

NOVÉ FORMY ŽIVOTA? FILOZOFICKÉ REFLEXIE SYNTETICKEJ BIOLÓGIE

JANA TOMAŠOVIČOVÁ, Katedra filozofie a aplikovanej filozofie, Filozofická fakulta Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Trnava, SR

TOMAŠOVIČOVÁ, J.: New Forms of Life? Philosophical Reflections on Synthetic Biology
FILOZOFIA, No 6, 2018, pp. 437 – 448

The contribution's focus is primarily on ontological and anthropological issues which appear in a new research field, namely synthetic biology. Since one of the objectives of the latter is creating new forms of life, it is the criteria for defining the ontological status of synthetically created organisms as well as for differentiating between complex living organisms and artifacts that become prominent. Attention is paid also to the question to what extent the new information unveiled by synthetic biology could bring about a change of the anthropological concept of a human being or his/her self-understanding. The interpretations of a human being are based not only on cultural-historical, but also on scientific knowledge. Therefore, it is reasonable to consider the consequences of new scientific knowledge for the anthropological concept of a human being. In conclusion the article shows the possible practical applications of synthetic biology as well as possible related threats.

Keywords: Synthetic biology – Top-down approach – Bottom-up approach – Artifact – Living organism – Functional unity – Whole – Homo creator – Homo faber genomicus

Úvod. Syntetická biológia predstavuje pomerne novú výskumnú oblasť, ktorej zámerom je vytvoriť nové formy života. Od klasickej génovej techniky, ktorá sa takisto pokúša o modifikáciu a optimalizáciu niektorých životných funkcií, sa odlišuje tým, že jej nejdelen o zmenu jednotlivých génov či kratších génových sekvencií v rámci jestvujúceho organizmu. Syntetická biológia sa pokúša vytvoriť komplexný biologický systém s novými vlastnosťami a funkciami, aký sa v prírode zatiaľ nenachádza (Billerbeck, Panke 2012, 20). Opiera sa pritom o poznatky z viacerých vedných i technologických disciplín. Úzko nadväzuje na obsiahle analytické poznanie molekulárnej a bunkovej biológie, biochémie, ako aj na rýchlo sa rozvíjajúce poznanie technologických a informačných vied. V tomto zmysle predstavuje špeciálny príklad konvergentnej vedy (*converging science*), ktorá nielenže efektívne prepája a kombinuje rôzne technologické postupy, ale aj výskumne pôsobí na rozhraní prírodnej a arteficiálnej sféry (Eichinger 2011, 77).

Ako takmer každá nová oblasť výskumu, aj syntetická biológia vyvoláva viaceré o-

tázky. V nasledujúcom príspevku najskôr naznačíme základné výskumné zámery syntetickej biológie a potom sa sústredíme najmä na ontologické a antropologické problémy, ktoré v súvislosti s novým projektom vznikajú. Z ontologického pohľadu je sporný predovšetkým ontologický status synteticky vytvorených organizmov. Možno ich na základe spôsobu zhotovenia pokladať za artefakty, alebo ich máme na základe zohľadnenia výsledných vlastností a spôsobov správania považovať za živé organizmy? Čím sa z ontologického hľadiska komplexné živé organizmy odlišujú od artefaktov? V antropologickej rovine uvažovania preskúmame otázku, do akej miery nové poznanie syntetickej biológie vplýva na zmenu antropologického obrazu človeka a na spôsob jeho porozumenia samému sebe. Keďže interpretácie človeka sa nekonštituuju len na základe kultúrno-historického, ale aj vedeckého poznania, možno oprávnene uvažovať o dôsledkoch nových vedeckých poznatkov na antropologické koncepty človeka. V záverečnej časti príspevku naznačíme možnosti praktického využitia syntetickej biológie, ako aj potenciálne riziká, ktoré sú s jej praktickou aplikáciou spojené.

Syntetická biológia. V rámci syntetickej biológie sa vyprofilovalo viacero špecifických výskumných postupov. Jedným z nich je *top-down* postup, pomocou ktorého sa vedci snažia vytvoriť minimálnu bunku, ktorá by slúžila ako základná doska, šasi (*Chassis*). K nej by sa mohli postupne pridávať ďalšie gény či génové sekvencie potrebné na plnenie špecifických funkcií bunky, napríklad na produkciu látok vhodných na výrobu liekov (Boldt, Müller, Maio 2009, 21 – 25). Takúto základnú dosku sa vedci pokúšajú vytvoriť minimalizovaním genómu existujúceho mikroorganizmu natoľko, aby disponoval len základnými, pre život nevyhnutnými vlastnosťami. To však predpokladá, že sú schopní identifikovať minimálny set génov potrebných na udržanie základných životných procesov a poznajú metódy, ako sa k nemu dostať (Billerbeck, Panke 2012, 31; Bölker 2011, 33). V rámci *top-down* postupu vedci dosiahli už viaceré úspechy. V roku 2010 sa výskumnému tímu z Inštitútu Johna Craiga Ventera podarilo chemicky syntetizovať kompletný genóm baktérie *Mycoplasma mycoides*, ktorý potom transplantovali do špeciálne pripravenej bunky baktérie *Mycoplasma capricolum*. Transplantácia syntetizovaného genómu sa podarila, vznikla syntetická bunka, ktorá bola životaschopná a ďalej sa vyvíjala ako baktéria *M. mycoides* (Gibson et al. 2010, 52 – 56). Treba však poznamenať, že syntetizovaný genóm bol zatiaľ napodobnením prirodzeného genómu baktérie, okrem drobnej zmeny v podobe vloženia vodoznaku (kódu s menami a kontaktnou adresou Venterovho tímu). Vzniknutá syntetická bunka bola dôležitým krokom pre ďalšie výskumné ciele. V roku 2016 tím J. C. Ventera ohlásil vytvorenie minimálnej bunky. Použili opäť syntetizovaný genóm baktérie *Mycoplasma mycoides*, ktorý postupným vypínaním jednotlivých génov napokon zredukovali na 473 génov nevyhnutných na prežitie baktérie (Hutchison et al. 2016, 6253 a n.). Minimálny genóm bol označený ako JCVI-syn 3.0. Bunka s minimálnym genómom predstavuje zatiaľ najjednoduchší synteticky zhotovený organizmus, ktorý je schopný samostatne sa rozmnožovať.

