



Inštitut za ekonomska raziskovanja
Institute for Economic Research

RAZVOJNE VRZELI V OBVLADOVANJU KRITIČNIH TEHNOLOGIJ V SLOVENSKIH PODJETJIH

Janez Bešter



EkonomIERa
03-2025



RAZVOJNE VRZELI V OBVLADOVANJU
KRITIČNIH TEHNOLOGIJ V SLOVENSKIH
PODJETJIH

Janez Bešter

Ljubljana, 2025

RAZVOJNE VRZELI V OBVLADOVANJU KRITIČNIH TEHNOLOGIJ V SLOVENSКИH PODJETJIH

Janez Bešter

© 2025 Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana

Vse pravice pridržane. Nobenega dela tega gradiva se brez predhodnega privoljenja lastnikov avtorskih pravic ne sme reproducirati, shranjevati ali prepisovati v katerikoli obliki oziroma na katerikoli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače.

Izdal in založil: Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana

Recenzenta: dr. Matija Rojec in dr. Luka Snoj

Oblikovanje naslovnice in tisk: Solos d.o.o., Ljubljana

Naklada: 50 izvodov

Knjižna zbirka: EkonomIERa, ISSN 2630-2896

Urednik: dr. Damjan Kavaš; sourednik: mag. Klemen Koman

Področje: Tehnološki razvoj in inovacije

Monografija je nastala v okviru razvojnega in programskega stebra stabilnega financiranja, ki ga omogoča Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

330.341.1(497.4)

BEŠTER, Janez, 1966-

Razvojne vrzeli v obvladovanju kritičnih tehnologij v slovenskih podjetjih / Janez Bešter. - Ljubljana : Inštitut za ekonomska raziskovanja, 2025. - (Knjižna zbirka EkonomIERa, ISSN 2630-2896. Tehnološki razvoj in inovacije ; 03/2025)

ISBN 978-961-6906-87-6

COBISS.SI-ID 261837571

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	KRITIČNE TEHNOLOGIJE	5
2.1	SLEDILNIK KRITIČNIH TEHNOLOGIJ ASPI.....	7
2.2	ZDA – NACIONALNI SVET ZA ZNANOST IN TEHNOLOGIJO.....	9
2.3	EU – PRIPOROČILO.....	13
2.4	KITAJSKA – TEHNOLOŠKA, GOSPODARSKA IN VOJAŠKA VELESILA.....	16
2.5	IER – NABOR KRITIČNIH TEHNOLOŠKIH PODROČIJ IN TEHNOLOGIJ.....	18
2.5.1	Napredne tehnologije materialov.....	20
2.5.2	Napredne proizvodne tehnologije.....	22
2.5.3	Biotehnologija.....	24
2.5.4	Napredne informacijske in komunikacijske tehnologije.....	25
2.5.5	Umetna inteligenca.....	27
2.5.6	Energetske tehnologije.....	29
2.5.7	Robotika in avtonomni sistemi.....	30
2.5.8	Kvantne tehnologije.....	31
2.5.9	Vesoljske in pogonske tehnologije.....	33
2.5.10	Zaznavanje, merjenje časa in navigacija.....	35
2.5.11	Medicina in zdravje.....	36
3	METODOLOGIJA IN VZOREC	39
3.1	BAZA PODATKOV.....	41
3.2	OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROUČEVANEGA VZORCA PODJETIJ.....	42
4	KRITIČNE TEHNOLOGIJE V SLOVENSКИH PODJETJIH	45
4.1	SPREMLJANJE IN UVAJANJE KRITIČNIH TEHNOLOGIJ V ANKETIRANIH PODJETJIH.....	45
4.2	POTENCIALI OBVLADOVANJA KRITIČNIH TEHNOLOŠKIH PODROČIJ IN TEHNOLOGIJ V ANKETIRANIH PODJETJIH.....	51



4.2.1	Proučevana podjetja in kritične tehnologije po posameznih tehnoloških področjih.....	57
4.2.1.1	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij materialov.....	57
4.2.1.2	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij proizvodnje.....	60
4.2.1.3	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju biotehnologije.....	62
4.2.1.4	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij	63
4.2.1.5	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju umetne inteligence	65
4.2.1.6	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih energetskih tehnologij	67
4.2.1.7	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju napredne robotike in avtonomnih sistemov	69
4.2.1.8	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju kvantnih tehnologij.....	71
4.2.1.9	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih vesoljskih in pogonskih tehnologij.....	73
4.2.1.10	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije	75
4.2.1.11	Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja	77
4.3	RAZVOJNE VRZELI V OBVLADOVANJU IZBRANIH TEHNOLOGIJ.....	79
4.3.1	Razvojne vrzeli: napredne tehnologije materialov	81
4.3.2	Razvojne vrzeli: napredne tehnologije proizvodnje	84
4.3.3	Razvojne vrzeli: napredne informacijske in komunikacijske tehnologije.....	89
4.3.4	Razvojne vrzeli: umetna inteligenca.....	94
4.3.5	Razvojne vrzeli: napredne energetske tehnologije	98
4.3.6	Razvojne vrzeli: napredna robotika.....	101
4.4	RAZVOJNE VRZELI: KLJUČNE UGOTOVITVE	103

5 DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK	107
LITERATURA IN VIRI	113
SEZNAM SLIK	119
SEZNAM TABEL	121
STVARNO KAZALO.....	127



Zahvala

Kot avtor se iskreno zahvaljujem sodelavcu mag. Mateju Korenu za njegovo dragoceno pomoč pri pridobivanju intervjuvancev, izvedbi intervjujev ter pri vztrajnem spodbujanju sodelujočih k izpolnitvi anketnih vprašalnikov.

1 UVOD

V zadnjih desetletjih smo priča pospešenim geostrateškim spremembam, katerih obsežnost in kompleksnost zahtevata vsestransko poglobljen razmislek o naši prihodnosti v vse bolj nepredvidljivem svetovnem okolju. Med najpomembnejše izzive današnje geopolitike sodijo izjemen gospodarski vzpon Kitajske, vse izrazitejše gospodarske in politične napetosti med ZDA in Kitajsko, tekmovanje velesil za prevlado na področju strateško ključnih tehnologij, spremenjena vloga tradicionalnih mednarodnih institucij ter novi varnostni izzivi, kot je kibernetična varnost. Ti procesi zahtevajo pravočasne in temeljite prilagoditve tudi od manjših držav, kot je Slovenija, ki je zaradi svoje tesne vpetosti v mednarodno trgovino in globalne verige vrednosti še posebej občutljiva na spremembe v svetovnem okolju.

Vztrajna in izjemna gospodarska rast Kitajske brez primere v sodobni zgodovini je to v nekaj desetletjih preobrazila iz relativno zaostale agrarne države v drugo največje gospodarstvo na svetu. Njen gospodarski vzpon spremlja postopna rast političnega in vojaškega vpliva, ki se odraža tudi v širjenju njenega globalnega dosega. Povečana prisotnost v Afriki in Latinski Ameriki, pridruževanje novih držav skupini BRICS (Kitajska, Rusija, Indija, Brazilija, Južna Afrika in od januarja 2024 še Egipt, Iran, Združeni arabski emirati ter Etiopija), rastoč pomen ASEAN-a in vloge Kitajske v njem, tvorijo vse pomembnejšo protiutež ZDA in tako imenovanemu Zahodnemu svetu v celoti.

Z rastočo gospodarsko in vojaško močjo se povečujejo tudi kitajske ambicije na globalni ravni. Ta si je za cilj postavila postati vodilna gospodarska sila do leta 2030, kar nakazuje, da se pripravlja na prevzem ključne vloge v mednarodnem gospodarskem in političnem prostoru.

Kitajska ni več le poceni svetovna tovarna za številne potrošniške in industrijske izdelke (to vlogo vsaj deloma prevzemajo nekatere članice BRICS-a na čelu s hitro rastočo Indijo z mlado delovno silo, ki je po številu prebivalstva leta 2023 celo prehitela Kitajsko), ampak postaja vse bolj družba visokih tehnologij. Ta zaradi velikosti notranjega trga in razpolaganja s številnimi elementi redkih zemelj, ki so ključni za mnoge visokotehnoške izdelke (elektronika, sončne celice, električna vozila, baterije, MRI naprave, laserji, radarji, sateliti, komunikacijski sistemi, vodeni izstrelki ...), postaja tudi najbolj samozadostno gospodarstvo na svetu.



Globalno gospodarsko težišče se posledično vse bolj pomika proti Aziji, kar spreminja vzpostavljene trgovinske vzorce in investicijske tokove. Relativno gospodarski zaton Zahoda na čelu z ZDA te sili v številne ukrepe za zmanjšanje njihove tehnološke in gospodarske odvisnosti od Kitajske. Posledica so rastoče napetosti med velesilama, elementi protekcionizma in občasni obrisi trgovinske vojne. To prinaša preobrazbo številnih globalnih dobavnih verig in vsaj deloma vodi tudi v gospodarsko regionalizacijo.

Pandemija covid-19 je dodatno razkrila ranljivost globaliziranega gospodarstva in predvsem Zahoda v odnosu do Kitajske. Posledično so številne države začele dajati večji poudarek gospodarski varnosti, strateški avtonomiji in odpornosti domačih oziroma regionalnih dobavnih verig.

Tradicionalna zaveznitva, kot je odnos med ZDA in Evropo, so bila že nekaj časa postavljena pod vprašaj, s prevzemom oblasti v ZDA s strani Trumpove administracije pa postaja očitno, da bo morala Evropa dejansko prevzeti odgovornost za svojo gospodarsko in tudi vojaško varnost. EU na lestvici ASPI (Wong Leung, Robin in Cave, 2024: Critical Technology Tracker), ki je bila objavljena leta 2024 in je obsegala 64 kritičnih tehnologij, ni bila vodilna niti v eni kritični tehnologiji. Še več, v 57 kritičnih tehnologijah je bila vodilna Kitajska, v sedmih ZDA, ki pa so zasedle tudi večino drugih mest na tej lestvici. EU preprosto zaostaja za Kitajsko in/ali ZDA v vseh kritičnih tehnologijah.

Vprašanje tehnološke superiornosti na področju za prihodnost kritičnih tehnologij postaja nova arena geostrateških napetosti in repozicioniranja gospodarskih velesil. V ospredju so umetna inteligenca v civilne in vojaške namene, 5G in 6G omrežja, biotehnologija, napredni materiali, napredni proizvodni procesi, z umetno inteligenco podprta robotika, kvantno računalništvo, vesoljske tehnologije, napredne energetske tehnologije in prebojne rešitve na področju zdravja in medicine.

Še posebej tehnološka superiornost na področju umetne inteligence ali celo razvoj superinteligence bi državi, ki bi to dosegla prva, prinesla izjemno strateško prednost. Takšna država bi z rabo superinteligence lahko zelo hitro dosegla tako tehnološko, gospodarsko kot vojaško dominacijo na globalni ravni. Tektonski premiki v ravnotežju moči med velesilami bi bili znatno večji, kot so bili tisti, ki jih je ZDA prineslo jedrsko orožje ob koncu druge svetovne vojne.

Kibernetski prostor je postal peto področje vojskovanja (poleg kopnega, morja, zraka in vesolja). Državno sponzorirani kibernetski napadi, informacijske vojne in digitalno vohunjenje so nova realnost mednarodnih odnosov. Zaščita kritične infrastrukture pred kibernetskimi grožnjami je postala ključna prioriteta nacionalne varnosti.

Mednarodni sistem, ki je bil vzpostavljen po drugi svetovni vojni, je pod vse večjim pritiskom. Združeni narodi, Svetovna trgovinska organizacija, Mednarodni denarni sklad, Svetovna banka, Svetovna zdravstvena organizacija in druge povojne mednarodne institucije se soočajo z vse večjimi izzivi, vse večji del sveta, ki pridobiva na gospodarski in politični moči (predvsem BRICS), pa vse bolj postavlja pod vprašaj njihovo legitimnost nasploh.

Izstop ZDA iz Svetovne zdravstvene organizacije ima sicer specifično ozadje v različnih ocenah pravilnosti njenega ravnanja tekom pandemije covid-19 in obsega njenih pristojnosti v pričakovanih novih epidemijah, vsekakor pa dodatno kaže na tendenco spreminjanja svetovne ureditve, ki bo bolj v skladu z novimi gospodarskimi, vojaškimi in političnimi razmerji v svetu.

V tem besedilu se ne ukvarjamo z vprašanji aktivnih in potencialnih vojaških konfliktov po svetu (Ukrajina, Bližnji vzhod, Tajvan ...), niti specifično z vprašanjem podnebnih sprememb ali demografskimi trendi, v ospredje postavljamo vprašanje obvladovanja kritičnih tehnologij kot ključnega dejavnika geostrateških premikov, ki bodo krojili tako gospodarsko kot vojaško oziroma geopolitično podobo sveta v prihodnjih desetletjih.

V nadaljevanju najprej na kratko predstavljamo ključne ugotovitve študije kritičnih tehnologij inštituta ASPI ter najbolj relevantne dokumente EU in ZDA na temo kritičnih tehnologij. Predstavitvi osnovnih parametrov proučevanega vzorca anketiranih podjetij in metodologije sledi osrednje poglavje, ki je namenjeno analizi razvojnih vrzeli anketiranih slovenskih podjetij na kritičnih tehnoloških področjih in v posameznih kritičnih tehnologijah. V sklepnem poglavju podajamo ključne ugotovitve in predloge za izboljšanje stanja v slovenskem gospodarstvu na področju kritičnih oziroma strateško pomembnih tehnologij za dolgoročno gospodarsko stabilnost, konkurenčnost in varnost slovenskega gospodarstva.



2 KRITIČNE TEHNOLOGIJE

Opredelitev pojma kritične tehnologije se je skozi čas in v različnih geopolitičnih kontekstih ves čas spreminjala ter prilagajala zgodovinskim potrebam in izzivom posameznih držav ali njihovih zavezništev (Rand, 1994). Danes s tem pojmom označujemo tehnologije, ki imajo bodisi strateški pomen za nacionalno varnost, ekonomsko konkurenčnost ali tehnološko suverenost držav.

Kritične tehnologije so pogosto povezane z vojaškimi in obrambnimi sistemi, ki imajo strateški pomen za nacionalno varnost posameznih držav. V času hladne vojne so bile to predvsem jedrske tehnologije in jedrsko orožje, napredni letalski sistemi (na primer za vohunjenje), mikročipi in napredni komunikacijski sistemi za vojaške namene. Z napredkom znanosti in tehnologije so se kritične tehnologije razširile tudi na gospodarske sektorje, kot so energetika, proizvodne tehnologije, medicina in informacijsko komunikacijske tehnologije.

ZDA so v svojih definicijah kritičnih tehnologij vedno poudarjale nacionalno varnost in gospodarsko konkurenčnost. Danes med kritične tehnologije vključujejo predvsem napredno računalništvo, napredne materiale in proizvodne tehnologije, napredne tehnologije plinskih turbin, napredne omrežne tehnologije, upravljanje podpisov, umetno inteligenco, biotehnologije, energetske tehnologije, kibernetno varnost, tehnologije usmerjene energije, avtonomne vojaške sisteme brez posadk, vmesnike človek-stroj, hipersonične tehnologije, integrirane komunikacijske in omrežne tehnologije, tehnologije pozicioniranja in navigacije, kvantne tehnologije, polprevodnike in mikroelektroniko ter vesoljske tehnologije in sisteme. Poudarek je na tehnologijah, ki spodbujajo inovacije, zaščito nacionalnih interesov ter gospodarski razvoj (Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies of the National Science and Technology Council, 2024).

EU ima nekoliko širši pristop k opredelitvi kritičnih tehnologij, ki poleg nacionalne varnosti in gospodarske konkurenčnosti vključujejo tudi trajnostni razvoj in socialno kohezijo (Evropska komisija, 2023). Med kritičnimi tehnologijami EU so izpostavljene napredne polprevodniške tehnologije, umetna inteligenca, kvantne tehnologije, biotehnologije, napredna povezljivost, navigacija, tehnologije zaznavanja, vesoljske in pogonske tehnologije, energetske tehnologije, robotika in avtonomni sistemi ter tehnologije naprednih materialov, proizvodnje in



recikliranja. Kriteriji za izbor temeljijo predvsem na prispevku h gospodarski varnosti EU, povečanju tehnološke suverenosti in trajnostnemu razvoju.

ASPI (Australian Strategic Policy Institute; Gaida in drugi, 2023) se osredotoča predvsem na tehnologije, ki so ključne za nacionalno varnost in obrambno pripravljenost. Med kritičnimi tehnologijami ASPI so napredni materiali in proizvodnja, umetna inteligenca, biotehnologija, genske tehnologije in cepiva, obramba, vesolje, robotika in transport, energija in okolje, kvantne tehnologije, tehnologije zaznavanja, merjenja časa, navigacije in druge vojaške tehnologije. Kriteriji za izbor temeljijo predvsem na strateškem pomenu za nacionalno varnost in obrambno sposobnost tehnološko vojaškega zavezništva Avstralije, Združenega kraljestva in ZDA (AUKUS).

Posebej velja izpostaviti še Kitajsko, ki je na dobri poti, da do leta 2030 postane največje svetovno gospodarstvo, medtem pa prevzema vodilna mesta v praktično vseh kritičnih tehnologijah (po ugotovitvah ASPI je Kitajska vodilna kar v 57 od 64 kritičnih tehnologij; Wong Leung, Robin in Cave, 2024). Zahod še posebej skrbi kitajska namera, da ta doseže kritično prevlado na področju umetne inteligence in s tem povezanih ne le gospodarskih, ampak tudi vojaških tehnologijah.

Kljub precejšnji podobnosti naštetih skupin kritičnih tehnologij oziroma kritičnih tehnoloških področij nam natančnejši vpogled v sezname kritičnih tehnologij ASPI, ZDA in EU razkriva precejšnje razlike. Medtem ko se ZDA in AUKUS osredotočata predvsem na vojaško varnostne tehnologije in tehnologije, ki bi jim zagotovile tehnološko prevlado na gospodarskem področju, pa EU formalno (v samem naslovu citiranega dokumenta – Evropska komisija, 2023) v ospredje postavlja gospodarsko varnost, dejansko pa je na seznamu manj poudarka na vojaških in varnostnih sistemih, hkrati pa več na trajnostnem razvoju.

Razvoj definicije pojma 'kritične tehnologije' se torej spreminja glede na zgodovinski kontekst, regionalne prioritete ter specifične nacionalne interese. Ta prilagodljivost omogoča posameznim državam, da identificirajo, razvijajo in zaščitijo tehnologije, ki so ključne za njihov strateški napredek in varnost v določenem zgodovinskem trenutku.

2.1 SLEDILNIK KRITIČNIH TEHNOLOGIJ ASPI

ASPI je leta 2023 objavil poročilo z naslovom »ASPI's Critical Technology Tracker: The global race for future power« (Gaida in drugi, 2023), v katerem ugotavlja, da je bila pred dvema letoma Kitajska vodilna že v 37 od 44 kritičnih tehnologij. ZDA so bile vodilne v preostalih sedmih kritičnih tehnologijah, hkrati pa so zasedle večino drugih mest. Evropa ni bila vodilna niti v eni sami od 44 analiziranih kritičnih tehnologij.

Leto kasneje je ASPI (Wong Leung, Robin in Cave, 2024) objavil novo poročilo (»ASPI's two-decade Critical Technology Tracker: The rewards of long-term research investment«), v katerem je seznam kritičnih tehnologij razširil na 64. ZDA so bile tudi tokrat vodilne v sedmih in Kitajska v vseh preostalih 57 kritičnih tehnologijah. ASPI tudi navaja, da je bila po njihovih ugotovitvah Kitajska še pred dvema desetletjema (2003–2007) vodilna le v treh, ZDA pa v 60 tehnologijah.

Tabela 1: Seznam kritičnih tehnoloških področij in tehnologij – ASPI 2024

1.	NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE
1.1	Napredna optična komunikacija
1.2	Napredna radiofrekvenčna komunikacija
1.3	Napredna podvodna brezžična komunikacija
1.4	Tehnologije razpršenih evidenc
1.5	Visoko zmogljivo računalništvo
1.6	Infrastrukturno neodvisna omrežja
1.7	Tehnologije kibernetске varnosti in zaščite
2.	NAPREDNI MATERIALI IN PROIZVODNJA
2.1	Aditivna proizvodnja
2.2	Napredni kompozitni materiali
2.3	Napredni eksplozivni in energetske materiali
2.4	Napredni magneti in superprevodniki
2.5	Napredna zaščita
2.6	Premazi
2.7	Kemijska sinteza z neprekinjenim tokom
2.8	Pridobivanje in predelava kritičnih mineralov
2.9	Strojni procesi visoke natančnosti
2.10	Nanometrski materiali in proizvodnja
2.11	Novi metamateriali
2.12	Pametni materiali
2.13	Širokopasovni in ultraširokopasovni polprevodniki
3.	TEHNOLOGIJE UMETNE INTELIGENCE
3.1	Algoritmi umetne inteligence in strojno pospeševanje
3.2	Napredna podatkovna analitika
3.3	Načrtovanje in izdelava naprednih integriranih vezij
3.4	Zavajajoča (sovražna) umetna inteligenca



-
- 3.5 Strojno učenje
 - 3.6 Obdelava naravnega jezika
4. BIOTEHNOLOGIJA, GENSKA TEHNOLOGIJE IN CEPIVA
- 4.1 Biološka proizvodnja
 - 4.2 Genski inženiring
 - 4.3 Genomsko sekvenciranje in analiza
 - 4.4 Novi antibiotiki in protivirusna zdravila
 - 4.5 Nuklearna medicina in radioterapija
 - 4.6 Sintezna biologija
 - 4.7 Cepiva in medicinski protiukrepi
5. OBRAMBA, VESOLJE, ROBOTIKA IN TRANSPORT
- 5.1 Napredni letalski motorji
 - 5.2 Napredna robotika
 - 5.3 Tehnologije delovanja avtonomnih sistemov
 - 5.4 Droni, roji in sodelujoči roboti
 - 5.5 Hipersonično odkrivanje in sledenje
 - 5.6 Majhni sateliti
 - 5.7 Sistemi izstreljevanja v vesolje
6. ENERGIJA IN OKOLJE
- 6.1 Biogoriva
 - 6.2 Tehnologije usmerjene energije
 - 6.3 Električne baterije
 - 6.4 Vodik in amonijak za hranjenje energije
 - 6.5 Jedrska energija
 - 6.6 Upravljanje in recikliranje jedrskih odpadkov
 - 6.7 Fotovoltaika
 - 6.8 Superkondenzatorji
7. KVANTNA TEHNOLOGIJA
- 7.1 Post-kvantna kriptografija
 - 7.2 Kvantna komunikacija
 - 7.3 Kvantno računalništvo
 - 7.4 Kvantni senzorji
8. ZAZNAVANJE, MERJENJE ČASA IN NAVIGACIJA
- 8.1 Atomske ure
 - 8.2 Senzorji gravitacijske sile
 - 8.3 Inercialni navigacijski sistemi
 - 8.4 Senzorji magnetnega polja
 - 8.5 Multispektralni in hiperspektralni slikovni senzorji
 - 8.6 Fotonski senzorji
 - 8.7 Radar
 - 8.8 Satelitska navigacija in določanje položaja
 - 8.9 Sonarji in akustični senzorji
9. EDINSTVENE TEHNOLOGIJE AUKUS
- 9.1 Pogon neodvisen od zraka
 - 9.2 Avtonomna podvodna vozila
 - 9.3 Elektronsko vojskovanje
-

Vir: Wong Leung, Robin in Cave, 2024.

Vendarle velja poudariti, da ASPI lestvica kritičnih tehnologij temelji na analizi najbolj relevantnih znanstvenih objav – 10 % najbolj citiranih znanstvenih revij v svetu – kot ključnem indikatorju uspešnosti posameznih držav na področju raziskav, strateške usmerjenosti in potenciala znanstveno-tehnoloških zmogljivosti. ASPI-jeve lestvice torej ne odražajo dejanske tehnološke konkurenčnosti držav na svetovnih trgih izdelkov in storitev, ampak njihovo konkurenčnost v najbolj relevantnih objavah na področju kritičnih tehnologij. Te pa so seveda lahko dober napovednik bodočih premikov tudi v konkurenčnosti oziroma rabi teh tehnologij za tržne izdelke in storitve kot tudi za razvoj vojaških zmogljivosti posameznih držav.

2.2 ZDA – NACIONALNI SVET ZA ZNANOST IN TEHNOLOGIJO

Nacionalni svet za znanost in tehnologijo ameriške vlade je februarja 2024 objavil posodobljen seznam tehnologij, ki jih ZDA štejejo za kritične s stališča ohranjanja gospodarske konkurenčnosti in nacionalne varnosti (Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies of the National Science and Technology Council, 2024). Poročilo vsebuje seznam 18 tehnoloških področij in 122 tehnologij.

Dokument poudarja potrebo po sodelovanju med vlado, gospodarstvom in znanstvenoraziskovalno sfero, da bi pospešili tehnološki razvoj na področju tehnologij, ki jih ta ocenjuje kot kritične s stališča rastoče tehnološke konkurenčnosti predvsem Kitajske in tudi s stališča nacionalne varnosti oziroma obrambnih sposobnosti ZDA.

Iz naslednje tabele je razvidno, da dajejo ZDA izjemen poudarek vojaškim in varnostnim tehnologijam oziroma tehnologijam dvojne rabe.

Tabela 2: Seznam kritičnih tehnoloških področij – ZDA 2024

1.	NAPREDNO RAČUNALNIŠTVO
1.1.	Napredno super-računalništvo, vključno z aplikacijami za umetno inteligenco
1.2.	Robno računalništvo in naprave
1.3.	Napredne storitve v oblaku
1.4.	Visoko zmogljivo shranjevanje podatkov in podatkovni centri
1.5.	Napredne računalniške arhitekture
1.6.	Napredno modeliranje in simulacije
1.7.	Tehnike obdelave in analize podatkov
1.8.	Prostorsko računalništvo



-
2. NAPREDNI INŽENIRSKI MATERIALI
 - 2.1. Materiali po meri in genomika materialov
 - 2.2. Materiali z novimi lastnostmi, ki vključujejo bistvene izboljšave obstoječih lastnosti
 - 2.3. Nove in nastajajoče tehnike za karakterizacijo materialnih lastnosti in oceno življenjskega cikla
 3. NAPREDNE TEHNOLOGIJE PLINSKIH TURBIN
 - 3.1. Vesoljski, pomorski in industrijski razvoj ter proizvodne tehnologije
 - 3.2. Popoln digitalni nadzor motorjev, proizvodnja 'vročih delov' motorja in povezane tehnologije
 4. NAPREDNO IN OMREŽNO ZAZNAVANJE TER UPRAVLJANJE PODPISOV
 - 4.1. Tovor, senzorji in instrumenti
 - 4.2. Senzorsko procesiranje in združevanje podatkov
 - 4.3. Prilagodljiva optika
 - 4.4. Daljinsko zaznavanje zemlje
 - 4.5. Geofizično zaznavanje
 - 4.6. Upravljanje podpisov
 - 4.7. Odkrivanje in karakterizacija patogenov ter kemičnega, biološkega, radiološkega in jedrskega orožja in materialov
 - 4.8. Zaznavanje v prometnem sektorju
 - 4.9. Zaznavanje v varnostnem sektorju
 - 4.10. Zaznavanje v zdravstvenem sektorju
 - 4.11. Zaznavanje v energetske sektorju
 - 4.12. Zaznavanje v proizvodnem sektorju
 - 4.13. Zaznavanje v gradbenem sektorju
 - 4.14. Zaznavanje v okoljskem sektorju
 5. NAPREDNA PROIZVODNJA
 - 5.1. Napredna aditivna proizvodnja
 - 5.2. Napredne proizvodne tehnologije in tehnike, vključno s tistimi, ki podpirajo čisto, trajnostno in pametno proizvodnja, nanoproizvodnja, proizvodnjo lahkih kovin ter recikliranje izdelkov in materialov
 6. UMETNA INTELIGENCA
 - 6.1. Strojno učenje
 - 6.2. Poglobljeno učenje
 - 6.3. Spodbujevalno učenje
 - 6.4. Senzorsko zaznavanje in prepoznavanje
 - 6.5. Tehnike zagotavljanja in ocenjevanja umetne inteligence
 - 6.6. Modeli temeljnega / poglobljenega učenja
 - 6.7. Generativni sistemi umetne inteligence, multimodalni in veliki jezikovni modeli
 - 6.8. Tehnike uporabe sintetičnih podatkov za usposabljanje, prilagajanje in testiranje
 - 6.9. Načrtovanje, logično razmišljanje in sprejemanje odločitev
 - 6.10. Tehnologije za izboljšanje varnosti, zaupanja in odgovorne rabe umetne inteligence
 7. BIOTEHNOLOGIJE
 - 7.1. Nova sintetična biologija, vključno z nukleinsko kislino, genomom, epigenomom ter sintezo in inženiringom beljakovin, vključno z orodji za načrtovanje
 - 7.2. Multiomika in druga biometrologija, bioinformatika, računalniška biologija, napovedno modeliranje in analitična orodja za funkcionalne fenotipe
 - 7.3. Inženiring podceličnih, večceličnih in sistemov v več merilih
 - 7.4. Brezcelični sistemi in tehnologije
-

-
- 7.5. Inženiring virusnih in viralnih dostavnih sistemov
 - 7.6. Biotski/abiotski vmesniki
 - 7.7. Bioproizvodnja in bioprocene tehnologije
8. ČISTA PROIZVODNJA IN SHRANJEVANJE ENERGIJE
- 8.1. Proizvodnja energije iz obnovljivih virov
 - 8.2. Obnovljive in trajnostne kemikalije, goriva in surovine
 - 8.3. Jedrski energetske sistemi
 - 8.4. Fuzijska energija
 - 8.5. Shranjevanje energije
 - 8.6. Električni in hibridni motorji
 - 8.7. Baterije
 - 8.8. Tehnologije integracije v omrežja
 - 8.9. Energetske učinkovite tehnologije
 - 8.10. Tehnologije upravljanja z ogljikom
9. TEHNOLOGIJE ZASEBNOSTI IN VARNOSTI PODATKOV, KIBERNETSKA VARNOST
- 9.1. Tehnologije veriženja blokov
 - 9.2. Digitalna sredstva
 - 9.3. Digitalne tehnologije plačil
 - 9.4. Tehnologije digitalne identitete, biometrika in povezana infrastruktura
 - 9.5. Varnost komunikacij in omrežja
 - 9.6. Tehnologije za izboljšanja zasebnosti
 - 9.7. Tehnologije združevanja podatkov in izboljšanje interoperabilnosti podatkov, zasebnosti in varnosti
 - 9.8. Porazdeljeno zaupanja vredno računalništvo
 - 9.9. Varnost računalniške dobavne verige
 - 9.10. Varnostne in tehnologije varovanja zasebnosti v obogateni / virtualni resničnosti
10. USMERJENA ENERGIJA
- 10.1. Laserji
 - 10.2. Visoko energetske mikrovalovi
 - 10.3. Snopi delcev
11. VISOKO AVTOMATIZIRANI AVTONOMNI SISTEMI BREZ POSADK (UXS) IN ROBOTIKA
- 11.1. Kopno
 - 11.2. Zrak
 - 11.3. Morje
 - 11.4. Vesolje
 - 11.5. Podpora digitalni infrastrukturi, vključno z zemljevidi visoke resolucije
 - 11.6. Avtonomno poveljevanje in nadzor
12. VMESNIKI ČLOVEK-STROJ
- 12.1. Nadgrajena resničnost
 - 12.2. Virtualno resničnost
 - 12.3. Združevanje človek-stroj
 - 12.4. Nevrotehnologije
13. HIPERSONIČNA TEHNOLOGIJA
- 13.1. Pogon
 - 13.2. Aerodinamika in nadzor
 - 13.3. Materiali, strukture in proizvodnja
 - 13.4. Odkrivanje, sledenje, identifikacija in obramba
-



13.5. Testiranje

14. INTEGRIRANE KOMUNIKACIJSKE IN OMREŽNE TEHNOLOGIJE

- 14.1. Radiofrekvenčna (RF) in vezja za mešane signale, antene, filtri in komponente
- 14.2. Upravljanje spektra in tehnologije zaznavanja
- 14.3. Brezžična omrežja prihodnje generacije
- 14.4. Optične povezave in tehnologije vlaken
- 14.5. Kopenski/podmorski kabli
- 14.6. Satelitske in stratosferske komunikacije
- 14.7. Omrežja, odporna na 'zamude'
- 14.8. Komunikacijske tehnologije, neodvisne od omrežij/infrastrukture
- 14.9. Programsko definirana omrežja in radijski sprejemniki
- 14.10. Sodobne tehnike izmenjave podatkov
- 14.11. Nadzor prilagodljivih omrežij
- 14.12. Prožne in prilagodljive valovne dolžine

15. TEHNOLOGIJE POZICIONIRANJA, NAVIGACIJE IN ČASOVNE SINHRONIZACIJE

- 15.1. Raznolike tehnologije, ki omogočajo PNT (pozicioniranje, navigacijo in časovno sinhronizacijo), za uporabnike in sisteme v zračnih, vesoljskih, zemeljskih, podzemnih in podvodnih okoljih
- 15.2. Tehnologije, algoritmi, analitika in omrežni nadzorni sistemi za odkrivanje motenj, onemogočanja in ponarejanja signalov
- 15.3. Tehnologije, odporne na motnje in preobremenitve

16. KVANTNE INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

- 16.1. Kvantno računalništvo
- 16.2. Materiali, izotopi in proizvodne tehnike za kvantne naprave
- 16.3. Kvantno zaznavanje
- 16.4. Kvantne komunikacije in omrežja
- 16.5. Podporni sistemi

17. POLPREVODNIKI IN MIKROELEKTRONIKA

- 17.1. Orodja za avtomatizacijo načrtovanja in elektronskega načrtovanja
- 17.2. Tehnologije proizvodnih procesov in proizvodna oprema
- 17.3. Tehnologije nadgradnje in preseganja CMOS tehnologije
- 17.4. Heterogena integracija in napredno pakiranje
- 17.5. Specializirane/prilagojene komponente strojne opreme za umetno inteligenco, okolja naravnega in sovražnega sevanja, radiofrekvenčne in optične komponente, naprave visoke moči in druge kritične aplikacije
- 17.6. Novi materiali za napredno mikroelektroniko
- 17.7. Mikro-elektromehanski sistemi (MEMS) in nano-elektromehanski sistemi (NEMS)
- 17.8. Nove arhitekture za 'ne Von Neumannovo' računalništvo

18. VESOLJSKE TEHNOLOGIJE IN SISTEMI

- 18.1. Servisiranje, sestavljanje in proizvodnja v vesolju ter podporne tehnologije
 - 18.2. Tehnologije za omogočanje stroškovno učinkovitih sistemov za izstrelitev v vesolje na zahtevo in za večkratno uporabo
 - 18.3. Tehnologije, ki omogočajo dostop do in uporabo cislunarnega vesolja in/ali novih orbit
 - 18.4. Senzorji in orodja za analizo podatkov za vesoljska opazovanja
 - 18.5. Vesoljski pogoni
 - 18.6. Napredni sistemi generacije energije v vesoljskih plovilih
 - 18.7. Napredni sistemi toplotnega upravljanja vesoljskih plovil
 - 18.8. Sistemi, ki omogočajo vesoljske polete s posadkami
-

18.9. Odporni vesoljski komunikacijski sistemi, omrežja in zemeljske postaje z različnimi načini komunikacije

18.10. Tehnologije izstreljevanja v vesolje, doseganje razdalj in varnostne tehnologije

Vir: Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies of the National Science and Technology Council, 2024.

2.3 EU PRIPOROČILO

Evropska komisija (2023) je v svojem priporočilu z dne 3. 10. 2023 navedla seznam desetih tehnoloških področij in 42 tehnologij, ki so po njenem mnenju kritične za gospodarsko varnost EU. Članice je pozvala k oceni tveganj v zvezi s temi tehnologijami, kar kaže na zavedanje glede tveganj in groženj, ki jih prinašajo geostrateške spremembe v svetu.

Namen Evropske komisije je okrepiti regionalno odpornost in strateško avtonomijo v ključnih tehnoloških sektorjih, kot so umetna inteligenca, biotehnologija, energetika, robotika, napredni materiali, napredne polprevodniške tehnologije in podobno. Celoten seznam tehnoloških področij in tehnologij je razviden iz naslednje tabele.

