

D3.2 – M36 – Sintetizirano poročilo treh poročil: D3.2 – M36 Vplivi digitalnih tehnologij 4.0 in zelenega prehoda na napovedno vzdrževanje, dobavno verigo ter usklajenost ponudbe poklicnega izobraževanja in usposabljanja s potrebami industrije na področju napredne

DS3 – Observatorij - D3.2 - M36 - Zbirno poročilo



**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

Financira Evropska unija. Izražena stališča in mnenja pa so samo mnenja avtorjev in ne odražajo nujno stališč in mnenj Evropske unije ali Evropske izvajalske agencije za izobraževanje in kulturo (EACEA). Niti Evropska unija niti EACEA ne moreta biti odgovorni zanje.



To delo je licencirano s strani partnerstva LCAMP pod mednarodno licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno 4.0.

Partnerji LCAMP:

TKNIKA – Baskijski center za uporabne raziskave v poklicnem izobraževanju in usposabljanju, CIFP Miguel Altuna LHII, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule, Baden-Württemberg, srednja šola Curt Nicolin, AFM – Špansko združenje industrije obdelovalnih strojev, EARLALL – Evropsko združenje regionalnih in lokalnih organov za vseživljenjsko učenje, FORCAM, CMQE: Association campus des métiers et des qualifications industrie du future, MV: Mecanic Vallée, KIC: Center za inovacije znanja, Kompetenčni center MADE Industria 4.0; AFIL: Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, SIMUMATIK AB; Združenje višjih strokovnih šol Slovenije HVC; TSCMB: Tehniški šolski center Maribor, KPDoNE: Kocaelijev direktorat za nacionalno izobraževanje; GEBKİM OIZ in CAMOSUN



Povzetek dokumenta

Vrsta dokumenta:	Javno poročilo
Naslov	Zbirno poročilo D3.2 – M36 PdM – SCM – BC poročila
Avtor/ji	Pascal Pichoutou, Jezus Rebolledo
Soavtorji	Vesna Novak, Eda Ipek, Camille Leonard, Ralf Steck, Richard Gale, Pablo Marino
Pregledovalca	Hervé Danton
Datelj	Junij, 2025
Stanje dokumenta	1.0
Opis dokumenta	Ta dokument opisuje glavne učinke novih tehnologij na področju napovednega vzdrževanja in njihove posledice za prilagajanje organizacij in veščin.
Ta rezultat navedite kot:	Pichoutou et al., 2025. - D3.2 - M36 - Zbirno poročilo 3 poročil: D3.2 - M36 Digitalne tehnologije 4.0 in vplivi zelenega prehoda na napovedno vzdrževanje, dobavno verigo in uskladitev ponudbe poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter potreb industrije v napredni proizvodnji v Baskiji
Raven dokumenta	Javno



GLOSAR IN/ALI KRATICE

AFDET - Francosko združenje za razvoj tehničnega izobraževanja
AFM - Združenje proizvajalcev obdelovalnih strojev
AFNOR – Francosko združenje za standardizacijo
AI - Umetna inteligenca
AR - Razširjena resničnost
Poročilo o BC – Poročilo o Baskiji
CAGR – Letna povprečna stopnja rasti
CAM - Računalniško podprta proizvodnja
CMMS – Računalniško podprt sistem za upravljanje vzdrževanja
CNC - Računalniško numerično krmiljenje
CoVE – Centri poklicne odličnosti
EaaS - Oprema kot storitev.
EOK – Evropsko kvalifikacijski okvir
ESCO – Evropske veščine, kompetence, kvalifikacije in poklici
FCS - Razporejanje končnih zmogljivosti
GSCM - Zelena oskrbovalna veriga
HVET - Višje strokovno izobraževanje in usposabljanje
ICS - Načrtovanje neskončne zmogljivosti
IoT - Internet stvari
IT - Informacijska tehnologija
IUT - Univerzitetni tehnološki inštitut
LCAMP - Učno središče napredne proizvodnje, osredotočeno na učeče se
LLM - Velik jezikovni model
MaaS - Vzdrževanje kot storitev
MOOC - Masovni odprti spletni tečaj
MPS - Glavni proizvodni načrt
MRP - Načrtovanje materialnih potreb
MV - *Mecanic Vallée*
NLP - obdelava naravnega jezika
PdM - Napovedno vzdrževanje
PdMaaS - Napovedno vzdrževanje kot storitev
PLC - Programabilni logični krmilnik
ROI - Donosnost naložbe
SCM - Upravljanje oskrbovalne verige
SCOR - Referenčni model za delovanje oskrbovalne verige
S&OE - Prodaja in operativno izvajanje
S&OP - Načrtovanje prodaje in poslovanja
SLM - Jezikovni modeli za specifične naloge
MSP – Mala in srednje velika podjetja
TKNIKA - Center za uporabne raziskave v poklicnem izobraževanju v Baskiji.
TPM - Celovito produktivno vzdrževanje
VR - Virtualna resničnost
XR - Razširjena resničnost



VSEBINSKA TABELA

POVZETEK	6
1. UVOD	8
1.1. Namen poročila	8
1.2. Metodologije	9
1.3. Konteksti in tržna dinamika	10
2. NASTAJAJOČE TEHNOLOGIJE	12
3. UČINKI TRENDOV DIGITALNEGA IN ZELENEGA PREHODA NA MSP	16
3.1. Tehnološki premiki na področju obrestovanja	16
3.2. Prispevki za zeleni prehod	21
3.3. Operativni in organizacijski vplivi ter vplivi delovne sile	22
3.4. Sprejetje in zrelost v MSP	27
3.5. Prihodnji trendi in strateška priporočila	32
4. UČINKI TRENDOV DIGITALNEGA IN ZELENEGA PREHODA V CENTRIH ZA POKLICNO IZOBRAŽEVANJE IN USPOSABLJANJE	35
4.1. Izzivi in priložnosti za centre PIU	35
4.2. Vpliv na usposabljanje in usposobljene spretnosti	38
4.3. Strateška vloga poklicnega izobraževanja in usposabljanja	44
4.4. Sklepi in priporočila	44
5. ZAKLJUČEK IN OBETI	47
5.1. Povzetek ključnih ugotovitev	47
5.2. Strateške lekcije	50
5.3. Priporočila	51
5.4. Outlook	53
6. SKLICEVANJA	54
7. KAZALO TABEL	55
8. PRILOGI	56
8.1. Priloga 1 – Potrebe po znanjih in spretnostih	56



POVZETEK

Cilj projekta LCAMP (Learner-Centric Advanced Manufacturing Platform) v okviru pobude CoVE je okrepiti regionalne ekosisteme spretnosti v napredni proizvodnji s sodelovanjem, odpornostjo in inovacijami.

To **sintetizirano poročilo** združuje ključne ugotovitve in strateške vpoglede iz treh poglobljenih študij, izvedenih v okviru projekta LCAMP, o **napovednem vzdrževanju (PdM)**, **upravljanju oskrbovalne verige (SCM)** in **usklajenosti ponudbe poklicnega izobraževanja in usposabljanja s potrebami industrije (BC)**. Poročilo, ki ga je razvil observatorij LCAMP in ga vodita francoski grozd *Mecanic Vallée* in Campus des Métiers et des Qualifications Industrie du Futur, ob podpori partnerjev iz Nemčije, Italije, Slovenije, Baskije in s sodelovanjem Kanade, je namenjen zagotavljanju strateških vpogledov za MSP, centre za poklicno usposabljanje in oblikovalce politik, da bi pomagali uskladiti industrijsko preobrazbo z izobraževanjem in razvojem spretnosti

To poročilo je ključni sestavni del strateškega načrta za krepitev trajnosti in rasti napredne proizvodnje v Evropski uniji (EU) in zunaj nje. Združuje vpoglede iz treh osredotočenih raziskav - na **področju Pdm in vzdrževanja, SCM s poudarkom na načrtovanju dobička, S&OP, MPS, MRP, FCS/ICS procese (tako imenovani SCM 4.0 v tem poročilu) in uskladitev poklicnega izobraževanja in usposabljanja (PIU) z industrijskimi potrebami (BC)** - da bi ocenili, kako tehnološki in organizacijski premiki preoblikujejo ekosistem malih in srednje velikih podjetij (MSP) in centrov PIU, ki podpirajo Jih.

V poročilu je poudarjeno, kako digitalizacija in zeleni prehod preoblikujejo industrijske procese ter prinašajo priložnosti in izzive. Medtem ko digitalni in zeleni prehod hitro napredujeta v celotni industriji, pri čemer so velika podjetja pogosto vodilna pri sprejemanju tehnologij, kot so umetna inteligenca, digitalni dvojčki in napredna analitika, MSP zaradi omejenih finančnih in človeških virov potrebujejo **bolj iterativne, modularne pristope**. To predstavlja izziv za ustanove PIU, katerih naloga je pripraviti raznoliko študentsko telo na vse bolj zapleten trg dela. Kljub tej dihotomiji so centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje v edinstvenem položaju, da se odzovejo na razvijajoče se zahteve industrije z večjim **sodelovanjem, inovacijami in sistemsko integracijo**.

Ključne ugotovitve te sinteze vključujejo:

- **Sprejemanje digitalnih tehnologij:** MSP postopoma uvajajo tehnologije, kot so PdM sistemi v oblaku in platforme za upravljanje oskrbovalne verige, ki temeljijo na umetni inteligenci (AI). Vendar je implementacija neenakomerna zaradi pomanjkanja notranjih strokovnjakov, nezadostne infrastrukture in finančnih ovir.
- **Vrzeli v znanjih in spretnostih ter pripravljenost delovne sile:** Nujno so potrebna **tehnična znanja in spretnosti** (npr. analiza podatkov, internet stvari, umetna inteligenca, kibernetska varnost) ter **prečne in mehke spretnosti** (npr. prilagodljivost, sodelovanje, sistemsko razmišljanje). Ustanove PIU morajo te vrzeli odpraviti s prožnimi in hibridnimi pristopi k usposabljanju, ki pozivajo k tesnejšemu sodelovanju med industrijo in centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter avtonomni krepitvi vloge centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje po vsej Evropi.
- **Operativna in organizacijska preobrazba:** Digitalni in zeleni prehod preoblikujeta industrijske operacije, spodbujata kulturne premike v smeri agilnosti, medfunkcionalnega sodelovanja in odločanja na podlagi podatkov. Te spremembe zahtevajo ustrezne reforme pristopov k usposabljanju in razvoja delovne sile.
- **Prispevek k trajnosti:** Tehnologije PdM in SCM neposredno podpirajo zeleni prehod z izboljšanjem energetske učinkovitosti, zmanjšanjem odpadkov virov in omogočanjem praks



krožnega gospodarstva. Te tehnologije povečujejo tudi industrijsko odpornost in dolgoročno konkurenčnost.

- **Ovira pri implementaciji:** Pogoste ovire vključujejo visoke stroške izvajanja, odpornost na spremembe, razdrobljene podatkovne sisteme in pomisleke glede kibernetske varnosti. Potrebne so prilagojene strategije in podporni mehanizmi, ki bodo malim in srednjim podjetjem pomagali pri prehodu z eksperimentiranja na obsežno sprejetje.
- **Strateška priporočila:** Poročilo se zavzema za **boljšo usklajenost med industrijo in akademskim svetom, večje naložbe v centre za poklicno izobraževanje in usposabljanje** ter usklajene **pobude, ki skupaj obravnavajo cilje digitalizacije in trajnosti**. Vključevanje temeljnih tehnologij v učne načrte poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter skupni razvoj z MSP sta prav tako ključna dejavnika za pripravljenost na prihodnost.

Doseganje trajnostnega, robustnega in v prihodnost usmerjenega proizvodnega sektorja bo odvisno od sposobnosti **nemotenega vključevanja digitalnih in zelenih tehnologij** v industrijske dejavnosti, hkrati pa preoblikovanja izobraževalnih praks, da bi ustrezale spreminjajočim se zahtevam gospodarstva. To poročilo z usklajevanjem nastajajočih potreb industrije z inovativnimi strategijami poklicnega izobraževanja in usposabljanja, osredotočenimi na učence, določa **izvedljive ukrepe za povečanje pripravljenosti delovne sile, spodbujanje trajnostnih praks in izgradnjo odpornega industrijskega ekosistema za Evropo in svet**.



1. UVOD

1.1. NAMEN POROČILA

Namen tega poročila je prispevati k splošnemu cilju opredelitve strukture in metodologije za opazovanje in analizo tehnoloških trendov, zahtev po znanjih in spretnostih ter zaposlovanja v naprednem proizvodnem sektorju, da bi podprli prihodnji uspeh učencev v centrih za poklicno izobraževanje in usposabljanje po vsej Evropski uniji.

Temelji na ugotovitvah **tri področja opazovanja** v okviru projekta LCAMP – **PdM in področje vzdrževanja** (Pichoutou Pascal et al., 2025a), **SCM s poudarkom na Procesu načrtovanja dobička, S&OP, MPS, MRP, FCS/ICS (t. i. SCM 4.0 v tem poročilu)** (Pichoutou Pascal et al., 2025b) in **uskladitev poklicnega izobraževanja in usposabljanja s potrebami industrije** (Pablo Marino, 2025) - in jih sintetizira, da zagotovi enotno vizijo ključnih tehnoloških, operativnih in delovnih sil, ki preoblikujejo industrijske ekosisteme.

To poročilo daje poseben poudarek dvema temeljnima dinamikama preobrazbe napredne proizvodnje:

- digitalna **preobrazba**, ki zajema integracijo umetne inteligence, interneta stvari, podatkovne analitike in avtomatizacije v proizvodne procese in procese načrtovanja, ter
- **zeleni prehod**, ki spodbuja trajnostne prakse, učinkovito rabo virov in podnebno ozaveščene inovacije v operativnih strategijah.

V zvezi s tem poročilo raziskuje, kako **se mala in srednje velika podjetja (MSP)** trenutno odzivajo na te spremembe na področju opazovanja. Raziskuje njihove **prakse, izzive in stopnje pripravljenosti** z opazovanjem na terenu, analizo anket in dokumentacijo **resničnih poslovnih primerov**. Namen teh vpogledov je zagotoviti uporabna merila uspešnosti in strateške vpogleda za dve ključni ciljni skupini

- Za MSP: ponuja **pregled nastajajočih tehnologij, konceptov in orodij, ki se uporabljajo na področjih opazovanja, predvsem na področjih PdM in SCM**, kar omogoča izboljšanje učinkovitosti poslovnih procesov.
- Za ustanove PIU:
 - zagotoviti **strateška priporočila** za ustrezno prilagoditev učnih načrtov in institucionalnih strategij poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter
 - Usmerjati **politične in naložbene odločitve**, ki krepijo zmogljivosti centrov za usposabljanje za predvidevanje in odzivanje na spreminjajoče se potrebe delovne sile.

V središču te analize je zavezanost **inovacijam, osredotočenim na učenca**: opremljanje centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje z inteligenco in orodji, ki so potrebni za pripravo študentov ne le na trenutne zahteve trga dela, temveč tudi na prihodnost dela v **odpornih, trajnostnih in digitalno integriranih industrijskih okoljih**.



1.2. METODOLOGIJE

Metodologija, na kateri temelji to zbirno poročilo, sledi strukturiranemu okviru observatorija LCAMP, kot je opredeljen v procesnem ciklu observatorija (D3.1), katerega cilj je opredeliti, analizirati in potrditi nastajajoča poklicna področja v kontekstu napredne proizvodnje. Letošnji izbor napovednega vzdrževanja (PdM) in upravljanja dobavne verige (SCM) kot področij opazovanja je temeljil na medsektorski tehnološki ustreznosti in njuni močni usklajenosti z digitalno in zeleno preobrazbo, opredeljeno v delovnem paketu 7 (WP7) LCAMP.

Splošni pristop temelji na večstopenjski in večmetodski zasnovi, ki je omogočila kombinacijo kvantitativne industrijske analize, kvalitativnega sodelovanja v poklicnem izobraževanju in usposabljanju ter teritorialnih poglobljenih poglobitev:

Metodologija za poročila PdM in SCM

Sklopi raziskav PdM in SCM so sprejeli tehnološko usmerjen pristop, ki združuje:

- Strokovne razprave med državami s partnerji iz Francije, Nemčije, Švedske, Italije, Turčije in Slovenije za opredelitev prednostnih nalog;
- Celovit pregled literature znanstvenih publikacij, poročil o predvidevanju industrije in mednarodnih študij primerov;
- Triangulirano zbiranje podatkov, vključno z:
 - raziskave, namenjene MSP in centrom za poklicno izobraževanje in usposabljanje, da bi zbrali vpogled v uvajanje tehnologije, zrelost, vrzeli v delovni sili, potrebe po usposabljanju in naložbene ovire;
 - Polstrukturirani intervjuji z vodji podjetij in tehničnimi strokovnjaki;
- Obe so pregledali in potrdili strokovnjaki

Ti koraki so omogočili robustno pridobivanje vpogleda v operativne, organizacijske in delovne učinke uvajanja tehnologije, s potrditvijo s strani vseh partnerjev LCAMP, da se zagotovi metodološka skladnost.

Metodologija za poročilo BC (poslovne spremembe in izobraževanje)

Vzporedno s tem je bilo v poročilu BC (Business Change) uporabljena metodologija, ki temelji na terenu, osredotočena na izobraževanje, katere cilj je razumeti, kako se ustanove PIU odzivajo na spremembe v industriji. To je vključevalo:

- poglobljena regionalna študija v Baskiji, ki temelji na analizi razvoja delovnih mest v napredni proizvodnji LCAMP 2024;
- Intervjuji z 21 profesorji poklicnega izobraževanja in usposabljanja, od enoletnih inštruktorjev specializacije do mentorjev, vključenih v dualno usposabljanje in inovacijske projekte, za kartiranje pedagoških prilagoditvenih in inovacijskih praks;
- sodelovanje z 12 industrijskimi deležniki, vključno z MSP in tehnološkimi zagonskimi podjetji, da bi raziskali njihove potrebe po talentih in modele sodelovanja z izobraževanjem;
- Prispevek k raziskavi španskega združenja proizvajalcev obdelovalnih strojev (AFM) in dopolnilna raziskava o štirih izbranih poklicih;
- Uskladitev z ESCO in drugimi evropskimi okviri znanj in spretnosti, da se zagotovi doslednost pri analizi kvalifikacij in kompetenc.

Ta dvoplastna metodologija – evropska in regionalna – je omogočila celovito in vertikalno integrirano razumevanje, kako digitalni in zeleni prehod vplivata na ponudbo znanj in spretnosti ter povpraševanje po njih, zlasti v ekosistemi poklicnega izobraževanja in usposabljanja.

Z vključevanjem teh dopolnilnih metodologij to poročilo ponuja vseevropsko strateško **perspektivo in utemeljeno**, praktično usmerjeno lečo **v razvijajočo se dinamiko napredne proizvodnje**, kar zagotavlja ustreznost za oblikovalce politik in strokovnjake za usposabljanje.



1.3. KONTEKSTI IN TRŽNA DINAMIKA

V zadnjem desetletju je pospešeno sprejetje tehnologij industrije 4.0 temeljito preoblikovalo industrijske operacije, kar je poudarjeno na opazovanih področjih, zlasti na področju **vzdrževanja in napovednega vzdrževanja, upravljanja dobavne verige (SCM), CNC obdelave in nadzora kakovosti**. Te spremembe niso le tehnološke, temveč tudi organizacijske in strateške, saj na novo opredeljujejo poslovne modele, tržno dinamiko in pričakovanja delovne sile v celotnem evropskem naprednem proizvodnem ekosistemu.

Po **poročilu PdM** naj bi svetovni trg PdM, ocenjen na **10,93 milijarde USD v letu 2024**, do leta 2032 **presegel 70 milijard USD**, projekcije pa bodo do **leta 2033 presegle 100 milijard USD**. Ključni dejavniki vključujejo uvedbo **umetne inteligence, IoT, računalništva v oblaku in analitike na podlagi senzorjev**, ki omogočajo spremljanje stanja strojev v realnem času, proaktivne strategije vzdrževanja in optimizacijo stroškov življenjskega cikla. PdM je postal strateški dejavnik v sektorjih, kot so avtomobilska, vesoljska in industrijska proizvodnja, s hitrim sprejetjem v Severni Ameriki, Evropi in naraščajočim zagonom v azijsko-pacifiški regiji.

Kljub temu **poročilo PdM** razkriva tudi pomembne vrzeli. Medtem ko velika podjetja pogosto vodijo pri uvajanju napovednih tehnologij, **se MSP soočajo s strukturnimi omejitvami** – omejeno naložbeno zmogljivostjo, nezadostno digitalno pripravljenostjo in pomanjkanjem tehničnega strokovnega znanja –, ki upočasnjujejo njihovo uvajanje. Prehod z reaktivnega na napovedno vzdrževanje zahteva ne le tehnološke zmogljivosti, temveč tudi nove organizacijske modele in vloge delovne sile.

Hkrati poročilo SCM poudarja, kako so nedavni svetovni šoki - COVID-19, geopolitične napetosti, inflacija in podnebne motnje - razkrili ranljivosti v svetovnih dobavnih verigah. V odgovor podjetja vlagajo v **digitalna oskrbovalna omrežja (DSN)**, lokalne strategije nabave in tehnologije, kot so **blockchain, AI, digitalni dvojčki in napredni sistemi načrtovanja**, da bi dosegli prepoznavnost, agilnost in odpornost. SCM se razvija iz funkcije optimizacije stroškov v strateški **steber inovacij in trajnosti**, s posebnim poudarkom na **emisijah obsega 3**, krožnosti in predvidevanju tveganja.

