

I List of AM relevant skills required to work in an AM Workshop 4.0



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



This work is licensed by the EXAM 4.0 Partnership under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

EXAM 4.0 partners:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIPF Miguel Altuna, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, Da Vinci College, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, 10XL, and EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning.

"Europako Batzordeak argitalpen hau egiten laguntzea ez da edukien onarpen bat, egileen iritziak soilik islatzen baitituzte, eta Batzordeak ez du bere gain hartzen bertan jasotako informazioa erabiltzeko erantzukizunik."

1. Laburpena

Industria 4.0-k eskakizun berriak planteatzen dizkie langileei, teknologia berriek irtenbide berritzaireak behar dituzte, eta, beraz, langile berritzaireak, beharrezko doikuntzetara egokitu eta industria-sektoreari balioa eman diezaioketenak. Langileen eskakizun berriek, aldi berean, hezkuntzarako eskakizun berriak sortzen dituzte. Baldintza berri horiek direla eta, Curt Nicolin Gymnasietek eta EXAM 4.0 partzuergoko bazkideek Industria 4.0 hezkuntza garatzeko metodoei buruzko ikerketak egin dituzte. 4. lan-paketeak, EXAM 4.0 formatuan, LHko zentro batek ikasleei fabrikazio aurreratuaren sektorean funtsezkoak diren trebetasunak eta gaitasunak emateko betaritzea dituen baldintzen definizioak jasotzen ditu. Erakundeak eta tailerrak deskribatzeko ereduak daude, partzuergoko bazkide guztiak probatu dituztenak. Eredua eta deskribapenak onuragarriak izan daitezke lantegi berriak definitzeko orduan, bikaintasuneko fabrikazio aurreraturako diseinatuak. 4. lan-paketeak fabrikazio aurreratuko teknologia garrantzitsuei, I4.0-ren alderdi garrantzitsuei eta ikaskuntza-prozesuei buruzko informazioa ere jasotzen du, hala nola I4.0-ren hezkuntzari buruzko metodologiak eta ikaskuntza-edukiak. Txosten honek, 4.3 lan-paketeak, fabrikazio aurreratuaren sektorean arrakasta izateko funtsezkoak diren trebetasunak eta gaitasunak biltzen ditu. Txosten honetan I4.0-rako gaitasun garrantzitsuenei eta trebetasun garrantzitsuenei buruzko informazioa jasotzen da. Informazioa, batez ere, EXAM 4.0 barruan egindako azterlan batean oinarritzen da, partzuergoko herrialde elkartuetako enpresen ordezkarien erantzunetan, hau da, Suediako, Alemaniako, Herbehereetako eta Espainiako ordezkarien erantzunetan.

2. Edukien Taula

Laburpena	3
Edukien taula	4
LP4.3 Zereginen plantilla	5
Laburdurak	6
Sarrera	
7	
3.1 FA zeharkako gaitasunak	
9	
3.2 Ikaskuntza emaitzak	12
3.3 Hezkuntzaren eragina ekonomian	17
3.4 FA teknologia hezkuntzan	18
3.5 Konpetentzia espezifikoen taula	19
Erreferentziak	21

3. LP 4.3 Zereginen plantilla

Emaitzia	Zenbakia	D4.3
	Izenburua	FA 4.0 tailer batean lan egiteko beharrezkoak diren fabrikazio aurreratuko gaitasun garrantzitsuenen zerrenda
	Mota	Txostena
	Deskribapena	Fa 4.0 tailerraren diseinuan parte hartzen duten pertsonen profilei lotutako gaitasun espezifikoen taula; proiektuari lotutako ikastetxe bakoitzaren ezarpenaren irismena, hezkuntza-baldintzak, ekipamendua eta teknologiak, eta irakasleen eta ikasleen gaitasun-mailak kontuan hartuta
	Epemuga	M07
	Hizkuntza(k)	Ingelesa, alemana, suediera, holandera eta gaztelania
	Baliabidea(k)	Electronika
Hedapen maila	Publikoa	

4. Laburdurak

LP = Lan-paketea

AA = Adimen artifiziala

FA = Fabrikazio aurreratua

EA = Errealitate areagotua

CAD = Ordenagailuz lagundutako diseinua

CAM = Ordenagailuz lagundutako fabrikazioa

CoVE = Bikaintasun Profesionaleko Zentroak

CPS = Sistema ziberfisikoak

E = Entregagarria

KEE= Kualifikazioen Europako Esparrua

EXAM 4.0 = Fabrikazio Aurreratuaren Bikaintasuna

LH = Lanbide Heziketa

I4.0 = Industria 4.0

IT = Informazioaren teknologiak

IoT = Objektuen Interneta

IIoT = Objektuen Internet industriala

IT = Informazioaren teknologia

KETs = Funtsezko teknologia bideratzaileak

M2M = Makinatik makinarako komunikazioa

TO= Teknologia operatiboa

RFID = Irrati-maitzasunaren bidezko identifikazioa

EB= Errealitate Birtuala

5. Sarrera

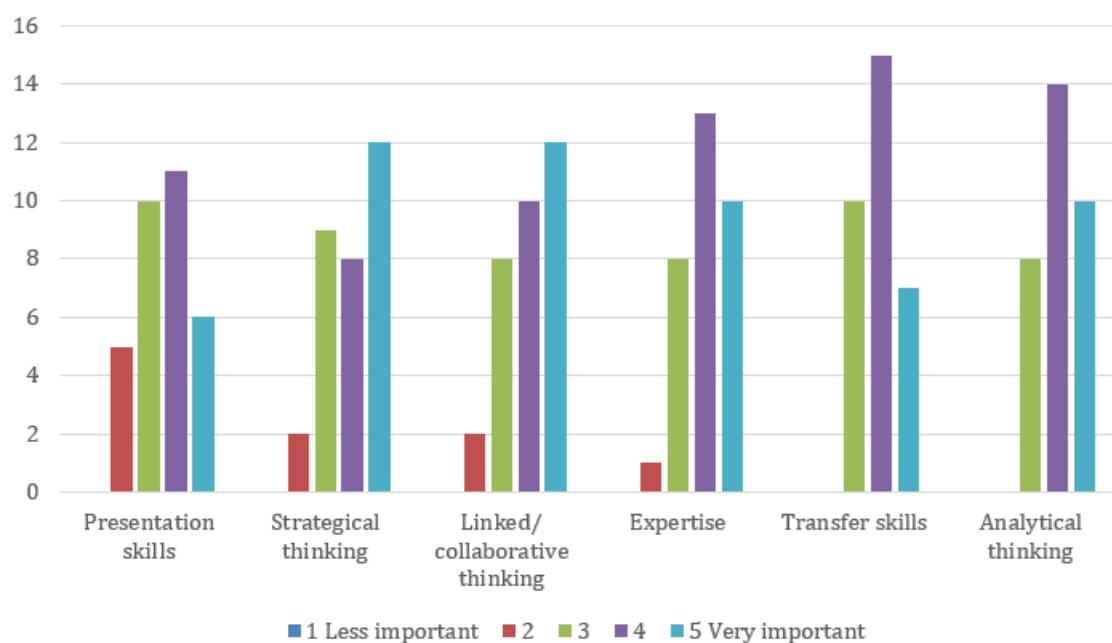
Txostenaren hirugarren atalak fabrikazio aurreratuaren sektorean lan egiteko behar diren gaitasunak eta konpetentziak ditu. Atal honetan gaitasun espezifikoen taula bat ageri da, eta FA 4.0 tailer bat zuzentzen duten pertsonentzat garrantzitsuak diren alderdiak biltzen ditu. I4.0-rako garrantzitsuak diren hezkuntza-baldintzei eta industria-sektoreko hezkuntza-efektuari buruzko informazioa D4.3 aurkezten da.



Fabrikazio Aurreratuko 4.0 tailer batean lan egiteko gaitasun garrantzitsuen zerrenda

3.1 FA Zeharkako gaitasunak

Atal honetan, partzuergoko bazkideen alderdi interesdunei eskatutako fabrikazio aurreratuko zeharkako gaitasunak aurkezten dira. Jarraian aurkezten den informazioa EXAM 4.0 eztabaidea-taldeen bilerek sortutako emaitzetatik dator. I4.0-ri dagokionez, zenbait gaitasun teknikok eta zeharkakok duten garrantzia galdeztitzaientzien enpresa parte-hartzaileetako ordezkariei.

