

## CO JE TO ŽIVOT PODLE MARKA A. BEDAU

MARTIN JABŮREK

Katedra filozofie FF UP, Česká republika, martin.jaburek@upol.cz

PŮVODNÍ VĚDECKÁ PRÁCE ▪ OBDRŽENO: 2. 11. 2017 ▪ PŘIJATO: 28. 11. 2017

---

**Abstrakt:** Příspěvek se zabývá možností filozofické definice života a kritickým rozbořem definice navržené Markem A. Bedauem. Podle Bedaua je vytvoření definice života nejen možné, ale i užitečné z hlediska mnoha vědních oborů. Bedau odmítá pokusy definovat život za pomoci výčtu charakteristických vlastností. Navrhuje model minimálního chemického života, který nazývá Program-Metabolism-Container model (PMC model). Ten je charakterizován jako systém tří vzájemně se podporujících prvků: 1. programu v podobě dědičné informace, 2. látkové výměny, 3. obalu, zajišťujícího izolaci systému od vnějšího prostředí a zároveň identitu jednotlivého organismu. Pomocí PMC modelu minimálního chemického života lze úspěšně vyřešit otázky spjaté s charakterem a počátkem života, při jejichž řešení selhávají pokusy vycházející z jiných definic.

**Klíčová slova:** filozofie biologie, definice života, počátek života, PMC model, Mark A. Bedau

**Abstract:** This article deals with the possibility of a philosophical definition of life and provides a critical analysis of Mark A. Bedau's definition. According to Bedau, it is possible to formulate a definition of life and it is also useful for many scientific disciplines. Bedau rejects attempts to define life using a list of characteristics. He proposes a model of minimal chemical life called Program-Metabolism-Container Model (PMC model). It is characterized as a system of mutually reinforcing elements: 1. a program in the form of hereditary information, 2. the existence of metabolism, 3. a container ensuring the insulation of the system from the external environment and the identity of the individual organism. PMC model of a minimal chemical life helps to solve issues related to the nature and origin of life. Other approaches have failed in attempts to solve these problems.

**Keywords:** philosophy of biology, definition of life, origin of life, PMC Model, Mark A. Bedau

---

Jednou z tradičních filozofických otázek je otázka definice života. Zároveň se jedná o téma, které se výrazně prosazuje i v současném filozofickém myšlení. Pokus o nalezení definice života je výzvou pro řadu moderních filozofů biologie a nejen pro ně. „Povrch země se hemží životem a obvykle jej můžeme snadno identifikovat. Kočka, mrkev, bakterie jsou živé. Most, mýdlová bublina, zrnko písku nikoli. Přesto je obecně známou skutečností, že biologové neznají přesnou definici toho, co je to život.“ Napsal ve svém článku *Co je to život?* Mark A. Bedau (Bedau 2008, 455).

Mnozí současní filozofové jsou skeptičtí vůči snaze hledat univerzální definici něčeho tak proměnlivého a neuchopitelného, jako je život. Tak jako je skeptický Edouard Machery, který ve svém příznačně pojmenovaném článku *Proč jsem se přestal trápit definicí života... a proč vy byste také měli* tvrdí, že existuje empirická evidence pro to, že život definovat nelze a používáme-li nějakou definici života, tak pouze definici vycházející z „laického či intuitivního pojetí“ (Machery 2012). Podobnou formu skepticismu vůči možnosti definovat život zastává i Evelyn Fox Kellerová. Vzdává se nároku na nalezení definice života, která by byla platná pro všechny typy života v celém univerzu. O všech nám známých organismech běžně říkáme, že jsou živé. Přesto Kellerová tvrdí, že pojmem života přednostně rozumíme lidský život (Keller 2003, 293–294).

Vedle skeptické rezignace na jednoznačnou definici života lze doložit, že filozofické tázání po podstatě života je nejen možné, ale i účelné. Důsledky konkrétních, funkčních definic života se projevují v celé řadě disciplín od medicíny po astronomii. Porozumění pojmu života potřebujeme rovněž k zodpovězení celé řady velkých otázek: Kdy přesně život začíná a kdy končí? Co vlastně znamená smrt? Které entity mohou zemřít, nebo dokonce být zabity? Jaký je rozdíl mezi živou a mrtvou matérií? Případně jakou hodnotu reprezentuje život? Jsou všechny formy života stejně hodnotné? Okruh těchto otázek považuje za základní východisko hledání definice života jeden z významných současných hledačů této definice americký, filozof Mark A. Bedau.