Kljub temu **se evropska MSP trudijo držati korak**. V poročilu SCM so opredeljene trajne ovire, kot so:

- razdrobljeni obstoječi sistemi in omejena tehnološka interoperabilnost;
- finančne omejitve in visoki vstopni stroški za nova orodja;
- Vprašanja kibernetске varnosti in izzivi upravljanja podatkov;
- Notranji odpor do organizacijske in procesne transformacije.

Ti izzivi neposredno vplivajo na razvoj delovne sile. Ker vloge postajajo vse bolj podatkovno osredotočene in interdisciplinarne, se od delavcev pričakuje, da bodo združili tradicionalno znanje in izkušnje s spretnostmi na področju digitalnih orodij, systemskega razmišljanja in odločanja v realnem času.

Ti evropski trendi se odražajo in krepijo z ugotovitvami **iz regionalne študije primera v Baskiji**, kot je predstavljena v **poročilu BC**. Baskijski proizvodni ekosistem, ki vključuje močno mešanico MSP in inovacijsko usmerjenih podjetij, doživlja podobne strukturne spremembe. Glede na vpogled v poročilo BC je samo za leto 2024 v regiji predvidenih več kot **44,000 novih industrijskih zaposlitev**, pri čemer je **več kot 70%** osredotočenih na **proizvodne, vzdrževalne, kakovostne in inženirske vloge**. AFM Cluster poudarja nujno povpraševanje po **CNC operaterjih, vzdrževalnih tehnikih in kontrolorjih kakovosti**, ki so sposobni krmariti tudi po podatkovnih okoljih in medsebojno povezanih sistemih.

Intervjuji v baskovski regiji poudarjajo pritisk na **centre za usposabljanje**, da se odzovejo na zahteve po hibridnih spretnostih. Podjetja poročajo, da vloge postajajo vse bolj spremenljive, združujejo prej izolirane funkcije in zahtevajo strokovnjake, da se hitro prilagodijo med procesi. To



krepi pomen **prečnih kompetenc** – reševanja problemov, sodelovanja, prilagodljivosti – in **tehničnih digitalnih veščin**.

Te spremembe niso izolirane. Odražajo širši trend po vsej Evropi: zbliževanje digitalnega **in zelenega prehoda, ki spodbuja** nove standarde uspešnosti, organizacijske modele in zahteve po delovni sili. Kot kaže poročilo BC, **morajo centri za poklicno izobraževanje** in usposabljanje ne le slediti tem spremembam, temveč jih tudi predvideti – s prenovo učnega načrta, partnerstvi z industrijo in prožnimi učnimi potmi.

V tem okviru ima **observatorij LCAMP** strateško vlogo pri utrjevanju vpogledov z različnih ozemelj, potrjevanju tehnoloških signalov in podpiranju usklajevanja sistemov poklicnega izobraževanja in usposabljanja z dinamiko nastajajočih trgov. Z združevanjem predvidevanja na makro ravni s podatki na terenu iz regij, kot je Baskija, to poročilo zagotavlja celovito sliko o tem, kako **se razvija napredna proizvodnja in kako se morata z njo razvijati izobraževanje in usposabljanje**.



2. NASTAJAJOČE TEHNOLOGIJE

Digitalna preobrazba industrije temelji na nizu naprednih tehnologij, ki preoblikujejo napredno proizvodnjo prek nabora ključnih omogočitvenih tehnologij. Te inovacije ne le izboljšujejo učinkovitost, temveč tudi usklajujejo delovanje z okoljskimi in trajnostnimi cilji. Na podlagi poročil o PdM, SCM in BC to poglavje ponuja pregled najpomembnejših tehnologij na opazovanih področjih.

- **Internet stvari (IoT):** IoT igra temeljno vlogo na številnih področjih. Fizična sredstva povezuje z digitalnimi sistemi s pomočjo senzorjev in naprav ter postaja temelj za pridobivanje podatkov na številnih področjih.
Dodana vrednost IoT je v njegovi sposobnosti ustvarjanja podrobnih podatkov v realnem času z nizkimi stroški. Vendar pa izzivi vključujejo kalibracijo senzorjev, omrežno integracijo, tveganja kibernetске varnosti in preobremenitev podatkov brez ustreznega filtriranja ali analitike.
- **Računalništvo v oblaku in robno računalništvo:** Te tehnologije podpirajo shranjevanje, obdelavo in analitiko podatkov v porazdeljenih okoljih:
 - Računalništvo v oblaku omogoča MSP dostop do naprednih orodij, kot so platforme za napovedno analitiko, nadzorne plošče za spremljanje v realnem času, sistemi za načrtovanje sodelovanja in razširljiva rešitev za shranjevanje podatkov - brez potrebe po pomembni infrastrukturi na mestu uporabe. Platforme v oblaku združujejo podatke, zagotavljajo zmogljivosti umetne inteligence in gostijo nadzorne plošče, ki podpirajo decentralizirano odločanje.
 - Robno računalništvo omogoča obdelavo blizu vira podatkov, zmanjšuje zakasnitev in odvisnost od omrežja, kar je ključnega pomena za potrebe odzivov v realnem času. Podpira tudi lokalne operacije v skladiščih ali proizvodnih linijah.

Platforme v oblaku ponujajo razširljivost in interoperabilnost, medtem ko rob zagotavlja avtonomijo in hitrost. Glavne omejitve so varnost podatkov, sistemska integracija in zanesljivost storitev - zlasti tam, kjer je infrastruktura krhka.

- **Digitalni dvojčki:** Digitalni dvojček posnema fizični proces ali sistem v virtualnem okolju in praktično predstavlja fizična sredstva, sisteme ali procese. Združujejo podatke senzorjev, zgodovinske zapise in napovedi, ki temeljijo na umetni inteligenci, da simulirajo vedenje v resničnem svetu.
Digitalni dvojčki ponujajo pomembno dodano vrednost s povezovanjem resničnih in virtualnih operacij. Njihove omejitve vključujejo kompleksnost modeliranja, visokokakovostne potrebe po podatkih in integracijo s starejšimi sistemi.
- **Umetna inteligenca (AI):** AI hitro postaja hrbtenica napovednih sistemov na velikih področjih. Omogoča sistemom, da se učijo iz podatkov, prepoznavajo zapletene vzorce, napovedujejo in podpirajo odločanje. AI omogoča prehod od avtomatizacije, ki temelji na pravilih, k sistemom, ki se lahko učijo, prilagajajo in optimizirajo odločitve. Industriji daje moč za optimizacijo vzdrževalnih ciklov, poenostavitev proizvodnih procesov in povečanje odzivnosti v oskrbovalni verigi.

Široko področje umetne inteligence zajema vrsto naprednih metod in arhitektur. Naslednji pregled poudarja ključne kategorije - strojno učenje in globoko učenje, nevronske mreže in transformatorji, generativna umetna inteligenca in povečanje podatkov, **NLP in pogovorna umetna inteligenca**, razložljiva umetna inteligenca (XAI) in razložljivo strojno učenje (iML), **algoritmi za združevanje za optimizacijo** in optimizacijski algoritmi - vsaka ima posebno vlogo pri omogočanju napovednega, prilagodljivega in preglednega odločanja v industrijskih kontekstih.



Strojno učenje (ML) in globoko učenje (DL)

Modeli ML - kot so odločitvena drevesa, naključni gozdovi in podporni vektorski stroji (SVM) – se široko uporabljajo na različnih področjih. Prispevajo k napovedovanju obrabe opreme, razvrščanju okvar komponent, napovedovanju nihanj v povpraševanju ter optimizaciji zalog in razporejanja.

- Odločitvena drevesa omogočajo razlagalno odločanje, ki temelji na pravilih.
- Naključni gozdovi, kot ansambli dreves odločanja, izboljšujejo natančnost napovedovanja z združevanjem več dreves.
- SVM se uporabljajo pri nalogah razvrščanja (npr. segmentacija zalog) in regresijskih modelih (npr. napovedovanje povpraševanja), ki so učinkoviti v visokodimenzionalnih naborih podatkov.
- Dodana vrednost: Visoka natančnost in prilagodljivost v strukturiranih okoljih.
- Omejitve: zahteva velike, visokokakovostne nabore podatkov in prilagajanje parametrov.

Nevronske mreže in transformatorji

Nevronske arhitekture – vključno s ponavljajočimi se nevronskimi mrežami (RNN) in mrežami z dolgim kratkoročnim spominom (LSTM) – so še posebej primerne za napovedovanje časovnih vrst in napovedno razporejanje. Ključne so pri modeliranju proizvodnih potreb, vzdrževalnih ciklov ali nabavnih trendov.

- Transformatorski modeli (npr. BERT, GPT) se uporabljajo za kompleksno besedilno analizo, kot je razlaga poročil ali razčlenjevanje pogodb.
- Dodana vrednost: Obravnavajte zaporedne odvisnosti in nestrukturirane podatke z visoko napovedno močjo.
- Omejitve: Intenzivno in težko interpretirano brez posebnih orodij.

Generativna umetna inteligenca in povečanje podatkov

Veliki jezikovni modeli (LLM), kot sta BERT in GPT, obdelujejo velike podatkovne nize in zaznavajo anomalije v razporejanju v realnem času. Še posebej so učinkoviti pri obravnavi dolgoročnih odvisnosti v podatkih, zaradi česar so primerni za:

- Dinamične prilagoditve razporedov
- Generiranje sintetičnih podatkov o okvarah, kar rešuje problem pomanjkanja zgodovinskih podatkov o napakah in omogoča robustne modele tudi v pogojih omejenih zgodovinskih nizov.
- Izboljšano učenje AI modelov s simulacijo redkih, a ključnih dogodkov.
- Generiranje naravnega jezika, npr. za povzemanje zapisov o vzdrževanju, ustvarjanje delovnih nalogov ali pripravo navodil za tehnike.
- Dodana vrednost: Omogoča uporabo umetne inteligence tudi v okoljih z malo podatki ter izboljšuje sposobnost posploševanja modelov.
- Omejitve: Zahteva zanesljive učne okvire in mehanizme validacije modelov.

NLP in pogovorna umetna inteligenca

Obdelava naravnega jezika (NLP) omogoča umetni inteligenci razčlenjevanje nestrukturiranih podatkov, kot so e-poštna sporočila, dnevniki klepetov ali opombe tehnikov:

- Klepetalni roboti (chatboti) poenostavljajo komunikacijo z dobavitelji.
- Prepoznavanje imenovanih entitet (NER) omogoča izločanje strukturiranih podatkov iz besedil.
- Tematsko modeliranje (LDA) in analiza sentimenta pomagata pri zaznavanju tveganj in upravljanju delovne sile.
- Dodana vrednost: Avtomatizira pridobivanje znanja in komunikacijske procese.
- Omejitve: Občutljiv na jezikovne nianse in vprašanja varstva podatkov.



Razložljiva umetna inteligenca (XAI) in strojno učenje z možnostjo interpretacije (iML)

Integracija umetne inteligence (AI), interneta stvari (IoT) in vmesnikov med človekom in strojem povezuje strojno in programsko opremo za optimizacijo avtomatiziranih poslovnih procesov. Z razvojem proti Industriji 5.0 se poudarek premika od delovanja osredotočenega na stroje k AI, osredotočeni na posameznika, kjer tehnologije umetne inteligence podpirajo človeško odločanje za večjo produktivnost.

Vendar pa učinkovita uvedba umetne inteligence v veliki meri temelji na razpoložljivosti kakovostnih podatkov, usposobljenem strokovnem kadru za razvoj in vzdrževanje modelov ter na zaupanju uporabnikov v rezultate sistema. Za številna mala in srednje velika podjetja (MSP) ti pogoji še vedno predstavljajo oviro – zlasti v odsotnosti zunanjih podpornih struktur ali modularnih, enostavno vključljivih rešitev.

Za reševanje pomislekov glede zaupanja in uporabnosti se uveljavljajo novi pristopi, ki umetno inteligenco naredijo bolj pregledno in dostopno z uporabo rešitev za razložljivost in interpretabilnost:

- XAI (npr. SHAP, LIME) povečuje zaupanje uporabnikov z jasnimi razlagami o tem, kako sistemi umetne inteligence pridejo do svojih zaključkov. To operaterjem pomaga razumeti razloge za odločitve, ki jih ustvari umetna inteligenca, spodbuja zaupanje in olajšuje sprejetje.
- iML uporablja po naravi razložljive modele, kot so odločitvena drevesa, splošni aditivni modeli (GAMs) in razložljivi modeli z ojačitvijo (EBMs). iML zagotavlja, da so uporabljeni odločitveni modeli že v osnovi transparentni in razložljivi. Z omogočanjem uporabnikom, da sledijo logiki za napovedmi ali priporočili, iML prispeva k odgovornejši in bolj nadzorovani integraciji umetne inteligence v operativna okolja.
- Dodana vrednost: Povečuje preglednost, podpira skladnost s predpisi.
- Omejitve: zahteva prilagajanje določenim arhitekturam modelov.

Algoritmi za razvrščanje za optimizacijo

Umetna inteligenca (AI) uporablja tehnike gručenja za izboljšanje načrtovanja, razvrščanja in razporejanja:

- K-Means, DBSCAN (gručenje na podlagi gostote z obravnavo šuma) in Gaussove mešanice (GMM) so pogosto uporabljeni algoritmi nenadzorovanega učenja za združevanje podobnih podatkovnih točk.
- Dodana vrednost: Avtomatizira razvrščanje, povečuje učinkovitost procesov.
- Omejitve: Občutljivost na odstopajoče vrednosti, potreba po prilagoditvi parametrov.

Optimizacijski algoritmi

Optimizacija, podprta z umetno inteligenco, se uporablja za uravnoteženje kompleksnih problemov razporejanja virov:

- Genetski algoritmi (GA): Večciljno načrtovanje in uravnoteženje virov.
- Optimizacija z mravljiščem (ACO): Dinamično usmerjanje in zaporedje.
- Optimizacija z rojem delcev (PSO): Prilagodljivo uravnoteženje delovne obremenitve in načrtovanje nabave.

Če povzamemo, so te metode ključne pri načrtovanju proizvodnje, usklajevanju nabave in logistiki.

- Dodana vrednost: Rešuje težave z dodeljevanjem v realnem času v velikem obsegu.
- Omejitve: Visoko računsko povpraševanje in občutljivost na nastavitve parametrov.

- **Kibernetska varnost:** Kibernetska varnost ni le tehnična skrb, temveč temeljni element zaupanja v digitalne sisteme. Ker se zanašanje na umetno inteligenco, oblak in internet stvari povečuje, je zagotavljanje trdne kibernetske odpornosti bistvenega pomena – zlasti za mala in srednja podjetja, ki morda nimajo potrebne infrastrukture ali strokovnega znanja. Ti napredki uvajajo ranljivosti, zaradi česar so industrijski nadzorni sistemi (ICS) in



infrastrukture operativne tehnologije (OT) bolj dovzetni za kibernetiske napade. Poročila poudarjajo tri glavna tveganja:

- **Napredne trajne grožnje (APT)**, ki ciljajo na občutljive podatke dobaviteljev ali logistike.
- **Zastrupitev dobavne verige**, kjer se zlonamerne komponente vnesejo med zgornjimi procesi.
- **Kršitve podatkov**, ki povzročajo motnje v delovanju in škodo ugledu.

Za ublažitev teh tveganj se pobude, kot je DETECTA 2.0, osredotočajo na vključevanje ukrepov kibernetiske varnosti v PdM, kar povečuje odpornost malih in srednje velikih podjetij (MSP).

- **Blockchain:** Čeprav je njegovo sprejetje med MSP še v začetku, je blockchain opredeljen kot obetavna rešitev za sledljivost, preglednost, celovitost podatkov v decentraliziranih sistemih in upravljanje pogodb ter strateški dejavnik za kibernetisko varnost, ki ponuja nespremenljive in decentralizirane evidence transakcij. Dodana vrednost veriženja blokov je v preglednosti in zaupanju. Vendar pa je še vedno zapleten za izvajanje in zaradi tehničnih in stroškovnih ovir še ni široko sprejet v okoljih MSP.



3. UČINKI TRENDOV DIGITALNEGA IN ZELENEGA PREHODA NA MSP

3.1. TEHNOLOŠKI PREMIIKI NA PODROČJU OBRESTOVANJA

Na podlagi predhodno opisanih naprednih tehnologij se v nadaljevanju osredotočamo na njihove konkretne aplikacije na področjih, obravnavanih v poročilih PdM, SCM in BC. Ta nabor naprednih tehnologij preoblikuje področji napovednega vzdrževanja (PdM) in upravljanja oskrbovalne verige (SCM). Čeprav se ti področji razlikujeta po obsegu in operativni logiki, digitalne tehnologije niso več zgolj orodja, temveč gonilo novih industrijskih praks.

Uvedba naprednih tehnologij v okviru napovednega vzdrževanja (PdM) in upravljanja oskrbovalne verige (SCM) kaže, da se ti področji – kljub različnim poslovnim ciljem – vse bolj zanašata na skupne tehnologije in modele inovacij. Skupna jim je vse večja odvisnost od umetne inteligence (AI), interneta stvari (IoT), računalništva v oblaku in digitalnih dvojčkov. Te tehnologije ne omogočajo le avtomatizacije, temveč na novo definirajo načine odločanja, razporejanja virov in optimizacije učinkovitosti.

Tehnologije PdM se uporabljajo predvsem za napovedovanje okvar opreme, povečanje razpoložljivosti strojev in zmanjševanje nepredvidenih posegov. V celoti spreminjajo način, kako podjetja spremljajo, vzdržujejo in servisirajo opremo. IoT senzorji omogočajo spremljanje stanja v realnem času. Umetna inteligenca omogoča zgodnje odkrivanje obrabe in tveganj okvar. Digitalni dvojčki simulirajo obratovalno vedenje, platforme v oblaku pa združujejo in analizirajo velike količine podatkov.

Tehnologije SCM se po drugi strani uporabljajo pri napovedovanju, planiranju, razporejanju in usklajevanju dobavnih omrežij. Premik je razviden iz vse pogostejše uporabe AI za napovedovanje povpraševanja in analizo tveganj, IoT za sledenje sredstev in pošilk ter oblačnih sistemov za sinhronizacijo operacij med dobavitelji in strankami. Procesi SCM – povezani z načrtovanjem, izvedbo in spremljanjem – se na novo oblikujejo, da bi izkoristili digitalne zmožnosti za večjo agilnost in odpornost.

3.1.1. TEHNOLOŠKA PRIPOVED IN STRATEŠKA OSREDOTOČENOST

Medtem ko se aplikacije PdM osredotočajo na notranjo zmogljivost, zanesljivost sistema in optimizacijo stroškov, aplikacije SCM poganjajo usklajevanje omrežja, prilagodljivost in trajnost. To odraža različne pripovedi:

- PdM daje prednost neprekinjenemu delovanju in odličnosti procesov, s ciljem ničelnih nenačrtovanih izpadov in stroškovne učinkovitosti pri vzdrževanju.
- SCM poudarja agilnost, celovito usklajevanje in odpornost, zlasti na nestanovitnih trgih ali regulativnih kontekstih.

Obe domeni se približujeta bolj avtonomnim, razločljivim in storitvenim sistemom. Vendar se njihove poti uvedbe razlikujejo:

- Velika podjetja vodijo z integrirano umetno inteligenco in platformami digitalnih dvojčkov.



- MSP, čeprav se počasi sprejemajo, kažejo potencial z modularnimi rešitvami, storitvami v oblaku in sodelovalnimi ekosistemi.

3.1.2. TEHNOLOGIJE V NAPOVEDNEM VZDRŽEVANJU

Prediktivno vzdrževanje se hitro razvija od tradicionalnih časovno in reaktivnih pristopov vzdrževanja do modelov, ki temeljijo na podatkih in stanju. Ta premik je v veliki meri mogoč z uvedbo zgoraj opisanih digitalnih tehnologij, kot je opisano spodaj.

Internet stvari (IoT)

Naprave IoT zbirajo podatke v realnem času iz strojev in omogočajo neprekinjeno spremljanje s sledenjem ključnih parametrov, kot so vibracije, temperatura, tlak, poraba energije, in ravni mazanja. Ti podatki se vnašajo v napovedne modele za odkrivanje anomalij in proaktivno načrtovanje vzdrževanja.

Ti podatki so ključnega pomena za spremljanje stanja in se vnašajo neposredno v modele AI in diagnostične platforme.

IoT pomaga predvideti napake, preden vplivajo na proizvodnjo, in omogoča oddaljeni nadzor.

Računalništvo v oblaku in na robu

Platforme v oblaku podpirajo razširljive nadzorne plošče za shranjevanje podatkov, analitiko in vzdrževanje, kar malim in srednje velikim podjetjem omogoča izvajanje PdM brez gradnje lastne IT infrastrukture. Podpirajo razvoj PdM-as-a-Service (PdMaaS).

Robno računalništvo obdeluje podatke na ravni opreme, kar omogoča odločitve v realnem času in zmanjšuje zakasnitve, kar je ključnega pomena v hitrih proizvodnih okoljih.

Digitalni dvojčki

Digitalni dvojčki simulirajo dinamično obnašanje sredstev, podpirajo analize in napovedi življenjskega cikla.

Uporabljajo se v kombinaciji s programsko opremo PdM, zagotavljajo vpogled v stresne dejavnike, porabo energije in pričakovani čas do odpovedi.

Te simulacije pomagajo optimizirati preventivne posege in načrtovanje rezervnih delov.

Umetna inteligenca (AI)

Pri vzdrževanju se umetna inteligenca uporablja za izdelavo napovednih modelov, ki napovedujejo okvare opreme, odkrivajo nepravilnosti in priporočajo optimizirane vzdrževalne ukrepe.