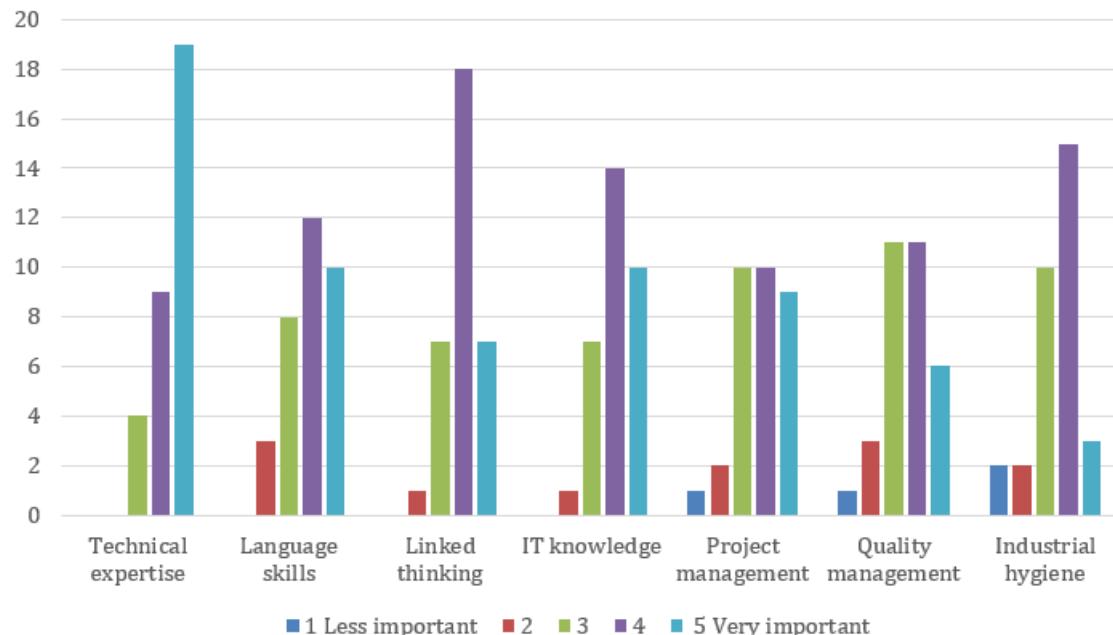


1. Grafikoa: konpetenzia metodologikoen garrantzia etorkizuneko I4.0 ekoizpen-inguruneari dagokionez.

Hautatutako metodologia-gaitasunek garrantzi erlatibo berdina izan zuten herrialde parte-hartzaileetako enpresen arabera. Hala ere, pentsamendu analitikoa izan zen garrantzitsuentzat jo zuten gaitasuna .

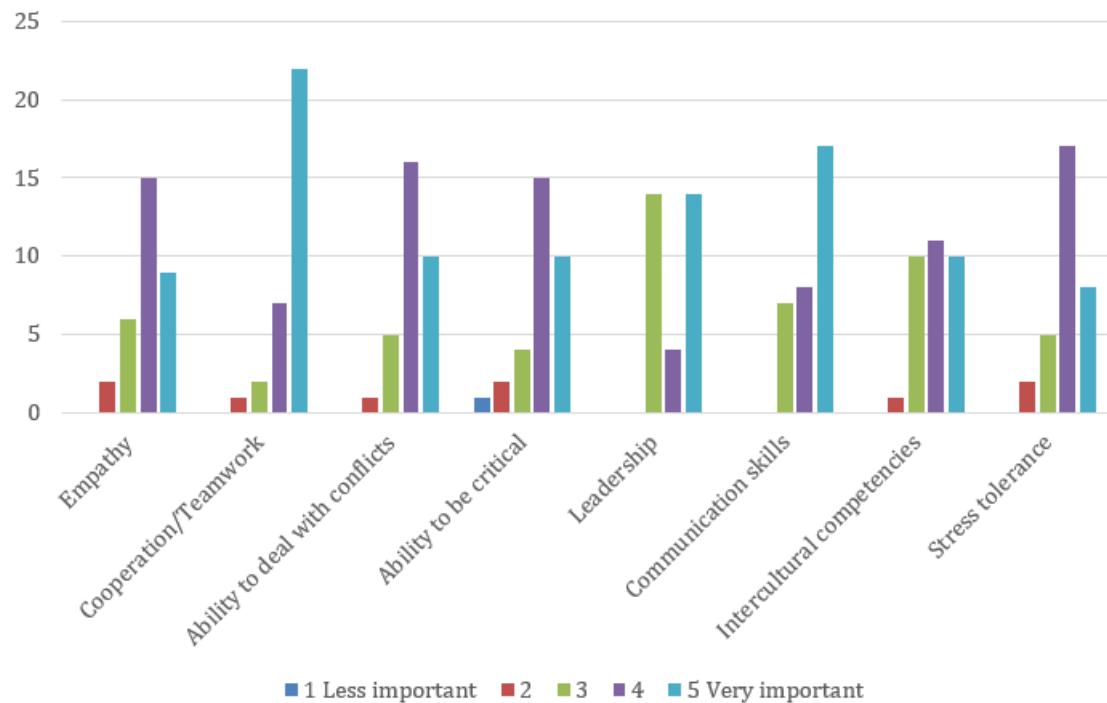
Arazoak ebaztea (ez zen gaitasun hautagarria) blokeen konfigurazio estandar gisa ezagutzen da askotan; bloke horiek arazo espezifiko bat definitzeko, helburu bat ezartzeko, arazoarentzako irtenbide bat erabakitzeko eta, ondoren, konponbidea aplikatzeko erabiltzen dira. I4.0 arazo konplexuagoak sortzen ari denez, arazo tradizionalak ebaztea ez da beti metodo egokia. Beraz, industriak pentsamendu-prozesu aurreratuagoak behar ditu kasu hauetan (Aventis Learning Group 2019).

Badira hobetu beharreko pentsamendu-prozesu egokiak; metodo horiek aplikatu behar dira I4.0-ren arazo korapilatsuei eraginkortasunez heltzeko. Pentsamendu prozesu hauek pentsamendu kritikoa, pentsamendu analitikoa (ordezkariek garrantzitsutzat jo zutena) eta pentsamendu sistemikoa (Aventis Learning Group 2019) dira.



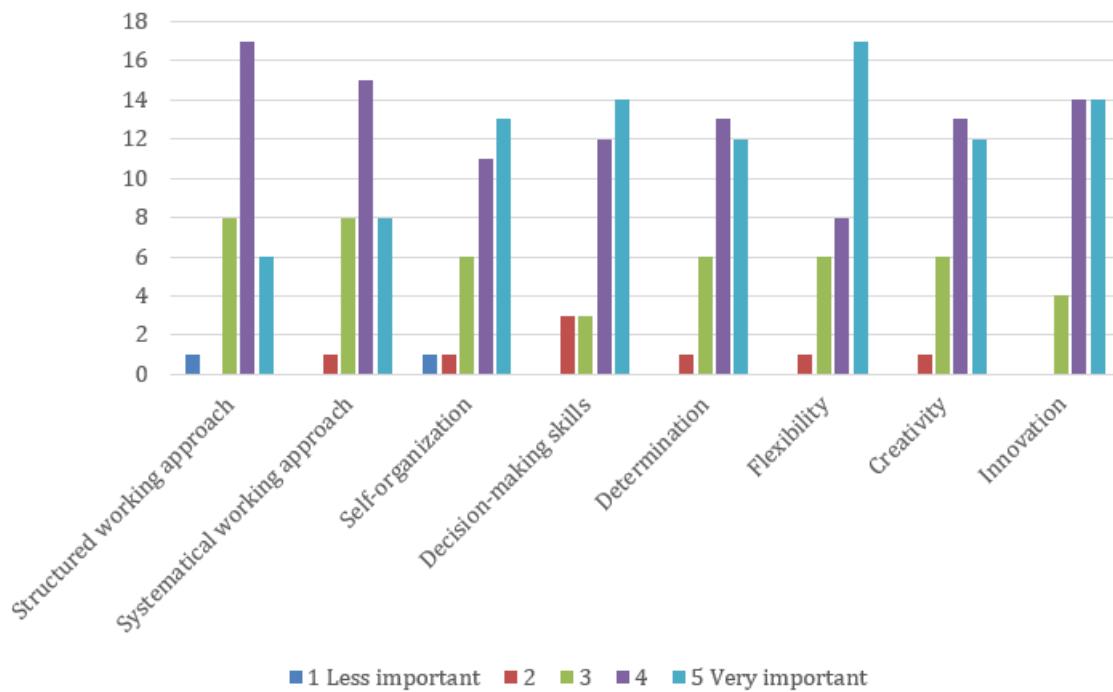
2. Grafikoa: gaitasun funtzionalen garrantzia etorkizuneko I4.0 ekoizpen-inguruneari dagokionez

Gaitasun funtzional hautagarriei buruzko erantzunak ez ziren gaitasun metodologikoei emandako erantzunak bezain garrantzitsuak izan. Gaitasun teknikoa gaitasun funtzional funtsezkoena izan zen, batez beste 4,47ko erantzunarekin 1etik 5erako eskalan. Ordezkarien ustez, higiene industriala zen lehiarik txikiena, 3,53, batez beste.



