

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA PEDAGOGICKÁ**  
**CENTRUM BIOLOGIE, GEOVĚD A ENVIGOGIKY**

**FOTOSYNTÉZA JAKO KRITICKÉ MÍSTO**  
**KURIKULA NA STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. Sofie Hejduková**

Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání

**Vedoucí práce:** Mgr. Petra Vágnerová

**Plzeň**

**2023**

Čestně prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Zdroje, jež jsem při jejím vypracování využila, jsou uvedeny v seznamu, který je této práce součástí.

V Plzni dne 29. 6. 2023

---

Vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Ráda bych na tomto místě vyjádřila svůj dík paní magistře Petře Vágnerové za velmi cenné rady a věcné připomínky při vypracovávání této diplomové práce.

Dále bych chtěla velice poděkovat mým rodičům, díky kterým jsem mohla celých dlouhých pět let na Západočeské univerzitě poklidně studovat. Můj dík jim patří zejména za bezbřehou podporu v náročnějších obdobích studia.

Na tomto místě nemohu opomenout poděkovat mým prarodičům, kteří vždy napjatě čekali na výsledky mých zkoušek a měli upřímnou radost z mých úspěchů.

Výčet těchto díků by nebyl úplný bez poděkování mému chlapci Pavlovi, který mi zejména v posledních měsících poskytl potřebný klid na práci a láskyplné zázemí.

# OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. CÍL PRÁCE.....</b>	<b>2</b>
<b>3. VYMEZENÍ ODBORNÝCH POJMŮ .....</b>	<b>3</b>
3.1 Fotosyntéza .....	3
3.2 Kritické místo.....	6
3.3 Kurikulum .....	7
<b>4. ZAŘAZENÍ TÉMATU V KURIKULÁRNÍCH DOKUMENTECH.....</b>	<b>9</b>
4.1 KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ.....	9
4.1.1 RVP pro základní vzdělávání .....	9
4.1.2 ŠVP pro základní vzdělávání .....	9
4.1.3 Fotosyntéza v učebnicích pro základní školy .....	10
4.2 KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY PRO GYMNÁZIA.....	12
4.2.1 RVP pro gymnázia.....	12
4.2.2 ŠVP pro gymnázia .....	12
4.2.3 Fotosyntéza v učebnicích pro gymnázia .....	12
<b>5. FOTOSYNTÉZA VE VÝUCE BIOLOGIE.....</b>	<b>15</b>
<b>6. METODIKA .....</b>	<b>20</b>
6.1 DOTAZNÍK PRO KVINTU .....	20
6.2 DOTAZNÍK PRO SEXTU .....	22
<b>7. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>24</b>
7.1 VÝSLEDKY KVINTY .....	24
7.1.1 Zhodnocení výsledků dotazníku kvinty .....	36
7.2 VÝSLEDKY SEXTY .....	38
7.2.1 Zhodnocení výsledků dotazníku sexty .....	47
<b>8. NÁVRH DO VÝUKY .....</b>	<b>50</b>
<b>9. DISKUSE.....</b>	<b>52</b>
<b>10. ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
<b>11. RESUMÉ .....</b>	<b>57</b>
<b>12. LITERATURA A ZDROJE.....</b>	<b>59</b>
12.1 LITERATURA.....	59
12.2 SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ .....	62

# 1. ÚVOD

Na úvodních stránkách kvalifikačních prací má autor prostor pro odhalení pohnutek, které ho vedly k výběru tématu práce. Často se ale setkáváme s tím, že úvod samotný je již odbornou součástí textu a čtenář je tak během několika málo řádků zahlcen nepřehledným množstvím odborných pojmů. Právě z tohoto důvodu bych si v následujících odstavcích dovolila mírně upozadit exaktní rovinu této kvalifikační práce s příslibem toho, že na zbylých stranách o ni nebude nouze.

K přírodním vědám jsem svým způsobem tíhla již od malička. Zcela jistě tomu přispěly časté výlety a každodenní procházky v rakovnických lesích, k nimž mě rodiče – často proti mé vůli – nutili. V průběhu mé školní docházky se přírodověda později přírodopis a na střední škole biologie staly mými oblíbenými předměty. Pod stromečkem jsem pak našla mikroskop nebo detailní atlas lidského těla a anatomie se tak na dlouhou dobu stala mým favoritem. Na vysoké škole jsem ale začala docházet na přednášky paní doktorky Traxmandlové z předmětu *Obecná botanika* a později k paní doktorce Chocholouškové na předmět *Systematická botanika 2*. V tu chvíli se přede mnou otevřel tajuplný svět rostlin a já jsem je přestala vnímat jako „kytky“, co nám dávají kyslík. Uvědomila jsem si, že se jedná o fascinující chemické továrny, které jsou schopny neskutečných věcí a že kyslík nevyrábí jen proto, „aby nám udělaly radost“.

Samozřejmě má představa nebyla zas až tak naivní, jak uvádím, nicméně bych na tomto místě měla zmínit, že správně pochopit proces fotosyntézy mi jako studentovi činilo dlouhou dobu značný problém. Vlastně až na vysoké škole jsem se v tomto spleťtém chemickém ději začala nějakým způsobem orientovat.

Tím se dostávám k tomu, co jsem touto kapitolou chtěla sdělit. Sama z vlastní zkušenosti vím, jak těžce se žákům toto téma chápá, a ne nadarmo je tak označováno jako jedno z kritických míst kurikula ať už na základních tak i na středních školách. To ostatně dokládají články od Vágnerové a kol. (2019), Nohavové (2021), Nas (2010), Caňala (1999) a Panijpana (2015), jejichž řešerše je této diplomové práce součástí.

## 2. CÍL PRÁCE

Tato diplomová práce si klade za cíl zhodnotit fotosyntézu jako kritické místo kurikula v předmětu biologie na středních školách. V rámci výzkumu kritických míst kurikula (Vágnerová a kol., 2019) byla fotosyntéza identifikována jako místo, ve kterém studenti často chybují a jehož porozumění pro ně často představuje značný problém.

Teoretická část práce se věnuje výkladu odborných pojmů – fotosyntéza, kritické místo a kurikulum. Dále je pomocí kurikulárních dokumentů (Rámcový vzdělávací program a školní vzdělávací plán) téma fotosyntéza zařazeno do konkrétního ročníku základních škol a gymnázií. Přiloženy jsou rovněž očekávané výstupy, které by studenti měli po absolvování výuky tohoto tématu splňovat. Další strany jsou pak věnovány rešerši vybraných učebnic pro základní i středoškolské vzdělávání. Cílem je nastínit, kolik prostoru ve výuce je problematice fotosyntézy věnováno a jaké prostředky jsou pro snazší pochopení látky využity.

Součástí teoretické části této diplomové práce je rovněž rešerše odborných článků z tuzemských a zahraničních periodik, které se problematice výuky fotosyntézy věnují ať už z hlediska příčin její náročnosti, tak i jako publikace doporučující, jak při výuce tohoto tématu postupovat.

Praktická část je vystavěna na dotazníkovém šetření, které probíhalo od října 2022 do března 2023. Dotazníky sestavené dle rešerše níže uvedených učebnic pro základní a středoškolské vzdělávání a na základě dostupných kurikulárních dokumentů (Rámcové vzdělávací programy a školní vzdělávací plány) byly zaslány na vybrané střední školy do prvních a druhých ročníků. Cílem bylo porovnat kvalitu poznatků o fotosyntéze, se kterou studenti přicházejí ze základních škol, s hloubkou jejich vědomostí získaných v této problematice na střední škole.

Následující kapitoly se věnují analýze získaných dat a vyhodnocení nejúspěšnějších a nejméně úspěšných otázek. Ty jsou pak dále rozebírány v kapitole Diskuse.

Kapitola 8 (Návrh do výuky) ve zkratce čtenářům představuje metodiku 3A a její využití zejména při návrzích alternativních výukových forem a metod při výuce takových témat, jež jsou klasifikována jako kritická.

### 3. VYMEZENÍ ODBORNÝCH POJMŮ

#### 3.1 FOTOSYNTÉZA

Pro potřeby této diplomové práce postačí výklad problematiky pouze na středoškolské úrovni. Detailní popis jednotlivých fází a procesů by svým obsahem a odborností vystačil na další odbornou práci.

Princip fotosyntézy spočívá v přeměně energie. Energie, kterou rostlina přijímá v podobě slunečního záření, mění svou podstatu na energii chemických vazeb. Fotosyntéza, jak ji známe dnes, prošla od prvních fotosyntetizujících zelených mikroorganismů až po dnešní vyšší rostliny značnou evolucí. Odhaduje se, že první fototrofní organismus na planetě Zemi vznikl zhruba před třemi miliardami let a svou buněčnou stavbou a fotosyntetickým aparátem byl podobný dnešním fotosyntetizujícím bakteriím (Šebánek, 1983).

Z hlediska existence a vývoje života na Zemi je fotosyntéza považována za nejdůležitější proces, jelikož během ní dochází k produkci organických látek, jež jsou neustále spotřebovávány k výživě heterotrofních organismů. Současně dochází k odpoutání kyslíku z molekuly vody a k fixaci oxidu uhličitého, což zajišťuje ideální hladinu zastoupení těchto plynů v ovzduší, díky čemuž mohou organismy dýchat (Šebánek, 1983).

Vedle výživy a dýchacích plynů fotosyntéza poskytuje nepřehledné množství materiálu pro technickou produkci, a to lipidy, sacharidy, kaučuk, dřevo a z dlouhodobého hlediska také ropu, uhlí a zemní plyn (Šebánek, 1983).

Tento složitý proces, který se odehrává na úrovni elektronů, se zapisuje pomocí následující chemické rovnice:



Pro snadnější orientaci v procesu se fotosyntéza rozděluje na děje primární (dochází k přeměně energie) a sekundární (dochází k přeměně látek).

**Primární děje** jsou ty, jež jsou bezprostředně závislé na slunečním záření. Dříve se proto označovaly jako Světelná fáze fotosyntézy. Odehrávají v chloroplastech konkrétně na membránách thylakoidů. Zde dochází k pohlčení světla – fotonu – fotosynteticky aktivními barvivy (Kincl, 1993).

Fotosynteticky aktivní barviva se člení do tří skupin – chlorofyly, fykobiliny a karotenoidy. Nejobsáhlejší skupinou jsou chloroplasty. Průměrně velký list obsahuje v chloroplastech přibližně 600 milionů molekul chlorofylu (Procházka, 1998). Z chemického hlediska se řadí mezi porfiriny, které ve svých molekulách obsahují navázaný hořčík. Pro lepší přehlednost jsou jednotlivé typy chlorofylů označeny písmeny abecedy. Známe tedy chlorofyl a, b, c, d, e, a f, z nichž nejvíce zastoupený je chlorofyl a. Tato molekula totiž dokáže absorbovat fotony o vlnové délce 430 a 662 nm. Oproti tomu chlorofyl b absorbuje světelné záření o vlnové délce 453 a 642 nm (Procházka, 1998).

Karotenoidy lze z chemického hlediska považovat za izoprenoidy. Nejvíce zastoupeným z nich je  $\beta$  karoten. Ten zaštiťuje absorpci fotonů o vlnové délce 450-500 nm. Jedná se tedy o doplňkové barvivo, které pomáhá vykrýt absorpci spektra viditelného záření (Procházka, 1998).

Fykobiliny představují doplňková barviva zejména u sinic (*Cyanophyceae*), ruduch (*Rodophyta*) a skrytěnek (*Cryptophyta*). Dělí se do skupin: fykoerytriny, fykocyaniny a allofykocyaniny. Společně utváří útvar fykobilizom, jež se u daných fotosynteticky aktivních organismů vyskytuje na vnější straně thylakoidních membrán (Procházka, 1998).

Jak uvádí Hodge (2014) po absorpci fotonu fotosynteticky aktivním pigmentem dochází k excitaci (vybuzení) jeho elektronů. Excitační stav je v tomto případě pro molekulu velmi nestabilní, a proto dochází k návratu do původní elektronové hladiny. Vlivem toho molekula pigmentu uvolňuje přebytečnou energii. Ta je následně využita ke dvěma důležitým procesům. Nejprve dochází k přeměně molekuly ADP (adenosindifosfát) na molekulu ATP (adenosintrifosfát), jež je následně využívána v metabolických procesech jako energetické platidlo. Zbylá energie, jež se uvolnila při návratu elektronu do původní elektronové hladiny je využita k rozštěpení molekuly vody (autoprotolýza vody). Výsledkem je uvolnění kyslíku, jež v tuto chvíli rostlinné tělo opouští jako odpadní látka. Dva atomy vodíku se slučují s molekulou NADP (nikotinamid adenin dinukleotid fosfát) a přeměňují ji na NADPH<sub>2</sub> (Hodge, 2014).

Obě vzniklé látky jsou posléze využity v sekundárním ději fotosyntézy (temností fáze).



**Sekundární děje** si své původní označení Temnostní fáze fotosyntézy vysloužily proto, že ke svému průběhu nutně nepotřebují sluneční záření. Soubor následujících dějů se přesouvá z membrány thylakoidu do stroma chloroplastů a dochází během něj k přeměně látek za využití molekul získaných při primárních dějích (Kincl, 2000).

Nutno podotknout, že zatímco primární děje probíhají ve všech fotosyntetizujících organismech stejně (s výjimkou zastoupení fotosynteticky aktivních barviv), sekundární děje lze rozdělit do tří typů cyklů (Kincl, 2000).

(1) *Calvinův cyklus (C3 cyklus)*

Název tohoto procesu je odvozen od amerického chemika Melvina Calvina, který za použití radioaktivního uhlíku zmapoval pohyb CO<sub>2</sub> v rostlině. Druhotné označení C<sub>3</sub> cyklus má svůj původ v chemické struktuře vznikajících látek (organické sloučeniny mající tříuhlíkatou kostru – 3-fosfoglycerát). Do této skupiny spadá většina kulturních rostlin tvořících zhruba 95 % zemské biomasy. Nejvíce se jim daří v místech se středně vysokými teplotami a obsahem CO<sub>2</sub> okolo 200 ppm v ovzduší. Značnou nevýhodou ale je, že téměř 50 % produktů, jež vyrobí, spotřebovávají fotorespirací. Z toho důvodu vytváří méně zásobních látek než rostliny podstupující C<sub>4</sub> cyklus. Calvinův cyklus lze rozdělit do tří po sobě jdoucích etap – karboxylace, redukce a regenerace (Kincl, 2000).

