

Uloga inovacijskog centra Nikola Tesla u unaprjeđenju primijenjenog istraživanja i razvoja tehnologija

Professor Emeritus Nedjeljko Perić

Redoviti član HATZ-a, Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva,
nedjeljko.peric@icent.hr

Sažetak: *Krucijalno je pitanje kako reindustrijalizirati Hrvatsku, u smislu nacionalne proizvodnje, na profitabilan i ekološki prihvatljiv način. Hrvatska ima priliku iskoračiti u dobrom smjeru – u smjeru razvoja hrvatske pametne industrije. Pametne industrije, zasnovane na suvremenim tehnologijama i novim poslovnim modelima, definitivno su smjer kojim moramo ići. Preduvjet za pametne industrije je izgradnja znanstveno-tehnološko-inovacijskog ekosustava koji umrežava na sustavan način znanost i tehnologije te čitav niz čimbenika iz gospodarstva i javnih institucija. U fokusu pametnih industrija su zelene i digitalne tehnologije kojima se omogućavaju željene transformacije gospodarstva i društva. Treba investirati u taj ekosustav za što je nadležna i odgovorna država. Država treba svojim mjerama pospješivati stvaranje, rasprostiranje i primjenu novih i ekonomski iskoristivih znanja i tehnologija te poduzimati transformativne državne investicije, koje se temelje na politikama s misijom i vizijom, sveobuhvatno promatrajući cijeli inovacijski lanac, od temeljnih do primijenjenih istraživanja, komercijalizacije i početnog financiranja samih kompanija. Važnu ulogu u tim transformativnim procesima imaju organizacije za primijenjena istraživanja i razvoj tehnologija koje predstavljaju „most“ između akademske/istraživačke zajednice i gospodarstva. U tom kontekstu, Inovacijski centar Nikola Tesla (ICENT) ima strateški značaj za tehnološki razvoj hrvatskog gospodarstva.*

Ključne riječi: *gospodarstvo, infrastrukture, inovacije, istraživanje, tehnologije*

1. Uvod

Živimo u vremenu brzih promjena i nepredvidivosti – fizika današnjeg svijeta dramatično se usložnjava. Ovvremena i neizvjesna korona pandemija izazvala je mnoge

bifurkacijske procese čije učinke i utjecaje na razvoj globalne civilizacije tek možemo procjenjivati. Mnoga pitanja današnjice su u nastajanju, a treba na njih odgovoriti. U kojoj mjeri i na koji način suvremene i nadolazeće tehnologije mogu u tome pomoći? Je li demokracija, u globalnom kontekstu, kreirana po današnjim normama demokracije progresivna i održiva? Posebno je važno pitanje kako se male ekonomije, poput hrvatske, mogu održati i razvijati, i povezano s tim – kakva je vizija razvoja Hrvatske kratkoročno, ali i dugoročno u primjereno dugom vremenu (npr. do 2050.), u uvjetima globalne složenosti, nestabilnosti i volatilnosti? Cinično je pitanje može li Hrvatska opstojati bez korupcije i korupcijsko-ortačkih interesnih skupina; ovo se pitanje nerijetko čuje. Korupcija nije uzrok nego posljedica našeg nedovoljno uređenog društveno-političkog i ekonomskog sustava. Ona se može iskorjenjivati procesom sveobuhvatnih promjena čemu u značajnoj mjeri mogu snažno pomoći suvremene tehnologije, posebice digitalne, koje omogućuju visoku razinu transparentnosti i učinkovitosti. Ključna je spremnost na promjene koje u kontinuiranom procesu dovode do općeg društvenog i gospodarskog napretka. A ne biti spreman na promjene, pitanje je odgovornosti. Treba energično i hrabro pristupiti promjenama. U kontekstu globalne korona pandemije i postkorona razvoja gospodarstva, Hrvatska se sučeljava s izazovom ubrzane dugoročnije transformacije svoga gospodarstva. Korona pandemija veliki je test spremnosti za novo digitalno doba. Ona je svojevrsni okidač. Korona pandemija nije generirala uzroke i višedekadne slabosti našeg društva i gospodarstva; samo ih je učinila vidljivijima. Platformska ekonomija“ zasnovana na interoperabilnim digitalnim platformama prilika je koju se ne smije propustiti. A za to je potrebno ulagati u razvoj tehnologija kao temelja za inovativne konkurentne proizvode i usluge, a sve zasnovano na ispravnom pogledu, ispravnoj namjeri i ispravnom djelovanju. Tu nema mjesta političkom voluntarizmu – tu je nužna meritokracija.

Trebamo izgrađivati transformacijske sposobnosti za gospodarstvo i društvo, uvažavajući potrebu očuvanja prirode i prilagodbe klimatskim promjenama u stalno promjenljivom i nepredvidivom svijetu. Svijet je već zakoračio u značajne transformacije u pogledu načina na koji se proizvode proizvodi i isporučuju usluge zahvaljujući digitalizaciji proizvodnih procesa i novih povezanih lanaca opskrbe te sustava zajedničkog stvaranja. Vrijeme u kojem živimo opterećeno je globalnim šokovima bez presedana – pandemijom koronavirusa. Ali, postoje stalno tinjajući i drugi svjetski šokovi koji izazivaju krize, kao što je primjerice američko-kineski trgovinski rat. Svaki ekonomski šok ostavlja značajne posljedice. Na primjer, pandemija koronavirusa uzrokuje „zaključavanja“, mijenjajući naše potrošačke i proizvodne navike. Ta će se zaključavanja vremenom i postupno ublažavati, ali će dugoročno utjecati na oblikovanje svijeta u kojem živimo, svijeta na čije će oblikovanje značajno utjecati buduće klimatske promjene s posljedicama narušavanja biološke raznolikosti. To bi moglo izazvati nove buduće šokove te je stoga nužno, globalno gledajući, usredotočenje na aspekte održivosti, robusnosti, sigurnosti i otpornosti. Aktualnu Četvrtu industrijsku revoluciju treba nadograditi/redizajnirati komponentama antifragilnosti

[1], tj. svojstvima sustava kojima se napredak temelji na anticipaciji stresa, šokova, volatilnosti, pogrešaka, napada ili nekih drugih nepoželjnih pojava.

Na hrvatsko društvo i gospodarstvo, na svom razvojnem putu, mogu ozbiljno utjecati globalni, ali i lokalni šokovi i njihove krizne posljedice. Kao zemlja s ograničenim potencijalima Hrvatska treba imati jasnu agendu za svoj budući opstanak. Hrvatska treba riješiti ključno pitanje – kako reindustrijalizirati Hrvatsku, u smislu nacionalne proizvodnje, na profitabilan i ekološki prihvatljiv način? Hrvatska ima priliku iskoračiti u dobrom smjeru – u smjeru razvoja hrvatske pametne industrije (*Croatian Smart Industry*) [2]. Nakon donošenja Nacionalne razvojne strategije 2030. pred nama je donošenje Strategije pametne specijalizacije, sektorskih strategija, nacionalnih planova i planova razvoja jedinica lokalne samouprave, sve usklađeno s odgovarajućim smjernicama EU. U tim dokumentima "pametne industrije" trebale bi imati svoje istaknuto mjesto.

Pametne industrije, koje se zasnivaju na suvremenim tehnologijama i novim poslovnim modelima, definitivno su smjer kojim moramo ići. Tehnologije i poslovni modeli čine okosnicu tehnološko-inovacijskih ekosustava i strukturu inkorporiranu u pametnim industrijama.

2. Suvremene tehnologije – osnova za gospodarski rast i razvoj društva

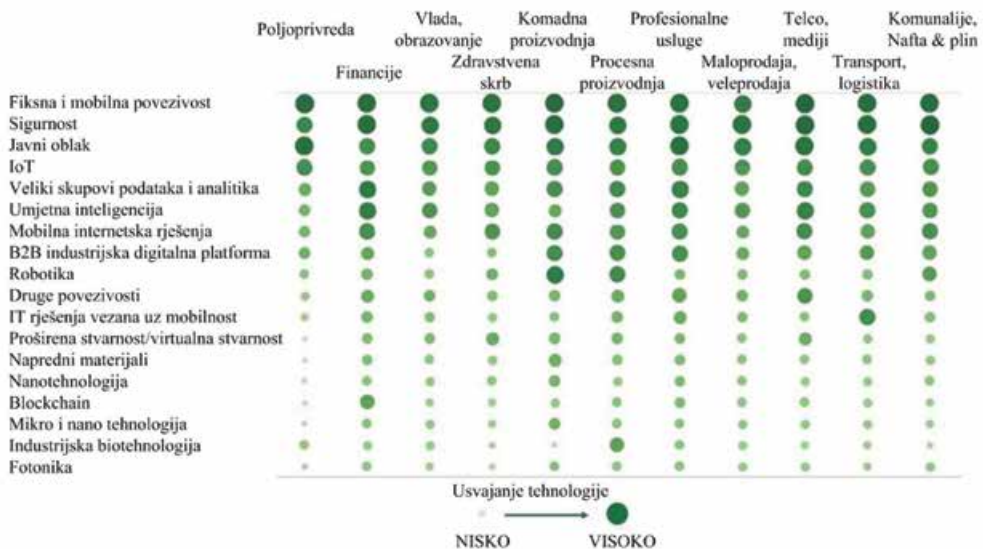
Temeljne tehnologije na kojima se razvija aktualna Četvrta industrijska revolucija su [3, 4]:

- Napredne proizvodne tehnologije
- Napredni materijali
- Umjetna inteligencija (AI)
- Proširena i virtualna stvarnost
- Veliki skupovi podataka (Big Data)
- Tehnologija blokovskih lanaca (Blockchain)
- Računarstvo u oblaku
- Povezivost
- Industrijska biotehnologija
- Internet stvari (IoT)
- Mikro i nano-elektronika
- Mobilnost
- Nanotehnologija

- Fotonika
- Robotika
- Sigurnost (kibernetička sigurnost)

Većina navedenih tehnologija po svojim su obilježjima digitalne tehnologije. Iz slike 1. vidljiva je horizontalna difuzija navedenih tehnologija u raznim industrijama na EU razini. Tehnologije „opće namjene“ kao što su povezivost, sigurnost, javni oblak, mobilna rješenja, veliki skupovi podataka i analitika, Internetom omogućena mobilna rješenja i industrijske digitalne platforme potrebne su za sve industrije te se u tom smislu i usvajaju. One predstavljaju neophodni tehnološki portfelj, ali ne i dovoljni - za digitalnu transformaciju proizvodnog sektora. Najrelevantnije napredne tehnologije za digitalizaciju proizvodnog sektora su robotika, umjetna inteligencija (AI), Internet stvari (IoT) i tehnologija blokovskih lanaca (Blockchain).