3. Grafikoa: konpetenzia sozialen garrantzia etorkizuneko I 4.0 ekoizpen-inguruneari dagokionez

Elkarrizketetako partaideen arabera, konpetenzia soziala da elkarlanerako eta talde lanerako, behar den konpetenzia garrantzitsuena.. 32 parte-hartzaileetatik, 22 pertsonak erantzun zuten "lankidetza/talde-lana" konpetenzia "oso garrantzitsua" dela langile batentzat. Gainerako gaitasun sozial guztiei ia garrantzi berdinarekin erantzun zitzaien, komunikazio-gaitasuna izan ezik, horiek pixka bat garrantzitsuagoak izan baitziren.



4. Grafikoa: nortasun-konpetentzien garrantzia etorkizuneko I4.0 ekoizpen-inguruneari dagokionez

Ia konpetenzia pertsonal guztiak jo ziren garrantzitsutzat. Hala ere, berrikuntza izan zen ordezkarien garrantzitsuentzat jo zutena, etorkizuneko I4.0 ekoizpen-inguruneari dagokionez. Sormena, "LEAD the Change Community" n, I4.0 (LEAD the Change Community 2019) delakoarekin lotuta 2020an eduki beharreko hirugarren gaitasunik (konpetenzia) garrantzitsuena bezala katalogatu zen, ordezkarien oso garrantzitsutzat identifikatu ez zuten arren.

Antzeko foku-taldeen bilerak egin dira eremu beraren barruan, I4.0-rekin lotuta gaitasun garrantzitsuak identifikatzeko. Elkarritzeta horiek Alemanian, Austrian, Herbehereetan, Egipton eta Suitzan egin zituzten. Ordezkariak IKT, SI, Ekonomia eta Ingeniaritza bezalako arloetan esperientzia zuten irakasleak ziren. Irakasle eta hizlari horien ustez, jarrera-gaitasunak ziren garrantzitsuenak; hala ere, azterlan hori, nagusiki, EXAM 4.0 enpresak egindako eztabaida-taldeen bilerez bestelako enpresa-talde bat zuzendu zitzaien. Ordezkarien, jarrera-gaitasunen artean garrantzitsutzat jo zituztenak komunikazio-gaitasuna, aurkezteko gaitasuna eta lankidetza izan ziren, funtsezko eginkizuna betetzen baitute talde-lanean (Kienegger et al., 2017). Gaitasun horiek EXAM 4.0 enpresak egindako inkestan sartzen dira, hainbat kategoriatan aipatuta; esaterako, gaitasun sozialak eta gaitasun metodologikoak.

Jarrera-gaitasunak I4.0-ri dagokionez garrantzitsuenak izango dira, Municheko Unibertsitate Teknikoak egindako inkestaren arabera. Ikasleek eta langileek jada eskuratutako gaitasunak I4.0 arlora nola egokitut daitezkeen ikertzen eta aztertzen jarraitu behar dela uste dute. Gainera, ikerketa I4.0 buruzko ikasketa-planen eta hezkuntza-programen betekizun berriean zentratu beharko litzateke (Kienegger et al., 2017).



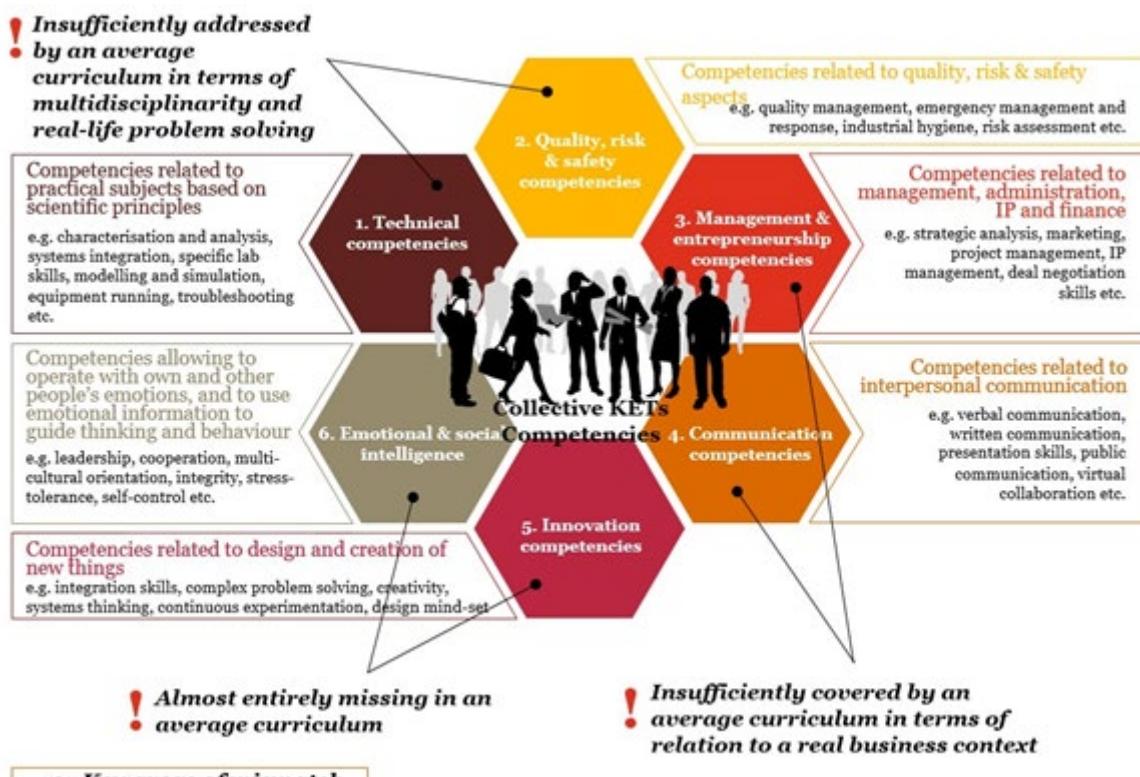
3.2 Ikaskuntza emaitzak

Lanbide Heziketaren egokitzea Industria 4.0-ren premiei erantzuteko

LHko ikasketa-planak ez dira industriaren erritmora egokitu. Alderdi interesdunen arabera, LHko tituludunak ez dator bat industriaren behar zuzenekin, ezin dira berehala hasi lanean; aitzitik, zuzeneko orientaziorik gabeko zereginak egin aurretik, prestakuntza jaso behar dute (CECIMO 2013, PwC 2020n erreferentziatua).

Gaur egun, LH zentru askok ia ez dute eboluzionatzeko asmorik I4.0-ren hezkuntza-eskakizunetara egokitzeko, nahiz eta elkarren segidako metodologiak badauden eta lantzen diren. Ikasketa-planak eguneratzea eta hobetzea prozedura konplikatuak eskatzen dituen ikuspegi posible bat da. Gaitasunez eta desadotasunez gain, eragozpen administratiboek ikasketa-programak antolatzea, erronka bat bihurtzen dute. Guzti honek sare mugatuak ditu, eta talde txikietatik harago lan egitea eragozten du, "Silo pentsamendua" dela eta. Eskariei hurrenez hurren aurre egiteko, ezinbestekoa da gaitasun eta desadostasunen artean lan egitea (Impuls Foundation 2019, PwC 2020an erreferentziatua).

Zein esparruetan diren beharrezko aldaketa



11. irudia. Ikasketen amaierako lanen konpetenzia kolektiboak eta desadostasunaren funtsezko eremuak (2016ko PwC, 2020ko PwCn erreferentziatua)

11. irudian, I4.0-k eskatzen dituen gaitasunen irakaskuntzan arrakasta izateko hezkuntzan egin behar diren aldaketen eredu agertzen da.

