlardaki eğitim programlarının daha ayrıntılı bir özetini ve öğretilen temel becerileri bulabilirsiniz.

Tablo5 . SCM ile ilgili eğitimler ve öğretilen temel beceriler

ÜLKE	EĞİTİM	BECERİLER
Fransa	Lojistik ve Taşımacılık Yönetimi Üniversite Diploması (EQF 6)	Lojistik, ulaştırma, çevreye duyarlılık, sürdürülebilirlik, dijital dönüşüm, akış yönetimi
	Mesleki Yeterlilik Sertifikası: Endüstriyel Lojistik Teknisyeni (EQF 6)	Bilgi akışı yönetimi, endüstriyel tutarlılık, tedarik ve dağıtım denetimi, bilgisayarlı sistemler
	Teknoloji Lisans Derecesi: Lojistik ve Ulaştırma Yönetimi,	BT güvenliği, sürdürülebilirlik, yenilikçi lojistik ve ulaştırma stratejileri



Sürdürülebilir Mobilite ve Tedarik Zinciri Uzmanlığı (EQF 6)	
Teknoloji Lisans Derecesi: Lojistik ve Ulaşım Yönetimi, Sürdürülebilir Mobilite ve Tedarik Zinciri Uzmanlığı (EQF 6)	Yenilikçi teknolojiler, lojistik ve taşımacılıkta dijital çözümler
Bilim ve Mühendislik Lisans Derecesi, Akıllı ve Bağlantılı Sistemler Bakım Uzmanlığı (EQF 6)	Dijital ve enerji dönüşümü, yapay zekâ, mekatronik, kestirimci bakım, CMMS (Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri)
Lojistik ve Akış Yönetimi Meslek Yüksekokulu Lisans Derecesi (EQF 6)	Depo otomasyonu, sürdürülebilir lojistik, siber güvenlik, KSS (Kurumsal Sosyal Sorumluluk), akış yönetimi
Teknoloji Lisans Derecesi: Kalite, Endüstriyel Lojistik ve Organizasyon, Tedarik Zinciri ve Organizasyon Uzmanlığı (EQF 6)	Dijital araçlar, BT güvenliği, bilgi akışı yönetimi, tedarik zinciri, süreç optimizasyonu
Bilim ve Mühendislik Lisans Derecesi - Bilgi Sistemleri (EQF 6)	Eko-sorumluluk, döngüsel ekonomi, veri yönetimi ve analizi, yapay zekâ, dijitalleşme
Bilim ve Mühendislik Lisans Derecesi - Bilgisayar Bilimi ve Dijital Sistemler (EQF 6)	Yapay zekâ, derin öğrenme, bilgisayar görme, doğal dil işleme, veri tabanları, dijital dönüşüm
Yapay Zeka ve Veri Bilimi Geliştiricisi (EQF 6)	Yapay zekâ geliştirme, veri bilimi, süreç optimizasyonu, öngörücü bakım, dijital pazarlama
BT Proje Koordinatörü (bulut altyapıları, uygulamalar veya veriler) (EQF 6)	Bilgi güvenliği, bulut bilişim, otomasyon, AI, siber güvenlik, veri koruma
Veri Bilimi Geliştiricisi ve Tasarımcısı (EQF 6)	Öngörüşel analiz, AI, büyük veri, makine öğrenimi, veri işleme
Blockchain Çözümleri Proje Yöneticisi (EQF 6)	Blockchain, kriptografi, Solidity, blockchain uygulama geliştirme, akıllı sözleşmeler
Nesnelerin İnterneti (IoT) Çözümleri Tasarımcı Entegratörü (EQF 6)	IoT, otomasyon, bağlı cihaz ağları, veri işleme, süreç optimizasyonu
BT Altyapısı ve Güvenlik Teknisyeni (EQF 5)	Ağlar, siber güvenlik, bulut, altyapı denetimi, BT olay yönetimi
Bilimsel ve Teknik Üniversite Çalışmaları Diploması: Webmaster ve internet ile ilgili meslekler (EQF 5)	Web geliştirme, bağlantılı nesneler, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, dijital içerik oluşturma
Endüstriyel Süreçlerin Tasarımı ve İyileştirilmesi Meslek Yüksekokulu Diploması (EQF 6)	Dijital dönüşüm, üretim hattı, bakım, robotik, dijital araçlar, siber güvenlik, etik, çevresel sorumluluk.
Lojistik Meslek Lisesi Diploması (EQF 4)	Kabul, depolama, sipariş hazırlama, sevkiyat, forklift kullanımı, karayolu taşımacılığı, güvenlik, kalite, çevre düzenlemeleri, lojistik şirketleri, dağıtım platformları, kurumsal lojistik hizmetleri.
Operasyonel Tedarik Zinciri Yöneticisi Sertifikası (EQF 6)	Lojistik yönetimi, müzakere, tedarik zinciri, nakliye, depolama, tedarik, planlama, sevkiyat, nakliye müdürü



Slovenya	Mekatronik Teknisyeni (EQF 4)	Makine mühendisliği, elektrik mühendisliği, bilgisayar bilimi, otomasyon ve robotik
	Lojistik Teknisyeni (EQF 4)	Lojistik, depolama ve tedarik zinciri yönetimi
	Lojistik Mühendisi (EQF 5)	Lojistik, tedarik zinciri yönetimi ve süreç optimizasyonu
	Mekatronik Mühendisi (EQF 5)	Otomasyon, robotik ve ileri teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu.
Türkiye	Lojistik Lisans Derecesi (EQF 6)	Tedarik zinciri yönetimi, envanter kontrolü, dağıtım, lojistik bilgi sistemleri
	Lojistik Önlisans Derecesi (EQF 5)	Depolama, nakliye, gümrük işlemleri, envanter yönetimi
	Lojistik Meslek Lisesi Programı	Sevkiyat, depolama, lojistik yazılımı, stajlar, depo sorumlusu, sevkiyat personeli
Almanya	Tedarik Zinciri Yönetimi	Tedarik zinciri yönetimi, maliyet optimizasyonu, müşteri memnuniyeti, SCOR modelleme
	Tedarik Zinciri Yönetiminde Sürdürülebilirlik	Yönetmelikler, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirlik, sürdürülebilir optimizasyon stratejileri
	Stratejik Tedarik Zinciri Yönetimi (EQF 6)	Lojistik ağlarının planlanması ve yönetimi, maliyet azaltma, simülasyon ve stratejik planlama
	Sertifikalı Tedarik Zinciri Yöneticisi (EQF 6)	Değer zinciri optimizasyonu, maliyet azaltma, lojistik proje yönetimi
	Sertifikalı Tedarik Zinciri Yöneticisi kursu (EQF 6)	Değer zincirlerinin optimizasyonu, maliyet azaltma, müşteri odaklı süreçler, tedarik zinciri yönetiminin temelleri, proje yönetimi, pratik araçlar.
	Üretim Planlamasında Sertifikalı SAP Kullanıcısı (EQF 4 ila 6)	SAP sistemi navigasyonu, ana veri yönetimi, üretim siparişleri, malzeme hareketleri, envanter yönetimi, SAP modülleriyle entegrasyon (malzeme yönetimi, satış), raporlama araçları, kapasite/kaynak yönetimi
	Etkili iş hazırlığı – üretim sürecinin planlanması ve kontrolü (EQF 4 ila 6)	Sipariş planlamasının optimizasyonu, üretim kontrolü, malzeme yönetimi, ERP/MES sistemleri, kapasite planlaması, parti büyüklüğü belirleme, BT planlama araçları, teslimat hizmetinin iyileştirilmesi.
İtalya	Tedarik zinciri, lojistik ve operasyonlar (EQF 6)	Tedarik zinciri becerileri, lojistik akış optimizasyonu, envanter yönetimi, ERP, blok zinciri, RFID, IoT, otomasyon, robotik, yapay zeka, makine öğrenimi, veri analizi, stratejik karar verme, risk yönetimi
	Tedarik Zinciri Yönetimi (EQF 5)	Tedarik yönetimi, iş birliğine dayalı uygulamalar, sipariştten teslimata, talepten tedarike süreçler, iş ortağı entegrasyonu, verimlilik, etkinlik ve yanıt verebilirlik
	Tedarik Zinciri Yönetimi	Malzeme tedariki, üretim yönetimi, ürün dağıtımı, uçtan uca tedarik zinciri yönetimi, kurumsal yönetim modelleri