Glede na kontekst se uporabljajo različni pristopi umetne inteligence:

- Strojno učenje (ML): Algoritmi ML se pogosto uporabljajo v PdM za napovedovanje napak, odkrivanje anomalij in analizo trendov. Ti sistemi se sčasoma izboljšujejo z učenjem iz zgodovinskih podatkov.
- Globoko učenje (DL): Podmnožica ML, DL se uporablja v PdM za obdelavo podatkov senzorjev in zaznavanje subtilnih vzorcev, na primer pri vibracijah, temperaturnih spremembah ali odčitkih tlaka.
- Veliki modeli strojnega učenja (LMM): Ti modeli vključujejo obsežne nabore podatkov in ponujajo razširljive vpoglede. V PdM LMM pomagajo interpretirati kompleksne podatke z več senzorji.
- Generativni AI / veliki jezikovni modeli (LLM): V PdM LLM ponujajo nov vmesnik za tehnike, tako da omogočajo interakcijo naravnega jezika z diagnostičnimi orodji ali navodili za



vzdrževanje. Lahko povzamejo zgodovinske dnevnike vzdrževanja ali odgovarjajo na postopkovna vprašanja.

Zaupanje in uporabnost:

- Razložljiva umetna inteligenca (XAI): v PdM se tehnike XAI, kot so GradCAM, DIFI in ARCANA, uporabljajo za pomoč operaterjem pri razumevanju, zakaj je model AI označil komponento kot okvarjeno. Te metode poudarjajo, katere spremenljivke (npr. vibracije, temperatura) so najbolj prispevale k napovedi anomalije ali okvare. Na primer, DIFI razvršča funkcije, ki povzročajo odkrivanje anomalij v podatkih časovnih vrst, medtem ko ARCANA identificira temeljne vzroke z analizo napak pri rekonstrukciji v modelih, ki temeljijo na samodejnem kodirniku. Takšna orodja krepijo zaupanje in omogočajo bolj informirano odločanje.
- Razlagalno strojno učenje (IML): v PdM se IML osredotoča na uporabo preglednih modelov, kot so Decision Trees, LionForests in Explainable Boosting Machines (EBM), ki ponujajo jasno logiko in napovedi, ki temeljijo na pravilih. Na primer, LionForests iz naključnih gozdov ustvarijo človeško berljiva pravila IF-THEN za razlago klasifikacij napak, medtem ko EBM prikazujejo, kako vsaka vhodna funkcija prispeva k rezultatom vzdrževanja. Te metode pomagajo operaterjem in inženirjem izslediti razloge za napovedi, kar podpira odgovorno integracijo umetne inteligence v industrijskih okoljih.

Veriga blokov:

V PdM se blockchain redko uporablja, vendar lahko podpira varno beleženje vzdrževalnih operacij ali zamenjavo delov za garancijo in sledljivost.

Kibernetska varnost

PdM poudarja zaščito strojnih podatkov in kontinuiteto delovanja.

Vpogledi v študijo primera

Dva primera, opisana v poročilu PdM, sta razvoj napovednega vzdrževanja (PdM) od reaktivnih, časovno zasnovanih modelov do naprednih podatkovno vodenih sistemov. Poudarja, kako umetna inteligenca, kakovostna integracija in modularna avtomatizacija preoblikujejo strategije PdM. Ti dve študiji primerov ponazarjata uvajanje najsodobnejših modelov in njihove praktične koristi v različnih panogah.

- Primer 1 – izboljššan PdM z uporabo integracije kakovosti izdelkov
 - Uporabljene metode:
 - Integracija ML in kakovosti izdelkov za PdM
 - Razvoj trisopenjskega okvira z **91%** natančnostjo .
 - Rezultati:
 - Vakuumski mešalni stroj je bil opredeljen kot najbolj kritičen element, ki vpliva na PQ (85% vseh odpadkov)
 - Okvir je pokazal, da napovedovanje potreb po vzdrževanju na podlagi razlik v kakovosti izdelkov vodi do znatnih prihrankov pri stroških in izboljšane učinkovitosti.
 - Finančni učinek:
 - 50-odstotno zmanjšanje stroškov izpadov stroja.
 - 64-odstotno zmanjšanje stroškov, povezanih z odpadki.
- Primer 2 - Zaznavanje anomalij v indukcijskih motorjih z uporabo podatkov IoT v realnem času
 - Uporabljene metode:
 - Študija je primerjala tri algoritme ML na podlagi njihove občutljivosti, specifičnosti in časa sklepanja (povprečna uspešnost v naborih podatkov za validacijo in testiranje).
 - Rezultati:



- Študija je uspešno razvila poceni sistem napovednega vzdrževanja v realnem času z uporabo senzorjev IoT in algoritmov ML za odkrivanje anomalij v indukcijskih motorjih.

3.1.3. TEHNOLOGIJE V UPRAVLJANJU DOBAVNE VERIGE

V SCM je digitalna preobrazba osredotočena na izboljšanje agilnosti, prepoznavnosti in odzivnosti v celotni vrednostni verigi. Kot je opisano spodaj, se tehnologije uporabljajo na vseh ravneh, analiziranih na področju opazovanja v okviru načrtovanja in izvedbe SCM.

Internet stvari (IoT)

Senzorji IoT podpirajo operativno izvajanje z omogočanjem:

- Sledenje pošilk in zabojnikov v realnem času,
- Nadzor pogojev v skladišču (npr. temperaturno občutljivo blago),
- Avtomatizacija štetja zaloga in sprožilcev za dopolnitev.

Podpira vidljivost v realnem času, opozarjanje in sledljivost.

IoT velja za omogočitveno tehnologijo in je že standardna v mnogih velikih podjetjih. Pilotni rezultati na primer kažejo, da lahko spremljanje na podlagi IoT v proizvodnih omrežjih zmanjša odpadke materialov za 12–20 %.

Računalništvo v oblaku

Platforme v oblaku zagotavljajo hrbtenico za integracijo sistemov načrtovanja in orodij za vidljivost dobavne verige:

- Sistemi v oblaku gostijo nadzorne plošče, KPI-je v realnem času in vmesnike za načrtovanje sodelovanja.
- Uporablja se za sinhronizacijo podatkovnih tokov med oddelki in zunanjimi partnerji (dobavitelji, prevozniki, stranke), omogoča izmenjavo podatkov med omrežji in podpira decentralizirano odločanje.

Robni računalniški sistemi lahko podpirajo lokalne operacije v skladiščih ali proizvodnih linijah.

Digitalni dvojčki

Medtem ko se digitalni dvojčki še vedno pojavljajo v SCM, so navajeni za:

- Simulirajte omrežja dobavne verige in proizvodne tokove,
- Ocenite spremembe zmogljivosti ali motnje v dobavi,
- Preskus vpliva trajnostnih ukrepov ali odstopanj v času izvedbe.

Pogosto so povezani s kontrolnimi stolpi, ki zagotavljajo "pogled iz pilotske kabine" na operacije SCM.

Veriga blokov:

V SCM blockchain pomaga spremljati izvor in gibanje blaga, preverjati skladnost in avtomatizirati transakcije s pametnimi pogodbami. Še posebej je uporaben v reguliranih panogah ali dobavnih verigah s certifikatom trajnosti. Ponuja varno in pregledno izmenjavo podatkov za zagotavljanje skladnosti s pogodbami.

Kibernetska varnost

Kibernetska varnost v SCM, ki je bila opredeljena kot osrednji steber digitalnih strategij in ena od glavnih skrbi podjetij v raziskavi SCM, saj jo je 100 % srednjih podjetij in 60 % malih podjetij ocenilo kot "kritično", je bila opredeljena kot visoko tveganje v kompleksnih ekosistemih dobaviteljev in opozarja na blockchain kot obetavno rešitev.



Umetna inteligenca (AI)

Umetna inteligenca omogoča pametno napovedovanje, obvladovanje tveganj in sinhronizacijo načrtovanja:

- v SCM podpira napovedovanje, optimizacijo zalog, dinamično vodenje zalog, načrtovanje in razporejevanje. Po poročilu SCM je bila umetna inteligenca omenjena v 9 od 31 primerov uporabe in je privedla do 15-odstotnega zmanjšanja logističnih stroškov in 35-odstotnega izboljšanja natančnosti zalog. Kljub temu je uvajanje umetne inteligence med MSP še vedno omejeno, vendar je njen strateški potencial splošno priznan. Glede na kontekst se uporabljajo različni pristopi umetne inteligence:
 - Strojno učenje (ML): V SCM se ML uporablja za napovedovanje, oceno tveganja in prilagodljivo načrtovanje. Ti sistemi se sčasoma izboljšujejo z učenjem iz zgodovinskih podatkov.
 - Globoko učenje (DL): Podmnožica ML, v SCM, DL lahko podpira prepoznavanje slik (npr. Za kakovost izdelka) in ekstrakcijo vzorcev iz velikih naborov podatkov.
 - Modeli velikega strojnega učenja (LMM): V SCM podpirajo globalno napovedovanje povpraševanja in optimizacijo omrežja.
 - Generativni AI / veliki jezikovni modeli (LLM): V SCM lahko podpirajo avtomatizacijo dokumentov ali klepetalnice za pomoč strankam.

Za odpravo pomislekov glede zaupanja in uporabnosti se pojavljajo novi pristopi za večjo preglednost in dostopnost umetne inteligence:

- Razložljiva umetna inteligenca (XAI): v SCM sistemi za obvladovanje tveganj vse pogosteje uporabljajo **metode XAI**, kot so **SHAP**, **LIME** in **GradCAM**, da pojasnijo, kako modeli AI sprejemajo odločitve - na primer razvrščanje dobaviteljev na podlagi dobavnih rokov, uspešnosti ESG ali stroškov. Ta orodja pomagajo zainteresiranim stranem razumeti in zaupati avtomatiziranim napovedim ali ocenam, zaradi česar so priporočila, ki temeljijo na umetni inteligenci, preglednejša in sprejemljivejša za nosilce odločanja.
- Razlagalno strojno učenje (IML): Pri napovedovanju in logistiki **se modeli IML**, kot **so drevesa odločanja, razložljivi stroji za pospeševanje (EBM)** in **GAM**, uporabljajo za zagotavljanje jasne in sledljive logike za priporočila za načrtovanje. Na primer, **DIFFI** in **LionForests** pomagata prepoznati temeljne vzroke anomalij ali motenj v dobavni verigi, kar zagotavlja, da so odločitve razložljive in preverljive, kar je še posebej pomembno za regulirane panoge ali procese skupnega načrtovanja.

Uporabo umetne inteligence, ki jo uporabimo za ravni SCM, opredeljene na področju opazovanja, lahko povzamemo na naslednji način:

- Načrtovanje dobička (PP): AI simulira finančne rezultate in podpira načrtovanje scenarijev.
- Načrtovanje prodaje in operacij (S&OP): AI optimizira napovedovanje povpraševanja, kar omogoča boljše usklajevanje med napovedmi prodaje in proizvodnimi načrti.
- Glavno načrtovanje proizvodnje (MPS) & MRP: AI izračuna optimalne količine proizvodnje in nabave v negotovosti.
- Razporejanje končne / neskončne zmogljivosti (FCS/ICS): algoritmi, ki jih poganja umetna inteligenca, izboljšajo dodeljevanje in zaporedje virov.

Povečanje zmogljivosti:

Nekateri primeri uporabe SCM, ki vključujejo umetno inteligenco, kažejo do 15-odstotno zmanjšanje logističnih stroškov in 35-odstotno izboljšanje ravni zalog.



3.1.4. NASTAJAJOČI OPERATIVNI IN INOVACIJSKI MODELI

Poleg tehnologij pridobivajo na oprijemu tudi novi operativni modeli:

- Platformsko sodelovanje med MSP in ponudniki storitev (npr. platforme PdM ali integrirani logistični kontrolni stolpi SCM).
- Storitveno usmerjene arhitekture, ki zmanjšujejo potrebe po notranji infrastrukturi. Na primer, PdMaaS (napovedno vzdrževanje kot storitev) omogoča podjetjem, zlasti malim in srednjim podjetjem, da prenesejo napovedne zmogljivosti v zunanje izvajanje, ne da bi imeli v lasti infrastrukturo. Je stroškovno učinkovit in običajno zagotavlja prek platform v oblaku ali proizvajalcev originalne opreme, ki združujejo diagnostiko z opremo (Equipment-as-a-Service).
- Testne naprave in javno-zasebna partnerstva, ki MSP pomagajo pri eksperimentiranju pri zmanjševanju tveganja.

Poročilo o tehnologiji blockchain ponuja tudi konkretne primere MSP, ki prek regionalnih ekosistemov dostopajo do skupne digitalne infrastrukture, vgrajenih storitev ali modulov usposabljanja. Ti modeli in ekosistemi zagotavljajo skupni dostop do infrastrukture, usposabljanja in podpornih storitev, zlasti v regijah z aktivnimi industrijskimi grozdi, ki imajo ključno vlogo pri zagotavljanju dostopa do vrhunskih tehnologij manjšim akterjem.

3.2. PRISPEVKI ZA ZELENI PREHOD

Digitalna preobrazba v vnaprejšnji proizvodnji in področja, opažena v treh poročilih, so tesno prepletena z zelenim prehodom. Opisane tehnologije niso le dejavniki operativne učinkovitosti, temveč tudi močni vzvodi za okoljsko učinkovitost. V tem poglavju je povzeto, kako napredne tehnologije, ki se uporabljajo za opazovane dejavnosti, prispevajo k trajnostnim ciljem – z zmanjševanjem emisij, optimizacijo virov in podpiranjem praks krožnega gospodarstva – ter kako so usklajene s širšimi političnimi in regulativnimi okviri.

3.2.1. TRAJNOST: PRILOŽNOST IN OBVEZNOST

Poročili PdM in SCM poudarjata dvojno pripoved o trajnosti:

- V kontekstu PdM je trajnost opredeljena kot gonilo inovacij in učinkovitosti. Prispeva k izboljšanju delovanja, znižanju stroškov in povečanju konkurenčnosti – s čimer postane samoskrbno izboljšanje.
- V kontekstu SCM je trajnost tudi regulativna zahteva. Podjetja morajo izpolnjevati ESG kriterije (okoljski, družbeni in upravljavski vidiki), cilje Evropskega zelenega dogovora ter nove zakonodajne okvire (npr. dolžna skrbnost v dobavnih verigah, spremljanje emisij po obsegu 3 – Scope 3).
- V skupnem kontekstu MSP je povezovanje digitalne preobrazbe z okoljskimi cilji še vedno premalo razvito. Mnoga mala in srednja podjetja (MSP) nimajo potrebnega strokovnega znanja na področju trajnostnega upravljanja, zlasti pri uporabi systemskega razmišljanja v krožnem gospodarstvu. Čeprav se okoljski cilji vse bolj sporočajo, še vedno obstaja velika vrzel v praktičnih pristopih k usposabljanju, ki vključujejo ekološke vidike v poslovne operacije in programe razvoja zaposlenih.

To ustvarja strateško priložnost in obveznost skladnosti: digitalne tehnologije podjetjem omogočajo, da predvidijo in izpolnjujejo vse strožje okoljske zahteve, hkrati pa se pozicionirajo kot vodilni na področju zelenih inovacij.



3.2.2. PDM KOT KATALIZATOR ZA OKOLJSKO UČINKOVITOST

Poročilo PdM uokvirja napovedno vzdrževanje kot strategijo, ki je koristna za vse: izboljšuje operativno uspešnost in hkrati spodbuja trajnostne cilje. Njeni okoljski prispevki so oprijemljivi in merljivi:

- Zmanjšana poraba energije: Z zgodnjim odkrivanjem neučinkovitosti in vzdrževanjem strojev v optimalnih pogojih delovanja se PdM izogne zapravljanju energije.
- Manjši materialni odpadki: Načrtovano vzdrževanje na podlagi dejanskih potreb zmanjšuje nujna popravila in prezgodnje zamenjave delov, kar zmanjšuje uporabo rezervnih delov in surovin.
- Podaljšana življenjska doba sredstev: zgodnje odkrivanje in odpravljanje napak pomaga podaljšati uporabno življenjsko dobo opreme, kar je v skladu s cilji krožnega gospodarstva.
- Optimizirana logistika in emisije iz prometa: Preprečevanje okvar pomeni manj nenačrtovanih posegov in nujne dobave rezervnih delov, kar vodi do manjših emisij, povezanih z logistiko.
- Podpora krožnemu gospodarstvu: PdM olajšuje ponovno uporabo in obnovo, zmanjšuje potrebo po novi opremi in prispeva k trajnostnemu upravljanju premoženja.

Na splošno PdM podpira cilje zmanjšanja CO₂ in gospodarsko konkurenčnost ter pomaga MSP uravnotežiti okoljske cilje z dobičkonosnostjo. Poročila predstavljajo PdM kot strateški vzvod, ki usklajuje podnebne ukrepe z industrijsko učinkovitostjo.

3.2.3. SCM 4.0 IN ZELENO UPRAVLJANJE DOBAVNE VERIGE

Poročilo SCM gre še dlje, saj postavlja SCM 4.0 kot osrednji dejavnik, ki omogoča zeleno upravljanje dobavne verige (GSCM). Z digitalizacijo podjetja pridobijo prepoznavnost in nadzor nad vplivi na okolje v celotni vrednostni verigi – od nabave do proizvodnje, prevoza in konca življenjske dobe.

Ključni prispevki vključujejo:

- 12–20 % zmanjšanje materialnih odpadkov s pomočjo IoT-monitoringa tokov virov.
- 5–10 % zmanjšanje emisij CO₂ v logistiki z uporabo AI za optimizacijo poti in uravnoteženje tovora.
- Sledljivost s podporo blockchain tehnologije poveča delež recikliranih materialov v proizvodnji do 15 %, zahvaljujoč boljši preglednosti in odgovornosti dobaviteljev.
- Integracija krožnega gospodarstva, pri čemer digitalna orodja omogočajo logistiko zaprte zanke, ponovno proizvodnjo in sledenje življenjskemu ciklu izdelkov.
- Podpora ekološkemu oblikovanju, ki omogoča deležnikom v oskrbovalni verigi sodelovanje pri razvoju okolju prijaznejših izdelkov že v fazi načrtovanja.

Kljub temu napredku je le 27 % anketiranih podjetij formalno uskladilo svoje digitalne in trajnostne strategije, kar kaže na veliko priložnost za sinergijo.

3.3. OPERATIVNI IN ORGANIZACIJSKI VPLIVI TER VPLIVI DELOVNE SILE

Na podlagi prejšnjih poglavij, ki so opisovala, kako lahko nove tehnologije izboljšajo poslovne dejavnosti in poudarjala njihov prispevek k trajnosti, se to poglavje osredotoča na njihove širše vplive. Nastajajoče tehnologije ne ponujajo le digitalnih rešitev za konkretne izzive, temveč tudi temeljito preoblikujejo način delovanja podjetij, njihovo organizacijsko strukturo in razvoj delovne sile. Spodaj povzemamo ključne spremembe, opredeljene v treh poročilih, kot se kažejo na



področjih vzdrževanja in napovednega vzdrževanja (PdM), upravljanja oskrbovalne verige (SCM), avtomatizacije, kontrole kakovosti in upravljanja CNC strojev.

PdM in SCM sta gonilnika širših sprememb v delovnih tokovih in organizacijskih strukturah, kar zahteva pomembno prilagoditev organizacij in vlog zaposlenih.

V obeh domenah se pojavljajo nove vloge, ki združujejo inženirsko strokovno znanje z digitalno pismenostjo. Od strokovnjakov za vzdrževanje in logistiko se vse pogosteje pričakuje, da znajo tolmačiti nadzorne plošče, komunicirati s sistemi, ki jih poganja umetna inteligenca, in sodelovati med oddelki.

V okviru PdM novi modeli, kot je PdMaaS, prenašajo naloge s tehnikov na podatkovne analitike in operaterje na daljavo.

V SCM prihaja do podobnih preobrazb. Odločanje postaja bolj podatkovno vodeno, kar zahteva usklajevanje med IT, logistiko, nabavo in planiranjem. Delavci morajo upravljati integrirane platforme, potrjevati algoritmična priporočila in sodelovati z zunanjimi deležniki. Te spremembe poudarjajo vse večji pomen prečnih veščin in digitalne pismenosti.

3.3.1. OPERATIVNI UČINKI

Na operativni ravni sta PdM in SCM 4.0 uvedla pomembne premike v načinu odločanja, strukturiranja delovnih tokov in upravljanja virov v realnem času.

Pri **napovednem vzdrževanju** (PdM) se operacije premikajo od tradicionalnih preventivnih postopkov k bolj dinamičnemu, na **podatkih temelječemu pristopu**. Pri PdM so posegi osnovani na dejanskih vzorcih obrabe ali anomalijah, ki jih zaznajo senzorji, kar vodi v manj izpadov strojev in učinkovitejšo rabo virov.

Ta prehod prinaša več oprijemljivih operativnih izboljšav:

- **Zmanjšani nenačrtovani izpadi** z neprekinjenim spremljanjem stanja in opozorili v realnem času.
- **Strateško načrtovanje** vzdrževalnih nalog med načrtovanimi izpadi ali obdobji nizke aktivnosti.
- **Sprejemanje odločitev na podlagi podatkov**, ki nadomešča intuicijo s senzorsko diagnostiko in nadzornimi ploščami za napovedi.
- **Avtomatizacija rutinskih odločitev**, kot je sprožitev nalogov za vzdrževanje, ko so pragovi preseženi.

Podobno v SCM digitalna orodja, kot so AI, IoT in platforme v oblaku, povečujejo agilnost in odzivnost v celotni dobavni verigi. Načrtovanje postane manj reaktivno in bolj anticipativno, zahvaljujoč podatkom v realnem času in avtomatiziranemu modeliranju scenarijev.

