



VIOLET

AR/VR International Welding Engineer Qualification



D2.3 Poročilo o potrebah in usposabljanju I/EWE



Revizija	Datum	Avtor/Organizacija	Opis
1.	15.07.2026-	ASR	Pregled dokumenta -
2.	20.07.2026	ASR	Pregled dokumenta -
3.	23.07.2026	EWf	Pregled dokumenta -
3.	23.07.2026	L-USIT	Pregled dokumenta
5.	29.07.2026	ASR	Odobritev končnega dokumenta

Vsebina

1. Povzetek	4
2. Uvod	5
2.1. Ozadje in kontekst	5
2.2 Cilji	6
2.3. Metodologija	6
2.4. Karakterizacija ciljne skupine	6
3. Rezultati ankete in analiza	7
3.1 Rezultati ankete iz vprašalnika za inženirje	7
3.1.1. Oddelek A: Profil	7
3.1.2 Oddelek B: Digitalne tehnologije:	8
3.1.3 Oddelek C: Postopki varjenja in rezanja:	9
3.1.4. Oddelek D: Materiali in njihovo obnašanje pri varjenju	13
3.1.5. Oddelek E: Projektiranje varjenih konstrukcij:	15
3.1.6. Oddelek F: Problemi pri izdelavi varjenih konstrukcij	17
3.1.7. Oddelek G: Obseg strateškega usposabljanja za potrjevanje ugodnosti XR	21
3.1.8 Končne pripombe iz vprašalnika za inženirje	28
3.2 Rezultati ankete iz vprašalnika za deležnike v industriji	30
3.2.1. Oddelek A: Profil	33
3.2.2 Oddelek B: Potrebe po kompetencah	35
3.2.3. Oddelek C: Zaznavanje VR/AR	36
3.2.4. Oddelek D: Interes in vključenost	38
3.3. Povzetek rezultatov ankete	46
3.3.1 Ravnovesje med oddaljenim telesnim usposabljanjem in obseg XR znotraj učnega načrta za kvalifikacijo I/EWE	46
3.3.2 Cilj tega povzetka	46
3.3.3. Pregled anketiranja	47
4. Zaključki	47
Strateško vprašanje	47
Zaključek analize	48
5. Priporočila	48

5.1 Področja učnega načrta z najmočnejšimi argumenti za izvajanje pouka na daljavo/XR ..	48
5.2. Področja učnega načrta, ki zahtevajo fizično/praktično izvajanje	53
5.3. Sinteza: Najbližji možni odgovor cilju.....	54
6. Priloge: anketni vprašalniki	54

1. Povzetek

Namen tega dokumenta je zagotoviti informacije, ki temeljijo na dokazih, v podporo razvoju inovativnih, na učenca osredotočenih rešitev za usposabljanje in prihodnje vključevanje digitalnih učnih pristopov v kvalifikacijski okvir I/EWE. Poročilo opredeljuje področja, kjer lahko tehnologije XR zagotovijo najvišjo izobraževalno vrednost, hkrati pa upošteva tako priložnosti kot omejitve njihove uporabe v izobraževanju varilstva in industrijskem usposabljanju.

Analiza, ki temelji na povratnih informacijah, zbranih od varilskih inženirjev, trenerjev in predstavnikov industrije v celotnem projektnem konzorciju, poudarja veliko zanimanje za uporabo tehnologij XR za izboljšanje usposabljanja varilcev. Čeprav je trenutna raven uporabe XR še vedno omejena, večina anketirancev prepoznava potencial rešitev, ki temeljijo na VR/AR/AI, za izboljšanje učinkovitosti učenja, varnosti in dostopnosti.

Glavne ugotovitve kažejo, da so tehnologije XR še posebej pomembne za podporo teoretičnim, analitičnim in proceduralnim učnim dejavnostim, kot so simulacija varilnega procesa, nastavitve parametrov, povratne informacije o varilnih tehnikah v realnem času, identifikacija napak, optimizacija WPS/PQR in vizualizacija kompleksnih metalurških pojavov. Predstavniki industrije in tehnični strokovnjaki menijo, da so te aplikacije zelo dragocene za izboljšanje razumevanja in pripravo učencev pred praktičnim usposabljanjem na resnični opremi.

Hkrati analiza potrjuje, da bi morale rešitve XR dopolnjevati in ne nadomeščati praktično usposabljanje. Praktične izkušnje z dejansko varilno opremo, vključno s senzoričnimi povratnimi informacijami in delovnimi pogoji, ostajajo bistvene za razvoj psihomotoričnih veščin in strokovno certificiranje. Zato se za najprimernejši model šteje kombiniran učni pristop, ki združuje digitalne dejavnosti, ki temeljijo na XR, s tradicionalnim praktičnim usposabljanjem.

Poročilo ugotavlja, da lahko tehnologije XR pomembno prispevajo k posodobitvi usposabljanja I/EWE s povečanjem fleksibilnosti, izboljšanjem učinkovitosti učenja in podporo digitalni transformaciji izobraževanja varilstva. Opredeljene prioritete usposabljanja in priporočila bodo zagotovili osnovo za razvoj prihodnjih učnih gradiv, scenarijev in okvirov usposabljanja, ki temeljijo na XR, v okviru projekta VIOLET.

2. Uvod

To poročilo predstavlja rezultate analize potreb, ki je bila izvedena v okviru projekta VIOLET, da bi ugotovili trenutno raven ozaveščenosti, potrebe po usposabljanju in pričakovanja glede uporabe tehnologij razširjene resničnosti (XR) pri izobraževanju in usposabljanju mednarodnih/evropskih varilskih inženirjev (I/EWE).

Analiza temelji na odgovorih na vprašalnike, zbranih od varilskih inženirjev, trenerjev in predstavnikov industrije v celotnem projektnem konzorciju. Ugotovitve zagotavljajo dragocene dokaze o trenutnih izzivih, vrzelih v digitalnih znanjih in prednostnih nalogah za vključevanje inovativnih učnih tehnologij v poklicno izobraževanje in usposabljanje.

Glavni cilj tega poročila je podpreti oblikovanje sodobnih, na učenca osredotočenih rešitev za usposabljanje z opredelitvijo področij, kjer lahko tehnologije XR prinesejo največjo izobraževalno vrednost. Rezultati bodo vodili razvoj digitalnih učnih gradiv, praktičnih scenarijev usposabljanja XR in priporočil za posodobitev kvalifikacije I/EWE v skladu z razvijajočimi se potrebami industrije in digitalno preobrazbo poklicnega izobraževanja.

To poročilo zagotavlja osnovo za nadaljnje dejavnosti projekta VIOLET, saj zagotavlja, da predlagani okvir usposabljanja temelji na dokazih, je relevanten in usklajen s tehnološkim razvojem in zahtevami trga dela.

2.1. Ozadje in kontekst

Proizvodni in varilni sektor doživljata pomembne preobrazbe, ki jih spodbujajo digitalizacija, avtomatizacija in vse večje sprejemanje pristopov Industrija 4.0 in Industrija 5.0. Te spremembe ustvarjajo nove zahteve za poklicne spretnosti, vključno s sposobnostjo uporabe digitalnih tehnologij v industrijskih procesih in okoljih za usposabljanje.

Hkrati se sistemi poklicnega izobraževanja in usposabljanja soočajo z izzivom prilagajanja obstoječih učnih pristopov potrebam sodobne industrije. Varilski inženirji, trenerji in tehnični strokovnjaki potrebujejo posodobljene metode usposabljanja, ki združujejo teoretično znanje s praktičnimi izkušnjami in digitalnimi kompetencami.

Razširjena resničnost (XR), vključno z virtualno resničnostjo (VR) in obogateno resničnostjo (AR), predstavlja novo priložnost za izboljšanje tehničnega izobraževanja in strokovnega usposabljanja. Te tehnologije omogočajo poglobljene učne izkušnje, realistično simulacijo industrijskih scenarijev in varna okolja za vadbo v razvoju kompleksnih tehničnih veščin.

V tem kontekstu projekt VIOLET obravnava potrebo po raziskovanju in vključevanju rešitev, ki temeljijo na XR, v izobraževalne in usposabljalne poti mednarodnih/evropskih inženirjev varjenja (I/EWE). Cilj projekta je podpreti inovacije v poklicnem izobraževanju z razvojem pristopov usposabljanja, ki so usklajeni s tehnološkim razvojem, pričakovanji industrije in prihodnjimi zahtevami po znanjih in spretnostih.

2.2 Cilji

Projekt VIOLET si prizadeva zagotoviti okvir za posodobitev kvalifikacije I/EWE z razvojem spletnih gradiv za usposabljanje in digitalnih orodij, kar bo prispevalo k izboljšanju kakovosti, dostopnosti in privlačnosti poklicnega izobraževanja in usposabljanja v varilskem sektorju.

To poročilo temelji na zbiranju in analizi podatkov iz vprašalnikov, ki pomagajo prepoznati potrebe po znanju, veščinah in usposabljanju, potrebnih za učinkovito uporabo tehnologij XR.

2.3. Metodologija

V začetni fazi, Razvita sta bila dva vprašalnika: eden je bil namenjen inženirjem iz proizvodnega sektorja, drugi pa deležnikom v industriji. To zbiranje informacij, potrebnih za razvoj okvira za posodobitev kvalifikacije I/EWE, so vsi projektni partnerji opredelili ciljne skupine, ki jih sestavljajo ponudniki usposabljanja in varilska podjetja, ki bi lahko sodelovala v anketah. To je bilo storjeno z namenom vzpostavitve baze podatkov inženirjev in predstavnikov industrijskega sektorja, ki bi sodelovali v obeh vprašalnikih.

Nato je partner, odgovoren za ankete (ASR), pripravil osnutek vprašalnikov, ki so jih nato pregledali in ocenili vsi projektni partnerji. Po dogovoru o končnih različicah vprašalnikov so bili ti razdeljeni industrijskim podjetjem in inženirjem, ki jih je določil vsak partner.

Na podlagi analize odgovorov iz ankete smo opredelili interese, cilje, razpoložljivost in pričakovanja deležnikov glede metodologije usposabljanja.

Poleg tega je bila za celovito razumevanje obstoječega okvira izvedena analiza dokumentacije in povzete so bile glavne ugotovitve. Na koncu so predstavljeni najpomembnejši rezultati in zaključki, doseženi v okviru tega projekta.

2.4. Karakterizacija ciljne skupine

Na podlagi predlaganega seznama industrijskih podjetij in inženirjev partnerjev so bili vprašalniki razdeljeni prek družbenih medijev in prek omrežnega seznama vsakega partnerja. Prejeli smo 121 odgovorov inženirjev in 44 iz industrijskega sektorja. Karakterizacijo ciljne skupine, vključene v vprašalnike, si lahko ogledate v spodnjih grafikoni, kjer so navedeni položaj/vloga udeležencev (slika 1), država (slika 2) in leta izkušenj (slika 3).

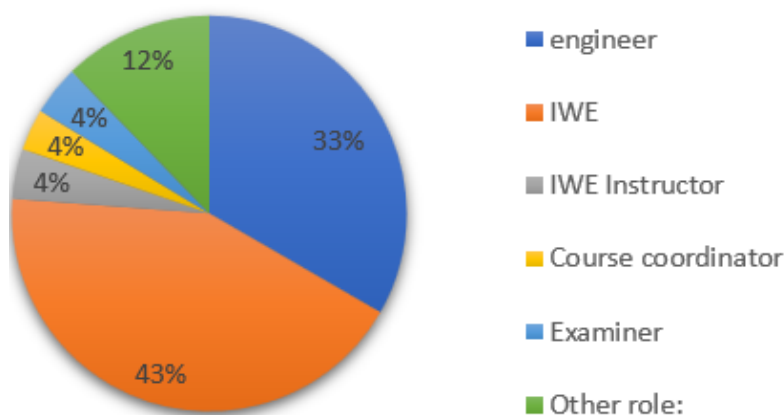
3. Rezultati ankete in analiza

3.1 Rezultati ankete iz vprašalnika za inženirje

3.1.1. Oddelek A: Profil

Vloga udeležencev:

Zaključek (slika 1): Anketo je izpolnilo skupno 121 udeležencev. Večina jih je bila mednarodnih varilskih inženirjev (IWE) (42,9 % anketirancev), sledili so jim inženirji (33,3 % anketirancev). Preostali udeleženci so bili drugi poklicni delavci (12,2 % anketirancev), inštruktorji IWE (4,1 % anketirancev), izpraševalci (4,1 % anketirancev) in koordinatorji tečajev (3,4 % anketirancev). Ta porazdelitev kaže, da je anketa zajela predvsem stališča strokovnjakov, ki so neposredno vključeni v varilsko tehniko, hkrati pa je vključila dragocene prispevke strokovnjakov za usposabljanje in ocenjevanje.

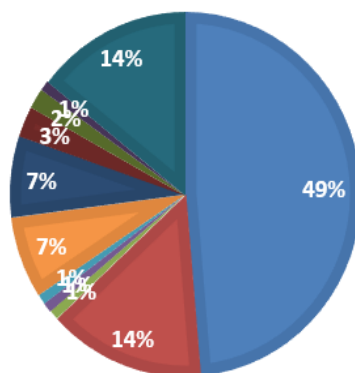


Slika 1. Vloga udeležencev

Država stalnega prebivališča udeležencev

Zaključek (slika 2): Ankete se je udeležil 1 udeleženec iz 11 držav. Največja udeležba je bila iz Romunije (48,6 %), sledile so Portugalska in Poljska (vsaka po 14,4 %), Turčija in Slovenija (vsaka po 7,2 %), Nizozemska (2,7 %), Nemčija (1,8 %) ter Belgija, Irska, Francija in Madžarska (vsaka po 0,9 %). Rezultati kažejo na široko mednarodno udeležbo, kar zagotavlja trdno podlago za razvoj posodobljenega ogrodja kvalifikacij I/IWE.-

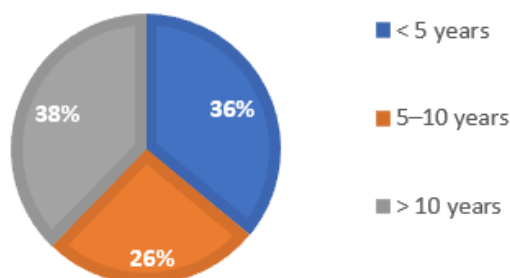
■ Romania ■ Portugal ■ Belgium ■ Ireland ■ Hungary ■ Turkey ■ Slovenia ■ Netherland ■ Germany ■ France ■ Poland



Slika 2. Država stalnega prebivališča udeležencev

Izkušnje z varjenjem:

Zaključek (slika 3): Od 121 anketirancev jih je imelo 37,7 % več kot 10 let izkušenj z varjenjem, 36,0 % manj kot 5 let in 26,3 % od 5 do 10 let. Ta porazdelitev odraža uravnoteženo mešanico izkušenih in mladih strokovnjakov.

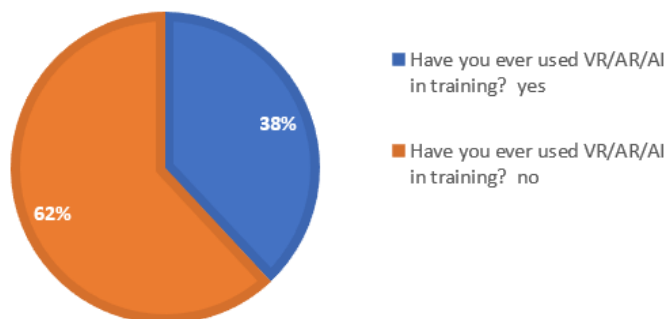


Slika 3. Izkušnje z varjenjem

3.1.2 Oddelek B: Digitalne tehnologije:

Uporaba VR/AR/AI pri usposabljanju

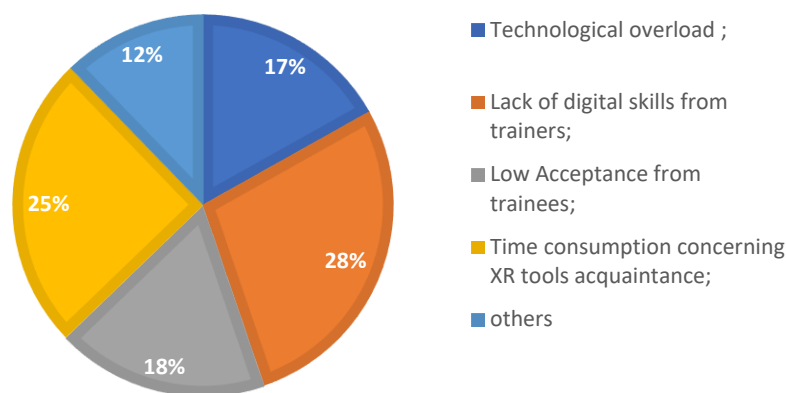
Zaključek (slika 4): Od 121 anketirancev jih 62,0 % ni uporabljalo VR/AR/AI pri usposabljanju, medtem ko jih je 38,0 % imelo predhodne izkušnje s temi tehnologijami. Rezultati kažejo, da je uporaba VR/AR/AI pri usposabljanju še vedno omejena, kar poudarja potencial za širšo uporabo v izobraževanju varilstva.



Slika 4. Uporaba VR/AR/AI pri usposabljanju

Zaznana tveganja uporabe digitalnih orodij pri usposabljanju IWE:

Zaključek (slika 5): Rezultati kažejo, da sta najpomembnejša zaznana tveganja uvedbe XR v usposabljanju IWE pomanjkanje digitalnih znanj in spretnosti trenerjev (27,9 %) in čas, potreben za seznanitev z orodji XR (25,0 %), medtem ko so bili nizka sprejetost s strani udeležencev (18,0 %), tehnološka preobremenjenost (16,9 %) in druge skrbi (12,2 %) ocenjeni kot manj pomembni.