(2) *Hatch-Slackův cyklus (C4 cyklus)*

Podobně jako si své druhotné označení vysloužil C<sub>3</sub> cyklus, C<sub>4</sub> cyklus je pojmenován podle prvního stabilního meziprojektu tohoto procesu. Je jím čtyřuhlíkatý oxalacetát. Rostliny fotosyntetizující tímto způsobem jsou podstatně méně náročné na vysoký obsah oxidu uhličitého v ovzduší (Kincl, 2000).

(3) *CAM cyklus*

Tento způsob sekundární fáze fotosyntézy lze nalézt pouze u tučnolistých rostlin nacházejících se v oblastech s vyššími teplotami (pouštní rostliny, sukulenty). Aby neztrácely vodu, mají v průběhu dne uzavřené listové průduchy. Oxid uhličitý tedy mohou vstřebávat pouze v noci. Z toho důvodu se u nich vyvinul mechanismus na ukládání CO<sub>2</sub> (Kincl, 2000).

Studentům středních škol jsou jednotlivé typy cyklů sekundární fáze fotosyntézy představeny jen zhruba. Proto i v této práci byly zmíněny pouze v hrubých rysech. Sekundární děje fotosyntézy by se tedy daly shrnout následovně: za účasti molekul

vytvořených v primárních dějích fotosyntézy (adenosintrifosfát, nikotiamid adenin dinukleotidfosfát) dochází k fixaci molekul  $\text{CO}_2$  za vzniku nejjednodušších sacharidů. Zároveň dochází k opětovné redukci molekul ATP a  $\text{NADPH}_2$  (Kincl, 2000).

### **3.2 KRITICKÉ MÍSTO**

Tento pojem označuje místo, pojem či téma ve vyučovaném kurikulu, kde žáci pravidelně dělají chyby nebo kde dokonce selhávají. Obecně pro tato místa platí, že jsou bohatá na abstraktní nebo příliš obecné pojmy. K těm se pak studentům velice obtížně přiřazuje konkrétní obsah a nejsou schopni si problém představit. V takovém případě často dochází ke vzniku miskonceptů (tzn. chybné a nepřesné pojetí učiva) (Vágnerová, Benediktová, 2019).

Dle Hajerové Müllerové (2020) může být vznik kritického místa zaviněn hned několika příčinami. Nejčastěji ho způsobuje komplikovanost a náročnost učiva a s ní spojený problematický transfer poznatků do praxe. Dále může za jeho vznikem stát vyučující, pro nějž je probíraná látka neoblíbená nebo jí zcela nerozumí (Hajerová Müllerová, 2020).

Dále Hajerová Müllerová (2020), že se problematicky také může jevit provázanost vyučované látky s vytyčenými výukovými cíli, a to zejména při snaze dosáhnout vyšší úrovně kognitivní náročnosti daného učiva. Neméně důležitou roli při vzniku kritického místa ve výuce hraje žák, pro kterého může být osvojení a pochopení učiva náročné. Napříč vzdělávacími obory se totiž předpokládají jiné typy a různorodé důvody kritičnosti výukových míst (Hajerová Müllerová, 2020).

Ke vzniku kritického místa kurikula nejčastěji dochází při neúplné integritě mezi učivem, cílem výuky a činností žáků případně při nedokonalém materiálním a technickém zabezpečení výuky. Předvídat, zda se daná část kurikula stane kritikou, je tedy předem prakticky nemožné (Hajerová Müllerová, 2020).

Pojem kritické místo doplňuje místo klíčové. Jak uvádí Mentlík (2018) jedná se o taková místa kurikula, jež jsou naprosto zásadní pro daný obor. Při jejich vysoké míře zobecnění je pomocí nich možné propojovat vyučovanou látku s jinými obory. Představují základní poznatky daného oboru, bez nichž by nemělo smysl učit (se) a vyučovat. Klíčová místa daného kurikula by měla být jasně definována, a to zejména při transformaci jednotlivých oborových poznatků do konkrétních vzdělávacích obsahů a

očekávaných výsledků (ontodidaktická úroveň). Důležitá je rovněž součinnost s kognitivní úrovní studentů s přihlédnutím k jejich dosavadní úrovni dovedností a poznatků (psychodidaktická úroveň) (Mentlík, 2018).

### 3.3 KURIKULUM

Průcha (1998) popisuje tento pojem jako vzdělávací program, plán nebo projekt. Dále pak označuje průběh a obsah studia a zároveň obsahuje veškeré zkušenosti, jež žáci během školních let získávají.

Průcha (1998) uvádí, že pojem kurikulum byl dříve více známý v zahraničí, kde jeho využívání bylo velmi frekventované. Česká pedagogika ho implementovala až na přelomu tisíciletí. V současné době je velice oblíben pro jeho komplexnost zejména pokud jde o řešení cílů, obsahu, metoda a strategií či způsobů hodnocení a organizace školního vzdělávání. V minulosti se pojem kurikulum nahrazoval termíny „učební osnovy, učební plány, obsah vzdělávání, učivo“, nicméně i pro jejich slovní převahu nepokrývaly komplexnost, kterou v sobě pojem kurikulum skrývá (Průcha, 1998).

Kurikulum je možné rozdělit do tří různých rovin (1) plánované, zamýšlené, (2) realizované na školách, (3) osvojené studenty. Pro tyto tři roviny jsou využívány pojmy: formální kurikulum, neformální kurikulum a skryté kurikulum (Průcha, 1998).

Kolář (2012) označuje kurikulum jako ucelený komplex poznání, jež se ke škole vztahuje, a to včetně hodnocení a projektování. Zároveň doplňuje, že dle některých autorů zahrnuje kurikulum filozofii výchovy, cíle, hodnoty, prostředky, organizační strukturu, zkušenosti učících se, strategii vyučování a učební výsledky. Zároveň dodává, že jiní autoři na kurikulum nahlíží jako na obsáhlý komplex jednotlivých problémů, které se vztahují k řešení následující obsáhlé otázky. Koho, v čem, proč, kdy, jak, za jakých podmínek a s jakými vytyčenými efekty vzdělávat.

Stejně jako Průcha (1998) se i Kolář (2012) uchyluje k rozdělení kurikula do několika rovin.

- *Dosažené kurikulum*

Zahrnuje učivo, jež si žáci ve skutečnosti osvojili. Řadí sem veškeré znalosti a dovednosti studentů v daných předmětech, které se dají zjišťovat pomocí speciálních testů a zkoušek (Kolář, 2012).

- *Formální kurikulum*  
Ucelený obsah vzdělávání, jež se vymezuje pro konkrétní typ a stupeň školy. Představuje tak pro školu závazný požadavek nadřízeným institucím (Kolář, 2012).
- *Neformální kurikulum*  
Obsahuje veškeré zkušenosti a aktivity, které se vztahují ke školnímu prostředí, k domácímu studiu a k přípravám žáků na výuku (Kolář, 2012).
- *Skryté kurikulum*  
Skryté kurikulum je vztaženo zejména k osobě vyučujícího či k pedagogickému sboru. Obsahuje totiž hodnoty a postoje, které jsou pomocí vzdělávacího procesu a osobního působení vyučujícího žákům předávány (Kolář, 2012).
- *Školní kurikulum*  
Vymezuje obsah vzdělávání na konkrétní škole. Školní kurikulum může být tedy pro každou školu odlišné. Jeho tvorba je podmíněna kurikulumním dokumentem na státní úrovni – Rámcovým vzdělávacím plánem, dle kterého každá škola vypracovává svůj vlastní Školní vzdělávací plán (Kolář, 2012).  
Školní kurikulum je předmětem zkoumání této diplomové práce.
- *Zamýšlené kurikulum*  
Vymezuje cíle a obsahy vzdělávání ve vzdělávací soustavě dané země (Kolář, 2012).

## 4. ZAŘAZENÍ TÉMATU V KURIKULÁRNÍCH DOKUMENTECH

### 4.1 KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Ačkoli tato diplomová práce pojednává o kritickém místě v kurikulu středních škol, je důležité zmínit, že s problematikou fotosyntézy přichází žáci do kontaktu již na školách základních. Na prvním stupni se v rámci předmětu Přírodověda seznamují pouze se základními informacemi ze života rostlin. Z tohoto důvodu je tato podkapitola věnována pouze druhému stupni základního vzdělávání.

#### 4.1.1 RVP pro základní vzdělávání

Rámcové vzdělávací programy (RVP) utváří obecně závazný rámec pro výstavbu školních vzdělávacích programů (ŠVP) pro školy všech oborů vzdělávání, a to pokud jde o předškolní, základní, základní umělecké, jazykové a střední vzdělávání. Závaznost škol vůči RVP je ukotvena ve Školském zákoně: č. 561/2004 Sb <sup>[1]</sup>.

Rámcový vzdělávací program představuje závazný dokument, který je vydávaný Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy. České školství v současnosti prochází nemalými změnami, a proto i RVP bývá často upravováno a přepisováno. Cílem těchto revizí je upravit vzdělávací systém tak, aby co nejvíce odpovídal potřebám školství 21. století (Smolíková, 2004).

K ukotvení tématu Fotosyntéza v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní školy byla využita modernizovaná verze z roku 2021 dostupná na internetových stránkách Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy <sup>[2]</sup>. Základy fotosyntézy jsou vyučovány v rámci tematického celku Fyziologie rostlin a jako očekávaný výstup je uvedeno: „*Žák vysvětlí princip základních fyziologických procesů a jejich využití při pěstování rostlin*<sup>[2]</sup>.“

#### 4.1.2 ŠVP pro základní vzdělávání

Jedná se o pedagogický dokument, jež je tvořen pedagogickými zaměstnanci na každé škole v České republice. Při jeho zpracovávání se vyučující řídí Rámcovým vzdělávacím programem vydaným Ministerstvem školství mládeže a tělovýchovy. Vypracovaný Školní vzdělávací plán schvaluje a vydává ředitel školy <sup>[3]</sup>.

Pro potřeby této podkapitoly byl propůjčen Školní vzdělávací plán Masarykovy základní školy v Plzni. Své ŠVP široké veřejnosti transparentně zpřístupňují na internetových stránkách školy <sup>[4]</sup>. Jeho poslední aktualizace proběhla v roce 2022.

Problematika fotosyntézy je v ŠVP Masarykovy základní školy poprvé zmíněna v sedmém ročníku v rámci předmětu přírodopis, kde je součástí tematického celku Biologie rostlin. Očekávaný výstup zní: „Žák uvede základní principy fotosyntézy, dýchání, růstu a rozmnožování<sup>[4]</sup>.“

V devátém ročníku lze pak fotosyntézu dohledat v hodinách chemie, kde je zmíněna zejména v souvislosti s výukou sacharidů v organické chemii. Tento fakt poukazuje na jednu základní nesrovnalost. Studenti se totiž o chemické struktuře glukózy vyučují až o několik měsíců později. Tato skutečnost může přispívat k tomu, proč se fotosyntéza často vnímá jako kritické místo kurikula (Nohavová, 2021).

#### **4.1.3 Fotosyntéza v učebnicích pro základní školy**

Učebnice je klasifikována jako knižní publikace, která je uzpůsobena svou strukturou i obsahem k didaktické komunikaci. Školní učebnice je vnímána jako prvek kurikula a prezentuje tak konkrétní výseč plánovaného obsahu vzdělávání. Slouží jako informační zdroj pro žáky i učitele. Při analýzách školních učebnic se posuzuje zejména rozsah, obtížnost a didaktická vybavenost textu (Průcha a kol., 1998).

Následující odstavce jsou věnovány rešerši dostupných učebnic biologie pro sedmý ročník základních škol. Tyto učebnice posloužily jako podklad při vypracování otázek do dotazníku pro první ročník vyšších gymnázií, který je této práci součástí.

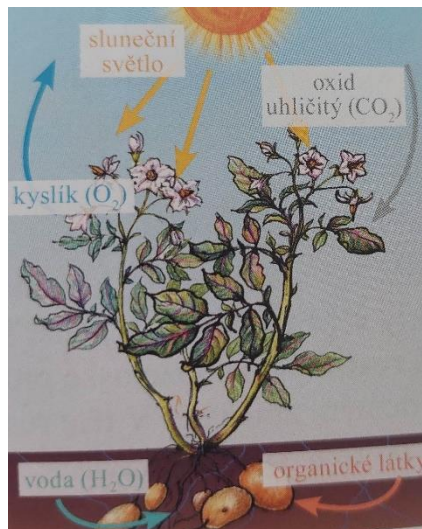
#### **1. MALENINSKÝ, Miroslav. *Přírodopis pro 7. ročník: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií: obratlovci, vyšší rostliny.* (2006, s. 74)**

Fotosyntéze je v této učebnici věnován krátký odstavec v kapitole Tělo rostlin – listy. Autor zde poměrně jednoduše popisuje, k jakým dějům dochází v listových čepelích a za pomoci tučně zvýrazněných slov poukazuje na ta klíčová. Navazuje odstavcem, který popisuje rostlinné dýchání, což je děj k fotosyntéze (co se výchozích látek a produktů týče) reverzní. U žáků často dochází k tomu, že tyto dva procesy zaměňují, anebo jim splývají v jeden. To ostatně dokládají níže přiložené odborné články či výsledky dotazníkového šetření, které je této práci součástí.

Z toho důvodu je vhodné využít značné množství schémat a obrázků, což napomáhá k lepšímu pochopení této problematiky. Analyzovaná učebnice ale žádné podpůrné schéma či obrázek neobsahuje, a to by mohlo představovat problém při pochopení daného učiva. Zodpovědnost za názornost tak spadá čistě do rukou vyučujícího.

2. VIEWEGHOVÁ, Thea a Eva BŘICHÁČKOVÁ. *Přírodopis 7: zoologie a botanika: pro 7. ročník základní školy a sekundy víceletého gymnázia: vzdělávací obor: Člověk a příroda.* (2018, s. 69)

Fotosyntéza je v této učebnici zmíněna hned v několika kapitolách. Nejvíce se jí však autoři věnovali na straně 69 v kapitole Obecná charakteristika a třídění rostlin. Stejně jako u výše uvedené učebnice je i zde toto téma rozebráno pouze v několika řádcích. Popis obsahuje pojmy jako organické a anorganické látky bez dalšího vysvětlení. Žáci v sedmé třídě nemohou mít dostatečný prekonceptový základ k tomu, aby těmto pojmům perfektně rozuměli. Text je doplněn o ilustrační obrázek (Obr. 1), který ale na první pohled působí spíše zmateně a hlavní produkt fotosyntézy zde není takřka zmíněn. Zcela také chybí jasné grafické odlišení výchozích látek a produktů.



