

Dora Pleskalt⁽¹⁾Marija Kudumija Slijepčević⁽²⁾

(1) Osnovna škola Rovišće,
Ul. Vladimira Nazora 1,
HR-43212 Rovišće,
dora.pleasekalt@gmail.com

(2) Veleučilište u Bjelovaru,
Trg Eugena Kvaternika 4,
HR-43000 Bjelovar,
mkudumija@vub.hr

Zaprimljeno / Received
15. srpnja 2025. / 15 July 2025

Prihvaćeno / Accepted
25. rujna 2025. / 25 September
2025

Autor za korespondenciju /
Corresponding author
Dora Pleskalt
dora.pleasekalt@gmail.com

DOI: 10.70856/p.2.2.4



Na granici biologije i tehnologije: etički izazovi kiborgizacije

Sažetak: Rad se bavi kritičkim promišljanjem o tehnološki potaknutoj transformaciji ljudskog tijela, s posebnim naglaskom na etičke implikacije procesa kiborgizacije. Kiborgizacija označava proces spajanja ljudskog tijela s tehnologijom, s ciljem poboljšanja, nadomještanja ili proširenja bioloških funkcija pomoću tehnologije. Pojam dolazi od izraza cyborg (skraćeno od cybernetic organism), odnosno kiborg, koji se definira kao hibrid biološkog i tehnološkog sustava. Kroz multidisciplinarni pristup istražuju se načini na koje suvremene znanstvene i tehnološke inovacije – poput neurotehnologije, genetskog inženjeringa, sintetičke biologije i bioničke protetike – mijenjaju poimanje ljudske prirode i tijela.

Poseban fokus stavljen je na koncept biokiborga, koji briše granice između prirodnog i umjetnog. U ovom kontekstu bitno je razmotriti etička pitanja povezana s implementacijom tehnologije u ljudski organizam, uključujući problem autonomije, privatnosti, sigurnosti, distribucije pristupa i redefinicije identiteta. Posebna pozornost posvećena je pojmu morfološke slobode, odnosno pravu pojedinca da samostalno odlučuje o promjenama vlastita tijela. Također su prikazana suprotstavljena stajališta transhumanista, koji zagovaraju tehnološki napredak i samopoboljšanje, te biokonzervativista, koji upozoravaju na moguće posljedice po ljudsko dostojanstvo i društvenu pravdu. Očita je potreba za uspostavljanjem jasnih etičkih normi i granica te javnog dijaloga. Uspostavljanjem društvenog dijaloga koji uključuje znanstvenike, medicinske stručnjake, filozofe i širu javnost omogućilo bi se odgovornije usmjeravanje tehnološkog razvoja, s ciljem očuvanja ljudskog dostojanstva i zaštite temeljnih vrijednosti u društvu koje se sve više tehnološki preobražava.

Ključne riječi: kiborgizacija, biokiborg, bioetika, ljudsko poboljšanje, transhumanizam

1. Uvod

Ljudska evolucija povijesno je bila oblikovana prirodnom selekcijom, no u 21. stoljeću, integracijom biologije i tehnologije, nastaje nova faza poznata kao „doba kiborga“. Ovaj fenomen izaziva tradicionalna shvaćanja čovječnosti, brišući granicu između organskog i umjetnog te postavljajući etička i egzistencijalna pitanja o budućnosti ljudskog života (Cebo, 2023). U postmodernom dobu tijelo, osim što ispunjava svoju fizičku ulogu, kroz medicinske i tehnološke napretke postaje podložno novim oblicima i ulogama u društvu. Medicinska tehnologija obuhvaća primjenu znanstvenih spoznaja i vještina u razvoju uređaja, lijekova, cjepiva, postupaka i sustava usmjerenih na rješavanje zdravstvenih problema i poboljšanje kvalitete života pacijenata (Ten Haken i dr., 2018 prema Papakonstantinou i dr., 2022). Danas se tijelo doživljava kao zastarjeli koncept čiju evoluciju ubrzavaju znanstvenotehnički izumi, mijenjajući njegov izgled, funkciju i sadržaj. Kako je čovjek oduvijek nastojao proširiti svoje mogućnosti, tehnologija, koja se sve više integrira u tijelo, postaje njegov neizostavan dio. Zato danas fenomen ljudskog poboljšanja, koji koristi tehnologiju za stvaranje boljih verzija ljudskog tijela, utječe na različite sfere života – od sporta i vojske do bioekonomije, medicine i radnog mjesta (Pio-Lopez, 2021).

Nastavno na to, tehnologija donosi kvalitetniji život kroz nužno i opravdano liječenje i sprječavanje nastanka bolesti, ali i poboljšanje mentalnih i fizičkih sposobnosti čovjeka koje vode zdravijem društvu u cjelini. No krajnji cilj poboljšanja nije samo liječenje već bolesnog organizma, već poboljšanje kvalitete života. O brojnim područjima različitih znanstvenih disciplina koje izravno ili neizravno spajaju ideje i prakse ljudskog poboljšanja i razvoj tehnologije svjedoči i „rast računalne znanosti i inženjeringa, neuroznanosti i kognitivne znanosti, istraživanje neuronsko-računalnog sučelja, znanosti o materijalima, umjetnu inteligenciju, niz znanosti i tehnologija uključenih u regenerativnu medicinu i produženje života, genetski inženjering i nanotehnologiju“ (More, 2013:4-5 prema Koljenik, 2014). S obzirom na proširenost domena, ljudsko poboljšanje odvija se na različite načine – od fizičkog do kognitivnog – a ta se ideja i praksa mogu objediniti konceptom kiborga (kibernetičkog organizma). Prema Featherstone and Burrows (2001) kiborg označava sintezu biološkog organizma i mehaničkog stroja, tj. ljudsko-strojni sustav sa samoregulacijom (Greguric, 2012). Kiborg, Nadčovjek ili Čovjek 2.0 nazivi su za tehnološki nadograđeno tijelo, odnosno biće čije fizičke mogućnosti nadilaze homo sapiensa. Norbert Wiener uveo je 60-ih godina 20. stoljeća pojam kibernetike, znanstvene discipline zasnovane na potrebi čovjekova razumijevanja sebe i tijela povezanog s tehnološkim mogućnostima epohe i načinom na koji se promišlja o tehnologiji. Dakle,

kiborg karakterizira hibridan spoj organskog i tehnološkog, ono je potpuno novo i promijenjeno biće od bilo kojeg prirodnog kojeg uzmemo za usporedbu (Nikodem, 2004).