Ďalší postup syntetickej biológie je označovaný ako *bottom-up* postup a vedci sa pomocou neho pokúšajú vytvoriť od základu nový (*de novo*) syntetickú bunku, zloženú

z elementárnych biochemických stavebných častí. Vytvorenie takejto syntetickej protobunky (*Protocell*), ktorá by vykazovala známky života, predstavuje jednu z najnáročnejších výziev syntetickej biológie. Funkcie mnohých stavebných komponentov sú už vedcom známe, ale zatiaľ sú ešte ďaleko od zhotovenia komplexnej, od základu novej syntetickej bunky (Bölker 2011, 34). Okrem toho sa úsilie vedcov sústreďuje aj na vytvorenie nových modelov niektorých dôležitých životných funkcií (napr. látkovej výmeny), ktoré by mohli nahradiť zodpovedajúce funkcie v prirodzených bunkách. Tieto modely sú navrhované zväčša pomocou počítačovej techniky, teda *in silico*, a potom ich v laboratóriu testujú vkladáním do biologických systémov (Deplazes-Zemp 2011, 97). Pozornosť mladej generácie pritom púta aj medzinárodná súťaž iGEM, kde môžu vedci i študenti sami navrhovať a meniť niektoré vlastnosti prirodzených foriem života. Zhotovené nové genetické moduly sa ukladajú do databanky a vďaka kompatibilnému zakončeniu (*BioBricks*) umožňujú vytvárať rôznorodé experimentálne zoskupenia (Boldt, Müller, Maio 2009, 37 – 38).

Syntetická biológia pokladá takéto kreovanie za dôležitý nástroj poznania, za stratégiu, ako sa vyrovnáť s nesmiernou komplexnosťou biologických systémov. Až keď biologický systém zložený z mnohých, aj novovytvorených syntetických komponentov „beží ako stroj, môže byť každému komponentu priradená funkcia, na základe čoho sa dá oveľa lepšie pochopiť spôsob fungovania zúčastnených molekúl“ (Reth 2012, 45). Podľa biológa Michaela Retha sa syntetická biológia drží slov atómového fyzika Richarda Feynmana: „Čo neviem vytvoriť, tomu nerozumiem“ (citované podľa Reth 2012, 45). Jej úsilím je rozšíriť a prehĺbiť dosiahnuté stupne poznania v oblasti biológie a zároveň lepšie pochopiť fungovanie života.

Ontologický status synteticky vytvorených organizmov. Zámer syntetickej biológie zhotoviť arteficiálne formy života rozprúdil diskusiu o určení ich ontologického statusu. Ak syntetické biologické systémy disponujú základnými charakteristickými vlastnosťami prirodzených živých organizmov, pričom nevznikli prirodzeným vývojom, ale technickým skonštruovaním v laboratórnych podmienkach, stiera sa pôvodná diferenciacia medzi živými a neživými entitami. Prispievajú k tomu aj nejasné označenia novovzniknutých produktov syntetickej biológie ako *living machine* či *artificial cell*, ktoré evokujú chápanie živého ako artefaktu či biochemického stroja (Boldt 2012, 182). Vzniká teda legitímna otázka, či možno syntetické bunky na základe ich pôvodu a spôsobu zhotovenia pokladať za artefakty, keďže ich zhotovenie vykazuje podobné rysy ako konštrukcia artefaktov; alebo či ich možno na základe zohľadnenia ich výslednej kvality, ktorá je porovnateľná s prirodzenými bunkami, zaradiť do kategórie živých organizmov; prípadne či je potrebné uvažovať o novej ontologickej kategórii, ktorá by adekvátne zachytávala špecifický charakter syntetických buniek z rozhrania prirodzeného a umelo vytvoreného.