Obrázek 1: Schéma fotosyntézy

3. PELIKÁNOVÁ, Ivana, Věra ČABRADOVÁ, František HASCH, Jaroslav SEJPKA a Petra ŠIMONOVÁ. *Přírodopis 7: pro základní školy a víceletá gymnázia.* (2015, s. 70)

Již na první pohled se tato učebnice tématu fotosyntéza věnuje velice málo. Chybí jakákoli ilustrace, která by žákům pomohla lépe tento proces pochopit. U kapitoly List je pouze zmíněno, že v listové čepeli dochází k fotosyntéze a jedna z opakujících otázek zní: „Které plyny jsou vyměňovány mezi rostlinou a vnějším prostředím?“ Potřebné informace, která žáci potřebují o fotosyntéze získat tak zcela závisí na vyučujícím.

## 4.2 KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY PRO GYMNÁZIA

### 4.2.1 RVP pro gymnázia

Pro potřeby této podkapitoly byl rovněž dohledán nejnověji aktualizovaný Rámcový vzdělávací program. Jeho přepracování proběhlo v roce 2022 a je taktéž zpřístupněný na internetových stránkách Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy <sup>[5]</sup>.

### 4.2.2 ŠVP pro gymnázia

Materiál pro tuto podkapitolu byl získán na internetových stránkách Mikulášského gymnázia v Plzni. Škola nabízí hned několik vzdělávacích programů a ke každému z nich má vypracovaný Školní vzdělávací plán. S ohledem na to, že většina jiných gymnázií je školami se vzděláním spíše všeobecným, byl vybrán ŠVP Mikulášského gymnázia pro Všeobecné čtyřleté gymnázium, dostupný na internetových stránkách školy<sup>[6]</sup>.

ŠVP Mikulášského gymnázia v Plzni pro všeobecné čtyřleté gymnázium uvádí, že se studenti s tématem Fotosyntéza seznamují poprvé ve druhém pololetí prvního ročníku v rámci tematického celku Biologie rostlin. Očekávaný výstupem je: „*Žák vysvětlí princip fotosyntézy a její význam pro biosféru a pro člověka* <sup>[6]</sup>.“

Ve třetím ročníku všeobecného čtyřletého gymnázia je téma fotosyntéza studentům představeno v rámci hodin chemie v kapitole sacharidy. V těchto hodinách je studentům podrobněji představena molekula glukózy, která je stěžejním produktem procesu fotosyntézy. Obdobně, jako tomu bylo u předchozí kapitoly, je podrobnější popis chemické struktury a funkce glukózy v hodinách chemie studentům představena podstatně později než fotosyntéza samotná (Nohavová, 2021).

V závěru svého studia se studenti čtvrtého ročníku Mikulášského gymnázia v Plzni opět setkávají s touto problematikou v rámci předmětu biologie. Cílem opětovného rozboru fotosyntézy je celkové upevnění vědomostí a jejich propojení s jinými předměty.

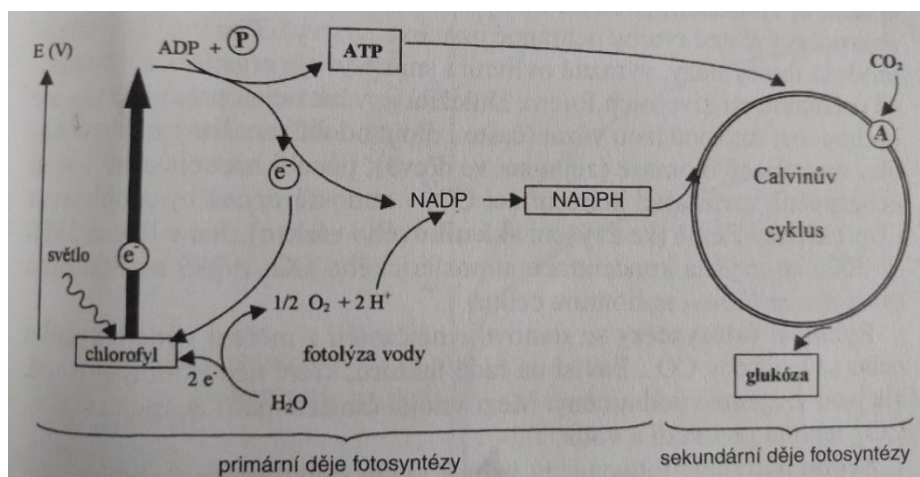
### 4.2.3 Fotosyntéza v učebnicích pro gymnázia

Tato podkapitola reflektuje rešerši dostupných učebnic biologie pro první ročníky gymnázií. Tyto učebnice posloužily jako podklad při vypracovávání otázek do dotazníkového šetření pro druhý ročník vyšších gymnázií, který je této práci součástí. Pro zajímavost je v jejím závěru přiložena i zahraniční učebnice biologie pojednávající o procesu fotosyntézy.

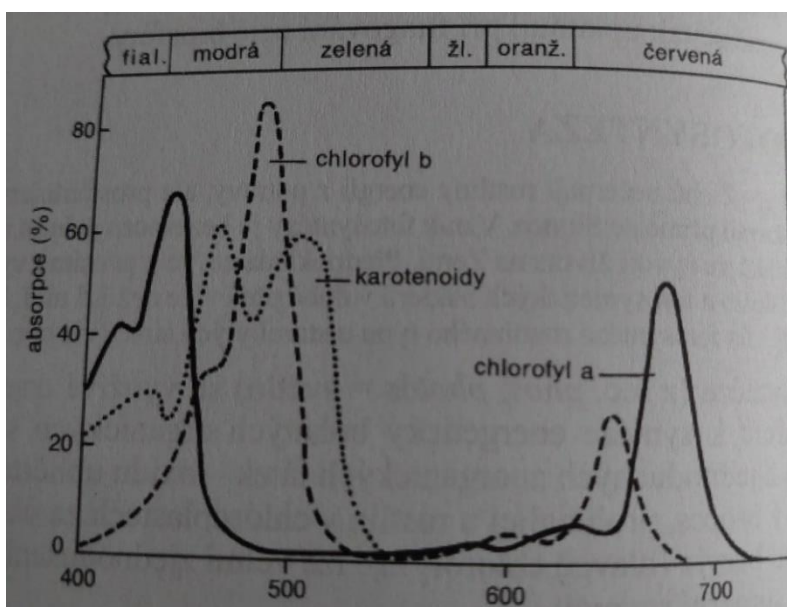


1. KINCL, Lubomír, Miloslav KINCL a Jana JAKRLOVÁ. *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií.* (2006, s. 83-88)

Autoři této učebnice se tématu fotosyntéza věnovali hned na několika stránkách. Souvislý text v několika místech doprovází schémata (Obr. 2), (Obr. 3) a rovnice. Rozsah textu je v tomto případě naprosto odpovídající a veškeré složitější pojmy jsou doprovázeny vysvětlením nebo příkladem. Jednolitost černobílého textu spolu s černobílými obrázky však může na studenty působit příliš odborně a nezajímavě. Schémata vykreslují fotosyntézu takřka na vědecké úrovni, a proto by neškodilo přiložit o něco jednodušší obrázek, který by studenty do této problematiky uvedl mnohem příjemnějším způsobem.



Obrázek 3: Schéma fotosyntézy



Obrázek 2: Absorpční spektra nejdůležitějších fotosyntetických barviv rostlin

**2. JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia*. (2002, s. 35–36)**

Stejně jako u výše analyzované učebnice, zvolili i zde autoři jednolitý černobílý text, který je doplněn o černobílá schémata. Nutno ale podotknout, že rozsahem textu je tato učebnice o něco chudší. Odborné pojmy jsou zde zvýrazněny tučným písmem a doplněny o vysvětlení. Pro názornost jsou zde uvedeny rovnice jednotlivých částí tohoto děje. Bohužel ale zde chybí schéma, které by celý proces shrnulo.

**3. GLIMN-LACY, Janice a B. KAUFMAN, Peter. *Botany illustrated: Introduction to Plants, Major Groups, Flowering Plant Families***

Pro porovnání je zde uvedena jedna učebnice v anglickém jazyce. Na první pohled se od sebe obsah českých a anglických učebnic pro středoškolské vzdělání významně neliší. Tato učebnice opět obsahuje kapitolu, která je zcela věnována fotosyntéze. V úvodu autoři popisují tento proces z hlediska výchozích látek a produktů. Dále se věnují podrobnému výčtu fotosynteticky aktivních organismů. Ten doplňují o argumenty, pro některé organismy (houby) fotosyntetizovat nemohou. Následující podkapitola je věnována rozboru fotosyntetických barviv a nastiňují zde i princip fykobilizomů. Připojené podkapitoly podrobně popisují primární a sekundární fáze fotosyntézy. Tato učebnice je po odborné stránce vypracována na velmi vysoké úrovni. Postrádá ale jakékoli grafické znázornění, které by téma studentům snáze přiblížilo. Opět tak veškerá zodpovědnost za grafickou náročnost zůstává zejména na vyučujícím.

## 5. FOTOSYNTÉZA VE VÝUCE BIOLOGIE

Tato kapitola se věnuje rešerši odborných článků a publikací, jež popisují fotosyntézu jako kritické místo kurikula. Někteří autoři se zaměřují na to, proč je fotosyntéza identifikována jako kritické místo, jiní zase na způsoby, jakými mohou vyučující pomocí různých výukových metod a forem toto téma studentům co nejsnadněji předat.

Panijpan (2015) se ve svém obsáhlém článku věnuje rozboru fotosyntézy jako kritického místa ve výuce na amerických středních školách. Výzkum, jež byl prováděn pozorováním, se zaměřuje na znalosti středoškolských a vysokoškolských studentů. Jako výstup svého pozorování uvádí různé úrovně porozumění v této oblasti za pomoci níže přiložených otázek a odpovědí. Nutno podotknout, že některé otázky přesahují středoškolskou úroveň, výzkum ale dokládá, že fotosyntéza představuje kritické místo ve výuce i ve vyšších stupních vzdělávání (Panijpan, 2015).

Otázky, jež do svého výzkumu Panijpan (2015) zařadil by se daly rozdělit do několika následujících skupin: Fixace oxidu uhličitého, tvorba kyslíku, tvorba cukru, chloroplasty, škrob na cukr a cukr na škrob. V rámci těchto skupin vytvořil Panijpan sérii otázek, jejichž úkolem bylo do hloubky analyzovat znalosti studentů o jednotlivých dějích, ke kterým během fotosyntézy dochází (Panijpan, 2015).

Zatímco otázky týkající se fixace oxidu uhličitého studentům nečily významné potíže, ostatní skupiny otázek na tom byly se správností odpovědí o něco hůře. Nebyli například schopni přijít na to, kde rostlina bere energii na rozštěpení molekuly vody při protolýze za stinného dne (Panijpan, 2015).

U skupiny otázek týkající se chloroplastů studenti neznali odpověď na to, zda narušení chloroplastových membrán může ovlivnit procesy fotosyntézy, jež jsou závislé na světle (Panijpan, 2015).

Na otázku, v níž se Panijpan studentů tázal na to, kde rostlina bere energii na přetvoření rozpustného cukru, jež vzniká při fotosyntéze, na škrob jako pevnou látku, která se následně usazuje v jiných částech rostliny (v kořenech a hlízách) studenti opět nebyli schopni správně odpovědět (Panijpan, 2015).

Pomocí pozorování ve vyučovacích hodinách na středních a vysokých školách identifikoval Panijpan fotosyntézu jako kritické místo výuky.

Fotosyntézu jako kritické místo kurikula uvádí i Nohavová (2021). Ve své publikaci uvádí, že přítomnost kritických míst ve výuce je často způsobena nedokonalou provázaností mezipředmětových vztahů vybraných témat a nelze na ti tedy nahlížet pouze jako na problém oboru či předmětu. Při vyučování fotosyntézy tedy musí vyučující zahrnout poznatky z fyziky a chemie, které jsou pro dokonalé pochopení tématu zcela nezbytné (Nohavová, 2021).

Jak píše Nohavová (2021) celý proces fotosyntézy se odehrává na atomární, mnohdy i elektronové úrovni. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby se studenti orientovali v problematice stavby atomu a energií, které se na této úrovni projevují. Pojem jako excitace či autoprotolýza by studenti měli zcela jistě z hodin chemie znát. V tomto bodě ale vyučující často naráží na problém. Jak Nohavová (2021) uvádí, první setkání žáků s fotosyntézou v rámci předmětu přírodopis je v sedmé třídě na základní škole. V tu dobu jsou ale jejich poznatky z chemie naprosto nulové. V ten moment může představovat problém výstavba chemické reakce fotosyntézy či pochopení pojmu glukóza či energie. Nohavová (2021) tedy upozorňuje na fakt, že v případě, že vyučující není aprobovaným chemikem, mohl by se ve vysvětlované látce cítit nejistě, což by mělo za následek nedokonalé pochopení vyučované látky.

Nas (2010) v kapitole „Pochopení fotosyntézy“ přichází s myšlenkou, že je zapotřebí značnou měrou rozšířit chápání mladých lidí v oblasti fungování rostlin. Dále udává, že studenti mají mnoho nejasností v tématu výživy rostlin, než vůbec fotosyntézu začnou studovat. Nas (2010) doplňuje, že studenti se fotosyntézu, která pro ně představuje velmi náročné učivo, raději naučí nazpaměť, aby splnili požadavky vyučujícího. Naučí se jednotlivé fáze bez hlubšího pochopení a vlivem toho dojde k brzkému zapomnění. To samé se dále opakuje ve vyšších stupních vzdělávání.