Harris (2007) bio-tehnološki napredak vidi kao veću mogućnost za poboljšanje od prirodne evolucije zbog mogućnosti upravljanja i usmjeravanja stvaranja potpuno nove tipologije bića. Bostrom (2005) također dijeli mišljenje jer ovo vidi kao postupak ovladavanja biološke zadanosti uz kvalitetnije karakteristike i time veće sposobnosti, što je logični nastavak prirodne evolucije u novom znanstveno-tehničkom okružju (Greguric, 2012). Budućnost ljudske evolucije više nije isključivo određena prirodnim procesima – umjesto toga, ljudi sve aktivnije preuzimaju kontrolu nad oblikovanjem svoje genetske, kognitivne i fizičke sudbine. Spoj biologije i tehnologije pruža izvanredne mogućnosti za nadilaženje tradicionalnih evolucionih ograničenja, ali istovremeno donosi i značajne rizike. Čovječanstvo se nalazi na pragu nove ere – one u kojoj bi moglo nadmašiti svoja biološka ishodišta i razviti se u potpuno novi oblik postojanja (Cebo, 2023).

Cilj rada jest istražiti kiborgizaciju čovjeka kroz prizmu etike, s naglaskom na tehnološke intervencije koje nadilaze biološke granice ljudskog tijela. Također se nastoji rasvijetliti etičke dileme povezane s poboljšanjem, preoblikovanjem i morfološkom slobodom u kontekstu suvremenog tehnološkog razvoja.

2. Načini tehnološkog poboljšanja tijela čovjeka

Tehnologija poboljšanja čovjeka odnosi se na svaku metodu usmjerenu na povećanje „prostora sposobnosti“ ljudskog pojedinca, što obuhvaća širok spektar multidisciplinarnih pristupa. U kontekstu suvremene kiborgizacije, odnosno postupnog spajanja biološkog i tehnološkog, moguće je razlikovati tri razine poboljšanja ljudskih mogućnosti: replikacija, proširivanje i nadilaženje (Ritharson, 2019; Greguric, 2014). Važan čimbenik koji utječe na razvoj ove tehnologije jest konvergencija četiriju područja istraživanja: nanotehnologije, biotehnologije, informacijske¹ tehnologije i kognitivne znanosti – također poznata kao NBIC . Postoje i različite vrste i razine kiborgizacije: ugrađeni živi elementi (virus, bakterija, kukac), tehnološke intervencije (cijepljenje, strojna proteza, genetski inženjering, nanoboti) i razina integracije (mini, mega, svjetovno) (Pio-Lopez, 2021).

¹ NBIC – međunarodni akronim; *Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*).

Replikacija predstavlja prvu razinu tehnološkog unaprjeđenja čovjeka i podrazumijeva zamjenu ili oponašanje funkcija zdravog ljudskog tijela. Tu se ubrajaju proteze, slušna pomagala, naočale, ali i sofisticiraniji sustavi poput bioničkih proteza koje uključuju sensoriku i neurološku integraciju, čime ne samo da nadomještaju izgubljene funkcije, već ih i nadmašuju (Cebo, 2023; Ritharson, 2019). Osobito mjesto zauzimaju nosivi biometrijski uređaji i integrirane tehnologije, trodimenzionalnih dodataka poput „trećeg palca“ za povećanje manuelne spretnosti te specijalizirane naočale koje korisnicima s daltonizmom omogućuju razlikovanje boja (Ritharson, 2019).

Proširivanje označava drugu razinu poboljšanja, pri čemu dolazi do proširenja kognitivnih i fizičkih sposobnosti iznad uobičajenih ljudskih granica. U ovu skupinu ubrajaju se egzoskeleti koji korisnicima omogućuju dodatnu snagu i izdržljivost te mogu značajno poboljšati funkciju hoda i potaknuti samostalnost pri kretanju kod osoba s neurološkim poremećajima (Palermo i sur., 2017 prema Papakonstantinou i sur., 2022). Nadalje, ovoj skupini pripadaju i slušalice za simultano prevođenje u stvarnom vremenu, pametne naočale poput Google Glassa, kao i neuralna sučelja poput projekta Neuralink koja omogućuju dvosmjernu komunikaciju između mozga i digitalnih sustava (Ritharson, 2019; Greguric, 2014, Musk, 2019). Kognitivno poboljšanje posebno dolazi do izražaja primjenom neurotehnologije, primjerice ugradnjom neuročipova, čime se potencira memorija, perceptivne sposobnosti i brzina donošenja odluka. Pritom su važni i farmakološki modaliteti, kao što su nootropici i neurofarmakološki modulatori koji pospješuju neurogenezu, sinaptičku plastičnost te emocionalnu regulaciju i empatiju (Selak, 2013; Cebo, 2023).