4.2.3. BASK BÖLGESİNDE UZMANLIK PROGRAMLARI

Bask Bölgesi, sınıf öğrenimi ile pratik şirket tabanlı eğitimi birleştiren, ikili formatta sunulan kapsamlı bir dizi bir yıllık uzmanlık programı (EQF5) geliştirmiştir. Bu kurslar, iki yıllık yüksek mesleki eğitim ve öğretim yeterliliğini tamamlamış ve ileri imalat ve dijital dönüşümün ihtiyaçlarına uygun ileri düzey yetkinlikler edinmek isteyen öğrenciler için tasarlanmıştır. Bu programlar, eğitimi endüstrinin gerçek ve gelecekteki ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirmek için Bask mesleki eğitim sisteminde



ileriye dönük bir stratejiyi yansıtmaktadır. Daha fazla ayrıntı için Bask Mesleki Eğitim Enstitüsü'nün resmi web sitesine bakınız.

Aşağıdaki uzmanlık kursları, akıllı ve dijital endüstri ile ilgili olanlar da dahil olmak üzere, şu anda sunulmaktadır:

Tablo6 . Bask Bölgesindeki uzmanlık programları

PROJE	GENEL BECERİ
Akıllı Üretim	Üretim hedeflerini belirleyerek, temel performans göstergelerini (KPI) uygulayarak ve üretim kontrolü için ileri teknolojileri kullanarak üretim süreçlerini uyarlayan projeleri geliştirmek ve yönetmek, aynı zamanda kalite ve güvenlik gerekliliklerini sağlamak.
Endüstriyel Bakımın Dijitalleşmesi	Endüstriyel ortamlarda bakım için dijitalleşme projelerini uygulamak ve yönetmek, en son teknolojileri uygulamak ve kalite, güvenlik ve çevre standartlarına uymak.
İşbirlikçi Robotik	Hem robotik kollar hem de otonom mobil robotları içeren işbirlikçi robotik projeleri geliştirmek ve bunların montajını, devreye alınmasını ve bakımını gerçekleştirmek.
Bilgi Teknolojilerinde (BT) Siber Güvenlik	Bilgi sistemlerinde güvenlik stratejileri tanımlamak ve uygulamak, siber güvenlik teşhisleri yapmak, güvenlik açıklarını belirlemek ve mevcut düzenlemeler ve sektör standartlarına uygun olarak risk azaltma önlemleri uygulamak, aynı zamanda kalite, iş güvenliği ve çevre koruma protokollerini yerine getirmek.
Operasyonel Teknolojide (OT) Siber Güvenlik	Mevcut düzenlemeler ve endüstri standartlarına uygun olarak teşhisler, güvenlik açıklarının belirlenmesi ve hafifletici önlemlerin uygulanması yoluyla endüstriyel kuruluşlarda ve altyapılarda siber güvenlik stratejileri tanımlamak ve uygulamak, kalite, iş güvenliği ve çevre protokollerine uyumu sağlamak.
Metrolojik Kalite Kontrol	Ürünlerin, üretim sistemlerinin ve ölçüm sistemlerinin kalite kontrolünü gerçekleştirmek, geçerli kalite standartlarına göre test ve doğrulamalarda ölçümlerin geçerliliğini sağlamak ve güvenlik ve çevre düzenlemelerine uyarak uygun belgeleri düzenlemek.
Yapay Zekâ ve Büyük Veri	Bilgi yönetimini ve büyük veri kullanımını optimize eden akıllı sistemler tasarlamak ve uygulamak, güvenli veri erişimini ve belirlenmiş erişilebilirlik, kullanılabilirlik ve kalite standartlarına, ayrıca etik ve yasal ilkelere uyumu sağlamak.

4.2.4. ÖNCELİKLER VE BECERİ EKSİKLİKLERİ

PdM raporuna göre, eğitim merkezleri yapay zeka (AI) ve sürdürülebilirliği yeni teknolojiler arasında en öncelikli alanlar olarak belirlemiştir. Tedarik zinciri yönetimi (SCM) alanında odak noktası IoT, sürdürülebilirlik ve siber güvenliğe kaymaktadır. Merkezlerin yaklaşık %70'i IoT sistemleri, AI araçları ve veri analizinde önemli beceri eksikliklerine dikkat çekmiştir. Bulut bilişim %40 tarafından belirtilirken, yalnızca %14 iş birliğine dayalı çalışmayı belirtmiştir, bu da bu yumuşak becerinin zaten yeterince kapsandığını göstermektedir. Ülkeye özgü bulgular şunu göstermektedir:

- Fransa'nın AI ve veri analizi becerilerinde eksiklikleri olduğu,
- İtalya'nın IoT sistemlerinde,
- Türkiye'de bulut bilişim ve veri analizinde,
- Slovenya'nın IoT ve yapay zekâ araçları konusunda eksiklikleri olduğu.

Bir Fransız eğitim merkezi temsilcisi, teorik bilgiden çok beceri geliştirmeye odaklanmanın önemini vurguladı. Ayrıca, ilk ve mesleki eğitimin entegre edilmesinin değerini ve yapay zekâ ile XR'nin sadece eğitim araçları olarak değil, genel öğrenme sürecini destekleyen araçlar olarak da potansiyelini vurguladı.



4.3. MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİMİN STRATEJİK ROLÜ

Mesleki Eğitim ve Öğretim (MEÖ) merkezleri, günümüzde dijital ve yeşil dönüşümlerin katalizörü olarak hareket edebilen dinamik ve stratejik aktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Hızla gelişen teknolojiler ve değişen işgücü piyasası talepleri karşısında, bu merkezler becerilerin uyarlanması ve dönüşüm geçiren endüstriyel sektörlerin desteklenmesinde kilit bir rol oynamaktadır.

Bu bölümde vurgulandığı gibi, mevcut zorluklara rağmen, yeni teknolojiler eğitim programlarına ve öğretilen becerilere kademeli olarak entegre edilmektedir.

Bu zorlukların farkında olan eğitim merkezleri, endüstri ile ve daha az ölçüde diğer VET merkezleri ile stratejik ortaklıklarını güçlendirmiştir. Bu iş birlikleri, bilgi alışverişini teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda geçişin önündeki ana engellerden biri olan mali maliyetin üstesinden gelmek için çok önemli olan ek finansman kaynaklarına erişim sağlar.

Bu bağlamda, eğitim merkezleri sponsorluklara ve AB tarafından finanse edilen projelere, özellikle Erasmus+ programı kapsamında desteklenen projelere katılmaya da yönelmiştir.