Operativne spremembe vključujejo:

- **Preglednost** logistike in pretoka zalog v realnem času, izboljšanje odzivnosti na motnje.
- **Dinamično načrtovanje in ponovno načrtovanje**, ki temelji na živih vnosih iz naprav IoT in digitalnih dvojčkov.
- **Sprejemanje odločitev s pomočjo umetne inteligence**, vključno z avtomatiziranim javnim naročanjem ali optimizacijo poti dostave.
- **Celovita integracija poteka dela**, ki razbija silose med oddelki, kot so prodaja, proizvodnja in logistika.

Te spremembe dodatno ponazarjajo ugotovitve iz regionalnega poročila o Baskiji. Operativni učinki digitalne preobrazbe preoblikujejo način, kako strokovnjaki opravljajo svoje vsakodnevne naloge in komunicirajo s tehnološkimi sistemi. V vseh profilih je jasen premik k napovednim pristopom, ki se premikajo od reaktivnega do napovednega vzdrževanja in nadzora kakovosti na podlagi stanja, ki ga podpirajo senzorska omrežja, opozorila v realnem času in napredni sistemi za spremljanje.



Prerazporeditev nalog je očitna. Na primer, upravljavci strojev ali linij pridobijo nekatere tradicionalne odgovornosti nadzora kakovosti, zaradi česar je kakovost skupna odgovornost med proizvodnimi ekipami. Vzdrževalni tehniki se zdaj soočajo z razširjenimi odgovornostmi, ki presegajo tradicionalne naloge popravil in vključujejo prispevek k optimizaciji procesov in tehnološki integraciji sistemov avtomatizacije.

3.3.2. ORGANIZACIJSKI UČINKI

Operativne izboljšave so možne le, če jih podpirajo ustrezne **organizacijske strukture in kulturne spremembe**. Implementacija orodij PdM in SCM 4.0 izziva tradicionalne hierarhije in spodbuja bolj sodelovalne, agilne modele.

Na obeh področjih organizacije vse pogosteje sprejemajo **medfunkcionalno timsko delo in agilne metode dela**. Namesto dolgih, linearnih projektov se zdaj zanašajo na kratke pilotne cikle s ponavljajočimi se povratnimi zankami. To omogoča hitrejše inovacije in boljše usklajenost s hitro razvijajočimi se tehnološkimi krajinami.

Ključni organizacijski razvoj vključuje:

- **Od izoliranih oddelkov do medfunkcionalnega sodelovanja**, ki vključuje IT, operacije, vzdrževanje in podatkovne skupine.
- **Razvoj agilnih projektnih modelov**, ki temeljijo na hitrem eksperimentiranju in skaliranju.
- **Povečana uporaba digitalnih platform**, ki omogočajo preglednost in usklajevanje med skupinami.
- **Močnejše vodstvene vloge pri upravljanju sprememb**, pri čemer menedžerji delujejo kot dejavniki, ki omogočajo digitalno uvedbo.

Iz študije primera Baskije preobrazba na organizacijski ravni vključuje pojav hibridnih vlog, ki povezujejo funkcije, ki so tradicionalno ločene med področji vzdrževanja, avtomatizacije in kakovosti. Avtomatizacija ni več izolirana, temveč povezana s širšimi proizvodnimi in podatkovnimi platformami, kar od zaposlenih zahteva krmarjenje po vmesnikih človek-stroj in komunikacijskih protokolih.

Ta konvergenca vlog prinaša novo dinamiko sodelovanja, kjer morajo strokovnjaki delati prek tradicionalnih meja in aktivno sodelovati z integriranimi sistemi. Poleg tega je sprejetje procesov odločanja, ki temeljijo na podatkih, analitika v realnem času postala osrednjega pomena za vsakodnevne operacije.

Podjetja vse pogosteje naročajo storitve, povezane z umetno inteligenco, kibernetsko varnostjo in napovednim vzdrževanjem, kar poudarja naraščajočo potrebo po digitalno ozaveščenih notranjih vlogah. Ti strokovnjaki morda niso globoki tehnični strokovnjaki, vendar imajo dovolj temeljnega znanja, da zagotovijo nemoteno komunikacijo z zunanjimi ponudniki tehnologije. Njihova naloga je prevesti tehnološke inovacije v operativne prakse, ki so usklajene z notranjimi potrebami in strateškimi cilji organizacije.

Še posebej opazen premik je pojav novih poslovnih modelov, kot je vzdrževanje kot storitev (MaaS). Ta model, ki ga omogoča PdM, omogoča prodajalcem, da ponudijo garancije za neprekinjeno delovanje opreme ali pogodbe, ki temeljijo na uspešnosti, s čimer na novo opredelijo odnose med strankami in dobavitelji:

- Vzdrževanje postane storitev z **dodano vrednostjo**, ne le stroškovno mesto.
- Proizvajalci se razvijajo v smeri **storitveno usmerjenih modelov**, s prediktivno diagnostiko, integrirano na daljavo.
- Ta preobrazba podpira **ponavljajoče se tokove prihodkov** in **tesnejša partnerstva s strankami**.



Vendar te spremembe ne pridejo brez izzivov. Iz poročila SCM je bilo ugotovljenih več **organizacijskih ovir za preoblikovanje**:

- **Vprašanja tehnološkega povezovanja**, zlasti v MSP s obstoječimi sistemi.
- **Pomisleki glede kibernetске varnosti**, ki jih še poslabšuje večja digitalna izpostavljenost.
- **Odpor do sprememb**, zlasti med starejšimi ali bolj izkušenimi delavci.
- **Finančne omejitve**, ki omejujejo zmožnost MSP za naložbe v infrastrukturo ali talente.

Kljub tem oviram so uspešne organizacije tiste, ki proaktivno upravljajo spremembe z izgradnjo notranjih zmogljivosti in spodbujanjem kulture **učenja, zaupanja v podatke in eksperimentiranja**.

3.3.3. VPLIVI DELOVNE SILE

Tehnološko sprejetje gre z roko v roki s preoblikovanjem dela. PdM in SCM 4.0 zahtevata **nove vloge, nove spretnosti in novo miselnost**.

V **PdM** se strokovnjaki za vzdrževanje odmikajo od čisto mehanskih nalog k **spremljanju, analizi in strategiji**. Od tradicionalnih tehnikov se vse bolj zahteva, da interpretirajo podatke senzorjev, razumejo statistične vzorce in delajo skupaj s sistemi IT.

Ta premik vključuje:

- **Transformacija vlog**, kot je pojav analitikov PdM ali strategov za digitalno vzdrževanje.
- **Integracija IT in OT veščin**, saj morajo tehniki zdaj komunicirati s programsko opremo za spremljanje stanja in orodji AI.
- **Navzkrižno usposabljanje med oddelki**, spodbujanje sodelovanja med vzdrževalnimi, podatkovnimi in inženirskimi skupinami.

Vzporedno s tem je baskovska študija razkrila naraščajoče povpraševanje po hibridnih poklicnih profilih, ki združujejo tradicionalno tehnično strokovno znanje z digitalnimi kompetencami. Na primer:

- Od tehnikov kakovosti se zdaj pričakuje, da bodo združili inšpekcijske spretnosti z digitalnim upravljanjem in upravljanjem podatkov z uporabo sistemov strojnega vida, 3D skenerjev in orodij za digitalno preverjanje.
- CNC operaterji vse bolj komunicirajo s sistemi MES in ERP, izvajajo prilagoditve programov in uporabljajo tehnike analize podatkov, vključno s prediktivnim vzdrževanjem.

V **SCM** spremembe delovne sile odražajo ta razvoj. Ročni vnos podatkov in načrtovanje na podlagi pravil sta vse bolj avtomatizirana. Zaposleni zdaj nadzorujejo izhode algoritmov, obravnavajo zapletene izjeme in zagotavljajo strateške prispevke pri načrtovanju odločitev.

Poročilo SCM opredeljuje več glavnih vplivov na delovno silo:

- **Pojav hibridnih vlog**, kot so analitiki dobavne verige z digitalnim in operativnim strokovnim znanjem.
- **Naraščajoče povpraševanje po podatkovni in sistemski pismenosti**, tudi v tradicionalno netehničnih vlogah.
- **Večja potreba po ozaveščenju o kibernetски varnosti** glede na občutljivost povezanih sistemov.
- **Večji poudarek na krivuljah učenja in nenehnem usposabljanju**, saj se tehnologije razvijajo hitreje kot obstoječi učni načrti.

Vendar se številna podjetja, zlasti MSP, soočajo z akutnimi izzivi:

- **Vrzeli v digitalnih znanjih in spretnostih ter pomanjkanje talentov** omejujejo njihovo sposobnost učinkovitega sprejemanja orodij SCM 4.0.
- **Neusklajenost med programi usposabljanja in dejanskimi sistemi** spodkopava donosnost naložb.



- **Odpor zaposlenih do avtomatizacije**, ki je pogosto povezan s strahom pred izgubo zaposlitve ali kompleksnostjo, povzroča trenje.

Za uspeh v tem novem okolju morajo delavci razviti **tehnične** in **mehke spretnosti**:

Ključne tehnične in analitične spretnosti vključujejo:

- Analiza in vizualizacija podatkov (npr. uporaba nadzornih plošč)
- Razumevanje napovednih algoritmov in modelov napak
- Poznavanje platform v oblaku in diagnostičnih orodij

Kritične mehke veščine vključujejo:

- Prilagodljivost in stalno učenje
- Timsko delo med oddelki
- Učinkovito sporočanje tehničnih ugotovitev

Te ugotovitve poudarjajo, da morajo podjetja nujno vključiti **razvoj delovne sile in upravljanje sprememb** v svoje digitalne strategije.



3.4. SPREJETJE IN ZRELOST V MSP

Sprejemanje naprednih tehnologij in prispevki k prej opisanemu zelenemu prehodu se v malih in srednjih podjetjih (MSP) pospešujejo. Vendar ta proces ostaja neenakomeren in se sooča z različnimi operativnimi, kulturnimi in strateškimi ovirami. Ta razdelek predstavlja sintezo stopenj sprejetja, ključnih omejitev in s tem povezanih posledic za razvoj spretnosti.

Tukaj predstavljeni podatki in številke izhajajo iz študij, navedenih v treh poročilih, ter iz namenskih raziskav, izvedenih med MSP.

3.4.1. TRENUTNE RAVNI SPREJETJA IN KLJUČNE ŠTEVILKE

Na splošno MSP vse bolj priznavajo strateško vrednost tehnologij PdM in SCM 4.0. Njihove motivacije izhajajo iz notranjih dejavnikov (kot sta izboljšana učinkovitost in zmanjšanje stroškov) in zunanjih pritiskov (zahteve glede skladnosti, pričakovanja strank in integracija dobavne verige).

3.4.1.1. POUDARKI SPREJETJA PDM:

- Svetovni trg napovednega vzdrževanja kaže močno rast, pri čemer je proizvodnja vodilni sektor.
 - Medtem ko poročilo PdM ugotavlja, da je 81% podjetij v letu 2018 vlagalo v napovedne pristope, 40% pa jih je to označilo za strateško prednostno nalogo, najpogostejše prakse ostajajo časovno ali kurativno vzdrževanje.
 - Zanimanje za iskanje PdM se je od leta 2017 potrojilo in preseglo druga iskanja, povezana z vzdrževanjem, kar kaže na njegov vse večji pomen kot nujne industrijske rešitve.
 - Najpogostejše uporabljena metoda PdM je monitoring vibracij (28 % izvedb).
- Rezultati raziskave kažejo, da medtem ko MSP priznavajo pomen napovednega vzdrževanja (PdM) pri povečanju učinkovitosti in konkurenčnosti, njegovo sprejetje za mnoga podjetja ostaja v zgodnji fazi raziskovanja.
- Nekaj vodilnih podjetij je uvedlo pilotne sisteme PdM, zlasti na kritičnih sredstvih.

3.4.1.2. POUDARKI SPREJETJA SCM:

- Rezultati raziskave razkrivajo velike razlike v digitalni zrelosti, od visoko povezanih logističnih omrežij do ročnih delovnih tokov, ki temeljijo na Excelu.
- Le majhen odstotek MSP je sprejel integrirane digitalne in zelene strategije za izravnalne subvencije in izravnalne ukrepe: 3 % MSP v EU izkazuje visoko digitalno intenzivnost v primerjavi z 98 % velikih podjetij.
- 64 % MSP poroča o težavah pri analizi lastnih operativnih podatkov, 74 % pa meni, da s trenutnimi digitalnimi naložbami ne ustvarjajo zadostne vrednosti.
- Rezultati raziskave MSP kažejo, da so funkcije izvajanja in razporejanja najpogostejše digitalizirane. Vendar pa funkcije napovedovanja, S&OP in MPS kažejo nižjo integracijo, zlasti v manjših podjetjih.
- Sprejetje, specifično za SCM, je osredotočeno na izvajanje in načrtovanje z uporabo orodij, kot so AI, IoT in računalništvo v oblaku.
- Funkcije napovedovanja in S&OP so premalo razvite, zlasti v malih podjetjih.



3.4.2. OVIRE IN OMEJITVE

Medtem ko MSP široko priznavajo vrednost tehnologij PdM in SCM 4.0, se **narava in intenzivnost ovir za sprejetje** med tema dvema področjema nekoliko razlikujeta.

3.4.2.1. FINANČNE OMEJITVE

Za **PdM** so finančne ovire pogosto povezane z:

- Visoki **začetni stroški** senzorjev, opreme za spremljanje, analitičnih platform in integracije v obstoječo vzdrževalno infrastrukturo.
- Potreba po **specializiranih storitvah ali zunanjih svetovalcih**, kar dodaja operativne stroške v odsotnosti notranjih zmogljivosti. Tudi pri modelih v oblaku ali »kot storitev« (as-a-service) so tekoči operativni stroški še vedno zaskrbjujoči.
- Omejena ozaveščenost ali dostop do **ciljno usmerjenega financiranja** za inovacije PdM – številna MSP še vedno niso seznanjena z razpoložljivimi nepovratnimi sredstvi ali pa so težko dostopna.

V primeru **subvencij in odkritja** finančne omejitve izhajajo iz:

- **Kumulativni stroški digitalizacije več funkcij** (npr. nabava, zaloge, logistika), ki lahko zahtevajo prenovo platforme ali migracijo v oblak.
- Pomanjkanje prepoznavnosti donosnosti naložb zaradi **premalo izkoriščenih digitalnih orodij** – številna MSP vlagajo v razširitve ERP ali nadzorne plošče, vendar jih ne sprejmejo v celoti.
- Težave pri utemeljevanju naložb za **sestavne dele zelenega prehoda**, kot sta sledenje ogljiku ali krožna logistika, brez kratkoročnih koristi.

Na obeh področjih:

- Omejena naložbena zmogljivost MSP, ki pogosto delujejo v strogih pogojih denarnega toka, ostaja velika ovira. Tudi modeli »sprotno plačevanje« ali »kot storitev« se včasih dojemajo kot tvegani ponavljajoči se stroški.
- Številna MSP nimajo dostopa do javnega financiranja ali zasebnih naložb, kar upočasnjuje uvajanje tehnologije.

3.4.2.2. TEHNIČNE OVIRE

V **PdM** so tehnični izzivi pogosto zakoreninjeni v:

- **Težave pri integraciji:** Povezovanje sodobnih senzorjev in podatkovnih sistemov s starejšimi stroji ali različnimi orodji CMMS.
- **Težave z interoperabilnostjo:** Nezdružljivi formati podatkov ali vmesniki strojev ovirajo nemoteno spremljanje.
- **Tveganja kibernetске varnosti:** Povečana povezljivost odpira ranljivosti, zlasti v brezskrbnih robnih napravah.

V **SCM** se tehnične ovire kažejo z:

- s starejšimi sistemi, ki ne podpirajo sodelovanja ali avtomatizacije v realnem času.
- Težave pri **povezovanju sistemov načrtovanja z operacijami** - na primer integracija nadzornih plošč zalog z dejanskimi podatki o skladišču ali prevozu.
- Pomanjkanje okvirov za kakovost in upravljanje podatkov, kar ima za posledico slabo ali zapoznelo pri sprejemanju odločitev.

Na obeh področjih:



- **odsotnost trdnih notranjih podpornih struktur IT** povečuje tehnične ovire. MSP so pogosto odvisna od splošnega osebja ali podpore tretjih oseb, kar odlaša z reševanjem in inovacijami.
- Kibernetska varnost je medsektorska skrb, saj jo 100 % srednjih podjetij in 60 % malih podjetij ocenjuje kot "kritično", kar še poslabšuje omejeno notranje strokovno znanje
- **Zapletene in razdrobljene obstoječe IT infrastrukture** ovirajo integracijo rešitev PdM/SCM

3.4.2.3. ORGANIZACIJSKE IN STRATEŠKE OVIRE

Za **PdM** organizacijske ovire vključujejo:

- **Pomanjkanje digitalne strategije vzdrževanja**, kar vodi do razdrobljenih ali izoliranih pilotnih pobud.
- **Nizka prepoznavnost vrednosti PdM** na ravni upravljanja, kar ima za posledico nizko prednostno razvrščanje.
- Nenaklonjenost spremembam tradicionalnih preventivnih ali reaktivnih pristopov, zlasti med izkušenimi tehniki.

V primeru **SCM** so strateške ovire bolj medoddelčne narave:

- **Ni enotnega digitalnega načrta** med oddelki, kar ima za posledico razdrobljeno in neusklajeno sprejetje.
- Odpor osebja, ki je navajeno na Excelove ali papirne sisteme, zlasti v vlogah logistike in nabave.
- Nepovezanost med ambicijami zelene dobavne verige in vsakodnevnimi operativnimi odločitvami – pogosto zaradi **pomanjkanja strateške usklajenosti**
- Mnoga MSP nimajo vlog, kot so glavni podatkovni direktor, lastnik procesa SCM ali uradnik za varnost IT, kar omejuje notranje inovacijske zmogljivosti.

Na obeh področjih sta **kulturni odpor do sprememb** in pomanjkanje vodstva pri digitalni transformaciji ponavljajoča se vprašanja. Digitalna prizadevanja pogosto vodijo izolirani prvaki brez širše organizacijske podpore.

3.4.2.4. POTREBE PO ZNANJIH IN SPRETNOSTIH

Vsaka od zgoraj navedenih omejitev poudarja naraščajočo potrebo po novih spretnostih in sposobnostih.

Te **vrzeli v znanju in spretnostih** so lahko **večdimenzionalne** in vplivajo tako na delavce v prvi vrsti kot na vodstvene organizacije.

Na podlagi treh poročil PdM, SCM in BC konsolidiramo rezultate, da bi jih delili z delovnim paketom 5, ki je odgovoren za usposabljanje v LCAMP. Z opredelitvijo ključnih kompetenc, specifičnih za vsako področje, bo ta delovni sveženj lahko uporabil podatke v podporo svojim dejavnostim. Sodelovanje med različnimi delovnimi paketi je ključni vidik projekta LCAMP.

V celotni tabeli, ki je na voljo v Prilogi 1, lahko najdete:

- **44 vnosov**, ki opisujejo spretnosti, kompetence in odnose.
- Obsega **9 različnih poklicev**.
- Najpogostejša kategorizacija je "**Kompetenca**", sledita ji "**Spretnost**" in "**Odnos**".
- **Opredeljene so 4 različne vrste spretnosti**, ki odražajo raznolikost potrebnih zmogljivosti: pismenost AI, digitalna, strokovna in transverzalna.
- Analiza poudarja močan poudarek na **veščinah, povezanih z umetno inteligenco in kibernetsko varnostjo** na vseh področjih.