Konačno, nadilaženje ljudskih sposobnosti označava treću, najambiciozniju razinu tehnološkog poboljšanja. Ovdje se više ne radi samo o nadoknađivanju ili proširenju postojećih funkcija, već o razvoju sposobnosti koje nisu svojstvene ljudskom biću, uključujući i koncept vječnog života (Greguric, 2014). Sintetička biologija, umjetne krvne stanice, nanoboti i memorijski čipovi predstavljaju potencijalne tehnologije koje mogu omogućiti takva nadljudska postignuća (Ritharson, 2019; Pio-Lopez, 2021). Regenerativna medicina također se nameće kao ključna tehnologija budućnosti, osobito primjenom terapija matičnim stanicama i senolitika koji usporavaju starenje eliminacijom senescentnih stanica (Cebo, 2023). Doprinos unaprjeđenju ljudskih sposobnosti sve više dolazi i kroz genetski inženjering, osobito uporabom alata poput CRISPR-Cas9 koji omogućuje precizne intervencije u genomu. CRISPR-Cas9 je tehnologija genetskog inženjeringa koja djeluje poput „molekularnih škara“, omogućujući precizno rezanje i izmjenu DNK na točno

određenim mjestima genoma, s primjenama u uklanjanju nasljednih bolesti i potencijalnom poboljšanju ljudskih sposobnosti (Doudna i Charpentier, 2014). U širem smislu, genetska i neurofarmakološka intervencija pridonose redefiniranju ljudskog iskustva i oblikovanju afektivnih sposobnosti poput povjerenja i suosjećanja (Selak, 2013).

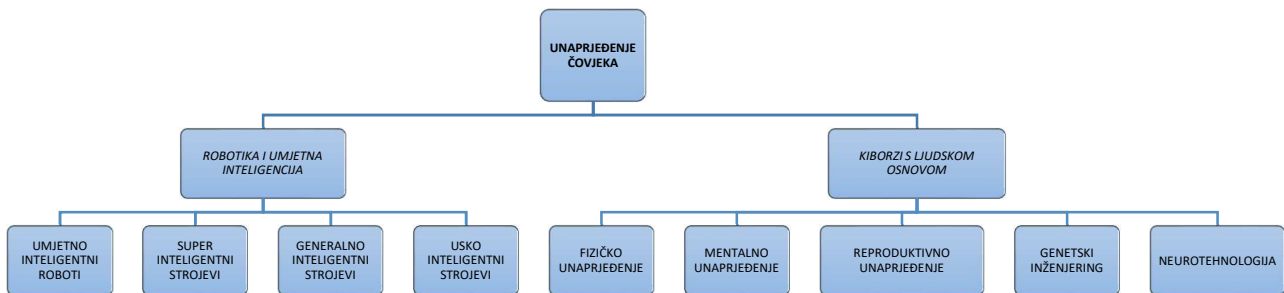
Sve navedene tehnologije upućuju na dinamičan i kompleksan proces transformacije čovjeka, koji se ne svodi samo na tehničku nadogradnju tijela, već uključuje i filozofske, etičke i društvene dimenzije ljudske egzistencije u doba posthumanizma. Posebnu važnost pritom ima pojam biokiborga – jedinice u kojoj se preklapaju organski i tehnološki sustavi, čime se briše granica između čovjeka i stroja (Pio-Lopez, 2021).

3. Klasifikacija kiborga

Kiborgizacija se može sagledati kroz dva temeljna pristupa. Prvi obuhvaća nadomještanje i normalizaciju, čime se medicinskim postupcima vraćaju izgubljene tjelesne funkcije i organi. Drugi pristup odnosi se na poboljšanje i preoblikovanje tijela, gdje tehnologija nadilazi biološke granice i stvara unaprijeđeni organizam prilagođen novom tehnološkom okruženju. U krajnjem ishodu, takvi postupci vode prema stvaranju posthumanog bića (Greguric, 2012).

Kako bismo temeljito razumjeli suvremene trendove u unaprijeđenju čovjeka, važno je proučiti sposobnosti poboljšanja koje se primjenjuju na ljude i na inteligentne strojeve kao dvije različite eugeničke putanje. Trenutno suradnja između ljudi i strojeva obuhvaća širok spektar oblika kiborga te prikazuje različite vrste odnosa između čovjeka i stroja, što je prikazano u dijagramu toka (Ireni-Saban i Sherman, 2021, Slika 3.1.). Jasvinder i Manju (2018) predložili su sofisticiraniju klasifikaciju kiborga, razlikujući pritom ljude i strojeve. Kiborge su podijelili u dvije osnovne skupine: inteligentne kiborge i prilagodljive kiborge. Unutar kategorije prilagodljivih kiborga nalazi se podskupina u kojoj kiborg može prilagođavati svoje ponašanje ljudskim situacijama, analizirati ih i učiti iz ljudskih iskustava. Prilagodljivi kiborzi (engl. adaptive cyborg) dizajnirani su za popravak oštećenih dijelova tijela, čime doprinose poboljšanju ljudske dobrobiti (npr. transplantacija srca i zamjenu udova) (Jasvinder i Manju, 2018). Drugu skupinu, inteligentne kiborge, čine kognitivni strojevi čija je svrha oponašanje ljudskog ponašanja i donošenja odluka. Ovi sustavi integriraju biološka opažanja s umjetnom inteligencijom putem sučelja mozak-računalo, pri čemu mogu obavljati funkcije koje su tradicionalno bile rezervirane za ljude. Na taj se način smanjuje potreba za

ugradnjom umjetnih komponenti u ljudsko tijelo i potiče razvoj strojeva koji su sličniji čovjeku (Wu i dr., 2014 prema Jasvinder i Manju, 2018).



