

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní obor: Chemie

Studijní program: Chemie a biologie se zaměřením na vzdělávání



**Anna Vávrová**

Představy o vzniku života ve vědě vs. SŠ učebnicích

Conceptions about the Origin of Life in Science vs. High School Textbooks

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: Mgr. Radka M. Dvořáková

Praha, 2017

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala paní Mgr. Radce M. Dvořákové za odborné vedení, věnovaný čas, podnětné připomínky a rady při zpracování práce. Současně bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli údaje a vycházeli vstříc.

Při poděkování nesmím, opomenou své blízké a rodinu, bez jejichž podpory v průběhu celého studia by ani tato bakalářská práce nevznikla. Děkuji.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 8. 5. 2017

.....

## **ABSTRAKT**

Teorie vzniku života v hodinách biologie na středních školách – toto téma se v učebnicích omezuje na pojmy jako abiogeneze, panspermismus, kreacionismus, biologická a chemická evoluce. To co bylo před lety vepsáno do středoškolských učebnic, ve většině případů již není aktuální.

Cílem této bakalářské práce je shrnout nejnovější vědecké poznatky související s tématem vzniku života a následně je porovnat s obsahem středoškolských učebnic, který je předkládán studentům středních škol.

Práce je rozdělena na tři části, kde první bude literární rešerše zaměřená na odborné vědecké články věnující se tématu vzniku života (buňky). Další tvoří rešerše obsahu výukového materiálu středoškolských učebnic a v poslední dvě předcházející části porovnáám.

Mojí snahou je poukázat na informace, které mohou být již mylné či zastaralé a na středních školách jsou přednášeny studentům jako fakta. Po srovnání aktuálních poznatků s obsahy dnes používaných učebnic bych doporučila samotný výklad aktualizovat informacemi, o které bylo v posledních letech toto téma obohaceno.

**Klíčová slova:** vznik života, buňka, teorie, učebnice, definice života

## **ABSTRACT**

The theory of the origin of life in lessons of biology in secondary schools – this topic is limited on concepts such as abiogenesis, panspermia, creationism, biological and chemical evolution in textbooks. What was written in textbooks years ago is, in many cases, no longer upto date.

The aim of this bachelor thesis is to summarize the most recent scientific pieces of knowledge relevant to the topic of the origin of life and ensuingly compare them with the material that is presented to students at secondary schools.

This bachelor thesis consists of three parts, where the first is a literary research focused on technical scientific articles dealing with the topic of the origin of life (cell). The following part contains a research of the contents of educational material and textbooks, and I compare the two previous parts in the last one.

My effort is to point out information that can already be mistaken or archaic, and are being lectured to students as facts in secondary schools. After comparing the current knowledge with the contents of the textbooks I have used today, I would recommend the actual interpretation to be updated by the information that has been enriched in the past years.

**Key words:** origin of life, cell, theory, textbook, definition of life

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Literární rešerše .....	2
2.1. Jak definovat život? .....	2
2.2. Nejnovější informace o výzkumech v oblasti vzniku života na Zemi.....	4
2.2.1. Výchozí úroveň poznání.....	4
2.2.2. Vznik planety Země .....	7
2.2.3. Astronomické, geologické a atmosférické podmínky .....	8
2.2.4. Fosilní a molekulární záznamy .....	11
2.2.5. Vznik organických molekul .....	13
2.2.6. Vznik buněčných forem života .....	17
2.3. Přehled učiva tematického okruhu ve vybraných učebnicích biologie .....	20
2.3.1. Biologie pro gymnázia, Nakladatelství Olomouc .....	22
2.3.2. Obecná biologie pro gymnázia, FORTUNA .....	24
2.3.3. Biologie V, Gymnázium Klatovy .....	24
2.3.4. Biologie v kostce pro SŠ, FRAGMENT .....	25
2.3.5. Základy biologie a ekologie, FORTUNA .....	25
2.3.6. Obecná biologie, Nakladatelství Olomouc.....	25
3. Diskuse.....	25
3.1. Srovnání a rozbor obsahů učebnic .....	26
3.2. Srovnání výsledků literární rešerše a obsahů učebnic .....	27
4. Závěr .....	30
5. Přehled literatury a použitých zdrojů .....	32
6. Přílohy.....	37

## 1. Úvod

Jako téma bakalářské práce jsem si zvolila porovnání nejnovějších poznatků a výsledků výzkumů v oblasti vzniku života (biogeneze) na Zemi, ve vztahu k prezentaci této tematiky na středních školách gymnazijního typu.

Téma práce mě zaujalo i proto, že podle mých dosavadních zkušeností je tato kapitola biologie v učebnicích užívaných při výuce na středních školách nedostatečně prezentována. Učebnice téma buď velmi zestručňují, nebo se omezují jen na historické, obecně známé a někdy již i překonané poznatky a teorie.

Vzhledem k tomu, že se chci do budoucna profesně věnovat pedagogické činnosti, ráda bych ve své bakalářské práci zmapovala skutečný stav této oblasti biologie ve vztahu učebnice versus reálná úroveň vědeckého poznání a přispěla k lepší prezentaci aktuální úrovně poznání v učivu současných studentů.

Jak vlastně vznikl život? To je odvěká vědecko-filozoficko-náboženská otázka, kterou si již položilo nesčetně lidí. Náboženský pohled je jasný, ale vědecká stanoviska se zásluhou dosud provedených i aktuálně prováděných výzkumů, pokusů a studií doposud stále vyvíjejí a nikomu se ještě nepodařilo odpovědět na všechny otázky. Spousta dílků skládačky již byla přiložena, řada teorií byla historicky přehodnocena a překonána, ale přece jen jsou v tomto hlavolamu stále místa a situace, které je potřeba ještě objasnit a zaplnit.

Každopádně si myslím, že vědět, kde jsme se zde my, lidé, na Zemi vzali, kde se vlastně vzalo všechno živé kolem nás, je jedna z nejdůležitějších informací pro nás vůbec. Dnešní mladá generace středoškoláků by proto měla znát také postupný vývoj teorií vzniku života a měly by jí být prezentovány nejnovější poznatky a informace z této části oboru biologie. Podle rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia, schváleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy, student předmětu biologie mimo jiné také „porovná významné hypotézy o vzniku a evoluci živých soustav na Zemi“ (RVP G 2007, s. 31).

Práci jsem si rozdělila na tři hlavní kapitoly. V první z nich provádím literární rešerši o nejnovějších poznatcích o teoriích vzniku života. Ve druhé části shrnuji výsledky rešerše obsahu těchto témat z vybraných středoškolských učebnic. V poslední části jsem provedla srovnání výsledků rešerší. Zároveň je zde jedna úvodní kapitola, v které popisují, jak vlastně je nadefinován život.

Cílem této bakalářské práce je zmapovat problematiku tématu vzniku života v nejnovějších vědeckých článcích a SŠ učebnicích a tyto dvě oblasti porovnat, což by se mohlo stát podnětem, návodem či potenciální pomůckou pro autory učebnic k jejich vhodnému

doplnění a rozšíření nebo pro pedagogy při tvorbě učebních prezentací s obsahem nad rámec stávajících učebnic.

## **2. Literární rešerše**

V této kapitole se budu zabývat výzkumy a poznatky z různých okruhů tématu původu a vzniku života.

První část shrnuje informace o definici života jako takového. Uvádím příklady definic života, jaké jsou mezi nimi rozdíly či podobnosti.

V druhé části popisují závěry a výsledky původních a nejnovějších výzkumů, od kterých se výzkum vzniku života „odrážel“. Vybrané výzkumy popisují různé fáze a okolnosti, které měly nebo mohly mít vliv na samotný vznik a původ živých forem na Zemi. Budu se snažit získané informace sjednotit a uspořádat do určitého celku.

Třetí část literární rešerše bude obsah poznatky o vzniku života, tak jak ho prezentují současné středoškolské učebnice. Nezaměřila jsem jen na konkrétní informaci ve všech učebnicích, ale u každé shrnula vše, co se o vzniku života na Zemi v jednotlivých učebnicích píše. Středoškolské učebnice jsem volila podle přehledu učebnic, který jsem si zjišťovala na různých webových stránkách středních škol. Dále jsem udělala vlastní průzkum používaných učebnic a materiálů mezi konkrétními středoškolskými učiteli gymnázií ze Středočeského kraje. Zároveň jsem výběr učebnic a materiálů porovnála se seznamem učebnic z vědecké knihovny v Kladně a Národní pedagogické knihovny v Praze.

### **2.1. Jak definovat život?**

Co to je život? Tato otázka je velmi kontroverzním tématem, hlavně z důvodu, že se na toto téma vede dlouhý „boj“ mezi vědou a náboženstvím. Na druhou stranu existuje řada lidí, kteří se touto problematikou zabývají a ve výsledku v tom žádný rozpor nevidí. Například Marek „Orko“ Vácha (rozhovor pro Českou televizi 2010), katolický kněz a zároveň uznávaný evoluční biolog, říká, že záleží na tom, co vlastně chceme zjistit nebo zjištěnými závěry sdělit. V Bibli je přeci popisována i doložená pravdivá historie izraelského národa ne pouze nedokázané události a situace. Exaktní vědy popisuje jako vědy, které řeší a jsou schopné řešit pouze měřitelné situace. Jsou nějakým způsobem omezené. Problémy mezi náboženstvím a vědeckým pohledem na původ života pramení z toho, že věda pro zatím nebyla schopna podat jediný důkaz boží existence, ale na druhou stranu ani ji vyvrátit. Co se přímo České republiky týče, tak se domnívám, že otázku sporu s náboženstvím neřešíme, vzhledem k tomu, že jsme z většiny ateistickou zemí.

Dodnes byla formulována řada definic života. Mnohé z nich mají stejný nebo podobný základ, ale žádné nejsou zcela obsahově totožné. Nebylo dosaženo obecného konsensu. Každá z nich má nějaké své podmínky a úskalí.

Jedním z problémů, jak definovat život, je například způsob „uchopení“ tématu při jejím stanovení. Hlavně proto, že existuje spousta podmínek, okolních vlivů a situací, které často myšlenky definice můžou pokrýt. Někteří zase vidí problém v tom, že zatím máme v těchto biologických teoriích ještě nedostatek informací na to, abychom byli schopni smysluplně a obecně nadefinovat život. Další skupinou jsou ti, co se domnívají, že mít jednu správnou definici nestojí v tuhle chvíli nutně. Především proto, že existence pouze jedné „správné“ definice by mohla působit konvenčně a pravděpodobně by to dále nevedlo k rozvoji specifických výzkumných programů v oboru biologie. Díky výsledkům výzkumů molekulární biologie známe základní biochemické celky živých forem, ale není zcela jasné, jaká část z nich jsou jen důsledkem sledu událostí, a které vznikly pro život jako nutnost. Na základě ověření těchto skutečností by se pak dál mohly příslušné výzkumy ubírat dalším směrem (Ruis-Mirazo K. a kol. 2004).

Některé vlastnosti živých soustav, jako například sebeorganizace, rozmnožování, metabolismus, růst a vývoj, dědičnost a mnohé další, jsou vědě a výzkumu dobře známé jako typické vlastnosti pro živé soustavy, ale přesnou definici se z nich složit nepodařilo. Objektivní definice by zároveň měla zahrnovat i vazbu na chemické a fyzikální aspekty života. Navíc například podle Oparina je velmi složité život nadefinovat univerzálním výčtem znaků, už jenom kvůli tomu, že je úzce spjat s jeho vznikem (Oparin A. I. 1961). Přesto je to v současnosti jediný způsob jak, co nejlépe život nadefinovat a specifikovat.

Podle Emmecheho by správná definice života měla zahrnovat tato specifika (Emmeche C. 1998):

- má být v souladu s poznatky z oborů biologie, chemie a fyziky, které s definicí života a jeho vznikem souvisí
- měla by být sebekonzistentní
- poskytuje dobré pochopení podstaty a smyslu života, jeho vedení do svého počátku a i následné udržování života a jeho vývoj
- je univerzální
- musí být svým způsobem minimální, ale zároveň specifická, to znamená, že by měla obsahovat pouze klíčové znaky, které jsou společné pro vše živé a zároveň by měla mít vytyčené nějaké hraniční varianty

Zde uvádím příklady definic života, které jsem vybrala tak, že ukazují průřez přibližně deseti lety. Zároveň ukazují odlišnosti samotných definic v takto krátkém období.

Jednou z nich je definice podle Shapiroa a Feingerga (1990). Podle jejich výzkumu je život pouze „aktivitou biosféry“. „Aktivitou“ se myslí systémy hmoty a energie, které jsou charakterizovány v podobě různých komplexních cyklů, jež soustavně udržují nebo například zvyšují požadavky systémů prostřednictvím následné vzájemné energie s okolním prostředím. Přesto, že je tato definice vlastně formulována správně, její nevýhodou je, že je moc „široká“. Nepopisuje, nepojednává o specifičnosti či charakterizaci biologických systémů, o důvodech a způsobu jak jsou od sebe individuální živé systémy odlišné.

Druhou z definic je tzv. darwinovská definice, z roku 1994 (Joyce G. F. 1994), která zní: „Život je soběstačný chemický systém schopný procházet darwinovskou evolucí“. Tato definice ve své době měla veliký vliv a byla kladně přijata, každopádně i takto přijata teorie v sobě měla nějaké trhliny. Jedním z problémů byl příklad živých sterilních organismů, které nelze reprodukovat, a tím pádem nejsou schopné darwinovské evoluce.

Třetí je definice Emmecheho (1998), která zní „Život je funkční interpretace znaku v „systému kódů“ v sebeorganizované hmotě/materiálu, která si buduje své vlastní „prostředí“.“ Problémem je zde to, že tato verze nepředpokládá vlivy fyzikální a chemické, a i když s nimi není přímo v rozporu, podmínku z výše uvedených specifik definice přímo nesplňuje.

V současnosti je definic života daleko více. Ve všech pokusech definovat život se však autoři shodují na tom, že jde o propojení základních znaků živých systémů s jejich vlastním původem a vznikem.

## **2.2. Nejnovější informace o výzkumech v oblasti vzniku života na Zemi**

### **2.2.1. Výchozí úroveň poznání**

V lidských dějinách vznikalo postupně mnoho dogmat a teorií o vzniku života. Lze říci, že na objektivních vědeckých důkazech se až do 20. století nezakládala žádná z nich. V této kapitole se věnuji informacím, které podnítily zájem o výzkum původu života a daly tak základ navazujícím studiím a experimentům. Samozřejmě jsou to informace, které platí v současnosti, ale s postupem nových výzkumů, technologií a teorií se mohou tyto „pravdy“ o vzniku života měnit, aktualizovat a nově formulovat. Kapitola obsahuje rešeršní text, který popisuje obecné, výchozí informace na téma vzniku života.