Tabela 3: Seznam kritičnih tehnoloških področij in tehnologij – Evropska komisija 3. 10. 2023

-
1. NAPREDNE POLPREVODNIŠKE TEHNOLOGIJE
 - 1.1. Mikroelektronika, vključno s procesorji
 - 1.2. Fotonika (vključno z visokoenergijskimi laserji)
 - 1.3. Visokofrekvenčni čipi
 - 1.4. Oprema za proizvodnjo polprevodnikov pri zelo naprednih vozliščnih velikostih

 2. UMETNOINTELIGENČNE TEHNOLOGIJE
 - 2.1. Visokozmogljivostno računalništvo
 - 2.2. Računalništvo v oblaku in na robu
 - 2.3. Tehnologije podatkovne analitike
 - 2.4. Računalniški vid, obdelava jezika, prepoznavanje predmetov

 3. KVANTNE TEHNOLOGIJE
 - 3.1. Kvantno računalništvo
 - 3.2. Kvantna kriptografija
 - 3.3. Kvantne komunikacije
 - 3.4. Kvantno zaznavanje in radarji

 4. BIOTEHNOLOGIJE
 - 4.1. Tehnike genskega spreminjanja
 - 4.2. Nove genomske tehnike
 - 4.3. Genski vlek
-



-
- 4.4. Sintetična biologija
5. **NAPREDNA POVEZLJIVOST, NAVIGACIJSKE IN DIGITALNE TEHNOLOGIJE**
- 5.1. Varne digitalne komunikacije in povezljivost, na primer radijsko dostopovno omrežje in odprto radijsko dostopovno omrežje ter 6G
- 5.2. Tehnologije za kibernetko varnost, vključno s sistemi za kibernetki nadzor, kibernetko varnost in kibernetke vdore, digitalna forenzika
- 5.3. Internet stvari in virtualna resničnost
- 5.4. Tehnologije razpršene evidence in digitalne identitete
- 5.5. Tehnologije za usmerjanje, navigacijo in nadzor, vključno z avioniko in določanjem položaja na morju
6. **NAPREDNE TEHNOLOGIJE ZAZNAVANJA**
- 6.1. Elektrooptično, radarsko, kemično, biološko in porazdeljeno zaznavanje ter zaznavanje sevanja
- 6.2. Magnetometri, magnetni gradiometri
- 6.3. Podvodni senzorji električnega polja
- 6.4. Gravimetri in gravitacijski gradiometri
7. **VESOLJSKE IN POGONSKE TEHNOLOGIJE**
- 7.1. Namenske vesoljske tehnologije, od komponent do systemske ravni
- 7.2. Tehnologije za nadzor v vesolju in opazovanje zemlje
- 7.3. Določanje položaja, navigacija in določanje časa v vesolju
- 7.4. Varne komunikacije, vključno s povezljivostjo na podlagi satelitov v nizki zemeljski tirnici
- 7.5. Pogonske tehnologije, vključno s hiperzvočnimi tehnologijami in komponentami za vojaško uporabo
8. **ENERGETSKE TEHNOLOGIJE**
- 8.1. Tehnologije jedrske fuzije, reaktorji in proizvodnja električne energije, tehnologije jedrske pretvorbe/bogatenja/recikliranja
- 8.2. Vodik in nova goriva
- 8.3. Neto ničelne tehnologije, vključno s fotovoltaiiko
- 8.4. Pametna omrežja in shranjevanje energije, baterije
9. **ROBOTIKA IN AVTONOMNI SISTEMI**
- 9.1. Droni in vozila (v zraku, na kopnem, na površju in pod vodo)
- 9.2. Roboti in robotsko krmiljeni precizni sistemi
- 9.3. Eksoskeleti
- 9.4. Sistemi, ki temeljijo na umetni inteligenci
10. **TEHNOLOGIJE NAPREDNIH MATERIALOV, PROIZVODNJE IN RECIKLIRANJA**
- 10.1. Tehnologije za nanomaterialne, pametne materiale, napredne keramične materiale, materiale za prikrite tehnologije, v zasnovi varne in trajnostne materiale
- 10.2. Aditivna proizvodnja, tudi na terenu
- 10.3. Digitalno krmiljena mikro precizna proizvodnja in laserska strojna obdelava/varjenje v majhnem obsegu
- 10.4. Tehnologije za pridobivanje, predelavo in recikliranje kritičnih surovin (vključno s hidrometalurško ekstrakcijo, bioizpiranjem, filtriranjem na podlagi nanotehnologije, elektrokemično obdelavo in črno maso)
-

Vir: Evropska komisija, 2023.

Seznam Evropske komisije se deloma pokriva s predhodno obravnavanim seznamom kritičnih tehnologij inštituta ASPI (2023; *Critical Technology Tracker*), ki je izrecno pokazal na prepričljivo tehnološko zaostajanje EU tako za ZDA kot še bolj za Kitajsko. Ena ključnih ugotovitev Draghijevega poročila »*The future of European competitiveness, Part A*« (Draghi, 2024) je zato logično ravno nujnost zapiranja vrzeli v tehnološkem zaostajanju EU za vodilnima svetovnima gospodarstvoma, hkrati pa dokument izrecno izpostavlja, da bo obvladovanje kritičnih tehnologij v naslednjih desetletjih ključen dejavnik geostrateških premikov in konkurenčnosti gospodarstev nasploh.

Konkreten poskus odpravljanja tehnoloških zaostankov EU za ZDA in Kitajsko je vzpostavitev platforme za strateške tehnologije STEP (*Strategic Technologies for Europe Platform*; Uredba (EU) 2024/795) v začetku leta 2024. Uredba sicer uvodoma govori o strateških tehnologijah, vendar nadaljuje s terminom kritične tehnologije. Med cilji STEP so:

- podpiranje razvoja ali proizvodnje kritičnih tehnologij v EU ter varovanje in krepitev njihovih vrednostnih verig z usmerjanjem financiranja v 11 programih Evropske unije na treh ciljnih naložbenih področjih:
 - digitalne tehnologije,
 - čiste in z viri učinkovite tehnologije,
 - biotehnologije, vključno z zdravili;
- obravnavanje pomanjkanja delovne sile in znanj, ključnih za vse vrste kakovostnih delovnih mest, zlasti z vseživljenjskim učenjem, izobraževanjem in usposabljanjem, v tesnem sodelovanju s socialnimi partnerji in obstoječimi programi.

Uredba tudi določa pogoje za uvrstitev posameznih tehnologij med kritične, in sicer morajo te izpolnjevati vsaj enega od dveh pogojev:

- da prinašajo na trg inovativen, nastajajoč in najsodobnejši element s pomembnim gospodarskim potencialom za enotni trg ali
- da prispevajo k zmanjševanju ali preprečevanju strateške odvisnosti EU.



2.4 KITAJSKA – TEHNOLOŠKA, GOSPODARSKA IN VOJAŠKA VELESILA

Medtem ko ASPI (2024) ugotavlja, da je Kitajska vodilna na skoraj vseh kritičnih tehnoloških področjih (57 od 64), pa Hamilton Center of Industrial Strategy (Atkinson, 2024) postavlja še pomembnejše vprašanje: ali Kitajska tudi dejansko postaja konkurent ZDA v inoviranju (ne le v znanstvenih objavah).

Dokler je Kitajska zgolj odlična v 'kopiranju' zahodnih rešitev, je grožnja Zahodu relativno omejena. Če pa Kitajska začne dohitevati ali celo prehitevati Zahod v prebojnih inovacijah, potem bo dejansko ogroženo preživetje zahodnih podjetij.

Hamilton Center of Industrial Strategy ugotavlja, da kitajska podjetja praviloma še vedno niso tako inovativna kot zahodni globalni liderji, vendar jih zelo hitro dohitevajo. Avtor raziskave situacijo primerja z mirnim morjem brez valov, kjer pa se v ozadju približuje cunami stotin močnih, inovativnih in stroškovno učinkovitih kitajskih podjetij. Kitajsko primerja z azijskimi tigri pred dvema desetletjema in navaja, da gre tokrat za »ogelj bruhajočega zmaja na državnih steroidih«.

Tisto, kar Zahod in predvsem ZDA najbolj skrbi, ni le gospodarska, ampak tudi vojaška prevlada Kitajske, ki bi sledila njeni tehnološki in gospodarski superiornosti. Kitajsko razkazovanje vse naprednejših vojaških zmogljivosti in testiranje odziva ZDA se med drugim kaže v pomorskih vojaških vajah s pravim strelivom, ki so februarja 2025 potekale zelo blizu Avstralije in Nove Zelandije. Letalske družbe so zaradi varnosti začasno morale celo preusmeriti lete svojih potniških letal (Mathis, 2025).

Tabela 4: Pozicija Kitajske glede na globalno vodilno podjetje po izbranih tehnoloških področjih

Dejavnost	Pozicija glede na globalno vodilno podjetje	Hitrost napredka
robotika	blizu	hitra
kemična industrija	zaostaja	hitra
jedrska energija	prehiteva	hitra
električna vozila in baterije	na nivoju	hitra
strojna orodja	zaostaja	hitra
biofarmacija	zaostaja	hitra
elektronski zasloni	blizu	hitra
polprevodniki	zaostaja	umirjena
umetna inteligenca	blizu	hitra
kvantne tehnologije	blizu	umirjena
tehnologije zaslonov	blizu	hitra

Vir: Atkinson, 2024.

Atkinson (2024) navaja naslednje izjemne dosežke Kitajske na področju inovacij:

- Kitajska je leta 2023 namestila več robotov kot preostali svet skupaj,
- v letu 2013 je bil delež ZDA v celotnih izdatkih kemične industrije za raziskave in razvoj v svetu 30 % in Kitajske 1 %, v letu 2022 je bil delež Kitajske 16,8 % in ZDA 18,6 %,
- Kitajska ima v gradnji več jedrskih elektrarn kot preostali svet skupaj,
- Kitajska naj bi v letu 2024 povečala svoje zmogljivosti proizvodnje čipov hitreje kot preostali svet skupaj,
- Kitajska proizvede 62 % vseh električnih avtomobilov na svetu,
- v obdobju 2017–2021 je imela Kitajska najvišje stopnje rasti kliničnih študij novih zdravil,
- Kitajska je prva država, ki ima vzpostavljeno kvantno varovano komunikacijsko povezavo na veliki razdalji.

Medtem ko so strategije Zahoda usmerjene v zagotavljanje konkurenčnih prednosti na razdrobljenih trgih, se je Kitajska odločila, da postane vsestransko vodilna tehnološka velesila. Medtem ko Zahod v razvoj investira na osnovi potrošniškega povpraševanja, Kitajska deluje strateško in dolgoročno.



2.5 IER – NABOR KRITIČNIH TEHNOLOŠKIH PODROČIJ IN TEHNOLOGIJ

Na podlagi analize v prejšnjem poglavju obravnavanih seznamov kritičnih tehnologij (ASPI, ZDA, EU, Kitajska) in druge citirane literature smo za potrebe naše ankete pripravili lasten nabor kritičnih tehnoloških področij in kritičnih tehnologij, ki bodo po našem mnenju najbolj transformativno vplivale na razvoj človeške družbe v prihodnjem desetletju.

Pri pripravi tega seznama smo upoštevali tudi naša spoznanja iz monografije z naslovom »Megatrendi: obrisi naše prihodnosti« (Bešter, 2024). V njej smo megatrende definirali kot dolgoročne, obsežne in prelomne spremembe tako v tehnologijah, gospodarstvih, našem odnosu do okolja kot v človeški družbi nasploh. Za njihovo identifikacijo smo uporabili naslednje kriterije:

- obseg pričakovanih učinkov na človeško družbo, gospodarstvo, zaposlenost, način življenja, okolje, medicino, kmetijstvo ...
- hitrost napredka in uresničevanja predvidenih učinkov,
- obseg naložb držav, tvegane kapitala in podjetij nasploh,
- interdisciplinarnost učinkov.

Tako smo identificirali tri ključne oziroma za človeško družbo najbolj transformativne megatrende:

- umetna inteligenca,
- bioinženiring,
- medicina in zdravje;

in deset megatrendov z bodisi:

- sorazmerno manjšimi pričakovanimi učinki,
- pričakovanimi učinki, ki se nanašajo le na ožja področja našega življenja, ali
- pa naj bi bil njihov pričakovan potek sorazmerno počasnejši:
 - okoljski izzivi in energija,
 - mobilnost,
 - dobavne verige,
 - proizvodni postopki,
 - napredno računalništvo,

- Web3,
- metaverzum,
- vesolje,
- finančne storitve,
- zabava.

V tem besedilu kot ključna tehnološka področja tako obravnavamo:

1. napredne tehnologije materialov – novi materiali omogočajo razvoj trajnejših, lažjih in funkcionalno naprednejših izdelkov, kar povečuje konkurenčnost podjetij, ki te tehnologije obvladujejo. Napredni materiali so ključni tudi za proizvodnjo visoko zmogljivih vojaških sistemov in vesoljske aplikacije;
2. napredne proizvodne tehnologije – uporaba naprednih proizvodnih tehnik, kot so 3D tiskanje in avtomatizacija, povečuje učinkovitost in zmanjšuje stroške proizvodnje, kar je ključno za gospodarsko rast ter strateško avtonomijo držav v globalnih verigah vrednosti;
3. biotehnologije – pomembne so za razvoj novih inovativnih zdravil in naprednih rešitev v kmetijstvu, kar naj bi izboljšalo javno zdravje, prehransko varnost držav in kakovost okolja; z razvojem teh tehnologij so povezana tudi pomembna tveganja, ki jih omenjamo v nadaljevanju;
4. napredne informacijske in komunikacijske tehnologije – predstavljajo temelj digitalnega sveta, saj prinašajo napredek v hitrostih prenosa informacij, varnosti komunikacij, vsestranski povezljivosti, hkrati pa spodbujajo in omogočajo inovacije tudi na vseh drugih ključnih tehnoloških področjih;
5. umetna inteligenca – prinaša transformacijo v analizi podatkov, procesih odločanja in razvoju avtonomnih sistemov; aplikacije segajo vse od zabave, optimizacije tehnološkega razvoja, poslovnih procesov do varnostne in vojaške rabe;
6. energetske tehnologije – z razvojem obnovljivih virov in učinkovitih energetskih sistemov se zmanjšuje odvisnost od fosilnih goriv, kar prinaša energetska varnost in spodbuja prehod v trajnostno družbo – te tehnologije so pomembne tudi za vojaške in vesoljske aplikacije;
7. napredna robotika in avtonomni sistemi – ti sistemi izboljšujejo učinkovitost procesov in zmanjšujejo tveganja za človeško zdravje in življenje – tako v proizvodnih, storitvenih kot vojaških aplikacijah;



8. kvantne tehnologije – kvantno računalništvo in kvantna komunikacija obljubljata revolucionarno povečanje zmogljivosti obdelave podatkov ter izjemno varnost v komunikacijah, kar bo imelo pomembne implikacije za nacionalno varnost in vojaško rabo;
9. vesoljske in napredne pogonske tehnologije – ključne za raziskovanje in komercializacijo vesolja, hkrati vplivajo na vojaške zmogljivosti in izboljševanje komunikacijskih omrežij na zemlji;
10. napredne tehnologije zaznavanja, merjenja časa in navigacije – ključne za učinkovito delovanje transportnih sistemov, vojaških operacij in civilnih aplikacij, kjer je natančnost in zanesljivost podatkov bistvenega pomena;
11. napredne tehnologije na področju medicine in zdravja – učinkoviti sistemi za diagnostiko in zdravljenje ne le izboljšujejo javno zdravje, obetajo zniževanja stroškov javnega zdravstva, temveč prispevajo tudi k stabilnosti in varnosti gospodarstev in držav (na primer v pandemijah in podobnih situacijah).

V nadaljevanju podrobneje predstavljamo navedena tehnološka področja in podajamo celovite sezname kritičnih tehnologij po posameznih področjih, kot smo jih pripravili in uporabili za anketo.

2.5.1 Napredne tehnologije materialov

Z razvojem naprednih materialov, ki vključujejo izboljšane lastnosti in nove funkcionalnosti, se ustvarjajo možnosti za povečanje učinkovitosti, uporabnosti in trajnosti številnih izdelkov in naprav. Napredni materiali in tehnologije, ki omogočajo njihovo proizvodnjo, so omogočili preobrat v številnih industrijskih procesih, kjer se tradicionalni materiali nadomeščajo z naprednimi, ki so lažji, bolj trpežni in prilagodljivi ali pa manj obremenjujejo okolje. Napredni materiali danes predstavljajo temelj za inovacije in tehnološki napredek, saj omogočajo razvoj novih izdelkov in rešitev z izjemnimi lastnostmi.

V sodobnem svetu, kjer se gospodarsko težišče vse bolj pomika proti Aziji, se pomembnost naprednih materialov še povečuje. Ti so ključni za širok spekter visokotehnoloških izdelkov, kot so elektronika in energetske sistemi. Nekateri napredni materiali prispevajo k večji energetske učinkovitosti in zmanjšanju negativnih okoljskih vplivov, saj se povečuje njihova trajnost in možnost recikliranja.

V svetovni gospodarski strukturi, ki je vse bolj podvržena hitremu tempu tehnološkega napredka, predstavlja obvladovanje kritičnih tehnologij, med katerimi so napredni materiali, ključen dejavnik za doseg strateške avtonomije in odpornosti gospodarskih zmogljivosti. Napredni materiali so izjemno pomembni tudi za številne varnostne in vojaške naprave oziroma sisteme (Future Today Institute, 2023; Fitlo, 2023, Koetsier, 2021, Chu, 2022).

Tabela 5: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV

-
- 1.1. Nanomateriali (materiali, zasnovani na nanometrski ravni, ki zagotavljajo večjo trdnost, trajnost in/ali reaktivnost)
 - 1.2. Pametni materiali (materiali, ki spreminjajo svoje lastnosti v odvisnosti od zunanjih dražljajev, kot so spremembe v temperaturi ali električnem polju)
 - 1.3. Biomateriali (materiali, ki so združljivi z biološkimi sistemi in zato uporabni za medicinske namene, kot so implantati in dostava zdravil)
 - 1.4. Bionavdihnjeni materiali (sintetični materiali, zasnovani po vzoru struktur in funkcij, ki jih najdemo v naravi, za doseg izboljšanih lastnosti in učinkovitosti)
 - 1.5. Napredni kompozitni materiali (kombinacija dveh ali več materialov za doseg superiornih razmerij med trdnostjo in težo ter izboljšanje zelenih lastnosti)
 - 1.6. Grafen in ogljikove nanocevpke (napredni materiali na osnovi ogljika, znani po svoji izjemni trdnosti, električni prevodnosti in toplotnih lastnostih)
 - 1.7. Metamateriali (umetno izdelani materiali z edinstvenimi lastnostmi, ki jih ni mogoče najti v naravi, pogosto uporabljeni v optiki in akustiki)
 - 1.8. Prevodni polimeri (polimeri, ki prevajajo elektriko, uporabni v fleksibilni elektroniki in senzorjih)
 - 1.9. Napredni magneti (napredni magneti so visokozmogljivi materiali, ki ustvarjajo močna magnetna polja in se uporabljajo za različne namene, vključno z magnetno resonanco (MRI), električnimi motorji in za shranjevanje podatkov)
 - 1.10. Superprevodniki (napredni superprevodniki so materiali, ki prevajajo elektriko brez upora pri relativno visokih temperaturah, kar omogoča učinkovit prenos električne energije in ustvarjanje močnih magnetnih polj)
 - 1.11. Napredna eksplozivna in energijska sredstva (napredni eksplozivi in energijska sredstva so spojine, zasnovane za hitro sproščanje energije preko eksotermičnih reakcij (vojaška ubojna sredstva, rudarstvo in rušenje objektov))
 - 1.12. Materiali za 3D tiskanje (specializirani materiali za aditivno proizvodnjo, vključno s praški, filamenti in smolami)
 - 1.13. Aerogeli (materiali z izjemno nizko gostoto in odličnimi toplotnoizolacijskimi lastnostmi)
 - 1.14. Materiali s spremembo faze (PCM) (materiali, ki absorbirajo ali sproščajo toploto med faznimi prehodi in se uporabljajo za upravljanje toplote)
-



-
- 1.15. Samo-popravljivi materiali (materiali, ki se lahko sami popravijo po poškodbah, kar podaljšuje njihovo življenjsko dobo in zmanjšuje potrebo po vzdrževanju)
 - 1.16. Visoko zmogljive zlitine (specializirani kovinski materiali, zasnovani za uporabo v ekstremnih pogojih, kot sta letalska industrija in energetika)
 - 1.17. Keramični matricni kompoziti (kombinacija keramike z drugimi materiali za izboljšanje žilavosti in toplotne odpornosti)
 - 1.18. Reciklirani in trajnostni materiali (inovacije, osredotočene na okolju prijazne materiale in postopke, ki spodbujajo trajnost)
 - 1.19. Napredni (funkcionalni) premazi (vključno z nanostrukturiranimi premazi) (tanki sloji, nanešeni na materiale za zagotavljanje specifičnih lastnosti, kot so odpornost proti koroziji ali protimikrobne lastnosti)
 - 1.20. Napredne tehnologije polprevodnikov (inovativni materiali in tehnike obdelave, ki izboljšujejo zmogljivost, učinkovitost in omogočajo nadaljnjo miniaturizacijo elektronskih naprav)
-

Vir: lastna analiza.

2.5.2 Napredne proizvodne tehnologije

Napredne proizvodne tehnologije predstavljajo kompleksen in dinamičen sistemski pristop k modernizaciji industrijskih procesov. Osredotočajo se na integracijo digitalizacije, avtomatizacije in sistemov umetne inteligence, ki izboljšujejo učinkovitost, kakovost in fleksibilnost proizvodnih procesov (TechTarget, 2023; Manufacturing, n. d., SAP, n. d.; AMFG, 2021; McKinsey & Company, 2021).

Napredne proizvodne tehnologije vključujejo naslednje ključne komponente:

- napredne systemske arhitekture, ki omogočajo kontinuirano optimizacijo delovnih procesov,
- umetno inteligenco za načrtovanje in upravljanje proizvodnih/poslovnih procesov,
- robotske sisteme z visoko stopnjo prilagodljivosti in/ali vgrajeno umetno inteligenco,
- digitalno modeliranje in simulacijo proizvodnih procesov,
- koncepte industrijske avtomatizacije, ki minimizirajo človeške napake.

Temeljni cilj naprednih proizvodnih tehnologij je ustvarjanje pametnih, povezanih in trajnostnih industrijskih ekosistemov, ki lahko hitro reagirajo na spremembe trga in potrošniških zahtev.

Tabela 6: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: NAPREDNE PROIZVODNE TEHNOLOGIJE

-
- 2.1. Aditivna proizvodnja (tudi 3D tiskanje) (postopek izdelave predmetov plast za plastjo iz digitalnih modelov, ki omogoča izdelavo geometrijsko zahtevnih in naročnikovim specifičnim zahtevam prilagojenih oblik)
 - 2.2. Subtraktivna proizvodnja (vključuje odstranjevanje materiala iz trdnega bloka s postopki, kot so strojna obdelava, rezkanje in vrtnanje, za izdelavo natančnih delov)
 - 2.3. Nepretrgana kemijska sinteza (metoda za proizvodnjo kemikalij v konstantnem toku namesto v serijskih procesih, kar omogoča večjo učinkovitost, boljši nadzor nad pogoji kemijskih reakcij in izboljšano varnost)
 - 2.4. Avtomatizirani sistemi za sestavljanje (uporaba robotske tehnologije in avtomatiziranih orodij za hitro in natančno sestavljanje komponent, s čimer se povečuje učinkovitost proizvodnje)
 - 2.5. Tehnologija digitalnih dvojnikov (virtualna predstavitev fizičnega izdelka ali sistema, ki omogoča spremljanje v realnem času in optimizacijo med proizvodnim procesom)
 - 2.6. Napredna robotika (raba sofisticiranih robotov z zmogljivostmi umetne inteligence za naloge, kot so varjenje, slikanje in manipulacija materialov v proizvodnih okoljih)
 - 2.7. Fleksibilni proizvodni sistemi (FMS) (vključuje avtomatizirane stroje in sisteme, ki se lahko prilagodijo spreminjajočim se proizvodnim zahtevam in postopkom)
 - 2.8. Napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami (visoko natančne proizvodne tehnike, ki dosegajo visoko zahtevne tolerance in zagotavljajo vrhunsko površinsko obdelavo pri izdelavi kompleksnih komponent, pogosto z uporabo računalniškega numeričnega krmiljenja (CNC) in naprednih materialov)
 - 2.9. Pametna proizvodnja (integrira IoT, umetno inteligenco in analitiko podatkov za optimizacijo proizvodnih procesov, izboljšanje učinkovitosti in povečanje kakovosti izdelkov)
 - 2.10. Hibridna proizvodnja (kombinira aditivne in subtraktivne procese v enem sistemu, kar omogoča večjo fleksibilnost pri oblikovanju in izrabi materialov)
 - 2.11. Nanoproizvodnja (proizvodnja materialov in naprav na nanometrijski ravni, ki izkorišča edinstvene lastnosti nanomaterialov za napredno rabo v elektroniki in medicini)
 - 2.13. Pridobivanje, predelava in recikliranje kritičnih mineralov (rudarjenje, rafiniranje in recikliranje bistvenih mineralov, potrebnih za napredne tehnologije in sisteme obnovljive energije, ki so ključni za gospodarsko in nacionalno varnost)
 - 2.14. Trajnostni proizvodni postopki (osredotočajo se na minimiziranje odpadkov, porabe energije in vpliva na okolje, ob hkratnem ohranjanju proizvodne učinkovitosti)
 - 2.15. Dobavna veriga 4.0 (integracija naprednih tehnologij, kot so IoT, umetna inteligenca in analitika podatkov v upravljanju dobavnih verig za povečanje učinkovitosti, zmanjšanje stroškov, povečanje preglednosti in odzivnosti)
-

Vir: lastna analiza.



2.5.3 Biotehnologija

Biotehnologija je kompleksna interdisciplinarna veda, ki povezuje biologijo, kemijo in tehnologije za inovativno uporabo živih organizmov. Njen glavni cilj je uporaba živih organizmov in njihovih produktov za specifične aplikacije v medicini, kmetijstvu, proizvodnji hrane, obvladovanju okoljskih izzivov in v številnih industrijskih rešitvah, kot so na primer napredni materiali.

Biotehnološke rešitve obetajo možnosti zdravljenja zaenkrat neozdravljivih bolezni, biološko prijazno zatiranje škodljivcev v kmetijstvu, razvoj novih materialov in učinkovin, nove rešitve čiščenja okolja, vendar prinašajo tudi resna tveganja in nevarnosti, kot so nepredvidljivi okoljski vplivi, nevarnost zlorabe biotehnoloških odkritij in s tem odpirajo tudi številna etična in pravna vprašanja (Future Today Institute, 2023, Zichittella in drugi, 2022, Kurt in drugi, 2022, Roquilly in drugi, 2022).

Tabela 7: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: BIOTEHNOLOGIJA

-
- 3.1. Tehnologije urejanja genov (vključuje orodja, kot sta CRISPR-Cas9 in TALEN, ki omogočajo natančne modifikacije DNK zaporedij v organizmih za namene raziskav, diagnostike in terapij)
 - 3.2. Sintetična biologija (kombinira biologijo in inženirstvo za oblikovanje in izdelavo novih bioloških delov, naprav in sistemov, kar omogoča ustvarjanje prilagojenih organizmov za različne namene)
 - 3.3. Bioproizvodnja (uporablja žive celice ali organizme za proizvodnjo visokovrednih produktov, kot so farmacevtski izdelki, encimi in biogoriva, (fermentacija in drugi procesi))
 - 3.4. Personalizirana medicina (vključuje prilagajanje načrtov zdravljenja na podlagi individualnih genetskih in molekularnih profilov, kar povečuje učinkovitost terapij)
 - 3.5. Nova zdravila proti okužbam (terapevtska sredstva, ki so razvita za boj proti odpornim sevom patogenov, vključno z bakterijami, virusi in glivami, pogosto z inovativnimi mehanizmi delovanja)
 - 3.6. Tehnologija matičnih celic (raziskuje uporabo matičnih celic za regenerativno medicino in inženiring tkiv, kar omogoča razvoj terapij za različne bolezni)
 - 3.7. Biološki farmacevtski izdelki (osredotoča se na uporabo bioloških virov za proizvodnjo zdravil, vključno z monoklonskimi protitelesi in cepivi, ki ciljajo na specifične bolezni)
 - 3.8. Tehnologije mikrobioma (orodja in metode, ki se uporabljajo za analizo in manipulacijo raznolikih mikrobioloških populacij v in na človeških, živalskih ali okoljskih gostiteljih za izboljšanje zdravja, kmetijstva in ekološke trajnosti)
 - 3.9. Napredna jedrska medicina in radioterapija (uporabljata usmerjeno sevanje in radiofarmacevtske izdelke za diagnostiko in zdravljenje bolezni (zlasti raka), kar povečuje natančnost in zmanjšuje poškodbe okoliških zdravih tkiv)
-

-
- 3.10. Proteomika (študija proteinov na velikem obsegu, vključno z njihovimi funkcijami in strukturami, kar pomaga pri razumevanju bolezni in odkrivanju novih tarč za zdravila)
 - 3.11. Bioinformatika (integrira biologijo, računalništvo in matematiko za analizo in interpretacijo bioloških podatkov, kar olajša raziskave v genomiki in proteomiki)
 - 3.12. Inženiring tkiv (razvoj bioloških nadomestkov za obnovo, vzdrževanje ali izboljšanje funkcije tkiv, pogosto s pomočjo ogrodij in celic, vključno z organoidi, miniaturnimi, poenostavljenimi organi, proizvedenimi in vitro za modeliranje človeške biologije za potrebe raziskav)
 - 3.13. Nanobiotehnologija (kombinira nanotehnologijo in biologijo za ustvarjanje materialov in naprav na nanometrski ravni za uporabo v dostavi zdravil, slikanju in diagnostiki)
 - 3.14. Vakcinologija (veda o razvoju in raziskovanju cepiv, osredotočena na ustvarjanje učinkovitih cepiv za preprečevanje nalezljivih bolezni)
 - 3.15. Kmetijska biotehnologija (vključuje uporabo biotehnoških orodij za povečanje donosa pridelkov, odpornosti in hranilne vrednosti, kar spodbuja trajnostno kmetijstvo)
 - 3.16. Genski pogon (tehnologija genskega inženiringa, ki spodbuja dedovanje določenega gena za povečanje njegove pogostosti v populaciji, kar lahko vpliva na lastnosti in dinamiko vrst)
 - 3.17. Transgenska tehnologija (uvajanje tujega DNK v organizem za ustvarjanje gensko spremenjenih organizmov (GSO) z želenimi lastnostmi za raziskovalne ali kmetijske namene)
 - 3.18. Okoljska biotehnologija (raba mikrobioloških sistemov za reševanje okoljskih težav, vključno z upravljanjem odpadkov, bioremediacijo in trajnostnimi praksami)
-

Vir: lastna analiza.

2.5.4 Napredne informacijske in komunikacijske tehnologije

Napredne informacijske in komunikacijske tehnologije predstavljajo temelj sodobnega digitalnega sveta, kjer inovacije in učinkovitost igrajo ključno vlogo. Te tehnologije prinašajo izboljšave na področju hitrosti prenosa podatkov, zmanjševanja latence, povečevanja varnosti in medsebojne povezanosti naprav ter aplikacij.

Sodobne rešitve na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij omogočajo in pospešujejo tudi inovacije na vseh drugih tehnoloških področjih, kot so umetna inteligenca, medicina in zdravje, finance, mobilnost, vesolje, napredni materiali, napredne proizvodne tehnologije, biotehnologija, zabava in podobno (Saladhine, 2023; Marr, 2022; Ethereum, 2023).

V naslednji tabeli podajamo pregled kritičnih tehnologij za področje informacijskih in komunikacijskih tehnologij s kratkimi opisi njihovih značilnosti in področij rabe.



Tabela 8: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE

-
- 4.1. Tehnologije 5G in 6G (peta in šesta generacija tehnologij mobilnih omrežij, ki ponujajo večje hitrosti prenosa podatkov, nižjo latenco in povečano povezljivost naprav in aplikacij)
 - 4.2. Internet stvari (IoT) (omrežje medsebojno povezanih naprav, ki komunicirajo in izmenjujejo podatke prek interneta, kar omogoča pametnejše domove, mesta in podjetja)
 - 4.3. Umetna inteligenca v komunikacijah (uporablja strojno učenje in analitiko podatkov za izboljšanje komunikacijskih sistemov, izboljšanje uporabniških izkušenj ter avtomatizacijo procesov)
 - 4.4. Tehnologija veriženja blokov (decentralizirana tehnologija hranjenja zapisov, ki zagotavlja varne in pregledne transakcije ter izmenjavo podatkov med več stranmi brez potreb po posrednikih)
 - 4.5. Kvantna komunikacija (uporablja principe kvantne mehanike za omogočanje ultra-varnega prenosa podatkov, kar ščiti informacije pred vohunjenjem)
 - 4.6. Programsko definirano omrežje (SDN) (ločuje nadzorno od podatkovne ravnine omrežja, kar omogoča bolj prilagodljivo in programabilno upravljanje omrežja)
 - 4.7. Virtualizacija omrežnih funkcij (NFV) (virtualizira omrežnih storitev, ki tradicionalno delujejo na strojni opremi, kar omogoča bolj učinkovito upravljanje virov in prilagodljivo zasnovo omrežja)
 - 4.8. Razširjena resničnost (AR) in virtualna resničnost (VR) (tehnologije, ki izboljšujejo ali ustvarjajo poglobljene izkušnje za uporabnike, ki se uporabljajo v izobraževanju, usposabljanju in zabavi)
 - 4.9. Robno računalništvo (podatke obdeluje bližje viru, namesto da bi se zanašalo na osrednji podatkovni center, zmanjša zakasnitve in izboljša hitrost obdelave podatkov)
 - 4.10. Satelitski internet (zagotavlja internetno povezljivost s pomočjo satelitov, kar povečuje dostop do oddaljenih in zapostavljenih območij, kjer je tradicionalna infrastruktura slabo razvita ali neobstoječa)
 - 4.11. Poenotene komunikacije (združujejo različna komunikacijska orodja in platforme, kot so glas, video, sporočanje in konference, v koheziven sistem za izboljšano sodelovanje)
 - 4.12. Tehnologije kibernetne varnosti (napredna orodja in protokoli, zasnovani za zaščito informacijskih sistemov pred nepooblaščenim dostopom, napadi in zlorabami podatkov)
 - 4.13. Računalništvo v oblaku (zagotavlja računalniške storitve prek interneta, kar omogoča prilagodljive vire, shranjevanje in računalniško moč na zahtevo)
 - 4.14. Interakcija človek-računalnik (HCI) (raziskovanje in oblikovanje vmesnikov, ki olajšajo učinkovito interakcijo med ljudmi in računalniki, kar izboljšuje uporabnost in uporabniško izkušnjo)
 - 4.15. Polprevodniki s široko in ultra široko pasovno vrzeljo (materiali, ki imajo večje energijske vrzeli kot tradicionalni polprevodniki, kar jim omogoča delovanje pri višjih temperaturah, napetostih in frekvencah ter izboljšuje njihovo zmogljivost v napravah z visoko močjo in visoko frekvenco)
 - 4.16. Visoko zmogljivo računalništvo (uporaba naprednih računalniških virov in tehnik za izvajanje kompleksnih izračunov in obdelavo velikih količin podatkov pri izjemno visoki hitrosti)
 - 4.17. Mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture (decentraliziran komunikacijski sistem, ki omogoča napravam, da se neposredno povezujejo med seboj brez zanašanja na tradicionalno infrastrukturo, kar povečuje odpornost in pokritost)
-

Vir: lastna analiza.

2.5.5 Umetna inteligenca

Evropski parlament (2021) umetno inteligenco opredeljuje kot »zmožnost stroja, da izkazuje človeške lastnosti, kot so mišljenje, učenje, načrtovanje in kreativnost. UI omogoča tehničnim sistemom, da zaznavajo okolje, obdelajo, kar zaznajo, in rešijo problem, pri čemer ravnajo v skladu z določenim ciljem. Računalnik sprejema podatke, ki so predhodno pripravljene, ali pa jih zbere sam s senzorji, denimo kamero, jih obdela in se odzove. Sistemi, ki delujejo na podlagi UI, lahko na podlagi analize učinkov svojih predhodnih dejanj do določene mere samostojno prilagajajo svoje vedenje«.