Ayrıca, merkezler bu fırsatı değerlendirerek eğitim hizmetlerini genişletmiş, giderek daha spesifik ve uzmanlaşmış hale getirmiş ve öğretim stratejilerine yeni teknolojileri aktif olarak entegre etmişlerdir. Bu sayede, günümüzün profesyonel ortamının gerçeklerine daha uygun, daha modern, etkileşimli ve endüstri ile ilgili öğrenme yaklaşımları sunabilmişlerdir.

Mesleki eğitim merkezleri, inovasyonu ve yetenek gelişimini desteklerken bölgesel rekabet gücünü artırdıkları için endüstri dönüşümünün temel itici güçleri olarak işlev görmektedir. Mesleki eğitim merkezleri artık temel eğitim işlevlerinin ötesinde, işletmelerle birlikte çözümler üretmeye aktif olarak katılarak, uzmanlık programları geliştirerek ve ileri üretim ve dijitalleşme ortamlarında uygulamalı araştırma ve inovasyon projeleri yürüterek faaliyet göstermektedir.

4.4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.4.1. SONUÇ

Mesleki Eğitim ve Öğretim (MEÖ) merkezlerinin dijital ve yeşil dönüşümde dinamik aktörler olarak stratejik rolü açıkça teyit edilmiştir. Bu kurumlar, yapay zekâ (AI), sürdürülebilirlik, Nesnelerin İnterneti (IoT), siber güvenlik, blok zinciri, bulut bilişim, sanal ve artırılmış gerçeklik, derin öğrenme ve robotik gibi yeni teknolojilerin ve alanların entegrasyonunda istikrarlı bir şekilde ilerlemektedir.

Eğitim merkezleriyle yapılan anketlere göre, AI ve sürdürülebilirlik, Kestirimci Bakım (PdM) alanında en önemli öncelikler olarak belirlenmiştir. Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) alanında ise odak noktası IoT, sürdürülebilirlik ve siber güvenliğe kaymaktadır.

Yeşil ve dijital dönüşüm bağlamı, mesleki eğitim ve öğretim merkezlerine aşağıdakiler dahil olmak üzere çeşitli fırsatlar sunmuştur:

- Eğitim talebindeki artış, eğitim olanaklarının genişlemesine olanak sağlamıştır.
- Artık sadece teknik becerileri değil, aynı zamanda disiplinler arası yetkinlikleri de içeren eğitim programlarında daha fazla çeşitlilik ve uzmanlaşma elde etme imkânı. Bunun açık bir örneği, Bask Bölgesinde yürütülen girişimdir. Burada, akıllı üretim, dijitalleşme, iş birliğine dayalı robotik, siber güvenlik ve kalite kontrol alanlarında ileri düzeyde becerilerine odaklanan, bir yıllık çift formatlı uzmanlık programları geliştirilmiştir.



- Sanayi sektörüyle daha yakın iş birliği.
- Pedagojik araçlar olarak yeni teknolojilerin giderek artan kullanımı.
- Çevrimiçi ve yüz yüze eğitimi birleştiren hibrit öğrenme modelleri sayesinde eğitimin erişilebilirliği ve esnekliği artırılmıştır. Bu formatlar özellikle çalışan bireyler için faydalıdır.
- Mesleki eğitimin modernizasyonunu teşvik eden Avrupa girişimlerinden gelen destek.
- AB programları aracılığıyla finansmana erişim.
- Diğer eğitim merkezleri ve endüstri ile iş birliği sayesinde finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi.
- Bask Bölgesinde, şirketlerde dijital kültür eksikliği gibi engeller devam etse de, mesleki eğitim merkezleri, endüstriyel dijitalleşmenin getirdiği zorluklarla başa çıkabilecek donanıma sahip profesyoneller yetiştirerek dönüşümün önemli aktörleri olarak kilit bir rol oynayabilirler.

Ancak, yeni teknolojilerin entegrasyonu da aşağıdakiler dahil olmak üzere önemli zorluklar getirmiştir:

- Sürekli değişime etkili bir şekilde yanıt verme yeteneğini engelleyen sınırlı kurumsal özerklik.
- Yeni teknolojilerin benimsenmesiyle ilişkili artan maliyetler.
- Etkili uygulamayı sınırlayan eğitimcilere yönelik uzmanlık eğitiminin eksikliği.
- Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) alanındaki kilit alanlarda mevcut beceri eksiklikleri tespit edilmiştir. Ülkeye özgü bulgular aşağıdaki eksiklikleri ortaya koymaktadır: Fransa, yapay zeka ve veri analizi becerilerinde eksikliklerle karşı karşıyadır; İtalya, IoT sistemlerinin entegrasyonunda; Türkiye, bulut bilişim ve veri analizinde; Slovenya ise hem IoT hem de yapay zeka araçlarında.
- Bask mesleki eğitim merkezleri, mesleki eğitim mezunlarını dijital dönüşümlerini gerçekleştirmek için gerçek bir seçenek olarak hala tam olarak değerlendirmiyor. Birçok merkez otomasyon ve dijitalleşme (EQF5) alanlarında ileri düzey programlar sunsa da, bu nitelikler endüstri tarafından yaygın olarak tanınmıyor veya talep edilmiyor. Sonuç olarak, öğrenciler genellikle yüksek teknoloji rollerinde sınırlı fırsatlar buluyor ve mesleki eğitimin endüstriyel inovasyona katkıda bulunma potansiyeli yeterince kullanılmıyor.

4.4.2. ÖNERİLER

- Hibrit öğrenme modellerini teşvik etmek: Çevrimiçi ve yüz yüze formatları birleştiren esnek öğrenme yollarını genişleterek, özellikle profesyoneller için çeşitli öğrenen profillerini desteklemek ve yaşam boyu öğrenmeyi geliştirmek.
- Eğitim programlarını çeşitlendirmek ve uzmanlık programlarının sayısını artırmak.
- Kritik beceri eksikliklerini gidermek.
- Eğitimcilere yönelik eğitimi güçlendirmek.
- Şirketler ve diğer eğitim merkezleriyle iş birliğini güçlendirmek.
- Finansman kaynaklarını çeşitlendirmek: Mesleki eğitim ve öğretim merkezlerini, finansal sınırlamaları aşmak için kamu fonlarını, endüstri sponsorluklarını, Avrupa projelerini ve iş birliğine dayalı finansman mekanizmalarını harekete geçirmeleri için teşvik etmek.
- Avrupa girişimlerinden yararlanmak: Yeşil ve dijital dönüşümleri ve genel olarak eğitimi desteklemek için Avrupa Birliği tarafından sağlanan araç ve kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarmak.
- SCM'deki temel beceri eksikliklerini gidermek için ülkeye özgü eğitim girişimleri geliştirmek: Fransa'da yapay zekâ ve veri analizi, İtalya'da IoT sistemleri, Türkiye'de bulut bilişim ve veri analizi, Slovenya'da IoT ve yapay zeka araçları.
- Temel eğitim ve mesleki eğitimi entegre ederek ve yapay zekâ ve XR'yi sadece eğitim araçları olarak değil, öğrenme süreci boyunca destek olarak kullanarak, teorik bilgidan çok beceri gelişimine öncelik vermek.



5. SONUÇ VE GELECEĞE BAKIŞ

Avrupa Birliği ve ötesinde ileri imalat sektörünün sürekli büyümesini, dayanıklılığını ve sürdürülebilirliğini desteklemek için, değişen işgücü ihtiyaçlarını öngörmek, eğitim ve öğretim sistemlerini geliştirmek ve endüstri ile mesleki eğitim ve öğretim (MEÖ) sağlayıcıları arasındaki uyumu güçlendirmek çok önemlidir. Bu rapor, Kestirimci Bakım (PdM), Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) ve Bask Bölgesi'nden (BC) elde edilen bölgesel içgörüler üzerine yapılan üç tamamlayıcı araştırmanın bir sentezi olup, dijital ve yeşil dönüşümlerin hem endüstriyel manzarayı hem de ona beslenen eğitim ekosistemlerini nasıl yeniden şekillendirdiğine dair entegre bir bakış açısı sunmaktadır.