Mark A. Bedau působí na Reed College v Portlandu v Oregonu a je spoluzakladatelem European Center for Living Technology, zároveň působí jako editor časopisu *Artificial Life Journal*. Svými četnými publikacemi se významně zasloužil o prohloubení zájmu o filozofické otázky spjaté s problémem života. Bedau konstatuje, že i když otázka povahy života patří k tradičním filozofickým tématům, během dvacátého století byla tato oblast většinou filozofů ignorována. Za pozoruhodnou výjimku přitom označuje knihu *Fenomén života* kontinentálního filozofa Hanse Jonase (Jonas 2000). Bedau vyslovuje naději, že situace se v posledních letech zásadním způsobem mění (Bedau 2012, 1–3).

Při hledání definice života se podle Bedaua nemůžeme zaměřit pouze na význam slova „život“ (Bedau 2014, 13). Slovu život každý rozumí a kdo ne, ten se může podívat do slovníku. Filozofii a vědu má zajímat na životě to, co ve slovníku není. Je potřeba najít skutečnou podstatu života a nespokojit se nějakým dílčím pojetím života. Pojem podstata života, který jsme použili stejně jako výraz esence, který se v češtině také používá, by se mohl jevit jako problematický, protože odkazuje ke konkrétnímu, historicky podmíněnému způsobu filozofického tázání. Vyhlášení programu hledání podstaty života by mohlo působit značně metafyzicky. Bedau však nehovoří o podstatě. Slovo podstata používáme pouze v češtině z nedostatku vhodnějšího pojmu. Bedau používá výraz „true nature of life“ (Bedau 2014, 13).

Podle Bedaua se při hledání odpovědi na otázku, co je život, nemůžeme spoléhat na své intuice o tom, co je živé. Naopak odpověď na otázku po povaze života nás může přivést k zásadní rekonceptualizaci a rekatégorizaci života, a tedy i ke změně našich intuic o povaze života. Intuice sice mají jistou váhu, ale právě podstatě života nemusejí plně odpovídat.

Téma podstaty života je notoricky kontroverzní. Při pokusu odpovědět na otázku, co je život, jsou uplatňovány různé strategie, které si mohou ve výsledku značně protřečít. Podívejme se spolu s Bedauem na přehled nejobvyklejších strategií, přičemž se zaměříme na jejich silné i slabé stránky.

Nejjednodušším způsobem, jak definovat život, je zaměřit se na některou z klíčových vlastností života. Nejčastěji se jedná o jednu z následujících tří vlastností. První z nich je schopnost reprodukce. Spontánní rozmnožování populace je jedním z významných znaků života, samo o sobě však k definování života použito být nemůže, neboť jako protipříklad můžeme uvést řadu (zcela jistě) živých organismů, které jsou sterilní. Ať už se jedná o neplodné křížence, nebo některé jedince společensky žijícího hmyzu. Reprodukovat se mohou naopak i některé neživé věci jako některé druhy robotů.

Druhá z klíčových vlastností života, která bývá zaměňována s podstatou života, je skutečnost, že všechny živé organismy podléhají darwinistické evoluci. Na úrovni druhů či populací by snad taková vlastnost mohla být považována za vlastnost určující, nicméně jednotlivé organismy jsou nepochybně živé a přesto u nich vývoj indikovat nemůžeme. Život je však zcela určitě produktem evoluce. Nejjednodušší živé organismy se vyvinuly z organických sloučenin, které sice nemůžeme označit za živé, můžeme o nich však uvažovat jako o entitách schopných vyvíjet se (Cairns-Smith 2000, 3–4).

Třetí vlastností, která bývá často používána k definování života, je schopnost látkové přeměny čili metabolismu. Se schopností metabolizovat je spjata schopnost živých entit udržovat stabilitu vlastního chemického systému, jakási schopnost sebeúdržby projevující se přijímáním potravy, pitím a dýcháním. Tento přístup zastával i Erwin Schrödinger ve svém slavném článku *Co je život?* (Schrödinger 2004, 108). Podle Schrödingera se živý organismus díky schopnosti metabolizovat dokáže vymanit z moci entropie. Použití metabolismu jako určující vlastnosti pro označení některých entit za živé má tu výhodu, že vylučuje ze sféry živých entit krystaly, které se podle některých definic chovají jako živé. I proti metabolismu jako slibné klíčové vlastnosti života lze však vznést zásadní námitku. V mnohých neživých věcech totiž probíhají procesy, které mohou metabolismus přinejmenším připomínat. Příkladem takových zdánlivě metabolizujících neživých entit mohou být některé fyzikální jevy jako plamen svíce, vodní vír či konvekční buňka.