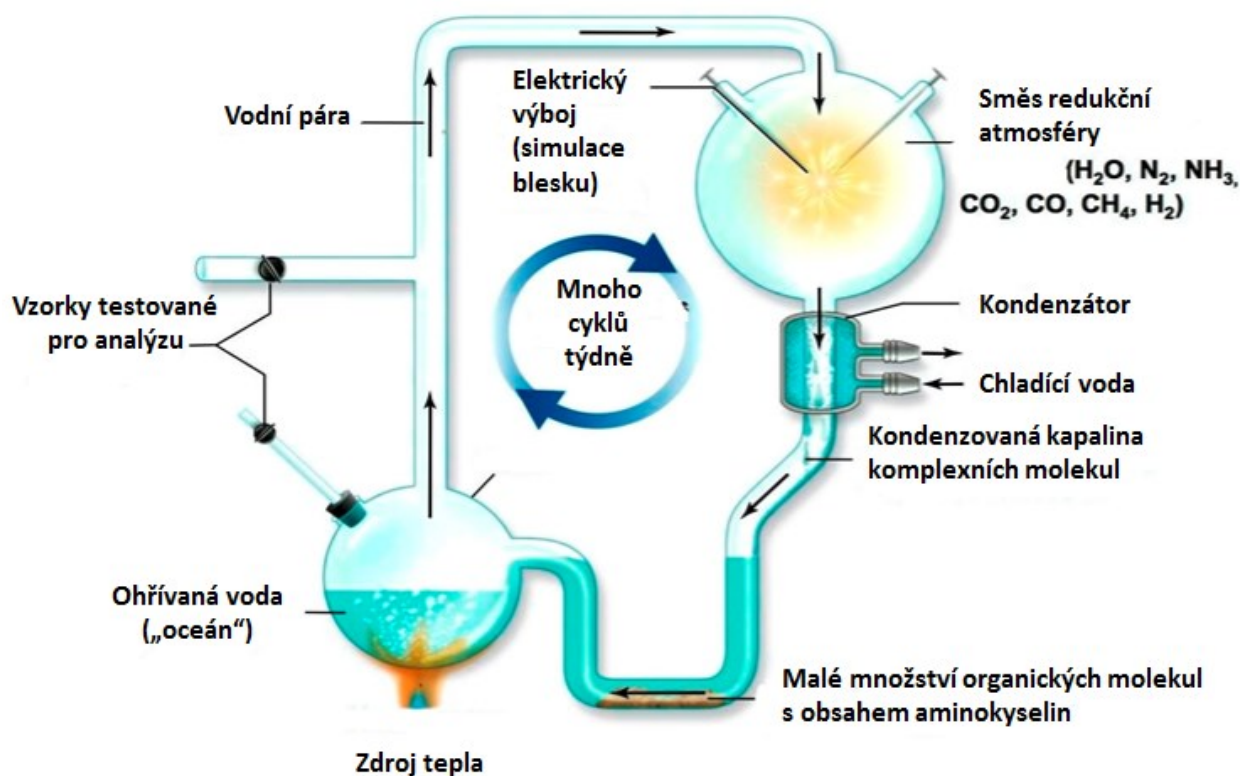
Základem těchto výzkumů je prezentována tzv. Oparinova teorie známé jako teorie „prvotní polévky“ z roku 1922, byla publikována v roce 1924 (1938). Práce popisovala sérii akcí a reakcí ze syntéz a akumulací organických sloučenin. Jednalo se o hypotézu koacervátů. Šlo o

kapkovité útvary bílkovinné povahy, které měly schopnost se samovolně vznikat z makromolekulárních látek, růst, dělit se, vnitřně strukturovat. Jejich vznik byl odhadován před 3,85 miliardami let. Tyto shluky bílkovin měly být základními kameny pro všechny formy života. Dále popisoval závislost rozmnožování a vůbec stabilitu těchto forem na vnějších zdrojích organického uhlíku. Problémem v dnešní době s touto teorií je, že nepopisovala vznik DNA nebo genetického kódu.

Myšlenka, že organické sloučeniny mohou mít abiotický původ, byla ve své době velmi oblíbená. Její základ položil už v roce 1828 F. Wöhler experimentem, kdy z výchozích anorganických látek, konkrétně kyanátu stříbrného a chloridu amonného, chemickou syntézou získal močovinu. Ta ale není typickou organickou látkou, takové látky obsahují alespoň jednu vazbu C – C. Přesto je močovina díky vlastnostem zařazena na rozhraní mezi anorganickou a organickou sloučeninou. Ten samý problém je se samotným kyanátem stříbrným. Na tento postup navazovalo mnoho dalších výzkumů jako například výzkum W. Löba (1913), který provedl chemickou syntézu jednoduchých aminokyselin (například glycin) vystavením formamidu elektrickému výboji a ultrafialovému světlu. Další výzkum vedl M. Calvin (1951), který se snažil simulovat syntézu jednoduchých organických sloučenin s různými zdroji vysokoenergetického záření opět za hypotetických primitivních podmínek na Zemi. Oparin (1938) zde zároveň uvádí návrh podoby rané atmosféry a podmínek, za kterých mohly oné organické sloučeniny být syntetizovány. Teorie popisuje, že vzniklé formy života jsou heterotrofního původu, což znamená, základní stavební složky získaly z prostředí (tvořeno především CO<sub>2</sub> a voda) a neměly schopnost si látky samy vyrobit. Dnes existují živé organismy, které si ve většině případů dovedou určitě množství důležitých potřebných látek pro život a stavbu organismů syntetizovat. Tímto problémem, jak této schopnosti formy života dosáhly, se zabýval N.H. Horowitz (1945) ve své práci, kde uvádí cestu, jak by tímto způsobem mohly vzniknout i autotrofní organismy.

Na Oparina navazoval svými myšlenkami Miller S.L., které publikoval v článku časopisu Science v roce 1953. Popisuje syntézu organických látek, konkrétně aminokyselin, za podmínek, jež mají simulovat předpokládané primitivní prostředí zemské atmosféry (jejich varianta „atmosféry“ byla tvořena směsí CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO a H<sub>2</sub>O). V experimentu Miller s Ureyem použili sílu k vyvolání reakce elektrického výboje (1959). Složení směsi zvolili v souladu s předpoklady Oparinových teorií (1938). Výsledné produkty reakcí nebyly žádnou chaotickou směsí organických molekul. Vzniklo sice jen několik, ale za to druhově bohatých biochemicky významných sloučenin, jako například aminokyseliny, hydroxykyseliny a močovina. Heterogenita vzniklé směsi byla vysoká.

Obr. č. 1 – Schéma aparatury Millerova-Ureyho experimentu z roku 1959



Prevzato z <http://www.desertbruchid.net> a opatřeno českým textem

Výsledky experimentu odstartovaly v této době moderní éru studií vzniku života (Bada J.L., Lazcano A. 2003; Miller S. L. 1953). Proběhla spousta dalších navazujících výzkumů, jež směřovaly k výzkumu vzniku primitivních živých forem. Měly podobu probiotických simulací, které ukázaly, že vzniká poměrně veliký sortiment různých organických molekul při použití různých kombinací směsí plynů a energetických zdrojů (Sutherland J.D., Whitfield J.N. 1997; Miller S.L. 1998). Mimo Ureyho a Millera provedly další a potvrzovací experimenty například Abelson (1956), Heyns s Walterem a Meyerem (1957) nebo například Pavlovskaya a Passynsky (1957). Jednou z nejčastěji syntetizované aminokyseliny v těchto podmínkách je glycin nebo alanin. Mnoho z vědců upřednostňovalo ideu, že pravěké formy života fungovaly na principu autotrofního metabolismu (jako například u rostlin) a tím jim bylo umožněno využívat oxid uhličitý, který byl přítomen v okolní atmosféře, jako zdroj uhlíku pro buněčný základ (Bada J. L., Lazcano A. 2003).

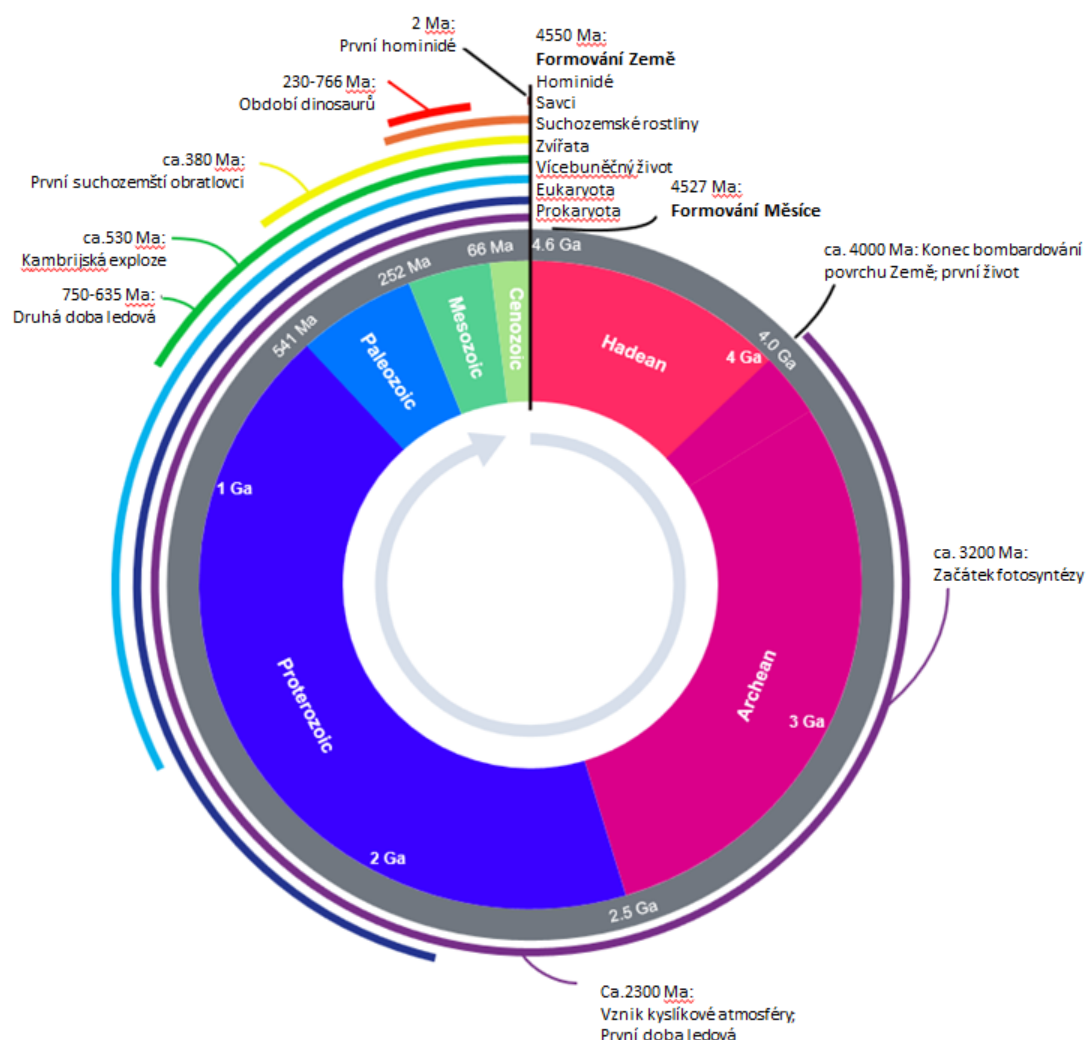
Výzkumy se začaly rozvíjet i v jiných směrech než je vznik života. Došlo ke zveřejnění výsledků výzkumu Watsona a Cricka, kde prokazují na svém modelu DNA její strukturu dvojité šroubovice. Na tento výzkum navazoval Juan Oro (1961), který prezentoval výzkum, kde jedna z bází DNA a RNA, adenin mohla být produkována přes systém oligomerace kyanovodíku. Na téma “RNA světa“ se vedlo v této době velké množství experimentů, například od Carla Woese, Francise Cricka nebo Leslie Orgela (Bada, Jeffrey L., Lazcano A. 2003).

Každopádně spojením výchozích Oparinových myšlenek o redukčních atmosférických podmínkách na pravěké planetě Zemi, Millerova experimentu a znalostí o syntetické organické chemii jsme získali impulz, který můžeme brát jako základ, ze kterého lze vycházet v dalším bádání o vzniku života.

### 2.2.2. Vznik planety Země

Pokud jde o samotnou Zemi, tak panuje obecná shoda vědců, o hrubém datování vzniku života na Zemi před asi 3,5 – 4 miliardami let. Sapp J. 2003, str. 341, pro názornost srovnávání s celkovým stářím planety cituje používání „metafory geologického dne“. Podle tohoto srovnání označuje počátek planety před 4,5 miliardy let čas 00:00. Ke vzniku života dochází až kolem 04:00.

Obr. č. 2 - Geologické hodiny Země



Převzato z Wikimedia Commons a opatřeno českým textem

O obecnou shodu o etapách vzniku a vývoje planety Země se zasloužily zejména obory geologie a paleontologie. Jejich zkoumání využívala jednoduchého principu usazování mladší vrstev usazených hornin a zkamenělin nad staršími. Vědci dlouhodobě zkoumali dochované

geologické profily v lokalitách po celém světě. Získané materiály jednotlivých vrstev sledovali, třídili a vyhodnocovali. Postupně pak mohli sestavit určitou posloupnost ukládání jednotlivých vrstev. Významným pomocníkem v datování se stala metoda určování stáří hornin a zkamenělin pomocí radiokarbonové metody datování. Již první výpočty založené na stanovení množství izotopu rádia ve vzorcích získaných ze zemského pláště ukazovaly řádově na stáří Země v miliardách let. Po zdokonalení radioizotopové metody na počátku 2. poloviny 20. století bylo pak stáří Země stanoveno na 4 550 milionů let (Patterson C. 1956).

### **2.2.3. Astronomické, geologické a atmosférické podmínky**

Na samotný vznik života mělo vliv mnoho faktorů. Ať už jde o podmínky astronomické, o úroveň vývoje samotné planety Země či podmínky atmosférické. A právě těmito podmínkami se budu v této kapitole zabývat.

Vše začalo tzv. Velkým třeskem před 12 miliardami let, kdy vznikl vesmír (Hazen R.M. 2015). Tímto dějem však vznikly celkem pouze tři chemické prvky, vodík, helium a lithium. Fúzí jader těchto prvků při vzniku nových hvězd vznikaly prvky nové, těžší. Vesmír zahrnuje prostředí pro utváření naší Sluneční soustavy i samotné planety Země.