Slika 3.1. Prikaz odnosa čovjeka i stroja u kontekstu unaprjeđenja

3.1. Biohibridna robotika – biokiborg

Posljednjih je godina robotika doživjela značajan razvoj, s posebnim naglaskom na biohibridne sustave – tehnologije koje integriraju biološke stanice ili tkiva s umjetnim strukturama (Mestre i dr., 2024). Ova interna hibridizacija tijela i tehnologije nije privremena ili površinska, već se odnosi na trajnu transformaciju – postajanje kiborgom u doživotnom smislu. Takav model utjelovljuje koncept samotehnologije, kako ga definira Dalibert (2014), gdje tehnologije djeluju izravno na tijelo, zahtijevajući učenje i prilagodbu korisnika (Pio-Lopez, 2021).

U tom okviru Pio-Lopez (2021) razlikuje svakodnevnog kiborga, koji koristi tehno-mehaničke sustave za održavanje života (npr. srčani pacemakeri), i biokiborga, čija svrha nije samo obnova izgubljenih funkcija, već stvaranje potpuno novih biološko-tehnoloških sposobnosti. Kod biokiborga protetski odnos prestaje postojati – granica između tijela i stroja postaje nejasna, a tehnologija se stapa s biološkim identitetom. To je osobito relevantno u kontekstu sintetičke biologije, u kojoj, kako ističu van Est i Stemerding (2012), „biologija postaje tehnologija“, a „tehnologija postaje biologija“. Takva sinteza omogućuje samoeksperimentiranje, transformaciju genetskog profila i redizajniranje tijela iznutra (Pio-Lopez, 2021). Time se otvaraju vrata ne samo liječenju, nego i nadogradnji čovjeka kroz genske intervencije i biomedicinske inovacije.

3.2. Živi strojevi i bio-dizajnirani organizmi: ksenoboti i nanoboti

Jedan od najnovijih primjera tehnološko-biološke integracije jesu bioboti ili ksenoboti – organizmi izrađeni od stanica žabe *Xenopus laevis*, računalno dizajnirani za izvršavanje jednostavnih zadataka poput kretanja, skupljanja čestica i regeneracije (Blackiston i dr., 2021; Kriegman i dr., 2020). Ovi organizmi razlikuju se od tradicionalnih robota jer su izrađeni od živog tkiva, što im omogućuje biorazgradivost i ekološku prihvatljivost. Jedan od najintragantnijih aspekata ksenobota jest njihova sposobnost kinematičke samoreplikacije – procesa u kojem ne dolazi do razmnožavanja putem genetskog materijala, već organizmi prikupljaju stanice iz okoline i formiraju nove funkcionalne jedinice (Kriegman i dr., 2020). Cjelokupna „evolucija“ tih organizama odvija se najprije virtualno, kroz simulacije u računalu, prije njihove biološke realizacije. Takvim procesom izbrisana je granica između umjetne i prirodne evolucije.

Dodatni aspekt predstavlja razvoj „bio-umjetne“ inteligencije, gdje se sposobnosti učenja ugrađuju u stanice putem kombinacije umjetne inteligencije i sintetičke biologije (Nesbeth i dr., 2016 prema Pio-Lopez, 2021). Time se otvara mogućnost oblikovanja entiteta koji nisu samo inteligentni, već i živi – oblik tehnologije sposoban za prilagodbu, evoluciju i autonomiju. Paralelno s razvojem ksenobota, nanotehnologija otvara nove horizonte precizne medicine. Nanoboti – mikroskopski roboti od biokompatibilnih materijala – sposobni su djelovati unutar organizma na staničnoj razini. Primjer iz Hong Konga pokazuje kako magnetski upravljani nanoroboti mogu ciljano dostavljati lijekove do krvnih ugrušaka, čime se smanjuju nuspojave konvencionalnih terapija i povećava učinkovitost liječenja (The Chinese University of Hong Kong, 2024). Nakon ispunjavanja funkcije, nanoboti se mogu povući iz tijela, smanjujući rizik od komplikacija. Potencijalne primjene uključuju regeneraciju tkiva, uklanjanje mikroplastike i minimalno invazivne kirurške zahvate.

4. Etička pitanja kiborgizacije

Na samom je početku začetnik kibernetike Wiener (1964) ukazao na opasnost zloupotrebe tehničkog napretka zbog potencijalne dehumanizacije ljudskih bića. Danas kibernetika organizira globalizaciju društva i integrira ljude u virtualnom prostoru, pretvarajući čovjeka sve više u homo cyberneticusa. Time se otvorila mogućnost za stvaranjem postčovjeka gdje se ljudsko tijelo oslobađa granica autonomnog sebstva (Gandy, 2005 prema Greguric, 2012).

Novom vizijom bića, ova tehnologija primjenom na ljudsku biologiju nosi i novu viziju ljudskog tijela koju bismo mogli povećati i transformirati prema svojim željama (ili čak onima koje

pripadaju drugima). Shodno tome, ono što se događa na ovoj razini utječe i na populaciju. Napredak u sintetičkoj biologiji te jednostavan i jeftin pristup biotehnologiji za poboljšanje i uređivanje gena transformirali su moć koju svatko može imati nad svojim tijelom. Širenje ljudskog napretka javlja se u kontekstu samoeksperimentiranja te je, shodno tome, zaključak da u bioekonomiji pojedinac ima ulogu potrošača i pacijent-testa. Cooper i Waldby (2014) analiziraju ovo kao novi oblik kliničkog rada u kojem pacijent plaća rizike biomedicinskog pokusa (Pio-Lopez, 2021). Takav fenomen trebalo bi detaljnije proučiti, posebno s obzirom na transformaciju ljudske vrste koju on uključuje i utjecaj na ulogu znanosti i medicine.