Derinlemesine saha çalışmaları, çok ülkeli anketler, kurumsal vaka çalışmaları ve KOBİ'ler, büyük üreticiler, VET kurumları ve eğitimcilerle doğrudan etkileşimlerden yararlanan bu çalışma, dönüşümün dinamik ve nüanslı bir resmini ortaya koymaktadır. İleri imalat alanındaki iki yüksek etkili alan olan PdM ve SCM'ye odaklanan rapor, değişimi yönlendiren teknolojilerin yanı sıra, başarılı bir adaptasyon için gerekli olan operasyonel, organizasyonel ve insani değişimleri de incelemektedir.

Altı temel tematik alan – teknolojik ve operasyonel değişimler, yeşil ve dijital entegrasyon, KOBİ'lere özgü engeller, gelişen beceriler ve işgücü beklentileri, stratejik inovasyon modelleri ve mesleki eğitim sistemlerinin dönüşümü – aracılığıyla, bulgular ortak bir hedefte birleşmektedir: çevik eğitim, kapsayıcı beceri geliştirme ve güçlü sektörler arası iş birliğine dayanan, geleceğe hazır bir üretim ekosistemi oluşturmak. Bu nedenle, bu sonuç bölümü stratejik dersleri özetlemekte, kesişen önerileri ana hatlarıyla belirtmekte ve Avrupa'nın endüstriyel inovasyonu insan merkezli kalkınma ile uyumlu hale getirme konusunda nasıl öncülük edebileceğine dair ileriye dönük bir vizyon sunmaktadır.

5.1. ÖNEMLİ BULGULARIN ÖZETİ

İleri imalat, dijitalleşme, sürdürülebilirlik gereklilikleri ve gelişen işgücü dinamikleri tarafından şekillendirilen hızlı bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bask Bölgesi'nde (BC) Yapay Zeka ile Kestirimci Bakım (PdM), Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) ve bölgesel saha çalışmasından elde edilen bilgiler, hem KOBİ'ler hem de mesleki eğitim ve öğretim ekosistemi için ortak eğilimleri, yapısal zorlukları ve uygulanabilir fırsatları vurgulamaktadır. Bu bulgular altı temel tematik alanda düzenlenmiştir:

5.1.1. TEKNOLOJİK VE OPERASYONEL DEĞİŞİMLER

AI, IoT, dijital ikizler, uç bilgi işlem ve bulut tabanlı çözümlerin ortaya çıkışı, PdM ve SCM'deki operasyonel süreçlerde devrim yaratıyor. PdM, varlık güvenilirliğini artırıyor, kesinti sürelerini azaltıyor ve yaşam döngüsü maliyetlerini optimize ederken, SCM ise Dijital Tedarik Ağları (DSN) aracılığıyla esneklik ve çevikliğe doğru geçiş yapıyor. Farklı uygulama ortamlarına rağmen, her iki alan da yeniden yapılandırılmış iş akışları, işlevler arası iş birliği ve veriye dayalı karar vermeyi gerektiren otonom, hizmet tabanlı ve açıklanabilir sistemlerde birleşiyor. Platform tabanlı ekosistemler, hizmet odaklı mimariler ve test ortamları gibi yeni modeller, paydaşlar arasında deneme, risk azaltma ve ölçeklenebilir inovasyonu destekliyor.



5.1.2. DİJİTAL VE YEŞİL DÖNÜŞÜMÜN ETKİSİ

PdM ve SCM teknolojileri sadece performansı artırmakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilirliği de mümkün kılar. PdM, ekipman ömrünü uzatarak, enerji tüketimini azaltarak, ulaşım ile ilgili emisyonları sınırlayarak ve döngüsellik katkısında bulunarak yeşil hedefleri destekler. SCM, emisyon takibi, malzeme israfının azaltılması, döngüsel tedarik stratejileri ve iş birliğine dayalı tasarım yoluyla yeşil uygulamalarıyla uyumludur. Dijital araçlar, operasyonel optimizasyonu ekolojik hedeflerle uyumlu hale getirerek, şirketlerin çevresel yükümlülüklerini öngörme ve yerine getirme yeteneğini giderek daha fazla desteklemektedir.

5.1.3. ENGELLER VE KOBİ'LERE ÖZGÜ ZORLUKLAR

Hem PdM hem de SCM, ortak yapısal engellerle sınırlıdır. Finansal kısıtlamalar hâkim olmaya devam etmekte ve KOBİ'ler, özellikle modüler veya birlikte çalışabilir sistemler için teknoloji yükseltmeleri için finansmana erişmekte zorlanmaktadır. Teknik zorluklar arasında eski altyapı, birlikte çalışabilirlik eksikliği ve siber güvenlik riskleri bulunmaktadır. Organizasyonel olarak, KOBİ'ler genellikle düşük dijital olgunluk, sınırlı iç BT desteği, değişime direnç ve net bir stratejik vizyon eksikliği ile karşı karşıyadır. PdM'nin uygulanması, danışmanlara erişimin yetersizliği ve net olmayan ROI'dan da olumsuz etkilenirken, SCM dönüşümü parçalı planlama sistemleri, yeterince kullanılmayan araçlar ve veri yönetimi eksiklikleri nedeniyle yavaşlamaktadır.

5.1.4. GELİŞEN BECERİLER VE İŞ GÜCÜ İHTİYAÇLARI

Dijital ve yeşil operasyonlara geçiş, endüstriyel beceri manzarasını yeniden şekillendirmektedir. Roller hibrit hale gelmekte ve geleneksel bilgi birikimi, sistemsel düşünme ve dijital platformlarda akıcılık gibi becerilerin birleşimini gerektirmektedir. Yapay zeka, teşhis, siber güvenlik, bulut arayüzleri ve veri yorumlama becerileri giderek daha önemli hale gelmektedir. Çalışanların sürekli öğrenmeye devam etmeleri, hızlı adapte olmaları ve farklı alanlarda iş birliği yapmaları beklenmektedir. İletişim, problem çözme ve uyum sağlama gibi çapraz beceriler ve sosyal beceriler de, özellikle iş akışları gelişip otomasyon yaygınlaştıkça, giderek daha fazla talep görmektedir.

Ancak, dijital beceri eksiklikleri, çalışanların direnci ve eğitim programları ile endüstriyel sistemler arasındaki uyumsuzluk, önemli engeller olarak devam etmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, teknik eğitimin yanı sıra kültürel adaptasyonu da ele alan, insan odaklı değişim yönetimi stratejilerinin uygulanması gerekmektedir. Böyle bir yaklaşım, işgücünün hazırlığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda yeni teknolojilerin organizasyonel süreçlere sürdürülebilir bir şekilde entegre edilmesini de sağlar.