Interpretovať produkty syntetickej biológie ako artefakty znamená identifikovať medzi nimi spoločné rysy. V rámci ontológie sa stále pomerne živo diskutuje o ontologickom určení artefaktov, a to od konceptov, ktoré sa snažia eliminovať artefakty z ontológie až po teórie, ktoré im priznávajú ontologický status substancie. Vzhľadom na našu tému

nás bude zaujímať najmä pozitívna interpretácia artefaktov, ktorú nachádzame v práci Georga Gassera. Gasser svoju interpretáciu sformuloval práve na základe kritiky eliminujúcich koncepcií (napr. Van Inwagena či Hoffmana a Rosenkrantza), podľa ktorých artefakty nepredstavujú ontologicky nič nové, sú to len zoskupenia jednotlivín (*simples*), usporiadané určitým spôsobom. Z toho vyplýva, že ontologicky by boli relevantné len jednotlivé materiálne časti, z ktorých artefakty pozostávajú. Podľa Gassera sa však artefakty na rozdiel od jednoduchých zhlukov či agregátov jednotlivín, ktorým zväčša chýba akákoľvek forma, štruktúra či funkcia, vyznačujú špecifickou formou, špecifickým usporiadaním svojich častí, a taktiež funkciou, ktorú tieto osobité formy majú plniť. Predstavujú teda funkčnú jednotu (*funktionale Einheit*), čiže také funkčné usporiadanie jednotlivých častí, na základe ktorého dokážu plniť funkciu zadanú ich zhotoviteľom (Gasser 2008, 132 – 133). Z časového hľadiska síce jednotlivé komponenty predchádzajú artefaktom, no z ontologického hľadiska sú podľa Gassera jednotlivé časti s artefaktom rovnocenné.

Z takto nastavenej perspektívy by bolo možné na prvý pohľad vnímať aj synteticky vytvorenú bunku ako funkčnú jednotu. Špecifické usporiadanie stavebných častí jej umožňuje vykonávať určité funkcie. Jednotlivé gény sú v rámci genómu usporiadané tak, že plnia istú úlohu a vedú k osobitému spôsobu správania bunky. Zároveň pri syntetických bunkách, podobne ako pri artefaktoch, je výsledné správanie bunky vo veľkej miere v rukách zhotoviteľa, ktorého ambíciou je navrhnuť a syntetizovať bunku tak, aby zodpovedala aktuálnym požiadavkám.

V pozadí takejto interpretačnej línie stojí výkladový rámec, ktorým je tradícia redukcionizmu. Redukcionizmus vychádza z predpokladu, že komplexný systém môžeme objasniť vtedy, keď poznáme najmenšie časti, z ktorých pozostáva. Teda ak poznáme elementárne komponenty a ich funkcie, mali by sme byť schopní vysvetliť aj fenomény pozorované na vyššej úrovni organizácie (Mayr 2002, 23 – 29). Odtiaľ potom nie je ďaleko k chápaniu tejto vyššej roviny organizácie ako funkčnej jednoty zaistenej fungovaním jednotlivých častí. Redukcionizmus ako metodický nástroj sa pritom úspešne uplatnil vo viacerých oblastiach výskumu, najmä vo fyzike. Na pôde biológie je však jeho pozícia predsa len problematická, najmä ak je chápaný nielen ako metodická stratégia výskumnej práce, ale aj ako spôsob všeobecnejšieho vysvetľovania biologických fenoménov. Podľa biológov sa biologické systémy vyznačujú vysokou mierou komplexnosti, ktorá vzniká na základe mnohorakých interakcií a vzájomných pôsobení na rôznych úrovniach systému, čiže aj medzi jednotlivými stavebnými časťami organizmu, aj medzi organizmom a jeho prostredím (Billerbeck, Panke 2012, 26). Takouto komplexnosťou disponujú už najjednoduchšie organizmy, čo na jednej strane vyvoláva fascináciu, na druhej strane problematizuje úplné porozumenie. Navyše biologické komponenty ako také sú veľmi často multifunkčné, takže je príliš náročné presne popísať ich funkciu v systéme (Reth 2012, 47). Vysoká komplexnosť, multifunkčnosť a mnohorakosť interakcií komplikujú možnosť porozumieť biologickým systémom len prostredníctvom ich redukcie na najjednoduchšie časti. Tá môže poskytnúť vždy len čiastočné vysvetlenie. Preto ak pri biologických systémoch chceme zohľadniť vzájomné interakcie na rôznych úrovniach,

treba si podľa Ernsta Mayra všímať systém ako celok (Mayr 2002, 23 – 29).