Tukaj je izvleček, ki odraža vrsto informacij, ki so na voljo v Prilogi 1:



Miza 1. Potrebe po znanjih in spretnostih (izvleček)

Kompetenčni o področje LCAMP	Kategorizacija	Priporočene podkategorije v okviru LCAMP	Poklic/izvor poročila	Spretnost / Kompetenca / Odnos
Pismenost z umetno inteligenco	Pristojnosti	Kritična digitalna kompetenca	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Osnovna umetna inteligenca ali strojno učenje - osnovno znanje modelov AI/ML
	Spretnost	Računalniški vid	Tehnik za nadzor kakovosti (BC)	Računalniški vid in CNN za odkrivanje napak - uporaba nevronske mreže za avtomatiziran nadzor kakovosti
Digitalni	Odnos	Kibernetska varnost	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Ozaveščanje o kibernetski varnosti - ozaveščanje o varnosti IT
	Pristojnosti	Reševanje problemov	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Reševanje problemov (vzdrževanje) - analitično razmišljanje za odločanje na podlagi podatkov
		Zasnova sistema	Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Integracija industrijske robotike - povežite robote s sistemi proizvodnih linij
	Spretnost	Podatkovna pismenost	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Interpretacija senzorskih podatkov - sposobnost branja in uporabe podatkov senzorjev IoT
		IKT	Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Komunikacijski protokoli (OPC-UA, Ethernet) - izvajanje industrijskih komunikacijskih standardov
			CNC operater (BC)	Digitalni vmesniki in HMI - upravljajo kontrole z zaslonom na dotik na CNC strojih.
			Vzdrževalni tehnik (BC)	Namestite in konfigurirajte industrijske senzorje IoT - nastavite povezane senzorje za zbiranje podatkov
		Reševanje problemov	Vzdrževalni tehnik (BC)	Odpravljanje težav s podatkovno povezljivostjo v omrežjih IoT - reševanje komunikacijskih težav v povezanih sistemih
		Podatkovna pismenost	Tehnik za nadzor kakovosti (BC)	Delovanje digitalnih kontrolnih sistemov - uporaba avtomatizirane merilne in preskusne opreme
			CNC operater (BC)	Integracija sistema MES/ERP - povežite postopke obdelave s sistemi podjetja
			Vzdrževalni tehnik (BC)	Uporaba platform v oblaku za spremljanje delovanja strojev – dostop do sistemov za daljinsko spremljanje
		Digitalna proizvodnja	CNC operater (BC)	Delovanje programske opreme CAD/CAM - uporaba računalniško podprtih programov za načrtovanje in izdelavo



Prečno	Odnos	Sporočilo	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Komuniciranje in usklajevanje – odprtost in pripravljenost za digitalno preobrazbo
		Prilagodljivost/agilnost	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Prilagodljivost - pripravljenost za prilagajanje spreminjajočim se vlogam/tehnologijam
	Pristojnosti	Sodelovanje/timsko delo	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Sodelovanje - medresorsko sodelovanje (vzdrževanje, IT operacije)
		Kritično razmišljanje	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Strateško razmišljanje - celostno razumevanje kompleksnih dobavnih verig
	Spretnost	Sodelovanje/timsko delo	Prečne spretnosti (BC)	Medfunkcionalno sodelovanje – učinkovito delo z multidisciplinarnimi skupinami v digitalnih okoljih
		Sporočilo	Prečne spretnosti (BC)	Komunikacija in usklajevanje – jasna izmenjava informacij med oddelki in izmenami
		Prilagodljivost/agilnost	Prečne spretnosti (BC)	Prilagajanje nastajajočim tehnologijam – pripravljenost za učenje in uporabo novih tehnoloških orodij
		Reševanje problemov	Prečne spretnosti (BC)	Reševanje problemov in odločanje - analizirajte situacije in sprejemajte učinkovite tehnične odločitve
		Nenehno izboljševanje	Prečne spretnosti (BC)	Miselnost nenehnega izboljševanja - prepoznajte priložnosti za optimizacijo v digitalnih proizvodnih procesih
Strokovno	Pristojnosti Spretnost	Zasnova sistema	Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Integracija industrijske robotike - povežite robote s sistemi proizvodnih linij
		Zasnova sistema	Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Konfiguracija vizualnih sistemov - nastavitvev kamer in obdelave slike za vodenje in avtomatizacijo robotov

Negovanje kulture učenja je bistvenega pomena. MSP se morajo ne le usposabljaati za orodja, temveč tudi spodbujati okolja, v katerih so radovednost, povratne informacije in digitalno eksperimentiranje normalizirani.

3.4.3. RAZLIČICE IZ RESNIČNEGA SVETA: PRIMERI BC

Poročilo BC potrjuje precejšnje razlike v sprejetju med regijami in sektorji:

- V digitalno naprednih ekosistemih MSP sodelujejo s skupnimi platformami, regionalnimi vozlišči in ponudniki storitev za zmogljivosti PdM in SCM.
- V drugih je sprejetje razdrobljeno ali površno, bolj zaradi zunanjih zahtev kot notranje strategije.

Te razlike poudarjajo pomen teritorialnih inovacijskih sistemov, ki MSP pomagajo premagati strukturne omejitve s skupnim eksperimentiranjem in učenjem.



3.5. PRIHODNJI TRENDI IN STRATEŠKA PRIPOROČILA

Digitalni in zeleni prehod še naprej preoblikujeta industrijsko okolje za MSP. Prihodnji trendi in priporočila, ki izhajajo iz treh poročil, poudarjajo tehnološki napredek, nove organizacijske modele in strateške usmeritve, ki bi jih morala sprejeti MSP in akterji ekosistemov. Medtem ko imajo opazovani domeni skupne smeri, se njihove specifične poti razlikujejo glede na operativno logiko in tehnološko uporabo.

3.5.1. PRIHODNJE USMERITVE V NAPOVEDNEM VZDRŽEVANJU (PDM)

Poročilo PdM poudarja pomen oblikovanja nadgradljivih, na ljudi osredotočenih in usmerjenih strategij, da bi napovedno vzdrževanje postalo dostopnejše in vplivnejše v MSP.

- Razširitev dostopa do finančne podpore in sprejetja tehnologije:
Mnoga MSP še vedno neradi sprejmejo PdM zaradi stroškov, tveganja ali zapletenosti. Poročilo priporoča konkretne ukrepe za zmanjšanje finančnih in tehničnih ovir:
 - Spodbujanje finančnih spodbud in dostopa do cenovno dostopnih tehnologij PdM, zlasti prek javno-zasebnih partnerstev ali programov na ravni EU.
 - Spodbujanje razširljivih modelov PdM-as-a-Service v oblaku za zmanjšanje kapitalskih izdatkov in znižanje praga sprejetja.
 - Spodbujanje sodelovalnih demonstracijskih platform, kjer lahko MSP opazujejo in preizkušajo dejanske aplikacije rešitev PdM.
- Naložbe v usposabljanje delovne sile in razvoj digitalnih spretnosti:
Človeški kapital ostaja ključni dejavnik uspeha za PdM. Poročilo poudarja potrebo po uskladitvi usposabljanja z razvojem vzdrževalnih praks:
 - Razširitev digitalnih veščin in usposabljanje za analitiko vzdrževanja, zlasti med tehniki in operaterji.
 - Sodelovanje s centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje (PIU) za vključitev modulov, specifičnih za PdM, v učne načrte.
 - Spodbujanje vseživljenjskega učenja in pristopov navzkrižnega usposabljanja za usklajevanje vzdrževalnih ekip z razvijajočimi se orodji (npr. diagnostika s pomočjo umetne inteligence, daljinsko spremljanje).
- Optimizacija strategij PdM za dolgoročno konkurenčnost:
Za ustvarjanje dolgoročne vrednosti mora PdM preseči izolirane primere uporabe in postati steber strateškega upravljanja premoženja:
 - Prehod z izoliranih primerov uporabe PdM na strateške načrte preoblikovanja vzdrževanja na ravni podjetja.
 - Vključite upravljanje podatkov in protokole kibernetike varnosti v zasnovo sistema PdM.
 - Sledite in optimizirajte KPI-je PdM, da pokažete poslovno vrednost in vpliv na trajnost v daljšem časovnem obdobju.

3.5.2. PRIHODNJE PERSPEKTIVE IN PRIPOROČILA ZA SCM 4.0

Poročilo SCM predstavlja celostno vizijo digitalizacije dobavne verige, ki poudarja preglednost, partnerstvo in strateško usklajenost s pričakovanji strank in okoljem

- Krepitev zaupanja, preglednosti in izmenjave informacij:
Ker dobavne verige postajajo vse bolj digitalne in decentralizirane, poročilo SCM poudarja temeljno vlogo zaupanja:



- Digitalizacija (npr. platforme za upravljanje odnosov z dobavitelji) se ne bi smela uporabljati le za avtomatizacijo, temveč tudi za omogočanje odprte in sledljive komunikacije med partnerji.
- Spodbujati bi bilo treba mehanizme za krepitev zaupanja, kot so orodja za sodelovanje, skupne nadzorne plošče in platforme za soinovacije.
- MSP bi bilo treba podpreti pri usklajevanju tehnološke učinkovitosti s prilagojeno človeško interakcijo, da bi ohranili dolgoročno lojalnost in sodelovanje.
- Strateška priporočila (10 ključnih ukrepov):
 Za usmerjanje digitalne preobrazbe in globalne kompleksnosti poročilo predlaga strukturiran okvir z desetimi izvedljivimi vzvodi:
 - Digitalizacija upravljanja javnih naročil in odnosov z dobavitelji – Uvedite sodelovalne platforme in modularna orodja, kot je EaaS, da povečate preglednost in odzivnost.
 - Izkoristite digitalna orodja za spodbujanje preglednosti - ustvarite regionalne demonstratorje SCM 4.0 in uporabite blockchain ali AI za odprte informacijske tokove.
 - Okrepite upravljanje podatkov in informacijsko varnost – zagotovite varno in skladno izmenjavo podatkov med partnerji v dobavni verigi.
 - Uskladite storitve dobaviteljev s pričakovanji strank – uporabite digitalne povratne zanke za prilagajanje spreminjajočim se potrebam strank.
 - Uravnajte digitalno učinkovitost s človeško angažiranostjo – dajte prednost čustveni inteligenci, pogajanju in zaupanju v digitalno posredovane interakcije.
 - Spodbujanje kulture sodelovanja – Prehod s transakcijskih na partnerske modele, s poudarkom na skupni vrednosti in soinovacijah.
 - Vlagajte v izpopolnjevanje delovne sile in relacijske zmogljivosti – Zagotovite digitalno logistiko, načrtovanje in usposabljanje za relacijske spretnosti prek partnerjev v poklicnem izobraževanju in usposabljanju ter hibridnega učenja.
 - Okrepite podporo za upravljanje sprememb - Ponudite diagnostiko, svetovalne storitve in olajševanje sprememb za podporo MSP pri preoblikovanju.
 - Vključite digitalno v zelene strategije – vključite trajnostne ključne kazalnike uspešnosti v digitalne projekte (npr. emisije obsega 3, krožna logistika).
 - Izvajajte redne revizije zaupanja in odnosov – ocenite zrelost sodelovanja in obravnavajte nastajajoča tveganja v odnosih z dobavitelji.

3.5.3. STRATEGIJE DIGITALNE PREOBRAZBE ZA NAPREDNO PROIZVODNJO: VPOGLEDI IZ BASKIJE

Poročilo o Baskiji ponuja dragocen vpogled v praktično realnost digitalne preobrazbe v napredni proizvodnji ter poudarja izzive in priložnosti za razvoj MSP. Analiza razkriva, da človeški odpor do sprememb ostaja glavna ovira za digitalno preobrazbo, ki presega celo tehnološko kompleksnost in finančne omejitve. Podjetja se razvijajo v smeri hibridnih profilov delovne sile, ki zahtevajo tako tradicionalno tehnično strokovno znanje kot digitalne kompetence. Ta premik je še posebej očiten v poklicih, kot so tehnik vzdrževanja, tehnik za avtomatizacijo, CNC operater in tehnik kakovosti, kjer so digitalne spretnosti vse bolj pomembne za delovno uspešnost in razvoj kariere.

Na podlagi teh ugotovitev se pojavi več ključnih strategij za podjetja, ki krmarijo po svoji poti digitalne preobrazbe:

- Izvajati strategije upravljanja sprememb, ki jih podpirajo ljudje, ki obravnavajo kulturno prilagajanje skupaj s tehničnim usposabljanjem.
- Razviti notranje vloge za digitalno ozaveščene zaposlene, ki prihajajo iz programov poklicnega izobraževanja in usposabljanja, ki lahko povežejo tradicionalne operacije z novimi tehnologijami in služijo kot učinkoviti posredniki z zunanjimi ponudniki tehnologije, kot so strokovnjaki za umetno inteligenco in strokovnjaki za napovedno vzdrževanje.



- Sprejeti pristope postopnega uvajanja tehnologije z uporabo javnega financiranja in skupnih projektov za raziskovanje nastajajočih tehnologij v okoljih z nizkim tveganjem
- Prepoznati strateško vrednost centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje v Baskiji pri spodbujanju digitalne preobrazbe z aktivnim prispevanjem k projektom uporabnih inovacij in zagotavljanjem ključne podpore za izpopolnjevanje in prekvalifikacijo delovne sile.

3.5.4. SKUPNE PREDNOSTNE NALOGE ZA DOLGOROČNO PREOBLIKOVANJE MSP

Kljub pristopom, specifičnim za posamezna področja, je iz treh poročil izhajalo več medsektorskih prednostnih nalog:

- Finančna dostopnost je bistvenega pomena: ne glede na to, ali gre za senzorje, programsko opremo ali svetovanje, MSP potrebujejo lažje vstopne točke s subvencijami, zakupom ali skupnimi storitvami.
- Preobrazba delovne sile je ključnega pomena: vzporedno je treba razvijati digitalne in mehke veščine. V SCM to vključuje sistemsko razmišljanje, upravljanje zaupanja in pismenost AI. V PdM to pomeni spremljanje stanja, diagnostiko in napovedno analitiko.
- Vključevanje digitalnih in zelenih ciljev: prihodnje strategije morajo vključevati okoljske vidike, kot so energetska učinkovitost, zmanjšanje odpadkov ali sledenje ogljičnemu odtisu.
- Človeški dejavnik ostaja osrednjega pomena: bodisi pri vzdrževanju ali odnosih v dobavni verigi je preobrazba odvisna od vodstva, sodelovanja in sprejetja uporabnikov.



4. UČINKI TRENDOV DIGITALNEGA IN ZELENEGA PREHODA V CENTRIH ZA POKLICNO IZOBRAŽEVANJE IN USPOSABLJANJE

V tem poglavju je predstavljena sinteza glavnih ugotovitev o vplivu zelenega in digitalnega prehoda na centre za usposabljanje, kot je opisano v treh pripravljenih poročilih (PdM, SCM in Baskija). Analiza temelji na pregledu literature ter na rezultatih anket in intervjujev, izvedenih v okviru teh poročil.

4.1. IZZIVI IN PRILOŽNOSTI ZA CENTRE PIU

4.1.1. UVOD

Zeleni in digitalni prehod spodbuja korenito preobrazbo v industriji, zaradi česar morajo centri za usposabljanje prilagoditi svoje programe in strategije. Glede na hitre spremembe je bistveno, da ti centri ostanejo na tekočem, da bi učencem zagotovili znanja in spretnosti, ki jih zahteva trg dela. V naslednjem razdelku so opisane glavne priložnosti in izzivi, ki jih prinaša ta prehod.

4.1.2. KREPITEV SODELOVANJA Z INDUSTRIJSKIMI PARTNERJI

Kot odgovor na potrebo po usklajenosti z zahtevami proizvodnega sektorja centri za usposabljanje vse bolj iščejo neposredno sodelovanje z industrijo. Številne institucije že imajo mreže poslovnih partnerjev, ki podpirajo vključevanje praktičnih izkušenj v svoje programe, kot so dvojno izobraževanje, praktično usposabljanje pri delodajalcu in skupni projekti.

Ta trend so potrdile izvedene raziskave: na področju PdM in SCM večina anketiranih centrov za usposabljanje daje prednost partnerstvu s podjetji pred sodelovanjem z drugimi centri za usposabljanje, da bi svoje programe uskladili z dejanskimi in trenutnimi potrebami industrije.

Usklajevanje centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje z industrijskimi partnerji z okrepljenim sodelovanjem ostaja bistvenega pomena za to, da se programi usposabljanja ujemajo z dejanskimi zahtevami na delovnem mestu. S tesnejšim sodelovanjem sta mogoča skupni razvoj učnih poti in vključevanje nastajajočih tehnologij v učne načrte ter boljši odzivi na spreminjajoče se potrebe po znanjih in spretnostih. Združevanje študentov poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter industrijskih partnerjev vodi k boljšemu medsebojnemu razumevanju, krepi inovacijske zmogljivosti in pripravlja študente na aktivno sodelovanje v digitalni in industrijski preobrazbi podjetja.



4.1.3. USPOSABLJANJA ZA IZOBRAŽEVALCE

Ena najpomembnejših ugotovitev raziskave SCM je bila opredelitev glavnih ovir za vključevanje nastajajočih digitalnih tehnologij 4.0 v centre za usposabljanje. Večina anketirancev je kot glavno oviro izpostavila pomanjkanje usposabljanja za izvajalce usposabljanja, kar je sledilo visokim stroškom, povezanim s prehodom

To vprašanje ni značilno samo za posamezno državo, ampak vpliva na industrijske sektorje po vsej Evropi. Poročilo "Napetosti na področju delovne sile in spretnosti v industriji in s tem povezanih programih usposabljanja" že poudarja to vrzel v Franciji, kjer je priznana in nujna potreba po okrepitvi usposabljanja učiteljev. Podobno je center za usposabljanje v Turčiji, ki je bil anketiran v študiji SCM, izjavil: "Ministrstvo bi moralo predpisati usposabljanje učiteljev na področju digitalnega in zelenega prehoda v vseh poklicnih izobraževalnih ustanovah."

Baskija je uvedla programe usposabljanja za izvajalce poklicnega izobraževanja in usposabljanja, da bi ohranila znanje učiteljskega osebja o sodobnem industrijskem razvoju in izobraževalnih metodah ter tehnološkem napredku. Programi se osredotočajo na poučevanje tehničnih kompetenc in sodobnih izobraževalnih metod, ki vključujejo projektne in hibridne učne pristope. Sedanje pobude je treba razširiti in sistematizirati ter povečati dostopnost, da bi dosegli popolno pripravljenost izobraževalcev za pametna in povezana industrijska okolja.

4.1.4. AVTONOMIJA CENTROV ZA USPOSABLJANJE

Drug velik izziv za centre za usposabljanje je prilagajanje novim trendom kljub omejeni avtonomiji. V številnih evropskih državah morajo ti centri upoštevati smernice, ki jih določijo višji organi, kot so ministrstva za šolstvo, ki omejujejo njihovo sposobnost samostojnega odločanja o programih in metodah poučevanja.

Po raziskavi PdM je 44% centrov za usposabljanje poročalo, da imajo omejeno avtonomijo, 36% pa je svojo avtonomijo opisalo kot nadzorovano. Podobno je raziskava SCM pokazala, da je le 29% centrov imelo popolno avtonomijo.

4.1.5. HIBRIDNA USPOSABLJANJA

Digitalna preobrazba je omogočila večjo prilagodljivost in dostopnost na poteh usposabljanja, z vzponom hibridnih modelov, ki združujejo spletno in osebno učenje. Ta model ne le olajša prenos tehničnih veščin, temveč tudi spodbuja mreženje in poklicno integracijo.

Poleg tega je hibridno usposabljanje še posebej primerno za delavce, saj jim omogoča, da nadaljujejo izobraževanje in pridobijo formalno kvalifikacijo, medtem ko ostanejo zaposleni. Zaradi te prilagodljivosti so hibridni modeli ključna strategija za podporo vseživljenjskemu učenju, izpopolnjevanju in nenehnemu prilagajanju delovne sile spreminjajočim se zahtevam pametnih in povezanih industrijskih okolij.

4.1.6. NARAŠČAJOČE POVPRASEVANJE

Izobraževalne ustanove se soočajo z vse večjim povpraševanjem po specializiranem učenju in povečanem vpisu, kar ustvarja priložnost za posodobitev in diverzifikacijo njihovih programov. V Španiji je začetek magisterija iz upravljanja dobavne verige leta 2024, čeprav raven EOK 7 ni v središču tega poročila, jasen primer tega trenda.

Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje morajo zato krepiti prečne spretnosti in spodbujati prilagodljivost med učenci. Medtem ko baskovski centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje že uporabljajo sodelovalne, projektne učne metodologije, namenjene razvoju tehničnih in prečnih kompetenc, je pomen prečnih spretnosti še posebej pomemben v današnjem



razvijajočem se industrijskem okolju. Veščine, kot so reševanje problemov, komunikacija, timsko delo, učna avtonomija in ustvarjalnost, podjetja vse bolj cenijo, zlasti v kontekstu digitalne preobrazbe in nenehnih sprememb. Te kompetence ne podpirajo le strokovne vsestranskosti, temveč tudi omogočajo diplomantom, da se hitro prilagodijo novim tehnologijam, delovnim tokom in organizacijskim modelom.

4.1.7. FINANČNI IZZIVI IN FINANČNE REŠITVE

Ključni izziv za centre za usposabljanje so naložbe v nove tehnologije, ki jih pogosto omejujejo finančne omejitve. Da bi to rešili, se mnogi zanašajo na alternativne vire financiranja. Glede na raziskavo PdM imajo centri večinoma koristi od javnega financiranja, industrijskih partnerstev in v manjši meri sodelovanja z drugimi centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje. V raziskavi SCM ostajajo glavni viri javno in industrijsko financiranje, medtem ko je notranje financiranje omejeno. Predvsem noben center v raziskavi SCM ni poročal o sodelovanju z drugimi centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje. Nekateri so omenili tudi sponzorstva in projekte EU, kot je LCAMP, kot dragocene podporne mehanizme.

4.1.8. NOVE TEHNOLOGIJE O PEDAGOŠKIH STRATEGIJAH

Nastajajoče tehnologije, omenjene v tem poročilu, niso vplivale le na vsebino programov usposabljanja, ampak začenjajo vplivati tudi na pedagoške strategije in vire. Spodaj je kratek pregled nekaterih možnih aplikacij teh tehnologij na pedagoškem področju:

- **Umetna inteligenca – prilagojeno učenje:** umetna inteligenca lahko prilagodi usposabljanje hitrosti in potrebam vsakega učenca ter ponudi ciljno usmerjene vire na podlagi njegove uspešnosti.
- **Virtualna in razširjena resničnost - Varno potopitev:** VR in AR lahko zagotovita simulirana okolja za praktično vadbo, kar je idealno za usposabljanje na tehničnih področjih brez tveganj v resničnem svetu.
- **Spletne platforme in MOOC – prilagodljivost in dostop:** Ta orodja lahko olajšajo učenje na daljavo v lastnem tempu in razširijo dostop do izobraževanja ne glede na lokacijo ali čas.
- **Analiza velikih podatkov in uspešnosti - nenehno izboljševanje:** Velepodatki se lahko uporabijo za analizo podatkov o učencih, kar pomaga izboljšati metode poučevanja in nenehno izboljševati rezultate usposabljanja.
- **V posebnem primeru sektorja PdM:**
 - **MAAS v usposabljanju - Dostop do tehnologij PdM prek sodelovalnih platform v oblaku:** Rešitve v oblaku lahko študentom omogočijo delo z resničnimi podatki in orodji za napovedno vzdrževanje, s čimer razvijejo praktične spretnosti pri uporabi teh tehnologij.
 - **MAAS v usposabljanju - Uporaba simulacij in študij primerov iz resničnega sveta:** Simulacije in digitalni dvojčki lahko študentom omogočijo, da varno vadijo tehnike napovednega vzdrževanja in izboljšajo svoje spretnosti pred delom z resničnimi stroji.