Razvoj umetne inteligence se tako osredotoča na razvoj algoritmov, modelov in sistemov, ki omogočajo računalnikom, da se učijo, sklepajo, prilagajajo, razumejo naravni jezik, zaznavajo okolje, predvidevajo in rešujejo določene probleme, ki sicer zahtevajo človeško inteligenco.

Umetna inteligenca je ena najpomembnejših tehnoloških inovacij v dosednji zgodovini človeštva, njeni učinki pa prodirajo v vse pore človeškega delovanja. Poleg številnih prednosti na področjih raziskav in razvoja (na primer medicina, novi materiali, biotehnologije), optimizacije tehnoloških, logističnih, poslovnih in drugih procesov, potencialov učinkovitejšega izobraževanja ljudi, naprednejših in varnejših avtonomnih vozil ter letalnih naprav, umetna inteligenca prinaša tudi nova tveganja in nevarnosti.

Med ključnimi velja izpostaviti netransparentnost algoritmov in logike delovanja sistemov umetne inteligence, pristranskost in diskriminatorne algoritme, problem varovanja zasebnosti in nevarnosti zlorab podatkov, varnostna tveganja, povezana z naraščajočo kompleksnostjo sistemov umetne inteligence, s katerimi je mogoče izvajati vse nevarnejše kibernetike napade, veliko koncentracijo moči v rokah lastnikov ali celo enega vodilnega podjetja oziroma države s superiornim sistemom umetne inteligence, ogrožanje številnih delovnih mest, povečevanje ekonomske neenakosti, nevarnost nove oboroževalne tekme, zmanjševanje obsega medčloveške interakcije, učinkovito širjenje dezinformacij in manipulacij, vplivanje na volitve, socialni nadzor, nevarnost prehoda v totalitarne politične sisteme in celo eksistencialna tveganja (Marr, 2023). Ta so povezana predvsem z morebitnim pojavom samozavedanja umetne inteligence, ki odpira vse mogoče scenarije – predvsem v smeri, da se superinteligence odloči, da je človeštvo le še



nepotrebna motnja v njenem obstoju (Milmo, 2023; Hunt, 2023; Cantor, 2023; Thomas, 2023; Ulanoff, 2023 in Morrison, 2023).

Tabela 9: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: UMETNA INTELIGENCA

5.1. Strojno učenje (del umetne inteligence, ki omogoča sistemom učenje iz podatkov in izboljševanje njihove učinkovitosti skozi čas, brez neposrednega programiranja. Vključuje globoko učenje, ki temelji na uporabi nevronske mreže z več plastmi – na primer za analizo različnih oblik podatkov, vključno s prepoznavanjem slik in govora)

5.2. Obdelava naravnega jezika (NLP) (tehnike umetne inteligence, ki omogočajo računalnikom razumevanje, interpretacijo in generiranje človeškega jezika, kar omogoča aplikacije, kot so klepetalni roboti in prevajalske storitve)

5.3. Spodbujevalno učenje (tip strojenega učenja, kjer se agenti učijo sprejemati odločitve z izvajanjem dejanj v okolju, da bi maksimalno povečali kumulativne nagrade, pogosto uporabljeno v robotiki in igranju iger)

5.4. Nevro-simbolna umetna inteligenca (integracija nevronske mreže s simbolnim sklepanjem (raba simbolov in formalnih pravil za reševanje problemov, izpeljavo zaključkov in analizo situacij) za bolj robustne sisteme odločanja)

5.5. Avtonomni pogovorni agenti (napredni klepetalni roboti, ki uporabljajo čustveno inteligenco za izboljšanje interakcije z ljudmi)

5.6. Generativna kontradiktorna omrežja (GAN) (Okolje, kjer dve nevronske mreži tekmujeta ena proti drugi za ustvarjanje realističnih sintetičnih podatkov, ki se uporabljajo pri nalogah, kot sta sinteza slike in prenos sloga.)

5.7. Razložljiva umetna inteligenca (XAI) (tehnologije, ki obravnavajo naravo »črne skrinjice« številnih modelov umetne inteligence in so zasnovane tako, da naredijo odločitve umetne inteligence pregledne in razumljive ljudem)

5.8. Računalniški vid, podprt z umetno inteligenco (metode umetne inteligence, ki omogočajo računalnikom razumevanje in interpretacijo vizualnih informacij iz realnega sveta – uporabljene za prepoznavo obrazov, v avtonomnih vozilih in za analizo slikovnih gradiv v medicini)

5.9. Distribuirano učenje (decentraliziran pristop k strojnemu učenju, ki omogoča algoritmom učenje iz podatkov na več napravah brez prenosa neobdelanih podatkov, kar povečuje zasebnost in varnost)

5.10. Robotika, podprta z umetno inteligenco (integracija umetne inteligence v robotske sisteme za povečanje njihove avtonomije, prilagodljivosti in učinkovitosti pri izvajanju kompleksnih nalog v različnih okoljih)

5.11. Učenje s prenosom (tehnika, kjer se model, ki je bil usposobljen na osnovi ene naloge, prilagodi za hitrejšo učenje sorodne naloge. To znatno skrajša čas usposabljanja in zmanjša zahteve glede podatkov)

5.12. Inteligenca rojev (algoritmi, ki jih je navdihnilo kolektivno vedenje žuželk, ki se uporabljajo za reševanje kompleksnih problemov z decentraliziranimi in sodelovalnimi pristopi)

5.13. Pospeševalniki strojne opreme za umetno inteligenco (specializirane računalniške naprave, kot so GPU, TPU in FPGA, zasnovane za povečanje hitrosti in učinkovitosti obdelave kompleksnih algoritmov in velikih zbirk podatkov za naloge umetne inteligence)

5.14. Napredna analitika podatkov (uporaba sofisticiranih algoritmov in tehnik strojnega učenja za analizo velikih zbirk podatkov, odkrivanje vzorcev in generiranje vpogledov, ki omogočajo informirano odločanje)

5.15. Napredna zasnova in izdelava integriranih vezij (razvoj in proizvodnja visoko specializiranih čipov, optimiziranih za učinkovito obdelavo algoritmov in rabo umetne inteligence.)

5.16. Zavajajoča umetna inteligenca (tehnik, ki izkoriščajo ranljivosti v modelih strojnega učenja, pogosto z ustvarjanjem zavajajočih vnosov za zavajanje ali manipulacijo sistemov umetne inteligence.)

Vir: lastna analiza.

2.5.6 Energetske tehnologije

Poraba energije na globalni ravni nezadržno raste vse od prvih začetkov industrializacije. Samo od leta 1950 do danes se je ta povečala za več kot petkrat, in sicer z 28.564 TWh leta 1950 na 183.230 TWh leta 2023 (Ritchie, Rosado in Roser, 2024).

Vse večje globalne potrebe po energiji, ki jih sicer danes poganjajo predvsem Kitajska, Indija in druge članice ASEAN-a (McKinsey, 2024), velike razlike v stopnjah energetske samozadostnosti posameznih držav in prizadevanja za čistejšo okolje so glavno gonilo napredka na tem področju.

Med ključnimi prizadevanji na področju pridobivanja, shranjevanja in transporta energije so tako nove baterije, fuzija, pametna omrežja, naprednejša fotovoltaika (na primer perovskitne celice), superkondenzatorji in različna nova goriva.

Tabela 10: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

6.1. Električne baterije naslednje generacije (na primer baterije s trdnimi elektroliti in litij-žveplove baterije, ki bodo varnejše, imele bodo večjo energetsko gostoto, daljšo življenjsko dobo, hkrati pa bodo cenejše in manj obremenjujoče za okolje)

6.2. Vodik, amonijak in nova goriva (čisti nosilci energije, ki lahko nadomestijo fosilna goriva; vodik se uporablja v gorivnih celicah, medtem ko je amonijak mogoče pretvoriti v energijo na več načinov)

6.3. Tehnologije jedrske cepitve (proizvodnja energije z nizkimi emisijami toplogrednih plinov, ki pa vzbuja pomisleke glede varnosti in problematike odlaganja odpadkov)

6.4. Tehnologije jedrske fuzije (fuzijski reaktorji so napredne energetske platforme, zasnovane za doseg nadzorovane jedrske fuzije s pomočjo zadrževanja plazme pri ekstremnih temperaturah in pritiskih, z namenom zagotavljanja trajnostnega in visokozmogljivega vira energije z znatno zmanjšanim jedrskim odpadkom. Zaenkrat so še v fazi razvoja)



6.5. Pametna omrežja in shranjevanje energije (napredni sistemi električnih omrežij, ki uporabljajo digitalno tehnologijo za spremljanje in upravljanje v realnem času, vključujejo obnovljive vire energije in omogočajo učinkovite rešitve za shranjevanje energije za povečanje zanesljivosti in odpornosti)

6.6. Upravljanje in reciklaža jedrskih odpadkov (postopki za varno ravnanje in predelavo radioaktivnih odpadkov, ki nastajajo v jedrskih reaktorjih, za zmanjšanje vpliva na okolje in povečanje trajnosti)

6.7. Nova generacija fotovoltaike (tehnologija, ki neposredno pretvarja sončno svetlobo v elektriko z uporabo polprevodniških materialov: perovskitne sončne celice, BIPV (sončne celice, integrirane v stavbe) in tandemske celice – vse usmerjene v izboljšanje izkoristka, prilagodljivosti in stroškovne učinkovitosti pri izkoriščanju sončne energije)

6.8. Superkondenzatorji (naprave za shranjevanje energije, ki omogočajo hitro polnjenje in praznjenje, primerne za namene, ki zahtevajo hitre sprostitve energije in visoko učinkovitost)

6.9. Usmerjene energetske tehnologije (sistemi, ki dostavljajo energijo v osredotočeni obliki, kot so laserji ali mikrovalovi, za namene, kot so komunikacija, vojaška raba in industrijski procesi)

6.10. Tehnologije za zajemanje energije iz okolja (praviloma manjše naprave, ki zajemajo in pretvarjajo energijo v svojem okolju (na primer kinetično, toplotno) v uporabno energijo)

Vir: lastna analiza.

2.5.7 Robotika in avtonomni sistemi

Roboti in drugi avtonomni sistemi omogočajo strojno izvajanje nalog, ki so bile prej rezervirane za človeške delavce. Ti sistemi vztrajno prodirajo tako v proizvodne kot storitvene dejavnosti (McKinsey, 2022; Manufacturing, n. d.; TechTarget, n. d.; SAP, n. d.; Autocrypt, 2023; Blain, 2023).

Sodobni roboti uporabljajo napredne senzorje, umetno inteligenco in algoritme strojnega učenja za zaznavanje okolja, sprejemanje odločitev in prilagajanje svojim nalogam. Avtonomni roboti lahko delujejo povsem samostojno in brez potrebe po nenehnem človeškem nadzoru. Posebna kategorija so sodelovalni roboti, ki so zasnovani za skupno delo z ljudmi v deljenem delovnem okolju – koboti.

Naslednji primer so avtonomna vozila, ki lahko samostojno vozijo, zaznavajo prometne razmere in sprejemajo odločitve v realnem času, kar naj bi povečalo varnost na cestah in zmanjšalo prometne zastoje. Poleg tega avtonomni sistemi izboljšujejo učinkovitost logističnih procesov, omogočajo natančno manipulacijo predmetov in zagotavljajo večjo fleksibilnost v proizvodnji.

Na področju medicine so v razvoju avtonomni kirurški roboti, ki se bodo uporabljali za izvajanje natančnih in minimalno invazivnih kirurških posegov, kar naj bi pomembno zmanjšalo tveganja za bolnike in skrajšalo čas njihovega okrevanja. Skupaj z umetno inteligenco robotika in avtonomni sistemi prinašajo revolucijo v različne gospodarske dejavnosti, povečujejo produktivnost, varnost in obetajo višjo kakovost življenja.

Tabela 11: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: ROBOTIKA IN AVTONOMNI SISTEMI

-
- 7.1. Sodelovalni roboti (koboti) (roboti, zasnovani za delo skupaj z ljudmi v skupnih okoljih, ki povečujejo produktivnost in varnost z intuitivnimi interakcijami)
 - 7.2. Avtonomni mobilni roboti (AMR) (samonavigacijski roboti, opremljeni s senzorji in umetno inteligenco, ki opravljajo naloge v dinamičnih okoljih brez človeškega posredovanja)
 - 7.3. Avtomatizacija procesov z boti (RPA) (programski boti, ki avtomatizirajo ponavljajoče se digitalne naloge, poenostavljajo poslovne procese in povečujejo učinkovitost)
 - 7.4. Humanoidni roboti (roboti s človeškimi značilnostmi in sposobnostmi, ki se pogosto uporabljajo v raziskavah in storitvenih dejavnostih)
 - 7.5. Mehka robotika (roboti, narejeni iz fleksibilnih materialov, ki lahko prilagodijo svojo obliko in funkcijo, kar je idealno za občutljive naloge in interakcijo s človeškimi okolji)
 - 7.6. Roji robotov (sistem več robotov, ki sodelujejo pri reševanju kompleksnih nalog s porazdeljenimi in usklajenimi prizadevanji po navdihu kolektivnega vedenja žuželk)
 - 7.7. Eksoskeleti (nosljiva robotska oblačila, ki povečujejo človeško moč in vzdržljivost, pogosto se uporabljajo v rehabilitacijskih dejavnostih ali za težja opravila v delovno intenzivnih panogah)
 - 7.8. Robotizirani sistemi vida (integrirane kamere in algoritmi umetne inteligence, ki robotom omogočajo razumevanje in navigacijo po svojem okolju s pomočjo obdelave vizualnih podatkov)
 - 7.9. Droni in vozila (brezpilotna letala (UAV) ter druga vozila (kopenska, površinska, vodna, podvodna), opremljena s senzorji in kamerami za namene, kot so nadzor, dostava in nadzor okolja)
 - 7.10. Tehnologije delovanja avtonomnih sistemov (napredni algoritmi in integracija senzorjev, ki strojem, kot so droni in avtonomna vozila, omogočajo neodvisno opravljanje nalog in sprejemanje odločitev v kompleksnih okoljih)
-

Vir: lastna analiza.

2.5.8 Kvantne tehnologije

Kvantne tehnologije so eno najnaprednejših in najbolj obetavnih področij sodobne znanosti in tehnologije. Temeljijo na principih kvantne mehanike, ki opisujejo obnašanje delcev na atomski in subatomske ravni (Future Today Institute, 2023; Marr, 2022).



Kvantne tehnologije vključujejo kvantno računalništvo, kvantno komunikacijo, kvantno kriptografijo, kvantno zaznavanje, kvantno pozicioniranje in druge tehnologije, ki imajo potencial, da drastično spremenijo naš svet.

Kvantno računalništvo uporablja kvantne bite ali kubite, ki lahko zaradi superpozicije in prepletanja zavzemajo več stanj hkrati. To naj bi v prihodnosti kvantnim računalnikom omogočilo reševanje kompleksnih problemov, ki so za klasične računalnike praktično nerešljivi. Na primer, kvantni računalniki bi lahko hitro analizirali zelo velike količine podatkov, optimizirali delovanje kompleksnih sistemov ali simulirali zapletene procese v kemiji in fiziki.

Kvantna komunikacija temelji na principih kvantne prepletenosti, kjer se kvantni delci povežejo na način, da sprememba stanja enega delca takoj vpliva na stanje drugega, ne glede na razdaljo med njima. To vsaj teoretično omogoča izjemno varen prenos informacij, saj naj bi kakršen koli poskus prestrezanja komunikacije takoj spremenil stanje delcev in opozoril na nepooblaščen dostop ali poseg (Zou, 2021).

Kvantna senzorika naj bi omogočila izjemno natančno merjenje fizikalnih količin, kot so gravitacijska polja, magnetna polja in temperatura (Swayne, 2025). Te tehnologije bodo uporabne v naprednih medicinskih napravah, navigacijskih sistemih, geologiji in številnih varnostnih ter vojaških aplikacijah (Kearney in Malliaros, 2023).

Tabela 12: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: KVANTNE TEHNOLOGIJE

-
- 8.1. Kvantno računalništvo (računalniki, ki uporabljajo kvantne bite oziroma kubite za izvajanje kompleksnih izračunov pri hitrostih, ki jih klasični računalniki ne morejo doseči, kar omogoča preboje na področjih, kot sta kriptografija in optimizacija)
 - 8.2. Kvantna kriptografija (varna komunikacijska metoda, ki izkorišča principe kvantne mehanike za ustvarjanje neprekosljivih šifrirnih protokolov, kar zagotavlja celovitost podatkov in zaupnost komunikacije)
 - 8.3. Kvantno zaznavanje (naprave, ki uporabljajo kvantne pojave za doseganje visoke natančnosti pri merjenju fizikalnih količin, kot so čas, magnetna polja in gravitacijske sile)
 - 8.4. Kvantna simulacija (tehnik, ki posnemajo kvantne sisteme za raziskovanje in napovedovanje vedenja materialov in molekul, kar naj bi prispevalo k hitrejšemu odkrivanju novih zdravil in napredku na področju znanosti o materialih)
 - 8.5. Kvantna komunikacija in omrežja (vzpostavitev omrežja, ki povezuje kvantne naprave, za omogočanje varne izmenjave informacij in distribucijo kvantnih računalniških zmogljivosti)
-

-
- 8.6. Kvantni materiali (materiali s kvantno mehanskimi lastnostmi, kot sta superprevodnost in topološko vedenje, s potencialno rabo v elektroniki in energetskih sistemih)
 - 8.7. Kvantno strojno učenje (integracija kvantno računalniških tehnik z algoritmi strojnega učenja za izboljšanje zmogljivosti obdelave podatkov in učinkovitosti algoritmov)
 - 8.8. Kvantni pozicijski sistemi (nastajajoče tehnologije, ki izkoriščajo kvantno mehaniko za doseganje izjemne natančnosti pri zaznavanju lokacije, kar lahko spremeni navigacijo v kompleksnih okoljih)
 - 8.9. Topološko kvantno računalništvo (raziskave računalniških modelov, ki izkoriščajo topološke faze snovi za zmanjšanje napak)
 - 8.10. Kvantno slikanje (tehnike, ki uporabljajo kvantna stanja za izdelavo slik z višjo ločljivostjo, ki presega klasične omejitve)
-

Vir: lastna analiza.

2.5.9 Vesoljske in pogonske tehnologije

Razvoj novih pogonskih in drugih vesoljskih tehnologij je ključen za naslednji korak človeštva pri osvajanju vesolja. Razvoj novih tehnologij na tem področju naj bi omogočil tudi najbolj ambiciozne vesoljske misije, kot so potovanja na Mars in njegova naselitev z ljudmi, ali pa raziskovanje zunanjega območja našega osončja.

Pomemben napredek na tem področju predstavljajo novi raketni pogonski sistemi. Medtem ko tradicionalni kemijski pogoni uporabljajo trda ali tekoča goriva, ki ob zgorevanju ustvarjajo velike količine energije, potrebne za izstrelitev vesoljskih plovil z Zemljine površine v vesolje, pa se v zadnjih letih razvijajo tudi naprednejše tehnologije, kot so ionski in plazemski pogoni. Ti uporabljajo električno energijo za pospeševanje ionov in zagotavljajo učinkovitejšo ter dolgotrajnejšo pogonsko moč. Medtem ko (vsaj zaenkrat) ionski motorji niso primerni za izstrelitve raket z Zemljine površine v vesolje, pa naj bi bili zelo uporabni predvsem za medplanetarna potovanja.

Sodobna vesoljska plovila so opremljena z najnaprednejšimi komunikacijskimi sistemi, senzorji in instrumenti za zbiranje podatkov o vesolju. Sateliti omogočajo natančno opazovanje Zemlje, navigacijo, telekomunikacijo tudi v najbolj odročnih predelih našega planeta, spremljanje vremenskih dogajanj in seveda tudi vohunjenje ter razvoj povsem novih oblik orožja.

Raziskovanje vesolja je odvisno tudi od mednarodnega sodelovanja in razvoja novih tehnologij za življenje in delo v vesolju. To vključuje razvoj vesoljskih habitatov, sistemov za recikliranje vode in zraka ter zaščite pred sevanjem (Future Today Institute, 2023; Ortega in drugi, 2023).



Poleg sodelovanja med državami gre hkrati predvsem za vse večjo konkurenco med ZDA, Rusijo, Kitajsko in Indijo. Razlogi so strateški, gospodarski (predvsem rudarjenje v vesolju) in vojaški. Poleg tega se je v vesoljsko tekmo vključil tudi zasebni sektor (SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic), kar vse nakazuje na to, da se bližamo kritični masi kapitala, znanja in novih tehnologij za resničen preboj človeštva v trajno naselitev izven našega planeta (Steines, 2023; Grand View Research, 2023).

Tabela 13: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: VESOLJSKE IN POGONSKJE TEHNOLOGIJE

-
- 9.1. Proizvodnja v vesolju (tehnologije, ki omogočajo proizvodnjo komponent in materialov v vesolju, kar lahko zmanjša stroške izstrelitev in omogoči dolgotrajne misije v vesolju)
 - 9.2. Tehnologije vesoljskega nadzora in opazovanja Zemlje (uporaba satelitov in senzorjev za spremljanje in zbiranje podatkov o površini Zemlje in njeni atmosferi, kar omogoča uporabo v okoljevarstvu, odzivanju na nesreče in zagotavljanju nacionalne varnosti)
 - 9.3. Ponovno uporabni raketni sistemi (izstrelitvene rakete, zasnovane tako, da jih je mogoče obnoviti in uporabiti za več letov, kar znatno zmanjša stroške dostopa do vesolja)
 - 9.4. Tehnologije za določanje položaja, navigacijo in merjenje časa v vesolju (PNT) (Sistemi, ki s pomočjo signalov iz satelitov zagotavljajo natančne informacije o lokaciji in času, kar omogoča uporabo v transportu, komunikaciji in v kriznem odzivanju)
 - 9.5. Satelitske konstelacije (omrežja satelitov, ki delujejo usklajeno z namenom zagotavljanja globalne pokritosti za potrebe komunikacije, opazovanje Zemlje in navigacijske storitve)
 - 9.6. Vesoljska robotika (roboti, zasnovani za raziskovanje, vzdrževanje in gradnjo v vesoljskih okoljih)
 - 9.7. Tehnologije rudarjenja asteroidov (metode in stroji, razviti za pridobivanje virov iz asteroidov, kar lahko zagotovi dragocene materiale za uporabo v vesolju in na Zemlji)
 - 9.8. Komunikacijski sistemi globokega vesolja (napredne tehnologije za prenos podatkov na velike razdalje, ključne za misije izven nizke Zemljine orbite)
 - 9.9. Sončna energija iz vesolja (sistemi, ki zbirajo sončno energijo v vesolju in jo prenašajo na Zemljo, kar ponuja neprekinjen in trajnosten vir energije)
 - 9.10. Sistemi za izstrelitev v vesolje (integrirane tehnologije in infrastruktura, zasnovani za transport tovora v vesolje, ki vključujejo nosilne rakete, zemeljske zmogljivosti in operativne protokole za zagotavljanje zanesljivih in učinkovitih izstrelitev)
 - 9.11. Napredni pogonski sistemi (inovativne tehnologije, kot so ionski potisniki in jedrski toplotni motorji, ki povečujejo učinkovitost in hitrost vesoljskih potovanj)
 - 9.12. Varne komunikacije, vključno s tehnologijami za komunikacijo v nizki zemeljski orbiti (LEO) (satelitska omrežja, postavljena v nizko zemeljsko orbito za zagotavljanje hitrih, zanesljivih in šifriranih komunikacijskih storitev, ki izboljšujejo globalno povezljivost in varnost)
-

9.13. Hipersonično odkrivanje in sledenje (napredni sistemi in tehnologije, zasnovani za odkrivanje, identificiranje, spremljanje in sledenje objektom, ki se gibljejo s hitrostjo več kot 5 machov, kar zagotavlja možnost pravočasnih odzivov na morebitne grožnje)

Vir: lastna analiza.

2.5.10 Zaznavanje, merjenje časa in navigacija

Tehnologije naprednega zaznavanja, merjenja časa in navigacije tvorijo kompleksno mrežo tehnologij in sistemov, ki omogočajo natančno zaznavanje okolja, precizno merjenje časa in zanesljivo navigacijo v različnih okoljih – od vesolja do globin oceanov.

Sodobni senzorski sistemi, kot so LIDAR, radar s sintetično aperturo (SAR), inercialni navigacijski sistemi, multispektralni senzori, napredni sonarji in različni elektromagnetni senzori predstavljajo osnovo za razvoj avtonomnih sistemov, naprednih navigacijskih rešitev, okoljskega monitoringa in nasploh poglobljenega razumevanja fizičnega sveta okoli nas. Z integracijo teh tehnologij v povezane sisteme se nam obetajo nove zmogljivosti pri raziskovanju oddaljenih območij, upravljanju prometa in zagotavljanju varnosti (Future Today Institute, 2023).

Tabela 14: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: ZAZNAVANJE, MERJENJE ČASA IN NAVIGACIJA

10.1. LIDAR (zaznavanje in merjenje razdalje s svetlobo) (tehnologija oddaljenega zaznavanja, ki uporablja laserske impulze za merjenje razdalj in ustvarjanje 3D zemljevidov okolja visoke ločljivosti, ki se pogosto uporablja v avtonomnih vozilih in pri izdelavi topografskih zemljevidov)

10.2. Radar s sintetično aperturo (SAR) (oblika radarja, ki ustvarja podrobne slike pokrajine in objektov, sposobna prodirati skozi oblake in temo, uporabna za opazovanje Zemlje in nadzor)

10.3. Senzorji magnetnega polja (naprave, ki zaznavajo in merijo magnetna polja, kar omogoča uporabo v navigaciji, robotiki in geofizikalnih raziskavah, tudi pod vodo)

10.4. Senzorji gravitacijske sile (naprave, zasnovane za merjenje gravitacijskih sil in njihovih variacij, kar zagotavlja podatke, ki so ključni za rabo v geofiziki, inženiringu in okoljskem monitoringu)

10.5. Multispektralni in hiperspektralni slikovni senzori (napredne tehnologije, ki zajemajo slike v več valovnih dolžinah svetlobe, kar omogoča podrobno analizo materialov in značilnosti na površini Zemlje z razlikovanjem med različnimi spektralnimi podpisi)

10.6. Fotonski senzori (naprave, ki uporabljajo svetlobo za zaznavanje in merjenje fizikalnih količin, kot so temperatura, tlak in kemijska sestava, kar omogoča rabo na področjih, kot so telekomunikacije, okoljski monitoring in zdravstvo)

10.7. Napredni sonar in akustični senzori (tehnologije, ki uporabljajo zvočne valove za zaznavanje, identifikacijo in karakterizacijo predmetov pod vodo, kar omogoča uporabo v (pod)morski navigaciji, nadzoru in spremljanju okolja)



10.8. Elektro-optično, kemično, biološko, sevalno in porazdeljeno zaznavanje (vključuje vrsto tehnologij, ki se uporabljajo za zaznavanje in spremljanje različnih fizičnih in okoljskih parametrov, kar omogoča rabo za potrebe varnosti, v zdravstvu, spremljanju okolja in industrijskih procesih)

10.9. Podvodni senzori električnega polja (naprave, ki zaznavajo in merijo električna polja v vodnih okoljih. Uporabljajo se za pomorske raziskave, spremljanje okolja in podvodno navigacijo)

10.10. Časovno občutljive omrežne tehnologije (TSN) (tehnologije, ki zagotavljajo natančen čas in sinhronizacijo v podatkovnih omrežjih, kritične za uporabo v avtonomnih sistemih, ki zahtevajo komunikacijo v realnem času)

10.11. Atomske ure (zelo natančne naprave za merjenje časa, ki uporabljajo vibracije atomov, običajno cezija ali rubidija, za vzdrževanje natančnih in stabilnih meritev časa, bistvenega pomena za uporabo v navigaciji, telekomunikacijah in znanstvenih raziskavah)

10.12. Sistemi globalne navigacije (GNSS) (mreže satelitov, ki uporabnikom na Zemlji zagotavljajo informacije o položaju, navigaciji in merjenju časa, kar je ključno za številne civilne in vojaške namene)

10.13. Inercialni navigacijski sistemi (INS) (samostojni sistemi, ki izračunajo položaj in hitrost z uporabo senzorjev za merjenje pospeška in vrtenja, pogosto uporabljeni v okoljih, kjer signali GPS niso na voljo)

10.14. Kvantni pozicijski sistemi (nastajajoče tehnologije, ki izkoriščajo kvantno mehaniko za doseganje izjemne natančnosti pri zaznavanju lokacije, kar lahko spremeni navigacijo v kompleksnih okoljih)

10.15. Ultra širokopasovna (UWB) tehnologija (radijska tehnologija, ki zagotavlja visoko natančno lokacijo in zmogljivosti sledenja na kratkih razdaljah, ki se uporablja v različnih notranjih in zunanjih okoljih)

Vir: lastna analiza.

2.5.11 Medicina in zdravje

Medicina in zdravje sta v tesni povezavi z našo kakovostjo življenja in splošnim blagostanjem. V zadnjih desetletjih smo priča izjemnemu napredku tudi na tem področju. To vključuje razvoj novih zdravil, inovativnih diagnostičnih metod in naprednih terapevtskih pristopov. Sodobna medicina zagotavlja oskrbo obolelim, hkrati pa se vse bolj osredotoča tudi na preprečevanje bolezni, promocijo zdravja in izboljšanje kakovosti življenja posameznikov.

V središču medicinskih raziskav so kompleksne interakcije med genetiko, okoljem in načinom življenja, ki vplivajo na zdravje posameznikov in skupnosti. Napredek v tehnologijah, kot so telemedicina, umetna inteligenca in genomika, obeta velik preskok v zmožnostih zdravstvenih delavcev za pravočasno in pravilno diagnosticiranje ter zdravljenje bolezni (Cohen, 2023; OpenLoop, 2023; Xia in drugi, 2021).

V našo anketo smo zato vključili telemedicino, umetno inteligenco v diagnostiki, razvoju novih zdravil in terapij ter zdravljenju pacientov, tehnologije urejanja genov, 3D biotiskanje človeških tkiv in organov, tehnologije naprednih slikovnih tehnik, robotiko v kirurgiji, nanomedicino, mikrobiotiko, regenerativno medicino in uporabo tehnologij veriženja za upravljanje podatkov v zdravstvu (Future Today Institute, 2023).

Tabela 15: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: MEDICINA IN ZDRAVJE

-
- 11.1. Telemedicina (oddaljena diagnostika in zdravljenje s pomočjo telekomunikacijske tehnologije, kar izboljšuje dostop do zdravstvene oskrbe)
 - 11.2. Umetna inteligenca v zdravstvu (algoritmi umetne inteligence analizirajo medicinske podatke za diagnostiko, pripravljajo priporočila za zdravljenje in izvajajo spremljanje bolnikov)
 - 11.3. Tehnologije urejanja genov (orodja, kot je CRISPR, omogočajo natančne spremembe genoma za terapevtske aplikacije v medicini)
 - 11.4. Nosljive naprave za spremljanje zdravja (pametne naprave, ki izvajajo meritve in spremljajo vitalne znake uporabnika v realnem času ter s tem omogočajo proaktivno upravljanje zdravja)
 - 11.5. Personalizirana medicina (prilagajanje načrtov zdravljenja na podlagi posameznikovega genskega profila za učinkovitejše terapije)
 - 11.6. 3D biotiskanje (tiskanje človeških tkiv in organov z uporabo živih celic za uporabo pri presaditvah in raziskavah)
 - 11.7. Napredne slikovne tehnike (inovativni načini slikanja, kot sta MRI in PET skeniranje, ki izboljšujejo odkrivanje in spremljanje bolezni)
 - 11.8. Robotika v kirurgiji (robotski sistemi pomagajo kirurgom pri natančnih in minimalno invazivnih postopkih)
 - 11.9. Nanomedicina (raba nanotehnologije za dostavo zdravil, diagnostiko in slikanje na molekularni ravni)
 - 11.10. Virtualna resničnost za medicinsko usposabljanje in terapijo (poglobljene simulacije za usposabljanje zdravstvenih delavcev in zdravljenje bolnikov s stanji, kot je PTSD)
 - 11.11. Biološka in biološkim podobna zdravila (biološko pridobljeni terapevtiki, ki ciljajo na specifične bolezni in ponujajo nove možnosti zdravljenja)
 - 11.12. Raziskave mikrobioma (razumevanje vloge črevesne mikrobiote v zdravju in boleznih za razvoj ciljnih terapij)
 - 11.13. Regenerativna medicina (tehnike za obnovo ali zamenjavo poškodovanih tkiv in organov z uporabo matičnih celic in biomaterialov)
 - 11.14. Tehnologije veriženja blokov v upravljanju zdravstvenih podatkov (uporabljajo se za varno shranjevanje in skupno rabo podatkov o pacientih, kar zagotavlja zasebnost, celovitost in sledljivost, hkrati pa omogoča nemoten dostop med različnimi ponudniki)
-

Vir: lastna analiza.



S tem zaključujemo pregled seznama kritičnih tehnologij, kot smo jih uporabili v naši anketi, in prehajamo na metodološko-analitični del monografije.

3 METODOLOGIJA IN VZOREC

V tem besedilu s pojmom kritične tehnologije mislimo na tehnologije, ki imajo ključen strateški pomen bodisi za gospodarsko konkurenčnost, tehnološko suverenost in/ali nacionalno varnost posameznih držav kot tudi geostrateških in političnih povezav. Njihov pomen izhaja iz potenciala, da:

- zagotavljajo gospodarsko varnost in vodilno vlogo v globalni konkurenci (na primer umetna inteligenca, napredni materiali in proizvodni procesi, polprevodniki, napredna robotika, biotehnologija),
- omogočajo tehnološko suverenost (na primer ohranjanje nadzora nad ključnimi tehnologijami) in neodvisnost (na primer zmanjšanje odvisnosti od tujih virov),
- podpirajo trajnostni razvoj in družbeno stabilnost (na primer čiste energetske tehnologije, napredno recikliranje, uvajanje principov krožnega gospodarstva),
- krepijo vojaško in obrambno zmogljivost (na primer umetna inteligenca za avtonomno orožje, kvantno računalništvo za šifriranje, hipersonične rakete).

Ključne značilnosti kritičnih tehnologij:

- spremenljivost: sezname se prilagajajo tehnološkemu prelomu (na primer vzpon umetne inteligence po letu 2010 in z vidika širše javnosti po letu 2022) in geopolitičnim spremembam (na primer poudarek na gospodarski suverenosti po pandemiji covid-19),
- kontekstualna odvisnost: države poudarjajo različne sklope tehnologij glede na svoje specifične potrebe (ZDA in AUKUS – vojaški poudarek; EU – poudarek na trajnostnih rešitvah),
- možnosti dvojne rabe: pogosto imajo kritične in tehnološko najbolj napredne tehnologije tako civilno kot vojaško uporabnost (na primer vesoljske tehnologije ali GPS).

Kritične tehnologije tako niso statičen koncept, temveč so predvsem orodje držav za uresničevanje strategij gospodarske stabilnosti in razvoja, varnosti in geostrateškega vpliva. Njihovi sezname se zato stalno spreminjajo in odsevajo tako tehnološke trende, tržne izzive kot vojaško varnostne okoliščine v danem prostoru in času.



Na osnovi analize seznamov kritičnih tehnologij ASPI, ZDA, EU, Kitajske in druge predhodno citirane literature smo pripravili seznam enajstih ključnih tehnoloških področij in znotraj teh skupno 158 kritičnih tehnologij, ki smo jih predstavili v predhodnem poglavju. Po definiciji večina podjetij ne more obvladovati kritičnih tehnologij, saj gre za razvojno, proizvodno tehnološko in produktno najbolj napredne tehnološke rešitve, ki jih obvladajo le redka podjetja.

Za identifikacijo slovenskih podjetij, ki obvladujejo katero od kritičnih tehnologij z našega seznama ali pa vsaj načrtujejo njihov razvoj, smo uporabili dva vzporedna pristopa:

- anketni vprašalnik, ki smo ga naslovili na 1.845 največjih in tehnološko najnaprednejših slovenskih podjetij, ki smo jih identificirali že v predhodnih raziskavah IER na temo tehnološkega razvoja, konkurenčnosti in vključevanja v globalne verige vrednosti (Bešter, 2019; Bešter, 2021; Bešter, 2022, Bešter in Koren, 2022; Bešter, 2024),
- neposreden stik z javno znanimi tehnološko naprednimi slovenskimi podjetji, s katerimi smo izvedli osebne intervjuje, ki so vključevali tudi vprašanje o morebitnem poznavanju drugih tehnološko naprednih slovenskih podjetij, ki smo jih nato ravno tako povabili k sodelovanju v intervjujih in izpolnjevanju anketnega vprašalnika.