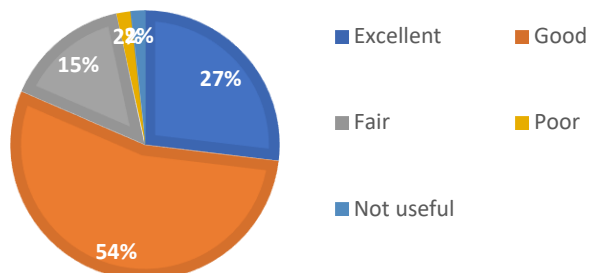
Slika 5. Zaznana tveganja uporabe digitalnih orodij pri usposabljanju IWE

3.1.3 Oddelek C: Postopki varjenja in rezanja:

Uporabnost AR/VR simulacije za vadbo MMA/MIG-MAG/TIG postopkov - varilni položaji in nadzor kovinske lonce (v skladu z: IAB-089 – "Sistemi za simulacijo varjenja")

Zaključek (slika 6): Rezultati kažejo na zelo pozitivno dožemanje simulacije AR/VR za izvajanje varilnih postopkov MMA/MIG-MAG/TIG. Več kot polovica anketirancev je njeno uporabnost ocenila kot dobro (54,6 %), medtem ko jo je 26,9 % ocenilo kot odlično. Le 3,4 % jo je ocenilo kot

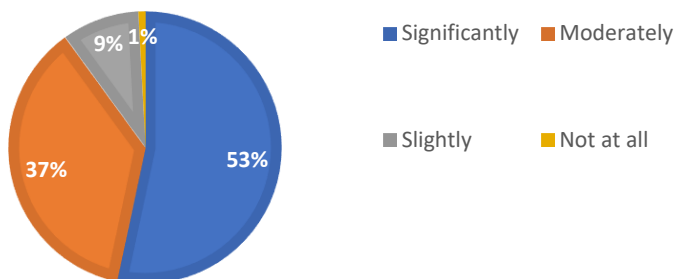
slabo ali neuporabno, kar kaže na široko sprejetje simulacije AR/VR kot učinkovitega orodja za usposabljanje za varilne položaje in nadzor kovinske lokve.



Slika 6. Uporabnost VR simulacij za MMA/MIG-MAG/TIG

Zaznane prednosti AR/VR za usposabljanje za nastavitve parametrov (tok/napetost/pretok plina) na resnični opremi

Zaključki (slika 7): Rezultati kažejo močno podporo uporabi AR/VR pri usposabljanju za nastavitve parametrov za dejansko varilno opremo. Večina anketirancev je menila, da bi AR/VR znatno (53,3 %) ali zmerno (36,7 %) izboljšala usposabljanje, medtem ko je le 9,2 % pričakovalo rahlo izboljšanje, 0,8 % pa ni videlo nobene koristi. Te ugotovitve kažejo na široko zaupanje v AR/VR kot učinkovito orodje za izboljšanje praktičnega usposabljanja varjenja.

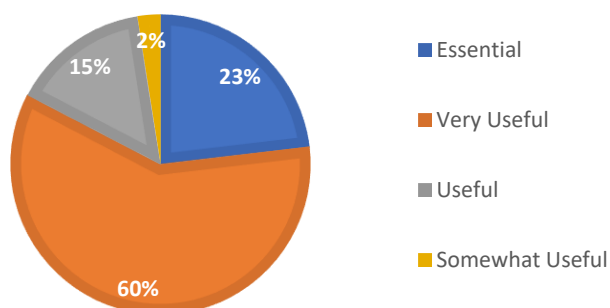


Slika 7. Zaznane koristi AR/VR za usposabljanje o nastavljanju parametrov

Zaznana uporabnost AR/VR/AI za zagotavljanje povratnih informacij v realnem času o odstopanju (hitrost gibanja, kot gorilnika)

Zaključki (slika 8): Rezultati močno podpirajo uporabo AR/VR/AI za zagotavljanje povratnih informacij o odstopanjih pri varjenju v realnem času. Večina anketirancev je to funkcionalnost ocenila kot zelo uporabno (59,5 %) ali bistveno (23,1 %), medtem ko jo je 14,9 % ocenilo kot

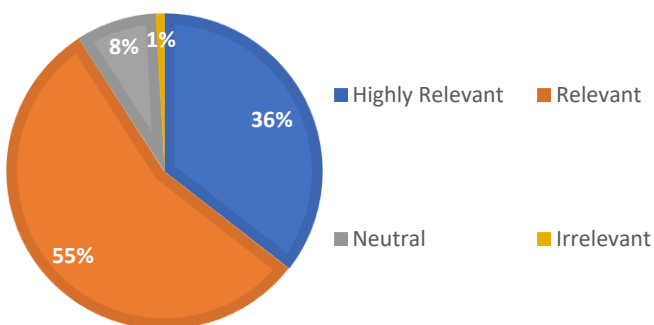
uporabno, le 2,5 % pa kot nekoliko uporabno. Na splošno ugotovitve poudarjajo visoko zaznano vrednost inteligentnih povratnih informacij v realnem času za izboljšanje usposabljanja in učinkovitosti varjenja.



Slika 8. Zaznano uporabnost AR/VR/AI za povratne informacije v realnem času

Zaznana pomembnost VR/AR za usposabljanje za proces rezanja (plazma, kisik, laser) za demonstracijo in rezalne poti

Zaključki (slika 9): Rezultati kažejo, da VR/AR velja za dragoceno orodje za demonstracijo varnostnih postopkov in rezalnih poti v plazmi, kisik, in postopki laserskega rezanja. Večina anketirancev ga je ocenila kot relevantnega (55,4 %) ali zelo relevantnega (35,5 %), medtem ko ga je le 0,8 % ocenilo kot nepomembnega, kar potrjuje močno podporo integraciji VR/AR v usposabljanje za proces rezanja.

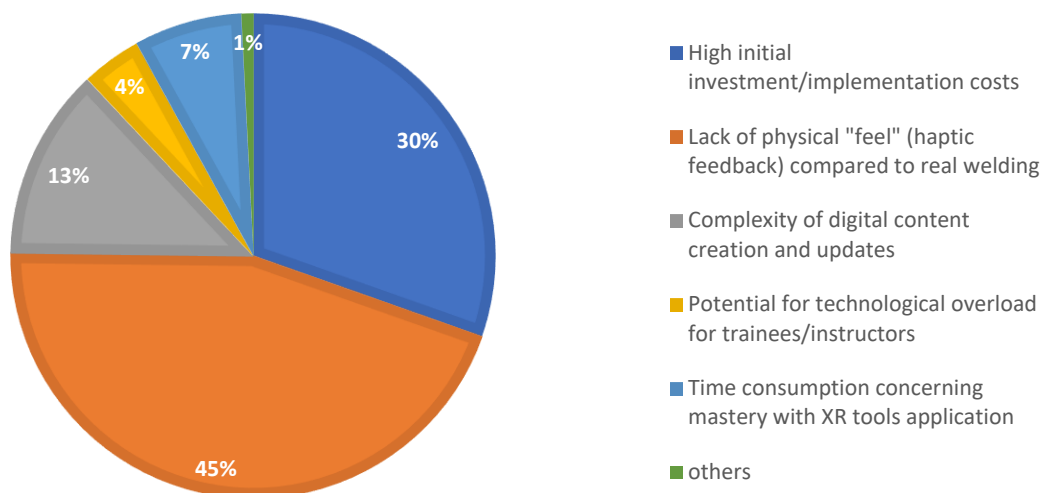


Slika 9. Pomen VR/AR za usposabljanje za proces rezanja

Zaznali najpomembnejše omejitve VR/AR/AI tehnologij

Zaključki (slika 10): Glavni izzivi, povezani z uvedbo XR, so pomanjkanje fizičnega "občutka" (44,8 %) in visoki začetni stroški naložbe (30,4 %). Drugi pomisleki, vključno z zahtevnostjo ustvarjanja digitalnih vsebin (12,8 %), časom, potrebnim za obvladovanje orodij XR (7,2 %), in tehnološko

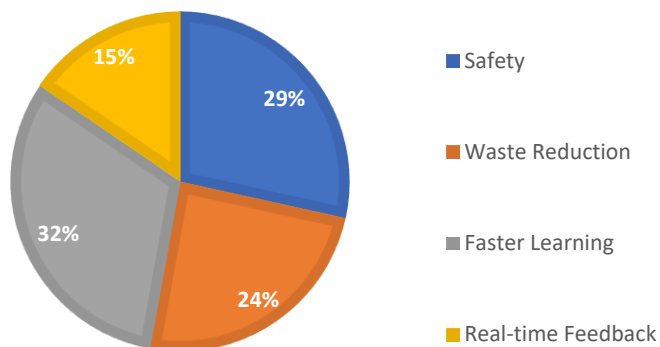
preobremenitvijo (4,0 %), so bili navedeni manj pogosto. Na splošno ugotovitve kažejo, da sta tehnični realizem in stroški izvedbe glavni oviri za širšo uporabo XR.



Slika 10. Zaznane omejitve tehnologij VR/AR/AI

Zaznane glavne prednosti VR/AR/AI tehnologij

Zaključki (slika 11): Rezultati kažejo, da je glavna pričakovana korist tehnologij XR hitrejše učenje (31,7 %), sledita izboljšana varnost (28,5 %) in zmanjšanje odpadkov (24,4 %). Povratne informacije v realnem času (15,4 %) so bile izbrane manj pogosto, kar kaže na to, da anketiranci tehnologije XR cenijo predvsem za izboljšanje učinkovitosti učenja in rezultatov usposabljanja.

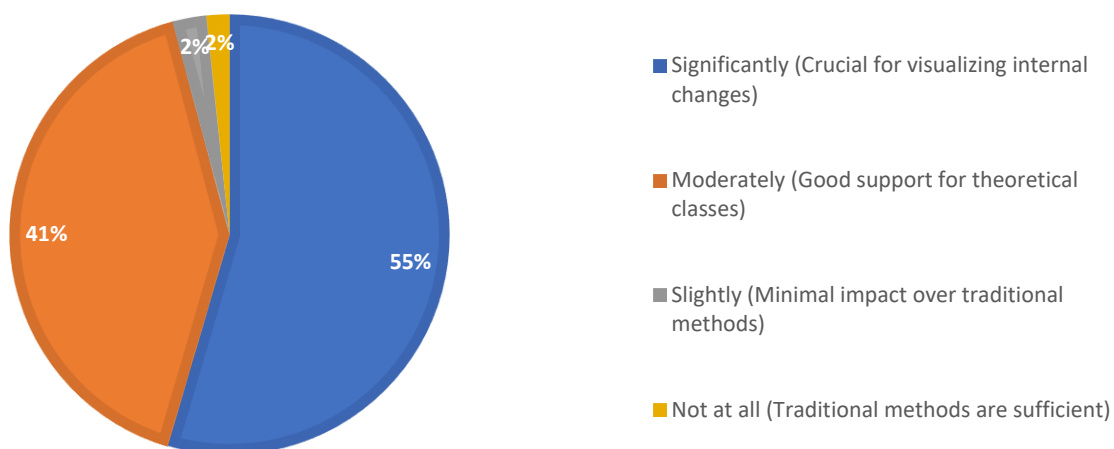


Slika 11. Zaznane primarne prednosti tehnologij VR/AR/AI

3.1.4. Oddelek D: Materiali in njihovo obnašanje pri varjenju

Zaznana vrednost modela VR/AR, ki poudarja transformacije, popačenja in povečanje preostalih napetosti v HAZ(ZIT), za razumevanje metalurških pojavov

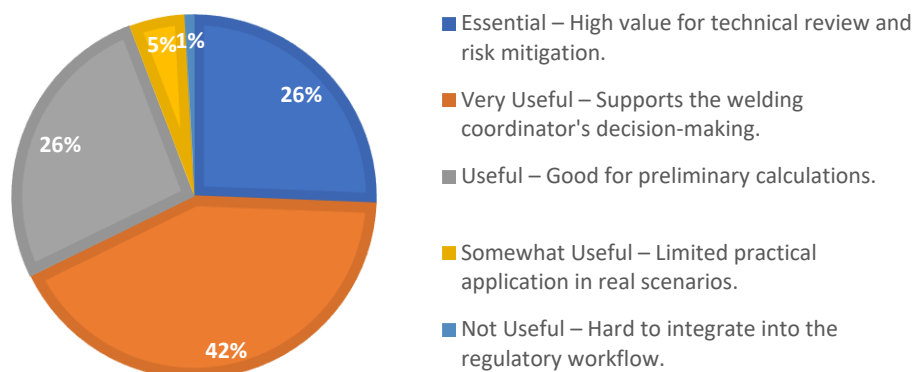
Zaključki (slika 12): Rezultati kažejo, da 54,5 % anketirancev meni, da bi model VR/AR znatno izboljšal razumevanje metalurških pojavov, medtem ko jih 41,3 % meni, da je to dobra podpora teoretičnim poukom. Le 2,5 % zaznava minimalen vpliv, 1,7 % pa meni, da so tradicionalne metode zadostne.



Slika 12. Zaznana vrednost VR/AR za razumevanje metalurških pojavov

Zaznana uporabnost AR/VR/AI za napovedovanje trdote, tveganja za nastanek razpok v hladnem ali vročem stanju ter predgrevanja/pH, OWHT(TTPS)

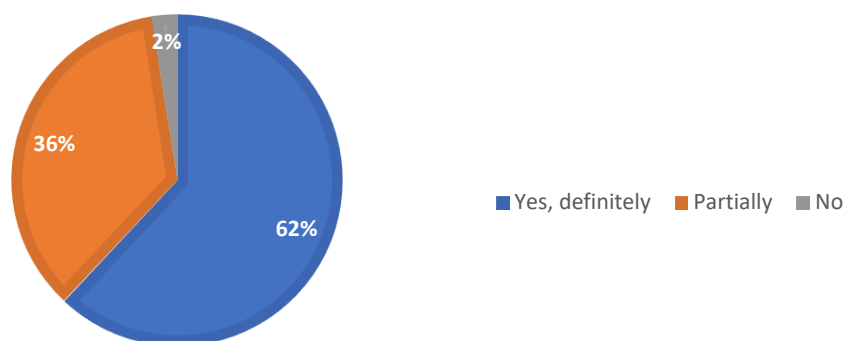
Zaključki (slika 13): Rezultati kažejo, da večina anketirancev meni, da so AR/VR/AI dragocene za tehnični pregled v skladu s standardom ISO 14731, pri čemer jih 42,1 % meni, da so te tehnologije zelo uporabne, 25,6 % pa jih ocenjuje kot bistvene. Nadaljnjih 26,4 % jih meni, da so uporabne za predhodne izračune, medtem ko le 5,0 % meni, da imajo omejeno praktično vrednost, 0,8 % pa jih meni, da niso uporabne.



Slika 13. Zaznana uporabnost AR/VR/AI za napovedovanje parametrov varjenja

Zaznana vrednost VR/AR za razumevanje vpliva polnilnih materialov in zaščitnih plinov na mikrostrukturo

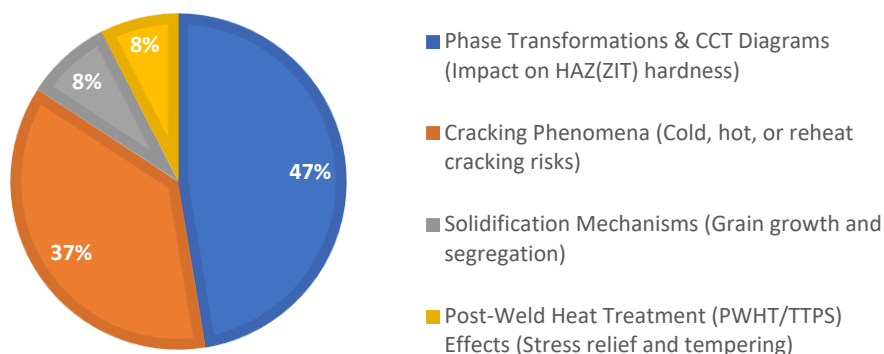
Zaključek (slika 14): Rezultati kažejo, da 62,0 % anketirancev meni, da lahko VR/AR podpre razumevanje vpliva polnilnih materialov in zaščitnih plinov na mikrostrukturo. V primerjavi s tem 35,5 % meni, da lahko delno podpre. Le 2,5 % meni, da VR/AR ne prispeva k temu razumevanju.



Slika 14. Vrednost VR/AR za razumevanje vpliva polnilnih materialov in zaščitnih plinov na mikrostrukturo

Prednostne simulacije za globoko učenje za učenje obnašanja materialov pri varjenju

Zaključek (slika 15): Rezultati kažejo, da je najdragocenejša simulacija za poglobljeno učenje obnašanja materialov pri varjenju fazne transformacije in CCT diagrami (47,4 %), sledijo pa pojavi razpok (36,8 %). Nasprotno pa anketiranci menijo, da sta mehanizem strjevanja (8,3 %) in toplotna obdelava po varjenju (7,5 %) manj pomembna.

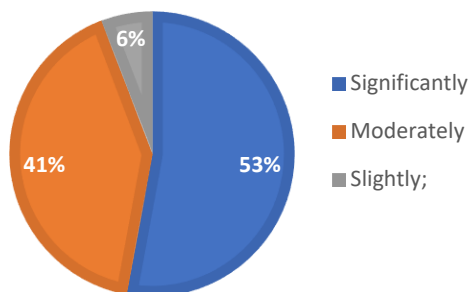


Slika 15. Prednostne simulacije za globoko učenje za učenje obnašanja materialov pri varjenju

3.1.5. Oddelek E: Projektiranje varjenih konstrukcij:

Zaznane prednosti 3D/VR/AR vizualizacije spojev in dostopnosti varov vključujejo izboljšano zasnovo za izdelavo in manjše popačenja.