4.1.9. EVROPSKE POBUDE

Raziskava je razkrila številne pobude, ki jih financira EU in se osredotočajo na tehnološke trende in razvoj znanj in spretnosti v napredni proizvodnji. Projekti so ustvarili pomembno gradivo za usposabljanje, ki zajema različna strokovna področja. V spodnji tabeli je prikazan izbor virov, ki zagotavljajo izobraževalne vsebine in dobre prakse na evropski ravni, ki jih lahko centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter drugi ključni deležniki uporabijo za navdih in podporo.

Miza 2. Primeri evropskih projektov na področju tehnoloških trendov in razvoja spretnosti v napredni proizvodnji



PROJEKT	OPIS
OPTIMAI	Izboljšuje industrijsko kakovost in učinkovitost z uporabo odkrivanja napak na podlagi umetne inteligence, digitalnih dvojčkov in AR; zagotavlja usposabljanje za industrijo 4.0 / 5.0.
I4MS	Evropska pobuda za pomoč MSP pri proizvodnji pri uvajanju digitalnih tehnologij.
DATA. ZERO	Projekt EU, ki spodbuja proizvodnjo brez napak s podatkovno vodenimi rešitvami in usposabljanjem na področju umetne inteligence, interneta stvari in strojnega učenja.
PreMETS	Projekt Erasmus+, ki izboljšuje izobraževanje o napovednem vzdrževanju z orodji, mikrokvalifikacijami in brezplačnimi tečaji Moodle.
DRIVES	Projekt Erasmus+, ki podpira avtomobilska znanja in spretnosti prek MOOC o vzdrževanju, kibernetiki varnosti, umetni inteligenci in robotiki.
4CHANGE	Odpravlja vrzeli v spretnostih kovinarjev z digitalnim, podjetniškim usposabljanjem in učenjem na delovnem mestu.

4.2. VPLIV NA USPOSABLJANJE IN USPOSOBLJENE SPRETNOSTI

4.2.1. SPRETNOSTI, USPOSOBLJENE NA PODROČJU PDM

Nove tehnologije se v različnem obsegu vse pogosteje vključujejo v programe usposabljanja. V naslednji tabeli so predstavljeni primeri programov, povezanih s PdM, ki so vključili nastajajoče tehnologije in področja.

Miza 3. Nove tehnologije in področja v usposabljanja, povezana s PdM

TEHNOLOGIJA	USPOSABLJANJE / TEČAJI
Trajnost	- Diploma iz znanosti in tehnologij industrije ter trajnostnega razvoja (EOK 4) (Francija) - Certifikat višjega tehnika za znanosti in tehnologije industrije in trajnostnega razvoja (EOK 5) (Francija)
Kibernetika varnost	Poklicna matura in višji tehnični certifikat na področju kibernetike varnosti, računalništva in elektronskih omrežij (EOK 4) (EOK 5) (Francija)
Zadeva	Univerzitetni diplomirani tehničar strojništva in proizvodnega inženiringa, specializiran za inovacije za industrijo (EOK 6) (Francija)
IoT in IA	Višji certifikat tehnika v industrijskem vzdrževanju
IoT, IA, kibernetika varnost	- Poklicna diploma iz vzdrževanja biomedicinske opreme (EOK 6) (Francija) - Poklicna diploma iz vzdrževanja industrije 4.0 (EOK 6) (Francija)
IoT, AI, kibernetika varnost, trajnost, oblak	- Poklicna matura iz tehnika za proizvodnjo mehanskih izdelkov, specializirana za izvajanje in spremljanje proizvodnje (EOK 4) (Francija) - Certifikat višjega tehnika pri zasnovi procesa razvoja izdelka (EOK 5) (Francija) - Višji certifikat tehnika za načrtovanje in proizvodnjo avtomatiziranih sistemov (EOK 5) (Francija) - Poklicna diploma iz načrtovanja in proizvodnje elektronskih sistemov (EOK 6) (Francija) - Poklicna diploma iz načrtovanja in izboljševanja industrijskih procesov in postopkov (EOK 6) (Francija)



	• Certifikat višjega tehnika za načrtovanje industrijskih izdelkov (EOK 5) (Francija)
Primeri tečajev s področij: IoT, AI, kibernetska varnost, trajnost, oblak	• Za Francijo: modul za robotiko. • Za Slovenijo: Digitalno poučevanje; Trajnost; uporabniški vmesnik; Učinkovita uporaba orodij; Etično hekanje - praktično usposabljanje; kibernetska varnost; Umetna inteligenca v informacijski tehnologiji - praktično usposabljanje; Umetna inteligenca; strežniški sistemi; napredna računalniška omrežja; IoT pametne električne instalacije; Trajnost; Učinkovita raba in obnovljivi viri energije; kibernetska varnost, varnost in zaščita; kibernetska varnost, zaščita informacijskih sistemov; Kibernetska varnost, zaščita informacijskih sistemov. • Italija: Sistemi in omrežja; tehnologije in projektiranje informacijskih in telekomunikacijskih sistemov; Računalništvo; Telekomunikacije; Vodenje projektov, poslovna organizacija.

4.2.2. SPRETNOSTI, USPOSOBLJENE NA PODROČJU SCM

Na področju upravljanja dobavne verige (SCM) postaja vse bolj očitna tudi integracija novih tehnologij. Spodaj je podrobna tabela, ki opisuje programe usposabljanja in spretnosti, povezane s tem področjem.

Miza 4. Nove tehnologije in področja v usposabljanja, povezana s SCM

TEHNOLOGIJ	TRENINGI	SPRETNOSTI
Trajnost	• Diplomirani tehnološki menedžment v logistiki in prometu: mobilnost in trajnostna dobavna veriga • Trajnost pri upravljanju dobavne verige	• Upravljanje logistične in transportne verige s poudarkom na trajnosti • Optimizirajte rabo virov • Izvajanje strategij trajnostnega razvoja • Vključevanje odgovornih praks v logistiko in mobilnost • Izvajanje revizij trajnostne logistike • Razvoj inovativnih rešitev z okoljskimi merili • Uporaba strategij družbene odgovornosti podjetij (CSR) na področju logistike • Doseganje socialno, ekološko in ekonomsko trajnostnih dobavnih in proizvodnih verig • razlagati in uporabljati predpise, kot so zakon o potrebni skrbnosti v oskrbovalni verigi in prihodnje direktive EU, z uporabo orodij za ocenjevanje in optimizacijo trajnostne uspešnosti • Vključiti trajnost v strateško načrtovanje in operativno upravljanje, obravnavati ravnovesje med gospodarstvom, ekologijo in socialnimi vidiki • Razumevanje pravnega okvira in strategij za doseganje dolgoročne trajnosti v dobavni verigi
Kibernetska varnost	• Kakovost, industrijska logistika in organizacija, specializirana za organizacijo in dobavno verigo • Upravljanje logistike in transporta, specializirano za mobilnost in trajnostne dobavne verige • Strokovna diploma iz logistike in upravljanja pretoka • Tehnik za IT infrastrukturo in varnost	• Zagotavljanje informacijske varnosti in zaščite sistemov • Uporaba digitalnih orodij in uporaba pravil o kibernetski varnosti za pridobivanje, obdelavo, pripravo in razširjanje informacij • Izvajanje varnostnih politik za zaščito podatkov, shranjenih v infrastrukturi v oblaku • Uporabite preventivne ukrepe proti vdorom, goljufijam, kršitvam ali uhajanju podatkov prek konfiguracije informacijskega sistema • Zagotoviti pravilno delovanje računalniških omrežij in telekomunikacij podjetja • Zaščitite podatke, povezane z logistiko • Varna infrastruktura v oblaku • Uporaba strategij kibernetske varnosti • Ublažite kibernetska tveganja
IA	• Diploma iz znanosti in inženirstva, specializacija za vzdrževanje inteligentnih in povezanih sistemov	• Optimizirajte napovedno vzdrževanje, robotiko, mehatroniko in računalniško podprto upravljanje vzdrževanja • Obdelujejo in analizirajo podatke za pridobivanje strateških informacij in jih posredujejo svojim sodelavcem, da olajšajo odločanje.



	• Diploma iz znanosti in inženirstva – informacijski sistemi (EOK 6) • Diploma iz znanosti in inženirstva - računalništvo in digitalni sistemi (EOK 6) • Koordinator projektov IT (infrastrukture v oblaku, aplikacije ali podatki) (EOK 6) • Logistika in umetna inteligenca	• Obdelava in sinteza podatkov • Razvoj in upravljanje zbirk podatkov • Vključite umetno inteligenco v razvoj aplikacij • Oblikovanje in optimizacija rešitev umetne inteligence za industrijo • Organiziranje in upravljanje projektov umetne inteligence • Razvoj orodij umetne inteligence • Izvedite napovedno analizo podatkov z uporabo umetne inteligence • Avtomatizirajte logistične procese z robotiko in RPA • Upravljanje podatkov z velikimi podatki • Uporaba napovedne analitike za predvidevanje povpraševanja • Optimizirajte poti dostave z naprednimi algoritmi in izvajajte strategije kibernetne varnosti v avtomatiziranih sistemih • Uporaba etičnih načel pri uporabi umetne inteligence • Povečajte operativno učinkovitost in zagotovite donosnost naložbe z vizijo Logistike 4.0 in prihodnosti avtomatizacije v sektorju
Računalništvo v oblaku	• Koordinator IT projektov (infrastrukture v oblaku, aplikacije ali podatki)	• Orkestriranje infrastrukture v oblaku • Upravljanje informacijske varnosti • Uvajanje in vzdrževanje storitev računalništva v oblaku • Uvedba varnostnih pravilnikov za zaščito podatkov, shranjenih v infrastrukturi v oblaku
Veriga blokov	• Vodja projekta Blockchain Solutions (EOK 6)	• Načrtujte, kodirajte in izboljšajte sisteme, specifične za blockchain, z uporabo ustreznih programskih jezikov, kot so Solidity, C ++ ali JavaScript • Razvoj spletnih aplikacij in ogrodiv • Analizirajte potrebe strank in implementirajte robustne in varne blockchain arhitekture • Uporabite napredno znanje na področju blockchaina in kriptografije • Ustvarite inovativne rešitve v različnih sektorjih, kot so finance, logistika in zdravstvo • Upravljanje projektov veriženja blokov, zagotavljanje učinkovitega usklajevanja za doseganje ciljev in obravnavanje potreb strank • Zagotavljanje tehnično zanesljivih in razširljivih rešitev
Zadeva	• Oblikovalec in integrator rešitev IoT	• Implementirajte arhitekture povezanih naprav, ki jim omogočajo pošiljanje, prejetje in obdelavo signalov, informacij ali navodil. • Obravnavanje posebnih izzivov podjetij na podlagi njihovih poslovnih, vodstvenih ali operativnih potreb • Olajšati avtomatizacijo dejavnosti, optimizirati poslovne procese in okrepiti vodstveno odločanje

V spodnji tabeli boste našli podrobnejši pregled programov usposabljanja na področju upravljanja dobavne verige (SCM) ali sorodnih področij, skupaj z glavnimi veščinami, ki ste jih učili.

Miza 5. Usposabljanja v zvezi z SCM in njegovimi glavnimi usposobljenimi veščinami

DRŽAVA	USPOSABLJANJE	SPRETNOSTI
Francija	Univerzitetna diploma iz logistike in upravljanja prometa (EOK 6)	Logistika, transport, ekološka odgovornost, trajnost, digitalni prehod, upravljanje pretoka
	Potrdilo o strokovni usposobljenosti: tehnik za industrijsko logistiko (EOK 6)	Upravljanje pretoka informacij, industrijska skladnost, nadzor oskrbe in distribucije, računalniško podprti sistemi



Diploma iz tehnologije: Logistika in upravljanje prometa, specializirana za trajnostno mobilnost in dobavno verigo (EOK 6)	IT varnost, trajnost, inovativna logistika in transportne strategije
Diploma iz tehnologije: Logistika in upravljanje prometa, trajnostna mobilnost in specializacija dobavne verige (EOK 6)	Inovativne tehnologije, digitalne rešitve v logistiki in transportu
Diploma iz znanosti in inženirstva, specializacija za vzdrževanje inteligentnih in povezanih sistemov (EOK 6)	Digitalni in energetski prehod, umetna inteligenca, mehatronika, napovedno vzdrževanje, CMMS (računalniški sistemi za upravljanje vzdrževanja)
Strokovna diploma iz logistike in upravljanja pretoka (EOK 6)	Avtomatizacija skladišč, trajnostna logistika, kibernetska varnost, CSR (Corporate Social Responsibility), upravljanje pretoka
Diploma iz tehnologije: kakovost, industrijska logistika in organizacija, dobavna veriga in organizacijska specializacija (EOK 6)	Digitalna orodja, IT varnost, upravljanje pretoka informacij, dobavna veriga, optimizacija procesov
Diploma iz znanosti in inženirstva - Informacijski sistemi (EOK 6)	Ekološka odgovornost, krožno gospodarstvo, upravljanje in analiza podatkov, umetna inteligenca, digitalizacija
Diploma iz znanosti in inženirstva - računalništvo in digitalni sistemi (EOK 6)	AI, globoko učenje, računalniški vid, NLP, podatkovne baze, digitalna transformacija
Razvijalec umetne inteligence in podatkovne znanosti (EOK 6)	razvoj umetne inteligence, podatkovna znanost, optimizacija procesov, napovedno vzdrževanje, digitalni marketing
Koordinator projektov IT (infrastrukture v oblaku, aplikacije ali podatki) (EOK 6)	Informacijska varnost, računalništvo v oblaku, avtomatizacija, umetna inteligenca, kibernetska varnost, varstvo podatkov
Razvijalec in oblikovalec podatkovne znanosti (EOK 6)	Prediktivna analiza, AI, masovni podatki, strojno učenje, obdelava podatkov
Vodja projektov v rešitvah veriženja blokov (EOK 6)	Blockchain, kriptografija, Solidity, razvoj blockchain aplikacij, pametne pogodbe
Oblikovalski integrator rešitev interneta stvari (IoT) (EOK 6)	IoT, avtomatizacija, omrežja povezanih naprav, obdelava podatkov, optimizacija procesov
Tehnik za IT infrastrukturo in varnost (EOK 5)	Omrežja, kibernetska varnost, oblak, nadzor infrastrukture, upravljanje IT incidentov
Diploma univerzitetnih znanstvenih in tehniških študij: Webmaster et poklici, povezani z internetom (EOK 5)	Razvoj spletnih strani, povezani objekti, virtualna resničnost, razširjena resničnost, ustvarjanje digitalnih vsebin
Poklicna diploma iz načrtovanja in izboljševanja industrijskih procesov (EOK 6)	Digitalni prehod, proizvodna linija, vzdrževanje, robotika, digitalna orodja, kibernetska varnost, etika, okoljska odgovornost.
Poklicna matura iz logistike (EOK 4)	Sprejem, skladiščenje, priprava naročil, pošiljanje, upravljanje viličarjev, cestni prevoz, varnost, kakovost, okoljski predpisi, logistična podjetja, distribucijske platforme, korporativne logistične storitve.



	Certificiranje upravljalca operativne dobavne verige (EOK 6)	Upravljanje logistike, pogajanja, dobavna veriga, prevoz, skladiščenje, oskrba, načrtovanje, dispečer, vodja ladijskega prometa
Slovenija	Tehnik mehatronike (EOKF 4)	Strojništvo, elektrotehnika, računalništvo, avtomatizacija in robotika
	Logistični tehnik (EOK 4)	Logistika, skladiščenje in upravljanje dobavne verige
	Logistični inženir (EOK 5)	Logistika, upravljanje dobavne verige in optimizacija procesov
	Inženir mehatronike (EOKF 5)	Avtomatizacija, robotika in integracija naprednih tehnologij v proizvodne procese.
Turčija	Diploma iz logistike (EOK 6)	Upravljanje dobavne verige, nadzor zalog, distribucija, logistični informacijski sistemi
	Izredna diploma iz logistike (EOK 5)	Skladiščenje, prevoz, carinski postopki, vodenje zalog
	Poklicni gimnazijski program logistike	Pošiljanje, skladiščenje, skladiščenje, logistična programska oprema, pripravništvo, nadzornik skladišča, osebje za pošiljanje
Nemčija	Upravljanje dobavne verige	Upravljanje dobavne verige, optimizacija stroškov, zadovoljstvo strank, SCOR modeliranje
	Trajnost pri upravljanju dobavne verige	Predpisi, socialna in ekološka trajnost, strategije trajnostne optimizacije
	Strateško upravljanje dobavne verige (EOK 6)	Načrtovanje in upravljanje logističnih omrežij, zmanjševanje stroškov, simulacija in strateško načrtovanje
	Certificirani vodja dobavne verige (EOK 6)	Optimizacija vrednostne verige, zmanjševanje stroškov, vodenje logističnih projektov
	Tečaj certificiranega vodje dobavne verige (EOK 6)	Optimizacija vrednostnih verig, zmanjševanje stroškov, procesi, usmerjeni k strankam, osnove upravljanja dobavne verige, vodenje projektov, praktična orodja.
	Certificirani uporabnik SAP pri načrtovanju proizvodnje (EOK 4 do 6)	Sistemska navigacija SAP, upravljanje matičnih podatkov, proizvodni nalogi, premiki materialov, upravljanje zalog, integracija s SAP moduli (upravljanje materialov, prodaja), orodja za poročanje, upravljanje zmogljivosti/virov
	Učinkovita priprava dela – načrtovanje in nadzor proizvodnega procesa (EOK 4 do 6)	Optimizacija razporejanja naročil, nadzor proizvodnje, upravljanje materialov, ERP/MES sistemi, načrtovanje zmogljivosti, določanje velikosti serije, orodja za načrtovanje IT, izboljšanje dostavnih storitev.
Italija	Dobavna veriga, logistika in poslovanje (EOK 6)	Spretnosti dobavne verige, Optimizacija logističnih tokov, Upravljanje zalog, ERP, Blockchain, RFID, IoT, Avtomatizacija, Robotika, AI, Strojno učenje, Analiza podatkov, Strateško odločanje, Upravljanje tveganj
	Upravljanje dobavne verige (EOK 5)	Upravljanje javnih naročil, sodelovalne prakse, procesi od naročila do dostave, procesi od povpraševanja do ponudbe, integracija poslovnih partnerjev, učinkovitost, uspešnost in odzivnost
	Upravljanje dobavne verige	Nabava materialov, upravljanje proizvodnje, distribucija izdelkov, celovito upravljanje dobavne verige, modeli korporativnega upravljanja



4.2.3. SPECIALIZACIJSKI PROGRAMI V BASKIJI

Baskija je razvila obsežen nabor enoletnih specializacijskih programov (EOK 5), ki se izvajajo v dvojni obliki, ki združujejo učenje v učilnici s praktičnim usposabljanjem v podjetju. Ti tečaji so namenjeni študentom, ki so opravili dveletno višjo kvalifikacijo poklicnega izobraževanja in usposabljanja in želijo pridobiti napredne kompetence, usklajene s potrebami napredne proizvodnje in digitalne preobrazbe. Ti programi odražajo v prihodnost usmerjeno strategijo v baskovskem sistemu poklicnega izobraževanja in usposabljanja za uskladitev usposabljanja z resničnimi in prihodnjimi potrebami industrije. Za več podrobnosti obiščite uradno spletno stran baskovskega inštituta za znanje poklicnega izobraževanja in usposabljanja.

Trenutno so v ponudbi naslednji specializacijski programi, vključno s tistimi, ki se nanašajo na pametno in digitalno industrijo:

Miza 6. Specializacijski programi v Baskiji

PROJEKT	SPLOŠNA SPRETNOST
Inteligentna proizvodnja	Razviti in upravljati projekte, ki prilagajajo proizvodne procese z opredelitvijo proizvodnih ciljev, uporabo ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) in uporabo naprednih tehnologij za nadzor proizvodnje, ob hkratnem zagotavljanju zahtev glede kakovosti in varnosti.
Digitalizacija industrijskega vzdrževanja	Izvajati in upravljati projekte digitalizacije za vzdrževanje v industrijskih okoljih, z uporabo najsodobnejših tehnologij in upoštevanjem kakovostnih, varnostnih in okoljskih standardov.
Kolaboracijska robotika	Razviti projekte sodelovalne robotike, ki vključujejo robotske roke in avtonomne mobilne robote, ter izvajati njihovo montažo, zagon in vzdrževanje.
Kibernetska varnost v informacijski tehnologiji (IT)	Opredeliti in izvajati varnostne strategije v informacijskih sistemih, z izvajanjem diagnostike kibernetske varnosti, prepoznavanjem ranljivosti in uporabo blažilnih ukrepov v skladu z veljavnimi predpisi in sektorskimi standardi, ob upoštevanju protokolov o kakovosti, varnosti pri delu in varovanju okolja.
Kibernetska varnost v operativni tehnologiji (OT)	Opredeliti in izvajati strategije kibernetske varnosti v industrijskih organizacijah in infrastrukturah z diagnostiko, prepoznavanjem ranljivosti in uporabo blažilnih ukrepov v skladu z obstoječimi predpisi in industrijskimi standardi, ki zagotavljajo skladnost s kakovostnimi, varnostnimi in okoljskimi protokoli.
Meroslovni nadzor kakovosti	Izvajati nadzor kakovosti izdelkov, proizvodnih sistemov in merilnih sistemov, zagotavljati veljavnost meritev v preskusih in verifikacijah po veljavnih standardih kakovosti ter izdajati ustrezno dokumentacijo ob upoštevanju varnostnih in okoljskih predpisov.
Umetna inteligenca in masovni podatki	Oblikovati in uporabljati inteligentne sisteme, ki optimizirajo upravljanje informacij in izkoriščanje masovnih podatkov, zagotavljajo varen dostop do podatkov in skladnost z uveljavljenimi standardi dostopnosti, uporabnosti in kakovosti ter etičnimi in pravnimi načeli.