5.1.5. STRATEJİK GÖRÜNÜM VE İNOVASYON MODELLERİ

Geleceğe bakıldığında, Avrupa imalat ekosisteminde hem dijital hem de yeşil dönüşümü ilerletmek, teknolojik gelişimi işgücünün evrimi ve organizasyonel uyum yeteneği ile uyumlu hale getiren entegre, ileriye dönük stratejiler gerektirecektir. Bu rapor, stratejik inovasyon modellerini, ortaya çıkan en iyi uygulamaları ve eyleme geçirilebilir içgörülerini belirlemek için Avrupa çapında yapılan analizlerden (PdM ve SCM raporları) ve Bask Bölgesi (BC) raporunda sunulan derinlemesine bölgesel araştırmalardan yararlanmaktadır. BC raporu, özellikle bölgesel mesleki eğitim ve öğretim merkezlerinin endüstriyel inovasyonun temel kolaylaştırıcıları olarak rolünü vurgulamakta ve iş birliğine dayalı beceri geliştirme çabaları ve düşük riskli deneysel çerçevelerle ilgili gerçek hayattan örnekler sunmaktadır.

Kestirimci Bakım (PdM) alanında, uzun vadeli rekabet gücü, finansmana erişimin genişletilmesine, işgücü eğitimi ve dijital okuryazarlığa yatırım yapılmasına ve veri odaklı stratejilerin optimize edilmesine bağlı olacaktır. **Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)** alanında,



gelecekteki başarı şeffaflığının teşvik edilmesine, ortaklar arasında güvenin oluşturulmasına, dijital ve yeşil hedeflerin uyumlaştırılmasına ve veri yönetiminin güçlendirilmesine bağlı olacaktır.

Bu sonuçları desteklemek için, bir dizi inovasyon modeli ve kolaylaştırıcı şimdiden ortaya çıkmaya başlamıştır:

- **Modüler ve iş birliğine dayalı dönüşüm stratejileri:** KOBİ'ler, inovasyon ile uygun fiyat arasında denge kuran aşamalı yaklaşımlar benimsemektedir. Bunlar genellikle, dağıtılmış risk almayı ve karşılıklı faydayı kolaylaştıran paylaşılan altyapılar, konsorsiyum liderliğindeki geliştirme projeleri ve paydaşlar arası platformlar etrafında oluşturulmaktadır.
- **PdMaaS (Hizmet Olarak Öngörüsöl Bakım)** gibi **hizmet odaklı mimariler**, KOBİ'ler 'ın pahalı altyapıya yatırım yapmadan öngörüsöl yeteneklere erişmesi için uygun bir yol sunar. Genellikle OEM'ler veya bulut platformları aracılığıyla sunulan bu çözümler, sorumlulukları iç teknikerlerden veri analistlerine ve dış hizmet sağlayıcılara kaydırarak esnekliği artırırken operasyonel güvenilirliği korur.
- **Test ortamları ve kamu-özel sektör ortaklıkları**, deneylerin riskini azaltan, uygulamalı Ar-Ge'yi mümkün kılan ve mesleki eğitim-endüstri iş birliğini teşvik eden mekanizmalar olarak ivme kazanmaya devam etmektedir. BC raporu, yerel mesleki eğitim merkezlerinin KOBİ'ler ve endüstri kümeleriyle birlikte inovasyon pilot projelerine öncülük ettiğine dair kanıtlarla bunu pekiştirmektedir.
- **Kamu fonları ve iş birliğine dayalı AB projeleri** (örneğin LCAMP) ile desteklenen **kademeli benimseme stratejileri**, KOBİ'lerin kontrollü, daha düşük riskli ortamlarda yeni teknolojileri keşfetmelerine olanak tanır. Bu, sınırlı iç kapasiteye sahip firmalar için özellikle değerli bir yaklaşımdır.
- **Mesleki eğitim merkezleri katalizör olarak:** BC raporu ve daha geniş kapsamlı AB araştırmaları, mesleki eğitim kurumlarının stratejik rolü konusunda aynı görüşte. Bu merkezler, endüstriyel ihtiyaçlar ile eğitim hizmetleri arasında köprü görevi görürken, aynı zamanda uygulamalı inovasyonu da desteklemektedir. Müfredatı uyarlama, karma öğrenmeyi teşvik etme ve personeli modern pedagoji konusunda eğitime becerileri, bu merkezleri sektörel dönüşümün kilit aktörleri haline getirmektedir.
- **Dijital olarak yetkin aracı roller** hem PdM hem de SCM bağlamlarında giderek daha önemli hale gelmektedir. Genellikle mesleki eğitim tarafından şekillendirilen bu yeni işgücü profilleri, geleneksel atölye uzmanlığını gelişmiş dijital araçlarla birleştirir. Ayrıca, dış AI sağlayıcıları, tahmini bakım uzmanları veya yazılım entegratörleri ile etkili bir şekilde iletişim kurarlar.

Son olarak, **SCM inovasyon modelleri, güvene dayalı işbirliğinin kritik rolünü vurgulamaktadır**. Dijital araçlar şeffaflık, gerçek zamanlı iletişim ve izlenebilirlik sağlarken, **güvenin** insani boyutu uzun vadeli tedarik zinciri ortaklıkları için **temel öneme sahiptir**. Kültürel uyum, ilişkisel süreklilik ve ortak hedefler yoluyla güvenin inşa edilmesi, endüstriyel dayanıklılık ve inovasyon için giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

5.1.6. MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMLERİ VE EĞİTİM DÖNÜŞÜMÜ

Mesleki Eğitim ve Öğretim (MEÖ) merkezleri, ileri imalat sektöründe dijital ve yeşil dönüşümün stratejik kolaylaştırıcıları olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. Avrupa genelinde- ve özellikle Bask Bölgesi'nde - bu merkezler, salt eğitim kurumlarından uygulamalı inovasyon, işgücü gelişimi ve endüstriyel ortaklıkların dinamik merkezlerine dönüşmektedir.

Bulgular, **eğitim sağlayıcıların endüstri ile iş birliğini derinleştirdiğini**, yapay zeka, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve siber güvenlik gibi temel teknolojileri entegre eden müfredatları birlikte geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, esneklik ve erişilebilirliği artırmak için yüz yüze ve çevrimiçi öğrenmeyi birleştiren **hibrit pedagojik modeller** denemektedirler. Bu yenilikler, hızla değişen



beceri ihtiyaçlarını karşılamak ve yeni başlayanlar veya becerilerini geliştiren çalışanlar olsun, öğrencileri modern endüstriyel ortamların karmaşıklığına hazırlamak için çok önemlidir.

Ancak zorluklar devam etmektedir. **Mesleki eğitim merkezleri genellikle** programları şekillendirmede sınırlı özerklik, eğitmenler için yetersiz eğitim (özellikle dijital araçlar ve yeni öğretim metodolojileri), eski müfredat yapıları ve ekipman ve altyapıyı iyileştirmek için kısıtlı finansman gibi **yapısal engellerle karşı karşıyadır**. Sonuç olarak, birçok merkez endüstriyel dönüşümün hızına ayak uydurmakta zorlanmaktadır.

Bu eksiklikleri gidermek için, mesleki eğitim kurumları, artan kayıt sayısına ve işverenlerin yüksek düzeyde uzmanlık gerektiren niteliklere olan talebine daha iyi yanıt verebilmek için **mikro sertifikalar, modüler eğitim yolları ve merkezler arası iş birliği** gibi yeni formatları keşfetmeye başlamıştır.