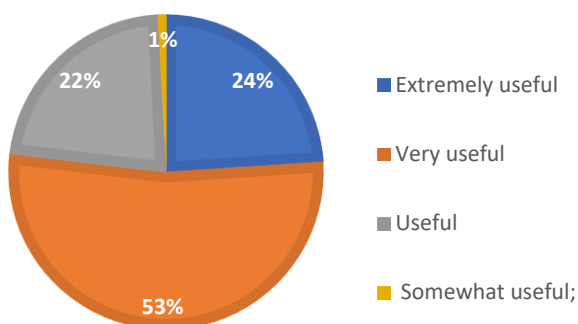
Zaključek (slika 16): Rezultati kažejo, da 52,9 % anketirancev meni, da bi 3D/VR/AR vizualizacija spojev in dostopnosti varov znatno izboljšala zasnovo za izdelovalnost in zmanjšala popačenja, medtem ko 41,3 % meni, da je to zmerno koristno. Le 5,8 % jih zaznava rahlo izboljšanje, kar kaže na močno splošno podporo uporabi teh tehnologij pri načrtovanju in proizvodnji varjenja.



Slika 16. Zaznane prednosti 3D/VR/AR vizualizacije za načrtovanje za izdelavo

Zaznana uporabnost AR/VR za prekrivajoče se varjene spoje in varilno zaporedje neposredno na delu, da se izognemo omejitvam in deformacijam

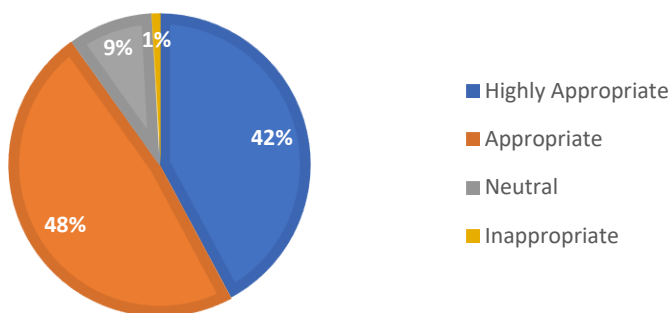
Zaključek (slika 17): Rezultati kažejo, da večina anketirancev meni, da sta AR/VR zelo koristni za vizualizacijo varjenih spojev in varilnih zaporedij, pri čemer jih 52,9 % ocenjuje te tehnologije kot zelo uporabne, 24,0 % pa kot izjemno uporabne. Poleg tega jih 22,3 % meni, da so uporabne, medtem ko jih le 0,8 % dojema kot nekoliko uporabne, kar kaže na močno podporo uporabi AR/VR za izboljšanje načrtovanja varjenja ter zmanjšanje proizvodnih omejitev in deformacij.



Slika 17. Zaznana uporabnost AR/VR za načrtovanje zaporedja varjenja in dostopnost spojev

Zaznana ustreznost uporabe AR/VR/AI za optimizacijo zasnove (npr. pozicioniranje spojev, debelina, žlebovi) na podlagi eksperimentalnih podatkov

Zaključek (slika 18): Rezultati kažejo, da anketiranci močno podpirajo uporabo AR/VR/AI za optimizacijo varilnih načrtov na podlagi eksperimentalnih podatkov, pri čemer jih 47,9 % meni, da je to primerno, 42,1 % pa, da je zelo primerno. Le 9,1 % jih je izrazilo nevtrarno mnenje, medtem ko jih je le 0,8 % menilo, da so te tehnologije neprimerne.

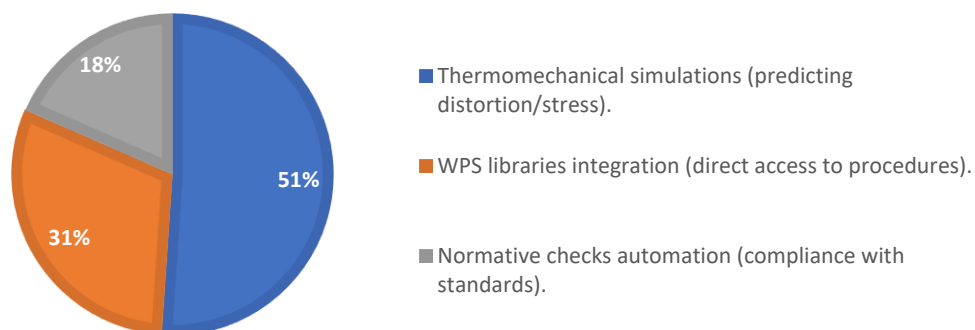


Slika 18. Zaznana primernost AR/VR/AI za optimizacijo oblikovanja

Bistvene digitalne funkcionalnosti, ki so najpomembnejše za načrtovanje varjenih konstrukcij

Zaključek (slika 19): Rezultati kažejo, da termomehanske simulacije veljajo za najpomembnejšo digitalno funkcionalnost za načrtovanje varjenih konstrukcij, saj predstavljajo 51,1 % odgovorov.

Integracijo knjižnic WPS je izbralo 30,5 % anketirancev, medtem ko jih je 18,4 % kot najpomembnejšo funkcionalnost opredelilo avtomatizacijo normativnih pregledov.

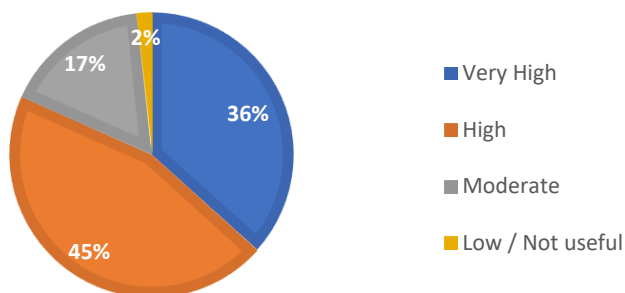


Slika 19. Bistvene digitalne funkcionalnosti za načrtovanje varjenih konstrukcij

3.1.6. Oddelek F: Problemi pri izdelavi varjenih konstrukcij

Zaznana uporabnost AR/VR za simulacijo proizvodnega toka (montaža-varjenje-nerazgradljivi testi) za prepoznavanje ozkih grl in tveganih območij

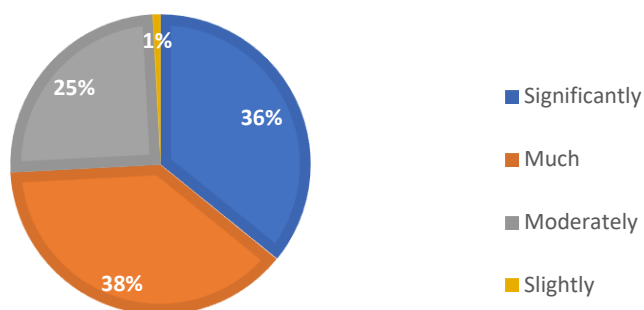
Zaključek (slika 20): Rezultati kažejo močno podporo uporabi AR/VR pri simulaciji proizvodnega toka (montaža → varjenje → nedestruktivno testiranje), pri čemer je 45,0 % anketirancev ocenilo njeno uporabnost kot visoko, 36,7 % pa kot zelo visoko. Nadaljnjih 16,7 % jo je ocenilo kot zmerno uporabno, medtem ko je le 1,7 % zaznalo majhno ali nobene vrednosti, kar poudarja potencial AR/VR za prepoznavanje ozkih grl v proizvodnji in tveganih področij.



Slika 20. Zaznana uporabnost AR/VR za simulacijo proizvodnega toka

Zaznana učinkovitost AR/VR pri zmanjševanju napak pri sestavljanju (poravnava, nastavitve spojev) pred oblokom

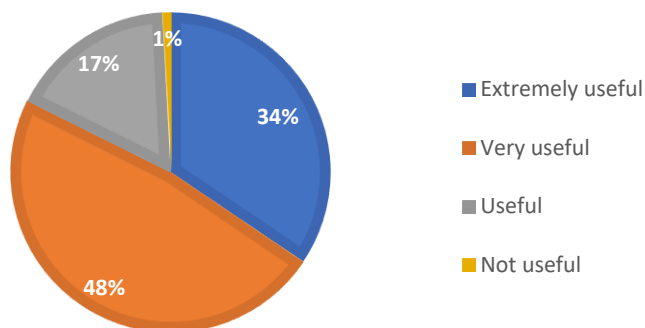
Zaključek (slika 21): Rezultati kažejo, da anketiranci menijo, da je AR/VR zelo učinkovit pri zmanjševanju napak pri sestavljanju pred oblokom, pri čemer jih je 38,3 % ocenilo njegovo učinkovitost kot enako učinkovito in 35,8 % kot pomembno. Poleg tega ga 25,0 % meni, da je zmerno učinkovit, medtem ko le 0,8 % zaznava rahlo korist, kar kaže na veliko zaupanje v uporabo AR/VR za izboljšanje poravnave sestavljanja in nastavitve spojev.



Slika 21. Zaznana učinkovitost AR/VR pri zmanjševanju napak pri montaži

Zaznana uporabnost AR/VR/AI v realnem času za prepoznavanje neskladnosti (npr. parametrov izven tolerance) za preprečevanje popravil

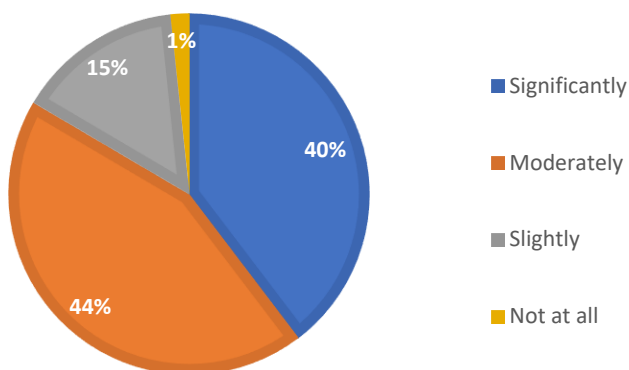
Zaključek (slika 22): Rezultati kažejo, da anketiranci močno podpirajo uporabo AR/VR/AI za prepoznavanje neskladnosti v realnem času, saj jih je 47,9 % te tehnologije ocenilo kot zelo uporabne, 34,5 % pa kot izjemno uporabne. Le 16,8 % jih je ocenilo kot uporabne, medtem ko jih je le 0,8 % ocenilo kot neuporabne.



Slika 22. Zaznana uporabnost AR/VR/AI za odkrivanje neskladnosti v realnem času

Zaznani prispevek VR/AR/AI k skladnosti z ISO 3834 za pregled pred/med/po varjenju ter sledljivost materialov in potrošnega materiala

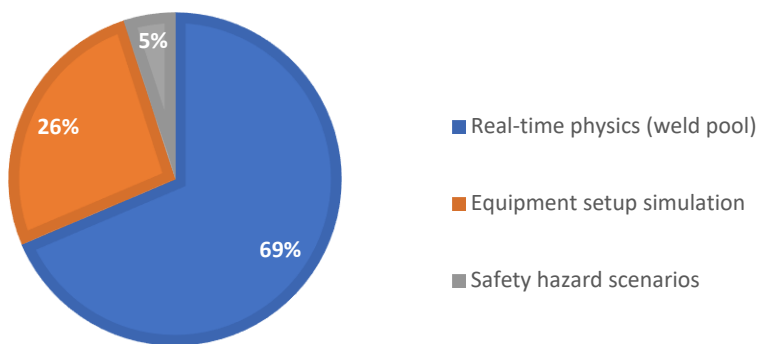
Zaključek (slika 23): Rezultati kažejo, da 43,8 % anketirancev meni, da VR/AR/AI zmerno olajšajo skladnost z zahtevami standarda ISO 3834, medtem ko 39,7 % zaznava pomemben prispevek. Le 14,9 % jih je poročalo o rahlem prispevku, 1,7 % pa jih je menilo, da te tehnologije sploh ne olajšajo skladnosti.



Slika 23. Zaznani prispevek VR/AR/AI k skladnosti z ISO 3834

Bistveni elementi, ki jih je treba vključiti v idealno virtualno delavnico za strokovno usposabljanje

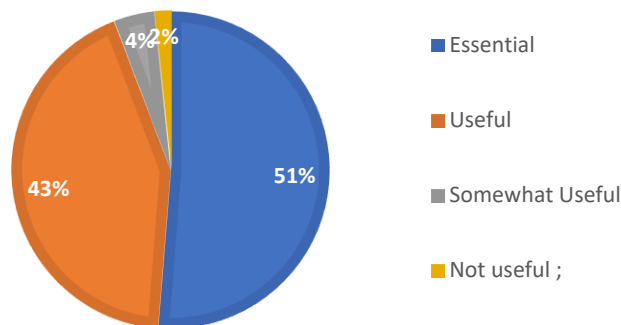
Zaključek (slika 24): Rezultati kažejo, da simulacija fizike varilne taline v realnem času velja za najpomembnejši element idealne virtualne delavnice (68,6 %), sledi ji simulacija nastavitve opreme (26,4 %), medtem ko je scenarije varnostnih tveganj izbralo le 5,0 % anketirancev.



Slika 24. Bistveni elementi idealne virtualne delavnice za strokovno usposabljanje

Zaznana uporabnost VR/AR za odkrivanje napak v realnem času (npr. poroznost, spodrez) med procesi

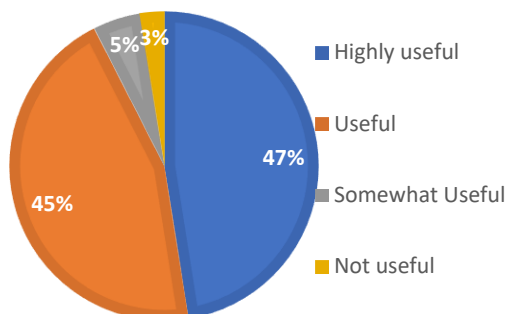
Zaključek (slika 25): Rezultati kažejo močno podporo orodjem VR/AR, ki zagotavljajo opozorila o napakah v realnem času med varjenjem, pri čemer jih 51,2 % anketirancev meni za bistvena, 43,0 % pa za uporabna. Le 4,1 % jih je ocenilo kot dokaj uporabna, 1,7 % pa jih je ocenilo kot neuporabna.



Slika 25. Zaznana uporabnost VR/AR za odkrivanje napak v realnem času

Zaznana uporabnost uporabe VR/AR za simulacijo izračunov varjenja (npr. hitrosti hlajenja, vnos toplote) za izboljšanje procesa razvoja PQR in WPS

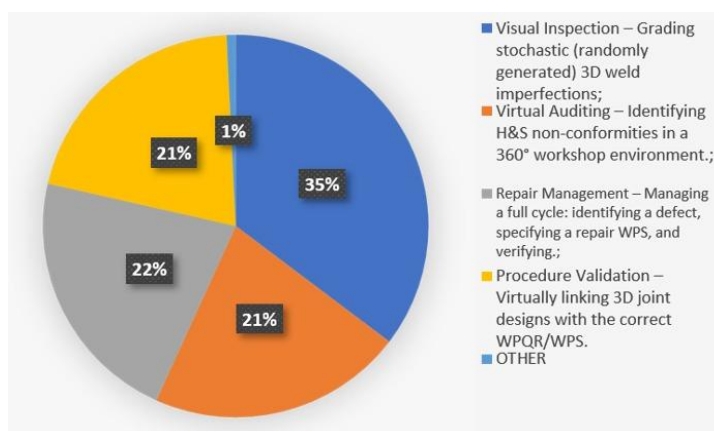
Zaključek (slika 26): Rezultati kažejo močno podporo uporabi VR/AR za simulacijo izračunov varov za razvoj PQR in WPS, saj je 47,5 % anketirancev ocenilo to tehnologijo kot zelo uporabno, 45,0 % pa kot uporabno. Le 5,0 % jo je ocenilo kot nekoliko uporabno, 2,5 % pa kot neuporabno.