Takže ak máme do činenia s biologickými systémami, nepostačí, ak ich budeme ontologicky chápať iba ako funkčné jednoty. Práve vysoká komplexnosť živých organizmov a veľmi úzke vzájomné naviazanie viacerých charakteristických vlastností organizmu, ako napríklad metabolizmu, reprodukcie, samoorganizácie či schopnosti vyvíjať sa, slúžia ako významné predpoklady na interpretáciu živého organizmu z ontologického hľadiska ako celku. V prospech takéhoto rozlíšenia medzi jednotou (*Einheit*) a celkom (*Ganzheit*), na základe ktorého možno popísať rozdiel medzi artefaktom a živým organizmom, argumentuje aj Gasser. Podľa neho na rozdiel od artefaktov, ktoré predstavujú funkčné usporiadanie jednotlivých komponentov, celky nepozostávajú v pravom zmysle slova z častí, ktoré by existovali predtým, ako celok vznikne. V prípade celku sú časti skôr len výsledkom ďalšieho vedeckého skúmania a prírodovedných procesov delenia. Časti živého organizmu teda nepredstavujú samostatné ontologické jednotky, preto možno živý organizmus interpretovať ontologicky primárne ako celok (Gasser 2008, 140 – 142). V podobnom duchu argumentuje aj Peter Sýkora, keď hovorí: „Niežeby sa [celok] nedal rozložiť na svoje časti, ale existencia častí nie je vysvetliteľná bez pochopenia a existencie celku, ktorý jeho časti tvoria“ (Sýkora 2008, 247). Práve ako celok potom organizmus slúži aj ako referenčný bod pre ďalšie výskumné aktivity. Zdá sa, že túto ontologickú interpretáciu živého organizmu ako celku možno aplikovať aj na synteticky vytvorené organizmy. Ak syntetické organizmy napriek počiatočným, technicky upraveným podmienkam ďalej vykazujú základné životné procesy podobné procesom prirodzených organizmov, tak z ontologického hľadiska nie je medzi nimi rozdiel, hoci by sme istý rozdiel mohli pozorovať napríklad v rovine ontogenézy či fyziológie (Gasser 2008, 144). Takýto ontologický postoj zároveň dovoľuje vyhnúť sa novej ontologickej schizme, ktorá by podľa Boldta, Müllera a Maia mohla vzniknúť, keby sme arteficiálnym bunkám pripísali iný ontologický status ako prirodzeným bunkám, lebo v tom prípade by sa v podstate diferencovalo „medzi dvoma fenomenálno-kvalitatívne rovnakými bunkami“ (Boldt, Müller, Maio 2009, 61). A keďže z fenomenálneho pohľadu ide aj pri arteficiálnych bunkách naďalej o živé bunky, potom ani pokusy zaviesť pre ne nové pomenovanie, ako to robí Nicole Karafyllis, ktorá arteficiálne bunky označuje za biofakty, nemení žiadnym zásadným spôsobom uvedenú ontologickú interpretáciu. Skôr len upresňuje terminológiu (Karafyllis 2003, 11 – 26). Napokon táto ontologická interpretácia korešponduje aj s doteraz dosiahnutým výsledkom výskumu. Podľa neho syntetizovaný genóm bol zatiaľ vytvorený na základe vzoru prirodzeného genómu baktérie, ktorý vznikol v priebehu evolúcie. To znamená, že základné životné procesy syntetickej bunky tu zodpovedajú základným procesom živého organizmu.

Otázka určenia ontologického statusu synteticky vytvorených organizmov je v našom sociálnom a kultúrnom kontexte dôležitá aj z hľadiska možných etických konzekvencií. Živým organizmom od istého vývojového stupňa pripisujeme hodnotu, ktorá ovplyvňuje naše ďalšie zaobchádzanie s nimi. Preto určenie ontologického statusu organizmov, ktorých pôvod je síce poznačený technickým konštruovaním, ale ktorých následné životné procesy sú podobné procesom prebiehajúcim v prirodzených organiz-

moch, bude rozhodovať aj o tom, či sa budú musieť posúvať naše doterajšie etické a hodnotové schémy vo vzťahu k prírode. V prípade vyššie uvedenej ontologickej interpretácie by takéto posuny hraníc pre etické posudzovanie neboli nutné.

Antropologické koncepty. Okrem ontologických otázok syntetická biológia otvára priestor aj pre antropologické reflexie. Ak je človek schopný geneticky upravovať existujúce formy života a pokúša sa vytvárať základy aj pre nové formy, vzniká otázka, či sa tým mení doterajší obraz človeka a spôsob jeho porozumenia samému sebe. Človek je sebainterpretujúca bytosť, pričom jeho sebainterpretácia sa konštituuje na základe kultúrno-historických i vedeckých predpokladov, na základe relatívne stabilných a aktuálne sa meniacich podôb poznania. Zároveň však aktuálny spôsob ľudského sebaepochopenia často býva významným impulzom pre ďalší rozvoj poznania. Preto je z antropologického hľadiska opodstatnené skúmať, aký obraz človeka spoluurčoval vývoj moderného biovedeckého poznania, a taktiež či sa tento obraz človeka mení pod vplyvom aktuálneho výskumu syntetickej biológie.

Počnúc novovekom primát nad ostatnými ľudskými dispozíciami získala schopnosť človeka tvoriť, vyrábať, zhotovovať a produkovať, na základe ktorej sa vyprofiloval antropologický obraz známy ako *homo faber* (Arendt 2002, 377). Tvorivá a činná stránka človeka, ktorá sa prejavuje najmä v zhotovovaní nástrojov, zatlačila do úzadia tendencie napodobňovania prírody, ktoré dominovali ešte v antickom a stredovekom prístupe k svetu. Novoveký človek pomocou zhotovených nástrojov dokázal rozšíriť oblasť poznania a disponovateľnosti prírody natoľko, že sa dala efektívne využívať a manipulovať v oveľa väčšej miere ako v skorších obdobiach. Takto sa novým interpretačným kľúčom pre sebaepochopenie človeka stala jeho silnejúca technická racionalita, ktorá podstatným spôsobom začala formovať aj vedecké myslenie a stála za mnohými rozvíjajúcimi sa vedecko-technickými projektmi (Müller 2009, 490). Súčasné konvergentné technológie v podobe syntetickej biológie však svojím zámerom syntetizovať nové formy života, aké sa v prírode zatiaľ nenachádzajú, prekonávajú doterajšie prístupy k prírode. Silnie ich ambícia nielen optimalizovať a korigovať evolučný proces, ale ho aj racionálne riadiť. Preto viacerí autori, medzi nimi najmä Oliver Müller a Christoph Rehmann-Sutter, uvažujú o dôsledkoch tohto nového biovedeckého poznania na antropologický obraz človeka a na podobu jeho sebainterpretácie. Tak ako bol istý spôsob ľudského sebaepochopenia predpokladom rozvoja modernej vedy, tak aj moderná veda v podobe syntetickej biológie môže podstatne ovplyvniť sebaepochopenie človeka.