Naš vzorec tako po definiciji ni reprezentativen s stališča celote slovenskega gospodarstva. Nasprotno, iskali smo izjeme, netipična slovenska podjetja, ki presegajo povprečja in običajen način strateškega razmišljanja, odnosa do raziskav in razvoja, inoviranja, spremljanja in odzivanja na spremembe na trgu, z jasnimi cilji, da poskušajo vsaj z določenimi projekti poseči med najboljša podjetja na svojih ciljnih in morda celo globalnem trgu.

Nabor anketiranih podjetij v našem vzorcu seveda ne vključuje vseh slovenskih podjetij, ki obvladujejo katero od kritičnih tehnologij z našega seznama. Razlogi so različni:

- leta 2024 je bilo v Sloveniji registriranih 72.559 gospodarskih družb (AJPES, 2025), mi pa smo vabilo k sodelovanju v naši anketi naslovili 'le' na 1.845 sicer tržno, tehnološko in s stališča prepoznavnosti najbolj izpostavljenih slovenskih podjetij,
- gre za občutljivo temo (tvegan tehnološki razvoj, velike investicije,

skrivanje razvojnih projektov pred konkurenco) in marsikatero podjetje o svojih projektih na področju kritičnih tehnologij ne želi komunicirati izven notranjega kroga sogovornikov in/ali s svojimi zunanjimi razvojnimi partnerji,

- nekatera podjetja nasploh ne sodelujejo v različnih anketah, bodisi ker takšno delo smatrajo za nepotrebno, neproduktivno, nesmiselno ali pa ne zaupajo v izvajalce anket in ustrezno varovanje podatkov oziroma odgovorov iz anket.

Skratka, naš vzorec ni zrcalna slika večine ali celote slovenskega gospodarstva, niti ne predstavlja celotne populacije slovenskih podjetij, ki bi se lahko pohvalila z obvladovanjem vsaj ene od kritičnih tehnologij z našega seznama; gre za prvi sistematični poskus identifikacije in analize slovenskih podjetij, ki jih lahko uvrstimo na seznam 158 kritičnih tehnologij.

3.1 BAZA PODATKOV

Baza podatkov, ki je osnova naše empirične analize, je sestavljena iz:

- anketnih odgovorov predstavnikov slovenskih podjetij, ki so anketo izpolnili prek spletne aplikacije v obdobju maj–junij 2025 (n=72),
- zaključnih računov anketiranih slovenskih podjetij za obdobje 2021–2024 (Dun&Bradstreet, 2024; n=71 – podatki iz zaključnih računov enega od anketiranih podjetij niso bili javno dostopni).

Poleg standardnih deskriptivnih statistik (frekvence, povprečja, mediane, rangi) smo v analizi za ordinalne odvisne spremenljivke, ki ne izpolnjujejo pogojev normalne porazdelitve, kot tudi zaradi porazdelitev vrednosti neodvisnih spremenljivk (finančni kazalniki), ki prav tako ne izpolnjujejo tega pogoja, uporabili Friedmanovo dvosmerno analizo variance rangov za povezane vzorce.

Natančneje smo razlike med pari posameznih skupin podjetij za ordinalne vrednosti spremenljivk analizirali z Wilcoxonovim testom, ki za izračun p-vrednosti uporablja konzervativno Bonferronijevo korekcijo napake.



3.2 OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROUČEVANEGA VZORCA PODJETIJ

Natančno polovica od 72 anketiranih podjetij v našem vzorcu je iz predelovalnih dejavnosti, od tega največ iz proizvodnje električnih naprav (7) ter proizvodnje izdelkov iz gume in plastičnih mas (6). Po številu v vzorcu izstopajo še podjetja iz informacijskih in komunikacijskih dejavnosti (11), podjetja iz strokovnih, znanstvenih in tehničnih dejavnosti (8) ter podjetja iz dejavnosti trgovine, vzdrževanja in popravil motornih vozil (5).

Tabela 16: Sektorska sestava anketiranih podjetij – raven črkovne oznake standardne klasifikacije dejavnosti (2008)

Finančni kazalniki	Frekvence
A Kmetijstvo in lov, gozdarstvo, ribištvo	1
C Predelovalne dejavnosti	36
22 Proizvodnja izdelkov in gume in plastičnih mas	6
27 Proizvodnja električnih naprav	7
Druge predelovalne dejavnosti skupaj	23
D Oskrba z električno energijo, plinom in paro	1
E Oskrba z vodo; ravnanje z odplakami in odpadki; saniranje okolja	2
F Gradbeništvo	3
G Trgovina; vzdrževanje in popravila motornih vozil	5
I Gostinstvo	1
J Informacijske in komunikacijske dejavnosti	11
L Poslovanje z nepremičninami	2
M Strokovne, znanstvene in tehnične dejavnosti	8
Q Zdravstvo in socialno varstvo	1
S Druge dejavnosti	1
Skupaj	72

Vir: lastna anketa; n=72.

Anketirana podjetja so v letu 2021 ustvarila 4,2 mrd EUR prihodkov od prodaje, v letih 2022 in 2023 pa 4,8 mrd EUR. Število zaposlenih je v obdobju 2021–2023 ostalo zelo stabilno in je z začetnih 19.144 naraslo najprej na 19.455 in v zadnjem letu na 19.565.

V času priprave teh statistik so bili za leto 2024 na voljo podatki iz zaključnih računov le za 56 od 72 anketiranih podjetij (za leta 2021, 2022 in 2023 za 71 anketiranih podjetij). Agregatne vrednosti izbranih finančnih kazalnikov za navedena leta so razvidne iz naslednjih štirih tabel.

Tabela 17: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2021

Finančni kazalniki	Vsota	Povprečje	Std. odklon
prihodki od prodaje	4.216.885.233	59.392.750	174.934.451
bruto dodana vrednost	1.415.306.564	19.933.895	79.534.917
sredstva	4.829.224.215	68.017.242	289.082.145
število zaposlenih	19.144	270	758
neto dolg	201.832.558	2.842.712	18.448.852
stroški blaga, materiala in storitev	2.809.281.878	39.567.350	99.270.982
stroški dela	771.456.098	10.865.579	36.552.727
prosti denarni tok	393.736.023	5.624.800	47.543.911
EBITDA	698.472.598	9.837.642	44.886.878

Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2021; n=71.

Tabela 18: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2022

Finančni kazalniki	Vsota	Povprečje	Std. odklon
prihodki od prodaje	4.832.956.557	68.069.811	196.219.864
bruto dodana vrednost	1.510.244.071	21.271.043	85.037.900
sredstva	5.062.225.769	71.298.954	299.681.296
število zaposlenih	19.455	274	764
neto dolg	-37.588.911	-529.421	51.704.655
stroški blaga, materiala in storitev	3.339.758.137	47.038.847	114.968.858
stroški dela	815.063.415	11.479.766	37.974.835
prosti denarni tok	-105.890.252	-1.491.412	11.125.122
EBITDA	801.389.550	11.287.177	54.403.820

Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2022; n=71.

Tabela 19: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2023

Finančni kazalniki	Vsota	Povprečje	Std. odklon
prihodki od prodaje	4.848.450.828	68.288.040	205.943.759
bruto dodana vrednost	1.704.581.766	24.008.194	95.587.485
sredstva	5.260.506.772	74.091.645	311.342.863
število zaposlenih	19.565	276	778
neto dolg	251.701.142	3.545.087	14.761.823
stroški blaga, materiala in storitev	3.195.318.568	45.004.487	111.836.369
stroški dela	922.710.070	12.995.916	45.080.709
prosti denarni tok	426.456.471	6.006.429	41.632.194
EBITDA	754.282.845	10.623.702	48.633.928

Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023; n=71.



Tabela 20: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2024

Finančni kazalniki	Vsota	Povprečje	Std. odklon
prihodki od prodaje	4.497.172.054	80.306.644	245.312.936
bruto dodana vrednost	1.679.036.964	29.982.803	118.244.277
sredstva	4.925.511.026	87.955.554	352.156.796
število zaposlenih	17.432	311	886
neto dolg	-33.365.251	-595.808	32.973.384
stroški blaga, materiala in storitev	2.814.386.805	50.256.907	129.327.239
stroški dela	891.763.837	15.924.354	54.688.238
prosti denarni tok	241.960.276	4.399.278	20.792.990
EBITDA	811.935.243	14.498.844	64.853.064

Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2024; n=56.

Prihodki od prodaje so se v letu 2023 glede na leto 2021 povečali za 15 %, bruto dodana vrednost za 20,4 %, za podoben odstotek tudi stroški dela (19,6 %) in najmočnejše neto zadolžitev (24,7 %). Prosti denarni tok (8,3 %), EBITDA (8,0 %) in vrednost sredstev (8,9 %) so zabeležili najnižje stopnje nominalne rasti med izbranimi finančnimi kazalniki.

Tabela 21: Odstotne spremembe v izbranih finančnih kazalnikih: 2021–2023

Finančni kazalniki	Odstotne spremembe
prihodki od prodaje	15,0 %
bruto dodana vrednost	20,4 %
sredstva	8,9 %
število zaposlenih	2,2 %
neto dolg	24,7 %
stroški blaga, materiala in storitev	13,7 %
stroški dela	19,6 %
prosti denarni tok	8,3 %
EBITDA	8,0 %

Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leti 2021 in 2023; n=71.

4 KRITIČNE TEHNOLOGIJE V SLOVENSКИH PODJETJIH

Pričujoče poglavje sestavljajo trije sklopi. V prvem podajamo kratek pregled statistik odgovorov anketiranih podjetij glede njihovega razumevanja trendov na področju kritičnih tehnologij, mehanizmov spremljanja uspešnosti njihovega obvladovanja, kot tudi dejavnikov, ki spodbujajo inovacije v podjetjih in vlaganja v kritične tehnologije.

V drugem delu predstavljamo ocene anketiranih podjetij o pomenu obvladovanja izbranih tehnoloških področij in posameznih kritičnih tehnologij, kot tudi podatke o prihodkih od prodaje in številu zaposlenih v podjetjih, ki so raven obvladovanja posameznih kritičnih tehnologij ocenila kot zelo pomembno.

V tretjem delu analiziramo razlike med sedanjo, načrtovano in optimalno ravnijo obvladovanja posameznih kritičnih tehnologij. Zanima nas predvsem, na katerih tehnoloških področjih in pri katerih konkretnih kritičnih tehnologijah anketirana podjetja po njihovem mnenju že dosegajo oziroma še ne dosegajo ravni obvladovanja, ki bo potrebna v naslednjih petih letih glede na pričakovane zahteve trga (optimalna raven).

4.1 SPREMLJANJE IN UVAJANJE KRITIČNIH TEHNOLOGIJ V ANKETIRANIH PODJETJIH

Od 72 anketiranih podjetij jih je 69 odgovorilo na vprašanje o pogostnosti spremljanja globalnih trendov na področju kritičnih tehnologij. Dobra četrtina jih spremlja le občasno (26,4 %), skoraj polovica redno (48,6 %) in dobra petina ves čas (20,8 %). Tri četrtine anketiranih je tako navedlo, da redno oziroma ves čas spremljajo globalne trende na področju kritičnih tehnologij.



Tabela 22: Pogostnost spremljanja globalnih trendov na področju kritičnih tehnologij

	Frekvenca	Delež
ni odgovora	3	4,2%
občasno	19	26,4%
redno	35	48,6%
ves čas	15	20,8%
skupaj	72	100,0%

Vir: lastna anketa; n=72.

Na vprašanje o njihovem mnenju glede pomena izbranih kritičnih tehnoloških področij za uspešnost slovenskega gospodarstva nasploh so anketirani najvišje ocenili napredne tehnologije proizvodnje (2,83), napredne informacijske in komunikacijske tehnologije (2,77), umetno inteligenco (2,72), napredne energetske tehnologije (2,72), napredno robotiko ter avtonomne sisteme (2,67) napredne tehnologije na področju medicine in zdravja (2,66), napredne tehnologije materialov (2,64) in biotehnologijo (2,63).

Najnižje povprečne ocene so prejele vesoljske in napredne pogonske tehnologije (1,69), napredne tehnologije zaznavanja, merjenja časa in navigacije (2,05) ter kvantne tehnologije (2,16).

Tabela 23: Mnenja anketiranih predstavnikov slovenskih podjetij o pomenu izbranih kritičnih tehnoloških področij za uspešnost slovenskega gospodarstva v naslednjih petih letih

Tehnološka področja	n	Povpr.	Std. odklon	Mediana
1. napredne tehnologije materialov	50	2,64	,563	3,00
2. napredne tehnologije proizvodnje	52	2,83	,430	3,00
3. biotehnologija	48	2,63	,570	3,00
4. napredne informacijske in komunikacijske tehnologije	52	2,77	,425	3,00
5. umetna inteligenca	53	2,72	,533	3,00
6. napredne energetske tehnologije	53	2,72	,568	3,00
7. napredna robotika in avtonomni sistemi	54	2,67	,614	3,00
8. kvantne tehnologije	44	2,16	,680	2,00
9. vesoljske in napredne pogonske tehnologije	48	1,69	,689	2,00
10. napredne tehnologije zaznavanja, merjenja časa in navigacije	44	2,05	,680	2,00
11. napredne tehnologije na področju medicine in zdravja	53	2,66	,517	3,00

Opomba: 1 – nepomembno, 2 – malo pomembno, 3 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa; n=72.

Glede pripravljenosti slovenskega gospodarstva na hitre tehnološke spremembe in rastoči pomen kritičnih tehnologij v primerjavi z drugimi članicami EU je skoraj petina (19,4 %) anketiranih menila, da kritično zaostajamo, 44,4 %, da počasi sledimo, in dobra desetina (11,1 %), da smo na ravni povprečja EU. Natanko četrtnina anketiranih na vprašanje bodisi ni odgovorila ali pa je navedla, da odgovora na zastavljeno vprašanje ne pozna. Skoraj dve tretjini anketiranih torej meni, da slovensko gospodarstvo na področju kritičnih tehnologij zaostaja v primerjavi s povprečjem EU.

Tabela 24: Ocene pripravljenosti slovenskega gospodarstva na hitre tehnološke spremembe in rastoč pomen kritičnih tehnologij v primerjavi z drugimi državami članicami EU

	Frekvenca	Delež
ne vem	1	1,4%
kritično zaostajamo	14	19,4%
počasi sledimo	32	44,4%
smo na ravni povprečja EU	8	11,1%
smo nadpovprečni	0	0,0%
ni odgovora	17	23,6%
skupaj	72	100,0%

Vir: lastna anketa; n=72.

Najpogosteje uporabljen mehanizem spremljanja uspešnosti obvladovanja naprednih tehnologij med proučevanimi podjetji je bila analiza povratnih informacij od poslovnih partnerjev, zaposlenih in drugih deležnikov (55 podjetij), sledil je klasični benchmarking (42), zatem usposabljanje kadrov za potrebe hitre adaptacije in razvoja novih tehnologij (31), spremljanje ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) za področje obvladovanja tehnologij (27) ter na zadnjem mestu revizorji in zunanji svetovalci (18).



Tabela 25: Mehanizmi spremljanja uspešnosti obvladovanja naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih

Mehanizmi spremljanja	Frekvenca	Delež
ključni kazalniki uspešnosti (KPI) za področje obvladovanja tehnologij	27	37,5%
analiza povratnih informacij (poslovni partnerji, zaposleni, drugi deležniki)	55	76,4%
benchmarking (primerjave z najboljšimi konkurenti)	42	58,3%
usposabljanje kadrov za potrebe hitre adaptacije ali razvoja novih tehnologij	31	43,1%
zunanji revizorji in svetovalci (analiza podatkov, notranjih procesov, implementacija novih tehnologij, predlogi za izboljšave)	18	25,0%
drugo	3	4,2%

Vir: lastna anketa; n=72.

Dobra desetina (11,1 %) anketiranih podjetij je navedla, da kritičnim tehnologijam ne namenja nobenih sredstev iz svojih proračunov za raziskave in razvoj. Največji delež anketiranih (45,8 %) je navedel, da za ta namen porabi več od nič in manj kot 5 % celotnega proračuna za raziskave in razvoj, več kot petino celotnega proračuna pa za ta namen porabi slaba desetina anketiranih podjetij (9,7 %). Delež podjetij, ki za ta namen namenja med 5 % in vključno 9,9 %, je bil 13,9 %, med 10 % in 19,9 % pa 15,3 %. Vsaj 84,7 % oziroma 61 anketiranih podjetij torej vlaga vsaj v eno od kritičnih tehnologij.

Tabela 26: Deleži proračunov za raziskave in razvoj anketiranih podjetij, ki ga ta namenjajo kritičnim tehnologijam

	Frekvenca	Delež
ni odgovora	3	4,2%
0 %	8	11,1%
do 4,9 %	33	45,8%
5 % - 9,9 %	10	13,9%
10 % - 19,9 %	11	15,3%
20 % ali več	7	9,7%
skupaj	72	100,0%

Vir: lastna anketa; n=72.

Iz naslednje tabele je razvidno, da sta najpogostejša dejavnika, ki v podjetjih spodbujata inovacije, spremembe v potrebah in povpraševanju kupcev ter tehnološki napredek znanosti in konkurentov. Konkurenčni pritiski v ožjem smislu (cena, kakovost, trg ...) imajo nekoliko manj pogosto bistven vpliv na inovativnost anketiranih podjetij.

Tabela 27: Dejavniki, ki največkrat spodbudijo inovacije v podjetjih

Dejavniki		Nikoli	Redko	Pogosto	Vedno
spremembe v potrebah in povpraševanju kupcev	frekv.	1	6	37	24
	delež	1,4%	8,3%	51,4%	33,3%
konkurenčni pritiski	frekv.	1	16	38	11
	delež	1,4%	22,2%	52,8%	15,3%
tehnološki napredek znanosti in konkurentov	frekv.	0	8	35	25
	delež	0,0%	11,1%	48,6%	34,7%

Vir: lastna anketa; n=72.

Med dejavniki, ki bi po mnenju anketiranih lahko negativno vplivali na njihove načrte in realizacijo obvladovanja kritičnih tehnologij, so ti s povprečnimi ocenami nad tri izpostavili negotovost uspeha na trgu (3,04), pomanjkanje ustreznega raziskovalno-razvojnega in/ali proizvodnega kadra (3,04) ter pomanjkanje finančnih sredstev za investicije v aplikacijo razvitih kritičnih tehnologij v poslovanje podjetja (3,02). S povprečno oceno 2,96 je bilo pomanjkanje finančnih sredstev za raziskave in razvoj naprednih tehnologij na četrtem mestu.

Najmanj težav anketirani vidijo v možnosti nesoglasij med vodstvenimi delavci (ki so sicer tudi odgovarjali na anketna vprašanja, zato so odgovori na to vprašanje lahko pristranski; 2,18), v morebitnem nestrinjanju lastnikov oziroma investorjev glede potrebe po raziskavah in razvoju naprednih tehnologij (2,27) ter v omejitvah pravne regulative na lokacijah poslovanja anketiranih podjetij izven Slovenije (2,21) in tudi v Sloveniji (2,38).

Tabela 28: Dejavniki, ki bi po mnenju anketiranih podjetij lahko negativno vplivali na njihove načrte in realizacijo obvladovanja kritičnih tehnologij

Dejavniki	n	Povpr.	Std. odklon	Mediana
pomanjkanje finančnih sredstev za raziskave in razvoj naprednih tehnologij	56	2,96	0,808	3,00
pomanjkanje finančnih sredstev za investicije v aplikacijo razvitih naprednih tehnologij v poslovanje podjetja	55	3,02	0,805	3,00
negotovost tehnološko uspešnega zaključka raziskav in razvoja na področju izbranih tehnologij	56	2,77	0,687	3,00
negotovost glede obsega stroškov raziskav in razvoja do zaključka	56	2,70	0,570	3,00
negotovost uspeha na trgu (povpraševanje, konkurenčne tehnološke rešitve, konkurenti ...)	56	3,04	0,713	3,00
težavnost dostopa do ustreznih prodajnih trgov (zaprtost, omejitve, monopoli)	56	2,77	0,809	3,00



Dejavniki	n	Povpr.	Std. odklon	Mediana
podcenjevanje potrebnih sredstev za vstop na ciljne trge	56	2,46	0,687	2,50
pomanjkanje trženjskih znanj in izkušenj	55	2,55	0,715	3,00
pomanjkanje znanj o novih inovativnih poslovnih modelih	55	2,44	0,739	2,00
nesoglasja med vodstvenimi delavci glede potrebe po vlaganjih v napredne tehnologije	56	2,18	0,974	2,00
nestrinjanje lastnikov / investorjev glede potrebe po raziskavah in razvoju naprednih tehnologij	56	2,27	1,018	2,00
pomanjkanje ustreznega raziskovalno-razvojnega in/ali ustreznega proizvodnega kadra	56	3,04	0,631	3,00
omejitve pravne regulative v Sloveniji	56	2,38	0,865	2,00
omejitve pravne regulative na drugih lokacijah vašega poslovanja (razen Slovenije)	56	2,21	0,780	2,00
pomanjkanje dobrih praks za sodelovanje v raziskavah in razvoju z zunanjimi partnerji	56	2,61	0,779	3,00
drugo (opis): digitalna zrelost potencialnih strank (kakovost podatkov)	2	2,50	2,121	2,50
drugo (opis): nedefinirano	2	1,00		1,00

Vir: lastna anketa; n=72.

Glede pomena podpornih mehanizmov in drugih dejavnikov okolja, ki vplivajo na uspešnost raziskovalno-razvojnih aktivnosti podjetij pri njihovem obvladovanju kritičnih tehnologij, so ta z ocenami nad tri izpostavila predvsem debirokratizacijo na vse ravneh (3,07) ter davčne spodbude za raziskave in razvoj (3,05).

Najmanj koristi anketirani vidijo v spodbujanju priliva ustrezno usposobljenih kadrov iz tujine (2,29), spodbujanju vloge tveganega kapitala, poslovnih angelov, množičnega financiranja in sorodnih mehanizmov (2,48), stimulaciji zgodnjih trgov (2,53), vključevanju Slovenije v velike mednarodne projekte prek članstev v mednarodnih institucijah in projektih (2,54), osveščanju in izobraževanju javnosti o novih tehnologijah in pričakovanih učinkih (2,57) ter povečevanju razpoložljive napredne raziskovalne infrastrukture (laboratoriji, oprema, tehnološki parki; 2,57).

Tabela 29: Pomen podpornih mehanizmov in drugih dejavnikov okolja za uspešnost raziskovalno-razvojnih aktivnosti anketiranih podjetij pri njihovem obvladovanju kritičnih tehnologij

Podporni mehanizmi in dejavniki okolja	n	Povpr.	Std. odklon	Mediana
finančna podpora raziskavam in razvoju iz javnih sredstev (EU in Slovenija)	56	2,82	0,834	3,00
debirokratizacija na vseh ravneh	56	3,07	0,684	3,00
davčne spodbude za raziskave in razvoj	56	3,05	0,672	3,00
hitrejše vzpostavljanje potrebnih standardov za razvoj in aplikacijo novih tehnologij	56	2,73	0,726	3,00
hitrejše posodobitve pravne regulative, ki naslavlja nove napredne tehnologije	56	2,64	0,773	3,00
zadosten priliv ustrezno usposobljenih kadrov z univerz in raziskovalnih inštitutov	56	2,93	0,735	3,00
zadosten priliv ustrezno usposobljenih kadrov iz tujine	55	2,29	0,685	2,00
podpora izobraževanju in usposabljanju zaposlenih v podjetjih in raziskovalnih institucijah	55	2,71	0,629	3,00
osveščanje in izobraževanje javnosti o novih tehnologijah ter pričakovanih učinkih	56	2,57	0,684	3,00
stimulacija zgodnjih trgov	55	2,53	0,790	3,00
podpora demonstracijskim/pilotnim projektom	55	2,76	0,744	3,00
vključevanje Slovenije v velike mednarodne projekte prek članstev v mednarodnih institucijah in projektih	56	2,54	0,934	3,00
spodbujanje povezovanja z drugimi podjetji, raziskovalnimi ustanovami in mednarodnimi partnerji	56	2,63	0,799	3,00
spodbujanje vloge tveganega kapitala, poslovnih angelov, množičnega financiranja in sorodnih mehanizmov	54	2,48	0,906	3,00
razpoložljivost napredne raziskovalne infrastrukture (laboratoriji, oprema, tehnološki parki ...)	51	2,57	0,781	3,00
drugo	3	1,00	0	1,00

Vir: lastna anketa; n=72.

4.2 POTENCIALI OBVLADOVANJA KRITIČNIH TEHNOLOŠKIH PODROČIJ IN TEHNOLOGIJ V ANKETIRANIH PODJETJIH

Anketirana podjetja so kot zelo pomembno tehnološko področje za njihovo podjetje v naslednjih petih letih največkrat ocenili informacijske in komunikacijske tehnologije (47), umetno inteligenco (44), napredne tehnologije proizvodnje (41),



napredne energetske tehnologije (35), robotiko in avtonomne sisteme (34) ter napredne tehnologije materialov (33).

Biotehnologijo sta z visokim pomenom ocenili le dve anketirani podjetji, napredne tehnologije zaznavanja, merjenja časa in navigacije pet podjetij, vesoljske in pogonske tehnologije šest podjetij ter kvantne tehnologije osem. Nizko število visokih ocen pomena za njihova podjetja je prejelo tudi področje naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja (10 podjetij).

Na splošno velja izpostaviti, da je pripisan pomen posameznim kritičnim tehnološkim področjem v veliki meri (vendar različno) lahko posledica same primarne dejavnosti anketiranega podjetja. Medtem ko so informacijske in komunikacijske tehnologije ali umetna inteligenca lahko splošno uporabne ne glede na dejavnost podjetja (proizvodna in storitvena), pa je na primer področje medicine in zdravja že precej bolj specifično in načeloma aktualno predvsem za podjetja, ki že delujejo neposredno na tem področju.

Tabela 30: Ocena pomembnosti izbranih tehnoloških področij za anketirana podjetja v naslednjih petih letih

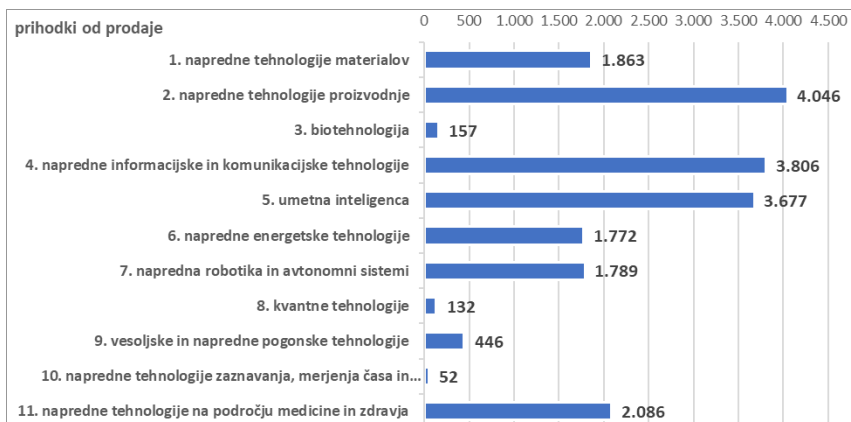
		Ni pomembno	Malo pomembno	Zelo pomembno
1. napredne tehnologije materialov	frekv.	14	21	33
	delež	19,4%	29,2%	45,8%
2. napredne tehnologije proizvodnje	frekv.	14	14	41
	delež	19,4%	19,4%	56,9%
3. biotehnologija	frekv.	43	19	2
	delež	59,7%	26,4%	2,8%
4. napredne informacijske in komunikacijske tehnologije	frekv.	0	21	47
	delež	0,0%	29,2%	65,3%
5. umetna inteligenca	frekv.	0	25	44
	delež	0,0%	34,7%	61,1%
6. napredne energetske tehnologije	frekv.	11	22	35
	delež	15,3%	30,6%	48,6%
7. napredna robotika in avtonomni sistemi	frekv.	12	23	34
	delež	16,7%	31,9%	47,2%
8. kvantne tehnologije	frekv.	42	16	8
	delež	58,3%	22,2%	11,1%
9. napredne vesoljske in pogske tehnologije	frekv.	51	9	6
	delež	70,8%	12,5%	8,3%
10. napredne tehnologije zaznavanja in merjenja časa, navigacija	frekv.	40	20	5
	delež	55,6%	27,8%	6,9%
11. napredne tehnologije na področju medicine in zdravja	frekv.	48	8	10
	delež	66,7%	11,1%	13,9%

Vir: lastna anketa; n=72.

Iz naslednje slike je razvidno, da so tehnološka področja z največjim številom podjetij, ki so svoje obvladovanje ocenila kot zelo pomembno, imela tudi največje vrednosti prihodkov od prodaje. Vendar pa se navedenim šestim tehnološkim področjem po merilu prihodkov od prodaje pridružujejo še napredne tehnologije na področju medicine in zdravja, ki imajo sicer le 10 predstavnikov v našem vzorcu (nadopovprečno velika podjetja).



Slika 1: Prihodki od prodaje podjetij, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023, v mio EUR)

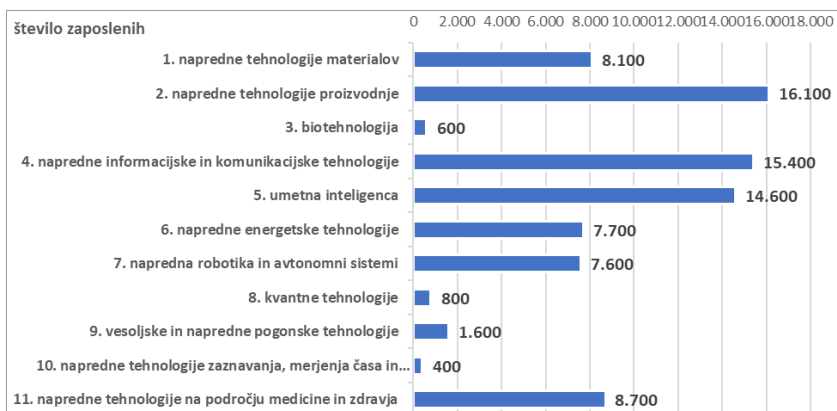


Opomba: posamezno podjetje je lahko izbralo tudi več kot eno tehnološko področje.

Vir: lastna anketa; n=71.

Enako velja tudi za število zaposlenih, kjer se šestih tehnoloških področjem z največjim številom predstavnikom v našem vzorcu, ravno tako pridružuje še področje medicine in zdravja.

Slika 2: Število zaposlenih v podjetjih, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023)



Opomba: posamezno podjetje je lahko izbralo tudi več kot eno tehnološko področje.

Vir: lastna anketa; n=71.

EBITDA (prihodki pred obrestmi, davki in amortizacijo) je eno od meril dobičkonosnosti podjetja, ki omogoča vpogled v to, koliko denarnega toka

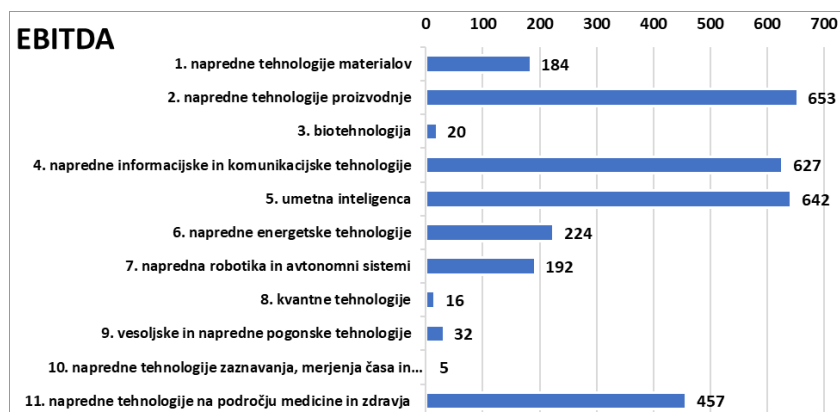
podjetje ustvari iz rednega poslovanja, ne da bi bile številke izkrivljene zaradi razlik v davčnih stopnjah, računovodskih praksah ali strukturah financiranja poslovanja. Večji EBITDA praviloma pomeni več notranjih virov za financiranje tudi razvojnih dejavnosti in tehnoloških investicij.

Iz naslednje slike je razvidno, da je po tem merilu največji investicijskih potencial na razpolago v naprednih tehnologijah proizvodnje (653 mio EUR), umetni inteligenci (642 mio EUR), naprednih informacijskih in telekomunikacijskih tehnologijah (627 mio EUR) ter na področju medicine in zdravja (457 mio EUR).

Potencial je prepričljivo najmanjši na področju naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije (5 mio EUR), kvantnih tehnologij (16 mio EUR), biotehnologiji (20 mio EUR) ter vesoljskih in naprednih pogonskih tehnologijah (32 mio EUR).

Pomemben potencial na ravni okrog 200 mio EUR imajo še napredne energetske tehnologije (224 mio EUR), napredna robotika in avtonomni sistemi (192 mio EUR) ter napredne tehnologije materialov (184 mio EUR).

Slika 3: EBITDA podjetij, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023, v mio EUR)



Opomba: posamezno podjetje je lahko izbralo tudi več kot eno tehnološko področje.

Vir: lastna anketa; n=71.

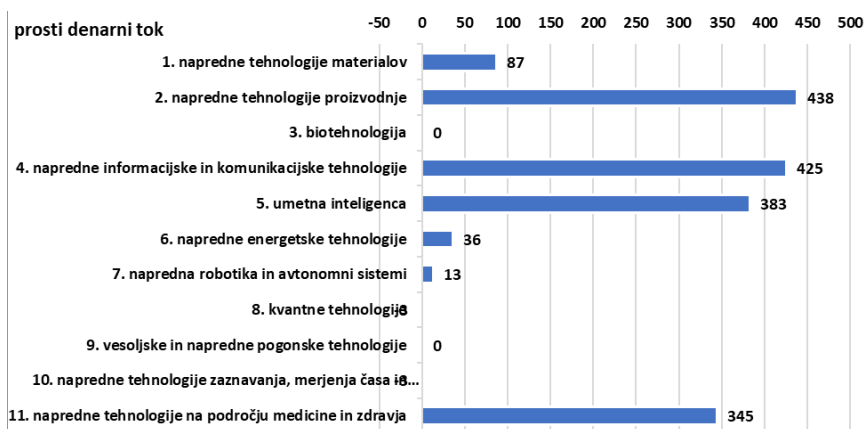
Prosti denarni tok je s stališča razpoložljivosti sredstev za vlaganja v nove tehnologije, raziskave in razvoj ter morebitne strateške akvizicije še strožji kazalnik od EBITDA in nam pove, koliko denarja podjetju dejansko ostane po vseh



operativnih izdatkih in investicijah v osnovna sredstva, ki so potrebna za vzdrževanje poslovanja.

Iz naslednje slike je razvidno, da imajo v seštevku pozitiven prosti denarni tok le podjetja, ki so kot ključna identificirala naslednja tehnološka področja: napredne tehnologije proizvodnje (438 mio EUR), napredne informacijske in komunikacijske tehnologije (425 mio EUR), umetna inteligenca (383 mio EUR), medicina in zdravje (345 mio EUR), napredne tehnologije materialov (87 mio EUR), napredne energetske tehnologije (36 mio EUR) ter napredna robotika in avtonomni sistemi (13 mio EUR).

Slika 4: Prosti denarni tok podjetij, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023, v mio EUR)



Opomba: posamezno podjetje je lahko izbralo tudi več kot eno tehnološko področje.

Vir: lastna anketa; n=71.

Na osnovi vrednosti predstavljenih kazalnikov (število podjetij, prihodki od prodaje, število zaposlenih, EBITDA in prosti denarni tok) ugotavljamo, da je največji investicijski in človeški potencial za vlaganja v kritične tehnologije in njihovo implementacijo na voljo za naslednja tehnološka področja:

- napredne proizvodne tehnologije,
- napredne informacijske in komunikacijske tehnologije,
- umetna inteligenca,
- napredne tehnologije na področju medicine in zdravja,
- napredne energetske tehnologije,
- napredna robotika in avtonomni sistemi ter
- napredne tehnologije materialov.