Slika 26. Zaznana uporabnost VR/AR za simulacijo izračunov varjenja

Prednostne laboratorijske vaje VR/AR za strokovno usposabljanje

Zaključek (slika 27): Rezultati kažejo, da je bil vizualni pregled najprimernejša laboratorijska vaja VR/AR (35,3 %), sledili so mu upravljanje popravil (21,8 %), virtualna revizija (21,4 %) in validacija postopkov (20,7 %). Le 0,8 % anketirancev je izbralo druge vrste vaj. Vrh obrazca Spodnji del obrazca

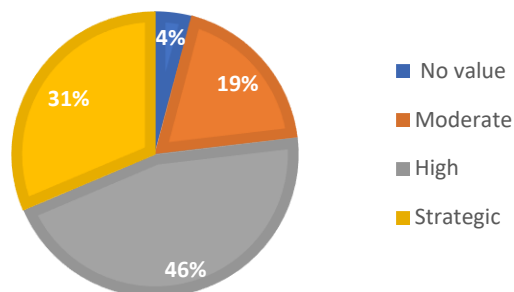


Slika 27. Prednostne laboratorijske vaje VR/AR za strokovno usposabljanje

3.1.7. Oddelek G: Obseg strateškega usposabljanja za potrjevanje ugodnosti XR

Tehnični pregled (ISO 14731) - zaznana uporabnost AR/VR za preverjanje dostopnosti gorilnika v kompleksnih 3D geometrijah pred proizvodnjo

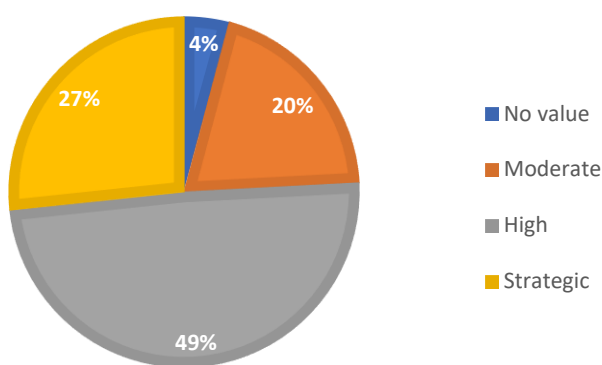
Zaključek (slika 28): Rezultati kažejo močno podporo uporabi AR/VR za oceno dostopnosti svetilke med tehničnim pregledom ISO 14731, pri čemer je 45,5 % anketirancev ocenilo to tehnologijo kot zelo dragoceno, 31,4 % pa jo je imelo za strateško pomembno. Le 19,0 % jih je zaznalo zmerno vrednost, medtem ko je 4,1 % menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 28. Zaznana uporabnost AR/VR za oceno dostopnosti svetilk

Zaznana uporabnost AR/VR za izbiro materialov in potrošnega materiala na podlagi digitalnih potrdil

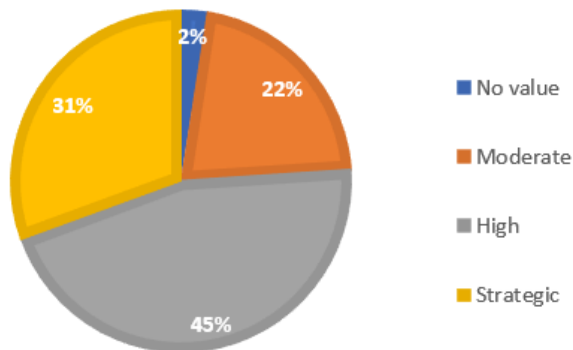
Zaključek (slika 29): Rezultati kažejo močno podporo uporabi AR/VR za virtualno validacijo materialov in potrošnega materiala z digitalnimi potrdili, saj je 49,2 % anketirancev to ocenilo kot zelo dragoceno, 26,7 % pa kot strateško pomembno. Le 20,0 % jih je zaznalo zmerno vrednost, medtem ko jih je 4,2 % menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 29. Zaznana uporabnost AR/VR za validacijo materialov in potrošnega materiala

Zaznana uporabnost 3D simulacije nepopolnosti varov za pregled in testiranje varjenih spojev

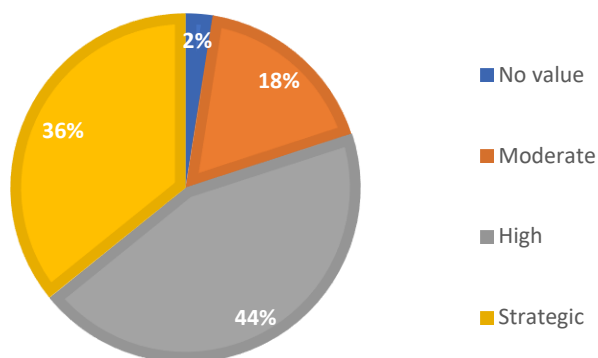
Zaključek (slika 30): Rezultati kažejo močno podporo uporabi naključno generiranih 3D nepopolnosti varov pri usposabljanju za NDT/DT, saj je 45,5 % anketirancev ocenilo ta pristop kot zelo dragocenega, 30,6 % pa kot strateško pomembnega. Le 21,5 % jih je zaznalo zmerno vrednost, 2,5 % pa jih je menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 30. Zaznana uporabnost 3D simulacije nepopolnosti varov za pregled varov

Zaznana uporabnost AR/VR za usposabljanje na področju upravljanja neskladnosti, korektivnih ukrepov in upravljanja cikla popravil, od napake do rešitve

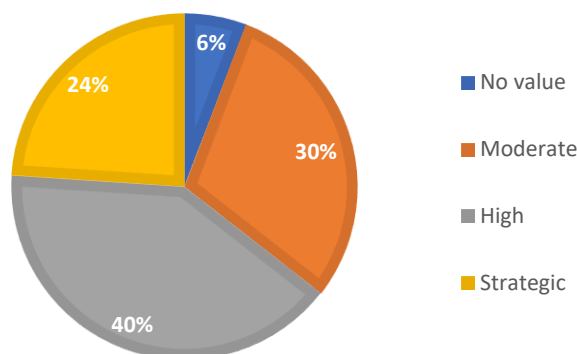
Zaključek (slika 31): Rezultati kažejo močno podporo uporabi AR/VR za upravljanje cikla popravil, saj jo je 44,2 % anketirancev ocenilo kot zelo dragoceno, 35,8 % pa kot strateško pomembno. Le 17,5 % jih je zaznalo zmerno vrednost, 2,5 % pa jih je menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 31. Zaznana uporabnost AR/VR za upravljanje cikla popravil

Zaznana uporabnost XR za ocenjevanje in spremljanje ravni uspešnosti varilskega osebja

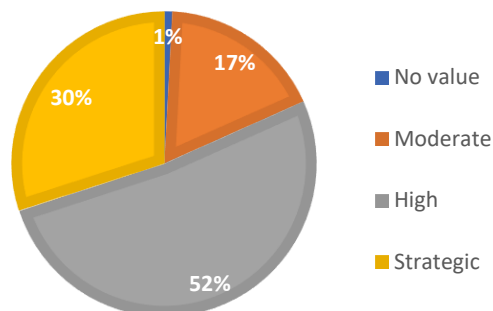
Zaključek (slika 32): Rezultati kažejo na pozitivno dojetanje XR za kvalifikacijo varilnega osebja, saj ga je 40,5 % anketirancev ocenilo kot zelo dragocenega, 24,0 % pa kot strateško pomembnega. Medtem ko ga je 29,8 % ocenilo kot zmerno dragocenega, le 5,8 % pa ga je ocenilo kot strateško pomembnega.



Slika 32. Zaznana uporabnost XR za kvalifikacijo varilnega osebja

Vizualizacija zaznane uporabnosti XR za toplotno obdelavo (PWHT): hitrosti hlajenja in zahteve glede predgrevanja za preprečevanje razpok

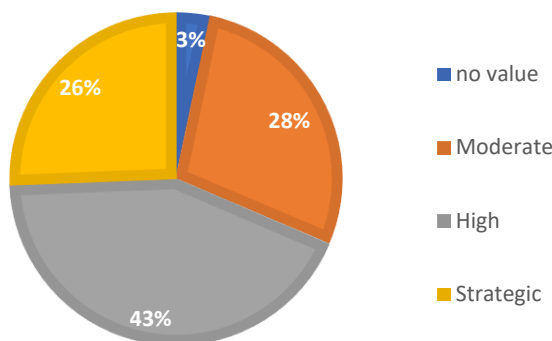
Zaključek (slika 33): Rezultati kažejo močno podporo uporabi XR za vizualizacijo PWHT, hitrosti hlajenja in zahtev predgrevanja, saj jo je 51,7 % anketirancev ocenilo kot zelo dragoceno, 30,0 % pa kot strateško pomembno. Le 17,5 % jih je zaznalo zmerno vrednost, medtem ko je le 0,8 % menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 33. Zaznana uporabnost XR za vizualizacijo PWHT

Zaznana uporabnost XR za virtualno revizijo: ugotavljanje varnostnih in okoljskih neskladnosti v 360-stopinjski virtualni reviziji delavnice.

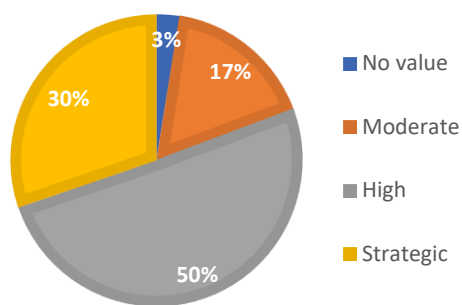
Zaključek (slika 34): Rezultati kažejo močno podporo uporabi XR v virtualni reviziji, saj ga je 43,0 % anketirancev ocenilo kot zelo dragocenega, 25,6 % pa kot strateško pomembnega. Medtem ko ga je 28,1 % ocenilo kot zmerno vrednost, le 3,3 % pa ga je ocenilo kot brez vrednosti.



Slika 34. Zaznana uporabnost XR za virtualno revidiranje

Zaznana uporabnost XR za določanje varilnih postopkov (WPS/PQR)

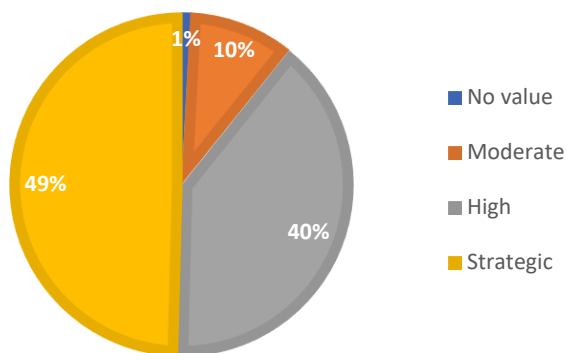
Zaključek (slika 35): Rezultati kažejo močno podporo uporabi XR pri razvoju WPS/PQR, saj ga je 50,4 % anketirancev ocenilo kot zelo dragocenega, 30,3 % pa kot strateško pomembnega. Le 16,8 % jih je zaznalo zmerno vrednost, medtem ko jih je 2,5 % menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 35. Zaznana uporabnost XR za razvoj WPS/PQR

Zaznana uporabnost XR za zbiranje podatkov o varjenih napakah

Zaključek (slika 36): Rezultati kažejo zelo močno podporo uporabi XR za zbiranje podatkov o napakah varov, saj je 49,6 % anketirancev ocenilo, da je strateško pomemben, 39,7 % pa kot zelo dragocen. Le 9,9 % jih je zaznalo zmerno vrednost, medtem ko je le 0,8 % menilo, da nima nobene vrednosti.

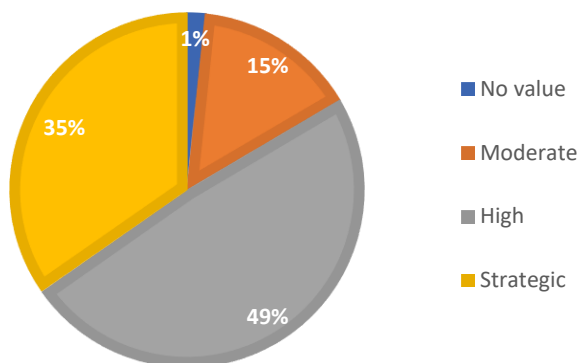


Slika 36. Zaznana uporabnost XR za zbiranje podatkov o varjenih napakah

Zaznana uporabnost XR za spremljanje vnosa toplote v varilne procese

Zaključek (slika 37): Rezultati kažejo močno podporo uporabi XR za spremljanje vnosa toplote v varilne procese, saj jo je 48,8 % anketirancev ocenilo kot zelo dragoceno, 34,7 % pa kot strateško

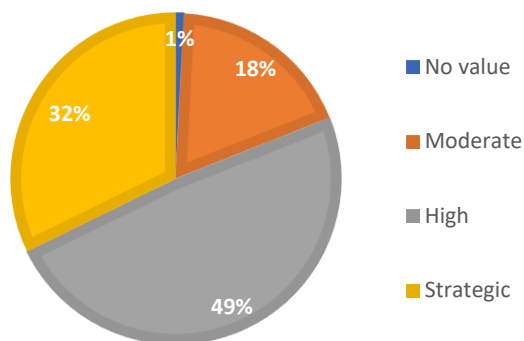
pomembno. Le 14,9 % jih je zaznalo zmerno vrednost, medtem ko je le 1,7 % menilo, da nima nobene vrednosti.



Slika 37. Zaznana uporabnost XR za spremljanje vnosa toplote

Zaznana uporabnost XR za načrtovanje varjenih spojev

Zaključek (slika 38): Rezultati kažejo, da so tehnologije XR zelo dragocene za načrtovanje varjenih spojev, saj je 48,8 % anketirancev njihovo vrednost ocenilo kot visoko in 32,2 % kot strateško. Le 18,2 % jih je ocenilo kot zmerno, 0,8 % pa kot strateško, kar kaže na močno zaupanje v potencial XR za podporo načrtovanju varjenih spojev.



Slika 38. Zaznana uporabnost XR za načrtovanje varjenih spojev

Dodatni komentarji

Regarpostopki varjenja in rezanja:

- Zelo dobra ideja, ki si zasluži uresničitev!

- Verjamem, da se mora človek, če želi v praksi resnično uživati v varjenju, nujno izkusiti dejanske povratne informacije – kot so hrup, vonj, svetloba in drugi fizični občutki. Zato je praktična praksa

še vedno močno podprta in potrebna na katerem koli področju dejavnosti, saj pomaga človeku ugotoviti, ali se resnično želi naučiti določenih varilnih postopkov, delati kot varilec, sestavljati komponente in se ukvarjati s kompleksnostjo poklica glede na lastno motivacijo in pripravljenost za učenje. Varjenje je poseben postopek in eden najpomembnejših pri obdelavi kovin. Čeprav se lahko s pomočjo umetne inteligence in virtualne resničnosti naučimo skoraj vsega – matematike, jezikov, fizike, varnosti pri delu itd. –, pa fizične spretnosti zahtevajo fizični pristop; sicer ne moremo naučiti možganov izvajati določenih gibov zgolj z opazovanjem.

- Te tehnologije so odlična orodja za pospešeno učenje, standardizacijo in varnost, vendar ne morejo nadomestiti praktičnih, senzoričnih izkušenj, potrebnih za certificiranje in delovanje profesionalnega varilca.

- "Kot tehnični in pedagoški zaključek glede vključevanja tehnologij XR v usposabljanje IWE (Mednarodni inženir varjenja) je bistveno, da teh orodij ne obravnavamo kot univerzalno rešitev ali "čarobno paniko", temveč kot katalizator kompetenc. Naslednji dodatni argumenti in tehnične utemeljitve podpirajo prejšnje ocene, zlasti glede postopkov varjenja in rezanja: 1. Utemeljitev posameznih postopkov (MMA v primerjavi z MIG/MAG v primerjavi z TIG). Za postopek MMA (111): Pomen XR je ključnega pomena za obvladovanje tridimenzionalnega gibanja. Pripravnik mora hkrati izvajati dva gibanja: linearno premikanje vzdolž spoja in postopno premikanje elektrode proti varilni talini, ko se elektroda porablja. Simulator je idealen za izolacijo in obvladovanje te fine koordinacije. Za postopek MIG/MAG (135): Korelacija med hitrostjo podajanja žice (v primerjavi z in napetost obloka (U)določa način prenosa (kratki stik, pršenje, kroglasti). XR omogoča grafično vizualizacijo delovnega okna (WPS), v katerem te spremenljivke delujejo optimalno, kar bodočemu inženirju daje intuitivno razumevanje stabilnosti obloka. Za postopek TIG (141): Čeprav je njegova uporabnost zaradi otipne kompleksnosti zmerna, XR odpravlja eno najdražjih začetniških napak: dotikanje volframove elektrode z varilno talino ali polnilom, dejanje, ki v resnični praksi takoj kontaminira zvar in zahteva delo za zaustavitev, da se elektroda lahko ponovno zbrusi. 2. Postopki rezanja (oksigensko, plazma, lasersko) Čeprav je poudarek pogosto na varjenju, usposabljanje IWE vključuje tudi tehnologije termičnega rezanja. V tem primeru je simulacija VR/AR izjemno uporabna za kisikovo rezanje: zagotavlja vizualno razumevanje predgrevalnega plamena (nevtralni, cementacijski ali oksidacijski plamen) in nadzora razdalje med šobo in ploščo, da se prepreči povratni plamen/povratni blisk, kar je veliko varnostno tveganje v resnični praksi. Plazemsko rezanje ohranja pravilen kot gorilnika za doseganje pravokotnega reza brez prekomernega nastajanja žlindre. 3. Ekonomski in trajnostni argument z vidika vodje programa IWE: poleg hitrosti učenja so ekološki in finančni argumenti neizpodbitni. Ena ura virtualnega varjenja pomeni: nič emisij varilnih hlapov in plinov (zmanjšanje stroškov prezračevanja in filtracije delavnice); nič porabe dragih zaščitnih plinov (argon, mešanice helija) in dodatnih kovin (visoko legirana jekla, aluminij); nič odpadkov (preskusne plošče, razrezane in varjene, nato pa zavržene kot odpadki). Zaključna misel: tehnologije, ki jih izboljšuje umetna inteligenca, preusmerjajo breme usposabljanja s področja »fizičnih poskusov in napak« – kjer pripravniki zapravljajo materiale za razumevanje koncepta – na področje »predhodne kognitivne analize«. Ko pripravnik končno vstopi v pravo delavnico, ni več zmeden začetnik, temveč obveščen operater, ki varilno kabino uporablja le za umerjanje fizičnega občutka, ki ga tehnologija še vedno ne more ponoviti.

Dodatni komentarji

Zagotovite specifične tehnične vpogled v obnašanje materialov, zlasti v zvezi s standardi ISO

Tehnologije XR/AI lahko izboljšajo usposabljanje varilskih inženirjev, saj učencem pomagajo razumeti metalurške pojave, varilne parametre in zahteve ISO s pomočjo simulacije in vizualizacije. Vendar pa bi jih bilo treba uporabljati kot dopolnilna izobraževalna orodja, ne pa kot nadomestilo za dejansko testiranje in praktične izkušnje.

Tehnologije VR/AR in umetne inteligence so dragocena orodja za usposabljanje in predhodno analizo, vendar ne morejo nadomestiti dejanskih testov in tehničnega znanja, ki ga zahtevajo standardi ISO. Uporabljati jih je treba kot orodja za podporo odločanju, ne pa kot nadomestke ali nadomestila za postopke kvalifikacije in preverjanja.