Argumentácie Müllera a Rehmann-Suttera o zmene obrazu človeka pod vplyvom výskumných zámerov syntetickej biológie sa pritom líšia. Podľa Müllera motorom tvorivosti a originality človeka vnímaného ako *homo faber* a jeho hlavným podnetom k zhotovovaniu bola rozdielnosť ducha a prírody (Müller 2012, 226). Syntetická biológia, ktorá kreatívne pôsobí priamo v oblasti prírodných procesov, však tieto hranice ruší. To znamená, že zatiaľ čo tradičné biotechnológie sú ešte zviazané modelom zhotovovania, keď pri génových manipuláciách pôsobia na vopred jestvujúcu prírodu, syntetická biológia predstavuje odlišný prípad. Kladie si náročnejšie úlohy s cieľom vytvoriť počiatky úplne nových bio-

logických foriem. Preto podľa Müllera už pre túto rovinu model zhotovovania nie je adekvátny. Kým zhotovovanie slúžilo ako prostriedok na plnenie istého účelu v zmysle zhotovenia technických nástrojov na efektívne využitie prírody (Arendt 2002, 183), zdá sa, že kreativita syntetických stratégií sa stáva samoúčelná v zmysle vytvorenia samostatne fungujúcich syntetických systémov. Navrhuje preto diferencovať medzi modelmi zhotovovania na jednej strane a kreovania, tvorenia na druhej strane, čo súčasne znamená, že s týmto diferencovaním súvisí aj postupná zmena ľudského seba porozumenia. Namiesto obrazu *homo faber*, ktorého zrod bol spojený so zhotovovaním, vzniká nová antropologická figúra *homo creator*, ktorej zrod je spojený s *creatio a novo* (Müller 2012, 226).

Takto predložená téza prirodzene vyvoláva polemiku. Tú možno rozvinúť aj v rovine prehodnotenia antropocentrickej pozície, ktorá sa posilnením kompetencií človeka vo vzťahu k prírode ešte väčšmi upevnila, no aj v rovine podrobnejšieho preskúmania relevantnosti výsledkov syntetickej biológie pre antropologický obraz človeka. Christoph Rehmann-Sutter predkladá takúto analýzu relevantnosti, pričom namiesto modelu *homo creator* pracuje zámerne s figúrou *homo faber genomicus*, aby na jednej strane podržal kontinuitu s novovekým projektom a na druhej strane sa vyhol teologicky motivovaným námietkam (*Playing God*), ktoré nezasahujú jadro problému (Rehmann-Sutter 2015, 30 – 31). Keďže filozofická antropológia neskúma človeka len v zmysle jeho špecifickej diferenciencie k ostatným živým organizmom, ale aj v zmysle jeho bytnosti (esencia), kľúčovou sa stáva otázka, či môžeme schopnosť človeka synteticky vytvárať genóm pokladať za novú bytnosť človeka, ktorá potom ovplyvní aj jeho seba porozumenie. Rehmann-Sutter opiera svoju argumentáciu o diferenciu medzi vymedzujúcou definíciou (*Abgrenzungsdefinition*) človeka na jednej strane a jeho bytnosťou na druhej strane, teda o diferenciu medzi *quidditas* a *essentia* (Rehmann-Sutter 2015, 35). Podľa neho nie je zatiaľ dostatočne zdôvodnené, že vymedzujúca definícia človeka k ríši zvierat by musela splyvať s tým, čo pokladáme za bytnosť človeka. Zatiaľ čo pre definíciu človeka je vymedzujúci proces voči iným živočíšnym druhom potrebný, pri bytnosti nie je nevyhnutný. Preto podľa neho nestačí na zdôvodnenie tézy *homo faber genomicus* ukázať, že žiadne iné zviera nie je schopné synteticky vytvárať genóm a rozvrhovať nové formy života. Táto zvláštnosť, špecifickosť a výnimočnosť človeka sa síce podpisuje pod *quidditas*, ale to ešte nie je dostatočný dôvod na stotožnenie tohto exkluzívneho atribútu aj s *essentia*. „Považujem túto cestu seba výkladu ľudského bytia cez *quidditas* za nedostatočnú, pretože nás nabáda k tomu, aby sme sa identifikovali s tými časťami nás samých, ktoré nás z ostatnej prírody vyzdvihujú (napr. osobitne kvalifikované formy seba vedomia; tu biotechnologická schopnosť), zatiaľ čo tie časti, ktoré máme s ostatnými živými organizmami spoločné (napr. pociťovanie, vedomie, odkázanosť na vzťahy), definujeme ako vedľajšie“ (Rehmann-Sutter 2015, 35 – 36). Rehmann-Sutter preto nevidí žiadny relevantný dôvod na zmenu seba výkladu človeka v dôsledku výskumu syntetickej biológie. Napokon, schopnosť synteticky vytvárať genóm je prístupná iba úzkemu okruhu špecialistov, pričom väčšine ľudí zostáva nedostupná, čo taktiež podkopáva tézu o jej vplyve na zmenu obrazu človeka.