Dále pak Nas (2010) představuje problém, jež odkryly i přiložené dotazníky, na kterých je praktická část této diplomové práce vystavěna. Vzhledem k tomu, že se jedná o výměnu plynů (kyslík a oxid uhličitý), které jsou studentům známé jako dýchací plyny, často se domnívají, že fotosyntéza je vlastně způsobem rostlinného dýchání. Pakliže student pochopí princip a důvod fotosyntézy, čeká na něj další překážka v podobě rostlinného dýchání. Během něj totiž účinkují tytéž plyny, ty jsou ale umístěny na opačných stranách rovnice (Nas, 2010).

Ačkoli fotosyntéza i rostlinné dýchání představují poměrně jednoduché procesy co se účastnicích se látek týče, jejich komplikovanost spočívá v jejich snadné vzájemné zaměnitelnosti (Nas, 2010).

Caňal (1999) se ve své publikaci pokouší odkrýt původ miskonceptů a celkových mylných uchopení vyučované látky týkající se rostlinného dýchání, rostlinné výživy a fotosyntézy. Odhalení těchto příčin je nezbytné pro navržení efektivních řešení, jež by vedly k odstranění těchto kritických míst. Přesná identifikace příčiny vzniknuvšího miskonceptu umožňuje jeho odstranění a následnou korekci kurikula (Caňal, 1999).

Ve své práci se Caňal (1999) zaměřil zejména na to, jakým způsobem žáci chápou rostlinnou výživu. Zjistil, že studenti často označují rostlinnou výživu jako „dýchání“ rostlin (fotosyntézu). Podle nich se tedy jedná o výměnu plynů, které je reverzní k té, jež provádí živočichové (včetně jich samých). V dalších odstavcích tedy Caňal (1999) zcela oprávněně varuje nad zakořeněností představy, že fotosyntéza je děj opačný k rostlinnému dýchání. Alarmující se zdá být i fakt, že tento miskoncept je patrný takřka ve všech úrovních vzdělávání. Dále pak Caňal (1999) uvádí časté miskoncepty, jež si studenti při výuce fotosyntézy a rostlinného dýchání často utvářejí.

- Studenti často zaměňují pojmy výživa a potrava (z hlediska zdroje energie).
- Sluneční záření je pro zdraví rostlin, jejich sílu a barvu naprosto nezbytné. Často ho tedy vnímají jako faktor zdraví, ne jako aspekt podmiňující iniciaci fotosyntézy.
- Rostliny obdobně jako živočichové dýchají. Tedy kontinuálně přijímají a vylučují vzduch. Bez neustálého dýchání by zemřely.
- Rostlina ze země vstřebává látky. Ty jsou dále vedeny jejím tělem vzhůru, čímž jí umožňují růst a stálost životních funkcí. Tento fakt koliduje s jejich představou o tom, že se rostlina živí pouze díky procesu fotosyntézy.

Výše uvedené časté mylné představy studentů jsou dle Caňala (1999) podporovány dvěma základními koncepty fotosyntézy, jež pozoroval na středních školách.

*1. Fotosyntéza jako specifický proces, během něhož dochází k produkci potravy v rostlinách.*

- V rámci tohoto pojetí fotosyntézy se často projevuje nesprávné vnímání pojmu „vyživování rostlin“, jež často zaměňují s termínem potrava.

- Na základě toho nejsou schopni určit důvod, za jakým k fotosyntéze dochází, jelikož se domnívají, že rostlina přijímá potravu prostřednictvím kořenového systému (Caňal, 1999).
2. *Fotosyntéza jako chemický proces, během něhož z oxidu uhličitého a vody za účasti fotonu a chlorofylu dochází ke vzniku glukózy a kyslíku.*
- Při této představě dochází k upozadění významu minerálních látek. O nich se studenti učili v tematickém celku výživa rostlin. V tento moment je však jejich důležitost značně opomenuta (Caňal, 1999).
  - Zároveň často dochází k tomu, že studenti vnímají světlo jako něco, co rostlině přispívá k jejímu zdraví. Bývá tedy opomíjena funkce fotonu jako excitačního prostředníka pro zahájení primárních dějů fotosyntézy (Caňal, 1999).

Beránková (2011) se ve své diplomové práci věnuje tomu, jak by vyučující měli k výuce fotosyntézy přistupovat. Ve práci tyto metody rozděluje do čtyř ucelených skupin: využití počítačových materiálů, hraní rolí, badatelské metody a myšlenkové mapy (Beránková, 2011).

V podkapitole popisující využití počítačových materiálů při výuce fotosyntézy autorka uvádí zejména využití audiovizuálních prostředků jako jsou například videoukázky a animace. Jejich zapojení do výuky pomůže studentům zejména s představivostí tohoto složitého procesu (Beránková, 2011).

Hraní rolí v hodinách biologie autorka vyzdvihuje jako metody, která na studenty působí jako výrazná pozitivní motivace. Umožňuje všem studentům zapojení do výuky a zároveň je značným způsobem pozitivně motivuje (Beránková, 2011).

Badatelské metody představují takřka u všech přírodních věd oblíbenou formu výuky. Studenti se sami zapojují do výuky, sami získávají nové poznatky a utváří si tak nový pohled na věc. V případě výuky fotosyntézy lze například doložit vznik plynů při ponoření rostliny do vodního sloupce či pozorování mezofylu listu pod mikroskopem (Beránková, 2011).

Mentální mapy pak studentům napomáhají při vizualizaci a orientaci v jejich vlastních vědomostech. Mentální mapy nemusejí studenti provádět individuálně ale i ve skupinách. V takovém případě se studenti učí sami mezi sebou díky vzájemné diskusi, opravám a doplňování (Beránková, 2011).

Vágnerová (2019) v publikaci věnující se kritickým místům kurikula základních škol rozděluje problémová místa do jednotlivých modulů. V Podkapitole Modul fotosyntéza zmiňuje, kdy se žáci s výukou fotosyntézy setkávají. Dále pak rozvádí způsoby, jakými lze fotosyntézu vhodně vyučovat tak, aby nedošlo k mylnému pochopení vyučované látky. Rovněž jako Beránková (2011) doporučuje i Vágnerová (2019) využití demonstračních videoukázek, které pomohou studentům snáze proces fotosyntézy pochopit. Vedle videí, která jsou převážně dostupná v českém jazyce, uvádí Vágnerová (2019) i aplikace, které mohou vyučující během své výuky využít.

Štraub (2023) ve svém článku představuje unikátní fotobioreaktor Helena, jehož uvedení do provozu proběhlo na jaře roku 2023 v pražském obchodním domě Metropole. Jedná se o soustavu skleněných válců s vodou osídlenou zelenými řasami *Chlorella sp.* Jak Štraub (2023) uvádí, do válců je vháněn vzduch z chodeb obchodního centra, jež je přesycen oxidem uhličitým. Zelené řasy jako fotosynteticky aktivní organismy zpracují oxid uhličitý a vyprodukují kyslík (Štraub, 2023).

Tento projekt má na svém kontě hned několik pozitiv. Finančně nenáročnou cestou (pouhých třicet korun na jeden den provozu) dochází k výrazné eliminaci uhlíkové stopy (Štraub, 2023).

Vedle toho se jedná o na první pohled zajímavý přístroj, jež přiláká kolemjdoucí (Štraub, 2023). Ty informační panel spraví o tom, co před sebou mohou vidět. Velmi názorným a jasným způsobem tak i nezasvěceným předá informace o tom, jak fotosyntéza funguje a v čem tkví její nezbytnost pro život na Zemi (Štraub, 2023).

Čím dál tím častějšími návštěvníky se v současné době stávají i školní třídy, pro které fotobioreaktor Helena představuje reálnou a názornou demonstraci průběhu fotosyntézy (Štraub, 2023). Jak sám autor článku uvádí, prezentace fotobioreaktoru Helena studenty velice zajímá a při pokládání kontrolních otázek, odpovídají ve většině případů správně.

## 6. METODIKA

V praktické části této diplomové práce bylo prostřednictvím dotazníkového šetření zjišťováno, jak se studenti středních škol orientují v problematice fotosyntézy. Pro toto šetření byla využita internetová aplikace Survio.com<sup>[7]</sup>. Vypracované dotazníky byly posléze rozeslány na náhodně vylosovaná gymnázia v České republice, konkrétně do prvních s druhých ročníků vyšších gymnázií. Dotazník pro kvintu (1. ročník vyššího gymnázia) se zaměřoval na znalosti, jež by studenti měli mít osvojené ze základních škol. Dotazník pro sextu (2. ročník vyššího gymnázia) pak reflektoval, co si studenti z předchozího roku na střední škole o fotosyntéze pamatují.

Původním záměrem bylo oslovit zhruba deset gymnázií napříč republikou a následně vyhodnotit získané výsledky. V takovém případě by byl materiál pro praktickou část této kvalifikační práce získán během několika dní. Ve výsledku ale bylo v rámci dotazníkového šetření kontaktováno 49 škol, aby u obou dotazníků bylo získáno alespoň 150 odpovědí. Většina oslovených škol totiž na žádost o účast na dotazníkovém šetření neodpověděla nebo neměla dostatečné časové prostředky pro vyplnění.

Odpovědi byly získávány od října roku 2022 do března roku 2023.

### 6.1 DOTAZNÍK PRO KVINTU

Dotazníkové šetření se ve většině případů řadí mezi metody kvantitativní analýzy, jehož cílem je získat co největší množství odpovědí (Hendl, 2017).

Při utváření dotazníku musí autor nejprve nastudovat literaturu, jež se zjišťované problematiky týká. Dále pak určuje skupinu lidí, která bude jeho dotazníkové šetření vypracovávat. Samotné řazení otázek v dotazníku by se mělo řídit heslem „od jednoduššího ke složitějšímu“ (Chráška, 2016).

Dle toho, co dotazník zjišťuje, může autor zvolit využití různých typů otázek. Nejčastěji využívanými typy pak jsou: uzavřená otázka s jednou správnou odpovědí, uzavřená otázka s více správnými odpověďmi, polouzavřená otázka či otevřená otázka (Hendl, 2017).

Tvorba tohoto dotazníku byla podpořena rešerší vybraných učebnic přírodopisu pro sedmý ročník základních škol. Tyto učebnice jsou uvedeny v podkapitole 4.1.3 (Fotosyntéza v učebnicích pro základní vzdělávání). Dotazník byl rovněž utvářen dle



kurikulárních dokumentů (Rámcový vzdělávací program, školní vzdělávací plán) s přihlédnutím k očekávaným výstupům (podkapitola 4.1 Kurikulární dokumenty pro základní vzdělávání). Výše zmíněný školní vzdělávací plán Masarykovy základní školy v Plzni uvádí, že se studenti s tématem Fotosyntéza seznamují poprvé v sedmém ročníku. Bylo tedy důležité sestavit otázky v dotazníku tak, aby na ně studenti dokázali bez potíží odpovědět. Pro hlubší analýzu znalostí, které studenti o fotosyntéze mají, byly využity různé typy otázek: uzavřené otázky s jednou správnou odpovědí, uzavřené otázky s více správnými odpověďmi či otevřené otázky. Při konstrukci tohoto dotazníku se vycházelo z učebnic přírodopisu pro základní školy, jejichž rešerše je uvedena výše v této práci.

Níže je uveden výčet jednotlivých otázek (včetně odpovědí pro uzavřené otázky).

---

1. Uveďte, prosím, jakou školu studujete.
2. Uveďte celý název Vaší školy.
3. Fotosyntéza je děj, při kterém se:
  - a) Energie chemických vazeb přeměňuje na energii elektrickou
  - b) Energie světelná přeměňuje na energii kinetickou
  - c) Energie elektrická přeměňuje na energii chemických vazeb
  - d) Energie světelná přeměňuje na energii chemických vazeb
4. Z níže uvedených skupin organismů uveďte ty, které fotosyntetizují:
  - a) Mechy
  - b) Zelené rostliny
  - c) Sinice
  - d) Červené řasy
  - e) Houby
  - f) Lišejníky
5. Fotosyntéza je umožněna díky přítomnosti barviva ( ), které je uloženo v ( ) buněk.
6. Vlastními slovy napište, proč některé organismy fotosyntetizují.
7. Které z níže uvedených látek jsou výchozími látkami fotosyntézy:
  - a)  $\text{CO}_2$
  - b)  $\text{NaCl}$
  - c)  $\text{O}_2$
  - d)  $\text{H}_2\text{O}$

8. Napište, které organický látka vzniká při fotosyntéze a do které skupiny látek patří.
  9. Může rostlina zároveň dýchat i fotosyntetizovat?
  10. Rostliny stejně jako živočichové dýchají, Uved'te, jaký plyn rostlina „vdechuje“ a jaký „vydechuje“.
  11. Rostliny produkují kyslík ... proč to dělají?
    - a) Je pro ně toxický.
    - b) Vzniká jako odpadní produkt fotosyntézy.
    - c) Vylučují ho jako odpadní plyn při rostlinném dýchání.
  12. Jak se jmenuje záření, které iniciuje proces fotosyntézy? Co je jeho zdrojem?
  13. Je nezbytné, aby byla rostlina vystavena světlu po celou dobu procesu fotosyntézy?
  14. Setkali jsme se někdy se zkratkou ATP? Pokud ano, uveďte, v jaké souvislosti, popř. co zkratka znamená.
- 

## 6.2 DOTAZNÍK PRO SEXTU

Stejně jako tomu bylo u prvního dotazníku, při tvorbě těchto otázek bylo vycházeno vycházela z učebnic pro gymnázia. V podkapitole ŠVP pro gymnázia je uveden výřez ze Školního vzdělávacího plánu Mikulášského gymnázia v Plzni. Zde je uvedeno, že s tématem fotosyntéza se studenti seznamují v hodinách biologie ve druhém pololetí prvního ročníku. Jejich vědomosti v této problematice by tak měly být mnohem čerstvější, než tomu bylo u předchozího dotazníku.