Također, autori Biti (2012) i Lafontaine (2014) povezuju perspektivu mogućnosti tehnološkog poboljšanja s potrošačkom logikom koja na tijelo gleda kao na „objekt spreman za promjenu“ ako se u njega uloži dovoljno truda i sredstava (Selak, 2013). Doista, ako bi sve veći broj pojedinaca počeo koristiti tehnologije unaprjeđenja, ostali bi se mogli osjećati prisiljenima učiniti isto kako bi ostali „konkurentni“. Takav način razmišljanja dovodi u pitanje slobodu izbora i valjanost pristanka na unaprjeđenje. Ipak, pristanak ostaje ključan, osobito zato što unaprjeđenje može imati dubok utjecaj na osobni identitet (Kapeller i dr., 2020 prema Gauttier i dr., 2024). Balansiranje individualne autonomije s društvenim interesima, poput socijalne pravde i dostupnosti resursa, otvara etičke dileme, osobito kada bi poboljšanja mogla dodatno produbiti društvene nejednakosti (Ireni-Saban i Sherman, 2021). Nastavno tome, Biti (2012) ističe izazove nastale zbog sve intenzivnijih tehnoloških promjena u tijelu, što u domeni sporta otvara novu vrstu polemike (Selak, 2013).

Jasno je da upravljanje tehnologijama za unaprjeđenje čovjeka predstavlja globalni izazov. Kako bi se razvili učinkoviti regulatorni okviri, ključno je razumjeti način na koji etička pitanja utječu na prihvaćanje tehnologije u različitim zemljama. Međutim, to je složen zadatak jer se percepcija etičkih dilema znatno razlikuje među kulturama (Awad i dr., 2018 prema Gauttier i dr., 2024), a dodatnu poteškoću predstavlja kulturno kašnjenje u suočavanju s novim etičkim pitanjima koje takve tehnologije nameću (Marshall, 1999 prema Gauttier i dr., 2024). Zbog različitih kulturnih, društvenih i normativnih okvira teško je postići jedinstven globalni konsenzus o tome što se smatra etički prihvatljivim u području ljudskog unaprjeđenja (Gauttier i sur., 2024), što dodatno ističe važnost međunarodne suradnje. S obzirom na to da se tehnološki razvoj odvija na globalnoj razini, dok su regulatorni pristupi često fragmentirani i neujednačeni, uspostava koherentnog i učinkovitog sustava upravljanja postaje izrazito složena (Ireni-Saban i Sherman, 2021). Istodobno, postojeći zakoni teško prate nove izazove poput privatnosti, sigurnosti podataka i pravne odgovornosti,

osobito u kontekstu međusobno povezanih uređaja izloženih riziku od kibernetičkih napada. Dodatnu složenost stvara neujednačenost međunarodnih propisa koja otežava prekograničnu primjenu tehnologija, primjerice u telerobotskoj kirurgiji (Choi i dr., 2018).

Nedostatak profesionalne odgovornosti među inženjerima i tvrtkama dodatno otežava nadzor jer mnogi nisu obvezani formalnim etičkim kodeksima. Invazivnost određenih implantata otvara pitanja sigurnosti, odgovornosti i zaštite ljudskih prava, budući da različiti stupnjevi intervencije u tijelo zahtijevaju različite razine regulatornog nadzora (Ireni-Saban i Sherman, 2021). U kontekstu neurotehnologije, privatnost poprima novu, gotovo ontološku dimenziju. Podaci o mozgu nisu obični medicinski zapisi – oni predstavljaju mapu kognitivnih procesa, osjećaja i sklonosti. Ako takvi podaci postanu predmet komercijalne uporabe, nadzora ili manipulacije, gubi se sama ideja unutarnje slobode. Kriička etika stoga zahtijeva ne samo zaštitu podataka, nego i zaštitu mentalnog prostora kao neotuđiva dijela ljudskog integriteta (Livanis i dr., 2024). Općenito, osobni medicinski podaci pacijenata moraju biti sigurno zaštićeni, a njihova osjetljiva dokumentacija treba biti prioritet u dijeljenju i pohrani istraživačkih podataka (Papakonstantinou i sur., 2022).

4.1. Definiranje etičnosti implementacije

Napredak biotehnologije i bioznanosti donosi brojne mogućnosti za unaprjeđenje kvalitete ljudskog života. Ipak, uz te potencijale pojavljuju se i novi izazovi i prijetnje s kojima se čovječanstvo dosad nije suočilo. U tom kontekstu Greguric (2012), istaknuta hrvatska bioetičarka, ističe da je prije svega potrebno utvrditi ciljeve i definirati norme kojima će uključeni u stvaranje novih tehnologija i njihovo implementiranje u ljudski organizam prihvatiti time određenu društvenu odgovornost. Drugim riječima, poziva na etičnost implementacije, čime će se odrediti distinkcija između postupaka nadomještanja i normalizacije te postupaka poboljšanja i preoblikovanja. Za razliku od terapijskih pristupa koji su usmjereni na liječenje disfunkcionalnosti, ovaj pristup poboljšanja ne tretira bolest ili oštećenje, već teži poboljšanju zdravih osoba – izvan uobičajenih mogućnosti koje postoje u prirodnom stanju (Gauttier i dr., 2024). Namjerom će se utvrditi utjecaj implementacije na zdravlje i sigurnost pojedinca, ciljeve i sredstva, granice te budući razvoj implementacije.