Selhávají-li pokusy definovat život pomocí jedné klíčové vlastnosti, vede to některé myslitele k náhledu, že je třeba kombinovat více podstatných vlastností, a vytvářejí celé seznamy vlastností. Například NASA pro své potřeby definuje život jako sebe sama udržující chemický systém podléhající darwinistické evoluci (Cleland–Chyba 2002). NASA používá kombinaci dvou klíčových vlastností. Existují ale i seznamy delší. Podle francouzského biochemika, nositele Nobelovy ceny, Jacquese Monoda jsou klíčové vlastnosti života hned tři: účelné chování, autonomní morfogeneze a reprodukivní invariance (Monod 1972, 13). Jiní autoři budou hovořit o čtyřech, pěti a více klíčových vlastnostech. Zpravidla se bude jednat o různé kombinace stejných či podobných vlastností (Bedau 2014, 15).

Jeden z nejkompexnějších seznamů klíčových vlastností života nabízí ve své knize *The Principles of Life* maďarský biolog Tibor Gánti (Gánti 2003b). Gántiho seznam zohledňuje definiční kritéria jak pro život individuálních organismů, tak i celých populací oživujících planetu, „živý svět“. Gántiho seznam tvoří osm klíčových vlastností (Gánti 2003b, 80). Tyto vlastnosti jsou rozděleny do dvou skupin, neboť Gánti rozlišuje kritéria života, která nazývá reálnými či absolutními, a kritéria, která nazývá potenciální. Potenciální kritéria nejsou důležitá pro přežití individua, ale jsou podstatná pro trvání „živého světa“.

První Gántiho absolutní kritérium života vychází z poznatku, že živý systém musí být individuální jednotkou, která nemůže být dále členěna, aniž by přišla o některou ze svých podstatných vlastností. Celý systém má vlastnosti, jež jeho části nemají (Gánti 2003b, 79).

Druhou klíčovou vlastností z Gántiho seznamu je metabolismus. Živé systémy musí být schopné metabolismu. Metabolismem přitom Gánti rozumí aktivní či pasivní schopnost systému přijímat z vnějšího prostředí materiál či energii a za pomoci chemických procesů tento materiál integrovat. Odpadní látky vzniklé při těchto chemických procesech musí být systém schopen vyloučit. Bedau připomíná, že v některých případech může být metabolismus dočasně neaktivní, nicméně za příhodných podmínek může být obnoven.

Za třetí musí být živý systém ze své podstaty stabilní. Musí vykazovat stabilitu v prostředí, které se samo proměňuje. Musí být schopen homeostáze, sebeorganizace a sebeúdržby. S problémem proměňujícího se prostředí je spjat i požadavek adaptability. Je zjevné, že vnitřní prostředí živých systémů se svým charakterem odlišuje od prostředí, v němž se tyto systémy nacházejí.

Čtvrté Gántiho absolutní kritérium života vychází z toho, že živý systém musí obsahovat subsystém nesoucí informaci, která celý systém řídí, podílí se na jeho vzniku, vývoji i fungování. Informace kódovaná v tomto subsystému musí být schopna přenosu a replikace. Páté a poslední z absolutních kritérií je založeno na poznatku, že živý systém musí být v zájmu zachování vlastní existence vnitřně regulovatelný a kontrolovatelný. Tato kontrola se děje rovněž prostřednictvím chemických procesů. Gánti připouští, že prvky kontroly či sebekontroly jsou přítomné již v některých z předchozích kritérií. Podle něj je však třeba uvažovat o specifické regulaci systému, která zajistí více než sebeúdržbu, a totiž kontrolu jednosměrných nevratných procesů jako jsou růst, ontogenezi a rozmnožování.

Následují tři potenciální kritéria. Za prvé musí být živé systémy schopny růstu a reprodukce. Gánti si je vědom, že přesto, že reprodukce bývá často chápána jako klasické kritérium života, nejedná se o kritérium života jako takového. Existují mnohé domestikované organismy, které jsou od počátku své individuální existence neschopné reprodukce. Rovněž stárnoucí organismy postupně ztrácí schopnost růstu i reprodukce. Schopnost reprodukce není kritériem života individuálního organismu, je však nutným kritériem, chceme-li uvažovat o přežití druhu či chceme-li vysvětlit existenci „živého světa“.

Druhým potenciálním kritériem života je skutečnost, že živý systém musí být schopen dědičné změny, a tudíž evoluce. V evolučním procesu pak produkuje stále složitější a diferencovanější formy. Opět se jedná o kritérium, které je z hlediska individua nepodstatné. Schopnost dědičné změny je však zásadní pro vznik nových druhů.