Na jednej strane možno teda výskumný program syntetickej biológie vnímať ako pokračovanie, predĺženie, či dokonca vyústenie technickej racionality, charakteristickej

už pre model *homo faber*, ktorý prostredníctvom súčasných výskumných projektov získava výraznejšiu podobu. Podľa tejto interpretačnej línie nejde o formovanie nového obrazu človeka, ale iba o logické vyústenie novovekého antropologického modelu. Na druhej strane názorového spektra sa kladie dôraz najmä na diferenciu medzi doterajšími metodologickými postupmi klasických biotechnológií, ktoré pôsobili na vopred dané formy života, a technologické stratégie syntetickej biológie, ktorá začína kreovať nové syntetické biologické systémy. Podľa tohto interpretačného prúdu sa rozširuje nielen rámec aktívneho pôsobenia človeka v prírode, ale spolu s ním aj rámec jeho seba porozumenia. Už nejde len o substitúciu biologickej nedostatočnosti človeka zhotovovaním technických nástrojov slúžiacich na efektívne zužitkovanie prírody, ale o schopnosť tvoriť a racionálne rozvrhovať od základu nové (*de novo*) formy prírody. Práve aspekt úplnej novosti vo sfére prírody je podľa druhej interpretačnej línie podnetom na rozšírenie či zmenu antropologického obrazu.

Skutočnosť, že syntetická biológia sa v súčasnosti nachádza prevažne v štádiu experimentálneho výskumu a dosiahnuté výsledky možno len v ohraničenom zmysle označiť za nové formy života (Bölker 2011, 32), vypovedá skôr v prospech prvej interpretačnej línie. Ak však z pohľadu širšej perspektívy zohľadníme aj antropologické úvahy o rozširovaní kompetencií človeka vo sfére ľudského života, ktoré súvisia s ďalšími oblasťami aktuálneho biovedeckého výskumu, akým je napríklad transhumanistické vylepšovanie človeka (Odorčák 2015), tak v rámci filozofickej antropológie nemožno moderný biovýskum prehliadať. Nemusíme pritom obhajovať tézu mocného antropologického obrazu *homo creator*, ale zrejme sa nemožno jednoducho stotožniť ani s tvrdením, že nový biovýskum je antropologicky irelevantný. Práve naopak, zvýšenú pozornosť si vyžadujú práve obdobia, keď opúšťame staré poriadky a nové ešte nemáme, obdobia, keď sa nám doteraz jasné rozhrania strácajú a kontúry nových ešte dostatočne zreteľne nevidíme.

Potenciál syntetickej biológie a možnosti zneužitia. V rámci filozofických reflexií syntetickej biológie nemožno obísť ani etické aspekty, o ktorých sa dnes uvažuje vo viacerých rovinách – v rovine posúdenia inštrumentalizácie života, v rovine pripísania zodpovednosti za následky syntetického konštruovania aj v rovine vecného pomenovania rizík či možného zneužitia nových techník a produktov syntetickej biológie. V tejto záverečnej časti príspevku najskôr naznačíme oblasti plánovaného využitia syntetickej biológie a potom poukážeme na niektoré riziká, ktoré sú s praktickou aplikáciou spojené.

Jednou z kľúčových oblastí potenciálneho využitia syntetickej biológie je hľadanie alternatívnych zdrojov energie. Za pomoci syntetickej biológie sa vedcom podarilo napríklad optimalizovať látkovú výmenu v riasach, na základe ktorej sa zvýšila ich produkcia tukov, ktoré sú potrebné na získanie energie. Výskum v tejto oblasti naďalej pokračuje, pretože biopalivá vyprodukované riasami (tzv. biopalivá 3. generácie) sa považujú za sľubnú alternatívu nielen k fosílnym palivám, ale aj k ostatným druhom biopalív.¹ Postu-

¹ Dostupné na: https://naturwissenschaften.ch/topics/synbio/applications/fuel_from_seaweed (15. 3. 2018).

py syntetickej biológie vedci plánujú využiť aj na vytvorenie mikroorganizmov schopných detoxikovať znečistené životné prostredie, alebo na vytvorenie biosenzorov, pomocou ktorých by bolo možné vypátrať prítomnosť škodlivých látok v prostredí. Výskumný tím profesora van der Meera na švajčiarskej univerzite v Lausanne vytvoril napríklad baktérie schopné rozpoznať arzén v pitnej vode. Tieto baktérie pri kontakte s arzénom začínajú svietiť, čím vysielajú varovný signál oznamujúci chemické znečistenie.² O potenciáli syntetickej biológie sa uvažuje aj v medicíne pri výrobe liekov, očkovacích látok a pri gémovej terapii. Jedným z prvých príkladov praktického nasadenia syntetickej biológie v biomedicínskej oblasti je výroba artemisinínu, účinnej látky proti malárii, ktorú dnes vedia produkovať synteticky upravené kvasinky. Získavanie tejto látky z rastlín bolo dosiaľ pre nízku koncentráciu účinnej látky veľmi náročné (Bölker 2011, 40).