Naravno, bitno je postaviti centar odlučivanja o implementaciji, odnosno one koji će odlučivati o takvim pothvatima. Donošenje zakona koji bi štitili utvrđene etičke principe i ciljeve implementacije te donošenje odluka koje bi osigurale sigurnost zadržavanja prirodnosti čovjeka otklonilo bi mogućnost opasnosti drugih centara odlučivanja. Isto tako potrebno je razmotriti je li

jednako etično zamijeniti oboljele organe i psihičke funkcije čovjeka, a s druge strane je li moralno dopušteno uništavati zdrave dijelove ljudskog tkiva ili organa kako bi se izvršile i tako poboljšale tjelesne i psihičke funkcije. Također, utvrđivanje namjere korištenja i utjecaja implementacije na osobno zdravlje i sigurnost zahtijeva određivanje bioloških granica fizičke izdržljivosti pri ugradnji tehničkih implantata. Sugerira se analiziranje opasnosti primjene sveprisutne neurološke, biološke i nanotehnologije te uvid u moguće rizike. Imajući u vidu činjenicu da se ponekad dogodi i odbacivanje implantata od strane autoimunog sustava, potrebno je i ispitati opseg učinaka implantacije na funkciju cijeloga tijela (Greguric, 2012).

Nadalje, svrha je liječenja vratiti ravnotežu tijelu popravkom ili vraćanjem određene karakteristike izgubljene prilikom bolesti ili ozljede. Pitanje sredstva provedbe i implikacija na ljudsku prirodu i identitet jednako je važno etičko pitanje. Osim toga, važno je provesti ograničenja, što znači zabranu poboljšanja i primjenu umjetnih tehnika na zdrave ljude (Greguric, 2012). U pitanje dolaze i osobni podaci koji bi bili ugroženi ugradnjom senzornih i neuroprotetskih uređaja i protetika koji pohranjuju podatke o ljudskoj biologiji, ponašanju i percepciji kojima drugi mogu pristupiti i zbog toga ih se treba zaštititi.

U kontekstu razvoja biohibridne robotike, osobitu važnost ima uspostava etičkih smjernica i odgovarajućeg regulatornog okvira, što predstavlja jedno od najozbiljnijih otvorenih pitanja u suvremenom tehnološkom napretku. Ključno je poticati međudisciplinarni dijalog koji obuhvaća ne samo znanstvenike i inženjere, već i etičare, pravne stručnjake te predstavnike šire javnosti, kako bi se proaktivno razmotrile potencijalne posljedice ovih tehnologija – od ekoloških utjecaja do društvene percepcije i prihvaćanja (Mestre i dr., 2024). Samo integracijom znanja iz područja bioetike, filozofije tehnologije, pravnih znanosti i društvenih disciplina moguće je uspostaviti održive granice između legitimnog znanstvenog napretka i mogućnosti zloupotrebe (Gauttier i dr., 2024, Livanis i dr., 2024).

Dodatno, visoki troškovi povezani s istraživanjem, razvojem i primjenom ovakve tehnologije mogu predstavljati prepreku, osobito za zdravstvene ustanove i pacijente. Kako bi se pružila najbolja moguća skrb, medicinska tehnologija mora biti dostupna i cjenovno prihvatljiva, uzimajući u obzir njezin utjecaj na kvalitetu života te istodobno smanjujući ekonomsko opterećenje koje proizlazi iz bolesti i invaliditeta (Papakonstantinou i dr., 2022).

Budući razvoj implementacije označava potrebitost kontrole javnosti te definiranja pitanja distributivne pravde. Otvara se pitanje svima jednake dostupnosti – ako implantacija bude

uvjetovana financijskim statusom pojedinaca, napraviti će se jaz među mogućim pacijentima (Greguric, 2012). Takvi projekti "naturalizacije" i depolitizacije povijesno osjetljivih konvencija neizbježno mogu dovesti do razvoja nekog oblika konzervativne politike, dovodeći do privilegiranja određenih skupina nad drugima (Carrico, 2006). Zdravi pojedinac uz tehnološko poboljšanje postaje superiorniji nad onima koji su hendikepirani te to nadalje utječe na poimanje sebe samih, ali i društva koje će ih tretirati u skladu s tim (Selak, 2013).

4.2. Biokonzervativizam nasuprot transhumanizmu

Transhumani pristup u kojemu se pokušava nadići čovjekovo trenutno stanje, što se očituje u praksama kiborgizacije, nailazi na suprotstavljena razmišljanja koja se mogu svesti pod pojam biokonzervativizma (Nikodem, 2004). Nastavno tome mišljenju, Spitzer (2018) tvrdi kako čovjekove kognitivne i psihičke sposobnosti slabe uslijed sve intenzivnijeg prepuštanja tehnologiji brojnih procesa i aktivnosti koje je dosad samostalno činio, pamtio i promišljao. Francis Fukuyama strahuje od posljedičnog utjecaja promijenjene ljudske biti na poimanje i tretiranje ljudskoga dostojanstva, a samim time i utjecaja na ljudska prava. Pitanje ljudskog dostojanstva i ljudskih prava za koje Bostrom (2003) navodi kako ih transhumanisti žele proširiti i na druga bića, pa tako i posthumana, otvara zanimljive rasprave.

Selak (2013) ukazuje na staru filozofsku dilemu odnosa između slobodne volje i determiniranosti, koja se u suvremenom kontekstu seli iz odnosa Stvoritelj – stvorenje u odnos čovjeka kao tvorca i drugog stvorenog bića. Time se naglašava nova etička dimenzija tehnologija unaprjeđenja čovjeka, gdje čovjek preuzima ulogu kreatora nad drugim bićima (Selak, 2013). Stav prema tehnologiji snažno utječe na njezino prihvaćanje, pri čemu važnu ulogu ima doživljaj tehnologije ne samo kao korisnog alata, već i kao sredstva za ostvarenje ljudskih težnji za blagostanjem i ispunjenjem (Gauttier i dr., 2024). Međukulturalna studija istih autora pokazuje da protivnici tehnologija unaprjeđenja često polaze iz ideoloških ili vjerskih uvjerenja, smatrajući da te tehnologije narušavaju pojam ljudskog napretka. S druge strane, zagovornici vide integraciju tijela i tehnologije kao pozitivnu i svrhovitu (Gauttier i dr., 2024). U tom kontekstu važno je osvrnuti se na pojam morfološke slobode.