Podle Ciesla (2008) planeta Země společně se zbytkem naší Sluneční soustavy vznikla z tzv. protoplanetárního disku prachu a plynu přibližně před 4,6 miliardami let. Podle modelů vznikala tak, že prach a plyn se stlačovaly a vlivem magnetických a gravitačních sil se různě promíchávaly a otřásaly. Výsledkem byly útvary zvané planetesimály, které předešlými ději měly nastavené chemické složení a tvořily tak základ, ze kterých planety dále rostly. Přesný model, který popisuje návaznost jednotlivých dějů při vzniku planety od částice prachu, samozřejmě neznáme. Existuje více teorií a modelů.

Stáří Země 4,6 miliard let poskytlo formám života dostatek času na to, aby vznikly a dále se vyvíjely až do dnešní podoby. Důležitým obdobím vývoje Země a podmínek pro život je tzv. hadean, který je popisován jako období bombardování planety těles z vesmíru. Názory na definování hadeanu se různí. Podle Bowringa a Williamse (1999) je definováno jako období před prvními horninami. Zahnle (2007) cituje i starší autory, kteří uvádějí, že jde o dobu před prvními důkazy existence života. V tomto případě, ale nastává problém určit co je důkazem existence života.

V dnešní době již neexistují žádné horniny či skály z prvních 500 milionů let. Výzkumy proto hledají cestu skrze krystaly minerálů, které mají schopnost do své struktury zabudovat částice radioizotopů (uran nebo hafnium), ale ne rozpadový produkt, jako olovo. Pomocí analýzy poměru výchozích radionuklidů ve struktuře zirkonu a produktu rozpadu olova je umožněno

s vysokou přesností určit stáří minerálu či horniny. Takovým vhodným minerálem pro datování jsou zirkony. Jsou to krystalky  $ZrSiO_4$ , pro které je typickou vlastností i jejich trvanlivost a odolnost. Další zkoumání zirkonů poskytlo například důkazy o existenci oceánů na Zemi už před 4,2 miliardami let, díky přítomnosti izotopům kyslíku. Poukazuje se zde na chemickou změnu původních hornin působením vody v kapalném stavu. (Wilde S.A. a kol. 2001).

Určit přesné stáří planety není snadné, protože vznikala různými kombinacemi nárazů planetárních objektů. Ale můžeme určit rychlost, jakou planeta přibližně rostla na základě předpokladů o stupních promíchávání hmoty a následnému dosažení rovnovážného stavu jakmile došlo ke splnutí. Tento čas růstu můžeme definovat poměrně přesně a to díky tzv. chondritům. Chondrity jsou jednou z nejběžnějších forem meteoritů, které na Zemi v průběhu její existence a vzniku přistávaly. Ony představují majoritní část částic, prachu a dalších nečistot, které dávaly planetě růst (Zahnle K. a kol. 2007). Jejich samotným shlukováním také vznikaly planetesimály, které tvořily samotný základ planet.

Pro vznik života byly důležité také podmínky samotné Země. Například Sleep N.H. a kol. v roce 2012 svým výzkumem poukazyval na skutečnost, že oceánské dno (kůra) existovalo již před 4,4 – 4,2 miliardami let. Důležitou roli hraje tektonika a dynamika zemských litosférických desek, kde hlavní vliv má tzv. Wilsonův cyklus. Podle výzkumů Dhuima B. a kol. v roce 2012 díky tomuto cyklu došlo k tomu, že minerální inkluze uložené v diamantech a zirkonech, které jsou nejstarší, jsou uloženy nejhlouběji. Postupně se z vrstev zemského pláště dostávaly až do kontinentální kůry. Wilsonův cyklus odstartoval růst kontinentální kůry, její rozvrstvení a uložení minerálních inkluzí. Wilsonův cyklus se značně podílel na tvorbě pevninské kůry mladší 3 miliard let, od doby kdy se podle výzkumu měl spustit (Shirey S.B., Richardson S.H. 2011).

Pevninská kůra vzniká společně se samotnou planetou, ale oceánská kůra vzniká a zaniká neustále. Jde zejména o oblasti oceánských rýh, kde se ze zemského pláště vynořuje nový materiál pro stavbu kůry, starší oceánské dno se posouvá a v jiném místě se zase podsouvá pod kontinentální desku a zanořuje se opět do vrstvy pláště. Tento cyklus tvoří systém, kde se cirkulují a recyklují živiny a látky z kůry a pláště. Oblasti rýhy jsou pro nás důležitou oblastí. Vzhledem k vysokým teplotám a tlakům zde s přítomnou oceánskou vodou dochází k reakcím a přeměnám. Část vody se začleňuje do struktur vznikajících hornin a reaguje s nimi, zbylá část se zpět vrací do oceánu a bere sebou z hornin různé látky jako soli manganu, železa, sulfidy, metan i vodík. Význam spojení povrchu Země a vrstev pláště skrz cyklus oceánské kůry hraje významnou roli v hledání původu života na planetě (Wilson J.T. 1968; Bleeker W. 2003; Burke K. 2011).

Kromě geologických vlastností Země jako místa pro vznik života hraje důležitou roli i okolní atmosféra a její vývoj. Existuje několik výzkumů této problematiky a s ní spojených i několik teorií na vznik a vývoj samotné atmosféry.

Mezi základní alternativní teorie patří vznik primární atmosféry na základě složek a podmínek při vzniku samotné planety Země ze sluneční mlhoviny (Zahnle K. a kol. 2010), sekundární pak například vlivem odplynění z kondenzovaných látek okolo planety během jejího chladnutí. Jak jsem již uvedla, tak primární atmosféra je tvořena především z plynů, které se uvolnily ze sluneční mlhoviny (Hayashi C. a kol. 1979; Lewis J.S., Prinn R.G. 1984; Ikoma M., Genda H. 2006). Tyto plyny byly zachyceny pomocí gravitačních sil vznikajících planetesimál nebo protoplanet. Mezi takto zachycenými plyny byl především vodík,  $H_2$ , který je i dnes nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru. Dalšími plyny byly sloučeniny vodíku jako voda, metan nebo amoniak. I v dnešní podobě naší Sluneční soustavy můžeme takovéto typy atmosféry pozorovat u planet jako Jupiter, Saturn, Uran nebo Neptun. Jakmile zmizí sluneční mlhovina, tak se s ní spojená primární atmosféra začne pomalu také vytrácet. Ještě před tím než se celá primární atmosféra vytratí, může na povrchu planety zanechat nějaké stopy, jako například se podílet na stavbě samotné planety v podobě některé ze složek. Typickým příkladem jsou dusíkaté látky nebo jednoduché nitridy, původně v primární atmosféře syntetizovány a následně vysráženy v pevné podobě na povrchu planety (Zahnle K. a kol. 2010).

V sekundárním modelu atmosféry se jednalo o plyny a látky produkované během růstu planety. Jde hlavně o látky vypouštěné z kondenzovaných těkavých nosných materiálů. Výzkum Browna H. (1949) dokázal vztah mezi přítomností těkavých plynů (např. vzácné plyny) na Zemi a v okolním vesmíru. O vzácných plynech bylo zjištěno, že na samotné planetě je jich velmi malé množství oproti ostatním prvkům (Aston F.W. 1924). Bylo to vysvětleno jako jejich vyčerpání během růstu planety právě díky jejich těkavým vlastnostem. Přesto se některé ze zásob těchto plynů na planetě uchovaly ve vrstvách zemského pláště, jako například Xe v podobě  $Xe \cdot 6H_2O$  nebo  $Xe \cdot CH_4$ . Vlastně se zachovaly všechny vzácné plyny, ale ve velmi malém množství, některé dokonce vznikají radioaktivním rozpadem dodnes.

Další důležitý faktor je přítomnost vody na Zemi. Dnes víme, že oceán, kde podle výzkumů vznikl život, zabírá přibližně 70 % povrchu planety. Otázkou je, kde k takovému množství vody zrovna naše planeta přišla. Současné výsledky se shodují, že planetesimály byly majoritně bez vody, protože příslušná sluneční mlhovina měla příliš vysoké teploty na to, aby tam vydržely i třeba kusy vody ve formě ledu. Dnes již víme, že se planeta s postupem času ochlazovala a podmínky pro přítomnost vody na Zemi se zlepšovaly (Sleep a kol. 2001). Jednou z variant, jak se voda dostala na zemský povrch, jsou meteority. U těch byl zjištěn poměr

deuterium/vodík o hodnotách, které jsou přibližně stejné, jako mají dnešní oceány. Tato informace vede k předpokladu, že tato varianta zisku vody je vysoce pravděpodobná (Kasting J.F., Catling D. 2003). Voda se dále na planetu dostávala v období bombardování asteroidy, či během dopadů komet z oblasti Uranu a Neptunu. Pro některé autory jsou komety dokonce hlavním zdrojem vody na Zemi (Delsemme A.H. 2001). Každopádně převážná část vody přišla na Zemi z rozptylu na vodu bohatých těles z okolí Sluneční soustavy.

Většina současných modelů rané planety Země však říká, že časná podoba atmosféry byla tvořena téměř čistým oxidem uhličitým.

#### **2.2.4. Fosilní a molekulární záznamy**

V této podkapitole uvádím některé z fosilních a molekulárních záznamů, které poukazují na podmínky a cesty jakými mohly vznikat život na Zemi.

Do dneška není přesně známo, v jaké době se na planetě poprvé objevily struktury, které by měli charakteristické vlastnosti živých soustav. Zároveň to ale může souviset s tím, že jsme stále nebyli schopni přesně nadefinovat co už živé je.

Jako nejstarší fosilní záznam existence života jsou považovány řetízkovité útvary sinic z výbrusů nerostu opálu starého přibližně 3,5 miliard let (Schopf J.W. 1999).

Z mikrofosilií, odhadované stáří kolem 3,5 miliard let a konstrukčně značně složitých, se dá předpokládat, že tyto „složitosti“ vyžadovaly poměrně dlouhou dobu na vývoj. Tudíž dedukcí můžeme existenci prvních „životaschopných“ struktur posunout ještě o kousek dřív. Je tedy potřeba dohledat minerální látky, ve kterých zůstaly zachovalé geochemické důkazy o biotické aktivitě, a zároveň jsou tyto minerální látky odolné metamorfóze (přeměně), protože by důkazy tyto změny nevydržely (Mojzsis S.J. a kol. 1996). Těmito vlastnostmi jsou typické již výše zmíněné zirkony. Ve východním Grónsku byly nalezeny horniny, u kterých bylo určeno stáří na 3,8 miliard let. V nich byly nalezeny zirkonové struktury, jejichž stáří bylo určeno dokonce na 4 miliardy let. Dalším podobným nálezem je útvar nalezený na blízkém ostrově Akilia a jeho pravděpodobné stáří je odhadováno na 3,85 miliard let. (Mojzsis S.J. a kol. 1996). Dále Nemchin (2008) datuje stáří nalezených zirkonů s inkluzemi grafitu a diamantu na 4,25 miliard let.

Uhlík, jakožto nejdůležitější prvek organických látek (potažmo živých struktur), se v poměrně velkém množství vyskytuje už v materiálech datovaných v období archeanu. Nacházíme ho v materiálech jako podzemní puklinové horniny, mělkých a sublitoriálních pískovcích nebo v pyroklastických částicích. (Tice M.M., Lowe D.R. 2004; Brasier M.D. a kol. 2005).

Nebudu zabíhat v jednotlivých výzkumech do zbytečných podrobností, ale obecně lze říct, že obory (v tomto případě hlavně geologické) získávají z jednotlivých výzkumů informace, které nám pomáhají lépe pochopit raná stádia vývoje planety Země a současně z nich dnes můžeme čerpat závěry o podobě a vývoji buněčného života. Množství vulkanických hornin a hydrotermálních oblastí datovaných více než 3,5 miliard let a příslušné výzkumy v těchto oblastech, by mohly podpořit teorii, že hypertermofilní buněčné organismy patřily mezi nejčastější první životní formy (Brasier M.D. a kol. 2006).

V současnosti jsou nejstarší důkazy o existenci života ve fosilních záznamech z mořského prostředí datovány na 3,5 miliard let (Schopf J.W. a kol. 2007; Battistuzzi F.U. 2009; Hedges S.B. 2009), zatím co existence života na souši se v dnešní době odkazuje na výzkum stáří půdy v oblastech jižní Afriky na stáří 2,6 miliard let (Watanabe Y. a kol. 2000). Dokonce je studie, kde jsou popisovány účinky UV záření na pozemský život, a ta naznačuje, že osídlení oblastí bylo možné, ještě než byla v atmosféře vytvořena ochranná ozonová vrstva (Cockell C.S., Raven J.A. 2007).

Pokoušet se interpretovat datování zkamenělin od počátku nebo diversifikovat buněčný život je i dnes stále ještě velmi obtížné. Zkoumání fosilních záznamů není jediná cesta jak se dozvědět víc. Využíváme i metod, kde sledujeme molekulární záznamy, genetické spojitosti apod. K výzkumu molekulárních záznamů se využívají i metody typu hledání posledního univerzálního společného předka (LUCA). Jedná se o buněčný typ, který měl být základem pro všechny linie forem života na Zemi. Dále se takto mohou zkoumat předchůdci jednotlivých domén živých organismů. Jednotlivé výzkumy tohoto typu zakládají své závěry na rekonstrukcích rodových sekvencí, které existují. Přesně modelují a skládají možné evoluční kroky v jednotlivých liniích organismů. Ve výsledku byl pro každý probraný soubor dat či rovnou celý fylogenetický strom vyvozen závěr v podobě dvou dělicích se větví Archaea a Eukarya. Mezi další klíčové závěry můžeme zařadit předpoklad, že byl LUCA hypertermofilním organismem; že společní předci Archaea, Bacteria a Eukarya jsou odhadováni na termofilní či hypertermofilní (Bousau B. a kol 2008). U teorie LUCA jsou dnes už pevně položené základy a je minimální pravděpodobnost, že by se od této teorie upustilo.

Samozřejmě i v současnosti se provádějí další a další výzkumy a experimenty. Pořád se zkoumají potenciální fosilní záznamy, molekulární záznamy a tak podobně. Z těch záznamů co máme, můžeme v těchto dnech vyvozovat teorie a možnosti jak, kdy nebo v jaké podobě mohli vznikat první živé formy na planetě.

Mezi aktuálně studované fosilie patří struktury jako stromatolity či bakteriální povlaky, které obsahují materiál známý jako kerogen. To je soubor organických molekul, které tvoří

přeměněné zbytky primitivních, pradávných živých forem (Nutman A.P. a kol. 2016; Knoll A.H. a kol. 2016). Další aktuálně objevenou fosilií je záznam mnohobuněčných eukaryot datovaných na 1,56 miliard let. Tento nález je ještě otázkou zkoumání a informace z něho nejsou potvrzeny ani nijak uceleny (Zhu S. a kol. 2016).