4.2.1 Proučevana podjetja in kritične tehnologije po posameznih tehnoloških področjih

Anketirani predstavniki podjetij, ki so obvladovanje enega ali več od enajstih tehnoloških področij označili kot zelo pomembno za poslovanje njihovih podjetij v naslednjih petih letih, so imeli možnost oceniti tudi pomen obvladovanja posameznih konkretnih tehnologij znotraj teh tehnoloških področij. Anketirani, ki so za posamezno tehnološko področje navedli, da to za njihovo podjetje ni pomembno ali da je malo pomembno, tega dela poglobljene ankete niso izpolnjevali.

4.2.1.1 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij materialov

Od 33 anketiranih, ki so obvladovanje tehnološkega področja naprednih tehnologij materialov ocenili z zelo pomembno, jih je 32 tudi natančneje ocenjevalo pomen obvladovanja posameznih konkretnih tehnologij na tem tehnološkem področju. Skoraj polovica od teh podjetij je kot zelo pomembno označila reciklirane in trajnostne materiale (16) ter napredne (funkcionalne) premaze (vključno z nanostrukturiranimi premazi) (16), ki so jim sledili še: nanomateriali (15), pametni materiali (14), napredni kompozitni materiali (14) in materiali za 3D tiskanje (13).



Tabela 31: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV

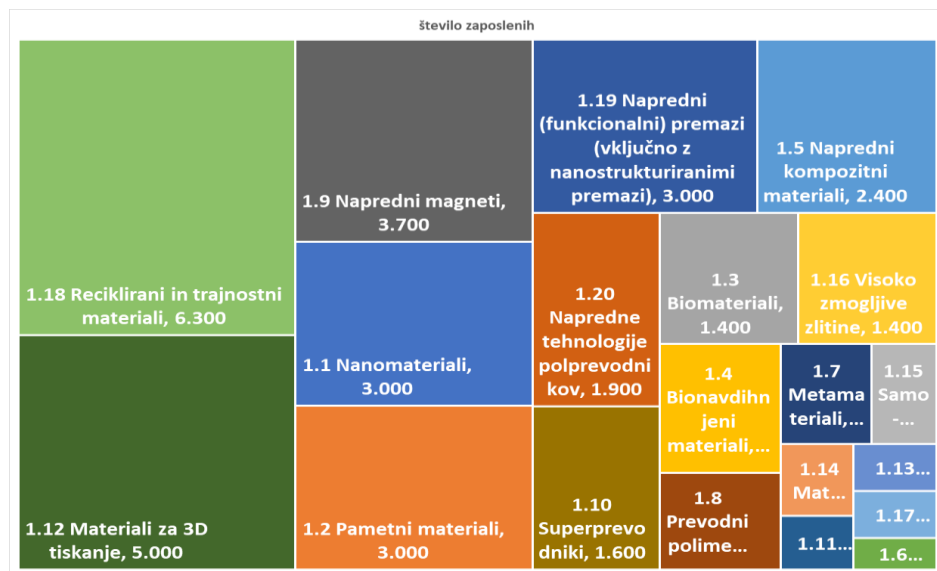
	Tehnologije	0	1	2	Σ
1.1	Nanomateriali	7	10	15	32
1.2	Pametni materiali	7	10	14	31
1.3	Biomateriali	13	12	6	31
1.4	Bionavdihnjeni materiali	13	12	6	31
1.5	Napredni kompozitni materiali	5	11	14	30
1.6	Grafen in ogljikove nanocevke	17	9	5	31
1.7	Metamateriali	15	8	8	31
1.8	Prevodni polimeri	13	10	8	31
1.9	Napredni magneti	16	7	9	32
1.10	Superprevodniki	14	10	7	31
1.11	Napredna eksplozivna in energijska sredstva	21	8	2	31
1.12	Materiali za 3D tiskanje	9	10	13	32
1.13	Aerogeli	16	12	3	31
1.14	Materiali s spremembo faze	16	13	2	31
1.15	Samo-popravljivi materiali	14	12	5	31
1.16	Visoko zmogljive zlitine	11	11	9	31
1.17	Keramični matrični kompoziti	12	14	5	31
1.18	Reciklirani in trajnostni materiali	3	13	16	32
1.19	Napredni (funkcionalni) premazi (vključno z nanostrukturiranimi premazi)	6	10	16	32
1.20	Napredne tehnologije polprevodnikov	10	13	8	31
1.21	Drugo	0	1	0	1

Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

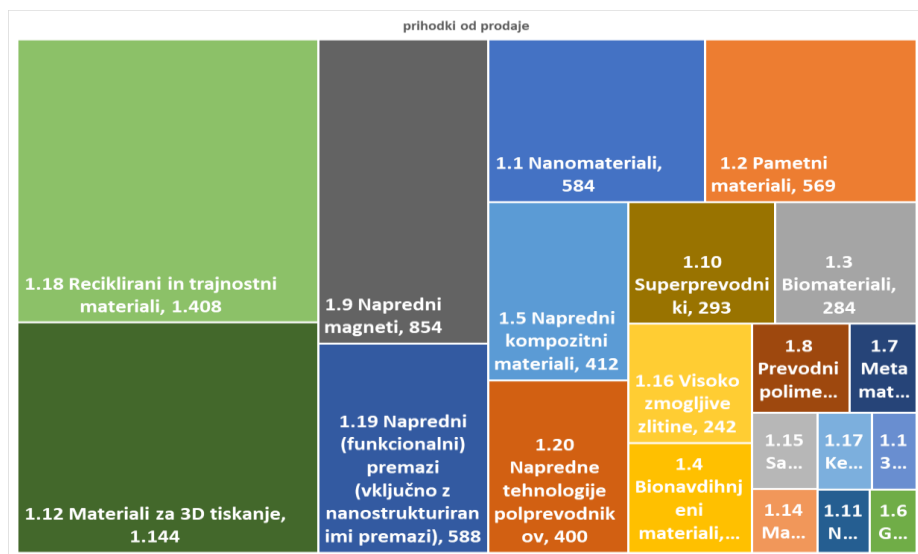
Iz naslednjih dveh slik sta razvidna še človeški (število zaposlenih) in trženjski (prihodki od prodaje) potencial anketiranih podjetij po posameznih tehnologijah. Ta se v veliki meri prekriva s številom podjetij po tehnologijah. Z relativno visokimi deleži izstopajo še napredni magneti, napredni kompozitni materiali in napredne tehnologije polprevodnikov.

Slika 5: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij materialov (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 6: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij materialov (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.



4.2.1.2 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij proizvodnje

41 anketiranih je obvladovanje naprednih tehnologij proizvodnje ocenilo kot zelo pomembno za njihovo podjetje, pri čemer so po visokem številu podjetij izstopale predvsem naslednje kritične tehnologije: fleksibilni proizvodni sistemi (26), pametna proizvodnja (25), napredna robotika (22), trajnostni proizvodni postopki (21), avtomatizirani sistemi za sestavljanje (20), dobavna veriga 4.0 (19), tehnologija digitalnih dvojnikov (18) in napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami (17).

Tabela 32: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE

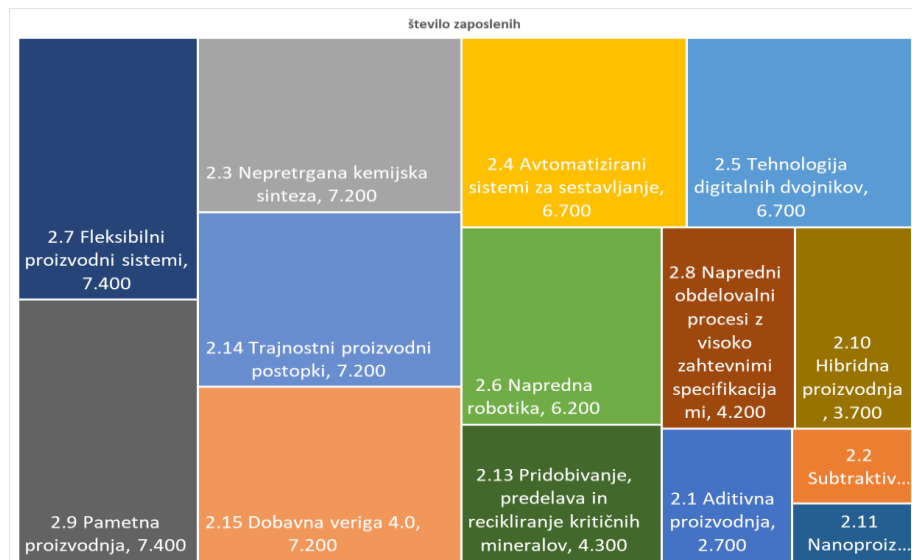
	Tehnologije	0	1	2	Σ
2.1	Aditivna proizvodnja	15	13	9	37
2.2	Subtraktivna proizvodnja	18	13	5	36
2.3	Nepretrgana kemijska sinteza	24	10	2	36
2.4	Avtomatizirani sistemi za sestavljanje	9	7	20	36
2.5	Tehnologija digitalnih dvojnikov	8	11	18	37
2.6	Napredna robotika	3	10	22	35
2.7	Fleksibilni proizvodni sistemi	1	9	26	36
2.8	Napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami	8	11	17	36
2.9	Pametna proizvodnja	2	9	25	36
2.10	Hibridna proizvodnja	7	16	13	36
2.11	Nanoproizvodnja	20	13	3	36
2.12	Bioproizvodnja	0	0	0	0
2.13	Pridobivanje, predelava in recikliranje kritičnih mineralov	16	10	11	37
2.14	Trajnostni proizvodni postopki	2	14	21	37
2.15	Dobavna veriga 4.0	4	14	19	37
2.16	Drugo	1	0	0	1

Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Iz naslednjih slik sta razvidna človeški in trženjski potencial anketiranih podjetij po posameznih kritičnih tehnologijah. Ta se v veliki meri prekriva s številom podjetij po tehnologijah, z relativno visokimi deleži pa izstopata še nepretrgana kemijska sinteza ter pridobivanje, predelava in recikliranje kritičnih mineralov.

Slika 7: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij proizvodnje (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 8: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij proizvodnje (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.



4.2.1.3 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju biotehnologije

Obvladovanje tehnološkega področja biotehnologije sta kot zelo pomembno označili le dve anketirani podjetji, ki sta po enkrat izpostavili naslednje štiri konkretne tehnologije: tehnologije urejanja genov, bioproizvodnja, kmetijska biotehnologija in okoljska biotehnologija.

Tabela 33: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: BIOTEHNOLOGIJA

	Tehnologije	0	1	2	Σ
3.1	Tehnologije urejanja genov	0	1	1	2
3.2	Sintetična biologija	0	2	0	2
3.3	Bioproizvodnja	0	1	1	2
3.4	Personalizirana medicina	2	0	0	2
3.5	Nova zdravila proti okužbam	2	0	0	2
3.6	Tehnologija matičnih celic	1	1	0	2
3.7	Biološki farmacevtski izdelki	1	1	0	2
3.8	Tehnologije mikrobioma	1	1	0	2
3.9	Napredna jedrska medicina in radioterapija	1	1	0	2
3.10	Proteomika	1	1	0	2
3.11	Bioinformatika	1	1	0	2
3.12	Inženiring tkiv	2	0	0	2
3.13	Nanobiotehnologija	2	0	0	2
3.14	Vakcinologija	2	0	0	2
3.15	Kmetijska biotehnologija	1	0	1	2
3.16	Genski pogon	1	1	0	2
3.17	Transgenska tehnologija	0	2	0	2
3.18	Okoljska biotehnologija	1	0	1	2
3.19	Drugo	0	0	0	0

Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Anketirani podjetji skupaj zaposlujeta skoraj 600 oseb, njuni prihodki pa presegajo 150 mio EUR. Največji potencial (višina prihodkov in število zaposlenih) ima bioproizvodnja (natančnih podatkov zaradi varovanja identitete anketiranih podjetij ne navajamo).

4.2.1.4 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij

Obvladovanje tehnološkega področja naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij je kot zelo pomembno ocenilo 47 anketiranih podjetij. Največ jih je med naštetimi kritičnimi tehnologijami izbralo tehnologije kibernetске varnosti (38), računalništvo v oblaku (32), umetno inteligenco v komunikacijah (31), internet stvari (30), tehnologije interakcije človek-računalnik (27) ter tehnologije 5G in 6G (19).

Tabela 34: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE

	Tehnologije	0	1	2	Σ
4.1	Tehnologije 5G in 6G	8	16	19	43
4.2	Internet stvari	5	7	30	42
4.3	Umetna inteligenca v komunikacijah	3	8	31	42
4.4	Tehnologija veriženja blokov	13	22	8	43
4.5	Kvantna komunikacija	23	14	6	43
4.6	Programsko definirano omrežje	8	23	12	43
4.7	Virtualizacija omrežnih funkcij	11	16	15	42
4.8	Razširjena resničnost	14	19	10	43
4.9	Robno računalništvo	14	17	11	42
4.10	Satelitski internet	22	16	5	43
4.11	Poenotene komunikacije	11	19	12	42
4.12	Tehnologije kibernetске varnosti	1	3	38	42
4.13	Računalništvo v oblaku	1	10	32	43
4.14	Interakcija človek-računalnik	5	11	27	43
4.15	Polprevodniki s široko in ultra široko pasovno vrzeljo	22	14	6	42
4.16	Visoko zmogljivo računalništvo	11	16	16	43
4.17	Mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture	7	19	16	42
4.18	Drugo	0	1	0	1

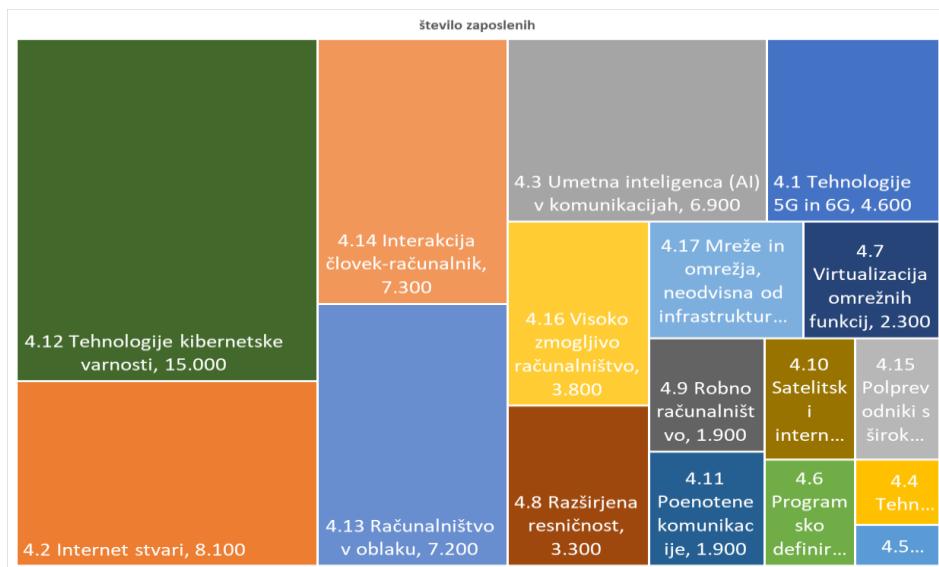
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Iz naslednjih dveh slik sta razvidna človeški in trženjski potencial anketiranih podjetij po posameznih tehnologijah. Ta se v veliki meri prekriva s številom podjetij po tehnologijah.

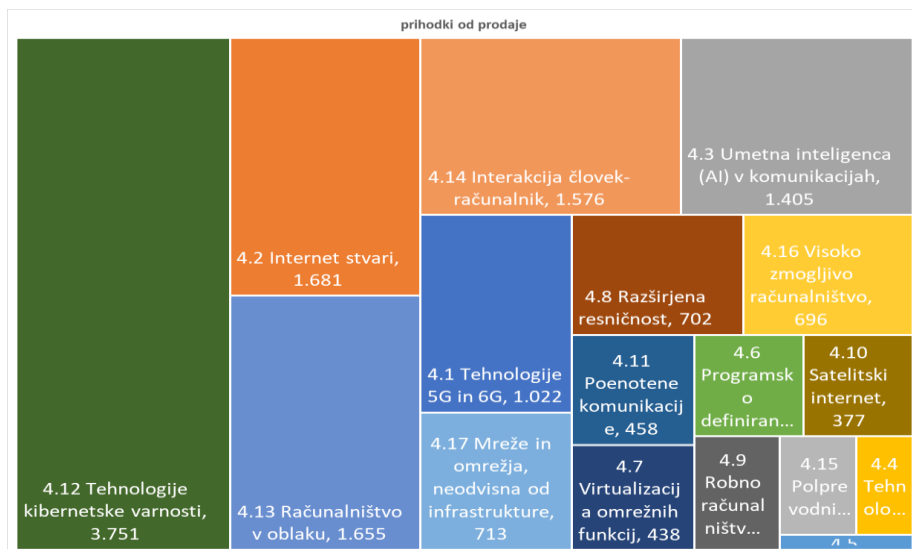


Slika 9: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 10: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.5 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju umetne inteligence

Tehnološko področje umetne inteligence je kot zelo pomembno za obvladovanje s strani njihovih podjetij ocenilo 44 anketiranih predstavnikov podjetij. Med konkretnimi tehnologijami s področja umetne inteligence so anketirani največkrat kot zelo pomembne za njihovo poslovanje v naslednjih petih letih ocenili strojno učenje (35), računalniški vid, podprt z umetno inteligenco (30), napredno analitiko podatkov (30), razložljivo umetno inteligenco (22), spodbujevalno učenje (21), avtonomne pogovorne agente (20), robotiko, podprto z umetno inteligenco (19), ter učenje s prenosom (18).

Tabela 35: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: UMETNA INTELIGENCA

	Tehnologije	0	1	2	Σ
5.1	Strojno učenje	2	4	35	41
5.2	Obdelava naravnega jezika	8	17	16	41
5.3	Spodbujevalno učenje	9	11	21	41
5.4	Nevro-simbolna umetna inteligence	14	13	14	41
5.5	Avtonomni pogovorni agenti	9	12	20	41
5.6	Generativna kontradiktorna omrežja	16	19	6	41
5.7	Razložljiva umetna inteligence	3	15	22	40
5.8	Računalniški vid, podprt z umetno inteligenco	3	8	30	41
5.9	Distribuirano učenje	9	18	13	40
5.10	Robotika, podprta z umetno inteligenco	6	16	19	41
5.11	Učenje s prenosom	5	18	18	41
5.12	Inteligence rojev	17	19	5	41
5.13	Pospeševalniki strojne opreme za umetno inteligenco	17	12	12	41
5.14	Napredna analitika podatkov	1	10	30	41
5.15	Napredna zasnova in izdelava integriranih vezij	22	12	7	41
5.16	Zavajajoča umetna inteligence	17	14	9	40
5.17	Drugo	1	0	0	1

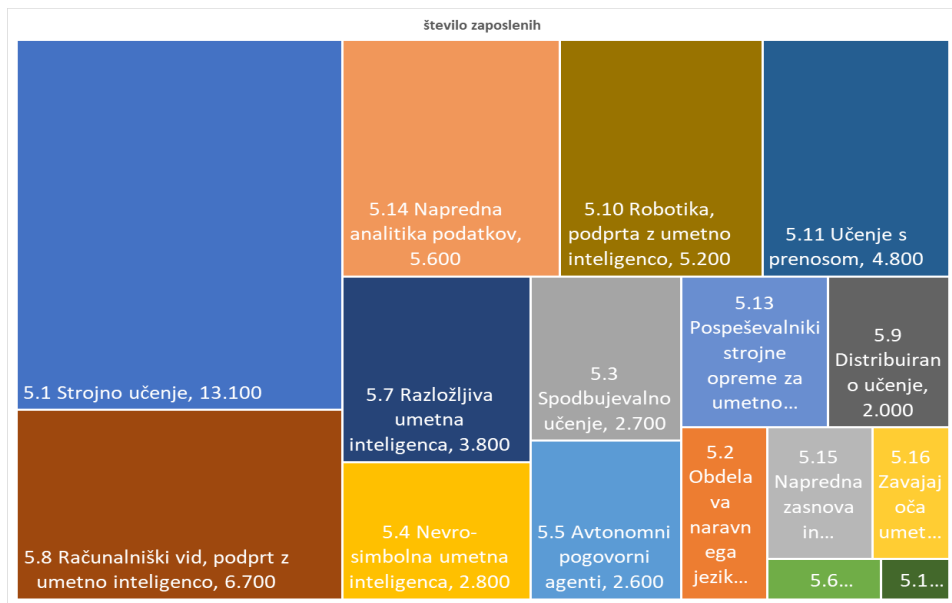
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Iz naslednjih dveh slik sta razvidna človeški in trženjski potencial anketiranih podjetij po posameznih tehnologijah.

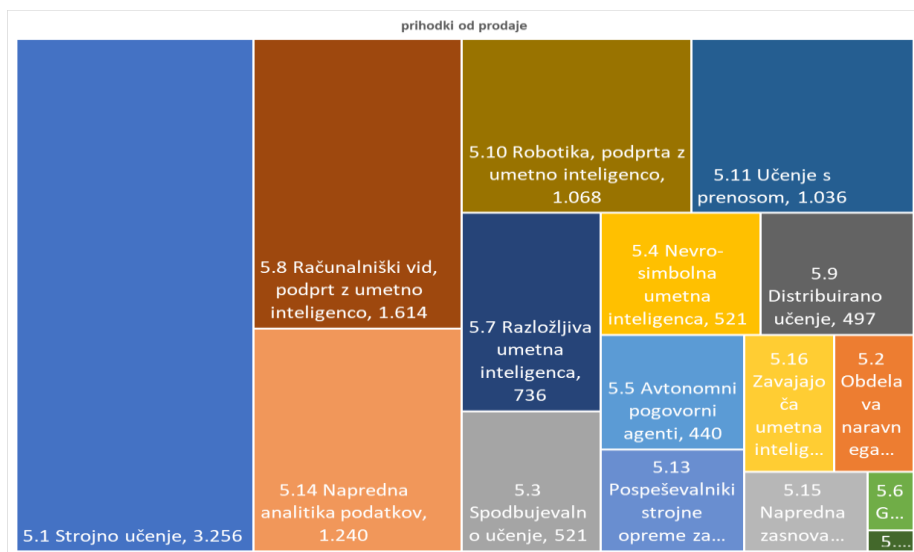


Slika 11: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja umetne inteligence (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 12: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja umetne inteligence (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.6 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih energetske tehnologij

Obvladovanje tehnološkega področja naprednih energetske tehnologij je kot zelo pomembno za njihovo podjetje ocenilo 35 anketiranih predstavnikov podjetij. Med konkretnimi kritičnimi tehnologijam s tega področja je največ anketiranih izbralo pametna omrežja in shranjevanje energije (22), električne baterije naslednje generacije (20), novo generacijo fotovoltaike (15), tehnologije za zajemanje energije iz okolja (14), usmerjene energetske tehnologije (12) ter vodik, amonijak in nova goriva (11).

Tabela 36: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

	Tehnologije	0	1	2	Σ
6.1	Električne baterije naslednje generacije	4	10	20	34
6.2	Vodik, amonijak in nova goriva	10	13	11	34
6.3	Tehnologije jedrske cepitve	23	8	2	33
6.4	Tehnologije jedrske fuzije	23	7	3	33
6.5	Pametna omrežja in shranjevanje energije	1	11	22	34
6.6	Upravljanje in reciklaža jedrskih odpadkov	26	5	2	33
6.7	Nova generacija fotovoltaike	5	14	15	34
6.8	Superkondenzatorji	12	11	9	32
6.9	Usmerjene energetske tehnologije	10	11	12	33
6.10	Tehnologije za zajemanje energije iz okolja	3	16	14	33
6.11	Drugo	0	0	1	1

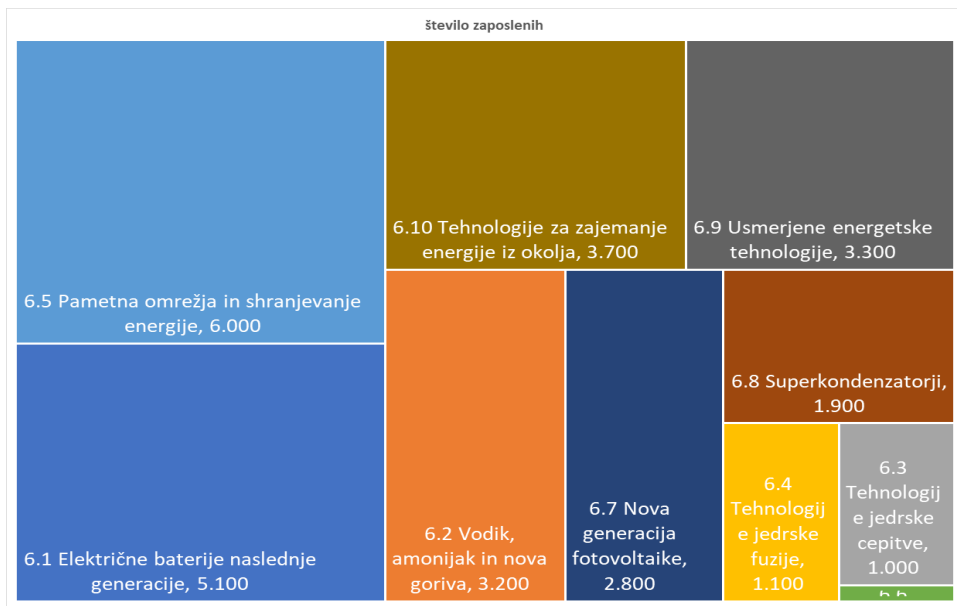
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Trženjski in človeški potencial po posameznih kritičnih tehnologijah sta razvidna iz naslednjih dveh slik. Izstopajo predvsem električne baterije naslednje generacije ter pametna omrežja in shranjevanje energije (enako kot po številu podjetij), ki jim z večjimi deleži sledijo še tehnologije za zajemanje energije iz okolja, usmerjene energetske tehnologije ter vodik, amonijak in nova goriva.

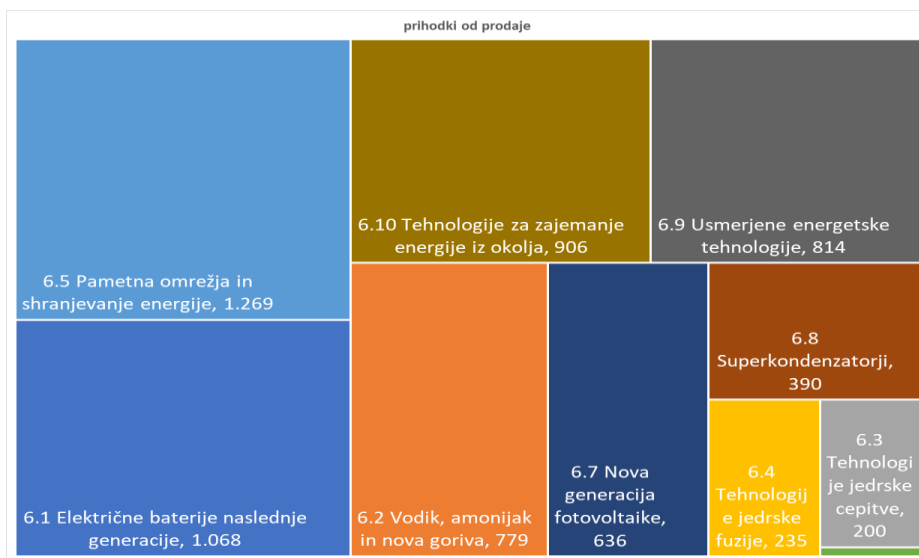


Slika 13: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih energetskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 14: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih energetskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.7 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju napredne robotike in avtonomnih sistemov

Napredno robotiko in avtonomne sisteme oziroma njihovo obvladovanje je kot zelo pomembno ocenilo 34 anketiranih podjetij. Med konkretnimi tehnologijam s tega tehnološkega področja so anketirani največkrat izbrali sodelovalne robote (20), avtomatizacijo procesov z boti (18), robotizirane sisteme vida (18), avtonomne mobilne robote (17) in tehnologije delovanja avtonomnih sistemov (12).

Tabela 37: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNA ROBOTIKA IN AVTONOMNI SISTEMI

	Tehnologije	0	1	2	Σ
7.1	Sodelovalni roboti	3	8	20	31
7.2	Avtonomni mobilni roboti	4	9	17	30
7.3	Avtomatizacija procesov z boti	5	7	18	30
7.4	Humanoidni roboti	13	8	9	30
7.5	Mehka robotika	13	8	9	30
7.6	Roji robotov	14	12	4	30
7.7	Eksoskeleti	16	13	1	30
7.8	Robotizirani sistemi vida	5	7	18	30
7.9	Droni in vozila	13	11	6	30
7.10	Tehnologije delovanja avtonomnih sistemov	8	10	12	30
7.11	Drugo	2	0	0	2

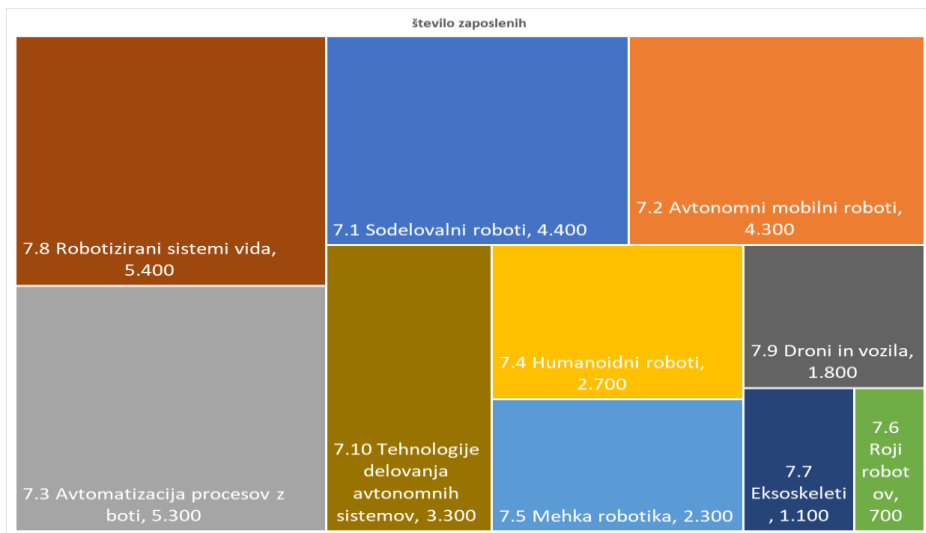
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Največje prihodke in število zaposlenih imajo prva štiri področja z največjim številom podjetij, relativno visok delež pa imajo tudi tehnologije delovanja avtonomnih sistemov, humanoidni roboti in mehka robotika.

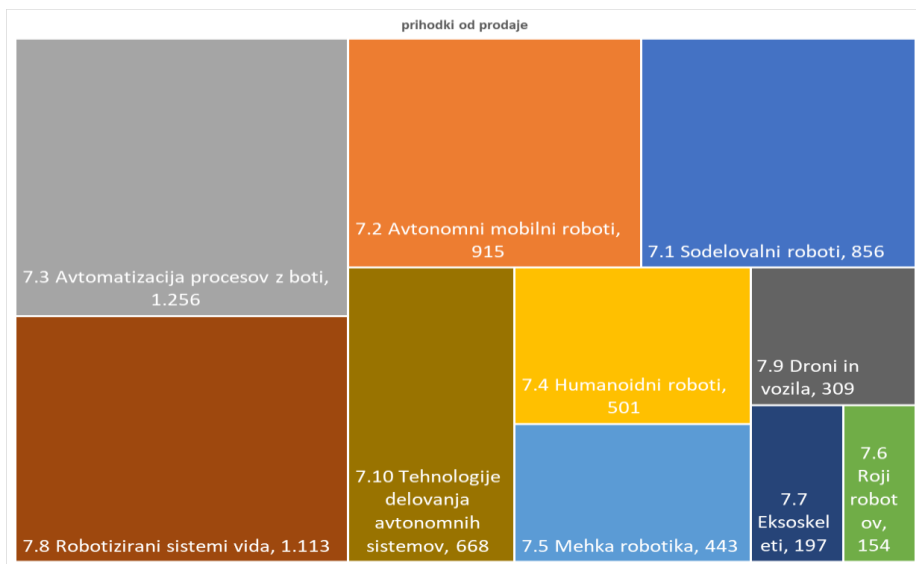


Slika 15: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja napredne robotike in avtonomnih sistemov (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 16: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja napredne robotike in avtonomnih sistemov (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.8 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju kvantnih tehnologij

Obvladovanje področja kvantnih tehnologij je kot pomembno za njihovo bodoče poslovanje ocenilo osem anketiranih podjetij, pri čemer so med posameznimi tehnologijami največkrat izbrali kvantno računalništvo (7), kvantno kriptografijo (6) in kvantno simulacijo (6).

Tabela 38: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: KVANTNE TEHNOLOGIJE

	Tehnologije	0	1	2	Σ
8.1	Kvantno računalništvo	0	1	7	8
8.2	Kvantna kriptografija	0	2	6	8
8.3	Kvantno zaznavanje	0	3	5	8
8.4	Kvantna simulacija	0	2	6	8
8.5	Kvantna komunikacija in omrežja	1	2	5	8
8.6	Kvantni materiali	1	4	3	8
8.7	Kvantno strojno učenje	0	3	5	8
8.8	Kvantni pozicijski sistemi	1	2	5	8
8.9	Topološko kvantno računalništvo	1	3	4	8
8.10	Kvantno slikanje	2	1	5	8
8.11	Drugo	0	1	0	1

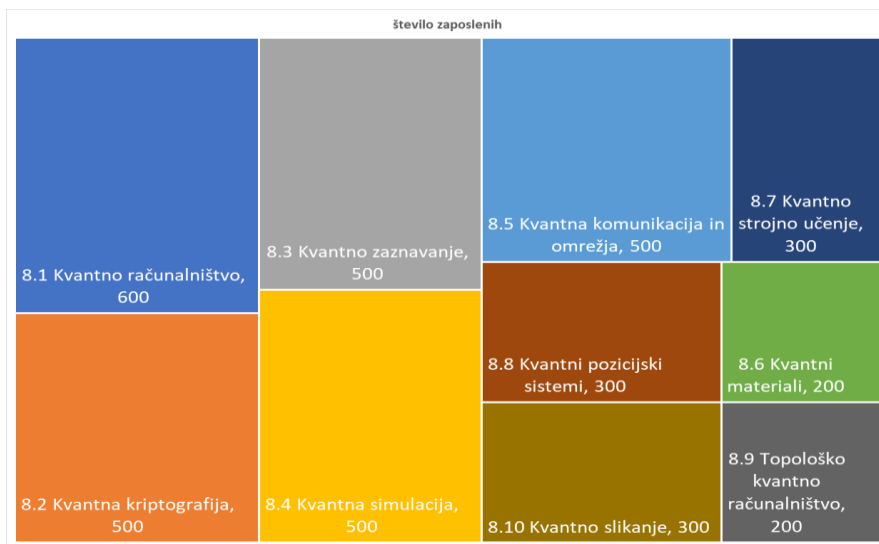
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Iz naslednjih dveh slik je razvidno, da imajo posamezne tehnologije dokaj sorazmerno razporejene deleže prihodkov od prodaje in števila zaposlenih, saj gre praviloma za ista večja podjetja, ki so hkrati označila več kvantnih tehnologij kot zanje zelo pomembne.