Bask Bölgesi raporu, kamu fonları ve işbirliği projeleriyle desteklenen **kademeli teknoloji benimseme stratejileriyle** bu zorlukların nasıl aşıldığına dair somut örnekler sunmaktadır. Bu girişimler, yeni teknolojileri denemek ve inovasyonu teşvik etmek için güvenli, düşük riskli ortamlar sağlamaktadır. Ayrıca, **Bask mesleki eğitim merkezleri, uygulamalı inovasyon projelerine aktif olarak katılarak** kendilerini bölgesel endüstri stratejilerinde önemli aktörler olarak konumlandırmaktadır. **İşgücünün beceri geliştirme ve yeniden beceri kazandırma** konusundaki katkıları, mesleki eğitim merkezlerinin yerel ekosistemleri destekleme ve sahada dönüşümü teşvik etme konusunda oynayabileceği önemli rolü vurgulamaktadır.

Son olarak, **LCAMP gibi AB düzeyindeki girişimler**, yerel deneyimleri kıtasal stratejik hedeflerle uyumlu hale getirerek kritik bir koordinasyon ve destek katmanı sunmaktadır. Endüstri, politika ve eğitimi birbirine bağlayan bu programlar, mesleki eğitim merkezlerinin ileri imalatın geleceğinde **inovasyon, sürdürülebilirlik ve kapsayıcılığın katalizörü olarak** hareket etme kapasitesini artırmaktadır.

5.2. STRATEJİK DERSLER

Dijital ve yeşil teknolojiler aracılığıyla ileri imalatın dönüşümü, endüstriyel evrimi işgücü gelişimi ve eğitim yenilenmesi ile uyumlu hale getirmek için kritik öneme sahip altı stratejik ders ortaya koymaktadır:

- **Teknoloji tarafsız değildir – benimsenmesi bağlama göre değişir ve eşitsizlikler içerir.** Büyük işletmeler, genellikle sağlam iç altyapılar ve yatırım kapasitelerinden yararlanarak inovasyona öncülük eder. Buna karşılık, KOBİ'ler finansal, organizasyonel ve teknik sınırlamalar nedeniyle teknolojileri daha kademeli olarak benimseler. Bu nedenle, başarılı dönüşüm stratejileri bu farklı başlangıç noktalarını dikkate almalı ve modüler, ölçeklenebilir ve hizmet odaklı çözümleri önceliklendirmelidir.
- **Yeşil ve dijital dönüşümler giderek yakınsamakta ve birbirini güçlendirmektedir.** Sürdürülebilirlik hedefleri artık teknolojik gündemlerden ayrı değildir. PdM, proaktif bakım yoluyla enerji kullanımını, malzeme israfını ve emisyonları azaltır. SCM dijitalleşmesi, döngüsel ekonomi modellerini ve emisyonların izlenebilirliğini mümkün kılar. Yeşil hedefler, dijital araçlar aracılığıyla giderek daha fazla takip edilmektedir ve bu da ortaklaşa benimsenmesi gereken sinerjiler yaratmaktadır.
- **Hem PdM hem de SCM'de, teknik uzmanlık ve dijital akıcılık, veri yorumlama becerisi ve YZ etkileşimi ile kolaylık beklentileri, çalışma alanları dışında iş birliği yapma becerisi ile birlikte iş tanımlarında giderek daha fazla yer almaktadır.** Bu yeni ortaya çıkan beklentiler, derin alan bilgisi ile çapraz fonksiyonel, dijital ve kişilerarası becerileri birleştiren hibrit profillere olan talebin arttığını göstermektedir.
- **Mesleki eğitim sistemleri, inovasyon ekosistemlerinde stratejik aktörler haline gelmektedir.**



Mesleki eğitim merkezlerinin rolü, eğitim sunmanın çok ötesine geçmektedir. Özellikle Bask Bölgesi'nde görüldüğü gibi, bu merkezler endüstriyel inovasyonun kolaylaştırıcıları, uygulamalı teknolojilerin test alanları ve yerel ekonomik dayanıklılığın aktörleri haline gelmektedir. Kapsayıcı geçiş yolları sağlamak için bu merkezlerin özerkliğini, teknik kapasitesini ve endüstri ile bağlantılarını güçlendirmek çok önemlidir.

- **Beceri, dönüşümün para birimidir ve sürekli evrilmektedir.**
- **YZ, bulut bilişim ve IoT alanlarında teknik yeterlilik giderek daha önemli hale gelmektedir.** Ancak, uyarlanabilirlik, eleştirel düşünme, iş birliği ve öğrenme özerkliği gibi çapraz yetkinlikler de aynı derecede önemlidir. Hibrit roller ortaya çıktıkça ve çalışma ortamları veri açısından zenginleştikçe, çalışanlar operasyonel akıcılık ile analitik yetenek ve yumuşak beceri dayanıklılığını birleştirmelidir.
- **Değişim yönetimi, dönüşümün temel taşıdır.**
- **Teknoloji benimseme, teknik olduğu kadar kültürel bir konudur.** Başarılı endüstriyel ve eğitimsel geçişler liderlik, iletişim ve güvene bağlıdır. Otomasyona dirençten eski pedagojik modellere kadar, ilerleme hem insanları hem de kurumları sürekli yenilenmeye hazırlamaya bağlıdır.

5.3. ÖNERİLER

Bu stratejik derslere yanıt olarak, ileri imalat ekosistemindeki paydaşlar için aşağıdaki ortak ve bütüncül öneriler sunulmaktadır:

Politika Yapıcılar ve Finansman Otoriteleri İçin

- Kamu-özel sektör ortaklıkları, inovasyon kuponları ve risksiz deneme platformları aracılığıyla KOBİ'lerin benimsemesini destekleyerek dijital ve yeşil dönüşüme sürdürülebilir yatırım yapılmasını sağlamak.
- Mesleki eğitim merkezlerini stratejik dönüşüm ajanları olarak kabul edin ve bunların özerkliğini, altyapı iyileştirmelerini ve inovasyon ekosistemlerine katılma kapasitelerini desteklemek.
- Ulusal yeterlilik çerçeveleri ile ortaya çıkan mesleki profiller arasında uyumu teşvik ederek, gelişen iş rolleri ve karma beceri setlerinin Avrupa genelinde tanınmasını ve aktarılabilir olmasını sağlamak.

KOBİ'ler ve Endüstriyel Paydaşlar İçin

- Yatırım riskini azaltmak ve çevikliği artırmak için PdM-as-a-Service ve bulut tabanlı SCM platformları gibi modüler, ölçeklenebilir teknolojileri benimsemek.
- Yapay zekâ, veri yorumlama ve sürdürülebilir operasyonlar gibi alanlarda mikro yeterlilikler (micro-credentials) ve yaşam boyu öğrenme yoluyla iş gücünün becerilerini geliştirmeye yatırım yapmak.
- Platform ekosistemlerine katılarak, bölgesel inovasyon ağlarına katılarak ve tedarik zincirleri arasında güven oluşturarak işbirliği kültürünü teşvik etmek.

Mesleki Eğitim Merkezleri ve Eğitim Sağlayıcılar İçin

- Çevrimiçi ve yüz yüze öğrenmeyi harmanlayan hibrit eğitim modelleri geliştirin ve entegre edin, böylece hem öğrenciler hem de profesyoneller için esneklik sağlamak.
- Özellikle test ortamları, vaka çalışmaları ve inovasyon projeleri aracılığıyla, müfredatın ortak tasarımı ve becerilerin gerçek hayatta uygulanması konusunda şirketlerle işbirliği yapmak.
- Eğitimcilerin eğitimini güçlendirin, onlara hem dijital uzmanlık hem de modern pedagojik yaklaşımlar kazandırmak.