4.3. Morfološka sloboda

Za ovu je temu važno staviti naglasak na pojam morfološke slobode kao izraza „liberalnog pluralizma, sekularnog progresivnog kozmopolitizma i (post)humanističkog multikulturalizma primijenjenog na eru planetarne tehno-znanstvene promjene i na neprestanu i nadolazeću transformaciju razumijevanja medicinske prakse, od konvencionalnog pojma lijeka do samovoljnog samo-stvaranja putem genetike, protetike i kognitivne modifikacije“ (Koljenik, 2014:71). Carrico (2006) pojam morfološke slobode opisuje kao pravo pojedinaca da sami odlučuju o održavanju ili mijenjanju vlastita tijela, prema vlastitim uvjetima, uz uvjet da su odluke donesene informirano, slobodno i uz pristanak. To uključuje i pravo da odbiju ponuđene terapije ili sredstva za poboljšanje (Koljenik, 2014).

Transhumanist A. Sandberg morfološku slobodu definira kao potpuno pravo osobe nad svojim tijelom kao vlasništvom za realizaciju svih mogućih izbora. Ovo je stajalište u suprotnosti s biokonzervativnom agendom koja želi usporiti, ograničiti ili zabraniti primjenu medicinskih istraživanja i individualne terapijske prakse jer ih vide kao prijetnju utvrđenim društvenim i kulturnim normama. Wolbring (2008) također tvrdi da je Sandbergova formulacija morfološke slobode problematična, usmjeravajući se na marginalizirane skupine osoba s invaliditetom koje se ne žele „poboljšati“, već prihvaćaju svoj hendikep kao dio svog identiteta. Dakle, morfološka bi sloboda također trebala uključivati slobodu odbijanja promjene nepravilnog tijela. Kako bi morfološka sloboda postala oslobađajući koncept, a ne još jedna sila koja marginalizira one koji ne žele ili ne mogu priuštiti proširenu tehnologiju, okvir negativnih prava mora biti uklonjen (Wolbring, 2008 prema Koljenik, 2014).

5. Zaključak

S obzirom na to da suvremeno doba prati ubrzan eksponencijalni tehnološki rast koji se odražava i na tijelo čovjeka redefiniranjem i prelaženjem njegovih prirodnih granica, bivanje čovjekom u biološki zadanim tjelesnim okvirima postaje sve upitnijim. Tako čovjek postaje otvorena mogućnost bez fokusa, što redefinira čovjekov odnos prema brojnim aspektima društvenosti kao što su tijelo, prostor, identitet. Promjene prirodnog tijela odražavaju se u promjeni društvenih i kulturnih vrijednosti. S obzirom na to da je tijelo entitet u kojemu se kulturne vrijednosti i ideali manifestiraju na vidljivi način, došlo je do novih pitanja od kojih su mnoga navedena u radu vezana za nastale promjene i one koje potencijalno slijede.

Tehnološki i biomedicinski napreci otvaraju temeljna pitanja o tome tko ima autoritet određivati granice ljudskog tijela, kao i granice između prirodnog i umjetnog. Greguric (2014) ističe niz izazova koje ova pitanja nameću te poziva na uključivanje stručnjaka iz različitih disciplina – medicine, inženjerstva, filozofije, ali i šire javnosti – u promišljanje budućnosti ljudskog poboljšanja. Ključne teme uključuju sigurnost tehnoloških intervencija, etičke odluke koje bi čovječanstvo moglo donijeti u svrhu ograničavanja tjelesnih modifikacija, mogućnost nestanka prirodnog ljudskog bića te stvaranje mislećeg i organskog umjetnog čovjekolikog robota (engl. humanoid), zajedno s potencijalnim posljedicama takva razvoja. Iako trenutačne medicinske primjene predstavljaju tek ranu fazu tehnološkog usavršavanja, njihova sposobnost da nadvladaju teške bolesti i invaliditet značajno pridonosi sve bržem širenju tih tehnologija. Kako upozoravaju Gauttier i dr. (2024), istraživači još uvijek nemaju dovoljno razvijene alate za analizu i razumijevanje etičkih posljedica tehnološkog poboljšanja čovjeka. Problem nije samo u tehničkoj izvedivosti, već u ontološkim i društvenim posljedicama – što znači biti čovjek kada se granice tijela, identiteta i smrtnosti radikalno redefiniiraju?

Stoga, vrijednosti koje zastupaju transhumanisti – zagovaratelji primjene i neprestanog usavršavanja tehnoznanstvenih izuma – temelje se na racionalnosti, znanstvenom pristupu, osobnoj odgovornosti za kvalitetu života, vjeri u napredak, autonomiji, morfološkoj slobodi i mogućnosti samotransformacije. S druge strane, biokonzervativci, iako kritički pristupaju tim idejama, također polaze od sličnog vrijednosnog okvira, pri čemu posebno naglašavaju važnost promišljanja granica tehnološkog razvoja i ponovno ističu pojam morfološke slobode, no u drukčijem etičkom kontekstu. Uzevši u obzir obje struje i argumente kojima se vode te dosadašnji opimljeni napredak, čini se izuzetno potrebitim uspostaviti multidisciplinarni dogovor i norme jer je to ono što može zaštititi ljudsko dostojanstvo kao temeljni etični koncept u kojemu god pravcu krenuli. U svakom slučaju, etičke procjene moraju nadilaziti uobičajene okvire sigurnosti i privatnosti, uzimajući u obzir širi spektar kulturnih, ideoloških i egzistencijalnih pitanja povezanih s prihvaćanjem tehnologije (Gauttier i dr., 2024).