Većina navedenih tehnologija ni izdaleka još nije došla do faze visoke zrelosti, odnosno široke potencijalne tržišne primjene. Stoga ih treba, kao i one nenavedene, ili nadolazeće, promatrati kroz obzor daljnjeg razvoja koji karakterizira visoka brzina evolucije i signifikantni disruptivni potencijal. To će implicirati da će tehnologije konvergirati prema ekonomiji podataka (digitalnoj ekonomiji) s podatkovnim prostorima za njihovu pouzdanu razmjenu i ponovnu upotrebu (*reuse*).



Slika 1: Usvajanje naprednih tehnologija u industriji [3, 4]

Polazište za osmišljavanje i provedbu digitalne ekonomije i općenito digitalne transformacije, kako u globalnom smislu, tako i na nacionalnim razinama, su napredne

informatijske i komunikacijske tehnologije (ICT). ICT sektor ključan je pokretač inovacija u raznim gospodarskim granama pa je stoga i razumno da su izdvajanja u svijetu za istraživanje i razvoj inovacija u ICT-u s rastućim trendom. Rezultat toga je da se preko jedne trećine patentnih aplikacija odnosi na šire područje ICT-a. Nužna pretpostavka rasta ICT tržišta jest razvoj i primjena brze komunikacijske infrastrukture i komunikacijskih usluga.

Inovacije koje se temelje na podacima, novi poslovni modeli i digitalne aplikacije mijenjaju uvjete za provedbu znanstvenog rada, rada vlada, gradova i sektora poput zdravstva i poljoprivrede. Učinci digitalne transformacije manifestiraju se u nestajanju nekih radnih mjesta, ali i u stvaranju novih u različitim sektorima, pojavi novih oblika rada i mijenjanju načina trgovine, posebno u sektoru usluga [5]. Stoga, mnoge vlade prilagođuju zakone o radu i trgovinske sporazume mogućnostima koje pruža ICT.

Digitalna transformacija i učinkovita upotreba ICT-a u životu i za rad zahtijeva više specijalističkih i generičkih ICT vještina, nadopunjenih boljim temeljnim vještinama.

U sklopu digitalne transformacije važno je pitanje digitalna sigurnost i privatnost što u izvjesnoj mjeri može usporiti primjenu ICT-a. S rastućim intenzitetom korištenja ICT-a, tvrtke i pojedinci suočavaju se s većim digitalnim sigurnosnim i privatnim rizicima. Dok velika poduzeća uglavnom imaju visoku razinu digitalne sigurnosti, mala i srednja poduzeća to uglavnom nemaju pa posebno trebaju uvesti ili poboljšati prakse upravljanja digitalnim sigurnosnim rizikom. Mnoge zemlje imaju nacionalne strategije digitalne sigurnosti, ali je manji broj zemalja u svijetu koje imaju nacionalnu strategiju privatnosti. U današnje vrijeme rizici za privatnost uglavnom se odnose na moguće prijevare prilikom trgovanja preko interneta, što može usporiti rast e-trgovine.

3. Nacionalne organizacije za primijenjeno istraživanje i razvoj tehnologija

Ključna uloga u funkcioniranju tehnološko-inovacijskog ekosustava su organizacije za razvoj tehnologija (*Research and Technology Organisations*, RTOs). Takav oblik organizacija razvijen je i afirmiran u većini europskih (i svjetskih) zemalja prilagođenih potrebama nacionalnih gospodarstava. One predstavljaju svojevrsni interface (*systemic intermediaries*) između akademske/istraživačke zajednice i gospodarstva s važnom ulogom u provedbi strategije pametne specijalizacije (*Smart Specialisation Strategy*, S3). Kao takve, predstavljaju ključnu kariku u vrijednosnom lancu: znanstvena istraživanja – primijenjena istraživanja/inovacije – proizvodnja i komercijalizacija [6]. Stvaranje vrijednosti i usmjeravanje rasta kroz vrijednosni lanac zahtjeva eksperimentiranje, istraživanje i pokušaje što realno prate rizici i promašaji koje pravovremeno treba identificirati i na odgovarajući način korigirati.

Tablica 1: Prikaz vodećih europskih RTO-a [7]

RTO	Država	Godina osnutka	Broj uposlenih	Godišnji promet 2019. (milijuni €)	Način financiranja
AIT - Austrian Institute of Technology	Austrija	1956.	1.300	247	državno
CEA - French Atomic and Alternative Energies Commission	Francuska	1945.	20.200	5.000	državno
Danish Technological Institute	Danska	1906.	1.000	153	privatno s udjelom države
Fraunhofer Gesellschaft	Njemačka	1949.	>28.000	2.800	70% od ugovora s industrijom i javno financiranih istraživačkih projekata, 30% državne potpore
IMEC	Belgija	1984.	4.500	640	državno i privatno
RISE - Research Institute of Sweden	Švedska	1997.	2.800	338	državno i privatno
SINTEF	Norveška	1950.	>2.000	315	privatno i državno
TECNALIA	Španjolska	2010.	1.400	110	privatno i državno
TNO	Nizozemska	1932.	3.400	530	privatno i državno
VTT	Finska	1942.	2.100	245	državno i privatno

Više je uloga i misija RTO-a, a jedna od najbitnijih je provedba primijenjenog istraživanja i razvoja tehnologija kao podloge za kreiranje inovativnih proizvoda/usluga.

Posebice je važna uloga RTO-a u razvojnoj podršci malim i srednjim poduzećima koji većinom nemaju razvojne kapacitete i infrastrukturu [7]. To podrazumijeva da RTO-i posjeduju ključnu razvojno-tehnološku infrastrukturu (razvojne laboratorije) za razvoj tehnologija i njihov transfer u pojedine gospodarske sektore. Posebnost je većine RTO-a da razvijaju „tehnologije opće namjene“ (*general purpose technologies*) koje imaju obilježja „platformskih - horizontalnih tehnologija“ i koje su primjenjive u više sektora. Primjeri takvi tehnologija su računalne i elektrotehničke tehnologije. Ove sveprisutne tehnologije u stalnom su procesu inkrementalnog poboljšavanja u smislu performansi, komfornog korištenja i cijene koštanja. U takve tehnologije spadaju i

tehnologije umjetne inteligencije i srodne suvremene tehnologije. Treba naglasiti da iza RTO institucija u EU čvrsto stoje države sa svojom opredijeljenošću za svekoliku podršku i poticanje tehnološkog razvoja i inovacija. Pri osnivanju RTO-a ključna je uloga države kao investitora/ulagača: država investira u fizičku i intelektualnu infrastrukturu koju individualni zaposlenici i poduzetnici ne bi mogli sami financirati zbog visokih fiksnih troškova te zbog rizika koji prati takva ulaganja. Dobar uvid u strukture i organizacije RTO-a daje Europska asocijacija RTO-a (*European Association of Research & Technology Organisations*, EARTO) u koju su učlanjeni RTO-i iz 23 zemlje [8]. U današnje vrijeme RTOi svoj su rad usmjerili na razvoj tehnologija koje prate Četvrtu industrijsku revoluciju te digitalne i zelene transformacije [9]. To su istodobno tehnologije kojima se štiti priroda i kojima se smanjuju klimatske promjene i postiže prilagodba klimatskim promjenama.

U zadnje vrijeme RTO-i preuzimaju važnu ulogu „orkestratora” i „integratora” inovacijskog ekosustava kao i aktivnog sukreatora u razvoju strateških programa na regionalnoj i nacionalnoj razini. Uz potporu OECD-a (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) RTO-i preuzimaju ulogu u održivim aktualnim tranzicijama kao što je primjerice energetska tranzicija.

Čitav je spektar načina financiranja europskih (i svjetskih) RTO-a, koje većinom djeluju kao neprofitne organizacije, ali prevladava kombinacija financiranja kroz ugovorene projekte s industrijom (privatni i javni sektor) te državnih potpora (Tablica 1), [7].