Posledním z Gántiho potenciálních kritérií života je skutečnost, že živé systémy musí být smrtelné. Jednoduše řečeno, to, co není živé, nemůže zemřít. Život a smrt jsou komplementární pojmy. Živé systémy jsou proto charakterizovány tím, že může nastat stav, při němž dojde k nevratnému zastavení podstatných funkcí těchto systémů. Smrt má však svůj význam také jako něco, co je oporou života, neboť smrt zajišťuje recyklaci organického materiálu. V případě jednotlivce je smrt popřením života. Smrt individuí je však podmínkou pokračování života jako celku. Teprve smrt umožňuje růst a rozvoj. Teprve smrt umožňuje evoluci.

Gántiho kritéria života přejímá Bedau a shrnuje je v poněkud pozměněném pořadí. V některých případech také používá pojmy, které u Gántiho nenajdeme: holismus, mortalita, aktivní informace, flexibilní kontrola, metabolismus, robustní stabilita, růst a reprodukce, schopnost vyvíjet se (Bedau 2014, 16–17). Konstatuje, že vlastnosti obsažené v tomto

seznamu jsou zajímavé a působivé. Nicméně proti každému seznamu klíčových vlastností života lze vždy namítnout, že do seznamu je třeba na základě nějakého protipříkladu specifického živého organismu doplnit nějakou další neméně klíčovou vlastnost. Nebo naopak se může vyskytnout živý organismus, který některou z klíčových vlastností postrádá.

Žádný z podobných seznamů přitom nedokáže jasně odlišit živé věci od neživých. Jsou-li seznamy klíčových vlastností života sice zajímavé, ale jinak spíše neužitečné, nabízí se otázka, čím mohou být nahrazeny. Místo seznamu vlastností můžeme použít klastrový popis. Klastrový popis může být popisem života v případě, že existují vlastnosti, jejichž výskyt u některého živého organismu znamená, že tyto vlastnosti budou přispívat k jeho zařazení pod pojem života. Živý jedinec může mít všechny vlastnosti obsažené v klastru, nemusí je však mít všechny nutně. K tomu, aby byl z hlediska klastrového popisu zařazen organismus pod pojem života, postačí, aby sdílel pouze některé. Žádná kritéria přitom nejsou samy o sobě nutnými podmínkami pro to, aby byl nějaký organismus považován za živý. Různé formy života mohou sdílet různé části klastru, a to dokonce tak, že nemusí sdílet ani jedinou shodnou vlastnost.

Jelikož nemá klastr žádné striktní hranice, je klastrový popis ideální pro vysvětlení nejrůznějších hraničních případů. Klastrový popis také dobře odpovídá skutečnosti, že živé organismy jsou velmi diferencované a že život se v různých organismech projevuje v různých stupních. Klastrová teorie odpovídá kontroverznosti a hádankovitosti pojmu života. Problémem klastrového popisu je to, že nevysvětluje, proč jsou některé vlastnosti v některých případech důležité a jindy nikoli. Nevysvětluje ani to, proč je život charakterizovaný právě těmi vlastnostmi, jež jsme zahrnuli do klastru. Bedau proto i klastrový popis života označí za neuspokojivý (Bedau 2014, 18).

Podle Bedaua existují dva základní historické přístupy k otázce podstaty života (Bedau 2014, 20). Jsou jimi „karteziánský“ a „aristotelský“ přístup. Rozpor mezi těmito dvěma přístupy je pak tím, co blokuje cestu k nalezení definice života. Bedau se příliš nestará o historický výklad „aristotelismu“ a „kartezianismu“. Oba pojmy používá pouze jako pojmenování pro dva rozdílné přístupy k hledání definice života.

Většina současných přístupů k podstatě života vychází z „kartezianismu“. Tento moderní „kartezianismus“ se snaží řešit otázku podstaty života esencialisticky. Shromažďuje co nejvíce údajů o jednotlivých živých organismech a snaží se na základě těchto dat určit ty vlastnosti, které jsou společné všem živým organismům. Živé organismy jsou nahlíženy jako individua a bez ohledu na skutečnost, že se tyto organismy nacházejí v prostředí, v němž vzájemně neustále interagují.

„Aristotelský“ přístup je jiný. Ptá se, jaký je nejlepší způsob objasnění fenoménu života. Život zkoumá jako celek, snaží se o vysvětlení všech charakteristických znaků, zohledňuje přitom i všechny hraniční a nejasné případy. „Aristotelský“ přístup zkoumá živé organismy v jejich prostředí a v jejich vzájemných interakcích. Pátrá po procesech a mechanismech, které mohou vysvětlit život. Každý takový pokus o vysvětlení musí zahrnovat i mezní případy jako jsou viry nebo priony, které jsou schopny sebereplikace, ale postrádají metabolismus. Podobné mezní případy mohou představovat dormantní semena či spory, stejně jako zmrzlé bakterie nebo zmrzlý hmyz.