Dodatni komentarji:

Kako lahko VR/AR/AI optimizira načrtovanje varjenih konstrukcij:

- *Simulacija varjenih spojev v ekstremnih pogojih, kot so ozka reža, neusklajenost, široka reža itd.*
- *VR/AR in umetna inteligenca lahko optimizirata načrtovanje varjenih konstrukcij, saj omogočata zgodnje prepoznavanje omejitev, vizualizacijo pogojev dostopa in varilnih zaporedij ter zmanjšanje popačenj s simulacijami, priporočili na podlagi podatkov, usposabljanjem in dostopom do podatkovnih baz.*
- *Kombinirana uporaba virtualne resničnosti (VR) za ergonomsko oceno, analizo dostopnosti in geometrijsko vizualizacijo v polnem obsegu, obogatene resničnosti (AR) za vodenje izvedbe v realnem času in preprečevanje napak ter umetne inteligence (AI) za napovedno metalurško analizo, strukturno optimizacijo in inteligentno podporo odločanju temeljito spreminja vlogo mednarodnega varilnega inženirja (IWE). Namesto da bi služil zgolj kot oblikovalec varjenih spojev, IWE postane vodja življenjskega cikla varjenih konstrukcij, ki je sposoben zagotoviti skladnost z mednarodnimi standardi, izboljšati strukturno učinkovitost in varnost, zmanjšati proizvodne napake in popačenja ter doseči znatno ekonomsko optimizacijo v celotnem procesu načrtovanja, izdelave in vzdrževanja.*

3.1.8 Končne pripombe iz vprašalnika za inženirje

- *To je zelo dobra ideja, ki si zasluži uresničitev!*
- *Na voljo sem za sodelovanje pri optimizaciji učnih metod in delu z navidezno resničnostjo (VR) in umetno inteligenco (UI).*
- *Verjamem, da bi moral imeti vsak IWE celosten pregled nad projekti, v katere je vključen, in bi moral ohranjati fleksibilnost v odnosih z varilskim mojstrom in varilci.*

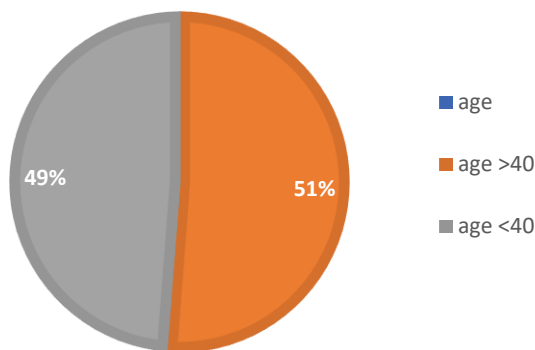
- Večji poudarek bi moral biti na pripravi delovnega procesa (WPS), kvalifikacijskih datotek, odobritvenih datotek in učenju bistvenih spremenljivk. Poleg znanja o izračunu temperature predgrevanja in izvajanju drugih tehničnih izračunov bi moral varilski inženir znati tudi pripraviti kvalifikacijsko datoteko, datoteko za podaljšanje dovoljenja in datoteko za kvalifikacijo varilnega postopka. Trenutno tečaj/izpit temelji predvsem na mehanskem pomnjenju informacij. Praktično usposabljanje je bistvenega pomena, tehnologija VR pa bi lahko pomembno podprla učni proces.
- Integracija XR v kvalifikacijo I/EWE izboljšuje kakovost usposabljanja s simulacijo pogojev dostopa, varilnih zaporedij in s tem povezanih tveganj, hkrati pa zagotavlja varno in nadzorovano okolje za tehnično analizo, oceno usposobljenosti in razumevanje toplotnih pojavov brez porabe logističnih virov, materialov ali energije.
- Izobraževal sem se na TWI in imajo zelo dobro strukturirano SPLETNO usposabljanje, ki študentom pomaga pri boljšem in hitrejšem učenju.
- Kombinirana implementacija VR, AR, AI, digitalnih dvojčkov, napovednih simulacij in inteligentne analize podatkov temeljito spreminja izobraževalno in profesionalno vlogo mednarodnega/evropskega varilnega inženirja. Namesto da bi deloval zgolj kot specialist, odgovoren za varilne postopke in dokumentacijo, sodobni IWE/EWE postane digitalni upravljevec življenjskega cikla varjenih konstrukcij, sposoben integrirati optimizacijo načrtovanja, simulacijo procesov, zagotavljanje kakovosti, sledljivost, napovedno vzdrževanje in obvladovanje tveganj v enoten digitalni potek dela.
- Namesto da bi deloval zgolj kot specialist, odgovoren za varilne postopke in dokumentacijo, sodobni IWE/EWE postane digitalni upravljevec življenjskega cikla varjenih konstrukcij, sposoben integrirati optimizacijo načrtovanja, simulacijo procesov, zagotavljanje kakovosti, sledljivost, prediktivno vzdrževanje in obvladovanje tveganj v enoten digitalni potek dela.
- Z uskladitvijo naprednih digitalnih tehnologij z mednarodnimi standardi – vključno z ISO 14731, ISO 3834, ISO 15614-1, ISO 13920, ISO 9606, EN 1090, Eurocode 3 in smernicami za usposabljanje IIW/IAB – bodo bodoči varilski inženirji bolje opremljeni za izboljšanje strukturne učinkovitosti, povečanje varnosti, zmanjšanje proizvodnih stroškov, pospešitev kvalifikacijskih procesov in podporo digitalni transformaciji varilske industrije v okviru Industrije 4.0 in naprej. Z uskladitvijo naprednih digitalnih tehnologij z mednarodnimi standardi – vključno z ISO 14731, ISO 3834, ISO 15614-1, ISO 13920, ISO 9606, EN 1090, Eurocode 3 in smernicami za usposabljanje IIW/IAB – bodo bodoči varilski inženirji bolje opremljeni za izboljšanje strukturne učinkovitosti, povečanje varnosti, zmanjšanje proizvodnih stroškov, pospešitev kvalifikacijskih procesov in podporo digitalni transformaciji varilske industrije v okviru Industrije 4.0 in naprej. Z uskladitvijo naprednih digitalnih tehnologij z mednarodnimi standardi – vključno z ISO 14731, ISO 3834, ISO 15614-1, ISO 13920, ISO 9606, EN 1090, Eurocode 3 in smernicami za usposabljanje IIW/IAB – bodo bodoči varilski inženirji bolje opremljeni za izboljšanje strukturnih lastnosti, povečanje varnosti, zmanjšanje proizvodnih stroškov, pospešitev kvalifikacijskih procesov in podporo digitalni preobrazbi varilske industrije v okviru Industrije 4.0 in naprej.

- *Mislim, da je uporaba AR/VR/MR morda še v fazi uvajanja, vendar je pomembno iskati ustrezna področja.*
- *Kontaktiral vas bom, da ugotovim, ali obstajajo kakršne koli možnosti za sodelovanje s konzorcijskim projektom.*
- *Če varilec ni bil opečen in zadušen z dimom, ni pravi varilec.*
- *Simulatorji se lahko vključijo v učni načrt IWE/IWT/IWS, vendar le kot dopolnilna učna metoda, ne pa kot nadomestilo za obvezne zahteve, določene v IAB-252r5.*
- *Priporočljiva je kombinacija tradicionalnih/praktičnih dejavnosti in novega sistema kvalifikacij za IWE/IWT.*
- *Integracija XR bo postala bistvena za usposabljanje varilskih inženirjev, saj omogoča validacijo dostopnosti, optimizacijo WPS/WPQR in digitalno spremljanje kakovosti v realnem času. Kratkoročno XR pospešuje učenje, srednjeročno bo standardiziral ocenjevanje kompetenc, dolgoročno pa bo povezal usposabljanje z zahtevami ISO in digitalnimi delovnimi procesi v tovarni.*

3.2 Rezultati ankete iz vprašalnika za deležnike v industriji

Starost anketirancev

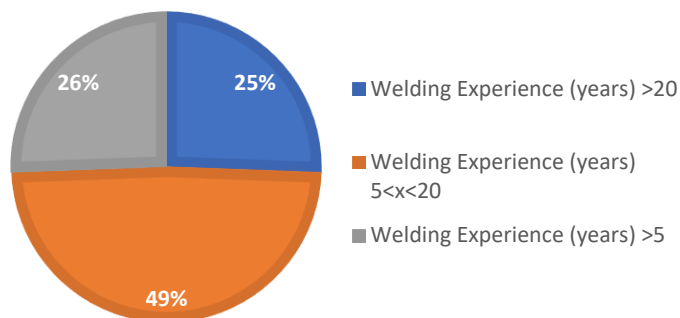
Zaključek (slika 39): Anketiranci so bili enakomerno porazdeljeni po starosti, pri čemer je bilo 51,2 % starejših od 40 let in 48,8 % mlajših od 40 let, kar zagotavlja uravnoteženo zastopanost tako izkušenih kot mlajših strokovnjakov.



Slika 39. Starost anketirancev

Izkušnje z varjenjem

Zaključek (slika 40): Anketiranci so imeli uravnoteženo raven izkušenj z varjenjem, saj jih je imelo 49 % od 5 do 20 let izkušenj, 25,5 % več kot 20 let in 25,5 % manj kot 5 let, kar zagotavlja zastopanost različnih ravni izkušenj.

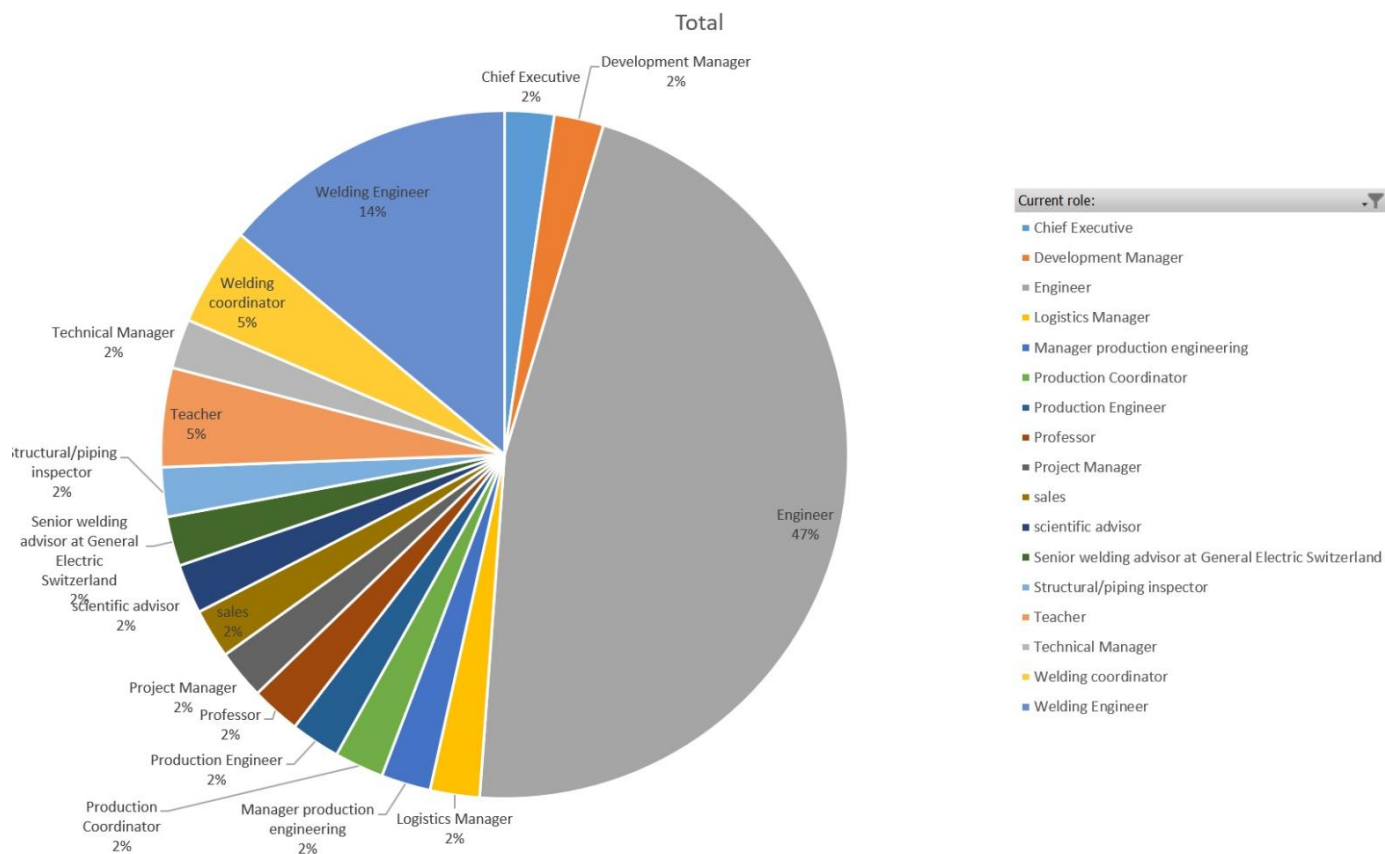


Slika 40. Izkušnje z varjenjem

Trenutna vloga

Zaključek (slika 41): Anketiranci predstavljajo raznoliko paleto poklicnih vlog, pri čemer večino vzorca tvorijo inženirji (46,5 %) in varilni inženirji (14,0 %). Ta porazdelitev kaže, da anketa odraža predvsem stališča tehničnih strokovnjakov, hkrati pa vključuje tudi vpoglede z vodstvenih in akademskih položajev.

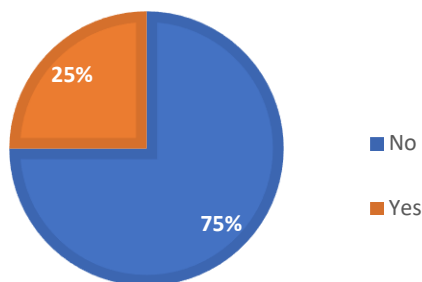
Count of Current role:



Slika 41. Trenutna vloga

Prejšnje izkušnje z VR/AR/AI

Zaključek (slika 42): Rezultati kažejo, da večina anketirancev (75,0 %) ni imela predhodnih izkušenj s tehnologijami VR/AR/AI, kar kaže na to, da so te tehnologije za večino udeležencev še vedno relativno nove.

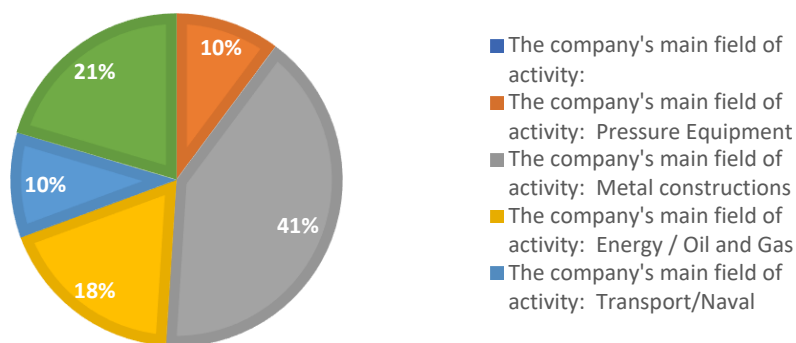


Slika 42. Prejšnje izkušnje z VR/AR/IA

3.2.1. Oddelek A: Profil

Glavno področje dejavnosti podjetja

Zaključek (slika 43): Anketiranci so predstavljali raznoliko paleto industrijskih sektorjev, pri čemer je največji delež predstavljala industrija kovinskih konstrukcij (40,8 %), sledile so druge industrije (20,4 %), energetika/nafta in plin (18,4 %), tlačna oprema (10,2 %) in promet/pomorstvo (10,2 %), kar zagotavlja široko sektorsko zastopanost.

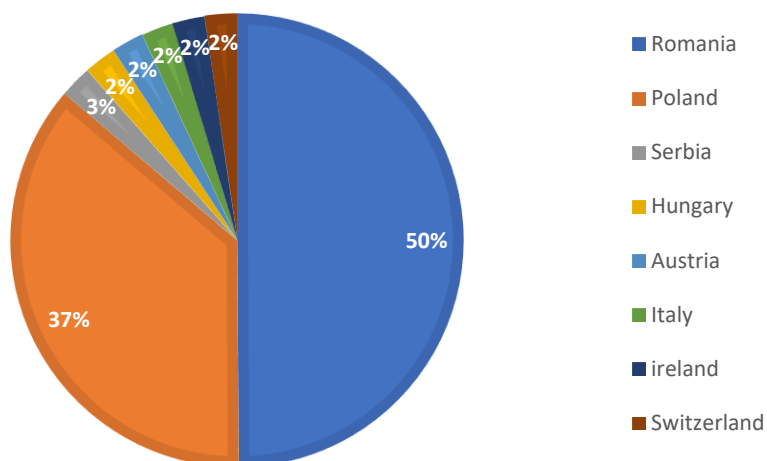


Slika 43. Glavno področje dejavnosti podjetja

Država stalnega prebivališča:

Zaključek (slika 44): V anketi so sodelovali anketiranci iz osmih držav, pri čemer sta Romunija (50,0 %) in Poljska (36,4 %) predstavljali veliko večino udeležencev, Avstrija, Madžarska, Irska, Italija, Srbija in Švica pa so prispevale po 2,3 %, kar zagotavlja mednarodno perspektivo z močno zastopanostjo Vzhodne Evrope.

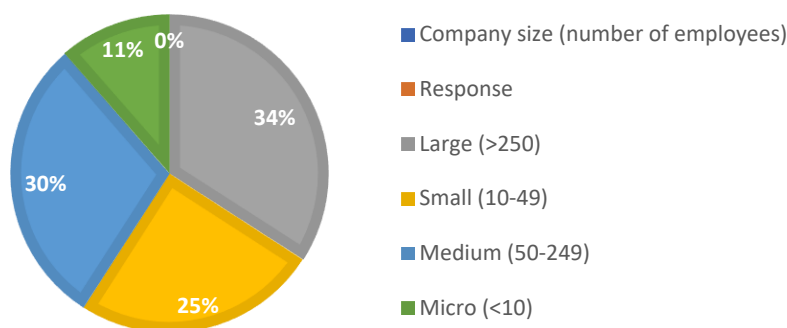
Anketiranci so bili večinoma iz Romunije (50 %) in Poljske (38 %), preostali udeleženci pa so predstavljali geografsko raznolik vzorec.