AB Düzeyinde Koordinasyon İçin



- Teknolojik eğilimleri, beceri ihtiyaçlarını ve eğitim yeniliklerini gözlemlemek için yapılandırılmış metodolojiler oluşturan LCAMP gibi girişimleri sürdürmek.
- Üye Devletler arasında dijital ve yeşil geçiş stratejilerinin uyumlaştırılmasını kolaylaştırarak, mesleki eğitim merkezlerinin ve KOBİ'lerin tutarlı bir hedef ve destek çerçevesi içinde faaliyet göstermelerini sağlamak.

Bu öneriler benimsendiğinde, Avrupa ileri imalat sektörünü küresel ölçekte rekabetçi, çevresel açıdan sürdürülebilir ve sosyal açıdan kapsayıcı kılacaktır; aynı zamanda yarının zorluklarına hazır bir MEÖ ekosistemiyle desteklenen bir dönüşüm sağlanabilecektir.



5.4. GELECEĞE BAKIŞ

Gelişmiş imalat sektörünü yeniden şekillendiren yeşil ve dijital dönüşümler sadece teknolojik zorluklar değil, aynı zamanda insani ve sistemik fırsatlardır. Geleceğe bakıldığında, başarılı bir dönüşümün yalnızca yeni araçlara erişimden ibaret olmadığı; bu yeniliklerin günlük operasyonlara, iş gücü beklentilerine ve eğitim sistemlerine entegre edilebilme kapasitesine bağlı olduğu açıkça görülmektedir.

Hem Kestirimci Bakım (PdM) hem de Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) alanlarında geleceğe yönelik perspektif, yakınsama olgusu ile tanımlanmaktadır. Yeşil ve dijital hedefler, sadece sürdürülebilirlik ölçütleri açısından değil, verimlilik, döngüsellik, şeffaflık ve dayanıklılık için ortak stratejiler açısından da giderek daha fazla bağlantılı hale gelmektedir. Her iki alanda da, KOBİ'ler ve büyük şirketler hibrit çözümleri deniyor: yerel uzmanlığı bulut tabanlı altyapı ile, geleneksel rolleri YZ ile güçlendirilmiş sistemlerle ve modüler benimseme stratejilerini daha geniş değer zinciri uyumu ile birleştiriyorlar.

Mesleki eğitim merkezleri bu geçişin temel kolaylaştırıcılarıdır. Mesleki eğitimin görünümü artık teknik eğitim veya sektöre özgü sertifikasyonla sınırlı değil; entegre yetenek geliştirmeye doğru genişliyor. Merkezler, öğrencileri sistemler arasında düşünmeye, alanlar arasında iş birliği içinde çalışmaya ve dijital olarak desteklenen ve sürdürülebilirlik odaklı endüstrilerin gelişen taleplerine sürekli olarak uyum sağlamaya hazırlamalıdır. Bu, esnek öğrenme yollarını teşvik etmek, endüstri ortaklıklarını güçlendirmek ve öğretmenlerin deneme, gelişme ve liderlik yapma becerileriyle ve kurumsal özgürlükle donatılmasını sağlamak anlamına gelir.

Aynı zamanda, ortaya çıkan yeni iş birliği ve deneme biçimleri, dönüşümün bir sonraki aşamasını şekillendirecektir. Test ortamları, kamu-özel sektör ortaklıkları, merkezler arası girişimler veya deneysel finansman modelleri yoluyla olsun, mesleki eğitim ve öğretim merkezleri ile endüstri hem öğrenme deneyimlerini hem de teknolojik yol haritalarını birlikte tasarlamalıdır. Birden fazla mesleki eğitim ve öğretim merkezi ve düzinelerce endüstri ortağıyla çalışmak, bu çalışma paketine akademik eğitim, pratik hazırlık, mesleki eğitim ve işgücü hazırlığı arasındaki ortak noktalar hakkında değerli bilgiler sağlamıştır. Öğrenme ve öğretme faaliyetlerine ve hedeflerine doğrudan erişim, KOBİ'lerin ve büyük endüstrinin algıları ve protokolleri, imalat sektöründeki iki önemli alanın dikkatli bir şekilde analiz edilmesini sağlamıştır. Açıkça ortaya çıkan şey, mesleki eğitim merkezlerinin eğitimlerinin kanıtlanmış değeri, eğitim ve endüstri iş birliğinin zorunluluğu ve hepimizin öğrencilerin öğrenimlerinde başarılı olmaları ve çalışanların iş dünyasında memnun olmaları için paylaştığımız ortak taahhüttür. Kestirimci bakım ve tedarik zinciri yönetimi perspektifinden, dijital ve yeşil dönüşümün ortak bir taahhülle desteklenen ortak bir geleceği paylaştığını gördük.

Bu amaçla, bu iki sonucun ve bu hedefleri destekleyen iki kurumun iş birliğine dayalı entegrasyonu için görünüm hem olumlu hem de mümkündür. Bireysel kurumlar ve kolektif eğitim sektörü olarak, öğrenme, öğretme, eğitim ve istihdamın dönüşümünde her büyüklükteki imalat şirketleriyle birlikte çalışma gücüne sahibiz. Pratik ve iddialı, öğrenci merkezli ve endüstriyi genişleten, yerel, bölgesel ve ulus ötesi önerilerle, Avrupa Birliği genelinde ve dünya çapında ileri imalat alanında mesleki ve eğitim öğretiminin geleceğini yeniden tasarlama fırsatına sahibiz.

Bu raporlar ve içerdikleri bilgiler, bu çalışmaya katılan tüm ortakların kolektif zekâsı, enerjisi ve adanmışlığı olmadan var olamazdı. Sınırların, saat dilimlerinin ve kurumların ötesinde, her bir katkıcı kendi uzmanlığını ve mükemmelliğe olan ortak bağlılığını ortaya koymuştur. Avrupa Birliği'nin kalbinden komşu bölgelere kadar, bu iş birliği ruhu Erasmus+ misyonunun en iyi yönlerini yansıtmaktadır: iş birliğine dayalı, insan merkezli ve geleceğe odaklı. Avrupa ruhunun bu kadar canlı bir örneğini görmek ve bunun bir parçası olmak bir ayrıcalıktır.



6. KAYNAKÇA

- Pablo Marino. (2025, Haziran). Bask Ülkesinde İleri İmalat Alanında Mesleki Eğitim ve Öğretim Teklifinin ve Endüstri İhtiyaçlarının Uyumlaştırılması. LCAMP Projesi – WP3 Gözlemevi – D3.2 – M36. <https://lcamp.eu>
- Pichoutou Pascal, Ralf Steck, Camille Leonard ve Jésus Rebolledo. (2025a, Haziran). Dijital teknolojiler 4.0 ve yeşil geçişin öngörücü bakım üzerindeki etkileri. LCAMP Projesi – WP3 Gözlemevi – D3.2 – M36. <https://lcamp.eu>
- Pichoutou Pascal, Ralf Steck, Camille Leonard ve Jésus Rebolledo. (2025b, Haziran). Dijital teknolojiler 4.0 ve yeşil geçişin tedarik zinciri yönetimine etkileri. LCAMP Projesi – WP3 Gözlemevi – D3.2 – M36. <https://lcamp.eu>



7. TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Beceri ihtiyaçları (özet).....	30
Tablo 2. İleri imalat alanında teknolojik trendler ve beceri geliştirme konusunda Avrupa projelerine örnekler	38
Tablo 3. PdM ile ilgili eğitimlere dahil edilen yeni teknolojiler ve alanlar	38
Tablo 4. SCM ile ilgili eğitimlere dahil edilen yeni teknolojiler ve alanlar.....	39
Tablo 5. SCM ile ilgili eğitimler ve eğitilen temel beceriler.....	40
Tablo 6. Bask Bölgesi'ndeki uzmanlık programları	43
Tablo 7. Beceri ihtiyaçları (PdM, SCM ve Bask Bölgesi raporlarından)	55