Život podle Bedaua je charakterizován jistou záhadností, jež dobře ilustrují právě zmíněné mezní případy. Bedau formuluje celkem pět základních momentů, které charakterizují

záhadnost života (Bedau 2014, 21). Prvním z nich je samotný počátek života, otázka, jakým způsobem se z něčeho neživého stává něco, co je živé. Od kterého okamžiku přestáváme hovořit o pouhých chemických reakcích a začínáme mluvit o životě?

S otázkou počátku souvisí i druhá základní záhada života, a to jeho emergence. Stojíme před nutností vysvětlit proces probíhající v okamžiku, kdy život vzniká z něčeho, co ještě živé není. Zatímco první záhada se týká definičního rozlišení mezi živým a neživým, druhá záhada se týká vývoje živého z neživého.

Třetí záhadou života je otázka stupňů života. Otázka, zda nějaký živý organismus může být živý více než jiný živý organismus. Případně otázka, zda existuje jednoznačná dichotomie mezi živými a neživými entitami, nebo se přechod od neživých entit k živým projevuje jako kontinuum. Právě způsob, jakým se rozmnožují viry, by mohl představovat důvod, proč by měl být koncept dichotomie nahrazen konceptem kontinua. Také hypotetické nejstarší formy života mají mnohem blíže k ještě neživým organickým sloučeninám než k vyšším živočichům.

Čtvrtá záhada spočívá ve skutečnosti, že všechny živé organismy jsou výhradně materiální povahy. Živé organismy mohou existovat jako živé organismy pouze tehdy, jsou-li složeny z hmotných komponent. Jednotlivé molekuly tvořící jejich těla přitom nejsou esenciální, jsou nahraditelné jinými molekulami a neustálá výměna látky mezi organismy a prostředím skutečně probíhá. Podstatnými nejsou jednotlivé molekuly, ale funkční uspořádání těchto molekul. Podstata života spočívá ve způsobu, jak jsou různé druhy látek v tělech organismů uspořádány a organizovány. Život je uspořádáním formy a látky.

O páté záhadě života mluví Bedau jako o meta-záhadě (Bedau 2014, 21). Je jí samotná otázka, proč je život tak záhadný, proč je život tak kontroverzní. Fenomén života je nahlížen jako fundamentální součást přirozeného světa, přitom však neexistuje obecný konsensus o tom, co vlastně život je.

Bedau se přiklání k přístupu, který on sám nazývá aristotelským. Na základě tohoto holistického přístupu obohaceného o poznatky moderní vědy doufá ve vyřešení uvedených záhad života a nalezení jeho definice. Bedau se chce zaměřit nejprve na definování nejjednodušších forem života, jako jsou nejstarší bakterie, případně jiné jednobuněčné organismy. Popis povahy jednoduchých forem života může pomoci k pochopení některých aspektů života komplexnějších forem života včetně člověka (Bedau 2014, 22). Lidé, ale i mnohé další organismy, jsou nepochybně mnohem složitější než bakterie a obsahují mnohem více chemických a biologických procesů a interakcí. Jsou vybaveny například složitým nervovým a imunitním systémem. Nicméně přes všechny odlišnosti lze říct, že lidé a bakterie představují analogický funkční systém. Liší se právě pouze mírou složitosti (Bedau 2014, 29).

Zkoumání počátků života na Zemi, stejně jako hledání mimozemského života či laboratorní pokusy o vytvoření umělého syntetického života předpokládají alespoň předběžnou hypotézu o tom, co život je. Bedauovou předběžnou hypotézou o podstatě života je „Program-Metabolism-Container model“ neboli PMC model (Bedau 2014, 23). PMC model se původně uplatnil na poli výzkumu protobuněk, které představují spojující článek mezi syntézou makromolekul a prvními živými buňkami. Zde se však častěji než obecně o programu mluví o genech (Rasmussen – Bedau – McCaskill 2009).

PMC model elementárního života odhlíží od látky, z níž jsou živé organismy složeny. U PMC modelu je kladen mnohem větší důraz na vlastnosti živých systémů, jako je metabolismus, než na materiální složení organismů. Důvodem pro odhlédnutí od materiálního základu života je skutečnost, že živé organismy mohou žít v nejrůznějších chemických prostředích a mohou mít různé chemické složení, přesto však budou realizovat stejné životní funkce.