Tablica 2: Istraživačko-razvojno-inovacijska infrastruktura [10]

	Istraživačke i tehnološke infrastrukture		Predproizvodne demonstracijske infrastrukture
	Istraživačke infrastrukture	Tehnološke infrastrukture	
TRL	Niski TRL (1-3)	Srednji TRL (4-7)	Visoki TRL (8-9)
Funkcionalnost	Bazično istraživanje: od znanstvenog otkrića i obrazovanja do formulacije koncepta tehnologije	Razvoj tehnologije: od formulacije koncepta tehnologije do validacije tehnologije u relevantnom okruženju	Demonstracija proizvoda ili sustava: od demonstracije u industrijskom okruženju do prve industrijske implementacije prije masovne proizvodnje
Vlasnik	Često nezavisne organizacije posebne namjene, ali ponekad vlasnici kojima upravljaju Organizacije za istraživanje i širenje znanja	Uglavnom upravljane od strane neprofitne organizacije za primijenjeno istraživanje (tj. RTOovi i tehnička sveučilišta)	Uglavnom ih organizira industrija ili neovisne organizacije koje sufinancira industrija

	Istraživačke i tehnološke infrastrukture		Predproizvodne demonstracijske infrastrukture
	Istraživačke infrastrukture	Tehnološke infrastrukture	
Korisnik	Uglavnom javni korisnici (Organizacije za istraživanje i širenje znanja), bilo za pojedinačne projekte ili u suradnji s drugim javnim istraživačkim organizacijama	- Individualni razvojno-tehnološki projekti od strane Organizacija za istraživanje i širenje znanja - Projekti suradnje / sukreacije između Organizacija za istraživanje i širenje znanja i industrijskih poduzeća (uključujući mala i srednja poduzeća)	Uglavnom industrijski korisnici (uključujući mala i srednja poduzeća), uz podršku Organizacija za istraživanje i širenje znanja
Vrsta aktivnosti	Pretežito suradnički RD&I (negospodarske aktivnosti, s dodatnim gospodarskim aktivnostima)		Pretežito RD&I za poduzetnike (ne dodatne gospodarske aktivnosti)
Javna dodatna vrijednost / prevladavanje tržišnih neuspjeha	- Bitno za omogućavanje Organizacijama za istraživanje i širenje znanja da unaprijede znanstvena istraživanja i ojačaju europsku bazu znanja u javnom interesu	- Unaprijediti vlastito znanje i vještine Organizacija za istraživanje i širenje znanja s ciljem razvoja tehnologija koje će se horizontalno koristiti u različitim sektorima (preljevane znanja), jačajući europski inovacijski kapacitet - Omogućiti industriji (uključujući mala i srednja poduzeća) pristup vještinama, znanju i opremi (kroz suradnju s Organizacijama za istraživanje i širenje znanja) koji su ključni za identifikaciju i razvoj tehnologija koje su im potrebne, ali su preskupe da bi ih razvijali kod sebe, čime se smanjuje rizik njihovog ulaganja u istraživanja i razvoja	- Omogućiti tvrtkama da smanje rizik i ubrzaju uvođenje inovativnih proizvoda i usluga na tržište, na primjer osiguravanjem izvedivosti i usklađenosti s propisima

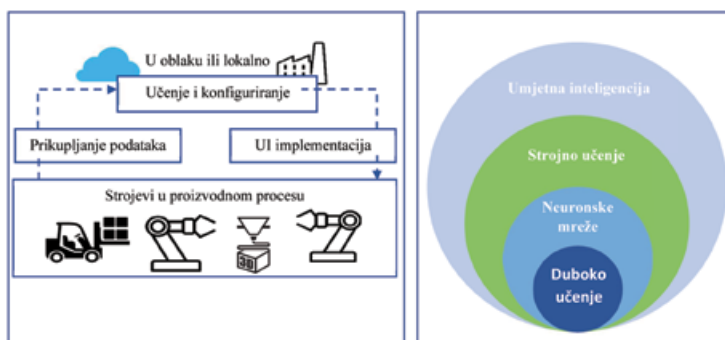
Dobar je primjer model financiranja koji uspješno prakticira dugi niz godina Fraunhofer Gesellschaft: 70% financiranja pokriva se kroz ugovore s industrijom i javnim

sektorom, a 30% financira država. Treba istaknuti da su primijenjena istraživanja koja se provode u navedenim i sličnim RTO-ima okosnica razvoja nacionalnih i regionalnih gospodarstava. Iz proširenog razmatranja etabliranih RTO-a moglo bi se doći i do preciznih korelacijskih odnosa između razvijenosti nacionalnih gospodarstava i utjecaja RTO-a na nacionalni gospodarski razvoj.

Za provedbu misije i ciljeva, RTO-i trebaju raspolagati s tehnološkom infrastrukturom (TI) koju dijele na ugovornoj osnovi sa zainteresiranim dionicima po principu „djelotvorne suradnje“ kad je riječ o neekonomskim aktivnostima. U istraživačko-razvojno-inovacijskom ekosustavu, prema klasifikaciji OECD-a [10], razlikuju se tri vrste infrastrukture: istraživačke, tehnološke i predproizvodne demonstracijske infrastrukture, ovisno o razini tehnološke spremnosti (TRL, *technology readiness level*) za koju je infrastruktura namijenjena, Tablica 2.

4. Prilike za hrvatsko gospodarstvo u kontekstu digitalne i zelene tehnologije

Digitalizacija, kao skup različitih tehnoloških alata i pomagala za povećanje radne učinkovitosti te digitalna transformacija, kao metodologija za uspostavljanje novih procesa i odnosa u gospodarstvu i općenito u društvu korištenjem novih digitalnih tehnologija - platforma su na kojima se zasniva razvoj današnje civilizacije. Konceptualni modeli digitalne transformacije u složenom su procesu stalnog kreiranja zasnovanog na novim znanstvenim i tehnološkim spoznajama. Proces digitalizacije i digitalne transformacije kreće od znanosti o podacima i informacijama. Umjetna inteligencija UI (*Artificial Intelligence, AI*) je skup metoda i pristupa koji koriste razne vrste podataka s ciljem donošenja odluka umjesto čovjeka/zajedno s čovjekom. UI postaje nužnost jer ljudski mozak ne može procesirati tako velike količine podataka iz kojih treba izvlačiti vrijednost. U tom kontekstu „data-driven“ paradigma postaje okosnicom industrijske automatizacije (Slika 2), kao utjelovljenja digitalizacije.



Slika 2: Primjena UI u industrijskoj automatizaciji a) i komponente UI b) (Izvor: Siemens AG)

Kad promatramo digitalizaciju, onda imamo u vidu fizikalni i virtualni svijet. Poveznica između ta dva svijeta je Internet stvari (usluga i ljudi) koji stavlja u interakciju senzoričku i aktoriku pomoću komunikacijskih mreža. Fizikalni svijet su realni objekti (naprave) koji se nalaze u kućanstvu, uredu, proizvodnom procesu, svugdje oko nas... Tehnološki razvoj iznjedrio je brzorastuće (eksponencijalne) tehnologije u koje primjerice spadaju inteligentni roboti, autonomni dronovi, 3D printeri... Virtualni svijet je svijet baza podataka, algoritama, matematičkih modela, simulacijskih alata, ekspertnih znanja i raznih kreativnih pomagala koji često funkcioniraju kao digitalni blizanci (*Digital Twins*) fizikalnog svijeta. Interakcije koje se odvijaju između fizikalnog svijeta i njegovog digitalnog blizanca zasnivaju se na podacima fizikalnog svijeta koji se procesiraju u digitalnom blizancu, i koji šalje upravljačke informacije fizikalnom svijetu po principu zatvorenog kruga.

Važna poluga digitalizacije su i organizacijski oblici imanentni Četvrtoj industrijskoj revoluciji [11]: vertikalno umrežavanje (kibernetičko-fizikalni proizvodni sustavi) na kojem počivaju napredne tvornice (*smart factories*), umrežavanje napredne logistike, proizvodnja i marketing te napredni servisi; horizontalna integracija – umrežavanje

poslovnih partnera i klijenata; sveobuhvatni inženjering (*trough-engineering*) koji obuhvaća životni ciklus proizvoda i s tim povezano kružno gospodarstvo. I na kraju važna je poluga raspoloženje ljudi prema novim tehnologijama i smanjenje straha od novih tehnologija. Strah će se smanjivati s povećanjem znanja i vještina korištenja novih tehnologija, kao i odgovornim korištenjem novih tehnologija na human način. Kompleksna automatizacija potpomognuta robotizacijom, kao utjelovljenje digitalne transformacije, stvarnost je koju donosi Četvrta industrijska revolucija. Nastupa vrijeme schumpeterovske „kreativne destrukcije“ mnogih gospodarskih sektora i odnosa među ljudima/zajednicama. Približavamo se vremenu potpune integrirane automatizacije (*Total integrated Automation*) proizvodnih i radnih procesa.

Digitalna transformacija mora biti veliki izazov za unaprjeđenje hrvatskog gospodarstva i društva u cjelini, usklađeno sa Industrijskom strategijom EU-a (ožujak 2020.), [12], koja sučeljava digitalnu i zelenu transformaciju. Digitalna transformacija ključna je za postizanje ciljeva Europskog zelenog plana (siječanj 2020.), [13], u mnogim sektorima, posebice u poljoprivredi, energetici, transportu, sprečavanju klimatskih promjena i prilagodbi klimatskim promjenama te zaštiti okoliša. Puni dosezi digitalnih i zelenih tehnologija postići će se njihovom sinergijom. Međutim, treba biti svjestan da je nužno ulagati ne samo u digitalizaciju (automatizaciju) nego i u proizvodno-tehnološku bazu kad govorimo o proizvodnom sektoru.

Paradigma **kružno gospodarstvo** nastala je kao prirodna posljedica racionalizacije i optimizacije u proizvodnim lancima i procesima.

Ideja i koncept kružnog gospodarstva izazov je na pretjerano iskorištavanja prirodnih resursa potrebnih za postizanje rasta i gospodarskog razvoja što ima negativan utjecaj

na okoliš te istodobno uzrokuje da se ti resursi smanjuju i da postaju skuplji. Ideja kružnog gospodarstva nudi nove načine za stvaranje održivog modela gospodarskog rasta te se u svijetu ubrzano afirmira. Na EU razini protagonist kružnog gospodarstva je Europski zeleni plan (*European Green Deal*), koji je jako spregnut s drugim razvojnim EU programima. Koncept kružnog gospodarstva logično se uklapa u platformu Industrije 4.0.