Slika 44. Država stalnega prebivališča anketirancev

Velikost podjetja (število zaposlenih)

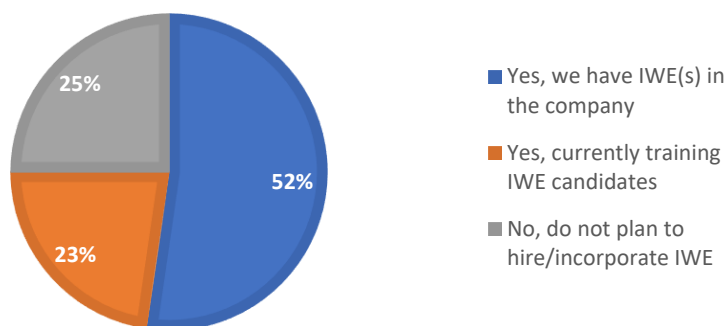
Zaključek (slika 45): Anketiranci so bili zaposleni v podjetjih različnih velikosti, pri čemer so bila najbolj zastopana velika podjetja (34,1 %), sledila so jim srednja (29,5 %) in mala podjetja (25,0 %), kar kaže na uravnoteženo organizacijsko porazdelitev.



Slika 45. Velikost podjetja

Povpraševanje podjetij po mednarodnih varilskih inženirjih (IWE)

Zaključek (slika 46): Rezultati kažejo, da 52,3 % anketirancev že zaposluje mednarodne varilske inženirje (IWE), medtem ko jih 22,7 % trenutno usposablja kandidate za IWE, kar pomeni, da 75,0 % podjetij prepoznava potrebo po kvalifikacijah IWE, medtem ko 25,0 % trenutno ne načrtuje zaposlitve ali vključitve strokovnjakov IWE.

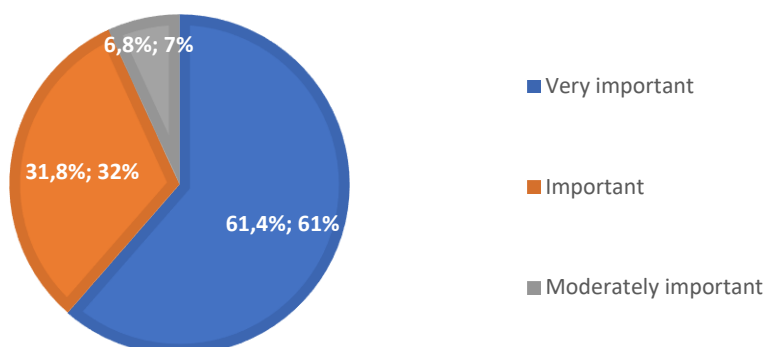


Slika 46. Povpraševanje podjetij po mednarodnih varilskih inženirjih (IWE)

3.2.2 Oddelek B: Potrebe po kompetencah

Pomen stalnega usposabljanja varilskega osebja

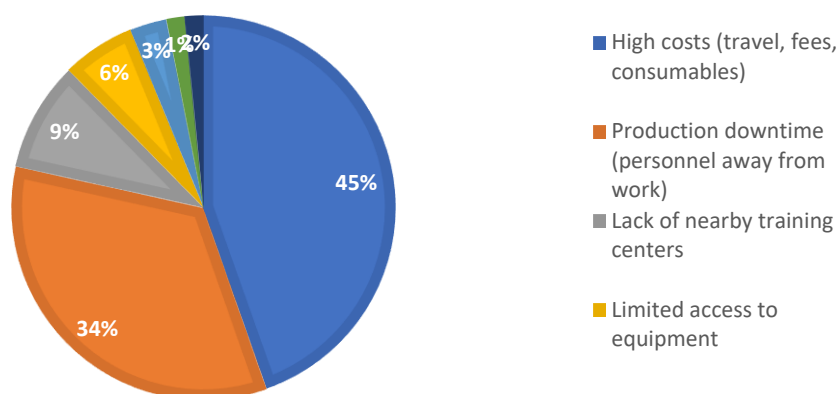
Zaključek (slika 47): Ugotovitve kažejo, da se stalno usposabljanje varilskega osebja šteje za zelo pomembno, saj ga je 93,2 % anketirancev ocenilo kot zelo pomembno (61,4 %) ali pomembno (31,8 %), pri čemer je poudarilo njegovo ključno vlogo v industrijski praksi.



Slika 47. Pomen stalnega usposabljanja varilskega osebja

Glavne ovire pri usposabljanju osebja

Zaključek (slika 48): Rezultati kažejo, da so glavne ovire za usposabljanje osebja visoki stroški (44,6 %) in izpadi proizvodnje (33,8 %), medtem ko so omejen dostop do izobraževalnih centrov (9,2 %), razpoložljivost opreme (6,2 %), tveganja praktičnega usposabljanja (3,1 %), pomanjkanje delovne sile (1,5 %) in pomanjkanje zainteresiranih kandidatov (1,5 %) manj pogosto navedeni izzivi.



Slika 48. Glavne ovire pri usposabljanju osebja

Najpomembnejša področja usposabljanja za podjetja

Zaključek (slika 49): Ugotovitve kažejo, da so praktične spretnosti varilnega procesa (30,6 %) najpomembnejše področje usposabljanja, sledijo pa jim razlaga standardov in predpisov (24,5 %), nadzor in inšpekcija kakovosti (NDT) (19,4 %) ter zdravje, varnost in okolje (HSE) (17,3 %). Varjenje s teflonsko tehniko (PWHT) (7,1 %) in analiza napak (1,0 %) sta bili opredeljeni kot manj pomembni področji usposabljanja.

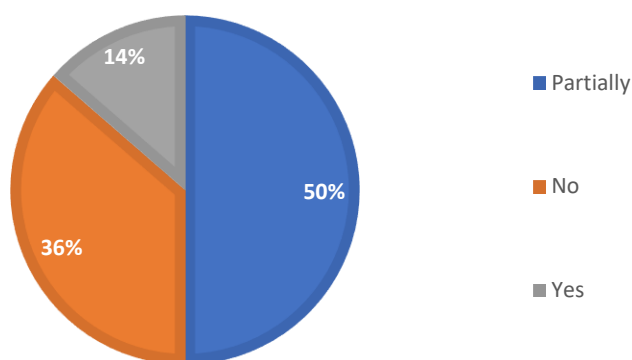


Slika 49. Najpomembnejša področja usposabljanja za podjetja

3.2.3. Oddelek C: Zaznavanje VR/AR

Poznavanje uporabe VR/AR pri usposabljanju

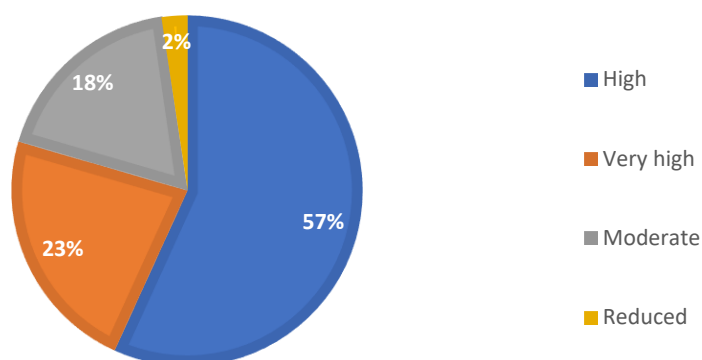
Zaključek (slika 50): Rezultati kažejo, da je ozaveščenost o VR/AR pri usposabljanju omejena, saj je le 13,6 % anketirancev poročalo o seznanjenosti z njimi, 50,0 % jih je bilo le delno seznanjenih, 36,4 % pa jih ni bilo seznanjenih s temi tehnologijami.



Slika 50. Poznavanje uporabe VR/AR pri usposabljanju

Zaznane prednosti VR/AR tehnologij za usposabljanje varilskih inženirjev

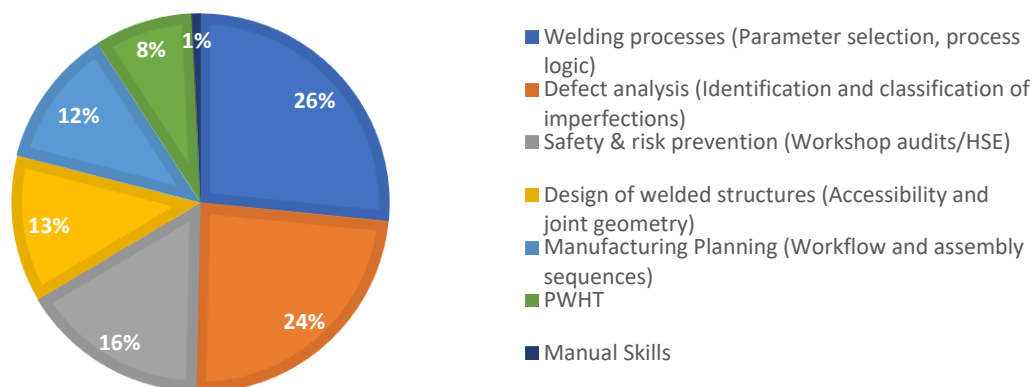
Zaključek (slika 51): Ugotovitve kažejo na močno pozitivno dožemanje tehnologij VR/AR, saj je 79,5 % anketirancev ocenilo njihove potencialne koristi za usposabljanje varilskih inženirjev kot visoke ali zelo visoke, kar kaže na široko zaupanje v njihovo vrednost za izobraževanje in razvoj znanj in spretnosti.



Slika 51. Zaznane prednosti VR/AR tehnologij za usposabljanje varilskih inženirjev

Področja, kjer so tehnologije VR/AR najbolj uporabne pri usposabljanju varilskih inženirjev

Zaključek (slika 52): Rezultati kažejo, da anketiranci vidijo največji potencial tehnologij VR/AR/AI v varilnih procesih (26,6 %) in analizi napak (23,8 %), sledijo varnost in preprečevanje tveganj (16,1 %), načrtovanje varjenih konstrukcij (12,6 %) in načrtovanje proizvodnje (11,9 %). Nižji prioriteti sta bili dodeljeni PWHT (8,4 %) in usposabljanju ročnih spretnosti (0,7 %).

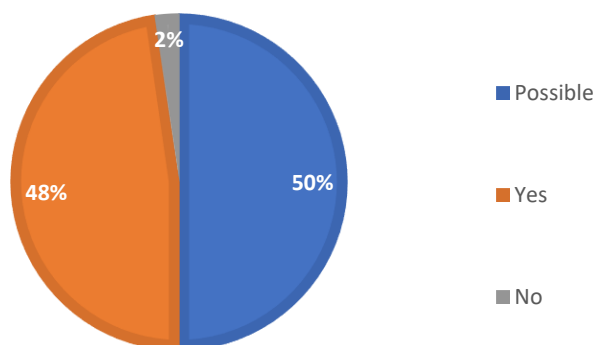


Slika 52. Področja, kjer so tehnologije VR/AR najbolj uporabne pri usposabljanju varilskih inženirjev

3.2.4. Oddelek D: Interes in vključenost

Zanimanje za posodobljen tečaj IWE z uporabo tehnologij VR/AR/AI

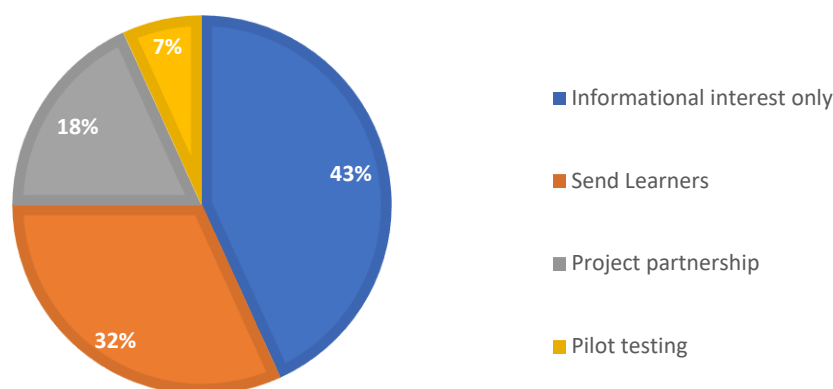
Zaključek (slika 53): Rezultati kažejo na visoko stopnjo sprejemanja, saj je 97,7 % anketirancev menilo, da je uvedba tehnologij VR/AR mogoča (50,0 %) ali izvedljiva (47,7 %), medtem ko je le 2,3 % izrazilo negativno mnenje.



Slika 53. Zanimanje za posodobljen tečaj IWE z uporabo tehnologij VR/AR/AI

Prednostna vrsta vpletenosti

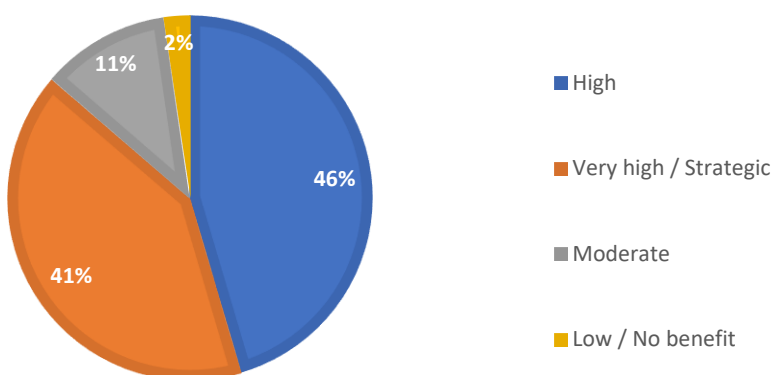
Zaključek (slika 54): Rezultati kažejo, da je večina podjetij izrazila vsaj nekaj zanimanja za pobudo, pri čemer jih je 43,2 % zahtevalo le informacije, 31,8 % pa jih je bilo pripravljenih poslati učence, medtem ko je bil manjši delež zainteresiran za projektno partnerstvo (18,2 %) ali pilotno testiranje (6,8 %).



Slika 54. Prednostna vrsta vpletenosti

Zaznana uporabnost simulacije AR/VR za praktično usposabljanje varjenja (MMA/MIG-MAG/TIG (položaj varjenja in nadzor bazena))

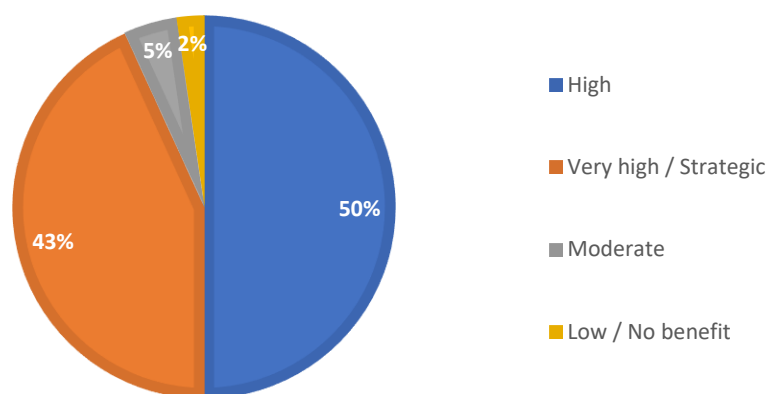
Zaključek (slika 55): Rezultati kažejo močno pozitivno dojemanje simulacije AR/VR, saj je 86,4 % anketirancev ocenilo njeno uporabnost kot visoko ali zelo visoko, kar poudarja njen pomemben potencial za praktično usposabljanje varjenja.



Slika 55. Zaznana uporabnost simulacije AR/VR za praktično usposabljanje varjenja

Zaznani vpliv AR/VR na usposabljanje za nastavitve parametrov varjenja (tok/napetost/plin) na resnični opremi

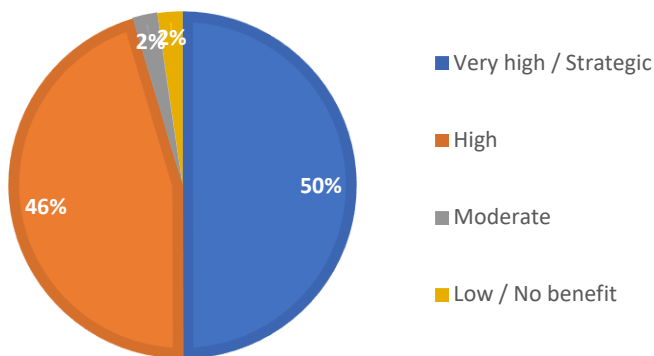
Zaključek (slika 56): Ugotovitve kažejo na močno zaupanje v vrednost AR/VR za usposabljanje pri nastavljanju varilnih parametrov, saj je 93,2 % anketirancev ocenilo njen vpliv kot visok ali zelo visok, kar kaže na široko podporo vključevanju teh tehnologij v praktično izobraževanje varjenja.



Slika 56. Zaznani vpliv AR/VR na usposabljanje za nastavitve parametrov varjenja

Zaznana uporabnost umetne inteligence/razširjene resničnosti/navidezne resničnosti za zagotavljanje takojšnjih povratnih informacij o odstopanjih (hitrost, kot, razdalja)

Zaključek (slika 57): Rezultati kažejo na veliko podporo povratnim informacijam v realnem času, ki temeljijo na umetni inteligenci/razširjeni resničnosti/navidezni resničnosti, saj je 95,5 % anketirancev ocenilo njihovo uporabnost kot visoko ali zelo visoko, kar kaže na močno zaupanje v njihovo sposobnost izboljšanja varilne učinkovitosti s takojšnjo korekcijo odstopanj v hitrosti, kotu in razdalji.