Eedu honetan ikus dezakegu zer landu behar dugun ikaskuntza emaitzei dagokienez:

6. Gaitasun teknikoak
7. Kalitate, arrisku eta segurtasun gaitasunak
8. Kudeaketa eta enpresa gaitasuna
9. Komunikazio gaitasuna
10. Berrikuntza gaitasuna
11. Adimen emozionala eta soziala

Hezkuntza-programetan ez dira sartzen zeharkako gaitasunak/ez-tekniko eta gutiziatu egokiak, ezinbestekoak baitira fabrikazio aurreratuaren sektoreko adituentzat. Zeharkako gaitasunak, teknikoak bezain funtsezkoak dira, beti baitaude egokitzapenak merkatuan, lege, kultura eta enpresa-ingurunean. Mundu osoko erosleei talde handiagoetan zerbitzua eman ahal izateko, funtsezkoak dira arazoak konpontzeari, ekintzailetasunarii, negoziazioari eta komunikazioari lotutako gaitasunak (Impuls Foundation 2019, PwC 2020n erreferentziatura)

Gaitasun teknikoei dagokienez, ikasle batzuek ez dute benetako erakunde batean lan egiteko behar den ezagutzarik, hau da, hezkuntzan erabiltzen diren software eta ekipo zaharkituen emaitza. Ekipo berrietakoa sarbide mugatua izanik, ikasleek ez dute fabrikazio aurreratuaren sektorean lan egiteko beharrezko ezagutzarik, eta, beraz, ez dira gai softwarearen eta ekipoen azken bertsioak erabiltzen dituzten enpresetan lan independenteak egiteko.

LHko ikastetxeek ezin dute enpresen garapen-erritmoa jarraitu eta, beraz, tituludunekez dute ezagutza egokirik izango enplegua eskatzen dutenean. Beraz, beharrezko da LHko zentroek I4.0 (Festo n.d) enpresekin edo erakundeekin lankidetzen aritzea. Prestakuntza teknikoko programetan zeharkako gaitasunak falta izaten dira, hala nola lidergoa, berrikuntza, ekintzailetasuna, marketina eta salmentak. Gaitasun horiek ez dute behar besteko aintzatespena jasotzen, fabrikazio aurreratuari dagokionez ikasle tekniko batentzat nahi denarekin alderatuta (PwC 2020).

LHko institutoek gertakari espezifikoak ikastera eta arazoak ebazterra bideratzen dute beren hezkuntza, ezagutza mugatuko arlo batean. Fabrikazio aurreraturako behar den hezkuntza-ikuspegiak hainbat arlotan

erabil daitekeen ezagutza dakar. Hezkuntza-programek irakasteko modu berriak behar dituzte, metodo berri horiek egungo pentsatzeko modu tradizionalak aldatu behar dituzte. Horren ondorioz, ikasleek loturariak gabeko eremuen arteko loturak ikusten ikasiko dute, eta haien arteko loturak sortzeko gai izango dira. Gainera, programek zaitasunak izaten dituzte ikasleei ezagutza teorikoak benetako industria-arazo bihurtzen irakasteko, nahiz eta hori oso ezaugarri desiragarria den industria aurreratuko ikasle berriean, I4.0-n (PwC 2020).

Dauden programek, askotan, ez dute kalitatearen eta kantitatearen arteko oreka lortzen edukiei eta hezkuntza-gaitasunei dagokienez. Alderdi interesdunek diote ez dagoela beti aplikatu beharreko ikuspegirik. Hezkuntzak ezagutza eta gaitasun espezifikoen eta orokoren arteko oreka eskatzen du; enpresek nahiago dituzte ezagutza espezifikoen gradu desberdinak dituzten tituludunak (PwC 2020).

Fabrikazio aurreratuaren barruan desberdintasunak daude okupazio-taldeen artean, eta, beraz, desberdintasun asko daude hezkuntza-edukiaren artean. Lan espezifiko batek ezagutza eta gaitasun orokor gehiago behar izan ditzake; beste lan batek, berriz, ezagutza eta trebetasun espezifikoagoak behar ditu (PwC 2020).

Gaitasun modernoak modu modernoan irakastea

XXI. mendean funtsezkoak diren fabrikazio aurreratuko gaitasunak ez dira nahitaez berriak. Trebetasun horiek historian zehar izan dira (Rotherham eta Willingham 2009, PwC 2020an aipatua)

Hainbeste ezagutza berri sortzen dira, alderdi interesdun askok uste baitute informazioaren benetako ezagutzak ez duela axola. Informazioa aurkitzeko gaitasuna informazioa izatea baino garrantzitsuagoa dela uste dute. Bata ez da bestea baino garrantzitsuagoa, informazioa edukitzea aurkitzeko gaitasuna bezain garrantzitsua da. Enpresariei, langileei eta ikasleei ikaskuntzaren emaitzak arrakastaz hobetzeko informazioa eta gaitasunak ematea da zereginha. Beraz, informazioa eta gaitasunak berdin landu behar dira irakaskuntzan (Rotherham eta Willingham 2009, PwC 2020an aipatua).

Industria 4.0-ren inguruan landu beharreko gaitasunak eta konpetentziak

I4.0-k gaitasun ugari eta askotarikoen beharrak sortzen ditu (Fitsilis, Tsoutsas eta Gerogiannis, 2018). Gaitasun terminoa, I4.0-ren testuinguruan, konpetentzia bezala erabiltzen da maizago, eta, beraz, modu okerrean erabiltzen da. Gehiago ikertu da I4.0-rako konpetentzia garrantzitsuei buruz gaitasun espezifikoei buruz baino. Horregatik, txostenak konpetentziei erreparatzen die nagusiki. Konpetentzia garrantzitsuek teknologien garapenari jarraitzen diote, kasu honetan I4.0-ri, eta horiei dagokienez deskribatzen dira.



Robotika, adibidez, fabrikazio aurreratua errazten duen funtsezko teknologia bat da, eta, beraz, roboten programazioari buruzko ezagutzak funtsezkoak dira.

Identifikatutako konpetentziak lau taldeetan banatzen dira Leinweberren azterlanaren arabera (Leinweber 2013, Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018 erreferentzietan).

Konpetenzia metodologiko asko funtsezkoak dira ikasle teknikoentzat EXAM 4.0 tailerretan. Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannisen arabera, sormena, ekintzaileta, arazoak ebaiztea, gatazkak konpontzea, erabakiak hartzea, aztertzeko gaitasuna, ikertzeko gaitasuna eta eraginkortasunera orientatzea ezinbestekoak dira (Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018). EXAM 4.0 tailerretan irakasteko behar diren konpetentziak honako hauek dira: sormena, ekintzaileta, arazoak ebaiztea eta erabakiak hartzea. Grzybowska eta Kupickaren arabera (Grzybowska eta Kupicka 2017), konpetenzia garrantzitsu gisa deskribatzen dira. Grzybowskak eta Kupickak adierazi dute sormena ezinbestekoa dela XXI. mendeko langile batentzat (Grzybowska eta Kupicka 2017). Sormena funtsezkoa da erronak modu berri eta baliagarrian ikusteko, irtenbide berriak asmatzeko eta bestela erlazionatuta egongo ez liratekeen gaien arteko loturak ezartzeko (Grzybowska eta Kupicka 2017).

Especialista gehiago behar dira (Vieweg 2011, Abele, Metternich eta Tisch 2019 erreferentzietan). Azterlanek erakusten dute lanpostuetan norabide aldaketa nabarmena dagoela konpetenzia eta ezagutzei dagokienez (Cedefop 2010, Abele, Metternich eta Tisch 2019 erreferentzietan).

Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannisek diote kulturarteko gaitasunak, hizkuntza gaitasunak, komunikazio gaitasunak, sare gaitasunak, talde gaitasuna, konpromiso eta lankidetza gaitasuna, ezagutzak transferitzeko gaitasuna eta lidero gaitasunak, gizarte gaitasunak, garrantzitsuak direla ikasle teknikoentzat (Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018). EXAM 4.0 tailerretan landu beharreko gizarte-gaitasun funtsezkoenak hizkuntza eta komunikazioa, talde-lana eta lankidetza dira.

Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannisen arabera, malgutasuna, anbiguotasunarekiko tolerantzia, ikasteko motibazioa, presiopean lan egiteko gaitasuna, pentsaera jasangarria eta konplitzea dira gaitasun pertsonal garrantzitsuenak (Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018). Ikasle bakoitzak EXAM 4.0 tailerretan ikasteko behar dituen gaitasun pertsonalak hauek dira: malgutasuna, ikasteko motibazioa, pentsamolde jasangarria izatea eta presioaren kudeaketa.

Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannisek diote fabrikazio aurreratuarekin lan egiten duten profesional guztiek etengabeko prestakuntza eta garapena behar dutela (Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018). Gainera, baieztagaten dute aldaketa etengabea izan dela teknologiaren garapenean, globalizazioan, industriaren berregituraketan, IKT-en eginkizun gero eta handiagoetan eta lana antolatzeko eredu berriean (Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018). Profesionalak, kasu honetan irakasleak, etengabe daude garatzeko premian, fabrikazio aurreratuko erakundeen eta enpresen eskakizunak eguneratuta izateko. Etengabeko ikaskuntzaren beharra eta banakako garapenerako duen beharra ere aipatzen dute (Fitsilis, Tsoutsa eta Gerogiannis 2018).



Industria 4.0 irakasle baten betekizunak

Aurreko paragrafoak EXAM 4.0 tailer batean irakasten duen irakasle bati eskatzen zaiona laburbiltzeko balioko du:

- EXAM 4.0 tailer batean irakasten duen irakasle bati FAko bizitza osoan zeharreko ikaskuntza eskatzen zaio.
- EXAM 4.0 tailer batean ari den irakasleak, aurreko paragrafoetan zerrendatutako gaitasun guztiak eduki behar ditu, eta gaitasun horiek irakasteko kualifikatuta egon behar da.

Curriculum esparrua

EXAM 4.0 COMPETENCIES FRAMEWORK FOR ADVANCED MANUFACTURING						
	TECHNICAL	QUALITY, RISK & SAFETY	MANAGEMENT & ---	COMMUNICATION	INNOVATION	EMOTIONAL INTELLIGENCE
General competencies	<ul style="list-style-type: none"> •Knowledge in STEM •ICT skills •Programming •Coding •Computer skills •Design methodology •Systems analysis •Data management skills •Ability to interact with human-machine interfaces •Interdisciplinary understanding (processes/technologies/organisations) •Manufacturing skills •Modelling & simulation 	<ul style="list-style-type: none"> •Quality management •Risk assessment •Health & security •Industrial hygiene •Equipment safety •Emergency response & management •Data security •Ethics 	<ul style="list-style-type: none"> •Strategic analysis •Technology strategy •Marketing •Customer orientation •Project Management •Time Management •Teamwork & ability to work in interdisciplinary environments •Change management •Risk management •Leadership 	<ul style="list-style-type: none"> •Interpersonal skills •Verbal communication •Written communication •Presentation skills •Public communication •Virtual collaboration 	<ul style="list-style-type: none"> •Integration skills •Continuous experimentation •Complex problem solving •Creativity •Abstraction ability •Critical thinking 	<ul style="list-style-type: none"> •Flexibility & Adaptability •Responsibility •Stress tolerance •Ability to thrive on failures •Work-life balance •Self-control & discipline •Decision making •Mindset towards lifelong learning & continuous improvement •Self management & organisation •Cooperation & collaboration skills •Intercultural competencies •Attention to detail
Specific competencies	<ul style="list-style-type: none"> •Life cycle analysis •Scalability analysis •Specific lab skills •Computer aided manufacturing/engineering 		<ul style="list-style-type: none"> •Management of Personal resources •Management of financial resources •IP management •Deal negotiation skills 			

12. irudia. Fabrikazio aurreratuko gaitasunen esparrua (EXAM 4.0)



13. irudia. Curriculum esparrua (PwC 2020)

PwCk esan nahi du hezkuntzan ez dagoela "guztientzako ikuspegi bakarra" (PwC 2020). Baita ere, Curriculum Jarraibideen Esparruaren helburua curriculumerako garrantzitsuak diren alderdi guztiei buruzko ikuspegi osoa eskaintza dela, curriculuma gizabanakoek bizitza profesionalean zehar duten hezkuntza-gaitasun gisa ikusteko (PwC 2020).

Curriculum esparrua, 13. irudia, zortzi fase baina elkarlotuetan oinarritzen da (PwC2020).

Lehen lau faseak zehatzago deskribatzen dira, arreta berezia behar baitute curriculuma birmoldatzeko (PwC 2020).

Estrategia

- Ikasketa-programaren ondoren, ikasleak prest egon behar du etengabeko ikaskuntzarako, hau da, bizitza osoko ikaskuntzan parte hartzeko borondatea eta gaitasuna izan behar du.
- Hezkuntza konpletoa eskaintza, ikaskuntza-eskaintza ikaskuntzaren ibilbide orokorrean eta lanmerkatuan nola egokitzen den ikusteko ikuspegi zabalagoa ezagutzeko.
- Ikaslearen gizarte-premiak eta ezaugarriak ez ezik, alderdi interesdunen beharrak ere kontuan hartzea, hala nola enplegarritasuna.



- Garapen pertsonalean, enpleguan eta ezagutzaren gizartean arrakasta izateko, ikasleek ezagutzak gaitasun bihurtu behar dituzte.
- Prestakuntza pertsonal eta pertsonalizatu garrantzitsua aurkezteko, funtsezkoa da ikasketa-planaren helburu konbentzionaletatik eta ikaskuntza emaitzetatik harago joatea.
- Ikasleak ikasketa-planaren garapenean eta ezarpenean implikatzea.

Lankidetza

- Eskolen eta interes-taldeen arteko lankidetza zabaltzea eta hobetzea, lankidetza-kopurua eta lankidetza-moduak handitzeko.
- Interes-taldeei lan, ikerketa eta hezkuntza prozesuaren parte izateko aukera ematea, bazkide gisa, ikasleen ikaskuntza-esperientziaren ardura beren gain hartuko dutela bermatuz.
- Ikastetxeen arteko praktika onen partekatzea erraztea.
- Berdinaren arteko ikaskuntza aplikatzea, ikasleek besteengandik zein batera ikas dezaten.
- Alderdi interesdunak konektatzea, ikaskuntza-ekosistemak aplikatuz.
- Gizaki-makinaren arteko komunikaziotik gizakiaren eta makinaren arteko lankidetzara igarotzea, garapenean laguntzeko modu gisa.

Edukia

- Industria 4.0-ren hezkuntza-eskaerei aurre egiteko, funtsezkoa da ikasketa-planaren alderdi teknikoa egunearatzea.
- Zeharkako gaitasunak curriculumean ezartzea .
- Jasangarritasunari, etikari, aniztasunari eta gizarteratzeari buruzko gaiak sarttzea.
- Sistemen eta produktuen bizitza baliagarriaren ikuspegi osoa eskaintza.
- Ikasleak eta langileak, datuen “ozeanotik” informazioa nola berreskuratu eta nola erabili, heztea.
- Ikasleak eta langileak, beren segurtasunaz eta ergonomiaz kontzientziatu; osasun mental eta fisiko onari eusteko funtsezko baldintzak bete ditzaten. Arriskuarekiko esposizioaren balizko emaitzak erakustea.

Ikaskuntza-ingurunea

- Ikasleak konponbide tradizionalik gabeko zereginetan implikatzea, askatasunez pentsatzen ikasteko, arazoetan oinarritutako ikaskuntzaren laguntzarekin.
- Ikasleari ikuspegi eta ulermen pertsonalak sortzen lagunduko dion sormenezko hezkuntza-ingurunea eratzea.
- Porrota onargarria izango den hezkuntza-ingurunea sortzea, hezkuntza-esperientzia baliagarritzat hartuta.
- Ikasleei esperientzia praktikoa eman diezaieketen hezkuntza-inguruneak egitea.
- Ikasleei espazio birtualak eta fisikoak eskaintza; alderdi interesdunekiko lankidetzarako eta ikaskuntzarako.

- Teknologiak erraztutako ikaskuntza sustatzea.