Slika 3. ilustrira tijek materijala (i energije) u proizvodnom zatvorenom krugu koji opskrbljuje sirovina za nove proizvode. Više je ključnih aspekata na koje treba općenito obratiti pozornost, a posebno u automatiziranom kružnom gospodarstvu. Svako-ko treba istaknuti: dizajn proizvoda; optimizacija proizvodnih procesa; optimizacija logističkih procesa u distribuciji proizvoda; servitizacija u korištenju, upotrebi, ponovnoj upotrebi i popravcima; skupljanje rabljenih proizvoda podržano tehnologijom blokovskih lanaca; recikliranje rabljenih proizvoda podržano robotima te proizvodnja reciklirane sirovine. Posebno valja ukazati na važnost servitizacije u kružnom gospodarstvu kao proširenom poslovnom modelu za povećanje prihoda i dobiti koja uključuje ne samo proizvode i osnovne usluge nego i izvedbu proizvoda, ili čak upravljanje proizvodom/ uslugom unutar organizacije kupca. „Živčani sustav“ kružnog gospodarstva su napredne digitalne tehnologije [4].

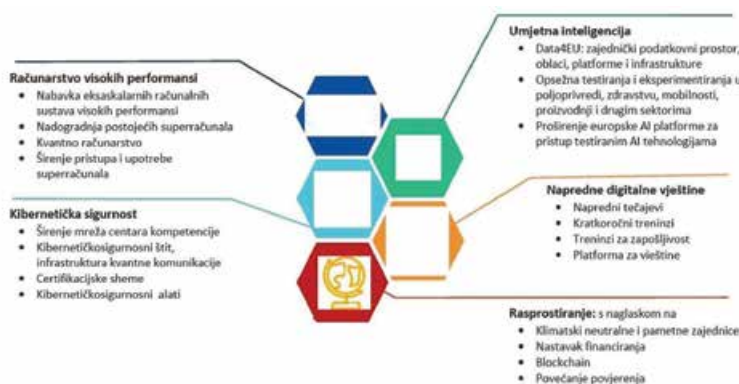


Slika 3: Digitalne tehnologije za kružno gospodarstvo

Hrvatska i njena znanstveno-istraživačka zajednica imaju priliku učiniti iskorak prema razvoju i primjeni ključnih tehnologija. Naime, okvirni europski program Obzor Europa (*Horizon Europe, HE*), [14], i njemu komplementarni Digitalni europski program (*Digital European Program, DEP*), [15], ključni su europski programi u

razdoblju 2021. – 2027. za istraživanje, razvoj i primjenu tehnologija i na njima zasnovanih inovacija za održanje i povećanje konkurentnosti europskih gospodarstava. Naglasak u HE-u je podržavanje rane faze inovacijskog lanca (znanstvena istraživanja, uključivo preliminarna testiranja, provjera koncepta i pilotski projekti), dok je DEP usmjeren na razvoj i rasprostiranje tehnologija, što podrazumijeva testiranje rješenja na pilotskim projektima većih razmjera i preuzimanje uspješnih rezultata istraživanja (postignutih kroz HE) i njihovo iskorištavanje za nove implementacije.

Pet je stupova na kojima se temelji DEP (Slika 4): umjetna inteligencija, računarstvo visokih performansi, kibernetička sigurnost, te napredne digitalne vještine i rasprostiranje digitalnih tehnologija.



Slika 4: Istraživanje i inovacije kao podloga za ključne digitalne tehnologije

Ključni mehanizmi za provedbu DEP-a su Europska digitalna inovacijska središta (*European Digital Innovation Hub, EDIH*), [16], koja imaju za cilj izgraditi tehnološke ekspertize i eksperimentalnu infrastrukturu kako bi se omogućila digitalna transformacija industrije i javnog sektora. EDIH-ovi predstavljaju proširenje postojećih DIH-ova [17] (financiranih u programu H2020) kroz izgradnju međunarodnih koridora i umrežavanja EDIH-ova; EDIH-ovi ne zamjenjuju DIH-ove. Usluge koje nude EDIH-ovi su: testiranje prije ulaganja, vještine i osposobljavanje, potpora za pristup financijskim sredstvima te izgradnja inovacijskih ekosustava i umrežavanje. Logični partneri u konzorcijima EDIH-a su organizacije za istraživanje i razvoj tehnologija (RTO) i tehnička sveučilišta/fakulteti u suradnji s gospodarskim udruženjima, klastrima, Europskom poduzetničkom mrežom (EEN), akceleratorima/inkubatorima, inovacijskim agencijama i institucijama za stručno osposobljavanje.

Ključno je za EDIH-ove da trebaju služiti digitalizaciji i digitalnoj transformaciji gospodarstva, osobito malih i srednjih poduzeća te javnoj administraciji. EDIH-ovi su zamišljeni da djeluju kao pristupne točke prema europskoj mreži EDIH-ova za lokalne organizacije. Oni će se, kao orkestratori, aktivno umrežavati s drugim inova-

cijjskim središtima, dijeleći najbolje prakse i specijalistička znanja te dovoditi kompanije u kontakt s drugim kompanijama sličnog vrijednosnog lanca. Također, EDIH-ovi će biti posrednici između javne administracije i kompanija koje pružaju tehnološke usluge e-upravi.

5. Neki ključni izazovi za hrvatsku

Svaka uređena država, pa i RH, treba biti glavni pokretač razvoja - generator rasta. Država treba biti integrator i diseminator vrijednosti, ali je iznimno važno da bude i stvarateljica vrijednosti, [18]. Država kao integrator i diseminator usmjerava se prema izgradnji pravila koja omogućuju preraspodjelu postojećih vrijednosti na razne sektore sve temeljeno na optimizacijama postojećih modela, znanja, načela i paradigma. Međutim, država kao stvarateljica vrijednosti mora imati jasnu i odvažnu viziju kao vodilju za izgradnju novih ekosustava – institucija i mehanizama – koji će strukturirano i meritokratski voditi prema ostvarenju te vizije. Takav se ekosustav treba temeljiti na: (i) ljudskom kapitalu; (ii) odgovarajućim organizacijama; (iii) ulagačima i kompanijama usredotočenima na primijenjena istraživanja i tržišni plasman proizvoda/usluga. Svi hrvatski oblici vlasti deklarativno prihvaćaju maksimu: glavni pokretači ekonomskog i društvenog razvoja su obrazovanje, istraživanje i razvoj tehnologija. Tu maksimu valja staviti u odnos s temeljnim komponentama ekosustava.

Ljudski kapital RH - koji može konceptualno i apstraktno promišljati i graditi put prema ostvarenju vizije te koji je sposoban novostvorena znanja usmjeravati na primjene - primjeren je veličini zemlje. On nije zanemariv i treba ga respektirati, ali i „staviti u pravu funkciju“. Ljudski kapital u pravilu se stvara u obrazovnim institucijama koje trebaju pratiti trendove razvoja struka i potreba ovodobnog i budućeg gospodarstva i razvoja društva. „Inflacija“ velikog broja novootvorenih privatnih i javnih visokih učilišta (veleučilišta i sveučilišta), čemu trajno svjedočimo, i koji se odobravaju prema formalnim državnim pravilima, pred kušnjom su kako i koliko mogu doprinijeti izgradnji kvalitetnog ekosustava. Hrvatska sveučilišta, koja imaju svoj povijesni razvoj i vrijednost, ne smiju biti zarobljena u „autonomiju sveučilišta“ i trebaju se izdići iznad „bavljenja samim sobom“. Imanentno svojstvo hrvatske znanstvene zajednice, mahom skoncentrirane na sveučilištima, jest da nije usustavljena, segmentirana je i nepovezana. I to traje, s malim pomacima nabolje. Rijetke su skupine znanstvenika koji istinski doživljavaju interdisciplinarnost i multidisciplinarnost, a još rjeđe transdisciplinarnost. To ima i svoju povijesnu pozadinu, na koju se nadograđuje inertnost u pogledu prihvaćanja pojedinačnih i skupnih (kolektivnih) promjena. Stoga izostaje usmjeravanje znanstvenoistraživačkog rada prema programski profiliranom istraživanju i razvoju, a u korist napretka nacionalnog gospodarstva i društva. Programski profilirano istraživanje i razvoj, s naglaskom na primijenjeno istraživanje i razvoj inovacija, trebaju biti smjernice za ovodobno i

buduće kreiranje rada u znanosti i tehnološkom razvoju [19]. I tu Vlada RH, posebice Ministarstvo znanosti i obrazovanje te Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, trebaju pokazati svoju odgovornost i spremnost. U tako stvorenom okviru lakše će se moći definirati uloge brojnih institucija zaduženih za znanost, obrazovanje, tehnološki razvoj, transfer tehnologija i međunarodnu prepoznatljivost. U protivnom, i dalje ćemo svjedočiti raznim oblicima „hibridnog sukoba“ među institucijama što se manifestira lošom komunikacijom, neodgovornošću, stvaranjem paraliza u provedbi inicijativa i nečinjenjem.