Níže je uveden výčet jednotlivých otázek obsažených v tomto dotazníku:

---

1. Uveďte, prosím, jakou školu studujete.
2. Uveďte celý název Vaší školy.
3. Pro fotosyntézu platí:
  - a) Probíhá jen v živých buňkách.
  - b) Spotřebovává se při ní energie.
  - c) Zvyšuje se při ní hmotnost rostliny.
  - d) Jedná se o anabolický proces.
4. Uvolnění kyslíku je výsledkem rozpadu molekuly vody (fotolýza vody).
  - a) ANO
  - b) NE

5. Primární procesy fotosyntézy probíhají:
- a) V cytoplazmě buněk
  - b) Ve stromatu chloroplastů
  - c) V thylakoidech chloroplastů
  - d) V mitochondriích
6. Co je produktem primární fáze fotosyntézy?
- a) NADPH, ATP, O<sub>2</sub>
  - b) ATP, O<sub>2</sub>
  - c) Rubisco, ATP, O<sub>2</sub>
  - d) H<sub>2</sub>O, NADPH, ATP
7. Sekundární procesy fotosyntézy probíhají:
- a) Pouze ve tmě
  - b) Ve stromatu chloroplastů
  - c) V thylakoidech chloroplastů
  - d) V mitochondriích
8. Co je produktem sekundární fáze fotosyntézy? (název látky + její zařazení)
9. Mezi sekundární děje fotosyntézy patří:
- a) Fotolýza vody
  - b) Calvinův cyklus
  - c) Krebsův cyklus
  - d) Dýchací řetězec
10. Napište rovnici fotosyntézy:
11. Rostliny stejně jako živočichové dýchají, Uveďte, jaký plyn rostlina „vdechuje“ a jaký „vydechuje“.
12. Může rostlina zároveň dýchat i fotosyntetizovat?
- a) ANO
  - b) NE
13. Záření, které rostlina využívá při fotosyntéze je:
- a) UV záření
  - b) 400–700 nm
  - c) Viditelné záření
  - d) IR záření
14. Uveďte název molekuly se zkratkou ATP. Napište, proč je důležitá při metabolických procesech.
-

## 7. PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této diplomové práce se věnuje analýze a zpracování výsledků získaných při dotazníkovém šetření v prvních a druhých ročnících vyšších gymnázií. Internetový portál Survio.com, v němž byl dotazník vypracován, rozeslán do škol a následně i vyhodnocen, nabízí svým uživatelům zpracování odpovědí jednotlivých otázek graficky či v tabulkách.

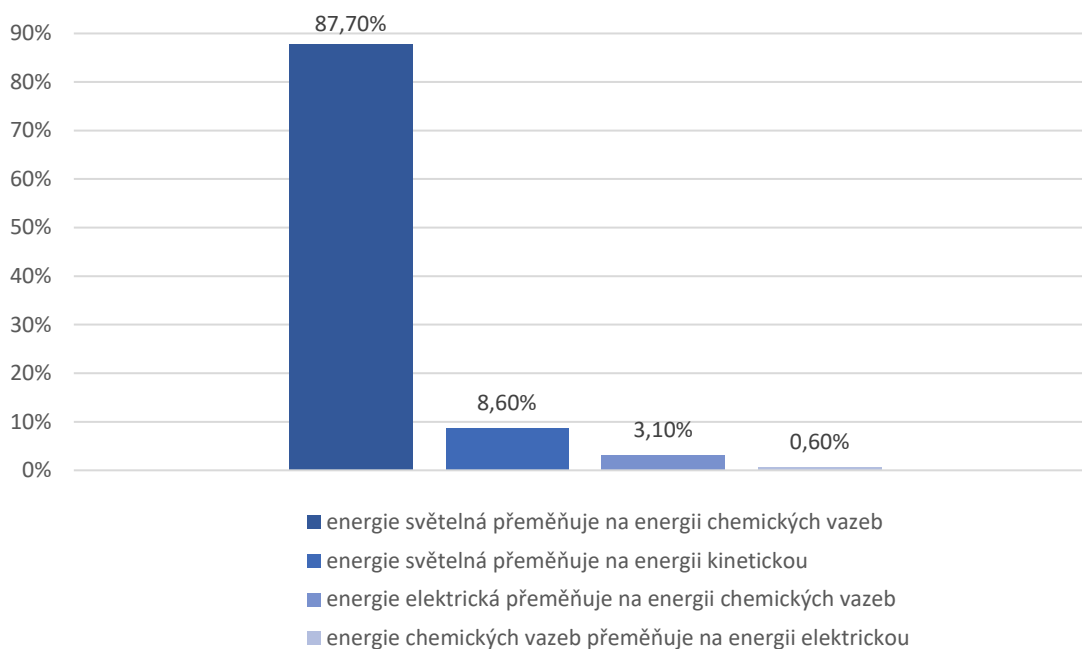
### 7.1 VÝSLEDKY KVINTY

V této podkapitole jsou uvedeny jednotlivé otázky a k nim doplněné správné odpovědi. Ty jsou pro snadnější orientaci vyznačeny tučně. Úplné znění původního dotazníku je znázorněno v podkapitolách 5.1 a 5.2. Záměrně zde jsou vynechány první dvě otázky, které se studentů dotazovaly na typ a název školy, kterou studují.

Dotazník pro kvintu vyplnilo celkem 163 studentů.

Otázka č. 3: „*Fotosyntéza je děj, při kterém se: energie světelná přeměňuje na energii chemických vazeb.*“

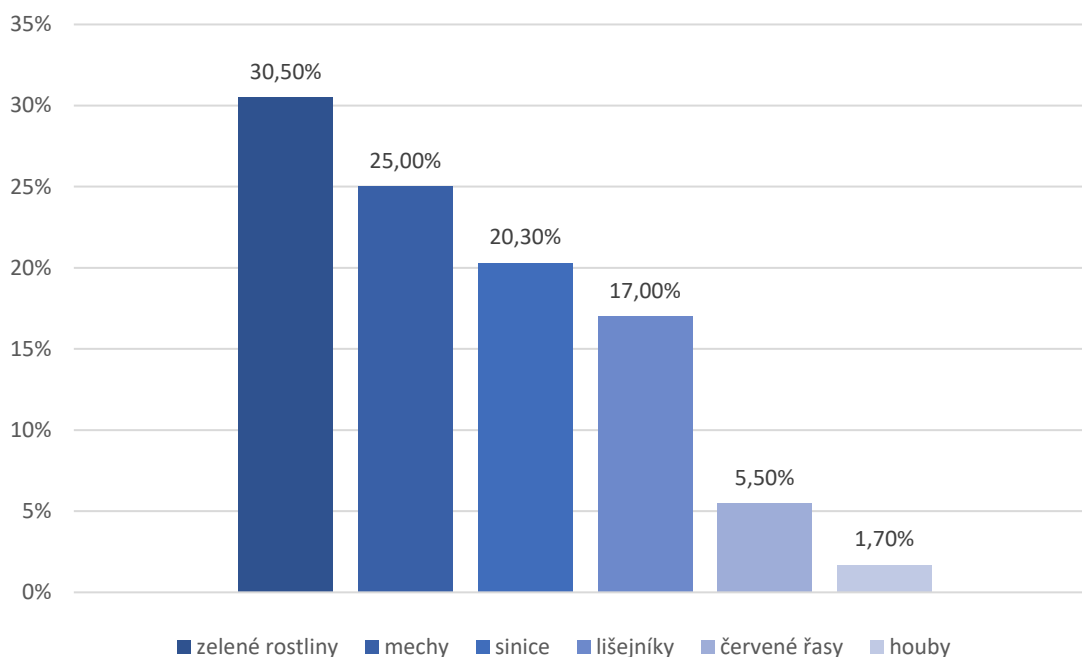
Velká většina respondentů (87,7 %) na tuto otázku odpověděla správně. Jedná se o uzavřenou otázku s jednou správnou odpovědí. Jejím cílem bylo zjistit, jak se studenti orientují v jednotlivých typech energií. Nabídnuté odpovědi obsahovaly energie (světelná, chemických vazeb, kinetická a elektrická), se kterými se v průběhu svého studia již zcela jistě setkali. Při výběru správné odpovědi si tedy museli uvědomit, jaký typ energie iniciuje průběh fotosyntézy a v jakou se následně mění. Necelých 9 % studentů odpovědělo, že dochází k přeměně světelné energie na energii kinetickou. Více než 3 % studentů odpovědělo, že se při fotosyntéze přeměňuje elektrická energie na energii chemických vazeb a pouhých 0,6 % studentům označilo odpověď: energie chemických vazeb přeměňuje na energii elektrickou. Získaná data názorně dokládá níže přiložený graf (Obr. 4).



Obrázek 4: Graf k otázce č. 3 (dotazník kvinta)

Otázka č. 4: „Z níže uvedených skupin organismů vyberte ty, které jsou schopny fotosyntetizovat – **zelené rostliny, mechy, sinice, lišejníky, červené řasy.**“

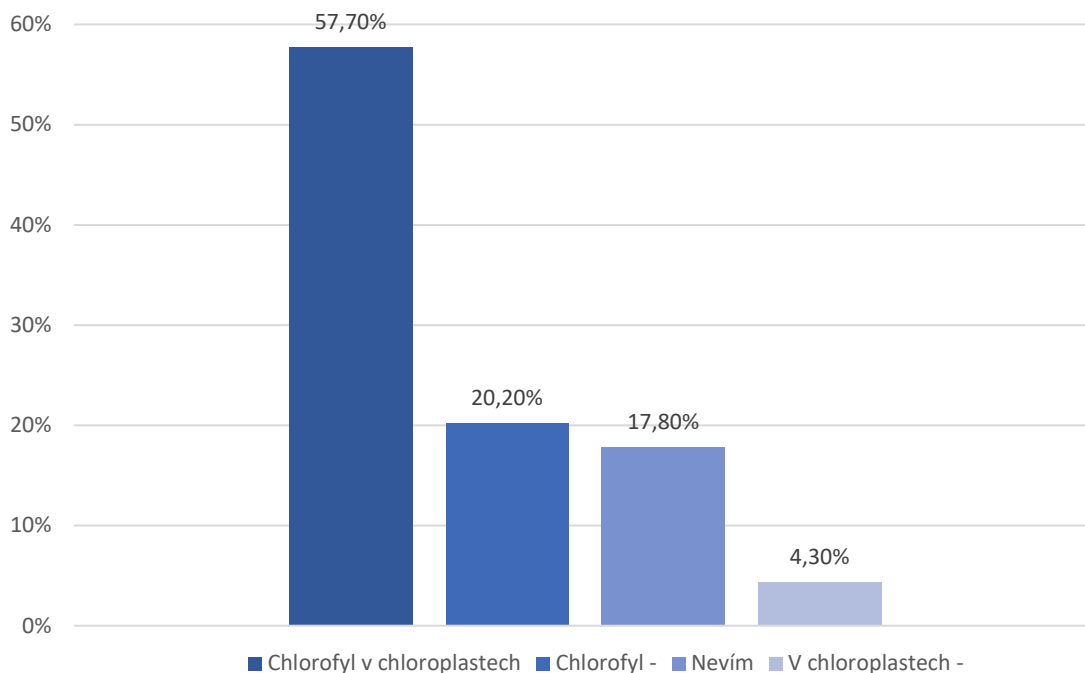
Cílem této uzavřené otázky s více správnými odpověďmi bylo zjistit, jaké organismy studenti vnímají jako fotosynteticky aktivní. Zatímco zelené řasy, mechy, sinice a lišejníky respondenti většinou správně označili, červené řasy se v jejich odpovědích příliš často neobjevovaly. Příčinou je pravděpodobně název této skupiny řas spojený s barvou jejich stélek. Studenti se pravděpodobně domnívají, že fotosyntetizovat mohou pouze takové organismy, jejichž tělo má zelenou barvu. Necelá dvě procenta odpovědí pak označovala i houby jako fotosynteticky aktivní organismy. Celkové vyhodnocení této otázky bylo značně ztíženo, jelikož studenti mohli označit více správných odpovědí, jak ostatně dokládá níže přiložený graf (Obr. 5).



Obrázek 5: Graf k otázce č. 4 (dotazník kvinta)

Otázka č. 5: „Fotosyntéza je umožněna díky přítomnosti barviva (*chlorofylu*), které je uloženo v (*chloroplastech*) buněk.

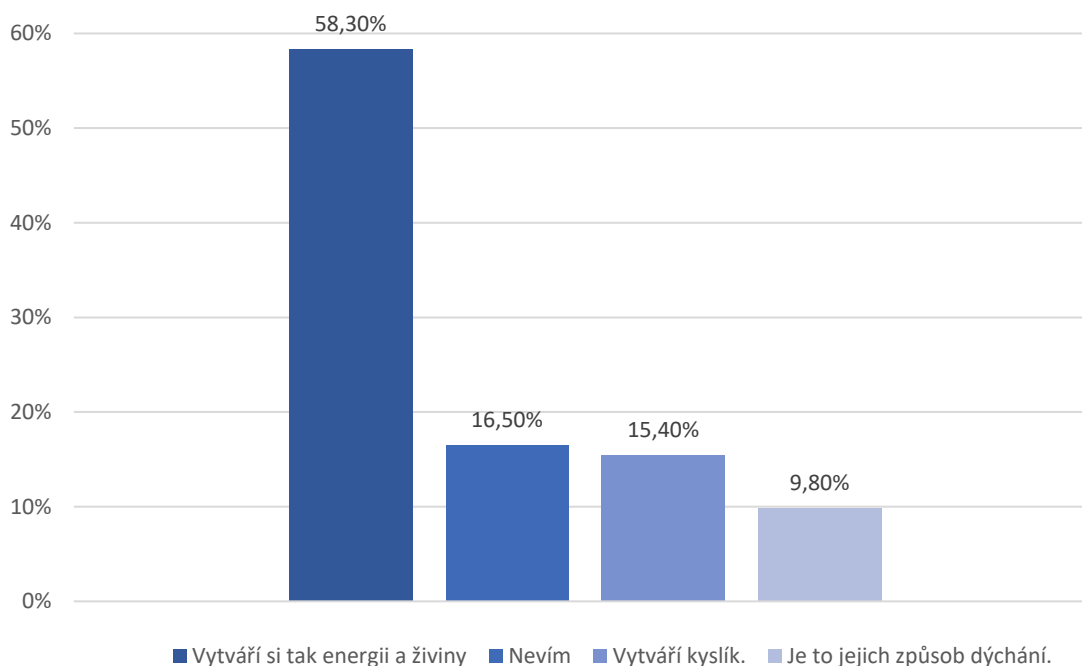
V této otevřené otázce měli studenti za úkol doplnit název barviva, které fotosyntézu umožňuje a místo v buňce, kde je uloženo. Pouze 57,7 % dotazovaných uvedlo úplnou odpověď. Lehce přes 20 % studentů uvedlo pouze název barviva a necelých 5 % pouze místo jeho uložení. Oproti tomu téměř 18 % studentů na tuto otázku nedokázalo odpovědět. Vzhledem k tomu, že se jednalo o otevřenou otázku bylo třeba veškeré odpovědi pročíst a rozdělit je dle smyslu sdělení. Jako správné byly označeny i odpovědi obsahující gramatické chyby. Níže přiložený graf názorně ilustruje získaná data (Obr. 6).