4.2.4. PREDNOSTNE NALOGE IN POMANJKANJE ZNANJ

Glede na poročilo PdM so centri za usposabljanje opredelili umetno inteligenco (AI) in trajnost kot glavni prednostni področji med nastajajočimi tehnologijami. Na področju upravljanja dobavne verige (SCM) se poudarek preusmerja na IoT, trajnost in kibernetsko varnost. Skoraj 70% centrov je izpostavilo ključne vrzeli v znanju v sistemih IoT, orodja umetne inteligence, in analiza podatkov.



Računalništvo v oblaku je navedlo 40%, medtem ko je le 14% omenilo skupno delo, kar kaže, da je ta mehka večšina že dobro pokrita. Ugotovitve za posamezne države kažejo, da:

- Franciji primanjkuje veščin na področju umetne inteligence in analize podatkov,
- Italija v sistemih IoT,
- Turčija na področju računalništva v oblaku in analize podatkov ter
- Slovenija v IoT in AI orodjih.

Predstavniki francoskega centra za usposabljanje je poudaril, da se je treba osredotočiti na razvoj spretnosti pred teoretičnim znanjem. Poudarili so tudi pomen povezovanja začetnega in poklicnega usposabljanja ter potencial umetne inteligence in zvečnega pridobivanja podatkov, ne le kot orodij za usposabljanje, temveč tudi kot podpore za celoten učni proces.

4.3. STRATEŠKA VLOGA POKLICNEGA IZOBRAŽEVANJA IN USPOSABLJANJA

Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje se danes pojavljajo kot dinamični in strateški akterji, ki lahko delujejo kot katalizatorji digitalnega in zelenega prehoda. Zaradi hitro razvijajočih se tehnologij in spreminjajočih se zahtev na trgu dela imajo ti centri ključno vlogo pri prilagajanju znanj in spretnosti ter podpiranju preoblikovanja industrijskih sektorjev.

Kot je poudarjeno v tem poglavju, se nove tehnologije kljub obstoječim izzivom že postopoma vključujejo v programe usposabljanja in spretnosti, ki se poučujejo.

Centri za usposabljanje so se zavedali teh izzivov in okrepili svoja strateška partnerstva z industrijo in v manjši meri z drugimi centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje. To sodelovanje ne spodbuja le izmenjave znanja, temveč zagotavlja tudi dostop do dodatnih virov financiranja, ki so bistvenega pomena za odpravo ene od glavnih ovir za prehod: njegovih finančnih stroškov.

V zvezi s tem so se centri za usposabljanje obrnili tudi na sponzorstvo in sodelovanje v projektih, ki jih financira EU, zlasti tistih, ki so podprti v okviru programa Erasmus+.

Poleg tega so centri izkoristili to priložnost, da razširijo svojo ponudbo usposabljanja, da postane vse bolj specifična in specializirana, hkrati pa dejavno vključujejo nove tehnologije kot del svojih strategij poučevanja. To jim je omogočilo, da zagotovijo sodobnejše, interaktivnejše in industrijsko pomembnejše učne pristope, ki so boljše usklajeni z realnostjo današnjega poklicnega okolja.

Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje delujejo kot bistvena gonilna sila preoblikovanja industrije, saj omogočajo inovacije in razvoj talentov, hkrati pa krepijo regionalno konkurenčnost. Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje zdaj presegajo osnovne funkcije usposabljanja, aktivno sodelujejo pri soustvarjanju rešitev s podjetji, razvijajo specializirane programe ter izvajajo projekte uporabnih raziskav in inovacij v naprednih proizvodnih in digitalizacijskih okoljih.

4.4. SKLEPI IN PRIPOROČILA

4.4.1. SKLEPI

Strateška vloga centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje kot dinamičnih akterjev v digitalnem in zelenem prehodu je jasno potrjena. Te institucije vztrajno napredujejo pri povezovanju nastajajočih tehnologij in področij, kot so umetna inteligenca (AI), trajnost, internet stvari (IoT), kibernetika, varnost, blockchain, računalništvo v oblaku, navidezna in razširjena resničnost, globoko učenje in robotika.



Glede na raziskave, izvedene s centri za usposabljanje, sta bili AI in trajnost opredeljeni kot glavni prednostni nalogi na področju napovednega vzdrževanja (PdM). Na področju upravljanja dobavne verige (SCM) se poudarek preusmerja na IoT, trajnost in kibernetiko varnost.

Zeleni in digitalni prehod je centrom za poklicno izobraževanje in usposabljanje ponudil več priložnosti, med drugim:

- Povečanje povpraševanja po usposabljanju, kar je omogočilo razširitev izobraževalne ponudbe.
- Možnost večje diverzifikacije in specializacije programov usposabljanja, ki zdaj vključujejo ne le tehnične spretnosti, temveč tudi interdisciplinarne kompetence. Jasen primer je pobuda, izvedena v Baskiji, kjer so bili razviti enoletni specializacijski programi v dvojni obliki, ki se osredotočajo na napredna znanja in spretnosti na področju pametne proizvodnje, digitalizacije, sodelovalne robotike, kibernetike varnosti in nadzora kakovosti.
- Tesnejše sodelovanje z industrijskim sektorjem.
- Naraščajoča uporaba novih tehnologij kot pedagoških orodij.
- Izboljšana dostopnost in prilagodljivost usposabljanja s hibridnimi učnimi modeli, ki združujejo spletno in osebno poučevanje. Te oblike so še posebej koristne za delovne posameznike.
- Spodbuda evropskih pobud, ki spodbujajo posodobitev poklicnega izobraževanja in usposabljanja.
- Dostop do financiranja prek programov EU.
- Diverzifikacija virov financiranja zaradi sodelovanja z drugimi centri za usposabljanje in industrijo.
- Čeprav v Baskiji še vedno obstajajo ovire, kot je pomanjkanje digitalne kulture v podjetjih, lahko centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje ključno vlogo kot nosilci preobrazbe z usposabljanjem strokovnjakov, ki so pripravljeni na soočanje z izzivi industrijske digitalizacije

Vendar pa je vključevanje novih tehnologij prineslo tudi pomembne izzive, med drugim:

- Omejena institucionalna avtonomija, ki ovira sposobnost učinkovitega odzivanja na nenehne spremembe.
- Naraščajoči stroški, povezani s sprejetjem novih tehnologij.
- Pomanjkanje specializiranega usposabljanja za izobraževalce, kar omejuje učinkovito izvajanje.
- Obstoječe vrzeli v znanju in spretnostih so bile ugotovljene na ključnih področjih na področju upravljanja dobavne verige (SCM). Ugotovitve za posamezne države poudarjajo naslednje pomanjkljivosti: Francija se sooča s pomanjkanjem veščin za umetno inteligenco in analizo podatkov; Italija pri integraciji sistemov IoT; Turčija na področju računalništva v oblaku in analize podatkov; in Slovenija v orodjih IoT in AI.
- Baskovski centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje diplomantov poklicnega izobraževanja in usposabljanja še vedno ne obravnavajo v celoti kot resnično možnost za spodbujanje njihove digitalne preobrazbe. Čeprav številni centri ponujajo napredne programe na področju avtomatizacije in digitalizacije (EOK 5), te kvalifikacije niso splošno priznane ali zahtevane v industriji. Zato imajo študenti pogosto omejene možnosti za visokotehnoške vloge, potencial poklicnega izobraževanja in usposabljanja za prispevanje k industrijskim inovacijam pa je še vedno premalo izkoriščen.

4.4.2. PRIPOROČILA

- Spodbujanje hibridnih učnih modelov: razširitev prožnih učnih poti, ki združujejo spletne in osebne oblike, da bi podprli različne profile učencev, zlasti strokovnjakov, in spodbujali vseživljenjsko učenje.
- Diverzificirati ponudbo usposabljanja in povečati število specializiranih programov.



- Odpravite kritične vrzeli v spretnostih.
- Okrepiti usposabljanje za trenerje.
- Okrepiti sodelovanje s podjetji in drugimi centri za usposabljanje.
- Diverzifikacija virov financiranja: spodbujanje centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje k mobilizaciji javnih sredstev, industrijskih sponzorstev, evropskih projektov in mehanizmov skupnega financiranja za premagovanje finančnih omejitev.
- Spodbujanje evropskih pobud: čim bolj povečati uporabo orodij in virov, ki jih je Evropska unija dala na voljo za podporo zelenemu in digitalnemu prehodu ter izobraževanju na splošno.
- Razviti pobude za usposabljanje za posamezne države za odpravo ključnih vrzeli v znanju in spretnostih v SCM: AI in analiza podatkov v Franciji, sistemi IoT v Italiji, računalništvo v oblaku in analiza podatkov v Turčiji ter IoT in orodja AI v Sloveniji.
- Razvoj znanj in spretnosti je treba dati prednost pred teoretičnim znanjem z vključevanjem začetnega in poklicnega usposabljanja ter z uporabo umetne inteligence in XR ne le kot izobraževalnih orodij, temveč tudi kot podpore v celotnem učnem procesu.



5. ZAKLJUČEK IN OBETI

Da bi podprli nadaljnjo rast, odpornost in trajnost sektorja napredne proizvodnje po vsej Evropski uniji in zunaj nje, je bistveno predvideti spreminjajoče se potrebe po delovni sili, izboljšati sisteme izobraževanja in usposabljanja ter okrepiti usklajenost med industrijo in izvajalci poklicnega izobraževanja in usposabljanja. To poročilo – sinteza treh dopolnilnih raziskav o napovednem vzdrževanju (PdM), upravljanju dobavne verige (SCM) in regionalnih vpogledih iz Baskije (BC) – ponuja celostno perspektivo o tem, kako digitalni in zeleni prehod preoblikujeta tako industrijsko okolje kot izobraževalne ekosisteme, ki ga podpirajo.

Na podlagi poglobljenega terenskega dela, večdržavnih anket, institucionalnih študij primerov in neposrednega sodelovanja z MSP, velikimi proizvajalci, VET institucijami in izobraževalci to delo ponuja dinamičen in raznolik vpogled v preobrazbo v praksi. S poudarkom na dveh področjih z visokim vplivom znotraj napredne proizvodnje, PdM in SCM, poročilo obravnava ne le tehnologije, ki spodbujajo spremembe, temveč tudi operativne, organizacijske in človeške prilagoditve, potrebne za uspešno implementacijo.

Skozi šest ključnih tematskih področij – tehnološkimi in operativnimi spremembami, zeleno in digitalno integracijo, ovirami, značilnimi za MSP, razvijajočimi se znanjem in spretnostmi ter pričakovanji delovne sile, strateškimi inovacijskimi modeli in preoblikovanjem sistemov poklicnega izobraževanja in usposabljanja – se ugotovitve približujejo skupnemu cilju: vzpostavitvi proizvodnega ekosistema, pripravljenega na prihodnost, ki temelji na agilnem izobraževanju, vključujočem izpopolnjevanju in močnem medsektorskem sodelovanju. Ta zaključni del kot tak vsebuje strateške izkušnje, opisuje medsektorska priporočila in ponuja v prihodnost usmerjeno vizijo o tem, kako lahko Evropa prevzame vodilno vlogo pri usklajevanju industrijskih inovacij z razvojem, osredotočenim na posameznika.

5.1. POVZETEK KLJUČNIH UGOTOVITEV

Napredna proizvodnja doživlja hitro preobrazbo, ki jo oblikujejo digitalizacija, trajnostni imperativi in razvijajoča se dinamika delovne sile. Vpogledi, pridobljeni iz napovednega vzdrževanja (PdM), upravljanja dobavne verige (SCM) in regionalnega terenskega dela v Baskiji, poudarjajo skupne trende, strukturne izzive in izvedljive priložnosti za MSP in ekosistem poklicnega izobraževanja in usposabljanja. Te ugotovitve so razvrščene v šest ključnih tematskih področij:

5.1.1. TEHNOLOŠKI IN OPERATIVNI PREMIKI

Pojav AI, IoT, digitalnih dvojčkov, robnega računalništva in rešitev v oblaku revolucionira operativne procese na področjih PdM in SCM. PdM izboljšuje zanesljivost sredstev, zmanjšuje izpade in optimizira stroške življenjskega cikla, medtem ko SCM prehaja k odpornosti in agilnosti prek digitalnih oskrbovalnih omrežij (DSN). Kljub različnim aplikacijskim okoljem se obe področji zbližujeta v smeri avtonomnih, na storitvah temelječih in razložljivih sistemov, ki zahtevajo prestrukturirane delovne tokove, medfunkcijsko sodelovanje in odločanje na podlagi podatkov. Novi modeli, kot so platformni ekosistemi, arhitekture, usmerjene v storitve, in preizkusna okolja (testbeds), podpirajo eksperimentiranje, zmanjševanje tveganj in razširljivo inoviranje med deležniki.



5.1.2. UČINEK DIGITALNEGA IN ZELENEGA PREHODA

Tehnologije v PdM in SCM niso le ojačevalci učinkovitosti, temveč tudi dejavniki trajnosti. PdM podpira zelene cilje s podaljšanjem življenjske dobe opreme, zmanjšanjem porabe energije, omejevanjem emisij, povezanih s prometom, in prispevanjem h krožnosti. SCM se usklajuje z zelenimi praksami s sledenjem emisijam, zmanjšanjem materialnih odpadkov, krožnimi strategijami dobave in sodelovalnim oblikovanjem. Digitalna orodja vse bolj podpirajo sposobnost podjetij, da predvidijo in izpolnjujejo okoljske obveznosti, s čimer optimizacijo poslovanja usklajujejo z ekološkimi cilji.

5.1.3. OVIRE IN IZZIVI, SPECIFIČNI ZA MSP

Tako PdM kot SCM sta omejena s skupnimi strukturnimi ovirami. Finančne omejitve ostajajo prevladujoče, saj imajo MSP težave pri dostopu do sredstev za tehnološke nadgradnje, zlasti za modularne ali interoperabilne sisteme. Tehnični izzivi vključujejo obstoječo infrastrukturo, pomanjkanje interoperabilnosti in tveganja kibernetske varnosti. Organizacijsko se MSP pogosto soočajo z nizko digitalno zrelostjo, omejeno notranjo podporo IT, odporom do sprememb in pomanjkanjem jasne strateške vizije. Izvajanje PdM trpi tudi zaradi nezadostnega dostopa do svetovalcev in nejasne donosnosti naložbe, medtem ko transformacijo SCM upočasnjujejo razdrobljeni sistemi načrtovanja, premalo izkoriščena orodja in vrzeli v upravljanju podatkov.

5.1.4. RAZVIJAJOČE SE SPRETNOSTI IN POTREBE PO DELOVNI SILI

Prehod na digitalno in zeleno poslovanje preoblikuje področje industrijskih spretnosti. Vloge postajajo hibridne, kar zahteva kombinacije tradicionalnega znanja, systemskega razmišljanja in tekočega znanja digitalnih platform. Spretnosti na področju umetne inteligence, diagnostike, kibernetske varnosti, vmesnikov v oblaku in interpretacije podatkov so vse pomembnejše. Od delavcev se pričakuje, da se bodo nenehno učili, se hitro prilagajali in sodelovali na različnih področjih. Povpraševanje po prečnih in mehkih veščinah, kot so komunikacija, reševanje problemov in prilagodljivost, prav tako narašča, zlasti z razvojem delovnih tokov in širjenjem avtomatizacije.

Vendar so vrzeli v digitalnih znanjih in spretnostih, odpor zaposlenih in neusklajenost med programi usposabljanja in industrijskimi sistemi še vedno pomembne ovire. Reševanje teh izzivov zahteva izvajanje strategij upravljanja sprememb, osredotočenih na ljudi, ki skupaj s tehničnim usposabljanjem obravnavajo kulturno prilagajanje. Takšen pristop ne le povečuje pripravljenost delovne sile, temveč zagotavlja tudi trajnostno vključevanje novih tehnologij v organizacijske procese.

5.1.5. STRATEŠKI OBETI IN INOVACIJSKI MODELI

V prihodnje bodo za napredek digitalne in zelene preobrazbe v evropskem proizvodnem ekosistemu potrebne integrirane, v prihodnost usmerjene strategije, ki tehnološki razvoj usklajujejo z razvojem delovne sile in organizacijsko prilagodljivostjo. To poročilo temelji na vseevropskih analizah (poročila PdM in SCM) in poglobljenem regionalnem raziskovanju, ki ga zagotavlja poročilo o Baskiji, da bi opredelili strateške inovacijske modele, nastajajoče najboljše prakse in uporabne vpogleda. V poročilu o tehnologiji blokovne verige je zlasti poudarjena vloga regionalnih centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje kot ključnih dejavnikov, ki omogočajo industrijske inovacije, saj zagotavljajo dejanske primere skupnih prizadevanj za izpopolnjevanje in okvire za eksperimentiranje z nizkim tveganjem.

Pri **napovednem vzdrževanju (PdM)** bo dolgoročna konkurenčnost odvisna od širjenja dostopa do financiranja, vlaganja v usposabljanje delovne sile in digitalne pismenosti ter optimizacije strategij, osredotočenih na podatke. Pri **upravljanju dobavne verige (SCM)** je prihodnji uspeh



odvisen od spodbujanja preglednosti, krepitve zaupanja med partnerji, usklajevanja digitalnih in zelenih ciljev ter krepitve upravljanja podatkov.

Za podporo tem rezultatom se že pojavljajo številni inovacijski modeli in dejavniki:

- **Modularne in sodelovalne strategije preoblikovanja:** MSP sprejemajo postopne pristope, ki usklajujejo inovacije s cenovno dostopnostjo. Te so pogosto zgrajene na skupnih infrastrukturah, razvojnih projektih, ki jih vodi konzorcij, in platformah med zainteresiranimi stranmi, ki omogočajo porazdeljeno prevzemanje tveganj in obojestranske koristi.
- **Storitveno usmerjene arhitekture** - kot je **PdMaaS (Predictive Maintenance as a Service)** - zagotavljajo izvedljivo pot za MSP do dostopa do napovednih zmogljivosti brez vlaganja v drago infrastrukturo. Te rešitve, ki se pogosto zagotavljajo prek proizvajalcev originalne opreme ali platform v oblaku, prenašajo odgovornosti z notranjih tehnikov na podatkovne analitike in zunanje ponudnike storitev, kar povečuje prilagodljivost in ohranja zanesljivost delovanja.
- **Testne naprave in javno-zasebna partnerstva** še naprej pridobivajo zagon kot mehanizmi za zmanjševanje tveganja pri eksperimentiranju, omogočajo uporabne raziskave in razvoj ter spodbujajo sodelovanje med poklicnim izobraževanjem in usposabljanjem ter industrijo. Poročilo o tehnologiji blokovne verige to potrjuje z dokazi, da lokalni centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje skupaj z MSP in industrijskimi grozdi vodijo pilotne projekte za inovacije.
- **Strategije postopnega sprejemanja**, podprte z **javnim financiranjem in skupnimi projekti EU** (npr. LCAMP), omogočajo MSP, da raziščejo nastajajoče tehnologije v nadzorovanih okoljih z manjšim tveganjem, kar je še posebej dragocen pristop za podjetja z omejenimi notranjimi zmogljivostmi.
- **Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje kot katalizatorji:** Poročilo o tehnologiji izmenjave in usposabljanja ter širše raziskave EU se približujejo strateški vlogi ustanov za poklicno izobraževanje in usposabljanje. Ti centri delujejo kot mostovi med industrijskimi potrebami in zagotavljanjem usposabljanja, hkrati pa podpirajo uporabne inovacije. Njihova sposobnost prilagajanja učnih načrtov, spodbujanja hibridnega učenja in usposabljanja osebja za sodobno pedagogiko jih postavlja kot ključne akterje v sektorski preobrazbi.
- **Digitalno tekoče posredniške vloge** postajajo bistvenega pomena v kontekstih PdM in SCM. Ti novi profili delovne sile, ki jih pogosto oblikuje usposabljanje na področju poklicnega izobraževanja in usposabljanja, povezujejo tradicionalno strokovno znanje z naprednimi digitalnimi orodji. Prav tako se učinkovito povezujejo z zunanjimi ponudniki umetne inteligence, strokovnjaki za napovedno vzdrževanje ali integratorji programske opreme.

Inovacijski **modeli SCM poudarjajo ključno vlogo sodelovanja, ki temelji na zaupanju**. Medtem ko digitalna orodja omogočajo preglednost, komunikacijo v realnem času in sledljivost, človeška razsežnost zaupanja **ostaja temeljnega** pomena za dolgoročna partnerstva v dobavni verigi. Krepitev zaupanja – s kulturno usklajenostjo, kontinuiteto odnosov in skupnimi cilji – je vse bolj priznana kot bistvena za industrijsko odpornost in inovacije.

5.1.6. SISTEMI POKLICNEGA IZOBRAŽEVANJA IN USPOSABLJANJA TER PREOBRAZBA IZOBRAŽEVANJA

Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje so vse bolj priznani kot strateški dejavniki, ki omogočajo digitalni in zeleni prehod v napredni proizvodnji. Po vsej Evropi - in zlasti omenjeni v Baskiji - se ti centri razvijajo iz izključno izobraževalnih ustanov v dinamična središča uporabnih inovacij, razvoja delovne sile in industrijskega partnerstva.