Druga komponenta ekosustava s vizijom su organizacije koje su usredotočene na razvoj tehnologija kao podloge za inovativne proizvode i usluge, osiguravajući time veću produktivnost i tržišnu konkurentnost. Treba investirati u sustav inovacija za što je nadležna i odgovorna država! Inovacija nije samo rezultat ulaganja u Inovacije i Razvoj (I&R); to je niz institucija koje omogućavaju da se nova znanja šire diljem ekonomije. Dakle, sustavi za inovacije su „mreža institucija u javnom i privatnom sektoru čije aktivnosti i interakcije iniciraju, usvajaju, modificiraju i rasprostranjuju nove tehnologije“ [20]. Ili sustavi za inovacije su „elementi i odnosi koji međusobno djeluju na stvaranju, rasprostiranju i primjeni novog i ekonomski iskoristivog znanja“ [21]. Radi se dakle o kruženju znanja kao rezultat poduzetih transformativnih državnih investicija, koje se temelje na politikama s misijom i vizijom, sveobuhvatno promatrajući cijeli inovacijski lanac, od temeljnih do primijenjenih istraživanja, komercijalizacije i početnog financiranja samih kompanija. Transformativne državne investicije, provedene čak i po cijenu zaduživanja, imaju iznimnu važnost i stratežičnost jer ciljaju na dugoročan rast; npr. ulaganja u zelene i digitalne tehnologije. Inovacijske mreže su kompleksne; one su nelinearne, interno spregnute, s mnoštvom povratnih veza između tržišta i tehnologije, znanosti i njene primjene, javnih politika i njihovih strategija te regulativa...

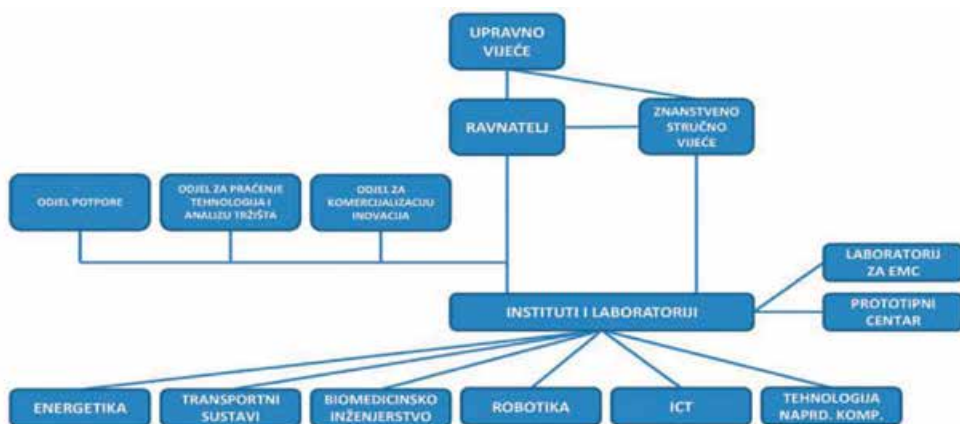
Treća komponenta ekosustava s vizijom odnosi se na ulagače i kompanije usredotočene na primijenjena istraživanja i tržišni plasman proizvoda/usluga [22]. Za gospodarski rast ključnu ulogu imaju tehnologije što potvrđuju sve dosadašnje industrijske revolucije. Današnje disruptivne tehnologije, digitalne i zelene koje treba razvijati i primjenjivati simbiotski, nužno je uključivati u (nove) modele rasta. Tehnologije se u takvim modelima modeliraju kao endogeni rezultat funkcije ulaganja u istraživanje i razvoj, što uključuje i investiranje u stvaranje ljudskog kapitala. Predikcijama proisteklim modeliranjem dobivaju se izvjesne smjernice za donositelje odluka sa smanjenim rizikom. Time se utire put ekonomije znanja i „rasta vođenog inovacijama“ (*innovation-led growth*).

Zaostajanje Hrvatske u odnosu na zemlje s kojima je razumno uspoređivati se (zemlje srednje i istočne Europe) posljedica je lošeg djelovanja države od njenog osamostaljenja, započetog privatizacijskim procesima u gospodarstvu. To se manifestira slabom produktivnošću zbog neulaganja u razvoj tehnologija proizvodnih sektora, što implicira nezadovoljavajuću konkurentnost i robni izvoz.

Od ulaska Hrvatske u EU naglašeno je iseljavanje radno sposobnih ljudi, posebice mladih, u druge europske države, motivirano boljim standardom življenja, ali i rezignacijom prouzročenom tromim razvojem perspektivnih procesa u svojoj domovini. Problem demografske revitalizacije spada u ključne probleme hrvatskog naroda i naše države. Rješavanje tog kompleksnog društvenog problema traži i nove višedimenzionalne paradigme i okvire. Jedna od tih dimenzija je i stvaranje uvjeta za brži i ravnomjerni održivi rast našega gospodarstva temeljen na razvoju i primjeni suvremenih tehnologija, sve sa svrhom izgradnje boljeg standarda življenja.

6. ICENT – hrvatski RTO

Ustanova Inovacijski centar Nikola Tesla (ICENT) osnovana je u studenom 2016. godine [23]. Osnivač je Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu (FER). Vizija je Inovacijskog centra Nikola Tesla biti vodeći čimbenik hrvatskog istraživačkog i inovacijskog ekosustava te u perspektivi Podunavske regije za primijenjeno istraživanje i razvoj u području inženjerstva, kao i za srodne primjene koje usmjeravaju hrvatsko društvo i gospodarstvo prema konkurentnosti i održivosti, uz snažnu potporu informacijske i komunikacijske tehnologije. ICENT-ova je misija pridonositi rastu hrvatskog gospodarstva zasnovanog na visokim tehnologijama prvenstveno u sektorima energetike, prometa, automatizacije i robotike, naprednih komponenata, zdravstva i biomedicinskog inženjerstva te informacijske i komunikacijske tehnologije. U skladu s takvom vizijom i misijom planirana je i organizacijska struktura ICENT-a koja se zasniva na šest instituta [24] – za informacijske i komunikacijske tehnologije, energetiku, transportne sustave, robotiku, biomedicinsko inženjerstvo i tehnologije naprednih komponenata. Uz ovih šest instituta predviđen je i poslovni sektor kao podrška njihovom radu (Slika 5).



Slika 5: Planirana organizacija ICENT-a

Za svaki iskorak, bez obzira radi li se o gospodarstvu, društvu, znanosti, politici..., brend predstavlja važnu promidžbenu komponentu. Stoga, vođeni genijalnim idejama vizionara i svestranog inventivnog istraživača i inovatora, koji inspirira i inspirirat će sadašnju i buduću znanstvenu i inovacijsku zajednicu, te iz pijeteta prema imenu Nikola Tesla, s nacionalnim ponosom dali smo Inovacijskom centru ime „Nikola Tesla“. Jer, Nikola Tesla (Smiljan, Hrvatska, 10. srpnja 1856. - New York, 7. siječnja 1943.) jedan je od najvećih svjetskih inovatora i izumitelja u razdoblju od kraja 19. stoljeća i prvoj polovici 20. stoljeća. Njegova se inovatorska i inventivna svestranost ogleda u epohalnim otkrićima koju baštini današnja civilizacija. Spomenimo, za ilustraciju, neka od njih: (i) izmjenična električna struja; (ii) elektromagnetska i ionizirajuća radijacija koju danas koristimo u medicinskoj dijagnostici i drugdje; (iii) radio uređaj i daljinsko upravljanje zasnovano na primopredajnom načelu; (iv) izmjenični električni motor s rotirajućim magnetnim poljem; (v) koncepcija robota i vizionarske ideje o inteligentnim automobilima; (vi) laser s mnoštvom primjena (medicina, digitalni mediji, naoružanje); (vii) bežična komunikacija kao osnova suvremene komunikacijske tehnologije i umrežavanja; (viii) vizije bežičnog prijenosa električne energije i s tim povezano da su energetske resursi bezgranični i sadržani u energiji Sunca koju treba znati koristiti. Tesla je nedvojbeno imao još na tisuće ideja i patenata koje su ostale neobjavljene. Ako pogledamo stotine njegovih patenata, oni pokazuju samo djelić njegova genija i mogućnosti koje nam je on ponudio. Tesla je živio u uvjerenju da sve što treba ljudskoj održivoj civilizaciji možemo naći u prirodi oko sebe, samo nam je potrebno shvaćanje i razumijevanje univerzuma u kojem obitavamo. Također je smatrao da moramo koristiti naše umove i sva naša znanstvena istraživanja kako bi stvorili prave tehnologije koje bi omogućile boljitak i napredak ljudskog roda.

ICENT-ova vizija i misija temeljena je na prethodnom višegodišnjem promišljanju i analizama s ciljem kako rezultate akademske/istraživačke zajednice učinkovitije i sveobuhvatnije staviti u funkciju ovodobnog i budućeg razvoja hrvatskog gospodarstva i društva, imajući pri tome u vidu kapacitete i potencijale većine hrvatskih tehničkih fakulteta, ali i drugih fakulteta koji su u nekim disciplinarnim aspektima bliski tehnici.

Energetika i transportna infrastruktura od strateške su važnosti za svaku državu i pretpostavka su za ekonomski razvoj društva. Razvoj i primjena robotike u uslužnim i proizvodnim sektorima pridonosi visokim razinama automatizacije što nas uvodi i pozicionira u četvrtu industrijsku revoluciju. Nadalje, stanovništvo sve više stari pa toj populaciji treba posvetiti odgovarajuću zdravstvenu skrb i pažnju pa je stoga jedan od sektora istraživanja biomedicinsko inženjerstvo. Materijali su uvijek bili važno područje istraživanja i primjena, a danas i ubuduće posebno su atraktivni nanomaterijali (npr. grafeni) za proizvodnju raznih naprednih komponenata. Neizbježan je naravno sektor informacijske i komunikacijske tehnologije koji se na neki način penetrira u sve druge sektore. Jedan od smjerova primjene ICT rješenja je i poljopri-

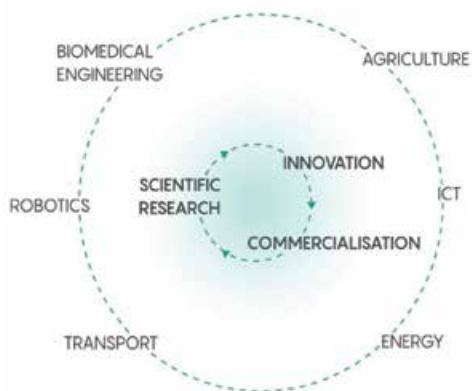
vreda, s naglaskom na digitalizaciju poljoprivredno-prehrambenog sektora. Ovih šest gospodarskih sektora i njima odgovarajućih šest ICENT-ovih instituta sukladni su svjetskim razvojnim i gospodarskim trendovima. Svjesni smo potrebe da nas se treba prepoznati na tržištu i stoga ICENT, osim spomenutih šest instituta, ima i sektor za poslovnu djelatnost i podršku razvoju tehnologija u kojemu će se istraživati i analizirati tržište, raditi na komercijalizaciji i marketingu.