Obrázek 6: Graf k otázce č. 5 (dotazník kvinta)

**Otázka č. 6: „Vlastními slovy popište, proč některé organismy fotosyntetizují: fotosyntézou získávají potřebné zásobní a stavební látky.“**

Tato otevřená otázka měla za úkol hlouběji analyzovat povědomí studentů o tom, proč k fotosyntéze dochází. Vzhledem k tomu, že každá odpověď byla psána vlastními slovy, byly rozřazeny do čtyř skupin dle smyslu jejich sdělení. Více než polovina respondentů (58,3 %) správně odpověděla, že k fotosyntéze dochází za účelem zisku energie a živin. Značné množství dotazovaných odpovědělo, že správnou odpověď neznají (16,5 %). Více než 15 % studentů odpovědělo, že rostliny fotosyntetizují proto, aby vytvářely kyslík a necelých 10 % si myslí, že fotosyntéza je způsob rostlinného dýchání. Získaná data jsou uvedena v níže přiloženém grafu (Obr. 7).



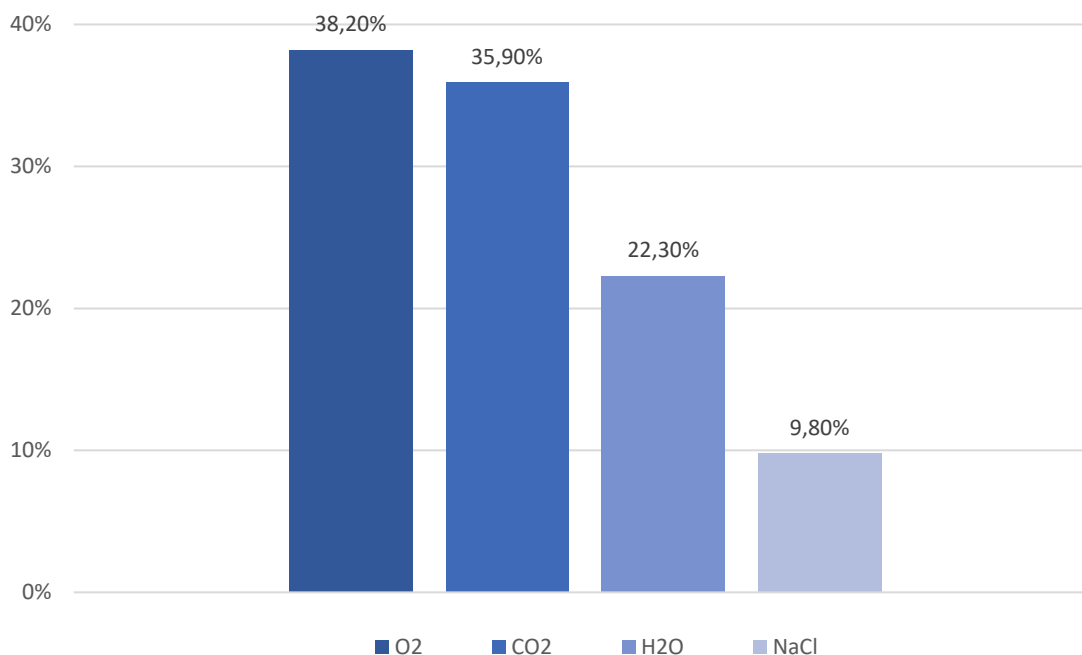
Obrázek 7: Graf k otázce č. 6 (dotazník kvinta)

**Otázka č. 7:** „Které z níže uvedených anorganických látek jsou výchozími látkami fotosyntézy?  $CO_2$  a  $H_2O$ .“

Cílem této uzavřené otázky s více správnými odpověďmi bylo zjistit, zda mají studenti osvojené pojmy „výchozí látka“ a „produkt“ a zda se orientují v základním schématu fotosyntézy, které bývá znázorňováno chemickou rovnicí.

Vzhledem k tomu, že respondenti nejvíce označovali jako správnou odpověď kyslík (38,2 %), dalo by se říci, že pojmu „výchozí látka“ zcela jistě nerozumí. Necelých 36 % získala odpověď oxid uhličitý. Přes 22 % respondentů zvolilo odpověď voda a téměř 10 % studentů označilo jako výchozí látku fotosyntézy chlorid sodný, což ostatně dokládá níže přiložený graf (Obr. 8).

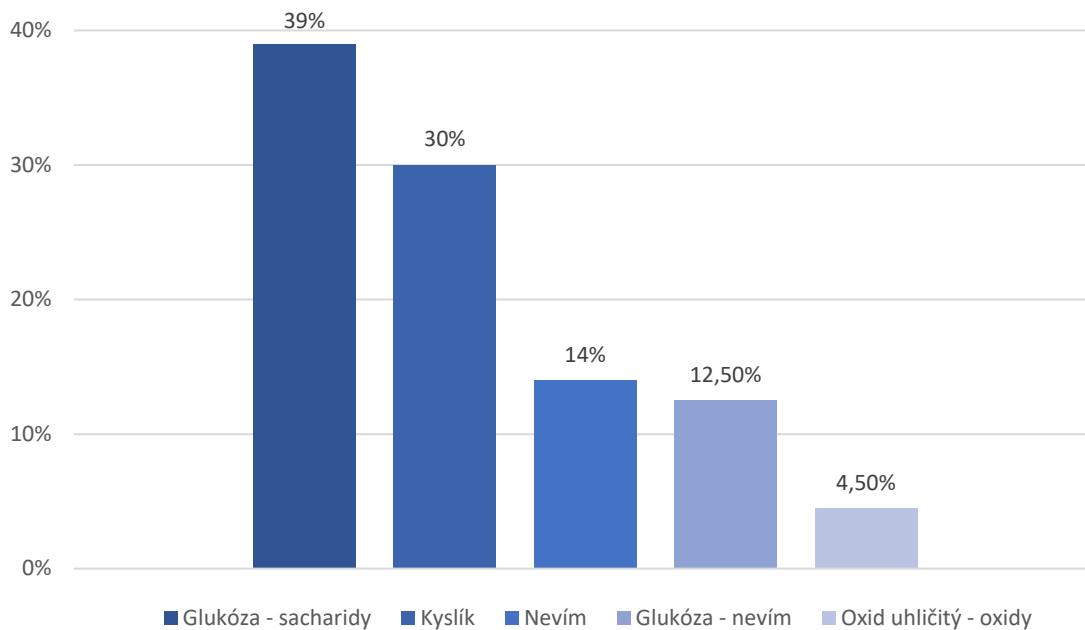




Obrázek 8: Graf k otázce č. 7 (dotazník kvinta)

*Otázka č. 8: „Napište, která organická látka vzniká při fotosyntéze a do které skupiny látek patří. **Glukóza – sacharidy (cukry).**“*

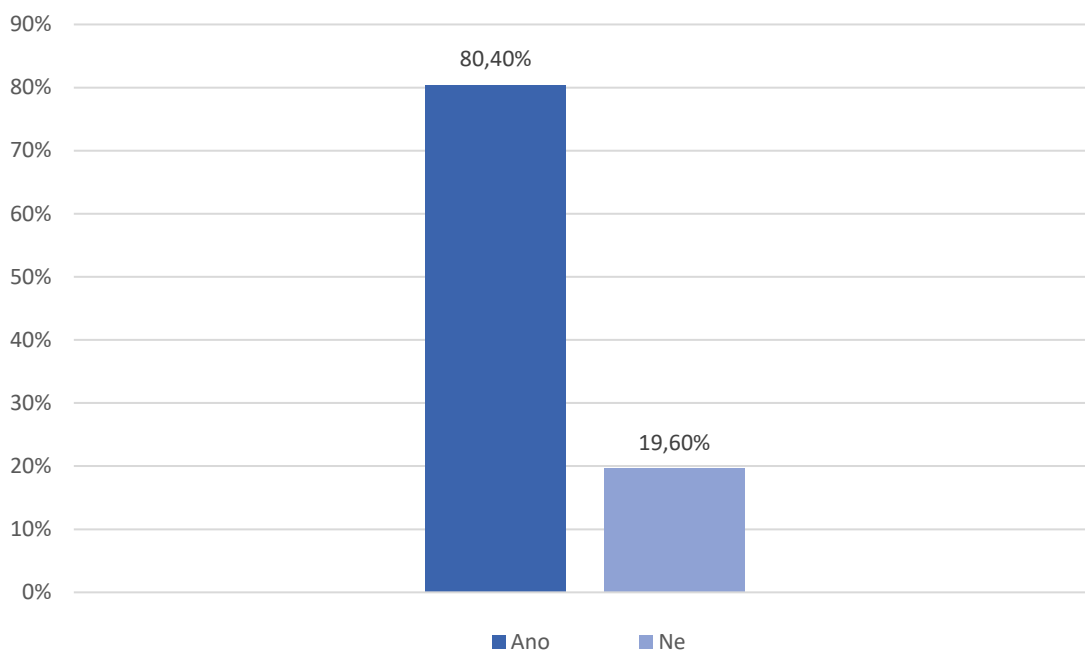
Studenti na tuto otevřenou otázku odpovídali vlastními slovy a jejich úkolem bylo pojmenovat organickou sloučeninu a následně ji zařadit do skupiny biochemických látek. Odpovědi tedy byly opět rozděleny do skupin dle smyslu jejich sdělení. Necelých 40 % studentů správně odpovědělo, že při fotosyntéze vzniká glukóza, která se řadí mezi sacharidy a 12,5 % respondentů uvedlo, že dochází ke vzniku glukózy, nicméně nedokázali tuto sloučeninu správně zařadit. Necelých 35 % odpovědí pak označovalo kyslík nebo oxid uhličitý, což by znamenalo, že studentům pravděpodobně dělá problém rozlišit organickou a anorganickou sloučeninu. Zbylých 14 % pak na tuto otázku nedokázalo odpovědět. Jak již bylo uvedeno výše (podkapitola 4.1.2) studenti se o chemické struktře a funkci glukózy učí podstatně později než o fotosyntéze samotné. Tento fakt může být příčinou neúspěšných odpovědí u této otázky (Obr. 9).



Obrázek 9: Graf k otázce č. 8 (dotazník kvinta)

**Otázka č. 9: „Může rostlina zároveň dýchat i fotosyntetizovat? ANO“**

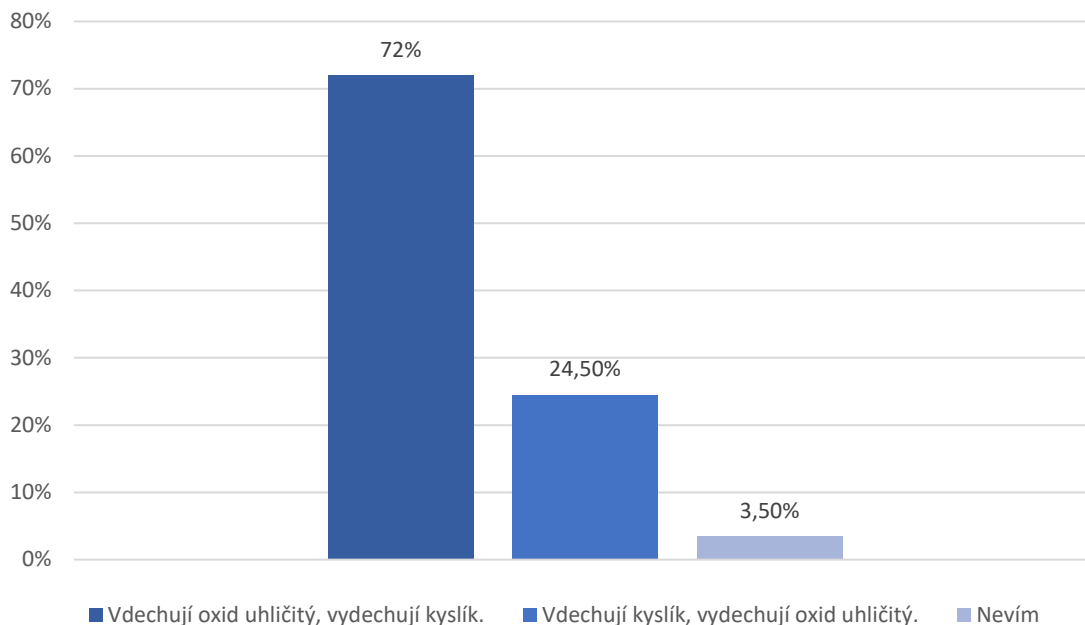
Valná většina odpovědí na tuto uzavřenou otázku s jednou správnou odpovědí byla správná. Více než 80 % studentů odpovědělo, že rostlina může během procesu fotosyntézy zároveň dýchat. Necelých 17 % dotazovaných odpovědělo, že tyto dva procesy zároveň probíhat nemohou (Obr. 10).



Obrázek 10: Graf k otázce č. 9 (dotazník kvinta)

*Otázka č. 10: „Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Napište, jaký plyn rostlina vdechuje a jaký vydechuje. **Vdechuje kyslík, vydechuje oxid uhličitý.**“*

Výsledky této otevřené otázky na první pohled prozrazují, že studenti zaměňují dýchání a fotosyntézu. Více než 70 % dotazovaných totiž odpovědělo, že rostlina vdechuje oxid uhličitý a vydechuje kyslík. Pouhých 24 % studentů správně uvedlo, že vdechovaným plynem je kyslík a vydechovaným oxid uhličitý. Necelá 4 % studentů pak nedokázala na tuto otázku odpovědět. Na tento fakt upozorňují autoři jejichž publikace jsou uvedeny v kapitole 5 (Fotosyntéza ve výuce biologie). Caňal (1999) před zakořeněním tohoto miskonceptu dokonce varuje. O to více alarmující je skutečnost, že valná část studentů odpověděla špatně (Obr. 11).