Podle PMC modelu je minimální chemický systém považován za živý, integruje-li tři základní chemické vlastnosti takovým způsobem, že se vzájemně podporují. Program, který je první z těchto vlastností, je tou složkou systému, jež umožňuje kontrolu souboru informací, které jsou v systému uloženy. Sám je přitom součástí tohoto souboru informací. Při reprodukci organismu je program předáván v dědičné informaci. Přitom může docházet k jeho modifikaci. Druhou funkcí systému je metabolismus, který je chápán jako schopnost systému extrahovat z vnějšího prostředí chemické prvky a volnou energii. Tyto prvky a energii dokáže systém využít k produkci chemických zdrojů, které může využít k vlastní údržbě, růstu a reprodukci. Poslední součástí PMC modelu je obal či nosič (container), který umožňuje systému zachování identity v určitém časovém horizontu. Obal soustřeďuje všechny složky systému v jednom místě, umožňuje pro systém žádoucí průběh chemických reakcí tím, že systém do určité míry izoluje od vnějšího prostředí a brání jeho kontaminaci molekulárními parazity a toxickými látkami nacházejícími se ve vnějším prostředí.

Uvedené tři vlastnosti: program, metabolismus a obal vykazují podle Bedaua jistý druh holistické autonomie (Bedau 2014, 23). Přesto, že jsou od sebe odlišitelné, jsou na sobě jednotlivé funkce systému vzájemně závislé. Jsou přitom vytvořeny a udržovány výhradně vlastním působením celého systému, a nikoli působením nějakého vnějšího činitele. Systém je sám odpovědný za své fungování. Řádné fungování systému je závislé na řádném fungování každé jeho složky. Bedau dokonce hovoří o integrované triádě, která vzniká na základě chemické kooperace jednotlivých složek systému (Bedau 2014, 24). Sekvence biopolymerů může působit jako katalyzátor dalších procesů. Základní stavební prvky programu a obalu mohou vzniknout pouze zásluhou energie, která je v systému přítomna díky metabolismu. Jako katalyzátor může působit rovněž obal. Například tím, že termodynamické podmínky na rozhraní lipidového agregátu a vody jsou odlišné od podmínek v pouhé vodě. Každá ze složek podporuje činnost zbývajících dvou.

Bedau se domnívá, že jím navrhovaný PMC model postihuje všechny výše uvedené charakteristické znaky života a zároveň může posloužit jako vysvětlení mezních příkladů života a řešení všech hádanek života. Jednotlivé charakteristické znaky života z Gántiho seznamu lze s PMC modelem spojit velmi snadno. Jako první znak života Gánti uvádí holismus. PMC model je autonomní systém chemických interakcí, který nemůže fungovat, nefungují-li některé jeho části, nebo pokud nedochází k energetickým a katalytickým interakcím. PMC model má i další vlastnost z Gántiho seznamu. Je smrtelný. Nefunguje-li některá součást systému správně, systém se rozpadá a „umírá“. Součástí PMC systémů je program a PMC model tak v sobě obsahuje další položku seznamu, a to aktivní informaci. Program řídí chemické procesy v živých buňkách. Zároveň je předáván v dědičné informaci, přičemž může mutovat, a tím formovat populaci PMC systémů.

Metabolismus, který rovněž figuruje v Gántiho seznamu, je i v PMC modelu ústředním prvkem. V Gántiho seznamu znaků života najdeme i robustní stabilitu, tu představuje v PMC modelu obal. Je to obal, který chrání uspořádání systému v měnícím se prostředí a zajišťuje jeho identitu systému v průběhu času. Program v PMC modelu získává z prostředí zpětnou vazbu a zajišťuje tak flexibilní řízení celého systému, další položku z Gántiho seznamu.

Dále Gánti uvádí růst a reprodukci. Jednotlivé složky PMC systému jsou schopny růstu, dokud nejsou tak velké, že se rozdělí, a tím zajišťují reprodukci. Rostou-li a reprodukuje-li se PMC systémy dostatečně rychle, vytvoří se životaschopná populace. Populace PMC systémů je pak schopna vývoje právě díky tomu, že jednotlivé systémy jsou schopny reprodukce. Nedokonalosti systému jsou vylepšovány v procesu evoluce přirozeným výběrem. Schopnost vývoje či evolvability je poslední položkou Gántiho seznamu charakteristických znaků života (Bedau 2014, 28).