### **2.2.5. Vznik organických molekul**

V této části literární rešerše se budu zabývat kroky, které vedly ke vzniku jednotlivých základních organických komponent. Myslím, že tato kapitola je jedna z nejdůležitějších v této práci a to hlavně proto, že zde budu uvádět teoretické postupy a cesty vedoucí ke vzniku základních stavebních kamenů, organických látek, které mohly tvořit první buněčné formy života.

Organické sloučeniny byly pro výzkum mnohem složitější molekuly než sloučeniny anorganické, především z hlediska jejich syntézy. Triviální teorie přišly už v 18. století, ale jedním z prvních důležitých mezníků bylo až v 19. století, kdy J. Sachs prezentoval schopnost rostlin asimilovat CO<sub>2</sub> na cukr. Dalším příkladem počátku mimo Oparina, Millera či Ureyho (viz výše) je i také už zmíněný pokus Wohlera (1828) s produktem močovinou. Zde byl ale už zmíněný problém s rozlišením organické a anorganické sloučeniny. Množství a druhy aminokyselin vzniklých v experimentech inspirovaných Millerem a Ureyem byly ovlivněny samozřejmě experimentálními podmínkami i jednotlivými analytickými postupy. Nízký výtěžek aminokyselin, byl pravděpodobně způsoben výsledkem oxidace příslušné organické sloučeniny během zpracování směsi elektrickým výbojem. Přidáním oxidačních inhibitorů do původních reakcí, se získalo až stokrát více aminokyselin než v původním experimentu (Cleaves H.J. a kol. 2008). Ze závěru tohoto experimentu naznačují, že primitivní oceánská chemie mohla být nakonec také významným aspektem endogenní organické syntézy. Tento fakt vyvolal reakci, kdy se začaly hledat alternativní cesty k získání dalších zdrojů organických sloučenin jako například hydrotermální průduchy nebo exogenní dodávky organického materiálu.

Elementární uhlík je znám v několika podobách. Všechny jsou velmi stabilní a je velmi složité ho zpracovávat. Reaguje v přítomnosti silných oxidačních činidel a při dodání dostatečné energie, kdy zreaguje na sloučeniny jako metan a jiné uhlovodíky. Známe formy elementárního uhlíku jako grafit, diamant nebo materiály jako uhlíkaté „sítě“ typu grafeny a fullereny. Takovéto podobné „sítě“ vznikají ve vesmírném prostoru a zde vlivem přítomného kosmického záření dochází k jejich změnám za vzniku polyaromatických uhlovodíků (Kwok S. 2004). Dnes na Zemi najdeme druhy koenzymů nebo heterocyklických sloučenin je těmito strukturám velmi podobná. Otázkou je zda mohly být tyto struktury samy za primitivních podmínek vytvořeny

přímo na planetě nebo se na Zem dostaly z vesmírného prostředí, aniž by během cesty na povrch neshořely nebo se nějak nepoškodily.

Další důležitou sloučeninou je oxid uhličitý. Aby nám mohl být nějak přínosný pro hledání původu organických látek, je potřeba extrémních podmínek jako jsou teplota, tlak či přítomnost oxidačních činidel. Za těchto podmínek vznikají uhlovodíky, oxid uhelnatý. Z  $\text{CO}_2$  vznikají tyto látky také v rámci vulkanických vývěřů (viz dále *serpentizace*).

K tvorbě organických sloučenin je potřeba množství energie, která dá složky dohromady. V dnešní době je, ať už přímou nebo nepřímou cestou k volné energii, fotosyntéza, skrze kterou některé organismy využívají sluneční světlo, aby volnou energii získaly. Fotosyntéza zde nebyla od počátku existence živých forem, tyto formy si musely volnou energii získávat jinými způsoby. Tabulka č. 1 uvádí seznam možných zdrojů energie v rámci možností planety Země (Miller S.L., Urey H.C. 1959). Z tabulky je očividné, že hlavní podíl tvoří sluneční energie. Největší podíl na celkové sluneční energii má UV (ultrafialové) záření. Tvoří důležitou část volné energie, jež byla přínosem pro syntézu organických sloučenin, proto je v příslušné tabulce bráno individuálně vedle celkové sluneční energie. Jeho konkrétní, přímé účinky je třeba ještě prozkoumat a zaslouží si tak další vyšetřování. Pomocí UV záření dokázal Bahadur (1954) syntetizovat aminokyselinu serin nebo například Pavlovskaya a Passynsky (1958) dovedli nasyntetizovat některé další aminokyseliny.

V tabulce jsou jednotlivé vlnové délky UV záření (označované písmenem  $\lambda$ ) rozděleny celkem do 3 kategorií ( $< 2500 \text{ \AA}$ ;  $< 2000 \text{ \AA}$ ;  $< 1500 \text{ \AA}$ , kde  $\text{Å}$  je jednotka angstrom;  $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Spektrum záření je takto rozděleno na základě množství energie, kterou poskytuje jako volnou energii pro vznik organických molekul. Každá ze skupin vlnových délek jsou absorbovány jinými látkami. Například  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  či  $\text{CO}_2$  jsou schopni absorbovat záření o vlnových délkách pod  $2000 \text{ Å}$ , ale u složitějších molekul se hodnoty absorpce mohou pohybovat až na  $2500 \text{ Å}$  či větší.

Radioaktivní energie se projevovala v minulosti mnohem více než v dnešní době. Většina této radioaktivní energie byla vynaložena na vzhled a vlastnosti pevných materiálů jako jsou například původní horniny. Elektrický náboj měl určitě význam jako zdroj volné energie, ale měl větší účinnost nad oceánem než nad pevninou. Význam elektrického výboje byl již popsán Millerem a Ureym (viz výše). Sopečná aktivita je také zdrojem volné energie, ale její dostupnost byla a je velmi omezena, zejména protože tepelná energie lávy je k dispozici pouze krátkou dobu, než materiál vychladne. Je to velmi malý, ale významný příspěvek k evolučnímu procesu zdroje volné energie. Kdo svým výzkumem podpořil hypotézu o vzniku života v oblasti podmorských sopek a v horkých vrstvách zemské kůry, byl například T. Gold (1982) jež se

zabýval studiiemi o možnostech vzniku života ve vypouklínách či vrstvách zemské kůry v hloubce až do 10 kilometrů. Samozřejmě dnes už známe aktualizovanější tabulky zdrojů energie, ale výchozí byly tyto informace.

Tab. č. 1 - Současné zdroje energie zprůměrované na Zemi

Zdroj	Energie / cal cm <sup>-3</sup> yr <sup>-1</sup>
<b>Celkové záření ze Slunce</b>	260 000
<b>Ultrafialové záření</b>	
→ λ < 2500 Å	570
→ λ < 2000 Å	85
→ λ < 1500 Å	3,5
<b>Elektrický výboj</b>	4
<b>Kosmické paprsky</b>	0,0015
<b>Radioaktivita (do hloubky 1,0 km)</b>	0,8
<b>Sopky</b>	0,138

Převzato z Miller S.L., Urey H.C. 1959.

Mezi nejaktuálnější výzkumy bych zařadila práci Feruse a kol. (2015), kde popisuje vliv energie, uvolňované během bombardování planety, měl význam při syntéze nukleosidů z jednoduchých látek jako formamid. Tím došlo k vytvoření důležitých prekurzorů forem života. Dalším byl v roce 2016 Meinert , který při simulaci podmínek na kometě a před-kometárním ledu ve směsi organických složek objevil ribózu a další cukerné látky. Takto mohly příslušné organické sloučeniny vznikat a dále se navzájem slučovat, ale nemluví se zde o tvorbě metabolických drah, uložení dědičných informací a jiní předchůdci buněčných forem života.

Jedna z aktuálních a významných cest k původu života popisují Russell M. a Martin W. (2007; Russel M. a kol. 2015). Popisují cestu k původu života skrz teorii zvanou „metabolism first“. Zabývá se i dynamikou planety v raném období a jejím vlivem na zrod života. Popisují struktury, které vznikají na rozhraní zemské kůry a oceánské hydrosféry. Jedná se o dynamiku oceánské kůry (viz výše), musíme zahrnout i její chemické a osmotické potenciály.

Další cestu, kterou zde budu popisovat je tzv. *serpentinizace*. Je to proces, který můžeme pozorovat na vyvěřelinách zemského pláště během výstupu lávy v místech oceánských hřbetů. Proces popíšu na hlavní hornině zemského pláště peridotitu. Je to směs silikátů, kde je vysoký podíl železa a hořčíku. Jednou ze složek je olivín (silikát železnato-hořečnatý). Serpentinizace je popsána jako přeměna olivínu na serpentín při styku chladnoucí vyvěřeliny s kapalnou vodou. Na základě okolních podmínek a složení horniny se produkují i metan (v přítomnosti CO<sub>2</sub>), vodík a sulfan. Z metanu v okolním anoxickém prostředí byl možný vznik dalších organických látek.

Voda, která proudila dutinami horniny, se během proudění, nasýtila různými látkami z horniny a nakonec vyvěrala na povrch. Tam se voda ochlazovala a došlo k vysrážení hmoty o velkém povrchu a v jejích pórech docházelo k různým organickým syntézám. Vytvořila se nám primitivní „membrána“, v jejímž vnitřním prostředí probíhají organické syntézy (Russell M. a kol. 2015; Sousa a spol. 2015). Sousa (2015) a další autoři v těchto hydrotermálních rozhraních jeden z prvních kroků k původu života.

Od vstupních látek těchto teorií, jako jsou  $\text{CO}_2$ , metan, metylfosfát, acetát, karboxyfosfát, fosfoester a dalších, vedou další syntézy až ke karboxykyselinám, aminokyselinám, purinům, pyrimidinům a mezi posledními i molekulám podobným RNA či samotné RNA (Russell M. a kol. 2015).

Další teorií, jak mohly vzniknout organické sloučeniny je tzv. protometabolismus/ „pyritová pizza“. Povrchy hornin či krystalů mohly v rané planetě sloužit jako systémy pro kanalizaci metabolických drah, jež mohly řídit syntézu organických sloučenin. Navázáním na konkrétní povrch se zredukuje množství některých reakcí, snížením stupňů volnosti reaktantů, které se mohly reakcí účastnit.

Jednu dobu byla velmi populární cesta přes jíly a šupinkové krystaly (Bernal J.D. 1955). Zde šlo o akumulaci různých organických i anorganických látek do mezivrstev, ale problémem byly nevyřešené otázky o propojení metabolických drah se zdroji energie apod.

Teorii protometabolismu navrhl G. Wächtershäuser (Huber C., Wächtershäuser G. 1997; 2006). Hlavní roli zde hrál nerost pyrit. Byla navržena možná fixace  $\text{CO}_2$  do organických látek prostřednictvím katalýzy na rostoucích horninách, zvláště pyritu. Povrch pyritu je kladně nabitý a proto může na sebe navázat záporně nabitě organické látky, jako jsou organické kyseliny, aminokyseliny nebo fosfoestery. Takovouto vazbou vznikne organokovový komplex. Díky uvolněné energii předané k navázaným organickým látkám, může systém vázat  $\text{CO}_2$  z okolí a výsledná látka je redukována na organickou látku o delším řetězci. Takto je popisována možná podoba primitivního obráceného citrátového cyklu, syntézy aminokyselin nebo mastných kyselin. Tato teorie se navzdory velkému množství výzkumů a experimentů potvrdit do dnes nepodařilo.

Závěry dále uvádějí, že před vznikem prvních forem života bylo okolní prostředí na planetě opatřeno velkým množstvím organických látek biochemicky významných, anorganických či organických katalyzátorů, látek purinového a pyrimidinového typu a různé membránotvorné materiály (Lazcano A. 2013).

Kromě endogenního způsobu vzniku organických sloučenin je třeba se zamyslet i nad možností exogenního způsobu. Organické látky z exogenního zdroje jsou vytvářené jako vedlejší

produkt „životního“ cyklu hvězd. V okolí hvězd se vytvářejí biogenní prvky jako uhlík, dusík, kyslík, síra či fosfor a vylučují se do okolního prostředí v hvězdných fázích novy, supernovy či červené gigantické hvězdy. Po vypuštění do okolí je příslušný materiál postupně upravován různými fyzikálními či chemickými procesy jako je UV zářením, bombardováním kosmickými paprsky nebo vlivem mezihvězdných rázových vln. Velká část z tohoto materiálu se shromažďuje do hustých molekulárních oblaků, ze kterých se tvoří nové hvězdy a planetární systémy (Ehrenfreund P., Charnley S.B. 2000; Deamer D.W. a kol. 2001). Experimenty prokázaly, že působení radiace slunečních paprsků vede ke složitějším molekulám (Ehrenfreund P. a kol. 2001). Mnoho z výsledných sloučenin byly přítomny také v meteoritech, kometárním a asteroidním prachu (Bernstein M.P. a kol. 2002; Munoz Caro G.M. a kol. 2002). U některých z nich je vysoká pravděpodobnost, že se podílely na původu života, jako jsou aminokyseliny a další materiál (Deamer D.W. a kol. 2001).

Problém může nastat s transportem exogenního materiálu na obyvatelnou planetu. Důležité je, aby materiál dorazil neporušený. Tedy je vyžadováno, aby přežil přechod z hustého oblaku, přes mlhoviny, planetesimály až k povrchu Země. Výpočty naznačují, že to možné je. Ukazují, že přežít náraz s planetární atmosférou mohl ten materiál uložený v kometách nebo meteoritech (Pierazzo E., Chyba C.F. 1999).

Ze všech úvah takto vychází, že jak endogenní i exogenní podíl organického materiálu, hrají významnou roli při vzniku organických látek a následně i živých forem. Zároveň hrají roli podmínky, za jakých se jednotlivé částice spojují ve stavební organické molekuly. Ač se zdá, že už toho víme poměrně hodně a vzniku samotných organických částic, přesto je stále třeba dalších výzkumů a experimentů. Velký potenciál dnes mají, z nejaktuálnějších teorií syntézy organických sloučenin, teorie serpentinizace nebo protometabolismu.

### **2.2.6. Vznik buněčných forem života**

V této podkapitole literární rešerše budu svým způsobem navazovat na kapitolu předešlou. Zde se budu zabývat závěry výzkumů na tematiku vzniku samotných forem života buněčných forem.

V předešlé kapitole jsem shrnula poznatky a experimenty o vzniku a původu základních organických látek a sloučenin. Ale postup od organických látek k samotným formám života v podobně základní stavební a funkční jednotky života, buňky je otázkou této části práce.