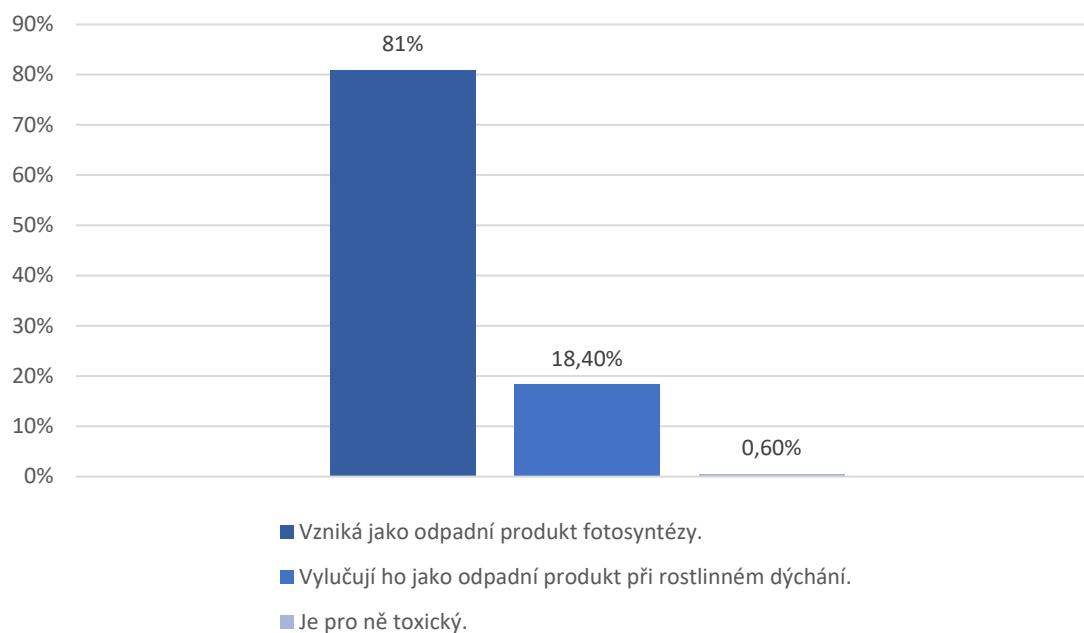


Obrázek 11: Graf k otázce č. 10 (dotazník kvinta)

Otázka č. 11: „Rostliny produkují kyslík ... proč to dělají? **Vzniká jako odpadní produkt fotosyntézy.**“

Více než 80 % dotazovaných na tuto uzavřenou otázku s jednou správnou odpovědí odpovědělo, že vyprodukovaný kyslík je odpadní látkou fotosyntézy. Více než 18 % studentů pak odpovědělo, že kyslík, který rostliny produkují vzniká jako odpadní produkt dýchání. Necelé 1 % odpovědělo, že rostliny vylučují kyslík, protože je pro ně toxický (Obr. 12).

Tato otázka velice úzce souvisí s otázkou předchozí. Odpovědi studentů ale v nich ale značně liší. Vyšší úspěšnost u této otázky je pravděpodobně způsobena tím, že studenti odpověď pouze vybírali a nevymýšleli.

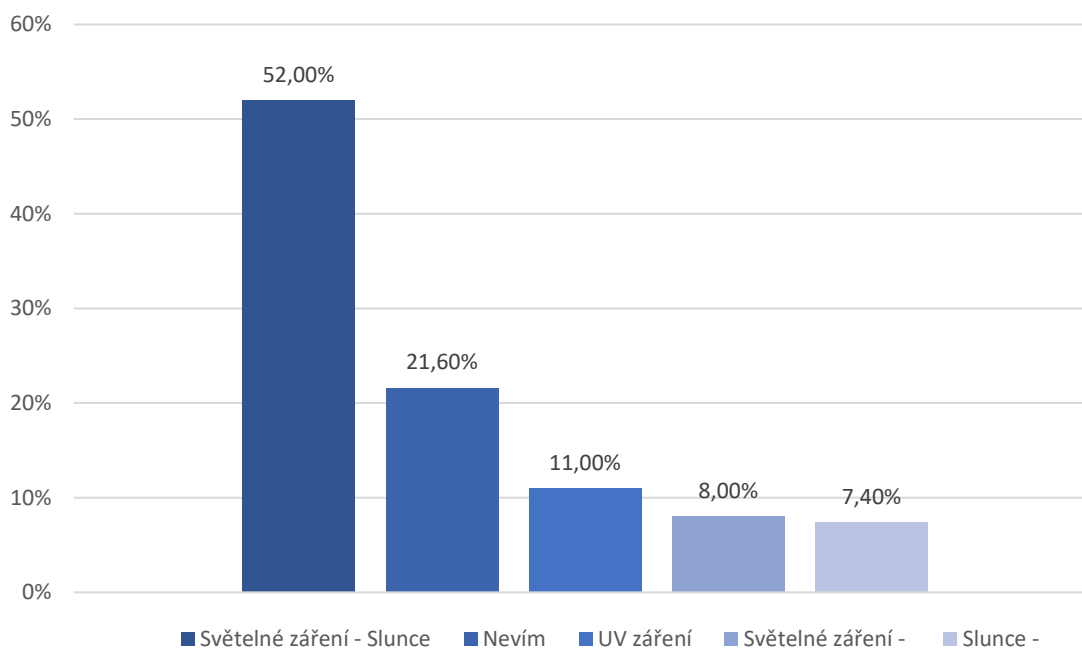


Obrázek 12: Graf k otázce č. 11 (dotazník kvinta)

**Otázka č. 12:** „*Jak se jmenuje záření, které iniciuje průběh fotosyntézy? Co je jeho zdrojem? Viditelné (sluneční) – Slunce.*“

Získané odpovědi u této otevřené otázky byly dle smyslu sdělení rozděleny do pěti skupin. Celých 52 % studentů správně zodpovědělo celou otázku. Takřka 22 % dotazovaných na ni nedokázalo ani částečně odpovědět. Celých 11 % studentů mylně uvedlo, že záření, které iniciuje průběh fotosyntézy je ultrafialové. Částečně správně zodpovězené otázky získaly téměř shodný počet odpovědí (přibližně 8 %) (Obr. 13).

Nohavová (2021) upozorňuje, že důležitou roli při vzniku kritických míst hrají mezipředmětové vztahy. Odpovědi získané u této otázky prozrazují, že studenti nemají zcela správně osvojené vědomosti týkající se světelného spektra a jeho částí.



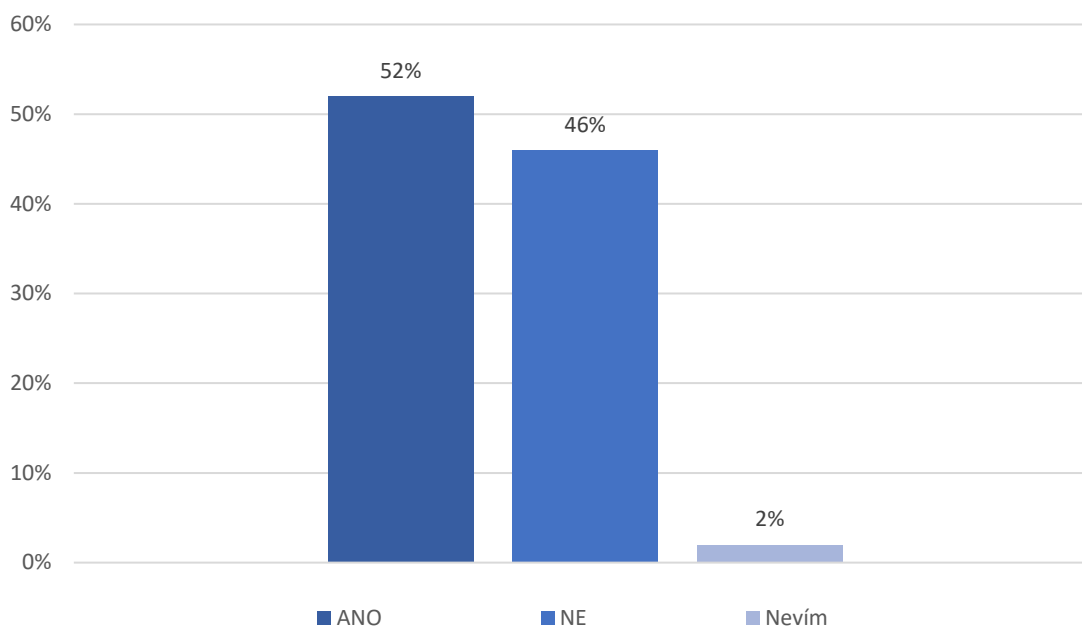
Obrázek 13: Graf k otázce č. 12 (dotazník kvinta)

Otázka č. 13: „Je nezbytné, aby byla rostlina vystavena světlu po celou dobu procesu fotosyntézy? **NE**“

Při výběru odpovědi na tuto otevřenou otázku měli studenti za úkol zohlednit vliv slunečního záření na proces fotosyntézy. To je samozřejmě nezbytné pro iniciaci toho děje, nicméně sekundární děje fotosyntézy probíhají nezávisle na slunečním záření. Odtud pochází dřívější označení „temnostní fáze fotosyntézy“.

Rovných 52 % studentů odpovědělo, že je nezbytné, aby rostlina byla světlu vystavena po celou dobu procesu fotosyntézy, zatímco 46 % uvedlo, že jeho působení po celou dobu nutné není. Pouhá 2 % studentů na tuto otázku nedokázalo odpovědět (Obr. 14).

Tato získaná data prozrazují, že studenti sice mají s fotosyntézou spojenou potřebu slunečního svitu, nicméně postrádají znalosti o jednotlivých fázích fotosyntézy a jejich nárocích na sluneční záření.

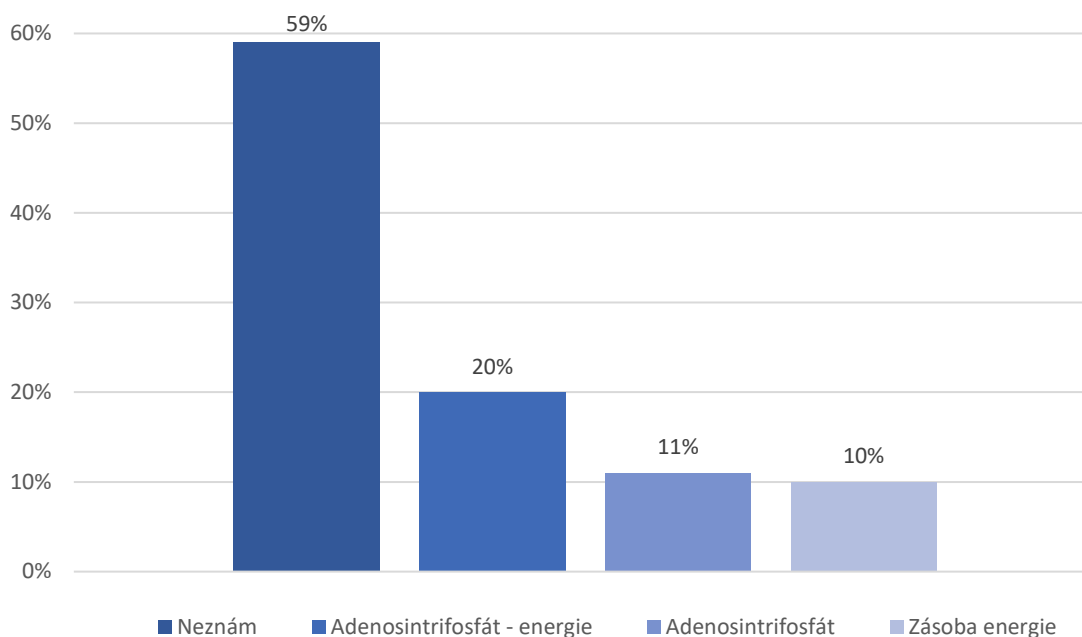


Obrázek 14: Graf k otázce č. 13 (dotazník kvinta)

*Otázka č. 14: „Setkali jste se někdy se zkratkou ATP? Pokud ano, uveďte, v jaké souvislosti, popř. co zkratka znamená. **Adenosintrifosfát – vysokoenergetická molekula.**“*

Tato otázka byla do dotazníku zařazena spíše pro zajímavost. Na základních školách totiž nebývá molekula adenosintrifosfátu žákům představována, jak ostatně dokazuje školní vzdělávací plán Masarykovy základní školy v Plzni <sup>[3]</sup>, který je výše v této práci zmíněn v podkapitole 4.1.2.

Dokládá to fakt, že 59 % studentů uvedlo, že tuto molekulu nezná. Dalších 20 % studentů dokázalo molekulu pojmenovat a určit, k čemu v organismech slouží. Téměř shodně pak studenti uváděli buďto název molekuly nebo její funkci v organismech, což ostatně dokládá níže přiložený graf (Obr. 15).



Obrázek 15: Graf k otázce č. 14 (dotazník kvinta)

### 7.1.1 Zhodnocení výsledků dotazníku kvinty

Dotazník, jež byl zaslán do prvních ročníků vyšších gymnázií, byl zaměřen na analýzu vědomostí studentů ze základních škol. Otázky byly vystavěny dle náhodně vybraných učebnic, které jsou v této práci uvedeny v podkapitole 4.1.3 Fotosyntéza v učebnicích pro základní školy. Otázky byly sestavovány tak, aby komplexně obsáhly celé téma fotosyntéza. Z toho důvody byly vybírány jak otázky otevřené, tak otázky uzavřené s jednou nebo více správnými odpověďmi. Následující odstavce se věnují rozboru získaných dat.

Pouze u šesti ze čtrnácti položených otázek v tomto dotazníku uvedlo alespoň 50 % studentů správnou odpověď. Za nejméně úspěšné otázky lze považovat ty, kde správnost odpovědi přesáhla 80 %.

Mezi ně je možné zařadit otázku č. 3 „*Fotosyntéza je děj, při kterém se: energie světelná přeměňuje na energii chemických vazeb.*“ Správnou odpověď v tomto případě zvolilo 87,7 % dotazovaných. Z toho vyplývá, že studentům nečiní významný problém představit si přeměnu jednotlivých typů energií.

Otázka č. 9 „*Může rostlina zároveň dýchat i fotosyntetizovat? ANO.*“ získala 80,4 % správných odpovědí. Tato data dokládají, že dle většiny studentů může docházet zároveň k fotosyntéze i k rostlinnému dýchání.