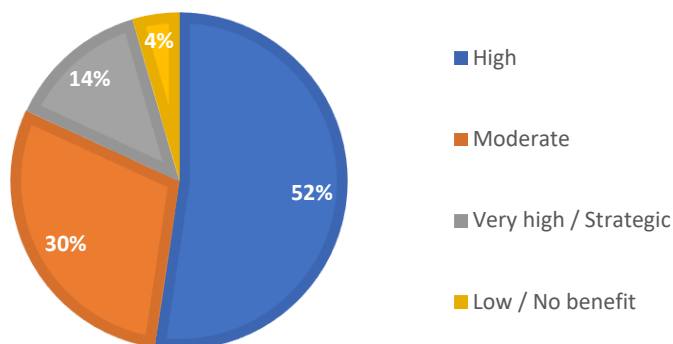


Slika 57. Zaznana uporabnost umetne inteligence/razširjene resničnosti/navidezne resničnosti za zagotavljanje povratnih informacij v realnem času med usposabljanjem varjenja

Zaznana uporabnost AR/VR za simulacijo proizvodnega toka in prepoznavanje tveganjih področij

Zaključek (slika 58): Rezultati kažejo, da se simulacija proizvodnega toka z AR/VR na splošno dojema kot koristna, saj je 52,3 % anketirancev njeno uporabnost ocenilo kot visoko in 13,6 %

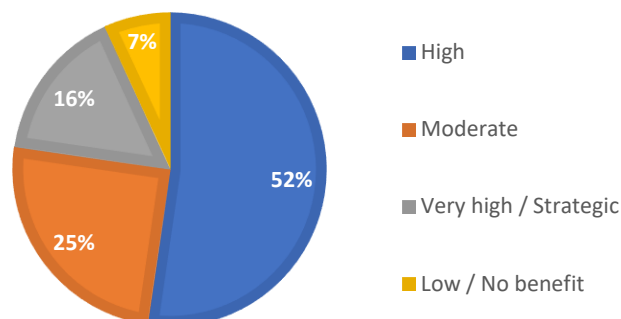
kot zelo visoko, medtem ko jo je 29,5 % ocenilo kot zmerno uporabno, le 4,5 % pa je zaznalo malo ali nič koristi.



Slika 58. Zaznana uporabnost AR/VR za simulacijo proizvodnega toka in prepoznavanje tveganih področij

Zaznana vrednost modela AR/VR za razumevanje območja vpliva toplote (HAZ) in preostalih napetosti

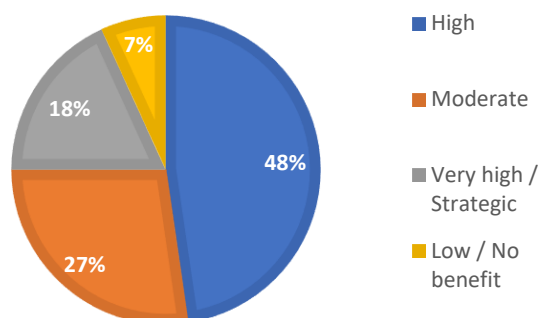
Zaključek (slika 59): Rezultati kažejo, da so modeli AR/VR, ki ponazarjajo območje vpliva toplote (HAZ) in preostale napetosti, dragoceni za izboljšanje razumevanja varilnih pojavov, saj je 52,3 % anketirancev njihovo uporabnost ocenilo kot visoko in 15,9 % kot zelo visoko, 25,0 % pa jih je ocenilo kot zmerno uporabne, le 6,8 % pa jih je zaznalo malo ali nič koristi.



Slika 59. Zaznana vrednost modela AR/VR za razumevanje območja vpliva toplote (HAZ) in preostalih napetosti

Zaznana uporabnost VR/AR za razumevanje vpliva polnilnih materialov in zaščitnih plinov na mikrostrukturo

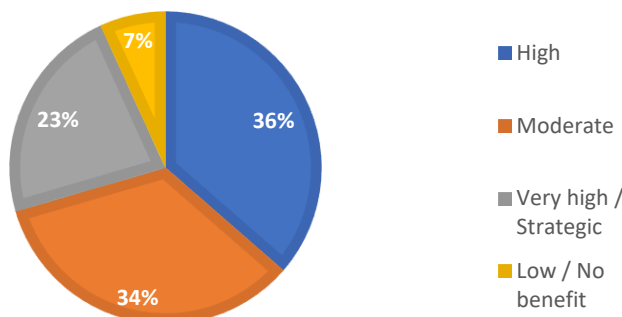
Zaključek (slika 60): Rezultati kažejo, da je 47,7 % anketirancev ocenilo uporabnost kot visoko, 18,2 % pa kot zelo visoko, kar kaže na močno podporo aplikaciji. Poleg tega jo je 27,3 % ocenilo kot zmerno uporabno, medtem ko je le 6,8 % zaznalo majhno ali nobene koristi.



Slika 60. Zaznana uporabnost VR/AR za razumevanje vpliva polnilnih materialov in zaščitnih plinov na mikrostrukturo

Zaznana uporabnost 3D/VR vizualizacije za izboljšanje zasnove za izdelavo in zmanjšanje popačenj pri varjenju

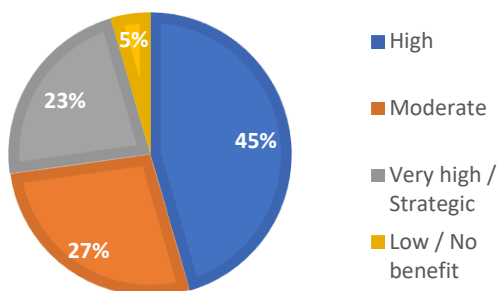
Zaključek (slika 61): Rezultati kažejo, da je 36,4 % anketirancev ocenilo uporabnost kot visoko in 22,7 % kot zelo visoko, kar pomeni, da je 59,1 % izrazilo pozitivno mnenje. Medtem ko jih je 34,1 % menilo, da je zmerno uporabno, le 6,8 % pa je zaznalo malo ali nič koristi.



Slika 61. Zaznana uporabnost 3D/VR vizualizacije za izboljšanje zasnove za izdelavo in zmanjšanje popačenj pri varjenju

Zaznana pomembnost umetne inteligence/razširjene resničnosti/navidezne resničnosti za optimizacijo oblikovanja na podlagi eksperimentalnih podatkov

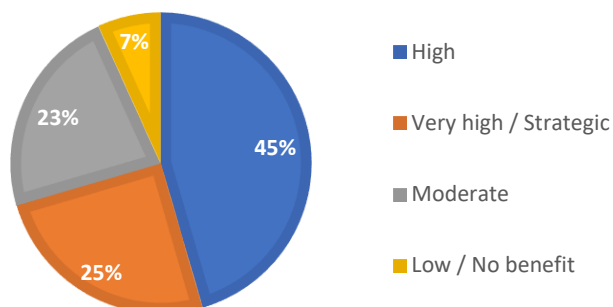
Zaključek (slika 62): Rezultati kažejo, da so tehnologije umetne inteligence/razširjene resničnosti/navidezne resničnosti na podlagi eksperimentalnih podatkov zelo dragocene za optimizacijo načrtovanja, saj je 68,2 % anketirancev ocenilo njihov pomen kot visok ali zelo visok, kar poudarja njihov potencial za izboljšanje odločitev pri načrtovanju varjenja.



Slika 62. Zaznana pomembnost umetne inteligence/razširjene resničnosti/navidezne resničnosti za optimizacijo oblikovanja na podlagi eksperimentalnih podatkov

Zaznana pomembnost simulacije VR/AR za izboljšanje razvoja PQR in WPS

Zaključek (slika 63): Ugotovitve kažejo, da se simulacija VR/AR dojema kot pomembno orodje za izboljšanje razvoja PQR in WPS, saj je 70,5 % anketirancev ocenilo njen pomen kot visok ali zelo visok, kar odraža močno podporo njeni integraciji v razvoj varilnih postopkov.

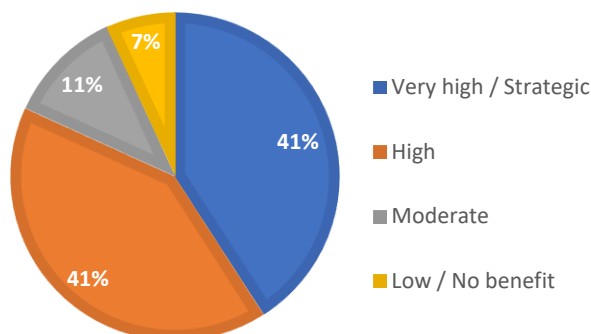


Slika 63. Zaznana pomembnost simulacije VR/AR za izboljšanje razvoja PQR in WPS

Zaznana uporabnost orodij VR/AR, ki zagotavljajo informacije o napakah v realnem času med varjenjem

Zaključek (slika 64): Rezultati kažejo močno podporo orodjem VR/AR, ki zagotavljajo informacije o napakah v realnem času med varjenjem, saj je 81,8 % anketirancev ocenilo njihovo uporabnost

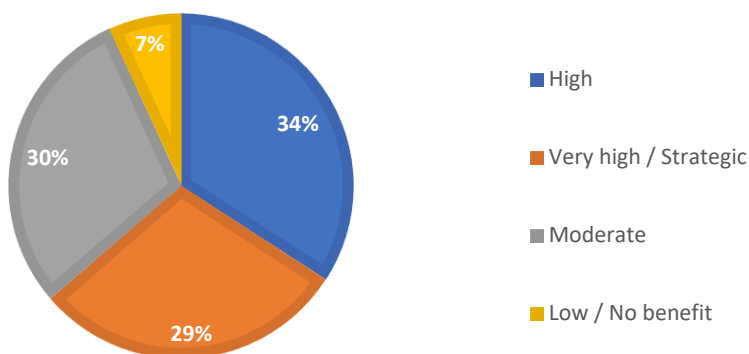
kot visoko ali zelo visoko, kar poudarja njihovo zaznano vrednost za izboljšanje kakovosti varjenja in zmanjšanje proizvodnih napak.



Slika 64. Zaznana uporabnost orodij VR/AR, ki zagotavljajo informacije o napakah v realnem času med varjenjem

Zaznan pomen digitalnih orodij za izboljšanje sledljivosti materialov in potrošnega materiala v skladu z ISO 14731 in ISO 3834

Zaključek (slika 65): Rezultati kažejo, da so digitalna orodja na splošno prepoznana kot dragocena za izboljšanje sledljivosti materialov in potrošnega materiala v skladu s standardoma ISO 14731 in ISO 3834, pri čemer je 63,6 % anketirancev ocenilo njihov pomen kot visok ali zelo visok.

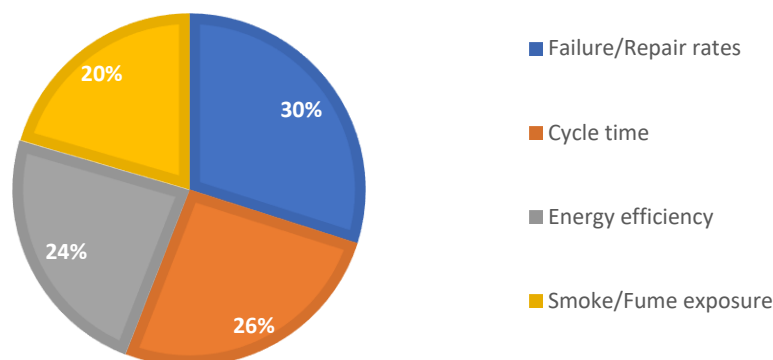


Slika 65. Zaznan pomen digitalnih orodij za izboljšanje sledljivosti materialov in potrošnega materiala v skladu z ISO 14731 in ISO 3834

Kazalniki kakovosti in varnosti, priporočeni za digitalni nadzor

Zaključek (slika 66): Ugotovitve kažejo, da anketiranci dajejo prednost digitalnemu spremljanju stopenj napak/popravil (29,9 %), časa cikla (26,0 %), energetske učinkovitosti (23,6 %) in

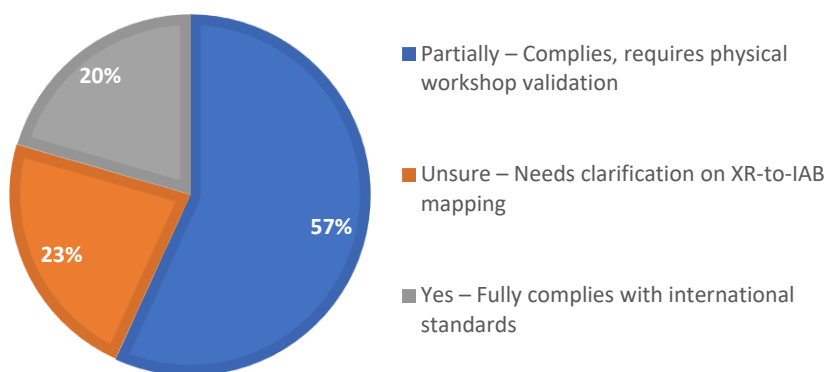
izpostavljenosti dimu/hlapom (20,5 %), kar kaže na uravnotežen poudarek na kakovosti delovanja, proizvodni učinkovitosti in varnosti pri delu.



Slika 66. Kazalniki kakovosti in varnosti, priporočeni za digitalni nadzor

Zaznana skladnost integracije simulatorja z učnimi izidi in zahtevami ocenjevanja IWE/IWT/IWS (IAB-252r5)

Zaključek (slika 67): Rezultati kažejo, da večina anketirancev (56,8 %) meni, da integracija simulatorja le delno ustreza zahtevam IWE/IWT/IWS in še vedno zahteva potrditev s fizičnim usposabljanjem v delavnici, medtem ko 20,5 % meni, da je v celoti skladna z mednarodnimi standardi, 22,7 % pa ostaja negotovih glede njene skladnosti z okvirom IAB-252r5.



Slika 67. Zaznana skladnost integracije simulatorja z učnimi izidi in zahtevami ocenjevanja IWE/IWT/IWS (IAB-252r5)

Končne pripombe

- »Mislim, da je uporaba AR/VR/MR morda še vedno v fazi uvajanja, vendar je pomembno poiskati ustrezna področja.«

- »Kontaktiral vas bom, da ugotovim, ali obstaja kakšna možnost sodelovanja s konzorcijskim projektom.«
- »Če se varilec ni ožgal in zadušil z dimom, ni pravi varilec.«
- »*Simulatorji se lahko vključijo v učni načrt IWE/IWT/IWS, vendar le kot dopolnilna učna metoda, ne pa kot nadomestilo za obvezne zahteve iz IAB-252r5.*«
- »*Priporočljiva je kombinacija tradicionalnih/praktičnih dejavnosti in novega kvalifikacijskega sistema za IWE/IWT.*«
- »*Integracija XR bo postala bistvena za usposabljanje varilskih inženirjev, saj omogoča validacijo dostopnosti, optimizacijo WPS/WPQR in digitalno spremljanje kakovosti v realnem času. Kratkoročno XR pospešuje učenje, srednjeročno bo standardiziral ocenjevanje kompetenc, dolgoročno pa bo povezal usposabljanje z zahtevami ISO in digitalnimi delovnimi procesi v tovarni.*«

3.3. Povzetek rezultatov ankete

3.3.1 Ravnovesje med oddaljenim telesnim usposabljanjem in obseg XR znotraj učnega načrta za kvalifikacijo I/EWE

Ta dokument povzema ugotovitve obeh vprašalnikov projekta VIOLET (Anketa 1 – Varilni inženirji, n = 121; Anketa 2 – Industrijska podjetja, n = 44) v povezavi z začetnim ciljem ocenjevanja: opredelitvijo deleža usposabljanja I/EWE, ki ga je mogoče izvajati na daljavo v primerjavi s prisotno učno uro, in obsega orodij XR (VR/AR/AI) v okviru kvalifikacijskega učnega načrta.

3.3.2 Cilj tega povzetka

Začetni cilj ocene je bil na podlagi podatkov ankete določiti (a) odstotek usposabljanja I/EWE, ki ga je mogoče izvajati na daljavo v primerjavi s fizično, in (b) obseg učnega načrta I/EWE, ki ga je mogoče podpreti z orodji XR.

Odgovori so bili analizirani po področjih učnega načrta in predlagano je bilo, da se uporabi število ur iz učnega načrta IWE/EWE, kot je prikazano v tabeli 1.

Ankete vsebujejo podrobne podatke, ki so predstavljeni po posameznih vprašanjih, o zaznani uporabnosti orodij XR na vseh večjih področjih učnega načrta I/EWE ter eksplicitne kvalitativne izjave o tem, kje mora praktično/prisotno usposabljanje ostati obvezno. Ta dokument uporablja te podatke kot najbližji razpoložljivi, na dokazih temelječ približek za cilj in jasno navaja, kdaj je številka rezultat ankete v primerjavi z izpeljano oceno.

3.3.3. Pregled anketiranja

Anketa 1 (Inženirji): 121 anketirancev je izpolnilo razdelek o vlogi/demografskih podatkih; 121 jih je izpolnilo razdelek o digitalnih tehnologijah. Večina jih je bila mednarodnih varilskih inženirjev (42,9 %) in inženirjev (33,3 %). 62,0 % jih ni imelo predhodnih izkušenj z VR/AR/AI v okviru usposabljanja; 75,0 % podvzorca glede na starost/izkušenosti je poročalo o predhodnih izkušnjah z XR.

Anketa 2 (industrijska podjetja): 44 anketirancev, predvsem iz kovinske gradnje (40,8 %), iz Romunije (50,0 %) in Poljske (36,4 %). Le 13,6 % jih je poročalo, da so seznanjeni z VR/AR v okviru usposabljanja; 50,0 % jih je bilo delno seznanjenih, 36,4 % pa jih sploh ni bilo seznanjenih.