Příkladem primitivního buněčného života je druh bakterie *Desulforudis audaxviator*. Tato bakterie byla nalezena při průzkumu Chiviana v roce 2008, které se zabýval teplým vodním zdrojem v dole v hloubce asi 3 km. Ve vodě byly rozpuštěny látky jako sulfáty, CO<sub>2</sub>, soli železa

nebo manganu. Právě v této vodě se tato bakterie nacházela. Ukazuje to na to, že se v takových podmínkách dalo přežít. Otázkou však je, jestli se dnešní organismy na tyto podmínky pouze aklimatizovaly nebo to je podoba prostředí, kde i rané primitivní buněčné formy života mohly přežít.

Jak už jsem uvedla výše, tak mezi první uznávané důkazy existence života jsou struktury řetězkových sinic se stářím 3,5 miliard let (Schopf J.W. 1999; Schopf J.W. a kol. 1983; Schopf J.W. 1992). Dalším takovým jsou také už zmíněny stromatolity datované před 3,7 miliardami let (Nutman A.P. a kol. 2016).

Dnešní buňky nevznikají de novo, ale rodí se už z existujících buněk. Existuje několik možností jako dělení či oplození (splynutí). Buňka je systém, který je schopný replikace (replikovat všechny své součásti). Zároveň je schopna uchovávat si určitou „paměť“ a zkušenosti.

Důležitou složkou buňky, aby mohla fungovat a existovat je hranice, která tvoří rozhraní od okolí. Pro dnešní buňky má takovou funkci cytoplazmatická membrána. Její další funkce je i výměna látek s vnějším okolím. Dnešní membrány mají strukturu lipidové dvojvrstvy. Podoba primitivních membrán je teoreticky popisována jako soubor jednoduchých mastných kyseliny nebo látek na bázi izoprenových derivátů (Ourrison G., Nakatani T. 1994). Z fosilních důkazů je patrná existence těchto izoprenových derivátů, ale nebyla k nim prokázána žádná syntetická dráha. Příslušné mastné kyseliny a další organické složky měly schopnost se samy spojit v příslušné primitivní membrány (Deamer D.W. a kol. 2001) a vytvořily tím struktury nazývané vezikuly. Podle laboratorních simulací se ukázalo, že tyto vezikuly měly schopnost zachytit a koncentrovat makromolekulární látky (Deamer D.W. a kol. 2001).

Dnešní buněčné membrány obsahují dále struktury jako transportní kanály, proteiny a jiné podobné. U primitivních membrán se tyto struktury nevyskytovaly. Tím pádem nastává otázka, jak „buňky“ získávaly přístup k živinám nebo jak vyměňovaly látky s okolím. První z možností je, že primitivní membrány byly více propustné samy o sobě. Příkladem je výzkum, kdy bylo zjištěno, že snížením délky řetězce lipidové dvojvrstvy z 18 uhlíků na 14, dojde ke ztenčení membrány a propustnost se zvyšuje až o tři řády (Paula S. a kol. 1996). Takovéto membrány, které měly relativně krátké délky, mohly zachytit a koncentrovat potřebné makromolekuly a zároveň poskytovat přístup iontovým živinám, rozpuštěných v okolní vodní fázi. Později se začaly vyvíjet primitivní „dopravní“ systémy v podobě polymerních směsí, které můžou proniknout do lipidové dvojvrstvy a poskytnout tak funkci kanálu (Deamer D.W. a kol. 2001).

Jednou z teorií vzniku buněčných struktur života, byla cesta přes nukleové kyseliny RNA, DNA. Pravděpodobně je mezi nukleovými kyselinami RNA evolučně starší než DNA. Pro mocnou většinu se stala genetickým materiálem DNA a především díky své chemické stabilitě. Takové hypotézy podporují autoři jako Jaroslav Fleger (2009). Důkazy jako takové jsou ale značně nepřímé. Je to způsobeno nedostatečným stářím vzorků DNA. Výzkumy Vreelanda R.H. a kol. (2000) nebo Fishe S.A. a kol. (2002) se nálezy vzorků DNA a jejich stářím zabývají.

Některé z experimentů došly k závěrům, že nukleové kyseliny mohly být prvními molekulami, které se spontánně vytvoří samy. Měly schopnost se samy kopírovat, až bychom mohli říct „reprodukovat“, bez šablony. Mohly být obklopeny jakousi membránou tvořenou mastnými kyselinami. Ani v dnešní době není známo jak se přesně život z „neživé“ hmoty vyvinu, ale průběžné výzkumy nám to mohou pomoci alespoň přiblížit (Ricardo A. Szostak J.W. 2009).

V 60. letech se po objevení genetického kódu rozvinulo studium ribonukleových kyselin, jež mohou být kopírovány a zároveň mohou mít schopnost vytvářet struktury typů proteinů. Následně došlo k objevu ribozymů, začaly se studovat tyto struktury i podmínky, ve kterých mohla probíhat jejich vlastní replikace.

V závislosti na těchto událostech se souvisle zrodila představa tzv. Světa RNA (Eigen M. 2013). Základem této myšlenky je předpoklad, že struktury složené z různých molekul RNA. Celkově však plní veškeré hlavní funkce buněk a předpokládá se, že právě tyto struktury měly být předchůdci buněk, kde byly funkce už rozděleny na informační a výkonné (dnešní buňky se systémem proteinů a DNA). Výzkumy prokázaly, že složky, kterými je struktura RNA tvořena, byly přítomny na Zemi za raných stádií vývoje. Jedná se o tři základní stavební části RNA → ribosa, fosfor a nukleobáze (Ricardo A. Szostak J.W. 2009).

O výzkumech a problémech této teorie pojednávají práce autorů Robertson M.P. a Joyce G.F. (2012), Blain J.C. a Szostak J.W. (2014). Robertson M.P. a Joyce G.F. (2012) jsou přední autoři, kteří se na této teorii podíleli a uvedli celkem osm podmínek, které je potřeba splnit, abychom se cestou této teorie dopracovali k „původní“ syntetické buňce. Během výzkumů a experimentů se podařilo do současnosti splnit pouze tři z nich.

1. Kopírování templátu RNA, i když nukleotidy ne vždy dodrží propojení 3' konce a 5' konce .
2. Oddělení templátu a nově syntetizovaného dceřiného vlákna bez použití vysokých teplot.
3. Najít podmínky, za kterých kovové ionty (hlavně  $Mg^{2+}$ ), které jsou potřebné k replikaci, neničí současně „protocely“ ani samotné řetězce.

Další podmínky prozatím splněny nebyly, ale v některých případech jsou v dnešní době náznaky jejich řešení.

S teorií „Světa RNA“ souvisí i Eigenův model (2013) tzv. hypercyklus. Je to model protocely složené pouze ze dvou složek, ribozymů a templátů RNA. Model se neustále vylepšuje a dále zkoumá. Do dnešní doby se ho však sestavit nepodařilo. Funguje zde ribozym RNA jako molekula, která má schopnost vytvářet, z dostupných přítomných potřebných prvočinitelů, sesterské molekuly. Systém si vyžaduje existenci membrány, která kontroluje množství přijímaných a vydávaných složek s vnějším prostředím.

Teorie „Světa RNA“ je v současnosti velmi populární a rozšířena. Předpoklady této teorie do sebe velmi logicky zapadají. Na druhou stranu je s ní ještě spojeno mnoho nevyřešených problémů a překážek. To může vést k jejímu zavržení.

V ideálním buněčném modelu by byla samotná polymeráza reprodukována na základě genetických informací v nějaké buněčné šabloně tak, že je ve výsledku celý systém schopen růstu a vývoje. Samotný přístup k vývoji jednotlivých modelů primitivních buněk by nám měl pomoci porozumět evolučnímu postupu, jenž vedl k prvním formám buněčného života (Deamer D.W. a kol. 2001).

### **2.3. Přehled učiva tematického okruhu ve vybraných učebnicích biologie**

Samotnému rozboru učiva obsaženého ve výukových materiálech musel předcházet jejich výběr. Pro výběr učebnic jsem zvolila následující postup:

- V knižním fondu Středočeské vědecké knihovny v Kladně, která je podle zákona č. 37/1995 Sb. o neperiodických publikacích ve znění zákona 320/2002 Sb. o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů jednou z knihoven, která je povinným příjemcem všech neperiodických publikací, jsem vyhledala učebnice a knihy, které by svojí povahou a obsahem výuce tématu vyhovovaly. Zapojila jsem i seznam didaktické literatury v rámci Národní pedagogické knihovny Komenského v Praze. Oba dva seznamy jsem porovnála.
- Provedla jsem výběr min. 30 středních škol gymnazijního typu ve středočeském kraji a Praze
- Ze školních internetových stránek jsem získala kontakty na pedagogy vyučující předmět biologie
- Na takto získané kontakty jsem rozeslala jednoduchý dotazník s následujícími otázkami:
  - Jaké učebnice využíváte při výuce tématu "Vznik života na Zemi"?

- Využíváte při výuce tohoto tématu také další výukové materiály? Pokud ano, tak prosím uvést jaké.
- Stanovila jsem si podmínku, že pokud nebude ze strany oslovených pedagogů škol požadavek na dotazníkové otázky zodpovězen, zařadím do výběru učebnice ty, jež jsou v příslušné škole uvedeny v seznamu, který mají školy uvedeny na svých internetových stránkách. Bohužel většina z oslovených pedagogů na můj požadavek o příslušné informace vůbec nereagovala. Z 60 obeslaných pedagogů na 34 gymnáziích reagovalo na moji prosbu o zodpovězení dotazů pouze 6 pedagogů a z toho ještě jedna velmi negativně.

Na základě vlastního šetření dle výše uvedeného postupu jsem získala přehled o tom, které učebnice a částečně také další pomůcky jsou při výuce problematiky „Vznik života na Zemi“ v rámci předmětu biologie na gymnáziích využívány. Průzkum jsem prováděla na náhodně vybraných školách v rámci Středočeského kraje a Prahy. Školy byly všechny gymnázia. Zaměřila jsem se na středoškolské učitele biologie, někteří byli i v kombinaci s aprobací chemie.

Ze zjištěných informací soudím, že učebnice slouží převážně jako pomůcka a jsou doplňovány některými prezentačními materiály samotných pedagogů. Výsledek šetření je přehledně uveden v tabulce v příloze.

Je nutno také zmínit, že podle Katalogu požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky z Biologie, který je platný od školního roku 2009/2010, odstavce 1.5, by měl student mimo jiné dokázat také „*porovnat významné hypotézy o vzniku života a vývoji organismů*“. V rámci nové koncepce maturitní zkoušky je však Biologie zařazena mezi nepovinné zkoušky společné části maturitní zkoušky, které absolvují pouze výjimečně studenti, kteří mají dále zájem pokračovat ve studiu tohoto oboru na některé z vysokých škol přírodovědného, lékařského či zemědělského zaměření.

Z tohoto důvodu není diskutované části učiva věnována, v rámci běžného vyučování vždy nevyšší priorita, ale je to spíše záležitostí rozšiřujícího studia v rámci kroužků biologie.

Na základě výsledků šetření, které jsem prováděla v knihovně nebo přes komunikaci s dotazovanými středoškolskými učiteli, byly pro účely BP k rozboru obsaženého učiva do výběru zařazeny následující učebnice:

Jelínek J., Zicháček V., 2002, 2014: Biologie pro gymnázia 579 s, Nakladatelství Olomouc

Kubišta V., 1992, 2000: Obecná biologie pro gymnázia 103 s FORTUNA

Kislínger F. et al., 1995: Biologie V. Gymnázium Klatovy.

Hančová H., Vlková M., 2008: Biologie v kostce pro SŠ. 176 s. FRAGMENT

Kvasničková D., 1997, 2001, 2004, 2013: Základy biologie a ekologie. 128 s. FORTUNA

Chalupová-Karlovská V., 2004: Obecná biologie. 206 s. Nakladatelství OLOMOUC

Ostatní učebnice uvedené v tabulce č. 1 jsem dále nerozebírala, protože tématem vzniku a původu života se vůbec nezabývaly nebo jen okrajově. Můj výběr učebnic samozřejmě nemohu brát, tak že by přesně stejný výběr odpovídal všem krajům v České republice, ale vzhledem k seznamům učebnic v knihovnách, ve kterých jsem vyhledávala si myslím, že se v dosti případech budou s danými materiály shodovat.

### 2.3.1. Biologie pro gymnázia, Nakladatelství Olomouc

tato učebnice je dle výsledků průzkumu jednou ze dvou nejužívanějších. Nejaktuálnější vydání je z roku 2014 a učebnice byla schválena MŠMT. Učebnice svým rozsahem látky pokrývá celé učivo gymnázia. Vzniku života na Zemi se věnuje ve *Vybraných kapitolách z obecné biologie*.

- stručně a výstižně jsou zde popsány základní teorie o vzniku života na Zemi:
  - **Kreační teorie**, zastávající názor o náhlém vzniku života zásahem Boží síly. Jako zastánce této teorie v minulosti uvádí známé přírodovědce, např. C. Linné, J.B. Lamarck, R. Hooke. Mnozí dnešní zastánci kreační teorie uznávají evoluční myšlenky a řadí se tak do směru tzv. křesťanského evolucionismu. Učebnice zde uvádí jméno P. Teilhard de Chardin.
  - **Teorie samozplození**, pocházející z období starověkých filosofů a vycházející z předpokladu, že organismy vznikly přímo z neživé hmoty. Se zvyšující se úrovní poznání organismů byla tato idea přesouvána k nižším a nižším organismům. Francouzský chemik Luis Pasteur a jeho pokusy jsou zde pak uváděni jako důkaz, že ani mikrobi nemohou samovolně s neživé hmoty vzniknout.
  - **Teorie panspermická**, rozpracovaná na přelomu tisíciletí švédským chemikem S. Arrheniusem, vychází z předpokladu rozšíření života po celém vesmíru ve formě tzv. kosmozoí - zárodků, které se rozvinou do vyšších forem v případě dopadu na vesmírné těleso s vhodnými podmínkami pro život. K zastáncům teorie se řadí také spoluobjevitel struktury DNA H.C. Crick, který navíc připojil myšlenku, že pro vývoj života přímo na Zemi nebylo, vzhledem ke složitosti jeho genetického kódu, dost času.
- Velmi podrobně se pak učebnice zabývá **Teorií evoluční abiogeneze**, vycházející z předpokladu vzniku života **autochtonně** - postupným vývojem z neživé hmoty přímo zde na Zemi. V učebnici je zdůrazněn a podrobně popsán základní princip této teorie – jednotlivé fáze předpokládaného vývoje lze laboratorně modelovat za podobných podmínek, které v průběhu

vývoje na Zemi pravděpodobně existovaly. Zvyšující se úroveň poznání může být proto tato teorie neustále aktualizována.