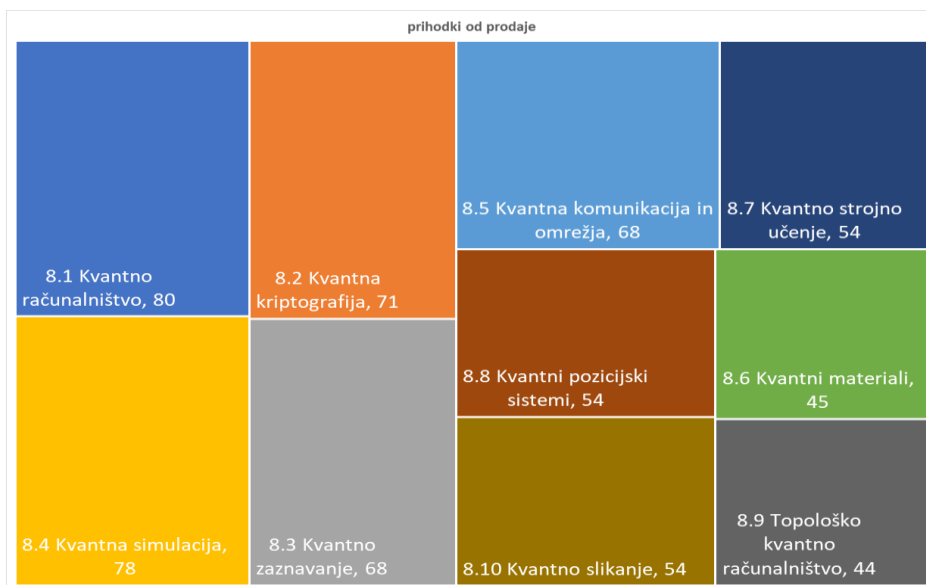


Slika 17: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja kvantnih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 18: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja kvantnih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.9 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih vesoljskih in pogojskih tehnologij

Šest anketiranih je kot eno od ključnih tehnoloških področij, katerih obvladovanje bo ključno za njihovo poslovanje v naslednjih petih letih, ocenilo napredne vesoljske in pogojske tehnologije. Po dvakrat so od konkretnih kritičnih tehnologij kot zelo pomembne ocenili tehnologije vesoljskega nadzora in opazovanja Zemlje, vesoljsko robotiko, sončno energijo iz vesolja ter varne komunikacije, vključno s tehnologijami za komunikacijo v nizki zemeljski orbiti (LEO).

Tabela 39: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE VESOLJSKE IN POGONSKJE TEHNOLOGIJE

	Tehnologije	0	1	2	Σ
9.1	Proizvodnja v vesolju	3	1	1	5
9.2	Tehnologije vesoljskega nadzora in opazovanja zemlje	2	1	2	5
9.3	Ponovno uporabni raketni sistemi	4	1	0	5
9.4	Tehnologije za določanje položaja, navigacijo in merjenje časa v vesolju	2	2	1	5
9.5	Satelitske konstelacije	2	2	1	5
9.6	Vesoljska robotika	1	2	2	5
9.7	Tehnologije rudarjenja asteroidov	3	1	1	5
9.8	Komunikacijski sistemi globokega vesolja	3	2	0	5
9.9	Sončna energija iz vesolja	1	2	2	5
9.10	Sistemi za izstrelitev v vesolje	3	2	0	5
9.11	Napredni pogojski sistemi	3	1	1	5
9.12	Varne komunikacije, vključno s tehnologijami za komunikacijo v nizki zemeljski orbiti (LEO)	2	1	2	5
9.13	Hipersonično odkrivanje in sledenje	3	1	1	5
9.14	Drugo	0	0	0	0

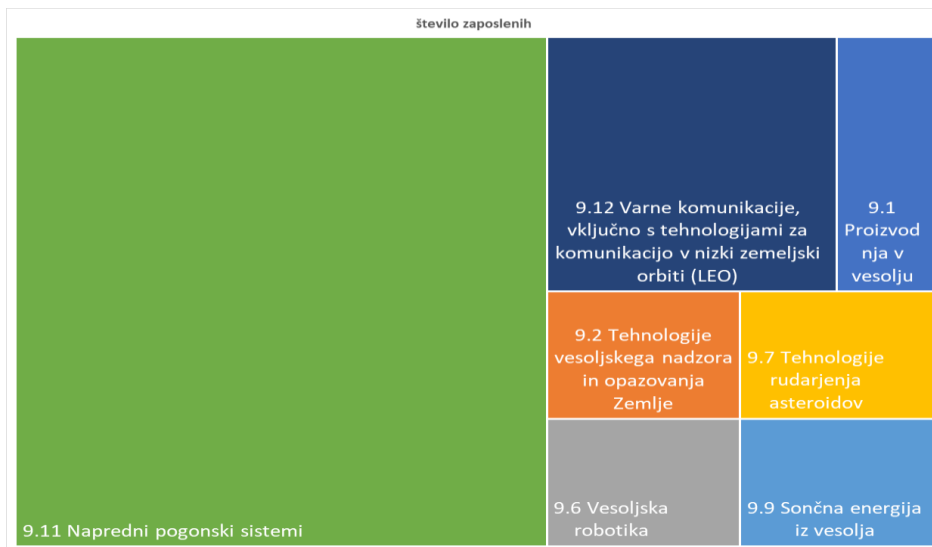
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Obvladovanje tehnološkega področja naprednih vesoljskih in pogojskih tehnologij je kot zelo pomembno zanje ocenilo le šest podjetij, pet od teh pa je ocenjevalo tudi pomen posameznih kritičnih tehnologij s tega področja. S stališča prihodkov od prodaje in števila zaposlenih z več kot polovičnim deležem izstopajo napredni pogojski sistemi. Ker gre le za eno podjetje, v naslednjih dveh slikah niso navedeni točni podatki o prihodkih od prodaje in številu zaposlenih, grafično pa so razvidna okvirna razmerja med tehnologijami tega področja.

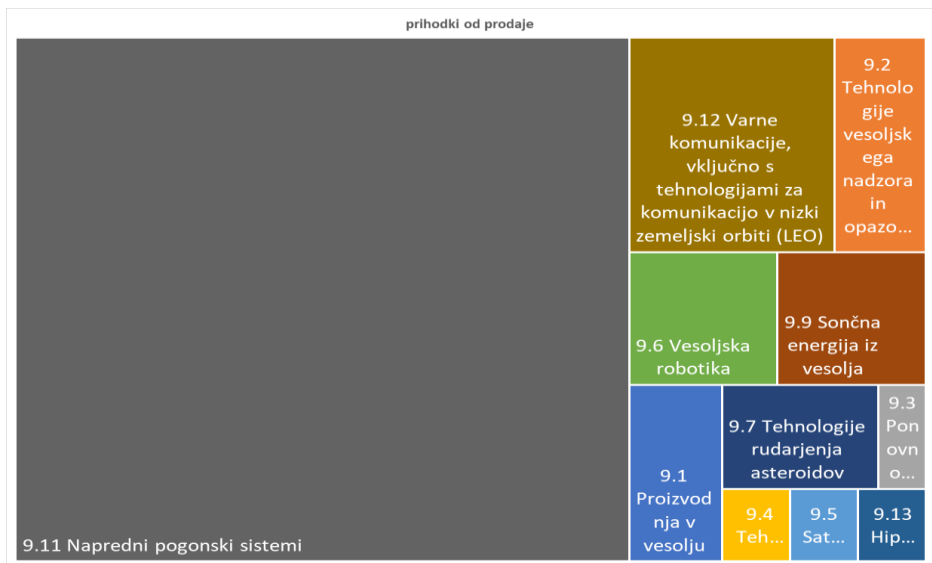


Slika 19: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih vesoljskih in pogonskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 20: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih vesoljskih in pogonskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.10 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije

Pet anketiranih je kot zelo pomembno za njihovo bodoče poslovanje ocenilo obvladovanje naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije. S po tremi podjetji izstopajo naslednje tehnologije iz navedenega tehnološkega področja: radar s sintetično aperturo, multispektralni in hiperspektralni slikovni senzori, fotonski senzori, časovno občutljive omrežne tehnologije (TSN) in sistemi globalne navigacije (GNSS).

Tabela 40: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE ZAZNAVANJA, MERJENJA ČASA IN NAVIGACIJE

	Tehnologije	0	1	2	Σ
10.1	LIDAR / LIDAR	1	1	2	4
10.2	Radar s sintetično aperturo	1	1	3	5
10.3	Senzorji magnetnega polja	1	3	1	5
10.4	Senzorji gravitacijske sile	1	3	1	5
10.5	Multispektralni in hiperspektralni slikovni senzori	0	2	3	5
10.6	Fotonski senzori	0	2	3	5
10.7	Napredni sonar in akustični senzori	2	1	2	5
10.8	Elektro-optično, kemično, biološko, sevalno in porazdeljeno zaznavanje	1	2	2	5
10.9	Podvodni senzori električnega polja	3	1	1	5
10.10	časovno občutljive omrežne tehnologije (TSN)	1	1	3	5
10.11	Atomske ure	1	2	2	5
10.12	Sistemi globalne navigacije (GNSS)	0	2	3	5
10.13	Inercijski navigacijski sistemi (INS)	1	2	2	5
10.14	Kvantni pozicijski sistemi	2	1	2	5
10.15	Ultra širokopasovna (UWB) tehnologija	0	2	2	4
10.16	Drugo	0	0	1	1

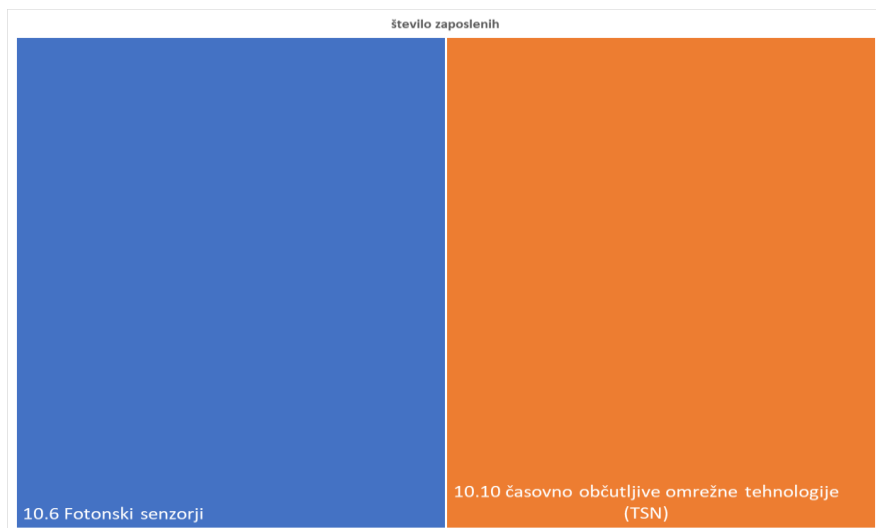
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Obvladovanje področja naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije je kot zelo pomembno ocenilo le pet anketiranih podjetij. Po številu zaposlenih izstopajo tehnologije fotonskih senzorjev in časovno občutljive omrežne tehnologije (TSN). Ker pa gre v obeh primerih za eno in isto podjetje, konkretnih vrednosti v naslednjih slikah ne navajamo. Tudi po merilu ustvarjenih prihodkov od prodaje ti dve vrsti tehnologij skupaj predstavljata približno polovico celotne vrednosti, vendar je tudi preostalih trinajst vrst tehnologij dokaj enakomerno zastopanih.

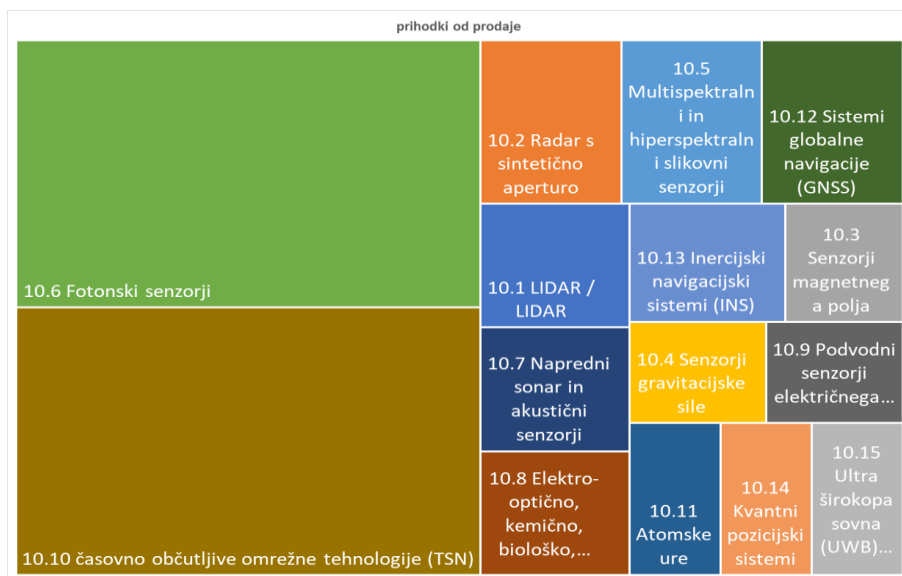


Slika 21: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 22: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.2.1.11 Obvladovanje izbranih tehnologij na tehnološkem področju naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja

Obvladovanje naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja je kot pomembno za njihovo bodoče poslovanje ocenilo deset anketiranih podjetij. Med posameznimi tehnologijami so bile kot zelo pomembne največkrat ocenjene personalizirana medicina (7), umetna inteligenca v zdravstvu (6) ter nosljive naprave za spremljanje zdravja (5).

Tabela 41: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE NA PODROČJU MEDICINE IN ZDRAVJA

Tehnologije		0	1	2	Σ
11.1	Telemedicina	3	4	3	10
11.2	Umetna inteligenca v zdravstvu	1	3	6	10
11.3	Tehnologije urejanja genov	6	3	1	10
11.4	Nosljive naprave za spremljanje zdravja	3	2	5	10
11.5	Personalizirana medicina	2	1	7	10
11.6	3D biotiskanje	4	3	3	10
11.7	Napredne slikovne tehnike	0	7	3	10
11.8	Robotika v kirurgiji	4	3	3	10
11.9	Nanomedicina	4	3	3	10
11.10	Virtualna resničnost za medicinsko usposabljanje in terapijo	3	3	4	10
11.11	Biološka in biološkimi podobna zdravila	5	4	1	10
11.12	Raziskave mikrobioma	6	3	1	10
11.13	Regenerativna medicina	7	1	2	10
11.14	Tehnologije veriženja blokov v upravljanju zdravstvenih podatkov	3	4	3	10
11.15	Drugo	0	0	0	0

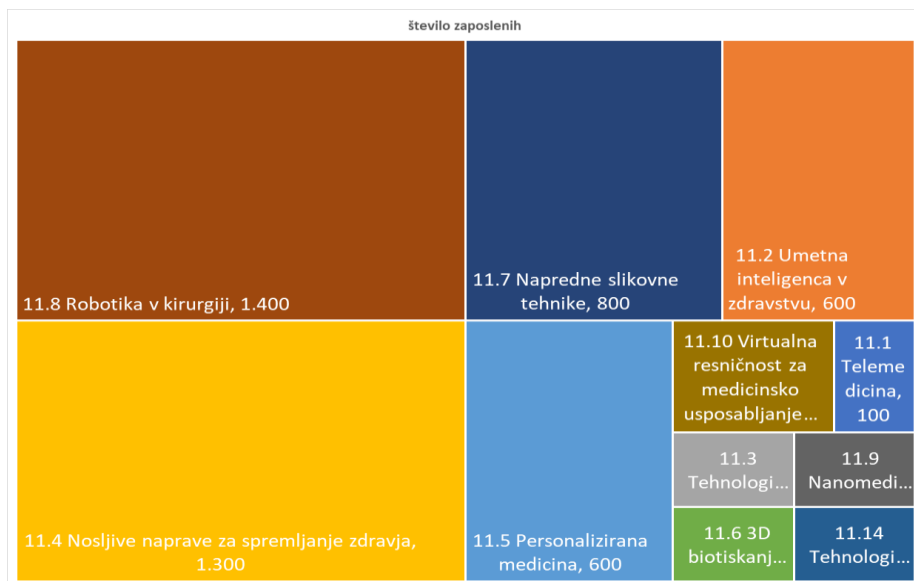
Opomba: 0 – nepomembno; 1 – malo pomembno; 2 – zelo pomembno.

Vir: lastna anketa.

Čeprav so obvladovanje tehnološkega področja robotike v kirurgiji kot zelo pomembno ocenila le tri anketirana podjetja, pa imajo skupaj tako največ zaposlenih kot tudi največje prihodke od prodaje od vseh tehnologij s področja medicine in zdravja. Sledijo jim napredne slikovne tehnike, umetna inteligenca v zdravstvu in personalizirana medicina.

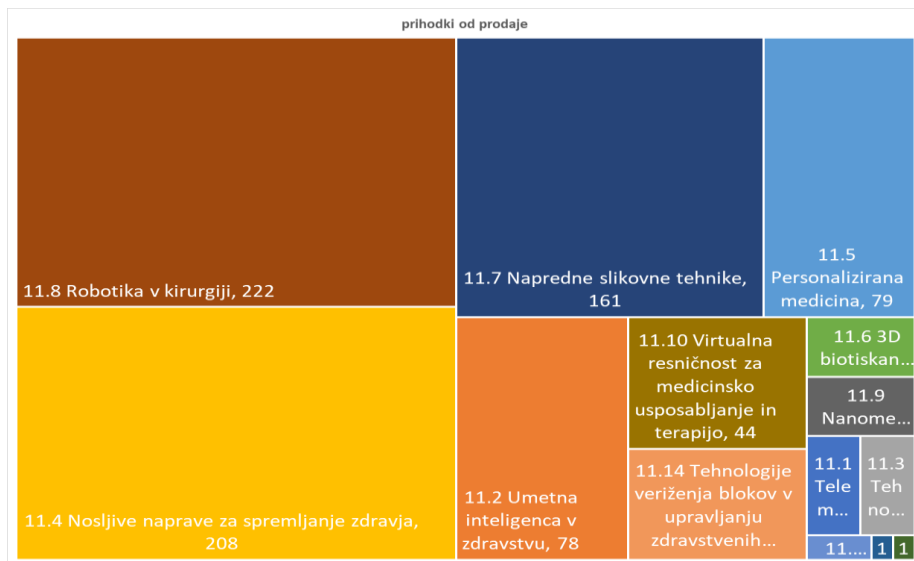


Slika 23: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

Slika 24: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja (leto 2023, mio EUR)



Vir: lastna anketa in podatki iz zaključnih računov podjetij za leto 2023.

4.3 RAZVOJNE VRZELI V OBVLADOVANJU IZBRANIH TEHNOLOGIJ

Za sprejemanje kakovostnih strateških odločitev o vlaganjih v tehnološki razvoj tako na ravni podjetij kot države (oblikovanje in izvajanje ekonomskih politik) je najprej treba identificirati tehnološka področja in konkretne tehnologije, ki bodo ključne za konkurenčnost slovenskega gospodarstva v prihodnjih letih ali celo desetletjih.

V drugem koraku je treba oceniti razvojne vrzeli, to je razlike med sedanjo in optimalno ravnijo obvladovanja identificiranih ključnih tehnologij, saj je le tako mogoče oblikovati ustrezne mehanizme, ukrepe in druge spodbude za pospešen tehnološki razvoj, ki bo slovenskemu gospodarstvu omogočil ohranjanje in predvsem izboljševanje konkurenčnega položaja na ciljnih trgih.

Seznam kritičnih tehnologij, ki ga obravnava to besedilo, vsekakor ni popoln seznam vseh ključnih tehnologij za slovensko gospodarstvo, temveč predstavlja predvsem seznam tehnološko najnaprednejših področij in s stališča prebojnih izdelkov, storitev, proizvodnih procesov, varnostnih in obrambnih elementov delovanja družbe vključuje tiste tehnologije, ki obetajo največje spremembe tako v podjetjih kot v delovanju človeške družbe nasploh.

Obravnava razvojnih vrzeli v tem poglavju temelji izključno na odgovorih anketiranih podjetij. Anketirane predstavnike podjetij, ki so obvladovanje posameznih tehnologij ocenili kot zelo pomembno za uspešno poslovanje njihovega podjetja v naslednjih petih letih, smo vprašali tudi o ravni njihovega obvladovanja teh tehnologij. Pri tem so ocenili:

- sedanjo raven – trenutno stanje znanja in implementacije,
- načrtovano raven – opredeljeni cilji za naslednjih pet let ob upoštevanju notranjih in zunanjih omejitev,
- optimalno raven – zeleno stopnjo obvladovanja, ki bi v polni meri ustrezala pričakovanim zahtevam trga v naslednjih petih letih.

Za statistično analizo smo uporabili:

- Friedmanovo dvosmerno analizo variance rangov za povezane vzorce – za ugotavljanje splošnih razlik med sedanjo, načrtovano in optimalno ravnijo obvladovanja posameznih tehnologij,



- Wilcoxonove primerjave parov z Bonferronijevim popravkom – za natančno identifikacijo statistično značilnih razlik med posameznimi pari (sedanja x načrtovana raven; sedanja x optimalna raven; načrtovana x optimalna raven).

Navedene teste smo zaradi njihovih inherentnih omejitev (Siegel in Castellan, 1988) izvedli le za tehnologije, kjer je bilo število opazovanih enot enako deset ali več ($n \geq 10$). To pomeni, da je moralo obvladovanje vsake posamezne tehnologije vsaj deset podjetij oceniti kot zelo pomembno, hkrati pa so morala ta odgovoriti tudi na vsa tri nadaljnja vprašanja, ki jih obravnavamo v tem poglavju – to je oceniti sedanjo, načrtovano in optimalno raven obvladovanja posamezne tehnologije.

V nadaljevanju poglavja ločeno po posameznih tehnoloških področjih predstavljamo ključne ugotovitve, ki izhajajo iz identifikacije tehnologij s statistično značilnimi razlikami med sedanjo, načrtovano in optimalno ravni obvladovanja. Zadostno število anketiranih ($n \geq 10$), ki so odgovarjali na vprašanja o ravni obvladovanja izbranih tehnologij v njihovih podjetjih, je bilo na naslednjih tehnoloških področjih:

- napredne tehnologije materialov,
- napredne tehnologije proizvodnje,
- napredne informacijske in komunikacijske tehnologije,
- umetna inteligenca,
- napredne energetske tehnologije,
- napredna robotika.

Tehnološka področja, ki niso imela zadostnega števila podjetij, ki bi odgovarjala na relevantna vprašanja o posameznih tehnologijah, v tem poglavju niso obravnavana. To so:

- biotehnologija,
- kvantne tehnologije,
- napredne vesoljske in pogonske tehnologije,
- napredne tehnologije zaznavanja, merjenja časa in navigacija,
- napredne tehnologije na področju medicine in zdravja.

4.3.1 Razvojne vrzeli: napredne tehnologije materialov

Za vse štiri izmed dvajsetih naprednih tehnologij materialov z desetimi ali več opazovanimi enotami (podjetja so obvladovanje posamezne tehnologije ocenila kot zanje zelo pomembno, hkrati pa so odgovorila tudi na vsa tri vprašanja glede njihovega sedanjega, načrtovanega in optimalnega obvladovanja teh tehnologij) so Friedmanovi testi pokazali visoko statistično značilne razlike ($\chi^2(2) = 8,538-18,588$; vrednosti $p \leq 0,014$) med sedanjo (sedaj), načrtovano (plan) in optimalno (optimum) ravnijo obvladovanja.

To pomeni, da podjetja razlikujejo med trenutnim stanjem, strateškimi cilji in idealnim obvladovanjem tehnologij. Vzorci so majhni ($n = 10-11$), vendar so rezultati dosledni. Sedanja raven je bila dosledno ocenjena najnižje (povprečje rangov med 1,09 in 1,50), sledila ji je načrtovana raven (1,95 do 2,27) in z najvišjimi ocenami optimalna raven (2,50 do 2,65).

Tabela 42: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV

Tehnologije		n	Povprečja rangov			$\chi^2(2)$	p
			sedaj	plan	optimum		
1.1	Nanomateriali	10	1,10	2,25	2,65	16,710	0,001
1.5	Napredni kompozitni materiali	10	1,50	1,95	2,55	8,538	0,014
1.18	Reciklirani in trajnostni materiali	11	1,32	2,18	2,50	13,923	0,001
1.19	Napredni (funkcionalni) premazi (vključno z nanostrukturiranimi premazi)	11	1,09	2,27	2,64	18,588	0,001

Vir: lastna anketa.

Analiza razlik v povprečjih rangov kaže, da so največje vrzeli med sedanjo in optimalno ravnijo obvladovanja prisotne pri nanomaterialih in naprednih funkcionalnih premazih (v obeh primerih je razlika 1,55), kar nakazuje na izrazito potrebo po tehnološkem napredku v teh dveh tehnologijah. Najmanjša razlika je pri naprednih kompozitnih materialih (1,05), kjer je tudi vrzel med sedanjo in načrtovano ravnijo najmanjša (0,45). Po ocenah anketiranih je pri tej tehnologiji potrebno in hkrati predvideno najmanjše nadaljnje izboljšanje stopnje obvladovanja.



Tabela 43: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV

	Tehnologije	n	Sedaj→plan	Razlika	Sedaj→opt.	Razlika
1.1	Nanomateriali	10	1,10→2,25	1,15	1,10→2,65	1,55
1.5	Napredni kompozitni materiali	10	1,50→1,95	0,45	1,50→2,55	1,05
1.18	Reciklirani in trajnostni materiali	11	1,32→2,18	0,86	1,32→2,50	1,18
1.19	Napredni (funkcionalni) premazi (vključno z nanostrukturiranimi premazi)	11	1,09→2,27	1,18	1,09→2,64	1,55

Vir: lastna anketa.

Iz Wilcoxonovih primerjav parov z Bonferronijevim popravkom (sedaj x plan, sedaj x optimum, plan x optimum), katerih rezultate smo povzeli v naslednjih štirih tabelah, je natančneje razvidno:

- *sedanja* raven obvladovanja posameznih tehnologij je sistematično nižja od *optimalne* pri vseh štirih tehnologijah, kar kaže na zavedanje anketiranih o potrebnem bistvenem tehnološkem napredku na teh področjih, ki so jih hkrati ocenili kot zelo pomembna za njihovo poslovanje v naslednjih petih letih:
 - *visoka stopnja statistične značilnosti*: nanomateriali ($p = 0,002$), reciklirani in trajnostni materiali ($p = 0,017$) ter napredni (funkcionalni) premazi (vključno z nanostrukturiranimi premazi) ($p = 0,001$),
 - *mejna stopnja statistične značilnosti*: napredni kompozitni materiali ($p = 0,057$);
- statistično značilne razlike med *sedanjo* in *načrtovano* ravniyo obvladovanja posameznih tehnologij smo potrdili le za nanomaterialne ($p = 0,030$) ter za reciklirane in trajnostne materiale ($p = 0,017$), kar pomeni, da le pri teh dveh tehnologijah anketirani dejansko načrtujejo bistven napredek v njihovem obvladovanju;
- statistično značilnih razlik med načrtovanimi in optimalnimi ravniyo obvladovanja nismo potrdili za nobeno od štirih tehnologij.

Ugotavljamo, da se anketirana podjetja, ki so obvladovanje predhodno navedenih tehnologij s tehnološkega področja naprednih tehnologij materialov ocenila kot zanje zelo pomembno, hkrati pa so bile razlike v njihovih ocenah sedanje, načrtovane in optimalne ravni obvladovanja teh tehnologij statistično značilne, zavedajo potenciala in potrebe po vlaganjih v te tehnologije. Njihovi načrti – razen

na področjih nanomaterialov ter recikliranih in trajnostnih materialov – pa ne kažejo na dejansko načrtovanje in zavezanost k realizaciji identificiranih potreb po tehnološkem napredku.

Tabela 44: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NANOMATERIALI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,150	,447	-2,571	,010	,030
sedaj x optimum	-1,550	,447	-3,466	,001	,002
plan x optimum	-,400	,447	-,894	,371	1,000

Vir: lastna anketa; n=10.

Tabela 45: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNI KOMPOZITNI MATERIALI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,450	,447	-1,006	,314	,943
sedaj x optimum	-1,050	,447	-2,348	,019	,057
plan x optimum	-,600	,447	-1,342	,180	,539

Vir: lastna anketa; n=10.

Tabela 46: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RECIKLIRANI IN TRAJNOSTNI MATERIALI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,864	,426	-2,025	,043	,128
sedaj x optimum	-1,182	,426	-2,772	,006	,017
plan x optimum	-,318	,426	-,746	,456	1,000

Vir: lastna anketa; n=11.

Tabela 47: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNI (FUNKCIONALNI) PREMAZI (VKLJUČNO Z NANOSTRUKTURIRANIMI PREMAZI) (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,182	,426	-2,772	,006	,017
sedaj x optimum	-1,545	,426	-3,624	,000	,001
plan x optimum	-,364	,426	-,853	,394	1,000

Vir: lastna anketa; n=11.



4.3.2 Razvojne vrzeli: napredne tehnologije proizvodnje

S Friedmanovimi testi smo potrdili visoko statistično značilne razlike ($\chi^2(2) = 14,996-28,182$; vse vrednosti $p \leq 0,001$) med sedanjo, načrtovano in optimalno ravnijo obvladovanja za devet od petnajstih tehnologij na področju naprednih tehnologij proizvodnje – to je za vse tehnologije, kjer smo imeli deset ali več opazovanj in hkrati ocene anketiranih o ravneh obvladovanja teh tehnologij. Zanje velja, da podjetja značilno razlikujejo med sedanjim stanjem, strateškimi cilji in optimalnim stanjem obvladovanja teh tehnologij.

V vseh primerih ima sedanja raven konsistentno najnižje (1,14–1,38), načrtovana raven višje (2,03–2,25) in optimalna raven najvišje vrednosti povprečij rangov (2,50–2,69).

Tabela 48: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE

	Tehnologije	n	Povprečja rangov			$\chi^2(2)$	p
			sedaj	plan	optimum		
2.4	Avtomatizirani sistemi za sestavljanje	16	1,38	2,03	2,59	19,538	0,001
2.5	Tehnologija digitalnih dvojnikov	14	1,25	2,14	2,61	15,872	0,001
2.6	Napredna robotika	18	1,17	2,14	2,69	28,182	0,001
2.7	Fleksibilni proizvodni sistemi	21	1,29	2,21	2,50	26,830	0,001
2.8	Napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami	13	1,31	2,12	2,58	16,909	0,001
2.9	Pametna proizvodnja	20	1,30	2,10	2,60	26,462	0,001
2.10	Hibridna proizvodnja	10	1,20	2,15	2,65	14,996	0,001
2.14	Trajnostni proizvodni postopki	16	1,28	2,19	2,53	21,350	0,001
2.15	Dobavna veriga 4.0	14	1,14	2,25	2,61	20,773	0,001

Vir: lastna anketa.

Analiza razlik med sedanjim, načrtovanim in optimalnim obvladovanjem naprednih proizvodnih tehnologij razkriva pomembne razvojne vrzeli v slovenskih podjetjih. Razlike med trenutno in načrtovano ravnijo obvladovanja se v povprečju gibljejo med 0,65 in 1,11. Najmanjši napredek načrtujejo podjetja pri avtomatiziranih sistemih za sestavljanje (0,65).

Na drugi strani so največje razlike med sedanjim in načrtovanim stanjem zabeležene pri dobavni verigi 4.0 (1,11), napredni robotiki (0,97), hibridni proizvodnji (0,95) ter fleksibilnih proizvodnih sistemih (0,92) in trajnostnih proizvodnih postopkih (0,91). Anketirana podjetja na področju teh tehnologij načrtujejo največji napredek.

Še izrazitejše so razlike med sedanjim in optimalnim stanjem, kjer vse analizirane tehnologije izkazujejo vrzeli nad 1,2. Največja razlika se ponovno pojavlja pri napredni robotiki (1,52), tesno ji sledita dobavna veriga 4.0 (1,47) in hibridna proizvodnja (1,45).

Ugotavljamo, da so podjetja dokaj enotna v zaznavi potrebe tehnološkega napredka na področju naprednih tehnologij proizvodnje, vendar so pri nekaterih tehnologijah (na primer dobavne verige 4.0, napredna robotika, hibridna proizvodnja, fleksibilni proizvodni sistemi in trajnostni proizvodni postopki) načrtovana izboljšanja večja kot pri drugih (na primer avtomatizirani sistemi za sestavljanje, pametna proizvodnja, napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami).

Tabela 49: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE

	Tehnologije	n	Sedaj→plan	Razlika	Sedaj→opt.	Razlika
2.4	Avtomatizirani sistemi za sestavljanje	16	1,38→2,03	0,65	1,38→2,59	1,21
2.5	Tehnologija digitalnih dvojnikov	14	1,25→2,14	0,89	1,25→2,61	1,36
2.6	Napredna robotika	18	1,17→2,14	0,97	1,17→2,69	1,52
2.7	Fleksibilni proizvodni sistemi	21	1,29→2,21	0,92	1,29→2,50	1,21
2.8	Napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami	13	1,31→2,12	0,81	1,31→2,58	1,27
2.9	Pametna proizvodnja	20	1,30→2,10	0,80	1,30→2,60	1,30
2.10	Hibridna proizvodnja	10	1,20→2,15	0,95	1,20→2,65	1,45
2.14	Trajnostni proizvodni postopki	16	1,28→2,19	0,91	1,28→2,53	1,25
2.15	Dobavna veriga 4.0	14	1,14→2,25	1,11	1,14→2,61	1,47

Vir: lastna anketa.

Statistike Wilxonovih testov parov z Bonferronijevim popravkom vrednosti p za omenjene tehnologije so navedene v naslednjih devetih tabelah. Iz njih je



razvidno:

- sedanja raven obvladovanja proučevanih tehnologij je po mnenju anketiranih nezadostna, saj je razlika med *sedanjim* in *optimalnim* stanjem visoko statistično značilna za vseh devet tehnologij:
 - avtomatizirani sistemi za sestavljanje ($p = 0,002$),
 - tehnologija digitalnih dvojnikov ($p = 0,001$),
 - napredna robotika ($p = 0,000$),
 - fleksibilni proizvodni sistemi ($p = 0,000$),
 - napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami ($p = 0,004$),
 - pametna proizvodnja ($p = 0,000$),
 - hibridna proizvodnja ($p = 0,004$),
 - trajnostni proizvodni postopki ($p = 0,001$) in
 - dobavna veriga 4,0 ($p = 0,000$);
- dejanske načrte za bistveno izboljšanje obvladovanja posameznih tehnologij (statistično značilne razlike med sedanjim in načrtovanim stanjem) smo potrdili za pet oziroma pogojno šest tehnologij:
 - napredno robotiko ($p = 0,011$),
 - fleksibilne proizvodne sisteme ($p = 0,008$),
 - pametno proizvodnjo ($p = 0,034$),
 - trajnostne proizvodne postopke ($p = 0,031$),
 - dobavno verigo 4,0 ($p = 0,010$) in
 - pogojno ob nekoliko višji stopnji tveganja tudi za tehnologijo digitalnih dvojnikov ($p = 0,054$).

Ugotavljamo, da se podjetja, ki so obvladovanje predhodno navedenih devetih tehnologij s tehnološkega področja naprednih tehnologij proizvodnje ocenila kot zanje zelo pomembno, hkrati pa so bile razlike v njihovih ocenah sedanje, načrtovane in optimalne ravni obvladovanja teh tehnologij statistično značilne, zavedajo pomembnega razkoraka med sedanjim in optimalnim stanjem, vendar pa pomemben napredek načrtujejo le na šestih od omenjenih devetih kritičnih tehnologij.

Tabela 50: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTOMATIZIRANI SISTEMI ZA SESTAVLJANJE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,656	,354	-1,856	,063	,190
sedaj x optimum	-1,219	,354	-3,447	,001	,002
plan x optimum	-,562	,354	-1,591	,112	,335

Vir: lastna anketa; n=16.

Tabela 51: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJA DIGITALNIH DVOJNIKOV (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,893	,378	-2,362	,018	,054
sedaj x optimum	-1,357	,378	-3,591	,000	,001
plan x optimum	-,464	,378	-1,228	,219	,658

Vir: lastna anketa; n=14.

Tabela 52: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNA ROBOTIKA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,972	,333	-2,917	,004	,011
sedaj x optimum	-1,528	,333	-4,583	,000	,000
plan x optimum	-,556	,333	-1,667	,096	,287

Vir: lastna anketa; n=18.

Tabela 53: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEMI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,929	,309	-3,009	,003	,008
sedaj x optimum	-1,214	,309	-3,935	,000	,000
plan x optimum	-,286	,309	-,926	,355	1,000

Vir: lastna anketa; n=21.



Tabela 54: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNI OBDELOVALNI PROCESI Z VISOKO ZAHTEVNIMI SPECIFIKACIJAMI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,808	,392	-2,059	,039	,118
sedaj x optimum	-1,269	,392	-3,236	,001	,004
plan x optimum	-,462	,392	-1,177	,239	,718

Vir: lastna anketa; n=13.

Tabela 55: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: PAMETNA PROIZVODNJA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,800	,316	-2,530	,011	,034
sedaj x optimum	-1,300	,316	-4,111	,000	,000
plan x optimum	-,500	,316	-1,581	,114	,342

Vir: lastna anketa; n=20.

Tabela 56: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: HIBRIDNA PROIZVODNJA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,950	,447	-2,124	,034	,101
sedaj x optimum	-1,450	,447	-3,242	,001	,004
plan x optimum	-,500	,447	-1,118	,264	,791

Vir: lastna anketa; n=10.