Ugotovitve kažejo, da **ponudniki usposabljanja poglobljajo sodelovanje z industrijo** in skupaj razvijajo učne načrte, ki vključujejo ključne tehnologije, kot so AI, IoT, računalništvo v oblaku in kibernetska varnost. Prav tako eksperimentirajo s hibridnimi **pedagoškimi modeli**, ki združujejo osebno in spletno učenje za povečanje prožnosti in dostopnosti. Te inovacije so ključnega pomena za obravnavanje hitro spreminjajočih se potreb po znanjih in spretnostih ter pripravo učencev – bodisi novih udeležencev ali delavcev za izpopolnjevanje – na zapletenost sodobnih industrijskih okolij.

Vendar izzivi ostajajo. **Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje se pogosto soočajo s strukturnimi ovirami**, vključno z omejeno avtonomijo pri oblikovanju programov, nezadostnim usposabljanjem izvajalcev usposabljanja (zlasti na področju digitalnih orodij in novih metodologij poučevanja), zastarelimi strukturami učnih načrtov in omejenim financiranjem nadgradnje opreme in infrastrukture. Posledično se številni centri težko ujemajo s hitrostjo industrijske preobrazbe.

Da bi odpravile te vrzeli, ustanove PIU začenjajo raziskovati nove oblike, kot so **mikrokvalifikacije, modularne poti usposabljanja in medcentrično sodelovanje**, da bi se bolje odzvale na povečan vpis in povpraševanje delodajalcev po visoko specializiranih kvalifikacijah.

Poročilo **o Baskiji** ponuja konkretne primere, kako se ti izzivi spopadajo s strategijami **postopnega uvajanja tehnologije**, podprtimi z **javnim financiranjem in skupnimi projekti**. Te pobude zagotavljajo varno okolje z nizkim tveganjem za preizkušanje z nastajajočimi tehnologijami in spodbujanje inovacij. Poleg tega **baskovski centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje aktivno sodelujejo v projektih uporabnih inovacij** in se postavljajo kot ključni akterji v regionalnih industrijskih strategijah. Njihovi prispevki k **izpopolnjevanju in preusposabljanju delovne sile** poudarjajo ključno vlogo, ki jo lahko imajo centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje pri podpiranju lokalnih ekosistemov in spodbujanju preobrazbe na terenu.

Poleg tega **pobude na ravni EU, kot je LCAMP**, ponujajo kritično raven usklajevanja in podpore, ki lokalno eksperimentiranje usklajuje s celinskimi strateškimi cilji. S povezovanjem industrije, politike in izobraževanja ti programi povečujejo zmogljivost centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje, da delujejo kot **katalizatorji inovacij, trajnosti in vključenosti** v prihodnost napredne proizvodnje.

5.2. STRATEŠKE LEKCIJE

Preobrazba napredne proizvodnje z digitalnimi in zelenimi tehnologijami razkriva šest strateških lekcij, ki so ključnega pomena za uskladitev industrijskega razvoja z razvojem delovne sile in prenovo izobraževanja:

- **Tehnologija ni nevtralna - sprejetje je kontekstualno in neenakomerno.** Velika podjetja so običajno vodilna na področju inovacij, saj imajo koristi od trdne notranje infrastrukture in naložbene zmogljivosti. Nasprotno pa MSP sprejemajo tehnologije bolj postopoma, omejene s finančnimi, organizacijskimi in tehničnimi omejitvami. Zato morajo uspešne strategije preoblikovanja upoštevati ta različna izhodišča in dati prednost modularnim, razširljivim in storitveno usmerjenim rešitvam.
- **Zeleni in digitalni prehod se zbližujeta in medsebojno krepiata.** Trajnostni cilji niso več ločeni od tehnoloških agend. PdM s proaktivnim vzdrževanjem zmanjšuje porabo energije, materialne odpadke in emisije. Digitalizacija SCM omogoča modele krožnega gospodarstva in sledljivost emisij. Zeleni cilji se vse bolj uresničujejo z digitalnimi orodji, kar ustvarja sinergije, ki jih je treba sprejeti skupaj.
- **V PdM in SCM se v opisih delovnih mest vse pogostejše pojavljajo pričakovanja tehničnega strokovnega znanja in digitalne tekočine, sposobnosti interpretacije podatkov in zmogljivosti interakcije z umetno inteligenco, skupaj s sposobnostjo sodelovanja zunaj študijskih področij.** Ta nastajajoča pričakovanja ponazarjajo naraščajoče povpraševanje po hibridnih profilih, ki



združujejo poglobljeno domensko znanje z medfunkcionalnimi, digitalnimi in medosebnimi veščinami.

- **Sistemi poklicnega izobraževanja in usposabljanja postajajo strateški akterji v inovacijskih ekosistemih.**

Vloga centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje daleč presega izvajanje usposabljanja. Kot se je pokazalo predvsem v Baskiji, postajajo spodbujevalci industrijskih inovacij, preskusni poligoni za uporabne tehnologije in dejavniki lokalne gospodarske odpornosti. Krepitev njihove samostojnosti, tehničnih zmogljivosti in povezav z industrijo je ključnega pomena za zagotavljanje vključujočih poti prehoda.

- **Spretnosti so valuta preobrazbe - in razvijajo se.**
- **Tehnično znanje na področju umetne inteligence, računalništva v oblaku in interneta stvari je vse bolj pomembno.** Enako pomembne pa so prečne kompetence: prilagodljivost, kritično razmišljanje, sodelovanje in učna avtonomija. Ko se pojavljajo hibridne vloge in delovna okolja postajajo bogata s podatki, morajo delavci združiti tekoče delovanje z analitično sposobnostjo in odpornostjo mehkih veščin.
- **Upravljanje sprememb je temelj preobrazbe.**
- **Sprejetje tehnologije je tako kulturno kot tehnično.** Uspešen industrijski in izobraževalni prehod je odvisen od vodenja, komunikacije in zaupanja. Od odpora do avtomatizacije do zastarelih pedagoških modelov je napredek odvisen od priprave ljudi in institucij na nenehno ponovno odkrivanje.

5.3. PRIPOROČILA

Kot odgovor na te strateške izkušnje so predlagana naslednja medsektorska priporočila za deležnike v naprednem proizvodnem ekosistemu:

Za oblikovalce politik in organe financiranja

- Zagotoviti trajne naložbe v digitalno in zeleno preobrazbo s podpiranjem sprejetja MSP prek javno-zasebnih partnerstev, inovacijskih bonov in platform za eksperimentiranje z zmanjšanim tveganjem.
- Prepoznati centre za poklicno izobraževanje in usposabljanje kot nosilce strateške preobrazbe ter podpreti njihovo avtonomijo, nadgradnjo infrastrukture in zmogljivost za vključevanje v inovacijske ekosisteme.
- spodbujati usklajevanje nacionalnih ogrodij kvalifikacij in nastajajočih poklicnih profilov, pri čemer je treba zagotoviti, da bodo razvijajoča se delovna mesta in hibridni nabori znanj in spretnosti priznani in prenosljivi po vsej Evropi.

Za MSP in deležnike iz industrije

- Sprejmite modularne, razširljive tehnologije, kot so PdM-as-a-Service in SCM platforme v oblaku, da zmanjšate naložbeno tveganje in povečate agilnost.
- Vlagati v izpopolnjevanje delovne sile z mikrokvalifikacijami in vseživljenjskim učenjem, na primer v umetno inteligenco, razlago podatkov in trajnostno delovanje.
- Spodbujati kulturo sodelovanja z združevanjem ekosistemov platform, sodelovanjem v regionalnih inovacijskih mrežah in gradnjo zaupanja v dobavnih verigah.

Za centre za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter izvajalce usposabljanja

- Razviti in integrirati hibridne modele usposabljanja, ki združujejo spletno in osebno učenje, kar omogoča prilagodljivost tako študentom kot strokovnjakom.
- Sodelujte s podjetji pri sooblikovanju učnih načrtov in uporabi veščin v resničnem svetu, zlasti s testnimi napravami, študijami primerov in inovacijskimi projekti.



- Okrepiti usposabljanje trenerjev ter jih opremiti z digitalnim strokovnim znanjem in sodobnimi pedagoškimi pristopi.

za usklajevanje na ravni EU

- Nadaljujte s pobudami, kot je LCAMP , ki ustvarjajo strukturirane metodologije za opazovanje tehnoloških trendov, potreb po spretnostih in inovacijah na področju usposabljanja.
- Olajšati usklajevanje strategij digitalnega in zelenega prehoda v državah članicah, kar bo centrom za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter MSP omogočilo delovanje v skladnem okviru ciljev in podpore.

S sprejetjem teh priporočil lahko Evropa zagotovi, da bo njen napredni proizvodni sektor ostal konkurenčen na svetovni ravni, okoljsko trajnosten in socialno vključujoč – zasidran v ekosistemu poklicnega izobraževanja in usposabljanja, ki je pripravljen na izzive prihodnosti.



5.4. OUTLOOK

Zeleni in digitalni prehod, ki trenutno preoblikujeta napredni proizvodni sektor, nista le tehnološki izzivi, temveč tudi človeške in sistemske priložnosti. Ko pogledamo v prihodnost, postane jasno, da uspešna preobrazba zahteva več kot le dostop do novih orodij; Zahteva sposobnost vključevanja teh inovacij v vsakodnevne operacije, pričakovanja delovne sile in izobraževalne sisteme.

V napovednem vzdrževanju (PdM) in upravljanju dobavne verige (SCM) so obeti opredeljeni s konvergenco. Zeleni in digitalni cilji so vse bolj povezani, ne le v smislu trajnostnih meritev, temveč tudi v skupnih strategijah za učinkovitost, krožnost, preglednost in odpornost. Na obeh področjih MSP in velika podjetja eksperimentirajo s hibridnimi rešitvami: združujejo lokalno strokovno znanje z infrastrukturo v oblaku, tradicionalne vloge s sistemi, izboljšanimi z umetno inteligenco, in modularne strategije uvajanja s širšo usklajenostjo vrednostne verige.

Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje so ključni dejavniki, ki omogočajo ta prehod. Obeti za poklicno izobraževanje niso več omejeni na tehnično poučevanje ali sektorsko certificiranje; širi se v smeri celostnega razvoja zmogljivosti. Centri morajo učence pripraviti na razmišljanje v različnih sistemih, sodelovanje na različnih področjih in nenehno prilagajanje spreminjajočim se zahtevam digitalno podprtih in trajnostno usmerjenih industrij. To pomeni spodbujanje prožnih učnih poti, krepitev industrijskih partnerstev in zagotavljanje, da so učitelji opolnomočeni s spretnostmi in institucionalno svobodo za eksperimentiranje, razvoj in vodenje.

Hkrati bodo nastajajoče oblike sodelovanja in eksperimentiranja oblikovale naslednjo fazo preobrazbe. Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter industrija morajo skupaj oblikovati učne izkušnje in tehnološke načrte. Sodelovanje z več centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter desetinami industrijskih partnerjev je temu delovnemu paketu zagotovilo dragocen vpogled v skupno podlago med akademskim poučevanjem, praktično pripravo, poklicnim usposabljanjem in pripravljenostjo delovne sile. Neposreden dostop do učnih in pedagoških dejavnosti in prizadevanj ter dojemanja in protokolov MSP in velikih industrij je privedel do skrbne analize dveh ključnih področij v proizvodnem okolju. Kar je postalo jasno, je uveljavljena vrednost usposabljanja centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje, nujnost izobraževalnega in industrijskega sodelovanja ter skupna zavezanost, ki jo imamo vsi za uspeh študentov pri učenju in zadovoljstvo zaposlenih v njihovem delovnem svetu. Skozi prizmo napovednega vzdrževanja in upravljanja dobavne verige smo videli, da imata digitalna in zelena preobrazba skupno prihodnost, ki jo podpira skupna zaveza.

V ta namen so obeti za skupno povezovanje teh dveh rezultatov - in dveh institucij, ki podpirata te cilje - pozitivni in možni. Kot posamezne institucije in kot kolektivni izobraževalni sektor lahko sodelujemo s proizvodnimi podjetji vseh velikosti pri preoblikovanju učenja, poučevanja, usposabljanja in zaposlovanja. S praktičnimi in ambicioznimi priporočili, ki so osredotočena na učence in ekspanzivna, lokalna, regionalna in nadnacionalna, imamo priložnost, da si na novo zamislimo prihodnost poklicnega in izobraževalnega usposabljanja v napredni proizvodnji po vsej Evropski uniji in po svetu.

Ta poročila in vpogledi, ki jih prinašajo, ne bi obstajali brez kolektivne inteligence, energije in predanosti vseh partnerjev, ki sodelujejo pri tem delu. Prek meja, časovnih pasov in institucij je vsak sodelavec prinesel svoje strokovno znanje in skupno zavezanost k odličnosti. Ta duh sodelovanja od srca Evropske unije do sosednjih regij odraža najboljše od poslanstva programa Erasmus+ – sodelovanja, osredotočenega na človeka in usmerjenega v prihodnost. V čast mi je biti priča in biti del tako živahnega primera evropskega duha v akciji.



6. SKLICEVANJA

- Pablo Marino. (2025, junij). Uskladitev ponudbe poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter potreb industrije v napredni proizvodnji v Baskiji. Projekt LCAMP – Observatorij WP3 – D3.2 – M36. <https://lcamp.eu>
- Pichoutou Pascal, Ralf Steck, Camille Leonard in Jésus Rebolledo. (2025a, junij). Digitalne tehnologije 4.0 in zeleni prehod vplivajo na napovedno vzdrževanje. Projekt LCAMP – Observatorij WP3 – D3.2 – M36. <https://lcamp.eu>
- Pichoutou Pascal, Ralf Steck, Camille Leonard in Jésus Rebolledo. (2025b, junij). Digitalne tehnologije 4.0 in zeleni prehod vplivajo na upravljanje dobavne verige. Projekt LCAMP – Observatorij WP3 – D3.2 – M36. <https://lcamp.eu>



7. KAZALO TABEL

<i>Tabela 1. Potrebe po znanjih in spretnostih (izvleček).....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 2. Primeri evropskih projektov na področju tehnoloških trendov in razvoja spretnosti v napredni proizvodnji</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 3. Nove tehnologije in področja v usposabljanja, povezana s PdM</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 4. Nove tehnologije in področja v usposabljanja, povezana s SCM</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 5. Usposabljanja v zvezi z SCM in njegovimi glavnimi usposobljenimi veščinami</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 6. Specializacijski programi v Baskiji.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 7. Potrebe po znanjih in spretnostih (iz poročil PdM, SCM in Baskije)</i>	<i>56</i>



8. PRILOGI

8.1. PRILOGA 1 – POTREBE PO ZNANJIH IN SPRETNOSTIH

Miza 7. Potrebe po znanjih in spretnostih (iz poročil PdM, SCM in Baskije)

Kompetenčno področje LCAMP	Kategorizacija	Priporočene podkategorije v okviru LCAMP	Poklic/izvor poročila	Potrebe po znanjih in spretnostih
Pismenost z umetno inteligenco	Pristojnosti	Kritična digitalna kompetenca	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Osnovna umetna inteligenca ali strojno učenje - osnovno znanje modelov AI/ML
	Spretnost	Računalniški vid	Tehnik za nadzor kakovosti (BC)	Računalniški vid in CNN za odkrivanje napak - uporaba nevronske mreže za avtomatiziran nadzor kakovosti
		Strojno učenje	Tehnik za nadzor kakovosti (BC)	Orodja za pregled, ki temeljijo na umetni inteligenci – uporabite umetno inteligenco za odkrivanje napak
Digitalni	Odnos	Kibernetika varnost	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Ozaveščanje o kibernetiki varnosti - ozaveščanje o varnosti IT
			Upravljanje dobavne verige (SCM)	Ozaveščanje o kibernetiki varnosti - ozaveščanje o varnosti IT
		IKT	CNC operater / tehnik za nadzor kakovosti / tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Kibernetika varnost v OT okoljih – razumevanje varnostnih tveganj v produkcijskih sistemih
	Pristojnosti	IKT	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Platforma v oblaku - sposobnost uporabe orodij v oblaku Spretnosti reševanja problemov - sposobnost uporabe orodij v oblaku
		Reševanje problemov	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Reševanje problemov (vzdrževanje) - analitično razmišljanje za odločanje na podlagi podatkov



		Zasnova sistema	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Prediktivno upravljanje modelov (analiza vzorcev neuspehov, pragovi tveganja)
			Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Integracija industrijske robotike - povežite robote s sistemi proizvodnih linij
	Spretnost	Podatkovna pismenost	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Interpretacija senzorskih podatkov - sposobnost branja in uporabe podatkov senzorjev IoT
				Spretnosti podatkovne diagnostike (vzdrževanje) - analiza podatkov za diagnozo napak
			Upravljanje dobavne verige (SCM)	Podatkovna pismenost - Splošna podatkovna pismenost v SCM
		IKT	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Hibridni profili (dobavna veriga + digitalna znanja in spretnosti) – npr. analitiki dobavne verige z digitalnimi znanji in spretnostmi
				ERP in SCM sistemska pismenost - Rutinska uporaba ERP/SCM programske opreme
			Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Komunikacijski protokoli (OPC-UA, Ethernet) - izvajanje industrijskih komunikacijskih standardov
			CNC operater (BC)	Digitalni vmesniki in HMI - upravljajo kontrole z zaslonom na dotik na CNC strojih.
			Tehnik avtomatizacije in robotike/tehnika vzdrževanja (BC)	Uporaba osnovnih protokolov kibernetske varnosti v OT okoljih - implementacija varnostnih postopkov in nadzora dostopa v produkcijskih sistemih
			Vzdrževalni tehnik (BC)	Namestite in konfigurirajte industrijske senzorje IoT - nastavite povezane senzorje za zbiranje podatkov



				Uporaba računalniških sistemov za upravljanje vzdrževanja (CMMS) – digitalno upravljanje potekov vzdrževanja
			IKT	Prediktivno vzdrževanje (PdM) Uporaba platform PdM - uporaba nadzornih plošč PdM, orodij CMMS itd.
			Reševanje problemov	Prediktivno vzdrževanje (PdM) Interpretacija podatkov (vzdrževanje) - analiza podatkov za diagnostiko napak
				Vzdrževalni tehnik (BC) Odpravljanje težav s podatkovno povezljivostjo v omrežjih IoT - reševanje komunikacijskih težav v povezanih sistemih
			Podatkovna pismenost	Tehnik za nadzor kakovosti (BC) Delovanje digitalnih kontrolnih sistemov - uporaba avtomatizirane merilne in preskusne opreme
				Digitalna dokumentacija in sledljivost - vodenje elektronske evidence podatkov o kakovosti
				Konfiguracija vizualnih sistemov - nastavitve kamer in obdelave slike za nadzor kakovosti
				CNC operater (BC) Integracija sistema MES/ERP - povežite postopke obdelave s sistemi podjetja
				Pridobivanje in interpretacija podatkov - zbiranje in analiza proizvodnih podatkov za optimizacijo
				Vzdrževalni tehnik (BC) Spremljanje podatkov senzorjev (IoT) - analizirajte podatke v realnem času iz povezanih industrijskih senzorjev
				Uporaba platform v oblaku za spremljanje delovanja strojev –



				dostop do sistemov za daljinsko spremljanje
		Računalniški vid	Tehnik za nadzor kakovosti (BC)	Sistemi strojnega vida - upravljajo sisteme za nadzor kakovosti s kamerami
		Digitalna proizvodnja	CNC operater (BC)	Delovanje programske opreme CAD/CAM - uporaba računalniško podprtih programov za načrtovanje in izdelavo
Prečno	Odnos	Sporočilo	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Komuniciranje in usklajevanje – odprtost in pripravljenost za digitalno preobrazbo
		Prilagodljivost/agilnost	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Prilagodljivost - pripravljenost za prilagajanje spreminjajočim se vlogam/tehnologijam
	Pristojnosti	Sodelovanje/timsko delo	Prediktivno vzdrževanje (PdM)	Sodelovanje - medresorsko sodelovanje (vzdrževanje, IT operacije)
		Kritično razmišljanje	Upravljanje dobavne verige (SCM)	Strateško razmišljanje - celostno razumevanje kompleksnih dobavnih verig
	Spretnost	Sodelovanje/timsko delo	Prečne spretnosti (BC)	Učinkovito delo v skupinah - uspešno sodelovanje v multidisciplinarnih delovnih skupinah
				Medfunkcionalno sodelovanje – učinkovito delo z multidisciplinarnimi skupinami v digitalnih okoljih
		Sporočilo	Prečne spretnosti (BC)	Komunikacija in usklajevanje – jasna izmenjava informacij med oddelki in izmenami
		Prilagodljivost/agilnost	Prečne spretnosti (BC)	Prilagajanje nastajajočim tehnologijam – pripravljenost za učenje in uporabo novih tehnoloških orodij



		Reševanje problemov	Prečne spretnosti (BC)	Reševanje problemov in odločanje - analizirajte situacije in sprejemajte učinkovite tehnične odločitve
		Nenehno izboljševanje	Prečne spretnosti (BC)	Miselnost nenehnega izboljševanja - prepoznajte priložnosti za optimizacijo v digitalnih proizvodnih procesih
Strokovno	Pristojnosti	Zasnova sistema	Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Integracija industrijske robotike - povežite robote s sistemi proizvodnih linij
	Spretnost	Zasnova sistema	Tehnik za avtomatizacijo in robotiko (BC)	Konfiguracija vizualnih sistemov - nastavitvev kamer in obdelave slike za vodenje in avtomatizacijo robotov





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.