- V učebnici jsou jednotlivé etapy procesu vzniku života členěny následovně:
  - **chemický vývoj / období vzniku jednoduchých organických sloučenin abiogenetickou cestou** – Učebnice se zde věnuje období, ve kterém docházelo ke vzniku organických sloučenin z anorganických tzv. abiogenetickou cestou. Jsou zde popsány probíhající procesy a předpokládané přírodní podmínky. Jsou zde uvedeny rovněž důkazní pokusy S. Millera a J. Ortó o tvorbě aminokyselin a dusíkatých heterocyklů a také pokusy S. W. Foxe, kterými prokázal možnost abiogenetického vzniku bílkovinných látek a jednoduchých nukleových kyselin. Jako poslední je zde uvedena myšlenka J.D.Bernala a možnosti vzniku podmínek pro průběh polymerací na jílovitých materiálech
  - **chemický vývoj / koacerváty a metabolony** – kapitola popisuje podmínky a okolnosti vzniku koacervátů. Doplnuje to informace o modelových pokusech A. Oparina a J.B.S. Haldana. V návaznosti na koacerváty pak vznik prvního termodynamického otevřeného systému – metabolonu. Tento vykazoval řadu vlastností jako předchůdce živých organismů, ale nebyla zde možnost autoreplikace
  - **biologický vývoj** – dlouhé období mezi metabolony a vznikem nejjednodušší buňky. To vše podmíněno postupným získáním schopnosti autoreplikace. Jsou zde popsány jednotlivé kroky tohoto procesu – vznik **prabuněk / eobiontů (protobiontů)**, probionty s postupně se vyvíjejícím se genetickým kódem. Je zde popisován postupný proces - vznik první RNA-polymerázy, replikace RNA-polymerázou, replikace prostřednictvím DNA, transkripce DNA do mRNA, translace mRNA do primární struktury bílkovin. Kapitola dále popisuje vývoj **praorganismů** ve vodě a končí navazujícím vznikem **prokaryotní buňky**.
- Jako nejnovější teorie je zde, v doplňcích vybraných kapitol z biologie, zmíněna **Goldova teorie** o možnosti vzniku života na Zemi v puklinách a povrchových vrstvách zemské kůry do hloubky 10 km. Podle autora teorie zde jako první vznikly při teplotách 120-150°C chemolitotrofní prokaryota. Hypotéza se opírá o nálezy živých mikroorganismů v naftových studních hlubokých několik kilometrů. Podle Golda totiž „ropa není biologický produkt pozměněný geologickými procesy, nýbrž naopak, geologické materiály značně pozměněné mikrobiálním životem. Goldova teorie tak podporuje hypotézu o abiogenetickém vzniku života v blízkosti podmořských sopek a hlubších vrstvách zemské kůry.

Učebnice se nezabývá vznikem vesmíru, Sluneční soustavy ani Země. Tedy tím co předcházelo vzniku života na Zemi, zejména teorii evoluční abiogeneze.

### 2.3.2. Obecná biologie pro gymnázia, FORTUNA

tato učebnice je dle výsledků průzkumu na gymnáziích jednou ze dvou nejužívanějších. Nejaktuálnější vydání je z roku 2010. Učebnice svým rozsahem látky pokrývá celé učivo gymnázia, vzniku života na Zemi se však v žádné kapitole nevěnuje.

### 2.3.3. Biologie V, Gymnázium Klatovy

je středoškolskou učebnicí, jejíž aktuální používání jsem zjistila pouze ve dvou Kladenských gymnáziích. Věnuje se základům obecné biologie (cytologie, genetika, evoluční biologie, biotechnologie, organizace a regulace živých soustav).

V kapitole 4.1. Vznik a vývoj Země:

se učebnice zabývá

- teorií velkého třesku o vzniku a vývoji vesmíru
- vznikem Země a Sluneční soustavy
- stavbou Země a jejím geologickým vývojem, který dospěl až k tvorbě podmínek vhodných pro vznik života,

V kapitole 4.2. Vznik života na Zemi:

- se učebnice dále zabývá názory na vznik života,
- stručně opisuje postupný vývoj historických názorů a teorií na vznik života:
  - **kreatizmus** – teorie o Božském stvoření života, uvádí spojení se jmény Linné, Lamarck, Cuvier
  - **eternizmus** – teorie o věčnosti života a jeho nekonečnosti. Učebnice zde uvádí Arrhenia, který je však spíše autorem navazující teorie **panspermie** o přenesení života z jiných planet
  - **samozrození** – teorie o vzniku vyšších organismů z neživé hmoty, uvádí Aristotela. Učebnice však postrádá zmínku o překonání teorie pokusy L.Pasteura.
- nejvíce se učebnice věnuje všeobecně nejuznávanější teorií **postupné abiogeneze** - kdy a kde vznikl život a dále pak se blíže zabývá 3 etapami procesu vzniku života:
  - **chemický vývoj** – abiotické období, ve kterém docházelo ke vzniku organických sloučenin z anorganických
  - **biochemický vývoj** – autoreprodukční/replikační období, ve kterém docházelo k vývoji makromolekul a jejich funkční specializaci
  - **biologický vývoj** – buněčné období, ve kterém vnikly první organizmy

- stručně jsou zde zmíněny také některé důkazní výzkumy z oblasti astrofyziky, paleontologie, chemie a biochemie

#### **2.3.4. Biologie v kostce pro SŠ, FRAGMENT**

užívání této středoškolské učebnice jsem zjistila ve 2 školách zahrnutých do průzkumu. Učebnice, koncipovaná spíše jako stručný přehled toho nejdůležitějšího z oboru biologie, obsahuje kapitoly z celého spektra biologie (obecná biologie, botanika, zoologie, biologie člověka, genetiky a ekologie). Jednotlivé kapitoly jsou ale daleko stručnější než v předcházejícím případě, jsou zde popsány pouze základní principy a schémata. V podstatě na 2 stranách formátu A5 heslovitě shrnuje rozsah učiva obsahově specifikovaný v učebnici – bod 2.2.3.

#### **2.3.5. Základy biologie a ekologie, FORTUNA**

Učebnice je MSMT schválena k zařazení do seznamu učebnic pro střední vzdělávání a je určena zejména středním školám. Pro široký záběr učiva (Co je život, Biologie člověka, Základy obecné biologie, Člověk a životní prostředí, Životní prostředí, Péče o životní prostředí), přehledné a názorné provedení, lze učebnici hodnotit velmi pozitivně. Pokud se však týká kapitoly věnované vzniku života, tak je zde pouze na jedné stránce velmi stručný a obecný popis.

#### **2.3.6. Obecná biologie, Nakladatelství Olomouc**

Učebnice prohlubuje běžné znalosti středoškolského učiva a svým užším zaměřením (biologická evoluce, biologie buňky a genetiky) je koncipována zejména jako pomůcka při přípravě na vysoké školy s nosným předmětem - biologie.

V kapitole „Vznik života“ se učebnice šířeji zabývá pouze teorií o autochtonním vzniku života na Zemi autorů J.B.S.Haldana a A.I.Oparina. Tuto teorii učebnice popisuje ve 3 samostatných kapitolách (chemický, biochemický a biologický vývoj)

### **3. Diskuse**

Tato kapitola je pro tuto bakalářskou práci klíčová. Zde budu provádět srovnání na dvou úrovních. Nejdříve porovnáím vybrané učebnice (viz kapitola 2.3.) mezi sebou navzájem, jaké oblasti učiva k danému tématu obsahují a neobsahují, jaké mají podle mě nedostatky a naopak co se mi zdá pro danou výuku přínosné. Následně porovnáím samotné výsledky výzkumů z části bakalářské práce v kapitole 2.2. s obsahem a informacemi, jež jsou ve jmenovaných učebnicích.

### 3.1. Srovnání a rozbor obsahů učebnic

Nejdříve bych rozebrala a porovnála obsahy dvou, podle mého průzkumu (viz příloha - tab. č. 2), nejužívanějších učebnic na středních školách. První z nich je Biologie pro gymnázia od nakladatelství Olomouc a druhou je Obecná biologie pro gymnázia od nakladatelství FORTUNA. Překvapivě druhá z těchto nejvíce používaných se vůbec tímto tématem nezabývá. Není tedy zřejmé, jak právě oni tuto látku vyučují a zda vůbec. Touto učebnicí se zde dále tím pádem zabývat nebudu.

První z učebnic naopak obsahuje poměrně velké množství informací. Na této učebnici bych si dovolila vyzdvihnout samotný biologický vznik a vývoj života. Učebnice popisuje možnosti původu života na základě mnoha experimentů a výzkumů a s tím zmiňuje i příslušné významné autory jako Oparin, Miller, Haldan a další. Učebnice zahrnuje směry jako Panspermie, kreacionismus nebo, pro moje téma nejužitečnější evoluční biologický směr pojmenovaný jako evoluční abiogeneze. Ta se dále rozděluje na fáze jako chemický vývoj a samotný následný biologický vývoj. Toto rozdělení v podstatě popisuje rozdělení na fázi, kdy vznikají organické sloučeniny a následně první buněčné formy života. V této učebnici bych i podtrhla, že obsahuje i teorii vzniku života od Thomase Golda (viz kapitola 2.2.5.). Na druhou stranu se učebnice nezmiňuje o jednotlivých okolnostech vzniku života jako o vzniku vesmíru, vzniku planety Země nebo alespoň o podmínkách na planetě, které mohly vznik a původ života ovlivnit.

Učebnice Biologie V od Gymnázia Klatovy je souhrnem více oblastí biologie, jako jsou genetika, cytologie i právě pro mou práci důležitou kapitolu evoluční biologie a vzniku života. Zde najdeme informace o vzniku vesmíru, Sluneční soustavy i Země a její stavby. Co se vzniku života týče, tak popisuje běžné obecné názory a směry jako kreacionismus, panspermie či biologický původ. Tyto části se dají srovnat s obsahem v učebnici Biologie pro gymnázia (nakl. Olomouc).

Zbylé tři učebnice (Biologie v kostce pro SŠ, FRAGMENT; Základy biologie a ekologie, FORTUNA; Obecná biologie, Olomouc) mají poněkud velmi stručný popis kapitol týkajících se vzniku života. Ve všech jsou v podstatě jen stručně popsány základní principy a schémata či heslovité závěry. Často jsou jen jmenováni významní autoři jako Oparin nebo Haldan, ale blíže co a jak dokázaly a co mohlo vznik života jinak ovlivňovat, nezmiňují. V učebnici Obecná biologie (nakl. Olomouc) je trochu lépe rozvinuta kapitola biologického vývoje/abiogeneze a popisuje ho klasicky ve třech krocích (chemický, biochemický a biologický).

Sama si myslím, že mít na střední škole základní pojetí o vzniku života a okolních podmínkách je poměrně důležité. I když, jak jsem psala v kapitole 2.1., pro Českou republiku není náboženský/kreacionistický pohled tak úplně stěžejní. Já si ale myslím, že by pro studenty

v dnešní době, kdy se často řeší otázka a problematiky mezi náboženskými názory dost řeší, bylo užitečné, aby měli ponětí o tom, že existuje tato myšlenka a lidi, kteří v ní věří. Dle mého názoru by měly učebnice obsahovat minimálně rozsah informací, který uvádím v další kapitole. Jedná se zejména o aktuálnější poznatky k danému tématu. Někteří pedagogové napsali, že učebnice využívají omezeně nebo vůbec. Namísto toho si vytvářejí vlastní prezentace a výukové materiály, ale i ty podle mě nejlepší, co mi popsali, jsou právě na úrovni učebnice Biologie pro gymnázia (nakl. Olomouc). Žádný z pedagogů neuvedl ve svých materiálech nějakou obměnu nebo inovační, novější informaci. Neviděla jsem žádné rozvíjení původních informací, žádné obohacení, ale měla jsem výběr pouze několika středních škol ze Středočeského kraje a Prahy, tudíž nemohu tento závěr uplatnit pro celou republiku.

### 3.2. Srovnání výsledků literární rešerše a obsahů učebnic

V této části diskuze budu tedy porovnávat obsah vybraných učebnic, na základě výzkumu v rámci Středočeského kraje a Prahy, s nejnovějšími obecnými závěry a informacemi, které jsem získala na základě literární rešerše kapitol 2.1. a 2.2.. Srovnání budu provádět tak, že jsem si na základě jednotlivých podkapitol, jejich obsahu a závěrů, vytypovala tyto oblasti/témata: definice života, teorie A.I. Oparina, experimenty S.L. Millera, datování vzniku Země, astronomické + geologické + atmosférické podmínky vzniku života, fosilní důkazy o vzniku hypertermofilních buněčných organismů, LUCA, společný předek Archea a Eukarya, molekulární záznamy, podíl exogenního a endogenního organického materiálu, vznik buněčných struktur přes RNA, vznik života v hydrotermálních oblastech a vývoj života v oblastech podzemních horkých vod. V následující části je budu komentovat, jestli a v jakém rozsahu danou část učebnice prezentují.

Pro zjednodušení a shrnutí porovnaných informací rešerše s učebnicemi jsem zároveň sestavila tabulku č. 3 (viz příloha), kde je ve stručných bodech shrnuto individuální srovnání pro každou učebnici mého výběru. V této tabulce na rozdíl od tabulky č. 1 budou zařazeny už jen ty učebnice, které jsem v bakalářské práci rozebírala.

Začala bych **definicí života**. Ve většině mých učebnic byla snaha život definovat, ale nebyly to definice v nějakém konkrétním jednoznačném znění, spíš se jednalo o obecný výčet vlastností živých forem na Zemi. V rámci středoškolské výuky si myslím, že to není až tak velký nedostatek, protože pro studenty je podle mě hlavní, aby znali a byli schopni jmenovat právě tyto znaky. Bylo by ale dobré jim nějakým způsobem dát vědět, že definice jako taková ještě není stoprocentně platná, protože v dnešní době prezentované definice nejsou univerzální pro všechna hlediska pohledu na život; možná uvést nějaký konkrétní příklad (viz. Joyce G. F. 1994).

Co se **výchozích poznatků** a začátků vzniku života týče, myslím si, že v učebnicích, kde se autoři opírali o teorie Alexandera Oparina či experiment S. L. Millera, vysvětlení a popis pro střední školu v podstatě stačí. Beru tyto informace v učebnicích jako veliké plus při výuce. Když už chceme studenty obeznámit se základy vzniku života, myslím, že znát první významné výzkumy je důležitý fakt a tato dvě jména by měli studenti stoprocentně znát.