Oba vzorca torej predstavljata sektor z nizko trenutno izpostavljenostjo XR, vendar, kot je prikazano spodaj, z visoko izraženo pripravljenostjo za njegovo uvedbo.

4. Zaključki

Udeleženci, ki jih lahko štejemo za strokovnjake za analizo, so:

- **121 anketirancev** iz kategorije varilnih inženirjev in specialistov za IWE;
- **44 predstavnikov** iz industrijskega sektorja;
- Zastopanost anketirancev iz 11 držav za inženirsko področje in 8 držav za industrijska podjetja;
- Raznoliki poklicni profili, vključno s strokovnjaki za IWE, inštruktorji, izpraševalci, koordinatorji tečajev in tehničnimi vodji.

Raven strokovnega znanja komisije

Panel lahko štejemo za zelo pomemben, ker:

- Več kot 37 % anketirancev ima več kot 10 let delovnih izkušenj;
- **75 %** sodelujočih podjetij zaposluje ali zagotavlja usposabljanje za osebje IWE;
- Udeleženci so neposredno vključeni v usposabljanje, koordinacijo in izvajanje varilnih postopkov.

Strateško vprašanje

V kolikšni meri bi bilo treba tehnologije XR (VR/AR/AI) vključiti v kvalifikacijo I/EWE in katera področja učnega načrta bi morala imeti prednost pri digitalizaciji?

Prioriteta I (>80 %)

1. Povratne informacije o varilnih parametrih v realnem času

- **95,5 %** Industrijska podjetja menijo, da je ta funkcionalnost zelo dragocena.
- **82,6 %** varilnih inženirjev ga je ocenilo kot zelo dragocenega ali bistvenega.

2. Praktična simulacija varilnih postopkov MMA/MIG/MAG/TIG

- **86,4 %** podjetij je ocenilo njegovo uporabnost kot visoko ali zelo visoko.
- **81,5 %** Varilskih inženirjev je simulacije ocenilo kot dobre ali odlične.

Prioriteta II (70–80 %)

3. Zaznavanje napak v realnem času

- **81,8 %** podjetij podpira uporabo tehnologij XR za odkrivanje napak.
- **94,2 %** varilnih inženirjev menijo, da je ta funkcionalnost koristna ali bistvena.

4. Razvoj WPS/PQR

- **70,5 %** industrijskih anketirancev meni, da je XR dragocen za to dejavnost.
- **92,5 %** Varilskih inženirjev menijo, da so simulacije koristne za razvoj specifikacij varilnih postopkov (WPS) in zapisov o kvalifikaciji postopkov (PQR).

Zaključek analize

Analiza razkriva močno soglasje med strokovnjaki in predstavniki industrije glede integracije tehnologij XR v kvalifikacijo I/EWE, zlasti za kognitivne, proceduralne in analitične dejavnosti, kot so spremljanje varilnih parametrov, zagotavljanje povratnih informacij v realnem času, tehnološke simulacije, razvoj WPS/PQR, nadzor kakovosti in sledljivost.

Hkrati obstaja skoraj soglasno soglasje, da morata praktično usposabljanje in razvoj psihomotoričnih spretnosti še naprej temeljiti na poučevanju v živo. Tehnologije XR se zato dojemajo kot katalizator učenja in ne kot nadomestek za praktično usposabljanje v delavnicah. Izobraževalni model, ki ga priporoča strokovna skupina, je kombiniran učni pristop, pri katerem tehnologije XR dopolnjujejo tradicionalni pouk in prispevajo k posodobitvi učnega načrta za izobraževanje, izobraževanje in izobraževanje otrok.

5. Priporočila

5.1 Področja učnega načrta z najmočnejšimi argumenti za izvajanje pouka na daljavo/XR

Spodnja tabela razvršča področja učnega načrta glede na odstotek anketirancev (anketa industrijskih podjetij, oddelek D), ki ocenjujejo uporabnost XR kot »visoko« ali »zelo visoko«. To

je najbolj neposreden kvantitativni približek, ki je na voljo v podatkih za to, koliko določene teme bi se lahko preusmerilo k izvajanju na daljavo/XR.

Tabela 1

Področje učnega načrta	% ocena visoka / zelo visoka	Posledice dostave
Splošno zanimanje za posodobljen tečaj IWE, ki temelji na VR/AR/AI	97,7 %	Močan mandat za oddaljeno/XR integracijo
Povratne informacije o odstopanjih v realnem času (hitrost, kot, razdalja)	95,5 %	Dobro primerno za XR / vadbo na daljavo
Nastavitev parametrov na dejanski opremi (tok/napetost/plin)	93,2 % (poglavje 1.12 – 2 uri))	Dobro primerno za XR / vadbo na daljavo
Informacije o napakah v realnem času med varjenjem	81,8 % (poglavje 4,7 – 3 ure))	Dobro primerno za XR / vadbo na daljavo
Praktična simulacija varjenja (MMA / MIG-MAG / TIG)	86,4 % (pog. 1,7 – 3 ure, zgornja meja 1,8–6 ur), pog. 1,9–6 ur))	Močna podpora XR, priporočena mešanica
Splošna zaznana korist VR/AR za usposabljanje IWE	79,5 %	Široka podpora za oddaljene/XR komponente
Razvoj PQR / WPS	70,5 % (poglavje 4.2 – 3 ure))	Primerno za mešano dostavo
Razumevanje HAZ in preostalih napetosti	68,2 % (pog. 4,3 – 1 ura, 2,5 – 1 ura, 2,8 – 1 ura))	Primerno za mešano dostavo
Optimizacija oblikovanja (AI/AR/VR)	68,2 % (poglavje 3,3 - 2 uri))	Primerno za mešano dostavo
Simulacija proizvodnega toka	65,9 % (pog. 4,2–2 uri)	Primerno za mešano dostavo

Področje učnega načrta	% ocena visoka / zelo visoka	Posledice dostave
Polnilni materiali / mikrostruktura zaščitnega plina	65,9 % (pog. 1,6 – 1 ura), 1,19 – 7 ur))	Primerno za mešano dostavo
Sledljivost materiala (ISO 14731 / ISO 3834)	63,6 % (poglavje 4,2 – 2 uri)	Primerno za mešano dostavo
Vizualizacija načrtovanja za izdelavo	59,1 % (3,2. poglavje – 2 uri))	Zmeren primer, mešana dostava

- **42 ur iz vseh modulov, v skladu z IAB 252r2-19.**

42 ur dobimo z naslednjim postopkom: 2 uri (poglavje 1.12) + 3 ure (poglavje 4.7) + 3 ure (poglavje 1.7) + 6 ur (poglavje 1.8) + 6 ur (poglavje 1.9) + 3 ure (poglavje 4.2) + 3 ure (poglavje 4.3(1), poglavje 2.5(1), poglavje 2.8(1)) + 2 uri (poglavje 3.3) + 2 uri (poglavje 4.2) + 1 ura (poglavje 1.6) + 7 ur (poglavje 1.19) + 2 uri (poglavje 4.2) + 2 uri (poglavje 3.2) = 42 ur.

Poglavje 1.12 (2 uri): - Nastavitev parametrov na dejanski opremi (tok/napetost/plin)

- Varilni postopki: elektrožlindrično, trenje; trenje z mešanjem, magnetno gnano obločno varjenje (MIAB); magnetno impulzno varjenje, ultrazvočno; eksplozivno; difuzijsko; aluminotermno; visokofrekvenčno; varjenje čepov, varjenje s hladnim tlakom.
- Varilni parametri za vsak postopek
- Priprava spoja: tipična zasnova spoja za varjenje, prilagajanje, čiščenje
- Razmerje med varilnimi parametri in konfiguracijo spoja

Poglavje 1.6 (1 ura): - Polnilni materiali / mikrostruktura zaščitnega plina

- Zaščitni plini (inertni, aktivni) in njihov vpliv na značilnosti obloka
- Ravnanje s plini in njihovo skladiščenje (pregled)
- Vpliv varilnih parametrov na morfologijo zvarnega vara

Poglavje 1.7 (3 ure): Praktična simulacija varjenja (MMA / MIG-MAG / TIG)

- Vpliv vrste in polarnosti toka: DC (+), DC (-) in AC
- Potrošni material: zaščitni plini, polnila, elektrode
- Varilni parametri: tok, napetost, hitrost gibanja, pretok plina

- Priprava spoja: tipična zasnova spoja za varjenje, prilagajanje, čiščenje
- Posebne tehnike: pulzni oblok, točkovno varjenje, varjenje z varilno luknjo, varjenje z vročo žico, orbitalno varjenje
- varjenje, cev na cev in cev na ploščo, ozka reža in drugo
- Standardi za dodatne materiale in elektrode (vsaj za nelegirana jekla).
- Varilne aplikacije, tipične težave in kako jih rešiti

Poglavje 1.8 (6 ur): Praktična simulacija varjenja (MMA / MIG-MAG / TIG)

- Vpliv vrste in polarnosti toka
- Načini prenosa kovin (potopni, kroglasti, pršilni, pulzni in rotacijski), krmiljeni
- Načini prenosa in njihova uporaba
- Parametri in nastavitve varjenja: tok, napetost, hitrost gibanja, pretok plina itd.
- Posebne tehnike: elektroplinsko varjenje, visoko učinkoviti postopki, točkovno varjenje, tehnike varjenja z eno in več žicami, ravna žica, spajkanje, elektronski nadzor stabilnosti (obloka in dovajanja žice) itd.
- Razmerje med potrošnim materialom in vrsto načina prenosa kovin ter njihova uporaba
- Potrošni materiali: zaščitni plini, dodatni materiali (polnjene žice) in njihove kombinacije
- Varilne aplikacije, tipične težave in kako jih rešiti

Poglavje 1.9 (6 ur): Praktična simulacija varjenja (MMA / MIG-MAG / TIG)

- Varilni parametri: tok, napetost, dolžina izteka itd.
- Priprava spoja: namestitev, čiščenje, položaj varjenja
- Razmerje med premerom elektrode in obsegom toka, material palice,
- dolžina elektrode in položaj varjenja
- Posebne tehnike (gravitacijsko varjenje itd.)
- Zdravje in varnost, specifični za postopek MMA

Poglavje 1.19 (7 ur): Polnilni materiali / mikrostruktura zaščitnega plina

- Praktične vaje, ki prikazujejo vpliv vsakega glavnega varilnega parametra na obliko zvarnega spoja
- Vaje naj zajemajo: MMA, TIG, MIG/MAG, polnjene žice, SAW,
- Kisik
- Praktične vaje, ki prikazujejo vpliv vsakega glavnega rezalnega parametra na rezalno površino

Poglavje 2.5 (1 ura): Razumevanje HAZ in preostalih napetosti

- Varilna talilna masa, oblika zvara
- Redčenje
- Struktura zvarne kovine
- Učinek večprehodnega varjenja

Poglavje 2.8 (1 ura): Razumevanje HAZ in preostalih napetosti

- Toplotna obdelava zvarjenih spojev in obdelovancev
- Toplotna obdelava po varjenju (zmanjševanje napetosti, normalizacija, utrjevanje)
- Tehnične smernice za toplotno obdelavo
- Postopki toplotne obdelave

Poglavje 3.2 (2 uri): Vizualizacija načrtovanja za izdelavo

- Vrste napetosti (normalna napetost, strižna napetost)
- Vrste deformacij (osna deformacija, strižna deformacija)

Poglavje 3.3 (2 uri): Optimizacija oblikovanja (AI/AR/VR)

- Razvrstitev oblik utorov (po vrsti materiala, debelini, postopku varjenja, dostopnost)
- Zahteve glede toleranc (ISO 13920)
- Varilni simboli na risbah, simboli za oblike utorov
- Simbolična predstavitev varjenih, spajkanih in lotanih spojev v skladu po standardu ISO 2553

Poglavje 4.2 (7 ur): Sledljivost materialov (ISO 14731 / ISO 3834), Razvoj PQR / WPS, Simulacija proizvodnega toka

- Osebe za koordinacijo in pregled varjenja; kvalifikacijske naloge in odgovornosti
- (ISO 14731, ISO 9712, CEN in nacionalni standardi)
- Odobritev/kvalifikacija spajkalcev in varilcev ter postopek spajkanja in varjenja
- Kvalifikacija - Uvod/Pregled
- Odobritev/kvalifikacija spajkalcev in varilcev (ISO 9606, CEN in nacionalni standardi)
- Standardi)
- Specifikacija postopka spajkanja in varjenja – cilj, kako ustvariti in razviti (ISO 15607 in 15609, CEN in nacionalni standardi)
- Kvalifikacija postopkov spajkanja in varjenja (ISO 15610, 156111, 15612, 15613 in 15614), CEN in nacionalni standardi)
- Kvalifikacija operaterja spajkanja in varjenja (ISO 14732, CEN in nacionalni standardi)
- Sledljivost (identifikacija materialov, varilec/operater, postopki, certifikati)

- **22 ur je mogoče opraviti s praktičnim delom, tj. demonstracijami varjenja.**
- **Prednosti sistemov za virtualno usposabljanje za varjenje je mogoče uporabiti, vendar največ do 50 % ur praktičnega usposabljanja!**

I.4.1 For the IWE; IWT, and IWS

This part does not aim at providing practical skills to the welding engineer/technologist/specialist but on gaining knowledge on the control of the different welding processes. The students shall become as familiar as possible with the problems and typical defects associated with incorrect use of the different welding methods. During their exercises the students are guided by skilled welding teachers.

Practical Training	hours:
Oxygen welding and cutting	6
MMA	8
TIG	8
MIG/MAG + Flux Cored Arc Welding	16

It is possible to use the advantages of Virtual Weld Training systems but maximum to 50% of the practical training hours!

	hours:
Demonstration or video presentations of processes	22
Gouging	
Brazing	
Plasma welding	
Plasma cutting	
Submerged-arc welding	
Resistance welding	
Friction welding	
Electron beam welding	
Laser welding	
Other processes	

⇒Približno 15 % tečaja IWE bi se lahko izvedlo z uporabo orodij VR/AR na simulatorju varjenja.

Ustrezni rezultati ankete 1 (inženirji) potrjujejo enak vzorec: simulacijo AR/VR za prakso MMA/MIG-MAG/TIG je 81,5 % anketirancev ocenilo kot dobro ali odlično; usposabljanje za nastavitve parametrov je 90,0 % anketirancev ocenilo kot bistveno ali zmerno izboljšanje usposabljanja; povratne informacije o odstopanju v realnem času so bile 82,6 % anketirancev ocenjene kot zelo uporabne ali bistvene; usposabljanje za proces rezanja (plazema/oksi-plin/laser) pa je 90,9 % anketirancev ocenilo kot relevantno ali zelo relevantno.

5.2. Področja učnega načrta, ki zahtevajo fizično/praktično izvajanje

Podatki ankete prav tako navajajo, kje se izvedba na daljavo/XR izrecno zdi nezadostna:

- Anketiranci iz industrije so veščine ročnega/fizičnega varjenja ocenili kot področje z najnižjo prioriteto za podporo VR/AR (0,7 % glasov) – kar je najjasnejši kvantitativni signal v naboru podatkov, da mora to področje ostati omejeno na sedanost.
- Najpogostejše navedena omejitev XR na splošno je bila "pomanjkanje fizičnega občutka" (44,8 %), sledili pa so ji visoki začetni investicijski stroški (30,4 %).
- 56,8 % anketirancev iz industrije je navedlo, da integracija simulatorja le delno ustreza zahtevam glede učnih izidov IWE/IWT/IWS in da je še vedno potrebna potrditev s fizičnim usposabljanjem v delavnici (le 20,5 % jih je menilo, da je v celoti skladna).

- Več odgovorov v prostem besedilu izrecno opredeljuje XR kot "katalizator kompetenc" in "dodatno metodo poučevanja, ne pa kot nadomestilo za obvezne zahteve iz IAB-252r5", pri čemer navaja senzorične povratne informacije (toplota, vonj, hrup obloka, taktilni nadzor) kot nenadomestljive za pridobivanje znanj na ravni certifikata.

5.3. Sinteza: Najbližji možni odgovor cilju



Kognitivni/analitični/proceduralni obseg (parametri procesa, interpretacija povratnih informacij v realnem času, sklepanje o zasnovi in zagotavljanju kakovosti, analiza napak, razvoj PQR/WPS, skladnost s standardi): v obeh anketah je bil dosledno ocenjen kot 60–98 % primeren za oddaljeno ali mešano izvajanje s podporo XR.



Ročno/psihomotorično/certifikacijsko kritično področje (fizična izvedba varjenja, ravnanje z gorilnikom, senzorična kalibracija): ocenjeno kot zahtevano prisotno dostavo, tako na podlagi neposrednega odgovora na anketo (0,7-odstotna prioriteta za VR/AR) kot na podlagi kvalitativnega soglasja, da obveznih zahtev IAB-252r5 ni mogoče izpolniti na daljavo..

Če je za posodobljeni učni načrt I/EWE potrebna enotna ocena načrtovanja, podatki podpirajo obravnavo vsebin XR/uporabe na daljavo kot vsebin, ki pokrivajo večino teoretičnega, analitičnega in proceduralnega učnega načrta, pri čemer praktično/certifikacijsko jedro ostane sedanje, XR pa se tam uporablja kot pripravljalna in dopolnilna plast – kar je skladno z lastnim opisom anketirancev, da je XR »katalizator«, ne pa nadomestilo.

6. Priloge: anketni vprašalniki

Podrobni rezultati obeh vprašalnikov so navedeni v spremnih dokumentih »Priloga 1 AR_VR Mednarodna kvalifikacija varilnega inženirja (inženir)EN.xls« in »Priloga 2 AR_VR Mednarodna kvalifikacija varilnega inženirja (industrija)EN«, ki vsebujeta celotne odgovore iz ankete.