Vízií praktického využitia „buniek strihaných na mieru“ je v súčasnosti pomerne veľa. Samozrejme, popritom sa veľmi pozorne sledujú a vyhodnocujú aj možné riziká a negatívne dôsledky aplikovania syntetickej biológie. V odbornom i verejnom diskurze sa uvažuje najmä o rizikách súvisiacich s biologickou ochranou a biologickou bezpečnosťou (*biosafety and biosecurity*; Kaebnick 2012, 52 – 54). Z pohľadu biologickej ochrany riziko predstavujú neočakávané vedľajšie účinky produktov syntetickej biológie, ale aj možnosti nekontrolovateľného rozšírenia syntetických organizmov v prírodnom prostredí. Tieto riziká sa týkajú človeka a jeho zdravia, ako aj prírody a prírodného prostredia. Pri synteticky vytvorených organizmoch zatiaľ nevieme dostatočne predvídať ich interakciu s prírodným prostredím, keďže výskum sa realizuje v presne definovaných laboratórnych podmienkach. Preto sa ako problematické môže napokon ukázať aj ich nasadenie proti škodlivým látkam vo voľnej prírode. Keby sa začali nekontrolovateľne šíriť, mohli by narušiť prirodzenú biologickú rovnováhu ekosystému.

Z pohľadu biologickej bezpečnosti predstavuje riziko najmä zámerné zneužitie nových technológií. V tejto súvislosti sa diskutuje hlavne o biologickom terorizme a o probléme dvojakeho použitia. Ide o obavy, že moderné technológie vrátane techník syntetickej biológie bude možné použiť nielen na hodnotné či terapeutické ciele, ale ich aj zneužiť, napríklad na vytvorenie vysoko patogénnych mikroorganizmov nebezpečných pre človeka. Preto na medzinárodnej úrovni aj na národných úrovniach vznikajú viaceré nariadenia a regulácie, ktoré sa usilujú zabrániť zámernému zneužitiu technológií (napr. *Biological and Toxin Weapons Convention*, *EG-Dual-Use-Verordnung* 1334/2000 a i.). Účinné kontrolné mechanizmy sú dôležité aj z toho dôvodu, že podrobné biologické informácie sú dnes pomerne ľahko dostupné v databankách či vo vedeckých publikáciách.

Záver. Syntetická biológia ako nová oblasť výskumu prepája poznanie a technológie viacerých vedných a informačných disciplín. Ako nový výskumný program na jednej strane prirodzene rozširuje spektrum poznania a možnosti jeho aplikácie, na druhej strane vyvoláva viaceré legitímne otázky. V príspevku sme sledovali najmä ontologický

² Dostupné na: https://naturwissenschaften.ch/topics/synbio/applications/bio_sensors_bioremediation (15. 3. 2018).

a antropologický okruh otázok spojených s výskumom syntetickej biológie. Za pomoci G. Gassera sme sa pokúsili ukázať, že napriek zvýšenej problematickosti nemožno synteticky vytvorený organizmus pokladať za artefakt. Ak napriek svojmu syntetickému pôvodu neskôr vykazuje základné životné procesy podobné procesom prirodzeného živého organizmu, možno ho z ontologického hľadiska interpretovať ako celok, podobne ako interpretujeme prirodzený živý organizmus. Takáto interpretácia zároveň umožňuje vyhnúť sa novej ontologickej schizme, ktorá by vznikla vtedy, keby sme diferencovali medzi bunkami, ktoré z fenomenálneho pohľadu disponujú kvalitatívne rovnakými vlastnosťami. V rámci antropologickej roviny uvažovania možno v súvislosti s novým výskumom syntetickej biológie identifikovať dva interpretačné prúdy reflektujúce vplyv nového poznania na antropologický obraz človeka. Zatiaľ čo podľa jednej pozície nový biovýskum predstavuje iba predĺženie už etablovanej technickej racionality, a teda nie je žiadnym relevantným dôvodom na zmenu sebvýkladu človeka, podľa druhého prístupu rozširuje rámec ľudských kompetencií natoľko, že sa podieľa aj na formovaní nového obrazu človeka. Jeho rozlišovacím kritériom je vytváranie od základu nových foriem života. Hoci aktuálny stav výskumu syntetickej biológie vypovedá skôr v prospech prvej tézy, nazdávame sa, že na základe zohľadnenia aj iných oblastí biovedeckého výskumu nemožno vplyv takto získaného poznania na filozofickú antropológiu prehliadať. A to napriek tomu, že kontúry nových identifikačných rámcov sa ešte len črtajú. V každom prípade metódy konštrukcie nových biologických systémov vyvolávajú už teraz veľké očakávania, pretože sú príslubom, že z pohľadu biológie bude možné zodpovedať aj základné otázky fungovania života. Rovnako pozorne však treba vnímať aj ich potenciálne riziká či možnosti zneužitia.

Literatúra

- ACHATZ, J. (2013): *Synthetische Biologie und „natürliche“ Moral. Ein Beschreibungs- und Bewertungszugang zu den Erzeugnissen Synthetischer Biologie*. Freiburg; München: Karl Alber Verlag.
- ARENDET, H. (2002): *Vita activa oder Vom tätigen Leben*. München; Zürich: Piper Verlag.
- BILLERBECK, S., PANKE, S. (2012): Synthetische Biologie – Biotechnologie als eine Ingenieurwissenschaft. In: Boldt, J. – Müller, O. – Maio, G. (eds.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn: Mentis Verlag, 19 – 40.
- BOLDT, J. (2012): „Leben“ in der Synthetischen Biologie: Zwischen gesetzesförmiger Erklärung und hermeneutischem Verstehen. In: Boldt, J. – Müller, O. – Maio, G. (eds.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn: Mentis Verlag, 177 – 191.
- BOLDT, J. (2011): Natur 2.0? Zur Diskussion um die ethischen Aspekte der synthetischen Biologie. In: Dabrock, P. – Böcker, M. – Braun, M. – Ried, J. (eds.): *Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie*. Freiburg im Breisgau: Karl Alber Verlag, 309 – 326.
- BOLDT, J., MÜLLER, O., MAIO, G. (2009): *Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse*. Bern: Bundesamt für Bauten und Logistik.