S popisem **vývojových ér planety Země** jsem v učebnicích při srovnání s rešerší neměla asi žádný veliký problém. V podstatě ve všech se toto téma nějakým způsobem rozebralo. Všechny se držely způsobu datování stáří Země i jednotlivých vývojových ér planety (prahory, prvohory, druhohory, ...). Některé měly dokonce vyzdviženy konkrétní významné okamžiky planety, které ovlivnily vznik či především další vývoj života, jako kambrijská exploze, přechod života na souš nebo vznik prvních fotosyntetizujících organismů.

Konkrétní podmínky a okolnosti, které ovlivňovaly původ života na Zemi, většina z učebnic, určitým způsobem popisovaly. Tam kde byly tyto podmínky (ať už **astronomické, geologické či atmosférické**), je popisovaly v rámci možností poměrně aktuálně. Popisovaly složení původní atmosféry, její vývoj a podobu. U astronomického hlediska popisovaly bombardování planety, s tím spojeny i přínos kosmického materiálu z okolního vesmírného prostoru. Myslím, že v těchto dvou částech není až tolik co učebnicím vyčítat. Ale geologické podmínky na tom byly o něco hůře. V těchto podmínkách mi chybělo zmínění vlivu a působení Wilsonova cyklu, jak ovlivňuje složení, celkovou stavbu zemské kůry a zemského pláště a jak s tím mohl souviset samotný vznik života na planetě (Shirey S.B., Richardson S.H. 2011). Zároveň mi chyběl popis vlivu vzniku a zániku oceánské kůry (viz Wilson J.T. 1968; Bleeker W. 2003; Burke K. 2011).

**Fosilní a molekulární záznamy** pro učebnice neexistují. Jediná zmínka o fosilních záznamech byla zjednodušeně popsána ve spojitosti s datováním a určováním stáří jednotlivých organismů. Vůbec zde nejsou zmínky o jednotlivých možných metodách (což není asi až tak pro tyto studenty podstatné či užitečné), nemluví se o místech nebo oblastech kde můžeme nacházet materiál, které takto zkoumáme, bohaté na uhlík (Tice M.M., Lowe D.R. 2004; Brasier M.D. a kol. 2005).

Další co v učebnicích postrádám je alespoň zmínka o oblastech **vulkanických hornin či hydrotermálních oblastech**, které nám poukazují, že první živé formy se mohly utvářet právě v těchto místech (Brasier M.D. a kol. 2006). Nedožvíte se o záznamech z mořského prostředí (Schopf J.W. a kol. 2007; Battistuzzi F.U., Hedges S.B. 2009) či o prvních záznamech ze souše (Watanabe Y. a kol. 2000).

Také zde nenajdeme žádné informace o univerzálním společném předkovi, **LUCA**. Zrovna výsledky těchto výzkumů se mi zdají velmi pro původ života významné (Bousau B. a kol. 2008). Tato část mě ve vybraných učebnicích velmi zklamala a myslím, že autoři dalších učebnic či dalších aktualizovaných vydání by měli tyto poznatky vzít v potaz.

**Organické sloučeniny** - učebnice, které se o nich svým způsobem zmiňují tak jen v rámci výzkumů a teorie Alexandera Oparina či S. L. Millera. Popisují je tímto způsobem v kapitolách, které nazývají chemickým vývojem života. Zjednodušeně toto období popisují jako fáze, kdy vznikaly organické látky z těch anorganických nebo se maximálně dotknou Oparinových koacervátů. Samozřejmě, že z těchto závěrů vycházely další a další výzkumy, ale právě o těchto aktuálnějších výsledcích už není ani zmínka.

Jedna z věcí, kterou v této části postrádám, je výklad, kde by se mohla vzít energie, k tomu, aby příslušné organické sloučeniny vůbec vznikly. Tím narážím na tabulku č. 1. Myslím, že by stálo za zmínku něco o těchto zdrojích volné energie a zároveň alespoň trochu popsat jakým způsobem mohly okolní podmínky pro vznik života ovlivnit (Miller S.L., Urey H.C. 1959). Druhou záležitostí je exogenní cesta organických sloučenin na Zemi. V učebnicích se sice píše o bombardování meteority a asteroidy, ale už se nepíše o tom, jaký to mělo vliv na přísun organického materiálu na naši planetu (Deamer D.W. a kol. 2001). Zkrátka by zde měla být alespoň informace o tom, že pro existenci a vznik organických látek na Zemi jsou důležité endogenní i exogenní cesty. Ale především v učebnicích nenajdeme žádné informace o moderních a aktuálních teoriích jako serpentinizace (Russell M. a kol. 2015) nebo prometalismus (Wächtershäuser G. 1997; 2006). Rozhodně neříkám, že by měli být studentům přednášeny podrobné metody, postupy a složité reakce těchto studií, ale přehled o aktuálních informacích by mít měli.

Ke vzniku samotných buněčných forem bych ve vztahu k učebnicím měla také pár připomínek. V učebnicích, kde je toto téma nějakým způsobem zpracováno tak jen způsobem, že popisují stručně a zjednodušeně teorie „světa RNA“, což určitě není na škodu dokonce naopak. Ale téměř ve všech učebnicích (až na jednu učebnici Biologie pro gymnázia, nakl. Olomouc) je to o tomto tématu vše. Nezmiňují se zde vůbec výsledky a závěry z oblastí výzkumů v oblastech hydrotermálních otvorů či podzemních horkých vod. Je to docela paradoxní, když aktuální výzkumy zaměřily právě na tyto oblasti horkých podmořských sopek či pramenů jako na místa, kde mohl mít život své základy (Brasier M.D. a kol. 2006; Baross J.A., Hoffman S.E. 1985; Pace N.R. 1991). Zároveň si myslím, že významná informace, která by se v učebnicích alespoň zjednodušeným způsobem objevit mohla, je vznik nebo původ membrán buněk či zmínka o vezikulech jakožto předchůdcích samotných buněk (Deamer D.W. a kol. 2001; Ourrison G.,

Nakatani T. 1994; Monnard P. A. a kol. 2002). Další závěry výsledků, které jsem shrnula v rešerši na toto téma pro střední školu, jsou už pravda podle mě zbytečně detailní a odborné, ale nějaká zmínka a informace by se v učebnicích objevit měla. Další co by mělo na toto téma v hodinách zaznít je podle mě pojem LUCA. Učebnice tuto cestu naprosto ignorují. Jak popisují výše, tak hledání LUCA má pevné základy a v dnešní době významné vědecké výsledky.

Kdybych měla obecně ohodnotit materiály v učebnicích a závěry z literární rešerše, tak dle mého názoru je celková kvalita učebnic diskutabilní. Některé části jsou podle mě zpracovány dostačujícím způsobem na výuku střední školy, ale jiné mají podle mě značné nedostatky, ať už z pohledu neaktuálních informací nebo chybí úplně. Jako nejlepší z výběru hodnotím učebnici Biologie pro gymnázia (nakl. Olomouc), protože uvádí největší rozsah o tématu a zároveň se autoři náznakem snaží o aktualizaci tématu.

Co mě rozhodně na výsledcích mého průzkumu s učebnicemi pro úroveň gymnaziální výuky (viz tab. č. 2 a 3) velmi překvapilo, je učebnice Obecná biologie pro gymnázia od autora V. Kubišty. Tato učebnice byla jedna z nejpoužívanějších, ale na dané téma, o vzniku a původu života, neobsahuje vůbec žádné významné a podstatné informace. Dále ve většině učebnic, kde jsou popsány jednotlivé směry vzniku a vývoje života, autoři uvádějí mimo biologického vývoje i směry jako kreacionismus či teorie Panspermie (život se vyvinul jinde ve vesmíru a pak se dostal na Zemi ve spojení s dopadem vesmírného materiálu). Přítomnost kreacionismu v učebnicích jsem již okomentovala v předešlé kapitole 3.1.. Panspermie mi přijde jako teorie či myšlenka zajímavá a jsou pro ni i někteří vědci a biologové, ale v dnešní době jsou výsledky jejich výzkumů v porovnání s chemicko-biologickými výzkumy už poněkud nevýznamné. Myslím, že kdyby se tato teorie z učebnic vyřadila a místo toho se do nich doplnily aktuálnější informace, bylo by to pro výuku mnohem prospěšnější.

#### **4. Závěr**

V rámci plnění cíle této bakalářské práce jsem došla k následujícím závěrům.

Jak zmiňuji v kapitole 3.2., učebnice obsahují k tématu vzniku života informace, které jsou neaktuální a v některých případech se učebnice daným tématem vůbec nezabývají. Autoři učebnic zřejmě nepovažují téma vzniku života na Zemi za významné a věnují mu výrazně méně prostoru v porovnání s ostatními tématy biologie.

Na základě průběhu průzkumu o učebnicích a dalších materiálech využívaných při výuce mezi středoškolskými pedagogy (v rámci Středočeského kraje a Prahy), usuzuji, že mnozí pedagogů této oblasti učiva biologie nepřikládají veliký význam. Na druhou stranu někteří

k výkladu tohoto tématu mají zpracovanou řadu vlastních prezentačních materiálů v elektronické podobě.

Za nedostatek nepovažují omezení svého vlastního průzkumu na Středočeský kraj a Prahu, protože dle seznamu učebnic, které jsou k dispozici, zřejmě nebude situace v ostatních krajích ČR výrazně odlišná.

Závěry přehledně shrnuté v tabulce č. 3 ukazují, že informace o původu života v učebnicích nejsou aktuální, především v oblastech fosilních záznamů, hledání LUCA, vývoj buněčných forem či původ života v hydrotermálních a vulkanických oblastech. Konkrétně poukazují na to, jaké informace učebnice postrádají, co je třeba do nich ještě doplnit. To pro mě může být dobrý námět na téma diplomové práce v podobě vytvoření výukového materiálu obsahujícího kompletní aktuální informace pro téma vzniku a původu života na Zemi.

## 5. Přehled literatury a použitých zdrojů

### Učebnice a další knižní publikace:

- Bernal J.D., 1951. Fyzikální podstata života. Praha: Orbis
- Flegr J., 2009. Evoluční biologie. 2., rozšířené vyd. Praha : Academia. ISBN 978-80-200-1767-3. Kapitola Kulturní evoluce, s. 320-329.
- Hančová H., Vlková M., 2008: Biologie v kostce pro SŠ. 176 s. FRAGMENT
- Hazen R.M., 2015, Příběh Země, Praha: Academia
- Chalupová-Karlovská V., 2004: Obecná biologie. 206 s. Nakladatelství OLOMOUC
- Jelínek J., Zicháček V., 2002, 2014: Biologie pro gymnázia 579 s, Nakladatelství Olomouc
- Kislinger F a kol., 1995: Biologie V. Gymnázium Klatovy.
- Kubišta V., 2000: Obecná biologie pro gymnázia 103 s FORTUNA
- Kvasničková D., 2013: Základy biologie a ekologie. 128 s. FORTUNA
- Sapp J. 2003: Genesis: The Evolution of Biology, český překlad ACADEMIA /2015

### Odborné články:

- Abelson P.H., 1956. Science 124, 935; Carnegie Inst. Wash. Year Book No. 55 (1956), p. 171.
- Aston F.W., 1924. The rarity of the inert gases on Earth. Nature 114: 786.
- Bada J.L., Lazcano A., 2003. Prebiotic soup: Revisiting the Miller experiment. Science 745–746.
- Bahadur K., 1954. Nature 173, 1141; in Reports of the Moscow Symposium on the Origin of Life (Aug. 1957), p. 86; Nature 182, 1668 (1958).
- Battistuzzi F.U., Hedges S.B., 2009. A major clade of prokaryotes with ancient adaptations to life on land. Molecular Biology and Evolution 26:335–343.
- Blain J.C., Szostak J.W., 2014. Progress towards synthetic cells. Annu Rev Biochem 83, 615-640; doi: 10.1146/annurev-biochem-080411-124036
- Bernstein M.P., Dworkin J.P., Sandford S.A., Cooper G.W., Allamandola L.J., 2002. The formation of racemic amino acids by ultraviolet photolysis of interstellar ice analogs. Nature 416, 401–403.
- Bleeker W., 2003. Lithos 71, 99.
- Boussau B., Blanquart S., Necsulea A., Lartillot N., Gouy M.. 2008. Parallel adaptations to high temperatures in the Archaean eon. Nature 456:942–946.
- Bowring S.A., Williams I.S., 1999. Contributions Mineral. Petrol. 134, 3–16.
- Brasier M.D., Green O.R., Lindsay J.F., McLoughlin N, Steele A., Stoakes C. 2005. Critical testing of Earth's oldest putative fossil assemblage from the ~3.5 Ga Apex Chert, Chinaman Creek We tern Australia. Precambrian Res. 2005;140:55–102. 10.1016/j.precamres.2005.06.008.
- Brasier M.D., McLoughlin N., Green O., Wacey D., 2006. A fresh look at the fossil evidence for early Archean cellular life. Philosophical Transactions of the Royal Society B 361:887–902.
- Brown H., 1949. Rare gases and the formation of the Earth's atmosphere. In The Atmosphere of the Earth and Planets. Kuiper G. (Ed.). Univ. Chicago Press, Chicago, pp. 258–266.