(PwC 2020)

3.3 Hezkuntzaren eragina ekonomian

Hona hemen I4.0-ren barruan hezkuntzak ekonomiari eta aberastasunari dagokienez duen garrantzia adierazten duten adibide batzuk:

- Ikuspegi ekonomikotik, hezkuntzaren kalitateak norbanakoaren diru-sarrerak, enpresen arteko lehia eta hazkunde ekonomikoa hobetzen ditu (Gylfason 2001, Hanushek eta Woessmann 2007, Barro 1996, Abele, Metternich eta Tisch 2019 erreferentzieta).
- Zuzendarien eta ingeniarien ezagutzak eta gaitasunak egungo eta etorkizuneko enpresentzako finantza-onuraren oinarria sortzen dute (O 'Sullivan, Rolstadås eta Filos 2011, Abele, Metternich eta Tisch 2019an erreferentziatua).
- Esaten denez, ikerketarako, ekintzailetzarako eta kudeaketarako gaitasunak falta direnean, horrek berrikuntza-gaitasunari eragiten dio, funtsean berriak diren produktuei, prozesuen eraginkortasunari eta kalitateari dagokienez (Tether et al. 2005, Abele, Metternich eta Tisch 2019an erreferentziatua).
- Berrikuntza-gaitasunaren hobekuntza, malgutasun handiagoa eta balio erantsiko ekintza gehiago hezkuntza-emaitzen adibideak dira (Smith 2001, Abele, Metternich eta Tisch 2019an erreferentziatua).
- Industriaren sektorea funtsezkoa da nazio guztietako ekonomiarako. Europako industriak balio erantsiaren % 26 baino gehiago ordezkatzen du enpresa-ekonomia ez-finantzarioan (Eurostat 2016, Abele, Metternich eta Tisch 2019an erreferentziatua).
- BPGren %75 eta Europako enpleguen %70 industriarekin lotuta daude (o 'Sullivan et al. 2011, Abele, Metternich eta Tisch 2019an erreferentziatua).

Hezkuntza-ondorioak laburbiltzeko, produkzioarekiko eta fabrikazioarekiko hezkuntza ekonomian eragina duen industria errealarri eragiten ari zaio. Industria, era berean, banakako eta munduko ekonomiari eragiten ari zaio. Uste da lanpostuen %70 industriari lotuta dagoela (o 'Sullivan et al. 2011, Abele, Metternich eta Tisch 2019an erreferentziatua). Beraz, ezinbestekoa da industriaren egungo eta etorkizuneko eskaeretarako prestakuntza egokia izatea. Ingeniariek eta zuzendariek dituzten ezagutzak enpresei modu positiboan edo negatiboan eragiten dietenak dira. Beraz, funtsezkoa da hezkuntzatik abiatuta kalitate oneko ezagutza egokiak eskuratzea, etorkizunean finantza-hazkundea sortzeko enpresentzat, gizabanakoentzat eta nazioentzat.

3.4 FA teknologia hezkuntzan

Hau, FA-ko teknologiak I4.0-rako funtsezko gaitasunak trebatzeko nola erabili daitezkeen adibidea da.



Laugarren industria-iraultzan oinarritutako ikerketa baten irakaskuntza-metodoen ebaluazioari buruzko emaitzek eta Hego Korearen lehia-arau nazionalek erakutsi zuten errealitate birtuala dela gaitasunak garatzeko metodo nagusia (Lee eta Shvetsova 2019).

Jolas ugari daude EBrako eskuragarri; jolas horien bidez heztea eta benetako lan-zereginak birtualki entrenatzea posible da. Jolasen aukerak eta simulazioaren muga ezak gaitasun ugari heztekotako aukera ematen dute.

Gaitasun teknikoak:

Esperientzia teknikoa beharrezkoa da laugarren iraultza industrialean funtsezkoa den abangoardiako teknologia arazorik gabe erabili ahal izateko. Benetako EB ekipoa erabiltzen ikasteak, baita jolasik gabe ere, ezagutza tekniko gehiago eskuratzentzen laguntzen die ikasleei.

IT gaitasunak:

EB/EA ikasteko software mota ugari daude. Garrantzitsua da ezagutza informatikoak izatea EB/EArekin lotutako softwarea erabili ahal izateko eta sortzen diren arazoak konpontzeko. EB ikastean lortutako IT buruzko ezagutzak beste egoera batzuetara transferitu daitezke, eta hori garrantzitsua da I4.0-rentzat.

Komunikazio eta lankidetza gaitasunak:

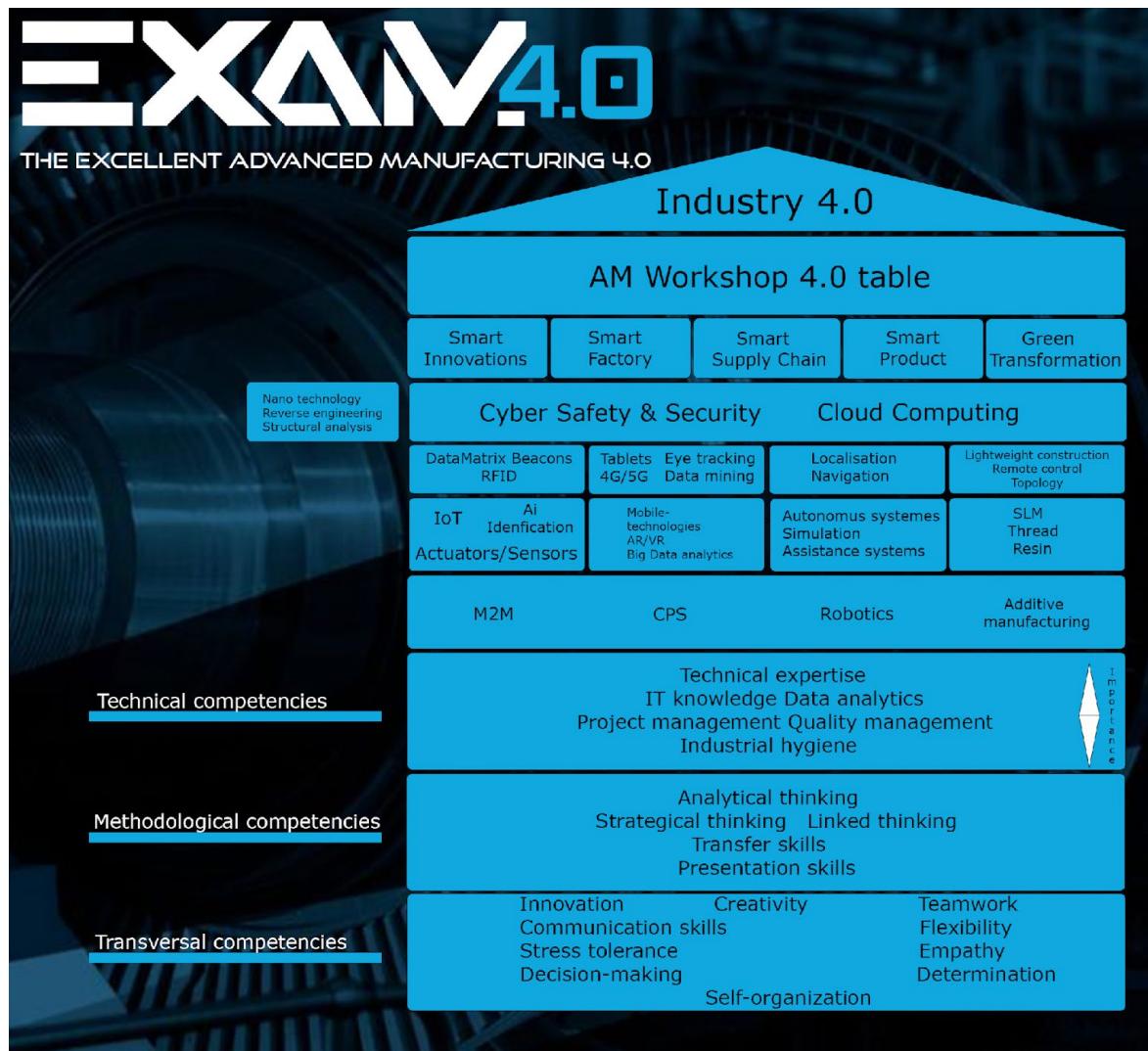
Komunikazio gaitasunak garatzea beharrezkoa da EBn lankidetzen aritzen ikasteko, talde-lanaren alderdi garrantzitsu bat komunikazioa baita. Komunikazio-trebetasunak erraz hezi daitezke EB jokoen bidez. EB metodo baliagarria da lankidetza eta talde-lana heztek. Prestatzaileak ikaskuntza kooperatiboko zereginak ezar ditzake ikasleen talde-lanerako gaitasuna hobetzeko. Atazak lineako EB ikasgeletan edo EB erabiltzen ez duen ikasle baten eta erabiltzen duen beste baten artean egin daitezke.

Arazoен ebazpena:

Laugarren industria-iraultzan funtsezkoa da arazoen konpontzaile aurreratua izatea. Teknologia berrieik buru berritzaileak behar dituzte arazo berri eta konplexuei aurre egiteko. Arazoak ebazteko gaitasunaren garapena guztiz bat dator EBren bidezko ikaskuntzarekin, ikaskuntza-jolas asko ia arazoak konpontzeko diseinatu baitira.