Tabela 57: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TRAJNOSTNI PROIZVODNI POSTOPKI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,906	,354	-2,563	,010	,031
sedaj x optimum	-1,250	,354	-3,536	,000	,001
plan x optimum	-,344	,354	-,972	,331	,993

Vir: lastna anketa; n=16.

Tabela 58: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: DOBAVNA VERIGA 4.0 (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,107	,378	-2,929	,003	,010
sedaj x optimum	-1,464	,378	-3,874	,000	,000
plan x optimum	-,357	,378	-,945	,345	1,000

Vir: lastna anketa; n=14.

4.3.3 Razvojne vrzeli: napredne informacijske in komunikacijske tehnologije

S Friedmanovimi testi smo potrdili visoko statistično značilne razlike ($\chi^2(2) = 12,250-47,873$; vse vrednosti $p \leq 0,002$) med sedanjo, načrtovano in optimalno ravnijo obvladovanja za vseh devet od sedemnajstih tehnologij na tehnološkem področju naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij, kjer je bilo število opazovanih enot enako ali večje od deset. Za te tehnologije velja, da podjetja značilno razlikujejo med sedanjim stanjem, strateškimi cilji in idealnim stanjem.

Sedanja raven je bila dosledno najnižje ocenjena (povprečje rangov med 1,09 in 1,35), sledila je načrtovana raven (2,00 do 2,38) in z najvišjimi vrednostmi optimalna raven (2,44 do 2,70).

Tabela 59: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE

Tehnologije	n	Povprečja rangov			$\chi^2(2)$	p
		sedaj	plan	optimum		
4.1 Tehnologije 5G in 6G	16	1,09	2,38	2,53	27,696	0,001
4.2 Internet stvari	22	1,18	2,18	2,64	32,000	0,001
4.3 Umetna inteligenca v komunikacijah	24	1,15	2,31	2,54	36,366	0,001
4.9 Robno računalništvo	10	1,35	2,10	2,55	12,250	0,002
4.12 Tehnologije kibernetске varnosti	29	1,14	2,36	2,50	47,873	0,001
4.13 Računalništvo v oblaku	25	1,32	2,24	2,44	31,857	0,001
4.14 Interakcija človek-računalnik	19	1,16	2,21	2,63	28,203	0,001
4.16 Visoko zmogljivo računalništvo	10	1,30	2,00	2,70	14,000	0,001
4.17 Mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture	12	1,21	2,17	2,63	17,706	0,001

Vir: lastna anketa.



Največje razlike v povprečjih rangov na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij smo potrdili za tehnologije interakcije človek-računalnik (1,47), internet stvari (1,46) ter tehnologije 5G in 6G (1,44). Najmanjši zaostanek sedanjega stanja za optimalnim je bil pri računalništvu v oblaku (1,12).

Visoko zmogljivo računalništvo ima najmanjšo načrtovano izboljšanje obvladovanja (0,70) in hkrati visoko razvojno vrzel (1,40), kar kaže na nezadostne načrtovane napore za izboljšanje ravni obvladovanja te tehnologije.

Tabela 60: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE

	Tehnologije	n	Sedaj→plan	Razlika	Sedaj→opt.	Razlika
4.1	Tehnologije 5G in 6G	16	1,09 → 2,38	1,29	1,09 → 2,53	1,44
4.2	Internet stvari	22	1,18 → 2,18	1,00	1,18 → 2,64	1,46
4.3	Umetna inteligenca v komunikacijah	24	1,15 → 2,31	1,16	1,15 → 2,54	1,39
4.9	Robno računalništvo	10	1,35 → 2,10	0,75	1,35 → 2,55	1,20
4.12	Tehnologije kibernetске varnosti	29	1,14 → 2,36	1,22	1,14 → 2,50	1,36
4.13	Računalništvo v oblaku	25	1,32 → 2,24	0,92	1,32 → 2,44	1,12
4.14	Interakcija človek-računalnik	19	1,16 → 2,21	1,05	1,16 → 2,63	1,47
4.16	Visoko zmogljivo računalništvo	10	1,30 → 2,00	0,70	1,30 → 2,70	1,40
4.17	Mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture	12	1,21 → 2,17	0,96	1,21 → 2,63	1,42

Vir: lastna anketa.

Statistike Wilcoxonovih testov parov z Bonferronijevim popravkom vrednosti p za omenjene tehnologije so navedene v naslednjih devetih tabelah. Iz njih je razvidno:

- sedanja raven obvladovanja je po mnenju anketiranih nezadostna, saj je razlika med *sedanjim* in *optimalnim* stanjem visoko statistično značilna za vseh devet tehnologij:
 - tehnologije 5G in 6G ($p = 0,000$),
 - internet stvari ($p = 0,000$),
 - umetna inteligenca v komunikacijah ($p = 0,000$),
 - robno računalništvo ($p = 0,022$),
 - tehnologije kibernetске varnosti ($p = 0,000$),
 - računalništvo v oblaku ($p = 0,000$),
 - interakcija človek-računalnik ($p = 0,000$),
 - visoko zmogljivo računalništvo ($p = 0,005$) in

- mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture ($p = 0,002$);
- dejanske načrte za bistveno izboljšanje obvladovanja posameznih tehnologij (statistično značilne razlike med sedanjim in načrtovanim stanjem) smo potrdili za šest oziroma pogojno za sedem tehnologij:
 - tehnologije 5G in 6G ($p = 0,001$),
 - internet stvari ($p = 0,003$),
 - umetno inteligenco v komunikacijah ($p = 0,000$),
 - tehnologije kibernetске varnosti ($p = 0,000$),
 - računalništvo v oblaku ($p = 0,003$),
 - interakcijo človek-računalnik ($p = 0,004$) in
 - pogojno tudi za mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture ($p = 0,057$).

Anketirana podjetja, ki so obvladovanje predhodno navedenih devetih tehnologij s tehnološkega področja naprednih informacijskih in telekomunikacijskih tehnologij ocenila kot zanje zelo pomembno, hkrati pa so bile razlike v njihovih ocenah sedanje, načrtovane in optimalne ravni obvladovanja teh tehnologij statistično značilne, se zavedajo razkoraka med sedanjim in optimalnim stanjem. Na šestih oziroma pogojno sedmih tehnologijah podjetja tudi dejansko načrtujejo preskok na bistveno višjo raven obvladovanja.

Tabela 61: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJE 5G IN 6G (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,281	,354	-3,624	,000	,001
sedaj x optimum	-1,437	,354	-4,066	,000	,000
plan x optimum	-,156	,354	-,442	,659	1,000

Vir: lastna anketa; $n=16$.

Tabela 62: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: INTERNET STVARI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,000	,302	-3,317	,001	,003
sedaj x optimum	-1,455	,302	-4,824	,000	,000
plan x optimum	-,455	,302	-1,508	,132	,395

Vir: lastna anketa; $n=22$.



Tabela 63: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: UMETNA INTELIGENCA V KOMUNIKACIJAH (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,167	,289	-4,041	,000	,000
sedaj x optimum	-1,396	,289	-4,835	,000	,000
plan x optimum	-,229	,289	-,794	,427	1,000

Vir: lastna anketa; n=24.

Tabela 64: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ROBNO RAČUNALNIŠTVO (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,750	,447	-1,677	,094	,281
sedaj x optimum	-1,200	,447	-2,683	,007	,022
plan x optimum	-,450	,447	-1,006	,314	,943

Vir: lastna anketa; n=10.

Tabela 65: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJE KIBERNETSKE VARNOSTI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,224	,263	-4,661	,000	,000
sedaj x optimum	-1,362	,263	-5,187	,000	,000
plan x optimum	-,138	,263	-,525	,599	1,000

Vir: lastna anketa; n=29.

Tabela 66: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RAČUNALNIŠTVO V OBLAKU (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,920	,283	-3,253	,001	,003
sedaj x optimum	-1,120	,283	-3,960	,000	,000
plan x optimum	-,200	,283	-,707	,480	1,000

Vir: lastna anketa; n=25.

Tabela 67: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: INTERAKCIJA ČLOVEK-RAČUNALNIK (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,053	,324	-3,244	,001	,004
sedaj x optimum	-1,474	,324	-4,542	,000	,000
plan x optimum	-.421	,324	-1,298	,194	,583

Vir: lastna anketa; n=19.

Tabela 68: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: VISOKO ZMOGLJIVO RAČUNALNIŠTVO (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-.700	,447	-1,565	,118	,353
sedaj x optimum	-1,400	,447	-3,130	,002	,005
plan x optimum	-.700	,447	-1,565	,118	,353

Vir: lastna anketa; n=10.

Tabela 69: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: MREŽE IN OMREŽJA, NEODVISNA OD INFRASTRUKTURE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-.958	,408	-2,347	,019	,057
sedaj x optimum	-1,417	,408	-3,470	,001	,002
plan x optimum	-.458	,408	-1,123	,262	,785

Vir: lastna anketa; n=12.



4.3.4 Razvojne vrzeli: umetna inteligenca

S Friedmanovimi testi smo potrdili statistično značilne razlike ($\chi^2(2) = 14,889-44,370$; vse vrednosti $p \leq 0,001$) med sedanjo (sedaj), načrtovano (plan) in optimalno (optimum) ravnijo obvladovanja za vseh devet od šestnajstih tehnologij s področja umetne inteligence, kjer je bilo število opazovanih enot enako ali večje od deset. Sedanja raven (povprečje rangov med 1,06 in 1,27) je dosledno ocenjena najnižje, sledi načrtovana (2,03 do 2,33) in z najvišjimi vrednostmi rangov optimalna (2,50 do 2,78).

Tabela 70: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: UMETNA INTELIGENCA

	Tehnologije	n	Povprečja rangov			$\chi^2(2)$	p
			sedaj	plan	optimum		
5.1	Strojno učenje	28	1,09	2,29	2,63	44,370	0,001
5.2	Obdelava naravnega jezika	11	1,27	2,23	2,50	14,889	0,001
5.3	Spodbujevalno učenje	15	1,23	2,20	2,57	18,565	0,001
5.5	Avtonomni pogovorni agenti	16	1,06	2,31	2,63	28,000	0,001
5.7	Razločljiva umetna inteligenca	18	1,06	2,33	2,61	31,857	0,001
5.8	Računalniški vid, podprt z umetno inteligenco	24	1,17	2,15	2,69	37,507	0,001
5.10	Robotika, podprta z umetno inteligenco	16	1,19	2,03	2,78	25,529	0,001
5.11	Učenje s prenosom	13	1,23	2,15	2,62	17,231	0,001
5.14	Napredna analitika podatkov	24	1,13	2,21	2,67	39,027	0,001

Vir: lastna anketa.

Analiza razlik v povprečjih rangov kaže, da so največje vrzeli med sedanjo in optimalno ravnijo obvladovanja prisotne pri robotiki, podprti z umetno inteligenco (1,59), avtonomnih pogovornih agentih (1,57), razločljivi umetni inteligenci (1,55), strojnem učenju (1,54), napredni analitiki podatkov (1,54) ter računalniškem vidu, podprtem z umetno inteligenco (1,52). Navedeno kaže na identificirano izrazito potrebo po napredku v teh tehnologijah.

Najmanjša razlika med sedanjo in optimalno ravnijo je pri obdelavi naravnega jezika (1,23), kjer je tudi vrzel do načrtovane ravni relativno nizka (0,96).

Robotika, podprta z umetno inteligenco, ima največjo razvojno vrzel (1,59) in hkrati najmanjše načrtovano izboljšanje (0,84), kar terja razmislek o razlogih in morebitno strateško prevrednotenje investicij na tem področju.

Tabela 71: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: UMETNA INTELIGENCA

	Tehnologije	n	Sedaj→plan	Razlika	Sedaj→opt.	Razlika
5.1	Strojno učenje	28	1,09 → 2,29	1,20	1,09 → 2,63	1,54
5.2	Obdelava naravnega jezika	11	1,27 → 2,23	0,96	1,27 → 2,50	1,23
5.3	Spodbujevalno učenje	15	1,23 → 2,20	0,97	1,23 → 2,57	1,34
5.5	Avtonomni pogovorni agenti	16	1,06 → 2,31	1,25	1,06 → 2,63	1,57
5.7	Razložljiva umetna inteligenca	18	1,06 → 2,33	1,27	1,06 → 2,61	1,55
5.8	Računalniški vid, podprt z umetno inteligenco	24	1,17 → 2,15	0,98	1,17 → 2,69	1,52
5.10	Robotika, podprta z umetno inteligenco	16	1,19 → 2,03	0,84	1,19 → 2,78	1,59
5.11	Učenje s prenosom	13	1,23 → 2,15	0,92	1,23 → 2,62	1,39
5.14	Napredna analitika podatkov	24	1,13 → 2,21	1,08	1,13 → 2,67	1,54

Vir: lastna anketa.

Sedanja raven obvladovanja je sistematično in visoko statistično značilno ($p \leq 0,012$) nižja od optimalne pri vseh devetih tehnologijah, kar kaže na zavedanje anketiranih o potrebi po bistvenem izboljšanju obvladovanja teh tehnologij, ki so jih predhodno ocenili kot zelo pomembne za njihova podjetja.

Statistično značilne razlike med sedanjo in načrtovano ravniyo obvladovanja tehnologij smo ob standardni zahtevani stopnji tveganja ($p \leq 0,05$) potrdili za šest in pogojno ob rahlo večji stopnji še za dve tehnologiji:

- strojno učenje ($p = 0,000$),
- spodbujevalno učenje ($p = 0,024$),
- avtonomni pogovorni agenti ($p = 0,001$),
- razložljiva umetna inteligenca ($p = 0,000$),
- računalniški vid, podprt z umetno inteligenco ($p = 0,002$) in
- napredna analitika podatkov ($p = 0,001$) ter pogojno
- robotika, podprta z umetno inteligenco ($p = 0,051$), in
- učenje s prenosom ($p = 0,056$).



Rezultati statistične analize tako kažejo na resno namero anketiranih podjetij, da pomembno izboljšajo svoje obvladovanje proučevanih tehnologij na področju umetne inteligence. Izjema je le obdelava naravnega jezika, kjer je sicer prepoznana potreba po napredku, vendar načrti anketiranih podjetij ne kažejo na dejansko namero po odpravi razvojne vrzeli na tem področju.

Tabela 72: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: STROJNO UČENJE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,196	,267	-4,477	,000	,000
sedaj x optimum	-1,536	,267	-5,746	,000	,000
plan x optimum	-,339	,267	-1,269	,204	,613

Vir: lastna anketa; n=28.

Tabela 73: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: OBDELAVA NARAVNEGA JEZIKA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,955	,426	-2,239	,025	,076
sedaj x optimum	-1,227	,426	-2,878	,004	,012
plan x optimum	-,273	,426	-,640	,522	1,000

Vir: lastna anketa; n=11.

Tabela 74: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: SPODBUJEVALNO UČENJE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,967	,365	-2,647	,008	,024
sedaj x optimum	-1,333	,365	-3,651	,000	,001
plan x optimum	-,367	,365	-1,004	,315	,946

Vir: lastna anketa; n=15.

Tabela 75: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTONOMNI POGOVORNI AGENTI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,250	,354	-3,536	,000	,001
sedaj x optimum	-1,562	,354	-4,419	,000	,000
plan x optimum	-,312	,354	-,884	,377	1,000

Vir: lastna anketa; n=16.

Tabela 76: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RAZLOŽLJIVA UMETNA INTELIGENCA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,278	,333	-3,833	,000	,000
sedaj x optimum	-1,556	,333	-4,667	,000	,000
plan x optimum	-,278	,333	-,833	,405	1,000

Vir: lastna anketa; n=18.

Tabela 77: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RAČUNALNIŠKI VID, PODPRT Z UMETNO INTELIGENCO (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,979	,289	-3,392	,001	,002
sedaj x optimum	-1,521	,289	-5,268	,000	,000
plan x optimum	-,542	,289	-1,876	,061	,182

Vir: lastna anketa; n=24.

Tabela 78: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ROBOTIKA, PODPRTA Z UMETNO INTELIGENCO (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,844	,354	-2,386	,017	,051
sedaj x optimum	-1,594	,354	-4,508	,000	,000
plan x optimum	-,750	,354	-2,121	,034	,102

Vir: lastna anketa; n=16.

Tabela 79: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: UČENJE S PRENOSOM (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,923	,392	-2,353	,019	,056
sedaj x optimum	-1,385	,392	-3,530	,000	,001
plan x optimum	-,462	,392	-1,177	,239	,718

Vir: lastna anketa; n=13.



Tabela 80: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNA ANALITIKA PODATKOV (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,083	,289	-3,753	,000	,001
sedaj x optimum	-1,542	,289	-5,340	,000	,000
plan x optimum	-,458	,289	-1,588	,112	,337

Vir: lastna anketa; n=24.

4.3.5 Razvojne vrzeli: napredne energetske tehnologije

S Friedmanovimi testi smo potrdili statistično značilne razlike ($\chi^2(2) = 15,200 - 27,877$; vse vrednosti $p \leq 0,001$) med sedanjo (sedaj), načrtovano (plan) in optimalno (optimum) ravnijo obvladovanja za vse štiri od desetih tehnologij s področja naprednih energetske tehnologij, kjer je bilo število opazovanih enot enako ali večje od deset. Sedanja raven (povprečje rangov med 1,00 in 1,30) je dosledno ocenjena najnižje, sledi načrtovana (1,90 do 2,23) in z najvišjimi vrednostmi rangov optimalna (2,56 do 2,80).

Tabela 81: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

tehnologije	n	povprečja rangov			$\chi^2(2)$	p
		sedaj	plan	optimum		
6.1 Električne baterije naslednje generacije	15	1,00	2,23	2,77	27,877	0,001
6.5 Pametna omrežja in shranjevanje energije	16	1,28	2,16	2,56	19,995	0,001
6.7 Nova generacija fotovoltaike	10	1,30	1,90	2,80	15,200	0,001
6.10 Tehnologije za zajemanje energije iz okolja	10	1,20	2,10	2,70	15,200	0,001

Vir: lastna anketa.

Analiza razlik v povprečnih rangov kaže, da so največje vrzeli med sedanjo in optimalno ravnijo obvladovanja prisotne pri električnih baterijah naslednje generacije (1,77), kjer je sicer načrtovan tudi največji, vendar relativno manjši napredek (1,23).

Nova generacija fotovoltaike in tehnologije zajemanja energije iz okolja imata ravno tako visoko razvojno vrzel (1,50), vendar pa je predvsem pri novi generaciji

fotovoltaike načrtovan napredek izrazito najmanjši od vseh štirih proučevanih tehnologij (0,60).

Tabela 82: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

	Tehnologije	n	Sedaj→plan	Razlika	Sedaj→opt.	Razlika
6.1	Električne baterije naslednje generacije	15	1,00 → 2,23	1,23	1,00 → 2,77	1,77
6.5	Pametna omrežja in shranjevanje energije	16	1,28 → 2,16	0,88	1,28 → 2,56	1,28
6.7	Nova generacija fotovoltaike	10	1,30 → 1,90	0,60	1,30 → 2,80	1,50
6.10	Tehnologije za zajemanje energije iz okolja	10	1,20 → 2,10	0,90	1,20 → 2,70	1,50

Vir: lastna anketa.

Sedanja raven obvladovanja je sistematično in visoko statistično značilno ($p \leq 0,002$) nižja od optimalne pri vseh štirih tehnologijah, kar kaže na zavedanje anketiranih o potrebi po bistvenem izboljšanju njihovega obvladovanja teh tehnologij.

Statistično značilne razlike med sedanjo in načrtovano ravni obvladovanja tehnologij smo ob standardni zahtevani stopnji tveganja ($p \leq 0,05$) potrdili za dve tehnologiji:

- električne baterije naslednje generacije ($p = 0,002$) in
- pametna omrežja in shranjevanje energije ($p = 0,040$).

Rezultati statistične analize tako kažejo na namero anketiranih podjetij, da pomembno izboljšajo svoje obvladovanje tehnologij električnih baterij naslednje generacije ter pametnih omrežij in shranjevanja energije, ne pa tudi področij nove fotovoltaike in tehnologij za zajemanje energije iz okolja.

Tabela 83: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ELEKTRIČNE BATERIJE NASLEDNJE GENERACIJE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,233	,365	-3,378	,001	,002
sedaj x optimum	-1,767	,365	-4,838	,000	,000
plan x optimum	-,533	,365	-1,461	,144	,432

Vir: lastna anketa; n=15.



Tabela 84: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: PAMETNA OMREŽJA IN SHRANJEVANJE ENERGIJE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,875	,354	-2,475	,013	,040
sedaj x optimum	-1,281	,354	-3,624	,000	,001
plan x optimum	-,406	,354	-1,149	,251	,752

Vir: lastna anketa; n=16.

Tabela 85: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NOVA GENERACIJA FOTOVOLTAIKE (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,600	,447	-1,342	,180	,539
sedaj x optimum	-1,500	,447	-3,354	,001	,002
plan x optimum	-,900	,447	-2,012	,044	,133

Vir: lastna anketa; n=10.

Tabela 86: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJE ZA ZAJEMANJE ENERGIJE IZ OKOLJA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,900	,447	-2,012	,044	,133
sedaj x optimum	-1,500	,447	-3,354	,001	,002
plan x optimum	-,600	,447	-1,342	,180	,539

Vir: lastna anketa; n=10.

4.3.6 Razvojne vrzeli: napredna robotika

S Friedmanovimi testi smo potrdili statistično značilne razlike ($\chi^2(2) = 19,860-23,787$; vse vrednosti $p \leq 0,001$) med sedanjo (sedaj), načrtovano (plan) in optimalno (optimum) ravnijo obvladovanja za vse štiri od desetih tehnologij s področja napredne robotike, kjer je bilo število opazovanih enot enako ali večje od deset. Sedanja raven (povprečje rangov med 1,12 in 1,27) je dosledno ocenjena najnižje, sledi načrtovana (1,89 do 2,26) in z najvišjimi vrednostmi rangov optimalna (2,62 do 2,89).

Tabela 87: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNA ROBOTIKA

Tehnologije		n	Povprečja rangov			$\chi^2(2)$	p
			sedaj	plan	optimum		
7.1	Sodelovalni roboti	17	1,12	2,26	2,62	22,935	0,001
7.2	Avtonomni mobilni roboti	14	1,21	1,89	2,89	23,787	0,001
7.3	Avtomatizacija procesov z boti	15	1,13	2,13	2,73	23,520	0,001
7.8	Robotizirani sistemi vida	15	1,27	2,10	2,63	19,860	0,001

Vir: lastna anketa.

Iz naslednje tabele je razvidno, da podjetja največji kratkoročni napredek načrtujejo pri sodelovalnih robotih, kjer je razlika med sedanjim in načrtovanim stanjem 1,14. Sledi ji avtomatizacija procesov z boti (1,00), medtem ko imata robotizirani sistemi vida (0,83) in avtonomni mobilni roboti (0,68) najmanjše načrtovano izboljšanje.

Vendar pa pogled na razlike med trenutnim in optimalnim stanjem obvladovanja razkrije nekoliko drugačno sliko. Največji strateški razkorak je izražen pri avtonomnih mobilnih robotih, kjer vrzel znaša 1,68, kar kaže na to, da podjetja tej tehnologiji pripisujejo izjemen dolgoročni potencial, čeprav je načrtovani razvoj celo najmanjši med vsemi štirimi tehnologijami področja napredne robotike.

Visoke vrzeli so prisotne tudi pri avtomatizaciji procesov z boti (1,60) ter pri sodelovalnih robotih (1,50), medtem ko je razlika nekoliko manjša, a še vedno visoka, pri robotiziranih sistemih vida (1,36).



Tabela 88: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNA ROBOTIKA

	Tehnologije	n	Sedaj→plan	Razlika	Sedaj→opt.	Razlika
7.1	Sodelovalni roboti	17	1,12 → 2,26	1,14	1,12 → 2,62	1,50
7.2	Avtonomni mobilni roboti	14	1,21 → 1,89	0,68	1,21 → 2,89	1,68
7.3	Avtomatizacija procesov z boti	15	1,13 → 2,13	1,00	1,13 → 2,73	1,60
7.8	Robotizirani sistemi vida	15	1,27 → 2,10	0,83	1,27 → 2,63	1,36

Vir: lastna anketa.

Sedanja raven obvladovanja je sistematično in visoko statistično značilno ($p \leq 0,001$) nižja od optimalne pri vseh štirih tehnologijah, kar kaže na zavedanje anketiranih o potrebi po bistvenem izboljšanju njihovega obvladovanja teh tehnologij, ki so jih predhodno ocenili kot zelo pomembne za njihova podjetja.

Statistično značilne razlike med sedanjo in načrtovano ravniyo obvladovanja tehnologij smo ob standardni zahtevani stopnji tveganja ($p \leq 0,05$) potrdili za dve tehnologiji:

- sodelovalne robote ($p = 0,002$),
- avtomatizacijo procesov z boti ($p = 0,019$)
- in pogojno še za robotizirane sisteme vida ($p = 0,067$).

Rezultati statistične analize tako kažejo na namero anketiranih podjetij, da pomembno izboljšajo svoje obvladovanje tehnologij sodelovalnih robotov, avtomatizacije procesov z boti in robotiziranih sistemov vida, ne pa tudi tehnologij avtonomnih mobilnih robotov, kjer so sicer svoj zaostanek za pričakovanimi zahtevami trga ocenili kot največji.

Tabela 89: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: SODELOVALNI ROBOTI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,147	,343	-3,344	,001	,002
sedaj x optimum	-1,500	,343	-4,373	,000	,000
plan x optimum	-,353	,343	-1,029	,303	,910

Vir: lastna anketa; n=17.

Tabela 90: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTONOMNI MOBILNI ROBOTI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,679	,378	-1,795	,073	,218
sedaj x optimum	-1,679	,378	-4,441	,000	,000
plan x optimum	-1,000	,378	-2,646	,008	,024

Vir: lastna anketa; n=14.

Tabela 91: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTOMATIZACIJA PROCESOV Z BOTI (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-1,000	,365	-2,739	,006	,019
sedaj x optimum	-1,600	,365	-4,382	,000	,000
plan x optimum	-,600	,365	-1,643	,100	,301

Vir: lastna anketa; n=15.

Tabela 92: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ROBOTIZIRANI SISTEMI VIDA (primerjave parov)

Pari spremenljivk	Test stat.	Std. napaka	Std. test stat.	p	Popr. p (Bonferroni)
sedaj x plan	-,833	,365	-2,282	,022	,067
sedaj x optimum	-1,367	,365	-3,743	,000	,001
plan x optimum	-,533	,365	-1,461	,144	,432

Vir: lastna anketa; n=15.

4.4 RAZVOJNE VRZELI: KLJUČNE UGOTOVITVE

Analizo razvojnih vrzeli in namero za njihovo odpravljanje med anketiranimi podjetji smo lahko izvedli za 39 od 158 tehnologij. Za vsako od teh 39 tehnologij (dejansko razporejenih po šestih od enajstih kritičnih tehnoloških področij) smo imeli na razpolago odgovore za deset ali več podjetij, ki so obvladovanje teh tehnologij ocenila kot zelo pomembna za njihovo poslovanje v naslednjih petih letih, hkrati pa so podala tudi ocene o sedanji, načrtovani in optimalni ravni obvladovanja teh tehnologij.

S Friedmanovo dvosmerno analizo variance rangov za povezane vzorce smo potrdili statistično značilne razlike med sedanjo, načrtovano in optimalno ravni obvladovanja za 38 od omenjenih 39 tehnologij, pri čemer pa je bila izračunana



p vrednost za 39. tehnologijo ($p = 0,057$) le malenkost višja od standardno zahtevane ($p \leq 0,05$). Sklepamo lahko, da se anketirana podjetja dobro zavedajo razvojnih zaostankov pri vseh 39 tehnologijah, za katere smo imeli na voljo dovolj opazovanih enot za izvedbo ustreznih statističnih testov.

Nasprotno smo statistično značilne razlike in s tem dejansko načrtovano odpravo identificiranih razvojnih vrzeli ob standardno zahtevani stopnji tveganja ($p \leq 0,05$) lahko potrdili le za 23 od 39 tehnologij, ob stopnji tveganja do 0,067 pa še za nadaljnjih pet. Za te lahko ugotovimo, da imajo anketirana podjetja, ki obvladovanje teh tehnologij ocenjujejo kot zelo pomembna zanje, tudi dejanske načrte in namen odpraviti ali vsaj bistveno zmanjšati identificirane razvojne vrzeli.

Statistično značilne razlike med načrtovano in optimalno ravnijo obvladovanja tehnologij smo potrdili le v enem primeru (avtonomni mobilni roboti), kjer se anketirana podjetja najbolj očitno zavedajo, da njihovi načrtovani napori za odpravo razvojne vrzeli ne bodo zadoščali za približevanje optimalni ravni glede na pričakovane tržne zahteve oziroma njihovo konkurenco.

Tehnologije, kjer bodo načrtovani razvojni napori po mnenju anketiranih nezadostni, so predvsem: reciklirani in trajnostni materiali, avtomatizirani sistemi za sestavljanje, napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami, hibridna proizvodnja, robno računalništvo, visoko zmogljivo računalništvo, obdelava naravnega jezika, nova generacija fotovoltaike, tehnologije za zajemanje energije iz okolja in avtonomni mobilni roboti.

Tabela 93: Zapiranje razvojnih vrzeli po izbranih kritičnih tehnologijah

	n	Sedaj--plan	Sedaj--opt.	
NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV				
1.1	Nanomateriali	10	0,030	0,002
1.5	Napredni kompozitni materiali	10	0,943	0,057
1.18	Reciklirani in trajnostni materiali	11	0,128	0,017
1.19	Napredni premazi (vključno z nanostrukt. premazi)	11	0,017	0,001
NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE				
2.4	Avtomatizirani sistemi za sestavljanje	16	0,190	0,002
2.5	Tehnologija digitalnih dvojnikov	14	0,054	0,001
2.6	Napredna robotika	18	0,011	0,000
2.7	Fleksibilni proizvodni sistemi	21	0,008	0,000
2.8	Napr. obd. procesi z visoko zahtevnimi spec.	13	0,118	0,004
2.9	Pametna proizvodnja	20	0,034	0,000
2.10	Hibridna proizvodnja	10	0,101	0,004
2.14	Trajnostni proizvodni postopki	16	0,031	0,001
2.15	Dobavna veriga 4.0	14	0,010	0,000
INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE				
4.1	Tehnologije 5G in 6G	16	0,001	0,000
4.2	Internet stvari	22	0,003	0,000
4.3	Umetna inteligenca v komunikacijah	24	0,000	0,000
4.9	Robno računalništvo	10	0,281	0,022
4.12	Tehnologije kibernetске varnosti	29	0,000	0,000
4.13	Računalništvo v oblaku	25	0,003	0,000
4.14	Interakcija človek-računalnik	19	0,004	0,000
4.16	Visoko zmogljivo računalništvo	10	0,353	0,005
4.17	Mreže in omrežja, neodvisna od infrastrukture	12	0,057	0,002
UMETNA INTELIGENCA				
5.1	Strojno učenje	28	0,000	0,000
5.2	Obdelava naravnega jezika	11	0,076	0,012
5.3	Spodbujevalno učenje	15	0,024	0,001
5.5	Avtonomni pogovorni agenti	16	0,001	0,000
5.6	Generativna kontradiktorna omrežja	18	0,000	0,000
5.8	Računalniški vid, podprt z umetno inteligenco	24	0,002	0,000
5.10	Robotika, podprta z umetno inteligenco	16	0,051	0,000
5.11	Učenje s prenosom	13	0,056	0,001
5.14	Napredna analitika podatkov	24	0,001	0,000
NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE				
6.1	Električne baterije naslednje generacije	15	0,002	0,000
6.5	Pametna omrežja in shranjevanje energije	16	0,040	0,001
6.7	Nova generacija fotovoltaike	10	0,539	0,002
6.10	Tehnologije za zajemanje energije iz okolja	10	0,133	0,002
NAPREDNA ROBOTIKA				
7.1	Sodelovalni roboti	17	0,002	0,000
7.2	Avtonomni mobilni roboti	14	0,218	0,000
7.3	Avtomatizacija procesov z boti	15	0,019	0,000
7.8	Robotizirani sistemi vida	15	0,067	0,001

Vir: lastna anketa.



Za navedene tehnologije bi bilo smiselno izvesti poglobljeno analizo z relevantnimi podjetji, identificirati razloge za zaostajanje načrtov za identificiranimi potrebami in razmisliti o ukrepih tako na ravni podjetij kot s stališča ekonomskih politik za odpravo teh vrzeli.

Ugotavljamo, da se podjetja večinoma zavedajo razvojnih primanjkljajev in da ti obstajajo praktično pri vseh proučevanih tehnologijah, ki smo jih lahko vključili v statistično analizo, vendar pri nekaterih tehnologijah iz različnih razlogov ni tudi ustreznih razvojnih načrtov za odpravo teh vrzeli.

Potrebna je nadaljnja analiza vzrokov, ki lahko vključujejo pomanjkanje virov (finančnih, kadrovskih, organizacijskih), pomanjkanje znanj v podjetjih in pri njihovih razvojnih partnerjih (druga podjetja, inštituti, univerze) ali druge dejavnike okolja, kot so birokratske ovire, davčna politika, neustrezne ali neustrezno motivirane podporne institucije.

Analiza razkriva pomembne razvojne vrzeli na področjih identificiranih kritičnih tehnologij oziroma v tehnološki pripravljenosti podjetij za izzive, ki jih ta pričakujejo v naslednjih petih letih. Napore v teh podjetjih in podporo države na ravni ekonomskih politik, bi bilo zato po predhodni poglobljeni analizi vzrokov smiselno usmeriti na področja, kjer so razlike med ocenjenimi razvojnimi potrebami in dejansko načrtovano realizacijo največje.

5 DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK

V sodobnem mednarodnem okolju, zaznamovanem z naraščajočo nepredvidljivostjo, smo priča zgodovinskemu prestrukturiranju globalnih gospodarskih in geopolitičnih razmerij. Ključne determinante tega procesa so vzpon Kitajske kot vodilne gospodarske in tehnološke velesile, zaostrovanje systemske konkurence z ZDA, prerazporejanje tehnoloških kompetenc med omenjenima gospodarskima velesilama ter erozija normativne vloge tradicionalnih mednarodnih institucij. Premik globalnega gospodarskega in političnega težišča proti azijskemu prostoru ustvarja nove vzorce trgovinskih in investicijskih tokov, hkrati pa spodbuja procese gospodarske regionalizacije in preoblikovanja strateških zavezništav.

Mednarodne primerjave (na primer ASPI; Gaida in drugi, 2023) razkrivajo vse očitnejšo in izrazitejšo prevlado Kitajske v večini kritičnih tehnologij (57 od 64). Medtem ko so ZDA pripadla prva mesta v preostalih sedmih od teh 64 kritičnih tehnologij in večina drugih mest, pa EU ni vodilna niti v eni sami kritični tehnologiji s seznama ASPI. Med najpomembnejšimi kritičnimi tehnološkimi področji izstopajo umetna inteligenca, napredna komunikacijska omrežja, biotehnologija, napredni materiali, kvantne in vesoljske tehnologije ter energetske inovacije, katerih strateška vrednost presega zgolj gospodarski pomen in ima neposredne implikacije tudi za vojaško varnostne zmogljivosti držav. Kibernetski prostor se uveljavlja kot nova domena strateškega tekmovanja, v kateri zaščita kritične infrastrukture postaja temelj nacionalne odpornosti.

Vzporedno se krepi vprašanje legitimnosti povojne institucionalne arhitekture, saj alternativni centri moči, kot je na primer BRICS, oblikujejo diskurz, ki odraža spremenjena razmerja sil. V tem kontekstu obvladovanje kritičnih tehnologij postaja osrednji dejavnik dolgoročne gospodarske stabilnosti, konkurenčnosti in geopolitične relevantnosti, kar je tudi vsebinsko izhodišče pričujoče monografije.