- Burke K., 2011. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 39, 1.
- Calvin M., Garrison W. M., Morrison D. C., Hamilton J. G., Benson A. A., 1951. *Science* 114, 416.
- Ciesla F. J., 2008. Observing our origins. *Science* 319:1488–1499.
- Cleaves H.J., Chalmers J.H., Lazcano A., Miller S.L., Bada J.L., 2008. Prebiotic organic synthesis in neutral planetary atmospheres. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 38:105–155.
- Cockell C.S., Raven J.A., 2007. Ozone and life on the Archaean Earth. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 365:1889–1901.
- Deamer D.W., Dworkin J.P., Sandford S.A., Bernstein M.P., Allamandola L.J., 2001. The first cell membranes. *Astrobiology* 2:371–381.
- Delsemme A.H., 2001. *Am. Sci.* 89:432–42.
- Dhuime B., Hawkesworth Ch.J., Cawood P.A., Storey C.D., 2012. A change in the geodynamics of continental growth 3 billion years ago. *Science* 335:1334–1336.
- Ehrenfreund P., Charnley S.B., 2000. Organic molecules in the interstellar medium, comets, and meteorites: a voyage from dark clouds to the early Earth. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 38, 427–483.
- Ehrenfreund P., d’Hendecourt L., Charnley S.B., and Ruitkamp R., 2001. Energetic and thermal processing of interstellar ices. *J. Geophys. Res.* 106(E12), 33291–33302.
- Emmeche, C., 1998, Defining Life as a Semiotic Phenomenon, *Cybernet. Human Knowing* 5, 3–17.
- Ferus M. et al., 2015, High-energy chemistry of formamide: A unified mechanism of nucleobase formation. *Proc Nat Acad Sci USA* 112, 657–662; doi: 10.1073/pnas.1412072111
- Eigen M., 2013. From strange simplicity to complex familiarity. Oxford: Oxford University Press
- Fish S.A., Shepherd T.J., McGenity T.J., et al., 2002. Recovery of 16S ribosomal RNA gene fragments from ancient halite. *Nature*, roč. 417, čís. 6887, s. 432–6.
- Gold T., Soter S., 1982. Abiogenic Methane and the Origin of Petroleum. *Energy exploration and exploitation* 1: 89–104.
- Hayashi C., Nakazawa K., Mizuno H., 1979. Earth's melting due to the blanketing effect of the primordial dense atmosphere. *Earth Planet Sci Lett* 43: 22–28.
- Hedges, S.B., 2009. Life. In *The timetree of life*. Edited by Hedges S.B. and Kumar S., 89–98. New York: Oxford Univ.Press.
- Heyns K., Walter W., Meyer E., 1957. *Naturwissenschaften* 44, 385.
- Horowitz N.H., 1945. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* 31, 153.
- Huber C., Wächtershäuser G., 1997. Activated acetic acid by carbon fixation on (Fe,Ni)S under primordial conditions. *Science* 276,245–247.
- Huber C., Wächtershäuser G., 2006.  $\alpha$ -hydroxy and  $\alpha$ -aminoacids under possible haden, volcanic origin-of-life conditions. *Science* 327, 984–986.
- Chivian D. et al., 2008, Environmental genomics reveals a single-species ecosystem deep within Earth, *Science* 322,275–278; doi:10.1126/science.1155495

- Ikoma M., Genda H., 2006. Constraints on the Mass of a Habitable Planet with Water of Nebular Origin. *Astrophys J* 648: 696–706.
- Joyce, G. F.: 1994, 'Foreword', in D. W. Deamer and G. R. Fleischaker (eds), *Origins of Life: The Central Concepts*, Jones and Bartlett, Boston, pp. 11–12.
- Kasting J.F., Catling D., 2003. Evolution of a habitable planet. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 41:429–463.
- Knoll A.H. et al., 2016. Life: the first two billion years. *Phil Trans R Soc B* 371: 20150493; doi: 10.1098/rstb.2015.0493.
- Kwok S., 2004. The synthesis of organic and inorganic compounds in evolved stars. *Nature* 430, 985-991.
- Lazcano A., 2013. How did life originate? In *Evolution from the Galapagos two centuries after Darwin*. Edited by Gabriel Trueba G. and Montfar C., 17–32. New York: Springer-Verlag.
- Lewis J.S., Prinn R.G., 1984. *Planets and their atmospheres—Origin and evolution*. Academic Press, Orlando, 480 pp.
- Löb W., 1913. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 46, 684.
- Luisi P.L., 1998. About various definitions of life. *Orig. Life Evol. Biosph.* 28, 613–622.
- Martin W., Russell M.J., 2007. On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent. *Phil Trans R Soc B* 362, 1887-1925.
- Meinert C. et al., 2016. Ribose and related sugars from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogs. *Science* 352, 208-212.
- Miller S.L., 1953. A production of amino acids under possible primitive Earth conditions. *Science* 117:528–529.
- Miller S.L., Urey H.C., 1959. Organic compound synthesis on the primitive Earth. *Science* 130:245–251.
- Miller S.L., 1998. The endogenous synthesis of organic compounds. In: Brack A (ed) *The molecular origins of life: assembling pieces of the puzzle*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 59–85.
- Mojzsis, S. J., Arrhenius G., McKeegan K.D., Harrison T.M., Nutman A.P., Friend C.R.L., 1996. Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago. *Nature* 384:55–59.
- Munoz Caro G.M., Meierhenrich U.J., Schutte W.A., Barbier B., Arcones Segovia A., Rosenbauer H., Thiemann W.H.-P., Brack A., Greenberg J.M., 2002. Amino acids from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogues. *Nature* 416, 403–406.
- Nemchin A.A. et al., 2008. A light carbon reservoir recorded in zircon-hosted diamond from the Jack Hills. *Nature* 454, 92-96.
- Nutman A.P. et al., 2016. Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. *Nature* 537, 535-538.
- Oparin A.I., 1938. *The origin of life*. New York: Macmillan.
- Oparin, A.I., 1961, *Life. Its Nature, Origin and Development*, Academic Press, New York, Ch. 1.
- Ourisson G., Nakatani T., 1994. The terpenoid theory of the origin of cellular life: the evolution of terpenoids to cholesterol. *Chem. Biol.* 1, 11–23.
- Oró J., 1961. *Nature* 191, 1193.

- Patterson C., 1956. Age of meteorites and the earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 10: 230-237.
- Paula S., Volkov A.G., Van Hoek A.N., Haines T.H., Deamer D.W., 1996. Permeation of protons, potassium ions, and small polar molecules through phospholipid bilayers as a function of membrane thickness. *Biophys. J.* 70, 339–348.
- Pavlovskaya T.E., Passynsky A.G., 1957. Reports of the Moscow Symposium on the Origin of Life, p. 98.
- Pavlovskaya T.E., Passynsky A.G., 1958. Intern. Congr. Biochem. 4th Congr. Abstr. Commun., p. 12.
- Pierazzo E., Chyba C.F., 1999. Amino acid survival in large cometary impacts. *Meteor. Planet. Sci.* 34, 909–918.
- Ricardo A., Szostak J.W. 2009. Life on Earth. *Scientific American* 301:54–61.
- Robertson M.P., Joyce J.F., 2012. The origins of the RNA world. *Cold Spring Harbor Perspect Biol* 4: a003608.
- Ruiz-Mirazo K., Pereto J., Moreno A., 2004. A universal definition of life: Autonomy and open-ended evolution. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 34:323–346.
- Russel M.J. et al., 2015. The inevitable journey to being. *Phil Trans R Soc B* 368:20120254.
- Shapiro, R. and Feinberg, G.: 1990, 'Possible Forms of Life in Environments very Different from the Earth', in J. Leslie (ed.), *Physical Cosmology and Philosophy*, MacMillan, New York, pp. 248–255.
- Shirey S.B., Richardson S.H., 2011. Start of the Wilson Cycle at 3 Ga shown by diamonds from subcontinental mantle. *Science* 333:434–436.
- Schopf J.W., 1999. *Cradle of life. The discovery of world's earliest fossils*. Princeton: Princeton University Press.
- Schopf J.W., Kudryavtsev A.B., Czaja A.D., Tripathi A.B., 2007. Evidence of archean life: stromatolites and microfossils. *Precambrian Res.* 158:141–155.
- Sleep N.H., Zahnle K., Neuhoff P.S., 2001. Initiation of clement surface conditions on the earliest Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 98, 3666–3672.
- Sleep N.H., Bird D.K., 2008. Niches of the pre-photosynthetic biosphere and geological preservation of Earth's earliest ecology. *Geobiology* 5:101–117.
- Sleep N.H., Bird D.K., Pope E., 2012. Paleontology of Earth's mantle. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 40: 277-300.
- Sousa F.L. et al., 2015. Early biogenic revolution. *Phil Trans R Soc B* 368:20130088.
- Sutherland J.D., Whitfield J.N., 1997. Prebiotic chemistry: a bioorganic perspective. *Tetrahedron* 53:11493–11527.
- Tice M.M., Lowe D.R., 2004. Photosynthetic microbial mats in the 3,416-Myr-old ocean. *Nature* 431:549–552. 10.1038/nature02888.
- Vreeland R. H., Rosenzweig W. D., Powers D. W., 2000. Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal. *Nature*, roč. 407, čís. 6806, s. 897-900.
- Watanabe Y., Martini J.E., Ohmoto H., 2000. Geochemical evidence for terrestrial ecosystems 2.6 billion years ago. *Nature*. 408:574–578.
- Wilde S. A., Valley J.W., Peck W.H., Graham C.M., 2001. *Nature* 409, 175–178.

Wilson J.T., 1968. Proc. Am. Philos. Soc. 112, 309.

Wöhler F., 1828. Ueber kunstliche Bildung des Harnstoffs. Annalen der Physik 87: 253-256.

Zahnle K., Arndt N., Cockell Ch., et al., 2007. Emergence of a habitable planet. Space Science Reviews 129:35–78.

Zahnle K., Schaefer L., Fegley B., 2010. Earth's earliest atmospheres. In The origins of life. Edited by Deamer D. and Szostak J.W., 49–65. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Zhu S. et al., 2016. Decimetre-scale multicellular eukaryotes from the 1,56-billion-year-old Gaoyuzhuang Formation in North China. Nature Comm 7: 11500.

### **On-line zdroje:**

Wikimedia Commons: Geologické hodiny dostupné on-line

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geologic\\_Clock\\_with\\_events\\_and\\_periods.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geologic_Clock_with_events_and_periods.svg)

Desertbruchid: The Miller – Urey experiment dostupné on-line

[http://www.desertbruchid.net/Scanned\\_Raven\\_uploadFrFall13/Fig\\_26\\_5\\_Miller-Urey\\_Experiment.jpg](http://www.desertbruchid.net/Scanned_Raven_uploadFrFall13/Fig_26_5_Miller-Urey_Experiment.jpg)

Česká televize: „Mezi velkým třeskem a biblickým stvořením není rozpor” Marek Orko Vácha, 6. 9. 2010.; dostupné online

<http://www.ceskatelevize.cz/ct24/archiv/1318718-mezi-velkym-treskem-a-biblickym-stvorenim-neni-rozpor-rika-marek-orko-vacha>

### **Jiné zdroje:**

Jeřábek J. kol. 2007: Rámcový vzdělávací program pro gymnázia, VÚP Praha

(dostupné on-line <http://www.nuv.cz/file/159>)

## 6. Přílohy

Tab. č. 2 – Přehled používaných učebnic a materiálů na vybraném vzorku SŠ gymnazijního typu

	Školy gymnazijního typu ze Středočeského kraje a Prahy	Jelínek J., Zicháček V. Biologie pro gymnázia	Kišlinger F. a kol. Biologie V - Základy obecné biologie	Rosypal S. a kol. Přehled biologie	Hančová H., Vlková M. Biologie v kostce pro střední školy	Jelínek J. Vybrané kapitoly z obecné biologie	Kubišta V. Obecná biologie pro gymnázia	Rosypal S., a kol. Nový přehled biologie	Kolektiv autorů Odmaturuj z biologie	Cílek V. a kol. Přírodopis IV	Biologie pro víceletá gymnázia FRAUS 2006
1	G. Sportovní, Kladno	x	x	x	x						
2	G. V.B.Třebízského, Slaný	x				x					
3	G. , Kladno, nám.E.Beneše	x	x		x						
4	G. Českolipská, Praha 9	x						x	x		
5	G. J.Barranda, Beroun	x								x	
6	G., Příbram, ul.Legionářů	x									
7	G.pod Svatou Horou, Příbram						x				
8	G. K.Čapka, Dobříš	x					x				
9	G. Český Brod, ul.Vítězná	x									
10	G., Praha 6, Arabská						x	x			
11	G., Z. Wintra, Rakovník	Tuto problematiku neuvádí ani v seznamu temat pro předmět Biologie									
12	G.J.A.Komenského, Nové Strašecí	Problematiku mají ve školním vzdělávacím programu Biologie, učebnice ale neuvádějí									
13	G. F.Palackého, Neratovice						x				
14	G., Dr.J.Pekaře, Mladá Boleslav	x									
15	G., Mnichovo Hradiště, ul.Studentská	Problematiku mají ve školním vzdělávacím programu Biologie, učebnice ale neuvádějí									
16	G., Benešov, ul.Husova	Podklady se omezují na odkaz <a href="https://sites.google.com/site/biomachgbn/">https://sites.google.com/site/biomachgbn/</a>									
17	G., Vlašim, ul.Tylova	Problematiku mají v obsahu výuky Biologie, učebnice neuvádějí									
18	G. J.Ortena, Kutná Hora	Problematiku mají ve školním vzdělávacím programu Biologie, učebnice neuvádějí									
19	G. Sv.Voršily, Kutná Hora						x				
20	G. Dvořákovo, Kralupy na Vltavou										x
21	G., J.Palacha, Mělník	Problematiku mají ve školním vzdělávacím programu Biologie, učebnice ale neuvádějí									
22	G.a SOŠP Čáslav	Problematiku mají ve školním vzdělávacím programu Biologie, učebnice ale neuvádějí									
23	G. V.Hraběte, Hořovice	Tuto problematiku neuvádí ani v seznamu temat pro předmět Biologie									
24	G. B.Hrabala, Nymburk	x					x				
25	G. J.z Poděbrad, Poděbrady							x			
26	G., Kolín, ul.Žižkova	x									
27	G.a SOŠE Sedlčany	Problematiku mají ve školním vzdělávacím programu Biologie, učebnice ale neuvádějí									
28	G., Praha 4, Na Vítězné pláni					x					
29	G., Praha 6, Nad Alejí						x				
30	G. E.Krásnohorské, Praha 4						x				
31	G. Duhovka, Praha 5						x				
32	G., Praha 5, Nad Kavalírkou						x				
33	G. Karlínské, Praha 8						x				
34	G. Malostranské, Praha 1						x				

Tab.č.3 – Přehled vytipovaných oblastí tématu vznik života na Zemi v SŠ

Sledované ukazatele (úroveň poznání x obsah učebnic)	Hančová H., Vilková M., 2008 Biologie v kostce pro střední školy	Chalupová-Karlovská V., 2004 Obecná biologie	Jelínek J., Zicháček V., 2014 Biologie pro gymnázia	Kislinger F. a kol., 1995 Biologie V - Základy obecné biologie	Kubišta V., 2000 Obecná biologie pro gymnázia	Kvasničková D., 2013 Základy biologie a ekologie
Definice života	x	x	x	x		
Teorie A.Oparina		x	x	x		
Experimentální důkazy Stanley L.Millera		x	x	x		
Datování vzniku Země	x	x	x	x		x
Astronomické podmínky vzniku Země	x	x		x		x
Geologické podmínky vzniku života		x		x		x
Atmosférické podmínky vzniku života	x	x		x		x
Geologicko-fosilní důkazy o vzniku hypertermofilních buněčných organismů						
Univerzální společný předek - LUCA						
Společní předci Archaea a Eukarya						
Výstupy z molekulárních výzkumů fosilních záznamů						
Společný endogenní a exogenní podíl organického materiálu při vzniku života						
Vznik buněčných struktur vývojem RNA a DNA	x	x	x	x		
Vývoj buněčných forem života v oblasti hydrotermálních otvorů			x			
Vývoj buněčných forem života v oblasti podzemních horkých vod			x			