3.5 Konpetenzia espezifikoaren taula

FA 4.0 tailerraren diseinurako pertsonen profilen konpetenzia taula.



14. irudia. Konpetenzia espezifikoen taula (EXAM 4.0)

FA 4.0 tailer bat zuzentzen duten pertsonentzako gaitasunak alderdi garrantzitsuenetako bat dira, FA sektoreko langileentzako betekizun espezifikoei dagokienez. Konpetentziak osatzen dute I4.0-ri buruzko 14. irudiaren oinarria. Koadroaren edukiak esan nahi du I4.0-ko langileek zeharkako gaitasunak, gaitasun metodologikoak eta teknikoak izan behar dituztela arrakasta izateko. Koadroak gaitasun garrantzitsuenak erakusten ditu, hiru laukizuzen ezberdinetan banatuta, iturrien eta EXAM 4.0 barneko ikerketaren arabera. PT4ko ikertzaileek gaitasunen garrantzia sailkatu dute aipatutako azterlanetan oinarritura; gaitasunak goitik behera agertzen dira, garrantzi handienetik txikienera. Zeharkako gaitasunak lan espezifiko bati lotuta ez dauden konpetenziei dagozkie, eta, beraz, hainbat lanen artean transferitu daitezke (Heron 2019).

Zeharkako gaitasunak I4.0-ko langile baten oinarria finkatzen dute, EXAM 4.0 taularen arabera. Sormena, berrikuntza eta talde-lana bezalako gaitasunak barne hartzen ditu, lanpostu askotan garrantzitsuak

direnak, beraz, I4.0 langile batentzat. I4.0-k, fabrikazio aurreratuak, teknologia eta metodo berriak sortzen ditu. Beraz, sormena eta berrikuntza bezalako gaitasunak ezinbestekoak dira arazo eta erronka konplexu berriei aurre egiteko.

Konpetenzia metodologikoak FA 4.0 tailerraren ereduko gaitasunen bigarren geruza dira. Konpetenzia horiek lan-arlo espezifikoetara bideratuago daude, koadro honetako zeharkako gaitasunak baino. Gaitasun metodologikoak I4.0-rentzat ezinbestekoak dira.

Konpetenzia teknikoak lan-arlo jakin batekin lotutako gaitasunak dira. Lan-sektoreek ezagutza espezifikoak behar dituzte, eta, beraz, hainbat gaitasun espezifiko. Garrantzitsua da eremu jakin baterako behar diren gaitasun teknikoak lortzea, langile on bat izateko (Zamboni 2018). Taulako gaitasun teknikoak I4.0-rekin lotuta daude.

Erdialdean, langileak, bere lan-arloaren arabera, bere baitan izan behar dituen teknologia desberdinak geruzak edo ezagutzak edo gaitasunak erakusten dira. I4.0 teknologia espezifikoarekin lan egiten duen langile batek aparteko ezagutza izan behar du gaiaren barruan, I4.0 teknologia guztiekin modu orokorragoa lan egiten duen langile batek ez bezala.

Teknologiaren, fabrikazio aditiboaren eta gaitasun garrantzitsuen adibidea

Gaitasunak:

- 3D Ingeniaritzak
- CAD 3D: CAD 3D diseinatzea, konpontzea, datuak aldatzea
- Akabera: 3D modelo bat muntatu, margotu, lixatu, hobetu.
- Programazioa: material, bidalketa, makina, eskaera eta abarren kudeaketa.
- Mantentze-lanak: 3D inprimagailuak kalibratzea, konpontzea eta probatzea.
- Materialak manipulatzea
- Piezan neurketa

(Vulkov n.d)

Gaur egungo fabrikazio aditiboko ingenari eta diseinatzaileak fabrikatzeko produkzio teknika tradizionalak erabiltzeko trebatuak izan ziren, horrela, teknika konbentzional hau ere badute. Pentsatzeko modu tradizional horrek mugatzen du haren sormena (Knezic 2017).

Funtsezkoa da fabrikazio aditiboko diseinatzaile eta ingeniarien hurrengo belaunaldien artean pentsamendu sortzailea garatzea eta, horrela, pentsamendu konbentzionaletik haratago pentsatzeko gai izatea, ekoizpen-teknikei dagokienez. Pentsamendu sortzailea, beraz, funtsezko konpetenzia bat da fabrikazio aditiboarekin lan egiten duen I4.0 sistemako enpresaburu batentzat.

Goiko aldeak I4.0-ren alderdi desberdin baina oso garrantzitsuak erakusten ditu. Langileak alderdi horiei buruzko ezagutzak izan behar ditu, fabrikazio aurreratuaren sektorean arrakasta izateko. Guzti honek lantegi adimendunak, berrikuntza adimendunak, hornikuntza-kate adimendunak, produktu adimendunak eta eraldaketa ekologikoa sortzen du.

Anexo

Gaitasunen eta konpetentzien arteko desberdintasuna:

Gaitasunei eta konpetentziei buruzko informazioa bilatzen denean, erraza da bere horretan galtzea. "Gaitasun teknikoak", "Zeharkako gaitasunak" eta "konpetentziak" terminoak maiz erabiltzen dira, baina testuinguru desberdinetan. Ez dago terminoen esanahi espezifikoaren definizio errealkik, eta askotan testuinguru desberdinetan erabiltzen dira. Txosten honetan, gaitasun eta gaitasun teknikoak terminoak sinonimo gisa definitzen dira, eta zeharkako gaitasunak eta konpetentziak modu berean, irakurlearen nahasmena murritzeko.

	Definition	Examples
Skills	Specific learned abilities that you will require to perform a given job successfully	Handling accounts; coding; welding; writing tenders; computer programming; foreign language proficiency
Competencies	Knowledge and behaviours that lead you to be successful in a job	Analytical ability; problem-solving; initiative; negotiation; improving business processes; strategic planning; data-based decisions

Figura 9 Capacidades vs. competencias (McNeill 2019)



10. irudia: Zein da gaitasun baten eta konpetenzia baten arteko aldea? (McNeill 2019)

Gaitasun bat lan egiteko behar den trebetasuna da, adibidez, kodifikatzea, soldatzea edo idaztea (McNeill 2019). Konpetenzia bat ezagutzaren edo portaeraren testuinguruan murgiltzen da, pertsona batek lantokian arrakasta izan dezan. Konpetenzien adibide dira konpetenzia soziala, pentsamendu analitikoa eta sormena (McNeill 2019).

6. Erreferentziak



Abele, Eberhard; Chryssolouris, George; ElMaraghy, Hoda; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian; Sihn, Wilfried and Tisch, Michael. (2015a). Learning Factories for Research, Education, and Training. *5th Conference on Learning Factories*. Elsevier B.V, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187> (gathered 2020-09-10).

Abele, Eberhard; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian and Tisch, Michael. (2015b). *Learning Factory Morphology – Study Of Form And Structure Of An Innovative Learning Approach In The Manufacturing Domain*. The Turkish Online Journal of Educational Technology. https://www.researchgate.net/publication/281344323_Learning_Factory_Morphology_-_Study_Of_Form_And_Structure_Of_An_Innovative_Learning_Approach_In_The_Manufacturing_Domain (gathered 2020-09-07).

Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; and Tisch, Michael. (2019). *Learning Factories Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4> (gathered 2020-08-28).

Alves, A.C; Pereira, A.C and Lopes Nunes, M. (2017). *Smart products development approaches for Industry 4.0*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035> (gathered 2020-10-17).

AM FIELD GUIDE COMPACT. (2020). *Formnext magazine for extra*. (gathered 2020-10-05).

Aventis Learning Group. (2019). *Skills You Must Have To Stay Relevant In Industry 4.0*. <https://aventislearning.com/skills-you-must-have-to-stay-relevant-in-industry-4-0/> (gathered 2020-09-14).

Barro, R. J. (1996). Determinants of economic growth: *A cross-country empirical study*. NBER working paper series: Vol. 5698. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S and Radziwon, A. (2014). Procedia Eng., 69 1184–1190 (gathered 2020-10-17).

Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph and Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. BCG Innovation Center, Germany. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future> (gathered 2020-10-17).

Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?* <https://www.pblworks.org/what-is-pbl> (gathered 2020-09-28).

Burnaby schools. (2020). *RESPONSIBILITIES OF STUDENT*. <https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/> (gathered 2020-10-15).