Izvrješća relevantnih svjetskih institucija pokazuju da je gospodarski položaj Hrvatske u svijetu na niskoj razini [2]. Analize koje su proveli WEF (Global Competitiveness Index - GCI), Digitalization Economy and Society Index (DESI Index), European Investment Bank Investment Survey (EIBIS index), Global Entrepreneurship Monitor Report (GEM report) i International Institute for Management Development (IMD report)) to jasno pokazuju. Primjerice, prema izvješćima IMD-a tijekom posljednjih pet godina (2017.-2021.), pozicija Hrvatske na globalnoj ljestvici konkurentnosti kreće se između 59. i 61. mjesta, što znači da Hrvatska stagnira. U 2020. hrvatsko gospodarstvo bilo je na 59. od 64 zemlje. Ipak, razvoj pandemije i očekivanja nakon pandemije, potaknuti novom financijskom omotnicom EU-a, pobuđuju nadu da bi mogli ubrzati prijeko potrebne strukturne promjene. To je posljedica činjenice da je naše gospodarstvo na niskoj tehnološkoj razini i naš izvoz nije konkurentan. Naše zamašnjeno društvo nije svjesno koliko smo po tom pitanju loši - stanje je daleko od zadovoljavajućeg.

Izvozimo usluge i proizvode uglavnom niske tehnološke razine. I toga moramo biti svjesni. Ako ne poduzmemo nešto u sferi politike tehnološkog razvoja, nećemo biti konkurentni niti ćemo moći konkurentno izvoziti. Zbog takvog stanja našeg gospodarstva, kojemu su potrebne strukturne promjene, osnovana je ustanova ICENT koja predstavlja most između akademske/istraživačke zajednice i potreba našeg gospodarstva. ICENT je, dakle, osnovan radi gospodarstva kojemu su potrebna nova rješenja proizvoda i usluga zasnovana na znanjima i alatima koji leže na sveučilištima kao nedovoljno iskorišteni kapital [25, 26].

Za izgradnju mosta između gospodarstva i akademske/istraživačke zajednice iznimno je važno da se povećava skup profesora na našim tehničkim (i drugim) fakultetima koji razumiju važnost primijenjenih istraživanja i razvoja tehnologija i oni su velika pomoć u osnaženju i daljnjem razvoju ICENT-a. Istraživanja koja se provode na fakultetima kroz projekte i u sklopu doktorskih disertacija u pravilu rezultiraju provjerom znanstveno-istraživačkih koncepata (u pravilu TRL 3) koji mogu imati takav potencijal da se kroz primijenjeno istraživanje i razvoj dođe do inovativnog proizvoda ili inovativne usluge (razine TRL 7 i više). Pri tome treba imati u vidu da dobri znanstveni koncepti jako koreliraju s kvalitetom obrazovanja. Tu dolazimo do vrijednosnog lanca s tri bitne karike: znanstveno istraživanje – primijenjeno istraživanje i inovacije - proizvodnja s komercijalizacijom. Dakle, bitno je razumjeti genezu - od

ideje do proizvoda. A ICENT želi suradnju i jak utjecaj na hrvatsko gospodarstvo i poziciju na mjestu druge karike - primijenjeno istraživanje i inovacije (Slika 6).



Slika 6: Vrijednosni lanac istraživačko-razvojnoinovacijskog ekosustava

Djelovanje i aktivnosti ICENT-a određeni su ovodobnim stanjem u našem gospodarstvu, i projekcijama koje doprinose rastu gospodarstva. Činjenica je da našu industriju pretežito čine mala i srednja poduzeća (preko 99%), koja nemaju dovoljnih laboratorijsko-razvojnih kapaciteta; njima trebaju rješenja tehnološke razine spremnosti TRL 7 i naviše (funkcionalnost sustava u operativnim uvjetima). Praktički, naša industrijska poduzeća, s izuzetkom malog broja, trebaju predproizvode koje će prilagoditi u svojim proizvodnim procesima do finalnog proizvoda za komercijalizaciju na tržištu. Dakle, ostaje nepopunjen prostor TRL 4 do TRL 7 (razvoj, laboratorijska ispitivanja, integracija, dizajn, testiranja u simuliranom i relevantnom okruženju, demonstracija u operativnom okruženju). Taj se prostor kolokvijalno naziva „dolinom smrti“. Premošćivanje doline smrti, tj. dostizanje TRL 4 do TRL 7, postiže se kroz organizirani proces primijenjenog istraživanja i razvoja tehnologija u organizacijama (RTO-ima) koje su usko spregnute sa sveučilištima s jedne strane i s gospodarstvom (industrijom) s druge strane. To je već odavno etablirana praksa tehnološki razvijenih gospodarstava u svijetu, u gospodarstvima s izgrađenim tehnološko-inovacijskim ekosustavima. Stoga, za ICENT je neizbježan i nuždan put međunarodnog umrežavanja s RTO-ima [27].

S obzirom na tehnološku razinu našega gospodarstva i njegovu nezadovoljavajuću spregu s akademskom/istraživačkom zajednicom, imperativno se nameće zaključak da su Hrvatskoj potrebni RTO-i. ICENT je za sada prvi i jedini RTO usmjeren na gospodarske sektore od vitalnog značaja: energetika, transportni sustavi, automatizacija potpomognuta robotikom, biomedicinsko inženjerstvo, tehnologije naprednih komponenata te ICT. Ovaj skup sektora proširen je kroz recentne projekte i sektorom poljoprivrede s naglaskom na digitalizaciju.

U sklopu ICENT-a smještena su dva Digitalna inovacijska središta (*Digital Innovation Hub, DIH*): CROBOHUB - Hrvatsko robotičko digitalno inovacijsko središte i CybersecRDI - Digitalno inovacijsko središte za kibernetičku sigurnost. DIH-ovi kao mehanizam za pomoć u digitalizaciji malih i srednjih poduzeća proizlaze iz inicijative Digitalizacija europske industrije (2016.). Oba DIH-a djeluju po načelu sve-najednom-mjestu (*one-stop-shop*), pomažući hrvatskim tvrtkama da digitaliziraju svoje poslovanje kroz učinkovito orkestriranje različitih dionika u inovacijskom ekosustavu, poput istraživačkih institucija, institucija za potporu poslovanju te poduzeća koja posluju u području robotike/kibernetičke sigurnosti, a koja mogu pridonijeti razvoju i primjeni naprednih robotskih/sigurnosnih sustava u raznim djelatnostima.

Kao što je prethodno istaknuto, Europska komisija polaže velike nade u DEP i njen mehanizam EDIH. Očekujemo da će krajem 2022. godine započeti s aktivnostima i hrvatski EDIH CROBOHUB++ (*CRO*atian Industry and Society *BO*osting – *EU*ropean Digital Innovation *HUB*), kojeg pokreće ICENT zajedno s projektnim partnerima. CROBOHUB++ specijaliziran je u trima ključnim područjima DEP-a: umjetna inteligencija, kibernetička sigurnost i računarstvo visokih performansi (HPC) te u sljedećim tehnologijama: robotika, računalni vid, internet stvari, ugradbeni sustavi upravljanja i automatizacije, pametna senzorika, tehnologija blokovskih lanaca i digitalne simulacije. Tehnologije u kojima je CROBOHUB++ specijaliziran vrlo su široko primjenjive, ali će se CROBOHUB++ primarno orijentirati na sljedeće sektore: (1) proizvodna industrija, (2) digitalizirana poljoprivreda, (3) energija i okoliš i (4) javna i državna uprava. Potporom digitalnoj transformaciji u navedenim sektorima CROBOHUB++ može snažno i izravno pridonijeti podizanju razine digitalne zrelosti hrvatske industrije i društva. Također, snažan vjetar u leđa za daljnji razvoj ICENT-a predstavlja i projekt u pripremi: Centre of Excellence for Advanced Robotic Systems (ACROSS). Opći je cilj projekta ACROSS razviti kroz ICENT Centar izvrsnosti za robotske sustave koji će značajno pridonijeti izgradnji visoke razine kompleksne automatizacije proizvodnih i radnih procesa u Hrvatskoj.