Opredelitev pojma kritičnih tehnologij je dinamična kategorija, ki se prilagaja specifičnim zgodovinskim okoliščinam, geopolitičnim prioritetam in nacionalnim interesom. Medtem ko so bile v obdobju hladne vojne v ospredju predvsem jedrske tehnologije, vojaški sistemi in komunikacijska infrastruktura, se je seznam danes razširil na številna civilna in gospodarska področja. Tako imajo ZDA, Kitajska, EU in druge države ter njihove grupacije v izboru kritičnih tehnologij tudi



danes različna strateška izhodišča. ZDA in zavezništvo AUKUS poudarjajo predvsem vojaško varnost in tehnološko prevlado, EU pa k varnostnim in ciljem izboljševanja gospodarske konkurenčnosti dodaja še dimenzije trajnostnega razvoja in socialne kohezije, v zadnjem času pa tudi obrambno varnostno. Kitajska po drugi strani načrtuje vodilno vlogo v vseh kritičnih tehnologijah že do leta 2030, še posebej to velja za področji umetne inteligence in izvedenih vojaških aplikacij.

Po primerjalni analizi seznamov kritičnih tehnologij ASPI (Gaida in drugi, 2023), ZDA (Fast Track Action Subcommittee, 2024), EU (Evropska komisija, 2023), Kitajske ((Wong Leung, Robin & Cave, 2024) in druge citirane literature, vključno z našimi predhodnimi raziskavami na temo tehnoloških megatrendov (Bešter, 2024), smo za potrebe ankete pripravili lasten nabor kritičnih tehnoloških področij (11) in kritičnih tehnologij (158). Kot kritične v tem besedilu tako obravnavamo tehnologije, ki bodisi omogočajo gospodarsko varnost in vodilno vlogo v globalni konkurenci, zagotavljajo tehnološko suverenost, podpirajo trajnostni razvoj in družbeno stabilnost ali pa krepijo vojaško varnostne zmogljivosti.

Za identifikacijo slovenskih podjetij, ki obvladujejo ali načrtujejo razvoj kritičnih tehnologij, smo uporabili dva pristopa:

- povabilo k sodelovanju v spletni anketi, ki smo ga naslovili na 1.845 največjih in tehnološko najnaprednejših podjetij, identificiranih v preteklih raziskavah IER, ter
- neposredne intervjuje z javno prepoznavnimi tehnološko naprednimi podjetji, ki smo jih prav tako povabili k sodelovanju v spletni anketi.

Naš vzorec tako po definiciji ni reprezentativen s stališča celote slovenskega gospodarstva. Nasprotno, iskali smo izjeme, netipična slovenska podjetja, ki presegajo povprečja in običajen način strateškega razmišljanja, odnosa do raziskav in razvoja, inoviranja, spremljanja in odzivanja na spremembe na trgu, z jasnimi cilji, da poskušajo vsaj z določenimi projekti poseči med najboljša podjetja na svojih ciljnih in globalnem trgu.

Na splošno ugotavljamo, da se med anketiranimi podjetji kaže relativno visoka stopnja zavedanja o pomenu globalnih trendov na področju kritičnih tehnologij, saj jih tri četrtine te trende spremlja redno ali ves čas. Od 72 anketiranih podjetij jih 61 vlaga v razvoj vsaj ene od kritičnih tehnologij z našega seznama.

Najvišje ocene strateške pomembnosti za konkurenčnost slovenskega gospodarstva so prejela področja naprednih tehnologij materialov, naprednih tehnologij proizvodnje, biotehnologije, naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij, umetne inteligence, naprednih energetske rešitve, napredne robotike in avtonomnih sistemov ter naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja. Najnižje je bil ocenjen pomen kvantnih tehnologij, vesoljskih in naprednih pogonskih tehnologij ter naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije.

Skoraj dve tretjini anketiranih podjetij ocenjuje, da slovensko gospodarstvo glede pripravljenosti na hitre tehnološke spremembe in rastoči pomen kritičnih tehnologij zaostaja za povprečjem EU. Pri tem kot glavne mehanizme spremljanja lastne uspešnosti sledenja tehnološkim novostim navajajo analizo povratnih informacij poslovnih partnerjev in drugih deležnikov, benchmarking ter usposabljanje kadrov za hitro adaptacijo in razvoj novih tehnologij.

Večina anketiranih podjetij v kritične tehnologije usmerja vsaj del proračuna za raziskave in razvoj, pri čemer prevladujejo nizki deleži do 5 %. Ključni spodbujevalci inovacij so spremembe v potrebah kupcev ter tehnološki napredek znanosti in konkurentov, medtem ko so največje ovire za razvoj kritičnih tehnologij po mnenju podjetij negotovost tržnega uspeha, pomanjkanje ustreznega raziskovalno-razvojnega in/ali proizvodnega kadra ter pomanjkanje finančnih sredstev za investicije v aplikacijo razvitih naprednih tehnologij v poslovanje podjetja.

Kot najpomembnejša sistemska podpora ukrepa za izboljšanje njihovega obvladovanja kritičnih tehnologij podjetja izpostavljajo debirokratizacijo na vseh ravneh ter davčne spodbude za raziskave in razvoj, medtem ko najmanjši pomen pripisujejo spodbujanju priliva kadrov iz tujine, vlogi tveganega kapitala, stimulaciji zgodnjih trgov in vključevanju v velike mednarodne projekte.

V nadaljevanju smo poglobljeno analizirali odgovore anketiranih podjetij na vprašanja o njihovem obvladovanju kritičnih tehnoloških področij (11) in podrobneje tudi posameznih kritičnih tehnologij (158), ki so jih ta ocenila kot zelo pomembna za njihovo poslovanje v prihodnjih petih letih. Primarno nas je zanimalo, ali pri posameznih kritičnih tehnologijah obstajajo pomembne razvojne vrzeli – statistično značilne razlike med sedanjo in optimalno (s stališča



pričakovanih zahtev trga) ravnijo obvladovanja teh tehnologij – in ali podjetja načrtujejo ustrezno zapiranje teh vrzeli.

Za statistično analizo smo uporabili Friedmanovo dvosmerno analizo variance rangov za povezane vzorce in Wilcoxonove primerjave parov z Bonferronijevim popravkom za natančno identifikacijo statistično značilnih razlik med posameznimi pari (sedanja x načrtovana raven; sedanja x optimalna raven; načrtovana x optimalna raven). Omenjene statistične teste smo izvedli za tehnologije, kjer je bilo število opazovanih enot enako ali večje od deset ($n \geq 10$). To pomeni, da je moralo obvladovanje vsake posamezne tehnologije vsaj deset podjetij oceniti kot zelo pomembno, hkrati pa so morali tudi odgovoriti na vsa tri nadaljnja vprašanja – to je oceniti sedanjo, načrtovano in optimalno raven obvladovanja posamezne tehnologije.

Tehnološka področja, kjer je bil izpolnjen ta pogoj vsaj za eno od predvidenih kritičnih tehnologij, so bila:

- napredne tehnologije materialov,
- napredne tehnologije proizvodnje,
- napredne informacijske in komunikacijske tehnologije,
- umetna inteligenca,
- napredne energetske tehnologije,
- napredna robotika.

Tehnološka področja, ki niso imela zadostnega števila podjetij, ki bi odgovarjala na relevantna vprašanja o posameznih tehnologijah, nismo poglobljeno obravnavali:

- biotehnologija,
- kvantne tehnologije,
- napredne vesoljske in pogojske tehnologije,
- napredne tehnologije zaznavanja, merjenja časa in navigacije,
- napredne tehnologije na področju medicine in zdravja.

Ugotavljamo, da se pri 39 proučevanih kritičnih tehnologijah, za katere smo imeli na voljo dovolj opazovanj za ustrezno statistično analizo ($n \geq 10$), med anketiranimi podjetji kaže visoka stopnja zavedanja o obstoju razvojnih vrzeli, vendar le pri približno dveh tretjinah obstajajo tudi potencialno zadostni načrti za njihovo zapiranje. Pri preostalih tehnologijah – med njimi reciklirani in trajnostni

materiali, avtomatizirani sistemi za sestavljanje, napredni obdelovalni procesi z visoko zahtevnimi specifikacijami, hibridna proizvodnja, robno računalništvo, visoko zmogljivo računalništvo, obdelava naravnega jezika, nova generacija fotovoltaike, tehnologije za zajemanje energije iz okolja in avtonomni mobilni roboti – zaznavamo neskladje med prepoznanimi strateškimi potrebami in dejansko načrtovanimi ukrepi. Ta razkorak ne ogroža le tehnološke konkurenčnosti na ravni podjetij, temveč tudi sposobnost Slovenije za vstop v višje segmente globalnih verig vrednosti.

Za izboljšanje položaja slovenskega gospodarstva bo potrebna odločna sprememba razvojne paradigme – iz pasivnega in pogosto zamudnega prilagajanja globalnim trendom v strateško predvidevanje, ki temelji na sistematičnem spremljanju tehnoloških megatrendov, hitri mobilizaciji virov in vlaganjih v izbrane tehnološke niše. Te niše so lahko zgrajene okoli področij, kjer slovenska podjetja že izkazujejo nadpovprečne zmogljivosti (na primer napredni materiali, informacijske in komunikacijske tehnologije, umetna inteligenca, robotika, trajnostne proizvodne tehnologije) ali pa tam, kjer globalni razvojni valovi odpirajo nova okna priložnosti (na primer kvantne tehnologije, umetna inteligenca v nišnih aplikacijah, zelene energetske inovacije).

Izvedba takšnega prehoda zahteva kombinacijo treh stebrov:

- krepitev raziskovalno-razvojnih zmogljivosti znotraj podjetij in povezovanje z vrhunskimi mednarodnimi raziskovalnimi središči,
- razvoj človeškega kapitala, ki lahko hitro absorbira in soustvarja tehnološke inovacije, ter
- prilagoditev podpornih javnih politik – od davčnih spodbud in debirokratizacije do strateškega usmerjanja sredstev v prebojne tehnologije z visokim multiplikativnim učinkom.

Če bo Slovenija uspela te elemente povezati v koherenten strateški okvir, lahko kljub svoji majhnosti doseže nesorazmeren vpliv vsaj na izbranih področjih globalnega tehnološkega zemljevida in si zagotovi trajnejšo konkurenčno prednost v obdobju, ko kritične tehnologije postajajo osrednji generator gospodarske moči in geopolitičnega vpliva.

Ključno spoznanje, ki presega zgolj empirične ugotovitve tega besedila, je, da bo v prihodnjem desetletju konkurenčnost slovenskega gospodarstva v veliki meri



odvisna od sposobnosti podjetij in države, da ne le sledijo, temveč tudi proaktivno soustvarjajo tehnološke preboje. Enako velja za EU kot celoto, saj je njeno zaostajanje v vseh kritičnih tehnologijah, ki jih spremlja ASPI, skrajno problematično.

LITERATURA IN VIRI

AJPES (8. avgust 2025). Poslovanje gospodarskih družb v letu 2014. Pridobljeno 8. 8. 2025 iz https://www.ajpes.si/novica/Poslovanje_gospodarskih_druzb_v_letu_2024?id=615

AMFG (1. april 2021). Industrial applications of 3D printing: The ultimate guide. Pridobljeno 14. 3. 2025 iz <https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>

Atkinson, D. R. (september 2024). China Is Rapidly Becoming a Leading Innovator in Advanced Industries. ITIF – Information Technology & Innovation Foundation.

AUTOCRYPT (13. januar 2023). The state of level 3 autonomous driving in 2023. Pridobljeno 15. 3. 2025 iz <https://autocrypt.io/the-state-of-level-3-autonomous-driving-in-2023/>

Bešter, J. (2019). Vpliv vključevanja slovenskih podjetij v globalne verige vrednosti na njihovo rast in uspešnost. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Bešter, J. (2021). Pandemija COVID-19 in slovenska podjetja. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Bešter, J. (2022). Pričakovani in dejanski učinki pandemije COVID-19. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Bešter, J. in Koren, M. (2022). Dve leti pandemije COVID-19 v Sloveniji. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Bešter, J. (2024). Megatrendi: obrisi naše prihodnosti. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Bimber, B. in Popper, S. W. (1994). What is a Critical Technology? Santa Monica, CA: RAND Corporation. Pridobljeno 10. 3. 2025 iz <https://www.rand.org/pubs/drafts/DRU605.html>

Blain, L. (26. junij 2023a). Clever Aussie brain-computer interface leaves your skull intact. New Atlas. Pridobljeno 12. 3. 2025 iz <https://newatlas.com/computers/synchron-stentrode-brain-interface/>



Cantor, L. (20. avgust 2023). AI could create music that can manipulate your emotions – and voting choices. BBC Science Focus. Pridobljeno 5. 3. 2025 iz <https://www.sciencefocus.com/ai-music-emotions-threaten-free-will>

Chu, J. (16. marec 2022). A fabric that "hears" your heart's sounds: Inspired by the human ear, a new acoustic fabric converts audible sounds into electrical signals. Pridobljeno 11. 3. 2025 iz <https://news.mit.edu/2022/fabric-acoustic-microphone-0316>

Cohen, J. K. (17. februar 2023). Human, AI Chat Tools May Be Able to Fill Genetic Counseling Gaps in DTC Testing. Precision Medicine Online. Pridobljeno 23. 3. 2025 iz <https://www.precisionmedicineonline.com/informatics/human-ai-chat-tools-may-be-able-fill-genetic-counseling-gaps-dtc-testing>

Draghi, M. (2024). The Future of European Competitiveness—A Competitiveness Strategy for Europe. Pridobljeno 12. 6. 2025 iz https://commission.europa.eu/document/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en

Dun&Bradstreet. (2025). GVIN. Pridobljeno 8. 7. 2025 iz <https://www.gvin.com/IskalnikCE/Pages/SearchResult.aspx?Mode=GvinSI&App=GvinIskalnikSI&Kontekst=5&Lang=sl-SI>

Ethereum (31. avgust 2023). Pridobljeno 12. 3. 2025 iz <https://ethereum.org/sl/web3/>

Evropska komisija. (2023). Priporočilo Komisije (EU) 2023/2113 z dne 3. oktobra 2023 o tehnoloških področjih, kritičnih za gospodarsko varnost EU, v zvezi s katerimi se z državami članicami opravi nadaljnja ocena tveganja.

Fitlo, J. (2. september 2021). Innovation in Textiles. Pridobljeno 22. 3. 2025 iz <https://www.innovationintextiles.com/nanotube-threads-improve-vital-signs-readings/>

Future Today Institute (2023). 2023 Tech Trends Report.

Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S. in Cave, D. (2023). ASPI's Critical Technology Tracker: The global race for future power. Australian Strategic Policy Institute.

Grand View Research (junij 2023). Space Technology Market Size To Reach \$731.8 Billion By 2030. Pridobljeno 20. 3. 2025 iz <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-space-technology-market>

Hunt, T. (25. maj 2023). Here's Why AI May Be Extremely Dangerous—Whether It's Conscious or Not: Artificial intelligence algorithms will soon reach a point of rapid self-improvement that threatens our ability to control them and poses great potential risk to humanity. Scientific American. <https://www.scientificamerican.com/article/heres-why-ai-may-be-extremely-dangerous-whether-its-conscious-or-not/>

Kearney S. in Malliaros J. (3. maj 2023). Quantum Sensing And Its Value: A Brief Overview. Quantum Insider. Pridobljeno 17. 3. 2025 iz <https://thequantuminsider.com/2023/05/03/quantum-sensing-and-its-value-a-brief-overview/>

Koetsier, J. (6. julij 2021). Smart Thread Is The Future Of Wearable Tech. Here's One Startup Making It Happen. Pridobljeno 23. 3. 2025 iz <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2021/07/06/smart-thread-is-the-future-of-wearable-tech-heres-one-startup-making-it-happen/?sh=3f6f1c2f7504>

Kurt K. H., Pedersen, M. W., De Sanctis, B., De Cahsan, B., Korneliusen, T. S., Michelsen, C. S., Sand, K. K. in drugi (december 2022). A 2-Million-Year-Old Ecosystem in Greenland Uncovered by Environmental DNA. Nature. Pridobljeno 12. 3. 2025 iz <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj6987>

Leung Wong, J., Robin, S., Cave, D. (2024) ASPI's two-decade Critical Technology Tracker : the rewards of long-term research investment Barton, ACT: Australian Strategic Policy Institute.

Manufacturing (n. d.). Sustainability Guide. Pridobljeno 11. 3. 2025 iz <https://sustainabilityguide.eu/ecodesign/manufacturing/>

Marr, B. (26. avgust 2022). Quantum Computing Now And In The Future: Explanation, Applications, And Problems. Forbes. Pridobljeno 24. 3. 2025 iz <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/08/26/quantum-computing-now-and-in-the-future-explanation-applications-and-problems/?sh=60de96f1a6b5>

Marr, B. (2. junij 2023). The 15 Biggest Risks Of Artificial Intelligence. Forbes. Pridobljeno 14. 3. 2025 iz <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/06/02/the-15-biggest-risks-of-artificial-intelligence/>



Mathis, J. (februar 2025). What is behind China's aggressive naval maneuvers near Australia? The Week. Pridobljeno 4. 3. 2025 iz <https://theweek.com/politics/china-naval-exercises-australia-united-states>

McKinsey & Company (12. november 2021). The value of getting personalization right—or wrong—is multiplying. Pridobljeno 22. 3. 2025 iz <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-value-of-getting-personalization-right-or-wrong-is-multiplying>

McKinsey & Company (17. avgust 2022). What is the metaverse? Pridobljeno 22. 3. 2025 iz <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-metaverse>

McKinsey (17. september 2024). Global Energy Perspective 2024. Pridobljeno 6. 3. 2025 iz <https://www.mckinsey.com/industries/energy>

Milmo, D. (13. julij 2023). Elon Musk launches AI startup and warns of a »Terminator future«. Guardian. Pridobljeno 5. 3. 2025 iz <https://www.theguardian.com/technology/2023/jul/13/elon-musk-launches-xai-startup-pro-humanity-terminator-future>

Morrison, R. (24. november 2023). OpenAI's 'superintelligent' AI leap nearly caused the company to collapse — here's why. Toms Guide. Pridobljeno 14. 3. 2025 iz <https://www.tomsguide.com/features/openais-superintelligent-ai-leap-nearly-caused-the-company-to-collapse-heres-why>

OpenLoop (23. februar 2023). 12 D2C Digital Healthcare Companies Leading Specialized Care: These are the digital health companies championing more personalized, patient-centric care. Pridobljeno 25. 3. 2025 iz <https://openloophealth.com/blog/top-12-d2c-digital-healthcare-companies>

Ortega, M. A., Zhou, R., Chen, M. S. S., Patrick Bewg, W. in drugi (februar 2023). In Vitro Floral Development in Poplar: Insights into Seed Trichome Regulation and Trichomonoccy. New Phytologist. Pridobljeno 10. 3. 2025 iz <https://doi.org/10.1111/nph.18624>

Ritchie, H., Rosado, P. in Roser, M. (2024) - "Energy Production and Consumption" Published online at OurWorldinData.org. Pridobljeno 10. 3. 2025 iz <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

Roquilly, S., Villadangos, J. A. (1. december 2022). Intestinal Microbe-Derived Metabolites Instruct Macrophages in the Lungs. *Nature Immunology*. Pridobljeno 15. 3. 2025 iz <https://doi.org/10.1038/s41590-022-01358-0>

Saladhine, F. (20. januar 2023). 5G, 6G, and Beyond: Recent advances and future challenges. *Springer Link*. Pridobljeno 23. 3. 2025 iz <https://link.springer.com/article/10.1007/s12243-022-00938-3>

SAP (n. d.). The future of manufacturing. Pridobljeno 12. 3. 2025 iz <https://www.sap.com/products/scm/what-is-a-smart-factory.html>

Siegel, S., in Castellan, N. J., Jr. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill Book Company.

Steines, M. (29. junij 2023). 5 Top Space Mining Companies. Pridobljeno 18. 3. 2025 iz <https://builtin.com/aerospace/top-space-mining-companies>

Swayne M. (7. januar 2025) Quantum Sensing Technology Reveals Sub-atomic Signals. *Quantum Insider*. Pridobljeno 17. 3. 2025 iz <https://thequantuminsider.com/2025/01/07/quantum-sensing-technology-reveals-sub-atomic-signals/>

TechTarget (4. avgust 2023). What is IIoT (Industrial Internet of things)? Definition from TechTarget. Pridobljeno 23. 3. 2025 iz <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>

Thomas, M. (3. avgust 2023). 12 Risks and Dangers of Artificial Intelligence (AI). *Built In*. <https://builtin.com/artificial-intelligence/risks-of-artificial-intelligence>

Ulanoff, L. (23. november 2023). OpenAI's reported 'superintelligence' breakthrough is so big it nearly destroyed the company, and ChatGPT. *TechRadar*. Pridobljeno 12. 3. 2025 iz <https://www.techradar.com/computing/artificial-intelligence/openais-reported-superintelligence-breakthrough-is-so-big-it-nearly-destroyed-the-company-and-chatgpt>

Uredba (EU) 2024/795 o vzpostavitvi platforme strateških tehnologij za Evropo. 2024. Pridobljeno 11. 3. 2025 iz <https://eur-lex.europa.eu/SL/legal-content/summary/strategic-technologies-for-europe-platform-step.html>

Zichittella, G., Ebrahim, A. M., Zhu, J., Brenner, A. E. in drugi (2. avgust 2022). Hydrogenolysis of Polyethylene and Polypropylene into Propane over Cobalt-



Based Catalysts. JACS Au. Pridobljeno 12. 3. 2025 iz <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacsau.2c00402>

Zou N. (2021). Quantum Entanglement and Its Application in Quantum Communication. Journal of Physics: Conference Series: 6th International Conference on Electronic Technology and Information Science. Pridobljeno 17. 3. 2025 iz <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1827/1/012120>

Xia, J., Khaliliazar, S., Hamed, M. M. in Sonkusale, S. (18. junij 2021). Thread-based wearable devices. Springer Link. Pridobljeno 25. 3. 2025 iz <https://link.springer.com/article/10.1557/s43577-021-00116-1>

SEZNAM SLIK

Slika 1: Prihodki od prodaje podjetij, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023, v mio EUR).....	54
Slika 2: Število zaposlenih v podjetjih, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023)	54
Slika 3: EBITDA podjetij, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023, v mio EUR)	55
Slika 4: Prosti denarni tok podjetij, ki so posamezna tehnološka področja ocenila kot zelo pomembna za njihovo bodoče poslovanje (2023, v mio EUR).....	56
Slika 5: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij materialov (leto 2023, mio EUR).....	59
Slika 6: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij materialov (leto 2023, mio EUR).....	59
Slika 7: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij proizvodnje (leto 2023, mio EUR)	61
Slika 8: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij proizvodnje (leto 2023, mio EUR)	61
Slika 9: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)	64
Slika 10: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih informacijskih in komunikacijskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)	64
Slika 11: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja umetne inteligence (leto 2023, mio EUR)	66
Slika 12: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja umetne inteligence (leto 2023, mio EUR)	66
Slika 13: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih energetske tehnologij (leto 2023, mio EUR)	68
Slika 14: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih energetske tehnologij (leto 2023, mio EUR)	68
Slika 15: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja napredne robotike in avtonomnih sistemov (leto 2023, mio EUR)	70
Slika 16: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja napredne robotike in avtonomnih sistemov (leto 2023, mio EUR)	70
Slika 17: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja kvantnih tehnologij (leto 2023, mio EUR)	72



Slika 18: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja kvantnih tehnologij (leto 2023, mio EUR)	72
Slika 19: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih vesoljskih in pogonskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)	74
Slika 20: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih vesoljskih in pogonskih tehnologij (leto 2023, mio EUR)	74
Slika 21: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije (leto 2023, mio EUR)	76
Slika 22: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij zaznavanja, merjenja časa in navigacije (leto 2023, mio EUR)	76
Slika 23: Število zaposlenih po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja (leto 2023, mio EUR).....	78
Slika 24: Prihodki od prodaje po tehnologijah tehnološkega področja naprednih tehnologij na področju medicine in zdravja (leto 2023, mio EUR).....	78

SEZNAM TABEL

Tabela 1: Seznam kritičnih tehnoloških področij in tehnologij – ASPI 2024	7
Tabela 2: Seznam kritičnih tehnoloških področij – ZDA 2024.....	9
Tabela 3: Seznam kritičnih tehnoloških področij in tehnologij – Evropska komisija 3.10.2023	13
Tabela 4: Pozicija Kitajske glede na globalno vodilno podjetje po izbranih tehnoloških področjih	17
Tabela 5: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV.....	21
Tabela 6: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: NAPREDNE PROIZVODNE TEHNOLOGIJE	23
Tabela 7: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: BIOTEHNOLOGIJA.....	24
Tabela 8: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE	26
Tabela 9: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: UMETNA INTELIGENCA	28
Tabela 10: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: ENERGETSKE TEHNOLOGIJE	29
Tabela 11: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: ROBOTIKA IN AVTONOMNI SISTEMI.....	31
Tabela 12: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: KVANTNE TEHNOLOGIJE	32
Tabela 13: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: VESOLJSKE IN POGONSKE TEHNOLOGIJE	34
Tabela 14: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: ZAZNAVANJE, MERJENJE ČASA IN NAVIGACIJA.....	35
Tabela 15: Seznam kritičnih tehnologij s kratkimi opisi za tehnološko področje: MEDICINA IN ZDRAVJE.....	37
Tabela 16: Sektorska sestava anketiranih podjetij – raven črkovne oznake standardne klasifikacije dejavnosti (2008).....	42
Tabela 17: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2021	43
Tabela 18: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2022	43
Tabela 19: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2023	43
Tabela 20: Izbrani finančni kazalniki vzorca podjetij za leto 2024	44



Tabela 21: Odstotne spremembe v izbranih finančnih kazalnikih: 2021 – 2023..	44
Tabela 22: Pogostnost spremljanja globalnih trendov na področju kritičnih tehnologij.....	46
Tabela 23: Mnenja anketiranih predstavnikov slovenskih podjetij o pomenu izbranih kritičnih tehnoloških področij za uspešnost slovenskega gospodarstva v naslednjih petih letih	46
Tabela 24: Ocene pripravljenosti slovenskega gospodarstva na hitre tehnološke spremembe in rastoč pomen kritičnih tehnologij v primerjavi z drugimi državami članicami EU.....	47
Tabela 25: Mehanizmi spremljanja uspešnosti obvladovanja naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih	48
Tabela 26: Deleži proračunov za raziskave in razvoj anketiranih podjetij, ki ga ta namenjajo kritičnim tehnologijam	48
Tabela 27: Dejavniki, ki največkrat spodbudijo inovacije v podjetjih	49
Tabela 28: Dejavniki, ki bi po mnenju anketiranih podjetij lahko negativno vplivali na njihove načrte in realizacijo obvladovanja kritičnih tehnologij	49
Tabela 29: Pomen podpornih mehanizmov in drugih dejavnikov okolja za uspešnost raziskovalno-razvojnih aktivnosti anketiranih podjetij pri njihovem obvladovanju kritičnih tehnologij.....	51
Tabela 30: Ocena pomembnosti izbranih tehnoloških področij za anketirana podjetja v naslednjih petih letih.....	53
Tabela 31: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV	58
Tabela 32: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE.....	60
Tabela 33: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: BIOTEHNOLOGIJA.....	62
Tabela 34: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE	63
Tabela 35: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: UMETNA INTELIGENCA	65

Tabela 36: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE.....	67
Tabela 37: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNA ROBOTIKA IN AVTONOMNI SISTEMI.....	69
Tabela 38: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: KVANTNE TEHNOLOGIJE.....	71
Tabela 39: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE VESOLJSKE IN POGONSKE TEHNOLOGIJE.....	73
Tabela 40: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE ZAZNAVANJA, MERJENJE ČASA IN NAVIGACIJE.....	75
Tabela 41: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih naprednih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE NA PODROČJU MEDICINE IN ZDRAVJA.....	77
Tabela 42: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV.....	81
Tabela 43: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE TEHNOLOGIJE MATERIALOV.....	82
Tabela 44: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NANOMATERIALI (primerjave parov).....	83
Tabela 45: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNI KOMPOZITNI MATERIALI (primerjave parov).....	83
Tabela 46: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: REKILIRANI IN TRAJNOSTNI MATERIALI (primerjave parov).....	83
Tabela 47: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNI (FUNKCIONALNI) PREMAZI (VKLUČNO Z NANOSTRUKTURIRANIMI PREMAZI) (primerjave parov).....	83
Tabela 48: Ocene pomembnosti obvladovanja izbranih tehnologij v anketiranih podjetjih v naslednjih petih letih: NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE.....	84
Tabela 49: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE.....	85
Tabela 50: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTOMATIZIRANI SISTEMI ZA SESTAVLJANJE (primerjave parov)....	87



Tabela 51: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJA DIGITALNIH DVOJNIKOV (primerjave parov)	87
Tabela 52: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNA ROBOTIKA (primerjave parov)	87
Tabela 53: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEMI (primerjave parov)	87
Tabela 54: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNI OBDELOVALNI PROCESI Z VISOKO ZAHTEVNIMI SPECIFIKACIJAMI (primerjave parov)	88
Tabela 55: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: PAMETNA PROIZVODNJA (primerjave parov)	88
Tabela 56: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: HIBRIDNA PROIZVODNJA (primerjave parov).....	88
Tabela 57: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TRAJNOSTNI PROIZVODNI POSTOPKI (primerjave parov)	88
Tabela 58: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: DOBAVNA VERIGA 4.0 (primerjave parov)	88
Tabela 59: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE ..	89
Tabela 60: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE	90
Tabela 61: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJE 5G IN 6G (primerjave parov)	91
Tabela 62: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: INTERNET STVARI (primerjave parov).....	91
Tabela 63: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: UMETNA INTELIGENCA V KOMUNIKACIJAH (primerjave parov)	92
Tabela 64: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ROBNO RAČUNALNIŠTVO (primerjave parov).....	92
Tabela 65: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJE KIBERNETSKE VARNOSTI (primerjave parov)	92
Tabela 66: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RAČUNALNIŠTVO V OBLAKU (primerjave parov)	92
Tabela 67: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: INTERAKCIJA ČLOVEK-RAČUNALNIK (primerjave parov)	93

Tabela 68: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: VISOKO ZMOGLJIVO RAČUNALNIŠTVO (primerjave parov)	93
Tabela 69: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: MREŽE IN OMREŽJA, NEODVISNA OD INFRASTRUKTURE (primerjave parov).....	93
Tabela 70: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: UMETNA INTELIGENCA	94
Tabela 71: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: UMETNA INTELIGENCA	95
Tabela 72: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: STROJNO UČENJE (primerjave parov)	96
Tabela 73: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: OBDELAVA NARAVNEGA JEZIKA (primerjave parov)	96
Tabela 74: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: SPODBUJEVALNO UČENJE (primerjave parov).....	96
Tabela 75: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTONOMNI POGOVORNI AGENTI (primerjave parov)	96
Tabela 76: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RAZLOŽLJIVA UMETNA INTELIGENCA (primerjave parov)	97
Tabela 77: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: RAČUNALNIŠKI VID, PODPRT Z UMETNO INTELIGENCO (primerjave parov).....	97
Tabela 78: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ROBOTIKA, PODPRTA Z UMETNO INTELIGENCO (primerjave parov)	97
Tabela 79: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: UČENJE S PRENOSOM (primerjave parov).....	97
Tabela 80: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNA ANALITIKA PODATKOV (primerjave parov)	98
Tabela 81: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE.....	98
Tabela 82: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE.....	99
Tabela 83: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ELEKTRIČNE BATERIJE NASLEDNJE GENERACIJE (primerjave parov)	99



Tabela 84: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: PAMETNA OMREŽJA IN SHRANJEVANJE ENERGIJE (primerjave parov)	100
Tabela 85: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NOVA GENERACIJA FOTOVOLTAIKE (primerjave parov)	100
Tabela 86: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: TEHNOLOGIJE ZA ZAJEMANJE ENERGIJE IZ OKOLJA (primerjave parov)	100
Tabela 87: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: NAPREDNA ROBOTIKA.....	101
Tabela 88: Vrzeli obvladovanja izbranih tehnologij: NAPREDNA ROBOTIKA	102
Tabela 89: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: SODELOVALNI ROBOTI (primerjave parov).....	102
Tabela 90: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTONOMNI MOBILNI ROBOTI (primerjave parov)	103
Tabela 91: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: AVTOMATIZACIJA PROCESOV Z BOTI (primerjave parov)	103
Tabela 92: Sedanja, načrtovana in optimalna raven obvladovanja naprednih tehnologij: ROBOTIZIRANI SISTEMI VIDA (primerjave parov).....	103
Tabela 93: Zapiranje razvojnih vrzeli po izbranih kritičnih tehnologijah	105

STVARNO KAZALO

- aditivna proizvodnja, 7, 14, 23
- anketni vprašalnik, 40, 128
- ASPI, 2, 3, 6, 7, 9, 15, 16, 18, 114, 115
- atomska ura
 - atomske ure, 8, 36
- avtonomna vozila, 30, 31
- avtonomni sistemi, 5, 19, 30, 31
- baterija
 - baterije, 1, 8, 14, 17, 29
- baza, 41
- bioinženiring, 18
- biotehnologija, 24
- Bonferroni
 - Bonferronijevo, 41
- brežična omrežja, 12
- BRICS, 1, 3
- bruto dodana vrednost, 43, 44
- dobavne verige, 11, 18
- droni, 8, 14, 31
- EBITDA, 43, 44
- eksoskeleti, 14, 31
- energetske tehnologije, 14, 29
- EU, 2, 3, 5, 6, 13, 15, 18, 114, 117
- finančne storitve, 19
- fotonika
 - fotonike, 13
- fotovoltaika, 8
- Friedmanova dvosmerna analiza variance
 - rangov
 - Friedmanovo dvosmerno analizo
 - variance rangov, 41
- genomske tehnike, 13
- genski vlek, 13
- globalna konkurenca, 39
- globalne verige vrednosti, 40, 113
- gospodarska varnost, 6, 13, 39, 108, 114
- inercialni navigacijski sistemi, 8
- internet stvari
 - IOT, 14, 26
- kibernetska varnost
 - kibernetsko varnost, 5, 14
- kibernetski prostor, 3
- Kitajska
 - Kitajske, 1, 2, 6, 7, 16, 17, 18, 29
- kritične tehnologije
 - kritičnih tehnologij, 5, 6, 15
- kvantna komunikacija, 8, 26, 32
 - kvantne komunikacije, 12, 13
- kvantna kriptografija, 8, 13, 32
- kvantna senzorika, 32
- kvantne tehnologije, 20, 31, 32
- kvantni senzorji, 8
- kvantno računalništvo, 8, 12, 13, 32
- kvantno zaznavanje, 12, 13, 32
- materiali, 10, 11, 12, 21, 22, 26, 33
- medicina in zdravje, 18, 25
 - medicine in zdravja, 36
- merjenje časa
 - merjenja časa, 6, 20, 35
- metaverzum, 19
- metodologija, 39
- mikroelektronika
 - mikroelektronike, 13
- mobilnost, 18, 25
- nadzor, 10, 11, 14, 23, 27, 31, 35
- napredni materiali, 19, 20, 21
- napredno računalništvo, 5, 18
- navigacija, 5, 8, 14
 - navigacije, 5, 6, 20, 35, 36
- neto dolg, 43, 44
- osebni intervjuji, 40
- pametna omrežja, 14, 30
- pogonske tehnologije, 14
- pogonski sistemi, 33, 34
- prihodki od prodaje, 43, 44
- proizvodni postopki, 18, 23
- prosti denarni tok, 43, 44
- robotika



roboti, 8, 11, 14, 30, 31
sintetična biologija, 14, 24
slovenska podjetja, 113
sredstva, 43, 44
stroški blaga, materiala in storitev, 43, 44
stroški dela, 43, 44
število zaposlenih, 43, 44
tehnologije veriženja blokov, 11, 37
tehnološka suverenost, 5, 39, 108
tehnološki razvoj, 19, 40
umetna inteligenca
 umetne inteligence, 2, 5, 6, 7, 10, 13, 17,
 18, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 31, 36, 37
varnostne, 6, 13, 19, 21
vesolje, 6, 8, 12, 13, 19, 25, 33, 34
vesoljske tehnologije, 2, 5, 14
 vesoljskih tehnologij, 33

visokofrekvenčni čipi, 13
vmesniki, 11
vodik, 8, 14, 29
vojaške
 vojaško, 2, 5, 6, 19, 20, 21, 36
vzorec
 vzorca, 40, 41, 108
Web3, 19
Wilcoxon
 Wilcoxonovim, 41
zabava, 19, 25
zaključni računi, 41, 42, 43, 44, 59, 61, 64,
 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78
zaznavanje, 10, 14, 30, 32, 35, 36
 zaznavanja, 5, 6, 12, 20, 35
ZDA, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 15, 16, 17, 18, 34



EkonomIERa
03-2025