CECIMO. (2013) The European machine tool industry's Manifesto on skills.

CEDEFOP. (2010). *Skills supply and demand in Europe: Medium-term forecast up to 2020*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb*. <https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154> (gathered 2020-09-29).

Duch, B. J., Groh, S. E and Allen, D. E. (Eds.). (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling

Epicor. n.d. *What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things (IIoT)?* <https://www.epicor.com/en/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/> (gathered 2020-10-15).

Eurostat. (2016). Manufacturing statistics - NACE Rev. 2: Relative importance of manufacturing (NACE Section C), 2013 (% share of value added and employment in the non-financial business economy total). Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Manufacturing_statistics_-_NACE_Rev._2.

FESTO (n.d). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*. <https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4-0-user-s-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA> (gathered 2020-09-08).

Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis and Tsoutsa, Paraskevi. (2018). INDUSTRY 4.0: REQUIRED PERSONNEL COMPETENCES. *INDUSTRY 4.0*. Vol. 3, Issue 3. Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering, pp. 130-133. <https://stumejournals.com/journals/i4/2018/3/130> (gathered 2020-08-26).

Gewerbliche Schule Crailsheim. (n.d). *WAS IST EINE LERNFABRIK 4.0*. <https://www.gscr.de/index.php?id=203> (gathered 2020-09-09).



- Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?* <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/> (gathered 2020-09-29).
- Grzybowska, Katarzyna, and Łupicka, Anna. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics & Management Innovations* 1(1): pp. 250-253. https://www.researchgate.net/publication/322981337_Key_competencies_for_Industry_4.0 (gathered 2020-08-27).
- Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review*: EER, 45, 847–859.
- Hanushek, E. A., and Woessmann, L. (2007). *The role of education quality in economic growth. Policy research working paper: Vol. 4122*. Washington, DC: World Bank Human Development Network Education Team.
- Helbig, J; Kagermann, H and Wahlster, W. (2013). Securing the Future of German Manufacturing Industry: *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*, München, 2013 (gathered 2020-10-17).
- Heron, Chris. (2019). *What is a Transversal Competency?* Vivagogy. <http://vivagogy.com/2019/03/04/transversal-competencies-2/> (gathered 2020-10-17).
- Härtung, R.-C; Jozinović, P; Möhring, M; Neumaier, P; Reichstein, C and Schmidt, R. (2015). International Conference on Business Information Systems. 16–27. (gathered 2020-10-17).
- Impuls Foundation (2019) "Impuls compact: Engineers for Industrie 4.0", VDMA (The Mechanical Engineering Industry Association).
- i-Scoop. (n.d.). *Logistics 4.0 and smart supply chain management in Industry 4.0.* <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/> (gathered 2020-10-15).
- Karukapadath Haffees, Rasim and Parekattil, Aswin Kumar. (2019). *A literature review on learning factory.* Diss, Chalmers University of Technology. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/256553> (gathered 2020-09-09).
- Kienegger, Harald; Knigge, Marlene; Krcmar, Helmut and Prifti, Loina. (2017). *A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees: 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik.* St. Gallen, Switzerland February12-15,2017. https://www.researchgate.net/publication/314391765_A_Competency_Model_for_Industrie_4.0_Employees (gathered 2020-09-14).
- Knezic, Kruso. (2017). *Creativity is the key to design for additive manufacturing.* LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-kruno-knezic/> (gathered 2020-09-02).
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development.* New Jersey: Prentice-Hall.
- Koo, Jenna. (2020). *What is a Smart Factory? (And what it means for you).* Tulip. <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (gathered 2020-10-08).
- Kirchner, Matthew D. (2017). *Teaching the Industrial Internet of Things.* Mequon. <https://labmidwest.com/wp-content/uploads/2017/09/Teaching-IIoT-Preparing-Students-and-Learners-for-Industry-4.0-2.pdf> (gathered 2020-10-15).
- Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld.* Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint slides]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (gathered 2020-09-10).
- K3 Syspro. (n.d.). *What's the Difference Between 3D Printing and Additive Manufacturing?* <https://www.k3syspro.com/advice-centre/erp-advice/whats-the-difference-between-3d-printing-and-additive-manufacturing/> (gathered 2020-10-1).
- LAB Midwest. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020.* <https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc> (gathered 2020-10-16).



Lead The Change Community. (2019). *KEY COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0 — NEGOTIATION AND CREATIVITY.* Medium. <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f> (gathered 2020-09-14).

Lee, Hee Jang and Shvetsova A. Olga. (2019). *The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes.* <https://www.researchgate.net/publication/332386448> *The Impact of VR Application on Student's Competency Development A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes.* (gathered 2020-09-02).

Leinweber S. Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert MT, editor. *Strategische Personalentwicklung - Ein Programm in acht Etappen.* 3rd ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2013

Linke, Rebecca. (2017). *Additive manufacturing, explained.* MIT management. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained> (gathered 2020-10-1).

Loughborough University. (n.d). *About Additive Manufacturing.* <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categorysofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/> (gathered 2020-10-02).

Marr, Bernard. (2018). *What is Industry 4.0?* Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=4acd83579788>. (gathered 2020-10-15).

McNeill, Jane. (2019). *SKILLS VS. COMPETENCIES – WHAT'S THE DIFFERENCE, AND WHY SHOULD YOU CARE.* Hays. <https://social.hays.com/2019/10/04/skills-competencies-whats-the-difference/> (gathered 2020-10-09).

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg.* <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesseltechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/> (gathered 2020-09-10).

O'Sullivan, D., Rolstadås, A., and Filos, E. (2011). Global education in manufacturing strategy. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0326-2>.

OTTO Motors. (2019). *What Is the Smart Factory and Its Impact on Manufacturing?.* <https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing> (gathered 2020-10-15).

Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Models and Theories: The Discovery Learning Model.* <https://elearningindustry.com/discovery-learning-model> (gathered 2020-09-29)

Prince J. Michael and Felder M Richard. (2006). *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases.* Journal of Engineering Education. American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x> (gathered 2020-10-17).

PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot.* Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission). https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (gathered 2020-08-26).

PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe.* Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (European Commission). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1> (gathered 2020-09-05).

QEC. (n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher.* <https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/> (gathered 2020-10-15).

Raji, R.S. (1994). IEEE Spectr. 31 (6) 49–55 (gathered 2020-10-17).

Rotherham A.J. and Willingham D. (2009) “21st Century Skills: The Challenges Ahead”.

Serhat, Kurt. (2020). Problem-Based Learning (PBL). Educational technology. <https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/> (gathered 2020-09-25).



Smith, A. (2001). *Return on investment in training: Research readings*. Leabrook, S. Aust.: NCVER

Spectral Engines. (2018). *Industry 4.0 and how smart sensors make the difference*.

<https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference> (gathered 2020-10-01).

Tether, B., Mina, A., Consoli, D., and Gagliardi, D. (2005). *A literature review on skills and innovation: How does successful innovation impact on the demand for skills and how do skills drive innovation? A CRIC report for the department of trade and industry*. Manchester, England: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.

Thames, L., and Schaefer, D. (2016). *Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*. *Procedia CIRP*, 52, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>.

The Challenge Institute. (2018). *Challenge based learning*. <https://www.challengebasedlearning.org/> (gathered 2020-09-28).

Throughput. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?*

<https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/> (gathered 2020-10-17).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *JUST-IN-TIME TEACHING*. <https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/just-in-time-teaching> (gathered 2020-09-25).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)*. [https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-\(pbl\)](https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-(pbl)) (gathered 2020-09-25).

Vieweg, H.-G. (2011). *Study on the competitiveness of the EU mechanical engineering industry*. Munich: Ifo Institute

Vulkov, Volen. N.d. 3d Printing Skills: Example Usage on Resumes, Skill Set & Top Keywords in 2020. Enhacv. <https://enhancv.com/resume-skills/3d-printing/>. (gathered 2020-09-02).

Whitton, Nicola. (2012). *Games-Based Learning*. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-1428-6_437 (gathered 2020-09-29).

Wirtschaft digital Baden-Württemberg. (2020). *Lernfabriken*. <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/zielgruppen/produzierendes-gewerbe/lernfabriken-industrie-40/> (gathered 2020-09-10).

Zamboni, Jon. (2018). *What Are Examples of Technical Competencies?* Leaf Group Media. <https://careertrend.com/how-5867853-write-competency-based-resume.html> (gathered 2020-10-17).

Zhong, R. Y; Xu, X; Klotz, E; and Newman, S. T. (2017). *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