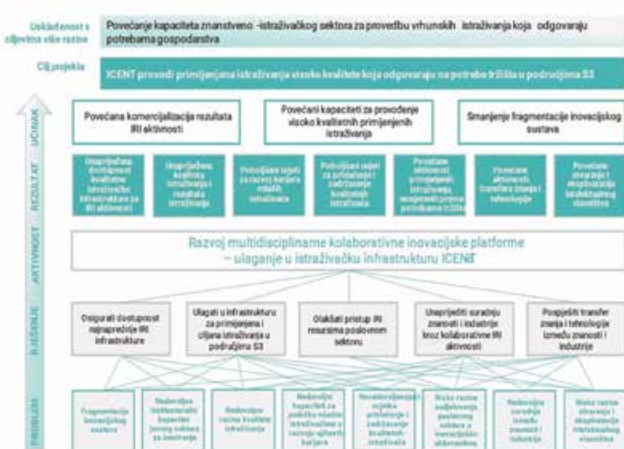
Razvoj tehnologija koje se provode u ICENT-u prate i primjene novih poslovnih modela koji respektiraju dinamičan razvoj startup ekosustava [28]. Kroz ICENT-ov studentski program *Imagine, Create, Innovate* omogućena je studentima hrvatskih visokih učilišta sponzorirana prijava i provedba projekata na izazovne teme kao što su *Smart City, Smart Agriculture, Smart Industry...* To je rezultiralo osnivanjem nekoliko startup poduzeća s izglednim prilikama za uspjeh.

Inicijative i planovi DEP-a i HE-a i njihovih provedbenih mehanizama otvaraju prozore za značajniji iskorak hrvatskih institucija za istraživanje i razvoj tehnologija u sinergiji s gospodarskim sektorom i institucijama javne uprave. Stoga valja mudro, strateški i odgovorno pristupiti provedbi Nacionalnog plan obnove i otpornosti (NPOO) za razdoblje 2021. – 2026., imajući pritom u vidu dugoročniji Europski zeleni plan.

Broj uposlenih profesionalaca koji rade u ICENT-u određen je brojem ugovorenih razvojnih projekata, a posebno raspoloživom prostornom i laboratorijskom infrastrukturom. Trenutačno u ICENT-u je uposleno 40-ak istraživača/razvojnih inženjera, u raznim modusima uposlenja, smještenih u limitiranim unajmljenim prostorima FERa koji koriste skromnu i za razvoj proizvoda neodgovarajuću laboratorijsku opremu FER-a. Za svaki prethodno navedeni institut stvoren je nukleus za daljnji razvoj i spremnost provedbe kolaborativnih i industrijskih projekata. Perspektive daljnjih upošljavanja u ICENT, dominantno mladih doktora znanosti iz tehničkih i prirodoslovnih područja, motiviranih za primijenjena istraživanja i razvoj tehnologija, oslanjaju se na naše procjene (ali i na nade i očekivanja). Procjenjujemo da će u ICENT-u za 10-ak godina biti uposleno oko 300 razvojnih profesionalaca i koji će kroz umrežavanje s raznim dionicima tehnološko-inovacijskog ekosustava predstavljati bitan čimbenik za razvoj gospodarstva.

Gradnja prostorne i laboratorijske infrastrukture ICENT-a, projekta od strateškog značaja za Hrvatsku, bila je u nekim fazama proteklog vremena nerazumno usporavana [29]. Perspektive gradnje prostorne i laboratorijske infrastrukture ICENT-a usmjerene su na sredstva Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO) i Višegodišnjeg financijskog okvira (VFO) za razdoblje 2021.-2027. Izgradnjom prostorne i laboratorijske infrastrukture ICENT-a upotpunjuje se tehnološko-inovacijski ekosustav, čime se Hrvatska stavlja u poziciju da razvija hrvatsku pametnu industriju. Za to treba ustrajnosti, energičnosti, odgovornosti i mudrosti. Za to nam treba sinkroniziran, koordiniran, učinkovit i pametan triple helix.

Izazovi izgradnje prostorne i razvojne infrastrukture ICENT-a ilustrirani su pomoću Dijagrama teorije promjene (*Theory of Change Diagram*) koji sažeto prikazuje glavne učinke i ishode projekta te cjelokupnu usklađenosti projekta s ciljevima koji su postavljeni u relevantnim nacionalnim i EU razvojnim strategijama i politikama (Slika 7).

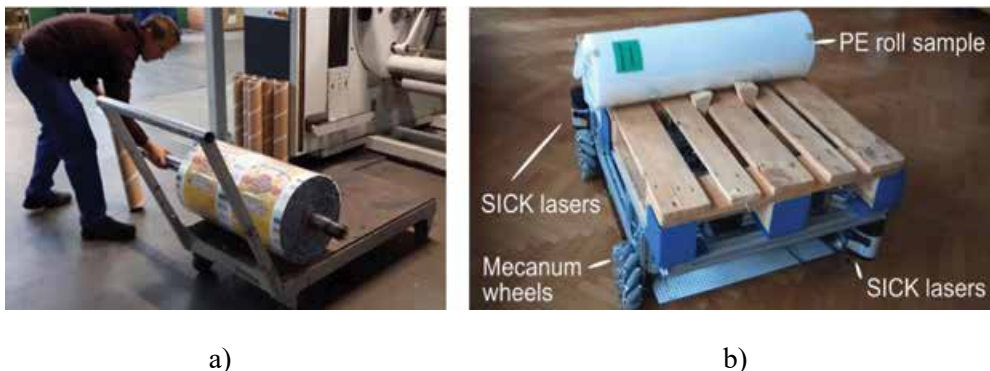


Slika 7: Dijagram teorije promjene ICENT-a

6.1. Neka primijenjena rješenja ICENT-a

Za ilustraciju rada ICENT-a, prikazano je nekoliko uspješnih multiplikativnih primjena kako slijedi.

Muraplast. Otvorena platforma za inovacije u logistici (OPIL) razvijena je u sklopu europskog H2020 projekta *Pametna logistika za proizvodna mala i srednja poduzeća (L4MS)*. Uspješna demonstracija OPIL platforme izvedena je na studiji slučaja MURAPLAST d.o.o., vodećeg proizvođača polietilenske puhanje folije u Hrvatskoj (autonomno vozilo rasterećuje čovjeka u poslu transporta teškog tereta). Za ovu studiju slučaja, ICENT je u ovom projektu razvio softverske module senzora, percepcije i navigacije na novom svesmjernom AGV-u nazvanom Anda.



Slika 8: Studija slučaja za MURAPLAST d.o.o., Kotoriba;
a) transport prije ugradnje autonomnog transporta, b) autonomni transport

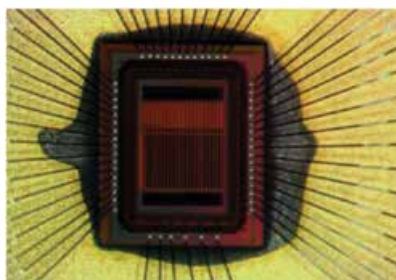


Slika 9: Robotska brusna stanica

Enikon Aerospace. Enikon Aerospace. ICENT je za poduzeće Enikon Aerospace razvio robotsku brusnu stanicu za automatizaciju procesa brušenja plastičnih dijelova za pripremu površine prije kvalitetnog finalnog nanošenja boja. Automatizirano brušenje ima nekoliko prednosti u odnosu na ručno brušenje: i) dosljednu kvalitetu konačnog proizvoda, ii) bez ljudskih pogrešaka, iii) gubitak materijala smanjuje se na minimum, iv) smanjenje izloženosti radnika u prašnjavoj i otrovnoj atmosferi. Korištenje agilnih i ljudski prihvatljivijih robotskih manipulatora u tom procesu rezultat će povećanjem postotka područja predmeta koji se obrađuju robotom, budući da će radnici

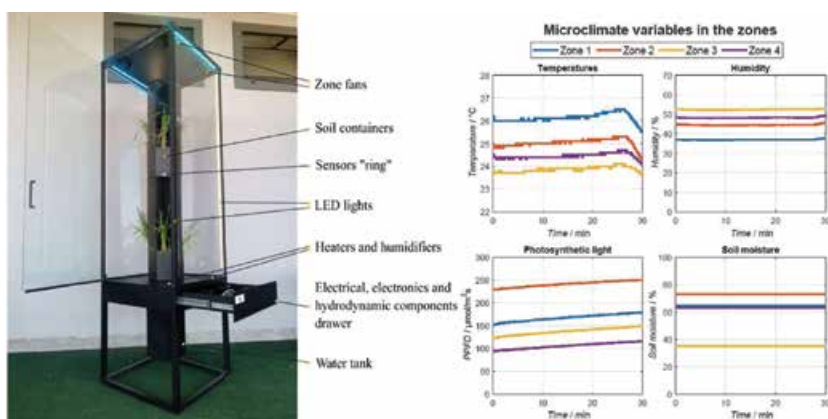
moći podučiti robota kako brusiti složenije dijelove. Kako bi se skratilo vrijeme potrebno radniku za obradu predmeta, razvit će se automatizirani sustav kontrole kvalitete pomoću navedenog agilnog robota opremljenog laserima.

amsOSRAM. ICENT u suradnji s međunarodnom kompanijom ams OSRAM (<https://ams-osram.com/>) radi na razvoju poluvodičkih elemenata i sklopova u nanometarskim tehnologijama. Do sada su kroz suradnju uspješno razvijene biblioteke ulazno-izlaznih napajajućih, digitalnih i analognih priključaka u nekoliko različitih tehnologija. Trenutno je razvojni fokus na izradu topoloških nacrt (layout) komponenta i integriranih sklopova.