- BÖLKER, M. (2011): Revolution der Biologie? Ein Überblick über die Voraussetzungen, Ansätze und Ziele der Synthetischen Biologie. In: Dabrock, P. – Bölker, M. – Braun, M. – Ried, J. (eds.): *Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie*. Freiburg im Breisgau: Karl Alber Verlag, 27 – 41.
- DEPLAZES-ZEMP, A. (2011): Leben als Werkzeugkasten. Die Auffassung von Leben in der Synthetischen Biologie. In: Dabrock, P. – Bölker, M. – Braun, M. – Ried, J. (eds.): *Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie*. Freiburg im Breisgau: Karl Alber Verlag, 95 – 115.
- EICHINGER, T. (2011): Biodesign. Zu möglichen Abgrenzungskriterien der synthetischen Biologie von klassischer Gentechnik. In: Dabrock, P. – Bölker, M. – Braun, M. – Ried, J. (eds.): *Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie*. Freiburg im Breisgau: Karl Alber Verlag, 75 – 92.
- GASSER, G. (2008): Lebewesen und Artefakte. Ontologische Unterscheidungen. *Philosophisches Jahrbuch*, 115 (1), 125 – 147.
- GIBSON, D. G. et al. (2010): Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome. *Science*, 329 (5987), 52 – 56.
- HUTCHISON, C. A. et al. (2016): Design and synthesis of a minimal bacterial genome. *Science*, 351 (6280), aad 6253.
- KAEBNICK, G. E. (2012): Ethische Fragen zur Synthetischen Biologie. In: Boldt, J. – Müller, O. – Maio, G. (eds.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn: Mentis Verlag, 51 – 64.
- KARAFYLLIS, N. C. (2003): Das Wesen der Biofakte. In: Karafyllis, N. C. (ed.): *Biofakte. Versuch über den Menschen zwischen Artefakt und Lebewesen*. Paderborn: Mentis Verlag, 11 – 26.
- MAYR, E. (2002): Die Autonomie der Biologie. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 55 (1), 23 – 29.
- MÜLLER, O. (2008): Der Mensch und seine Stellung zu seiner eigenen Natur. Zum Status anthropologischer Argumente in der bioethischen Debatte. In: Maio, G. – Clausen, J. – Müller, O. (eds.): *Mensch ohne Maß? Reichweite und Grenzen anthropologischer Argumente in der biomedizinischen Ethik*. Freiburg; München: Karl Alber Verlag, 15 – 57.
- MÜLLER, O. (2009): Neurotechnologie und Menschenbild. Anmerkungen zu den anthropologischen Reflexionsfiguren Homo faber und Cyborg. In: Müller, O. – Clausen, J. – Maio, G. (eds.): *Das technisierte Gehirn. Neurotechnologien als Herausforderung für Ethik und Anthropologie*. Paderborn: Mentis Verlag, 479 – 501.
- MÜLLER, O. (2012): Vom Homo faber zum Homo creator? Synthetische Biologie und menschliches Selbstverständnis. In: Boldt, J. – Müller, O. – Maio, G. (eds.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn: Mentis Verlag, 217 – 230.
- ODORČÁK, J. (2015): Kopírovanie zabíja identitu osoby. *Filozofia*, 70 (5), 367 – 377.
- REHMANN-SUTTER, C. (2015): „Remaking ourselves and our world“ – Verändert die Synthetische Biologie die Rolle des Menschen? In: Baedke, J. – Brandt, Ch. – Lessing, H.-U. (eds.): *Anthropologie 2.0? Neuere Ansätze einer philosophischen Anthropologie im Zeitalter der Biowissenschaften*. Berlin: LIT Verlag, 25 – 44.
- RETH, M. (2012): Magie und Tragik der Synthetischen Biologie. In: Boldt, J. – Müller, O. – Maio, G. (eds.): *Leben schaffen? Philosophische und ethische Reflexionen zur Synthetischen Biologie*. Paderborn: Mentis Verlag, 41 – 48.
- SÝKORA, P. (2008): *Ontológia šera*. Trnava: Schola Philosophica.
- VENTER, J. C. et al. (1995) The minimal gene complement of *Mycoplasma genitalium*, *Science* 270 (5235): 397 – 403.

Internetové zdroje

Max-Planck-Gesellschaft – MaxSynBio Projekt. Dostupné na:
<https://www.maxsynbio.mpg.de/13480/maxsynbio> (15. 3. 2018).

Naturwissenschaften Schweiz – Synthetische Biologie. Dostupné na:
<https://naturwissenschaften.ch/topics/synbio/research> (15. 3. 2018).

Príspevok vznikol na Katedre filozofie a aplikovanej filozofie FF UCM v Trnave ako súčasť riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0563/18 *Filozofická analýza stierania hraníc v modernom biodiskurze*.

Jana Tomašovičová
Katedra filozofie a aplikovanej filozofie
FF UCM v Trnave
Námestie J. Herdu 2
917 01 Trnava
Slovenská republika
e-mail: jana.tomasovicova72@gmail.com