PMC model dokáže podle Bedaua přirozeným způsobem objasnit i viry, které bývají vnímány jako něco, co balancuje na hraně života. Infikuje-li virus živou buňku, donutí ji, aby její metabolismus pracoval pro něj. V každé infikované buňce se spolu s replikací DNA replikuje i virus. Virem infikované buňky jsou na rozdíl od samotných virů zcela jistě živé. Izolovaný virus představuje z hlediska PMC modelu neaktivní program P. Infikuje-li virus buňku, začne využívat její metabolismus M a vlastní obal, tvořený proteinovým pláštěm, doplní obalem C napadené buňky. Program viru využije metabolismus a obal buňky k vlastní replikaci. Lze říci, že izolovaný virus není živý. Živým se stává až v interakci s částmi napadené buňky, neboť spolu s nimi vytváří funkční PMC model.

Podle Bedaua se díky PMC modelu lze vypořádat i s výše uvedenými záhadami života. PMC model je dobrým nástrojem pro vysvětlení počátku života. Život vzniká z neživého chemického systému postupným přidáváním interakcí mezi programem, metabolismem a obalem. Čím více interakcí, tím více je systém živý. PMC model lze použít i k vysvětlení emergence. Minimální chemický život je paradigmatickým případem „slabých“ emergentních vlastností, které jsou produktem kauzálních sítí, jež jsou tak složité, že jsou neredukovatelné. Slabý vznik je v souladu s různými formami redukcionismu. PMC model redukuje minimální chemický život na síť funkčních vazeb mezi programem, metabolismem a obalem. Kauzální sítě podporující PMC systémy jsou komplexní.

Bylo již řečeno, že život je založen na funkčním uspořádání materiálních komponent. Čtvrtá záhada života vycházela z faktu, že život je vždy materiální povahy. Každá individuální životní forma je komplexní objekt chemické povahy. Život vzchází z funkčního uspořádání látky a formy. Jinak řečeno, podstatným rysem života není materie, ale forma uspořádání této materie. Živý systém představuje funkční síť, ve které dochází k interakcím materiálních komponent. Právě toto funkční hledisko uplatňuje i PMC model.

Pátou záhadou života je otázka, zda lze o životě uvažovat jako o něčem, co je v různých organismech přítomno v různé míře. Množství a síla interakcí tvořících živý organismus může sloužit jako přirozené měřítko pro porovnávání chemických systémů, a tedy i posouzení charakteru života. Podobně lze posuzovat schopnost systému řádně fungovat nebo schopnost systému přizpůsobovat se prostředí. PMC model se zdá být vhodným nástrojem pro takové škálování.

Poslední záhadou života byla meta-otázka tážající se, proč je život vlastně tak záhadný. PMC model představuje svého druhu skládačku. Žádnou z jeho jednotlivých součástí nemůžeme jednotlivě považovat za živou. Za živý můžeme považovat až kooperující celek. Právě tato povaha skládačky může do určité míry vysvětlit i to, že život sám je hádankou. Skutečnost, že někteří vědci či filozofové opomíjí při definování života jeho komplexnost, vede k tomu, že se zaměří pouze na některou z těchto vlastností a jejich pokus musí mít nutně vždy jen omezené



výsledky. PMC model života představuje příklad aristotelského přístupu k povaze života. Znamená to, že se snaží vysvětlit všechny charakteristické znaky života.

Povaha života je komplexní a kontroverzní. Existuje celá řada velmi rozdílných přístupů k výkladu podstaty života. Jádro samotných fenoménů tvořících život už tak kontroverzní není. Podle Bedaua se stačí zaměřit na charakteristické znaky života, hraniční případy a obvyklé otázky, které jsou s problémem života spojovány. Bedau doporučuje nahrazení v dějinách filozofie běžnějšího „karteziánského“ přístupu, který se snaží najít nutnou a dostačující podmínku existence individuálního živého organismu, přístupem „aristotelským“, který hledá komplexní vysvětlení celé biosféry, obsahující obrovské množství interagujících organismů.

Kořeny Bedauova PMC modelu můžeme spatřovat u již zmíněného Tibora Gántiho. PMC model má mnoho společného s Gántiho myšlenkou „chemotonu“ (slovo chemoton je zkratkou slov „chemical automaton“). Gánti o tomto konceptu uvažoval již od poloviny dvacátého století a poprvé jej formuloval ve své knize *Principy života* v roce 1971. Do angličtiny byla tato kniha poprvé přeložena až v roce 2003. Vedle knihy *Principy života* je třeba zmínit i další Gántiho knihu *Teorie chemotonu*, jejíž dva svazky byly poprvé publikovány v maďarštině v letech 1984 a 1989 (Gánti 2003a).