8. EK

8.1. EK 1 – BECERİ İHTİYAÇLARI

Tablo7 . Beceri ihtiyaçları (PdM, SCM ve Bask Ülkesi raporlarından)

LCAMP Yetkinlik Alanı	Sınıflandırma	LCAMP çerçevesinde önerilen alt kategoriler	Meslek/Raporun kaynağı	Beceri ihtiyaçları
AI Okuryazarlığı	Yetkinlik	Kritik Dijital Yetkinlik	Kestirimci Bakım (PdM)	Temel YZ veya Makine Öğrenimi - AI/ML modellerine ilişkin temel bilgiler
	Beceri	Bilgisayarlı Görü	Kalite kontrol teknisyeni (BC)	Hata tespiti için bilgisayar görme ve CNN'ler - otomatik kalite kontrolü için sinir ağları uygulama
		Makine öğrenimi	Kalite kontrol teknisyeni (BC)	YZ tabanlı denetim araçları - kusur tespiti için yapay zeka kullanımı
Dijital	Tutum	Siber	Kestirimci Bakım (PdM)	Siber güvenlik farkındalığı- BT güvenlik farkındalığı
			Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Siber güvenlik farkındalığı- BT güvenlik farkındalığı
		ICT	CNC operatörü / Kalite kontrol teknisyeni / Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	OT ortamlarında siber güvenlik- üretim sistemlerindeki güvenlik risklerini anlama
	Yetkinlik	ICT	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Bulut platformu- bulut araçlarını kullanma becerisi Problem çözme becerileri- bulut araçlarını kullanma becerisi
			Kestirimci Bakım (PdM)	Problem çözme (bakım) - veriye dayalı karar verme için analitik düşünme
		Sistem Tasarımı	Kestirimci Bakım (PdM)	Kestirimci model yönetimi (arıza modeli analizi, risk eşikleri)
			Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	Endüstriyel robotik entegrasyonu- robotları üretim hattı sistemlerine bağlama
		Veri okuryazarlığı	Kestirimci bakım (PdM)	Sensör verilerinin yorumlanması- IoT sensör



				verilerini okuma ve kullanma becerisi
				Veri teşhis becerileri (bakım) - arıza teşhisi için veri analizi
			Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Veri okuryazarlığı- SCM'de genel veri okuryazarlığı
		ICT	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Hibrit profiller (tedarik zinciri + dijital beceriler)-örneğin, dijital becerilere sahip tedarik zinciri analistleri
				ERP ve SCM sistemi okuryazarlığı- ERP/SCM yazılımının rutin kullanımı
			Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	İletişim protokolleri (OPC-UA, Ethernet)-endüstriyel iletişim standartlarını uygulama
			CNC operatörü (BC)	Dijital arayüzler ve HMI'lar - CNC makinelerinde dokunmatik ekran kontrollerini çalıştırma
			Otomasyon-robotik teknisyeni/Bakım teknisyeni (BC)	OT ortamlarında temel siber güvenlik protokollerini uygulama - üretim sistemlerinde güvenlik prosedürleri ve erişim kontrollerini uygulama
			Bakım teknisyeni (BC)	Endüstriyel IoT sensörlerini kurma ve yapılandırma- veri toplama için bağlı sensörleri ayarlama
				Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerini (CMMS) kullanma - bakım iş akışlarını dijital olarak yönetme
		ICT	Kestirimci Bakım (PdM)	PdM platformlarının kullanımı - PdM gösterge panelleri, CMMS araçları vb. kullanımı
		Problem çözme	Kestirimci Bakım (PdM)	Veri yorumlama (bakım)-arıza teşhisi için veri analizi

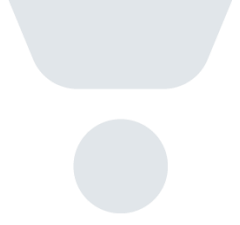


			Bakım teknisyeni (BC)	IoT ağlarında veri bağlantısı sorunlarını giderme - bağlı sistemlerdeki iletişim sorunlarını çözme
		Veri okuryazarlığı	Kalite kontrol teknisyeni (BC)	Dijital denetim sistemlerinin çalıştırılması - otomatik ölçüm ve test ekipmanlarının kullanılması
				Dijital dokümantasyon ve izlenebilirlik - kalite verilerinin elektronik kayıtlarını tutmak
				Görüntü sistemleri yapılandırması- kalite kontrol için kameralar ve görüntü işlemeyi kurun
			CNC operatörü (BC)	MES/ERP sistem entegrasyonu - işleme operasyonlarını kurumsal sistemlerle bağlantı kurma
				Veri toplama ve yorumlama- optimizasyon için üretim verilerini toplama ve analiz etme
			Bakım teknisyeni (BC)	Sensör verilerini izleme (IoT)- bağlı endüstriyel sensörlerden gelen gerçek zamanlı verileri analiz etme
		Bilgisayar görme	Kalite kontrol teknisyeni (BC)	Bulut tabanlı platformları kullanarak makine performansını izleme- uzaktan izleme sistemlerine erişim
				Makine görme sistemleri- kamera tabanlı kalite kontrol sistemlerini çalıştırma
		Dijital Üretim	CNC operatörü (BC)	CAD/CAM yazılımı kullanımı- bilgisayar destekli tasarım ve üretim programlarını kullanma
Çapraz	Tutum	İletişim	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	İletişim ve koordinasyon- dijital dönüşümü



				benimsemeye açık olma ve istekli olma
		Esneklik/Çeviklik	Kestirimci Bakım (PdM)	Uyarlanabilirlik- değişen rollere/teknolojilere uyum sağlama istekliliği
	Yetkinlik	İşbirliği/Takım çalışması	Kestirimci Bakım (PdM)	İş birliği- departmanlar arası işbirliği (bakım, BT operasyonları)
		Eleştirel düşünme	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	Stratejik düşünme- karmaşık tedarik zincirlerinin bütünsel olarak anlaşılması
	Beceri	İşbirliği/Takım çalışması	Çapraz beceriler (BC)	Takımlarda etkili çalışma- çok disiplinli çalışma gruplarında başarılı iş birliği
				Çapraz fonksiyonel iş birliği- dijital ortamlarda çok disiplinli ekiplerle etkili bir şekilde çalışma
		İletişim	Çapraz beceriler (BC)	İletişim ve koordinasyon- departmanlar ve vardiyalar arasında bilgileri net bir şekilde paylaşma
		Esneklik/Çeviklik	Çapraz beceriler (BC)	Gelişen teknolojilere uyum sağlama- yeni teknolojik araçları öğrenme ve kullanma istekliliği
		Problem çözme	Çapraz beceriler (BC)	Problem çözme ve karar verme- durumları analiz etme ve etkili teknik kararlar alma
		Sürekli iyileştirme	Çapraz beceriler (BC)	Sürekli iyileştirme zihniyeti- dijital üretim süreçlerinde optimizasyon fırsatlarını belirleme
Profesyonel	Yetkinlik	Sistem Tasarımı	Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	Endüstriyel robotik entegrasyonu- robotları üretim hattı sistemlerine bağlama
	Beceri	Sistem Tasarımı	Otomasyon-robotik teknisyeni (BC)	Görüntü sistemleri yapılandırması- robot kılavuzluğu ve otomasyon için kameralar ve görüntü işleme kurma







Learner Centric Advanced Manufacturing Platform



**Co-funded by
the European Union**

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.