6. Popis literature

1. Blackiston, D., Lederer, E., Kriegman, S., Bongard, J., i Levin, M. (2021). Kinematic self-replication in reconfigurable organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(49), e2112672118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2112672118>
2. Carrico, D. (2006). The politics of morphological freedom. <http://technoprogressive.blogspot.com/2006/08/politics-of-morphologicalfreedom.html>
3. Cebo, D. (2023). Evolution, human enhancement technologies, and cyborgs. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/360354334>
4. Choi, P. J., Oskouian, R. J., i Tubbs, R. S. (2018). Telesurgery: Past, present, and future. *Cureus*, 10(5), e2716. <https://doi.org/10.7759/cureus.2716>
5. Gauttier, S., Arias-Oliva, M., Murata, K., & Pelegrín-Borondo, J. (2024). The ethical acceptability of the human enhancement technologies: A cross-country Q-study of the perception of insideables. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2, 100092. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100092>
6. Doudna, J. A., i Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096. <https://doi.org/10.1126/science.1258096>
7. Greguric, I. (2012). ERA kiborga – stvaranje „djelomičnih ili potpuno umjetnih živih bića“. *Antropologija*, 12(2), 31–41. <https://antropologija.com/index.php/an/article/view/237>
8. Greguric, I. (2014). Ethical issues of human enhancement technologies: Cyborg technology as the extension of human biology. *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, 12(2), 133–148. <https://doi.org/10.1108/JICES-10-2013-0040>
9. Ireni-Saban, L., i Sherman, M. (2021). Cyborg ethics and regulation: Ethical issues of human enhancement. *Science and Public Policy*, 49(1), 42–53. <https://doi.org/10.1093/scipol/scab058>
10. Jasvinder, K., i Manju, N. (2018). Cyborg classification and its application areas: A review. *International Journal of Electronics Engineering*, 10, 310–314.
11. Koljenik, D. (2014). Tehnološka utopija kao mainstream: Je li posthumanizam konačna konstrukcija čovjekove stvarnosti? (Doktorska disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet, Odsjek za informacijske znanosti).
12. Kriegman, S., Blackiston, D., Levin, M., i Bongard, J. (2020). A scalable pipeline for designing reconfigurable organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(4), 1853–1859. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910837117>
13. Livanis, E., Voultos, P., Tsaroucha, A., Vadikolias, K., & Pantazakos, P. (2024). Ethical considerations of brain-computer interfaces: A comprehensive review. *Cureus*, 16(4), e58243. <https://doi.org/10.7759/cureus.58243>
14. Mestre, R., Astobiza, A. M., Webster-Wood, V. A., Ryan, M., i Saif, M. T. A. (2024). Ethics and responsibility in biohybrid robotics research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121(31), e2310458121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2310458121>

15. Musk, E. (2019). Neuralink: An integrated brain-machine interface platform with thousands of channels. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e16194. <https://doi.org/10.2196/16194>
16. Nikodem, K. (2004). Tehno-identiteti kiborga: Rastvaranje jastva u interesu preživljavanja. *Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline*, 13(2), 175–196.
17. Papakonstantinou, E., Mitsis, T., Dragoumani, K., Bacopoulou, F., Megalooikonomou, V., Chrousos, G. P., i Vlachakis, D. (2022). The medical cyborg concept. *EMBnet Journal*. <https://doi.org/10.14806/ej.27.0.1005>
18. Pio-Lopez, L. (2021). The rise of the biocyborg: Synthetic biology, artificial chimerism and human enhancement. *New Genetics and Society*, 40(4), 599–619. <https://doi.org/10.1080/14636778.2021.2007064>
19. Ritharson, I. (2019). Smart cities in health care: Using cyborg robot. *Medium*. <https://medium.com/@isaacritharson/smart-cities-in-health-care-using-cyborg-robot-1fbgee579e0b> (20.4.2025)
20. Selak, M. (2013). *Ljudska priroda i nova epoha*. Naklada Breza.
21. The Chinese University of Hong Kong. (2024). CUHK develops novel retrievable nanorobots for targeted and enhanced thrombolysis potentially saving stroke patients from brain damage. Faculty of Medicine, CUHK. <https://www.med.cuhk.edu.hk/press-releases/cuhk-develops-novel-retrievable-nanorobots-for-targeted-and-enhanced-thrombolysis> (25.4.2025).

AT THE BORDER OF THE BIOLOGICAL AND THE ARTIFICIAL: ETHICAL CHALLENGES OF CYBORGIZATION

Abstract: *This paper engages in a critical reflection on the technologically driven transformation of the human body, with a particular focus on the ethical implications of the cyborgization process. Through a multidisciplinary approach, it explores how contemporary scientific and technological innovations—such as neurotechnology, genetic engineering, synthetic biology, and bionic prosthetics—are reshaping the understanding of human nature and the body.*

The concept of the cyborg is defined as a hybrid of biological and technological systems, with particular emphasis on the notion of the biocyborg, which blurs the boundaries between the natural and the artificial. In this context, it is essential to consider ethical issues related to the integration of technology into the human organism, including questions of autonomy, privacy, safety, equitable access, and the redefinition of identity. Special attention is given to the concept of morphological freedom—that is, the individual's right to make autonomous decisions about changes to their own body.

The paper also presents contrasting perspectives: transhumanists, who advocate for technological advancement and self-enhancement, and bioconservatives, who caution against potential threats to human dignity and social justice.

There is a clear need for the establishment of well-defined ethical standards and boundaries, as well as for public dialogue. Creating a societal discourse that includes scientists, medical professionals, philosophers, and the general public would allow for more responsible guidance of technoscientific development, with the aim of preserving human dignity and safeguarding fundamental values in an increasingly technologically transformed society.

Keywords: *cyborgization, biocyborb, bioethics, human enhancement*