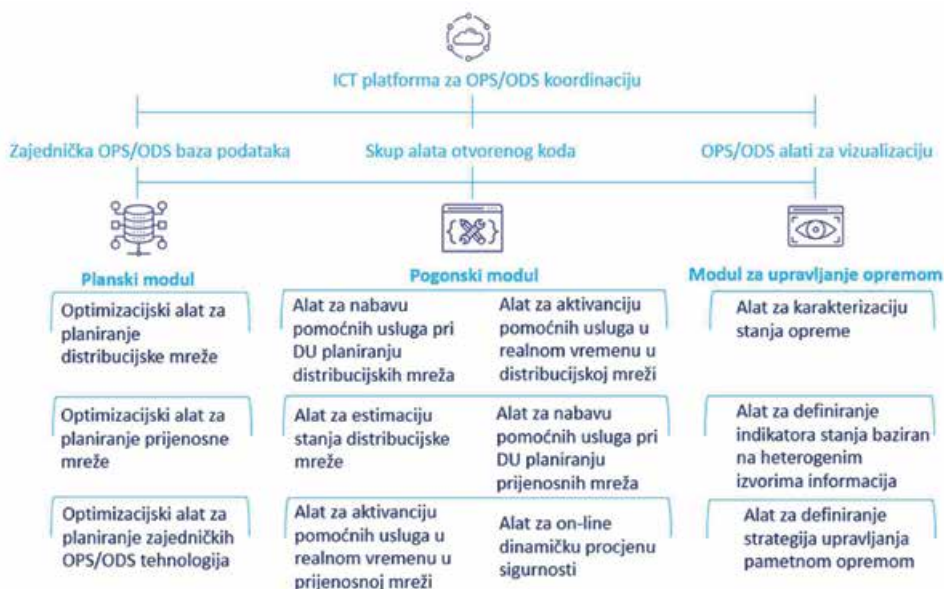
Slika 10: Topološki nacrt (*layout*) integriranog elektroničkog sklopa

AgroSPARC. U sklopu projekta *Napredna i prediktivna poljoprivreda za otpornost klimatskim promjenama (AgroSPARC)* izrađena je laboratorijska komora (Slika 11) u kojoj se umjetno stvara mikroklima koja oponaša uzgoj pšenice u uvjetima mogućih klimatskih promjena. Cilj je projekta kreirati matematičke modele različitih stadija razvoja pšenice primjenom umjetne inteligencije te ih koristiti za predviđanje prinosa i stadija razvoja.



Slika 11: Komora za oponašanje uzgoja pšenice u uvjetima mogućih klimatskih promjena

ATTEST. Glavni cilj projekta H2020 ATTEST (Napredni alati usmjereni isplativoj dekarbonizaciji budućih pouzdanih energetske sustava) je razvoj modularnog skupa inovativnih alata otvorenog koda za koordinaciju operatora elektroenergetskog sustava (prijenosnog i distribucijskog) te planiranje, pogon i održavanje elektroenergetskog sustava u 2030. godini s pogledom na 2050. godinu. Glavna ambicija projekta je omogućiti različitim korisnicima testiranje i korištenje alata razvijenih u projektu od strane operatora sustava, ali i industrijskog sektora što će u konačnici doprinijeti ostvarenju ciljeva niskougljične tranzicije. Novim alatima omogućio bi se sigurniji i pouzdaniji elektroenergetski sustav te veća mogućnost integracije obnovljivih izvora energije.



Slika 12: ICT platforma za OPS/ODS koordinaciju

7. Zaključak

ICENT je organizacija za primijenjeno istraživanje i razvoj tehnologija kao osnove za kreiranje inovativnih proizvoda i usluga. ICENT je značajan čimbenik u istraživačko-razvojno-inovacijskom ekosustavu s ulogom da povezuje akademsku/istraživačku zajednicu i gospodarstvo s ciljem povećanja produktivnosti i konkurentnosti našeg gospodarstva. Na svome razvojnom putu ICENT izgrađuje multidisciplinarnu suradničku inovacijsku platformu s visokim istraživačko-razvojnim potencijalom za nove pametne industrije, čemu će presudno doprinijeti prostorna i tehnološko-laboratorijska infrastruktura.

Glavni cilj ustanove ICENT, kao RTO-a, jest razvoj i primjena čistih tehnologija u funkciji zelene i digitalne tranzicije s usredotočenjem na gospodarske sektore od vitalnog značaja za sustavan razvoj hrvatskog društva: energetika, transport, kompleksna automatizacija i robotika, biomedicinsko inženjerstvo, poljoprivreda te informacijske i komunikacijske tehnologije. Specifični ciljevi ICENT-a su:

- Dizajniranje i razvoj multidisciplinarnе infrastrukture za visokokvalitetno primijenjeno istraživanje i razvoj tehnologija koja odgovara potrebama tržišta u S3 područjima, i koja će služiti kao „most” između istraživačkog-razvojnog sektora i industrije;
- Povećanje opsega, kvalitete i međunarodne konkurentnosti istraživačkih i inovacijskih aktivnosti, prvenstveno u prioritetnim područjima S3, što će pridonijeti povećanju proizvodnje visokokvalitetnih istraživanja, kao i proizvodnje i iskorištavanja intelektualnog vlasništva;
- Olakšavanje suradnje znanosti i industrije kroz pokretanje zajedničkih istraživačkih projekata, koji će olakšati aktivnosti prijenosa znanja i tehnologija te povećati mogućnosti mladih istraživača za suradnju s poduzećima;
- Implementacija novih usluga i stvaranje prilika za učinkovite suradnje u rješavanju društvenih izazova i zelenih i digitalnih transformacija;
- Poboljšanje radnih uvjeta za razvojne istraživače, što će pridonijeti razvoju njihovih karijera, posebno mladih istraživača, te olakšati privlačenje i zadržavanje kvalitetnih istraživača;
- Jačanje ljudskih kapaciteta, stvaranje i širenje znanja pomoću suvremene razvojno-tehnološke infrastrukture, povećanje konkurentnosti hrvatske znanosti, poboljšanje vještina za S3 i stvaranje pozitivnih makroekonomskih učinaka na hrvatsko gospodarstvo.

I konačno, pokrenimo htijenje u interesu onih koji žele bolju budućnost u svojoj domovini Hrvatskoj [30].

8. Literatura

- [1] N. N. Taleb: *Antifragile - Things That Gain From Disorder*, Random House, USA, 2012.
- [2] Grupa autora: *Pametne industrije i digitalna transformacija*, Udruga CroSI, studeni 2021.
- [3] *** Advanced Technologies for Industry (ATI) project, 2020.
- [4] Perić, N.: Razvoj i primjena novih tehnologija – Kako industrijalizirati Hrvatsku, časopis *Perspektive*, Zagrebačka inicijativa, Vol. 11 (2021.), Br. 1-2; str. 37-44.
- [5] Schmidt, E.; Cohen, J.: *The New Digital Age – Reshaping the Future of People, Nation and Business*, Alfreda A. Knopf, New York, 2013.

- [6] Perić, N.: Inovacije – Elixir protiv gospodarske krize, časopis *Perspektive*, Zagrebačka inicijativa, Vol. 4 (2014.), br. 4, str. 105.-116.
- [7] Perić, N.: Ispit spremnosti za digitalno doba – Tehnološki napredak temelj konkurentne privrede, časopis *Perspektive*, Zagrebačka inicijativa, Vol. 10 (2020.), br. 3-4, str. 89-102.
- [8] *** <https://www.earto.eu/>
- [9] *** https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf
- [10] *** EARTO Response to EC Consultation on the Revised Framework for State Aid RD&I, June 2021..
- [11] Schwab, C.: *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum, Geneva, 2016.
- [12] *** https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf
- [13] *** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52019DC0640>
- [14] *** https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en
- [15] *** [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/628231/EPRS_BRI\(2018\)628231_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/628231/EPRS_BRI(2018)628231_EN.pdf)
- [16] *** <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/edihs>
- [17] *** https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubstool?p_p_id=digitalinnovationhub_WAR_digitalinnovationhubportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&_digitalinnovationhub_WAR_digitalinnovationhubportlet_edihTabParam=Candidate+European+DIHs
- [18] Mazzucato, M.: *Država poduzetnica – Razotkrivanje mitova o javnom nasuprot privatnom*, Školska knjiga, 2020.
- [19] Trani, E. P.; Holsworth, R. D.: *The Indispensable University – Higher Education, Economic Development, and the Knowledge Economy*, American Council on Education, Rowman&Littlefield Publisher, Inc., New York, 2010.
- [20] Freeman, C. The National System of Innovation in Historical Perspective, *Cambridge Journal of Economics* 19, no. 1:5-24, 1995.
- [21] Lundvall, B.-A (ur): *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Printer Publisher, 1992.
- [22] Shapira, P. P.; Wessner, C.W.: *21st Century Manufacturing – The Role of the Manufacturing Extension Partnership Program*, the National Academies Press, Washington, D.C., 2013.
- [23] Strategija razvoja Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu za razdoblje 2013. – 2017.
- [24] *** ICENT i treća komponenta, *Infotrend*, rujan 2017.
- [25] Perić, N.: Uloga sveučilišta u istraživanju, transferu tehnologija i inovacijama, Zagrebačka inicijativa, časopis *Perspektive*, Vol. 5 (2015), br. 1, str. 38.-51.
- [26] Perić, N.: Povezivanje istraživača i poduzetnika – Znanstvena i akademska zajednica (ne)spremna na promjene, Zagrebačka inicijativa, časopis *Perspektive*, Vol. 6 (2016), br.2, str. 61.-67.

- [27] Perić, N.: Innovation Centre Nikola Tesla – Challenges in Applied R&D, presentation in Fraunhofer ISE, Freiburg, Germany, 14-15th of September 2017.
- [28] Singer, S; Senor, S.: *Start-up nacija – Tajna izraelskog ekonomskog čuda*, Profil Knjiga, Zagreb, 2009.
- [29] Perić, N.: *Inovacijski centar Nikola Tesla - Budućnost početka*, KIKLOS – KRUG KNJIGE d.o.o., 2019. (1032280.Buducnost_pocetka_ICENT (1).pdf).
- [30] Nietzsche, F.: *Der Wille zur Macht - Eine Auslegung alles Geschehens*, Alfred Kröner Verlag in Leipzig, 1917.