Gántiho chemoton je předpokládaným modelovým předchůdcem všech živých organismů, je modelem posledního univerzálního společného předka (LUCA). Podobně jako Bedauův PMC model tvoří tři subsystémy: program, metabolismus a obal, tak i Gántiho chemoton je tvořen třemi prvky. Minimální organismus musí vykazovat následující tři vlastnosti: metabolismus, sebereplikaci a musí být vybaven bilipidovou membránou. Stejně jako v Bedauově modelu i v Gántiho chemotonu se všechny tři prvky vzájemně potřebují a podporují. Tvoří autokatalytický systém. Každý systém, který má podle Gántiho tyto vlastnosti, může být považován za živý a jako takový může být předmětem přírodního výběru. Gánti chápe svůj chemoton – stejně jako Bedau PMC model – nejen jako pokus o definici života, ale i jako hypotézu o jeho počátku a vzniku (Gánti 2003b, 3–6).

K Bedauovu návrhu PMC modelu lze mít i kritické připomínky. Jako problematickou lze nahlížet skutečnost, že Bedau svůj PMC model vytvářel původně v rámci výzkumu umělého života. PMC model odpovídá souboru podmínek, které musí být splněny, aby bylo možné v laboratorních podmínkách určit, co je ještě neživá chemická sloučenina a co je již možné označit za minimální život. Sám model se tak původně netýkal skutečného počátku života na naší planetě, ale sloužil jako definiční nástroj odlišující neživé od živého. Bedauův PMC model proto zůstává v rovině teoretického modelování a nijak nezohledňuje poznatky paleobiologie. Představuje spíše stanovení kritérií života než vlastní vysvětlení emergence života z neživé hmoty.

Problematické se může zdát rovněž Bedauovo odmítnutí klastrového pojetí života. Nejen, že je možné PMC model považovat za specifickou variantu klastrového přístupu, ale samotné klastrové pojetí života se zdá být výkladovým přístupem, které může vysvětlit nejen kritéria minimálního chemického života, ale také rozdíl mezi životem a smrtí u komplexnějších organismů. Jak již bylo řečeno, Bedau vychází ve svém výzkumu z otázky možnosti vytvoření umělého života. Proto je jeho přístup minimalistický a problémy spjaté s komplexními formami života mu zůstávají vzdálené.

Přestože se Bedauův PMC model zdá být pouze abstraktnější variantou Gántiho chemotonu, nelze Bedauovi upřít, že svůj model minimálního chemického života používá originálně k filozofickému výkladu celé řady otázek spjatých s problémem podstaty života. Bedauovo myšlení je jedním ze vzácných a ojedinělých případů, kdy filozofie drží krok se současnou vědou.<sup>1</sup>

## Literatura

Bedau, M. A. (2008): What is life?, in Sarkar, S. – Plutynski, A. (eds.) *A Companion to the Philosophy of Biology*, Blackwell Publishing, 455–471.

Bedau, M. A. (2012): Introduction to Philosophical Problems About Life, *Synthese* 185(1), 1–3.

Bedau, M. A. (2014): The Nature of Life, in Luper, S. (ed.) *The Cambridge Companion to Life and Death*, Cambridge University Press, 13–29.

Cairns-Smith, A. G. (2000): *Seven Clues to the Origin of Life*. Cambridge University Press.

Cleland, C. E. – Chyba, C. F. (2002): Origins of Life and Evolution of the Biosphere, *NASA's Astrobiology Magazine* 32(4), 387–393.

Gánti, T. (2003a): *Chemoton Theory. Vol. I-II.*, Kluwer Academic – Plenum Publishers.

Gánti, T. (2003b): *The Principles of Life*, Oxford University Press.

Jonas, H. (2000): *The Phenomenon of Life: Toward a Philosophical Biology*, Northwestern University Press.

Keller, E. F. (2003): *Making Sense of Life: Explaining Biological Development With Models, Metaphors and Machines*, Harvard University Press.

Machery, E. (2012): Why I Stopped Worrying about the Definition of Life... and Why You Should As Well, *Synthese* 185(1), 145–164.

Monod, J. (1972): *Chance and Necessity. An Essay of Natural Philosophy of Modern Biology*, Vintage Books.

Rasmussen, S. – Bedau, M. A. – McCaskill, J. S. – Packard, N. H. (2009): A Roadmap to Protocells, in Rasmussen, S. – Bedau, M. A. – Chen, L. – Deamer, D. – Krakauer, D. C. – Packard, N. H. – Stadler, P. F. (eds.) *Protocells. Bridging Nonliving and Living Matter*, MIT Press, 71–100.

Schrödinger, E. (2004): *Co je život?; Duch a hmota; K mému životu*, Vutium.

---

<sup>1</sup> Tento text vznikl jako výstup projektu FPVČ 2014 FF UP Olomouc „Živé a mrtvé pohledem filozofie“.