Mezi nadprůměrně úspěšné lze zařadit i otázku č. 11 „*Rostliny produkují kyslík ... proč to dělají? Vzniká jako odpadní produkt fotosyntézy.*“, kde celých 81 % dotazovaných zvolilo správnou odpověď. Jak bylo ale uvedeno v předchozí podkapitole, úspěšnost odpovědí zřejmě do značné míry tkví v tom, že se jednalo o uzavřenou otázku s jednou správnou odpovědí.

Oproti tomu mezi nejméně úspěšné otázky lze zcela jistě zařadit otázku č. 7 „*Které z níže uvedených anorganických látek jsou výchozími látkami fotosyntézy?  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ .*“, kde většina studentů (38,2 %) označila jako výchozí látku fotosyntézy kyslík. Otázkou zůstává, zda respondentům činilo problém odlišit pojmy výchozí látka a produkt nebo zda nemají ucelenou představu o látkách účastnících se fotosyntézy.

Nejméně úspěšnou otázkou je pak zcela jistě otázka č. 10 „*Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Napište, jaký plyn rostlina vdechuje a jaký vydechuje. **Vdechuje kyslík, vydechuje oxid uhličitý.***“, kde celých 72 % studentů odpovědělo, že během rostlinného dýchání rostliny spotřebovávají oxid uhličitý a vylučují kyslík. Tato získaná data jsou jasným důkazem toho, že studenti zaměňují dýchání s fotosyntézou, na což upozorňuje Caňal (1999), ale i Nohavová (2021).

Mezi málo úspěšné otázky by se zcela jistě mohla zařadit otázka č. 14 „*Setkali jste se někdy se zkratkou ATP? Pokud ano, uveďte, v jaké souvislosti, popř. co zkratka znamená. **Adenosintrifosfát – vysokoenergetická molekula.***“, kde celých 59 % studentů nedokázalo ani částečně na položenou otázku odpovědět. Tento fakt by se ale dal omluvit tím, že funkce molekuly ATP nemusí být studentům na základních školách představena.

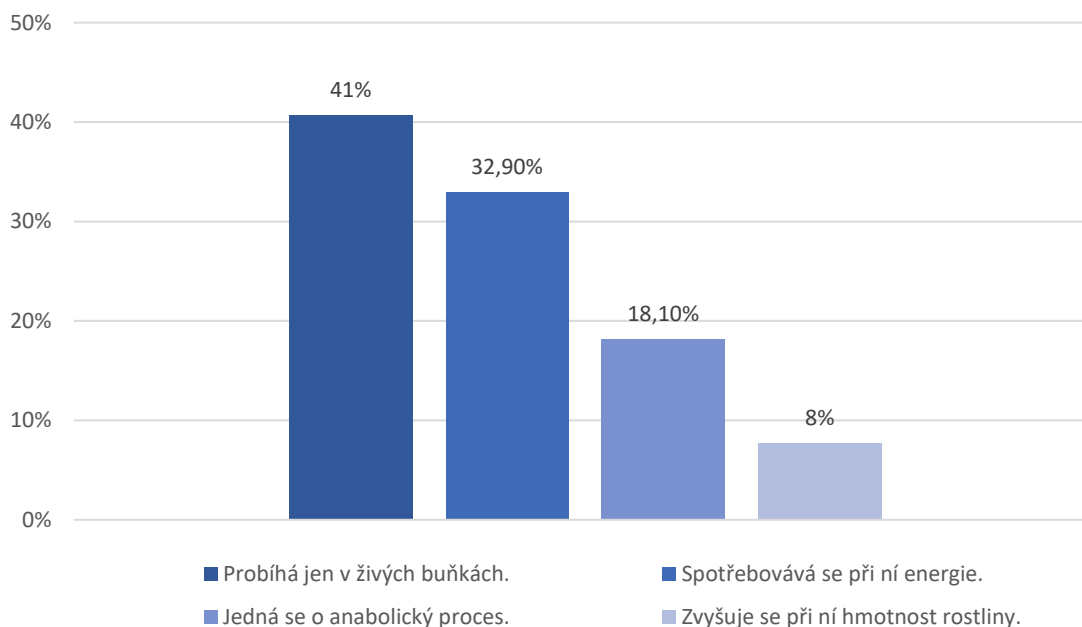
## 7.2 VÝSLEDKY ŠESTY

Stejně jako u předchozí podkapitoly, jsou i zde uvedeny jednotlivé otázky a k nim správné odpovědi, které jsou pro lepší orientaci v textu vyznačeny tučně.

Tento dotazník zodpovědělo celkem 133 studentů.

Otázka č. 3: „*Pro fotosyntézu platí: **probíhá jen v živých buňkách, jedná se o anabolický proces, zvyšuje se při ní hmotnost rostliny.***“

U této uzavřené otázky s více správnými odpověďmi měli studenti druhých ročníků vyššího gymnázia vybrat veškerá pravdivá tvrzení o fotosyntéze. Ze správných odpovědí nejčastěji vybírali, že fotosyntéza probíhá pouze v živých buňkách (41 %). Další dvě správné odpovědi získaly podstatně menší množství hlasů – jedná se o anabolický proces (18,1 %) a zvyšuje se při ní hmotnost rostliny (8 %). Oproti tomu jediná nesprávná odpověď – spotřebovává se při ní energie – byla druhou nejčastější odpovědí (32,9 %). Tento fakt je zřejmě způsoben tím, že si studenti zcela neuvědomují, za jakým účelem k fotosyntéze u rostlin dochází. Zastoupení jednotlivých odpovědí znázorňuje níže přiložený graf (Obr. 16).

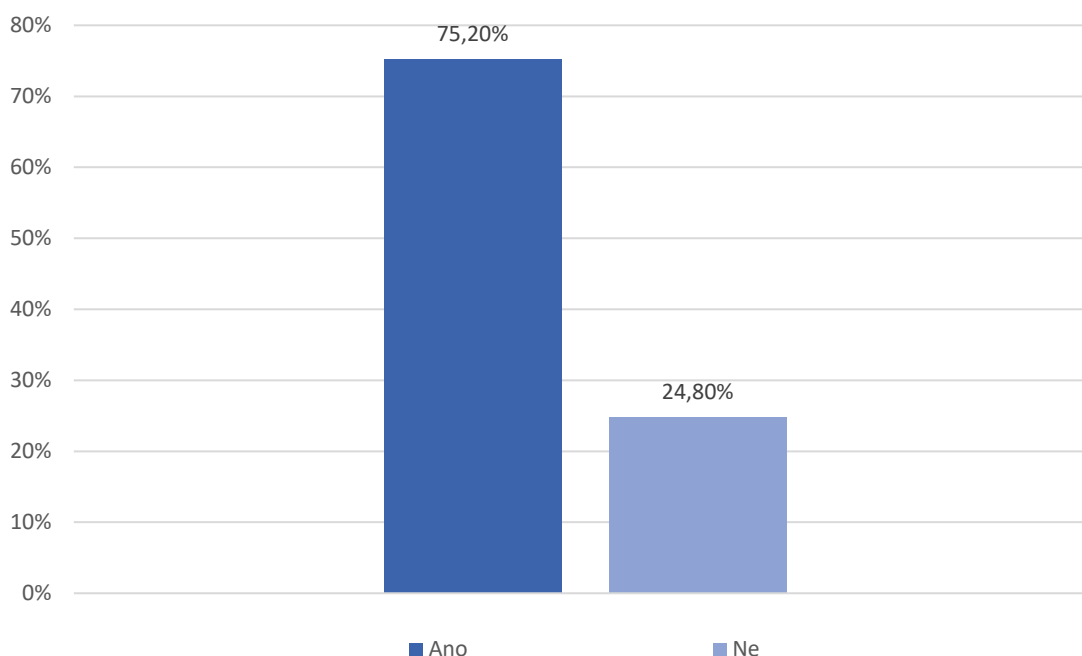


Obrázek 16: Graf k otázce č. 3 (dotazník sexta)

Otázka č. 4: „*Uvolnění kyslíku je výsledkem rozpadu molekuly vody (fotolýza vody).* ANO.“

Takřka třičtvrtě dotazovaných studentů na tuto otázku odpovědělo správně. Necelých 25 % pak uvedlo, že kyslík při procesu fotosyntézy nevzniká fotolýzou vody, jak dokládá níže přiložený graf (Obr. 17).

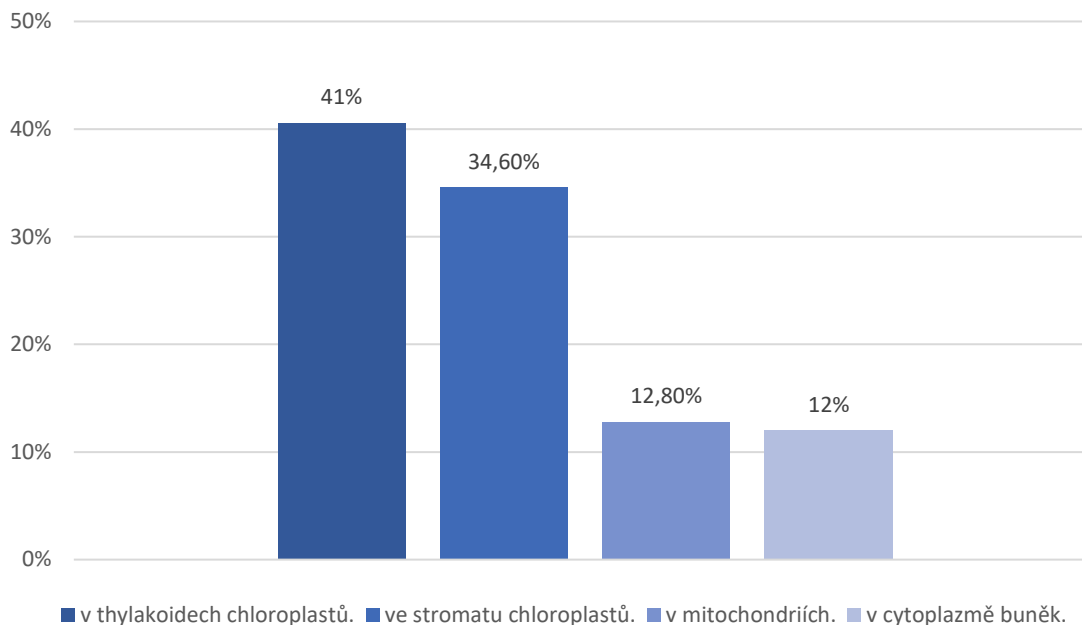
Vysoká úspěšnost je zcela jistě způsobena i tím, že se jedná o uzavřenou otázku s jednou správnou odpovědí. Pakliže by například zněla: pojmenujte proces, při němž dochází ke vzniku kyslíku – fotolýza vody, byla úspěšnost odpovědí s největší pravděpodobností o něco nižší.



Obrázek 17: Graf k otázce č. 4 (dotazník sexta)

Otázka č. 5: „*Primární procesy fotosyntézy probíhají: v thylakoidech chloroplastů.*“

Tato uzavřená otázka s jednou správnou odpovědí se zaměřovala na stavbu fotosyntetického aparátu a na lokalizaci jednotlivých dějů fotosyntézy. Více než 40 % studentů správně uvedlo, že primární děje fotosyntézy probíhají v thylakoidech chloroplastů (respektive na jejich membráně). Necelých 35 % dotazovaných pak označilo jako správnou odpověď stroma chloroplastů. Téměř shodně pak studenti označovali odpověď „v mitochondriích“ a „v cytoplazmě buněk“. Každá z těchto odpovědí získala přibližně 12 % hlasů, což uvádí níže přiložený graf (Obr. 18).

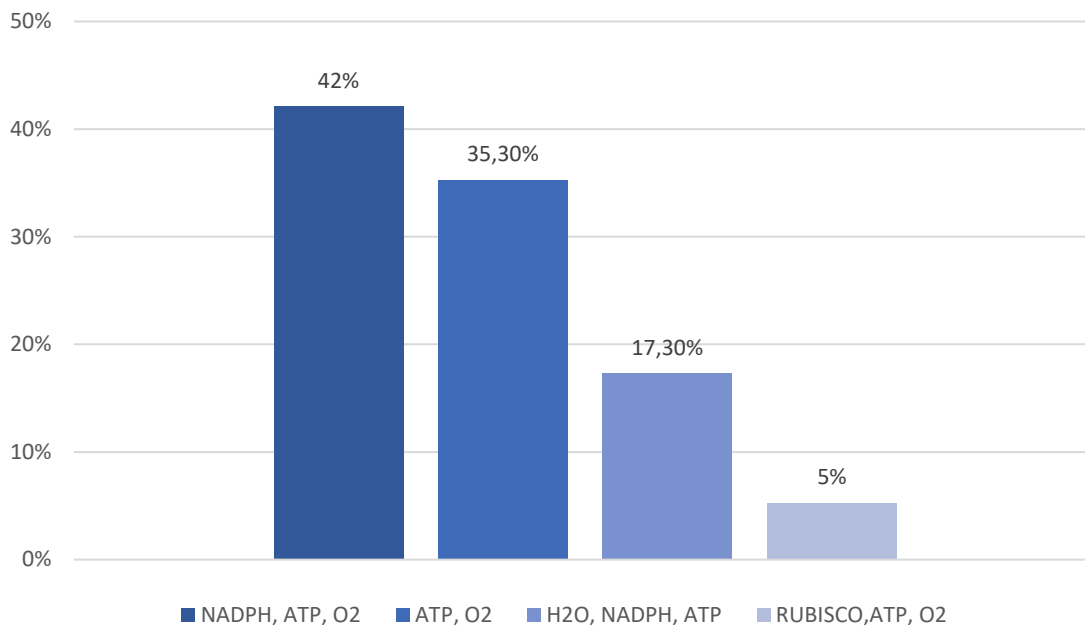


Obrázek 18: Graf k otázce č. 5 (dotazník sexta)

**Otázka č. 6: „Co je produktem primární fáze fotosyntézy? *NADPH, ATP, O<sub>2</sub>*.“**

Cílem této otázky bylo zjistit, jaké mají studenti povědomí o produktech fotosyntézy v jejích jednotlivých fázích. Správnou odpověď – *NADPH, ATP, O<sub>2</sub>* – označilo 42 %. Druhý nejvyšší počet hlasů (35,3 %) získala odpověď – *ATP, O<sub>2</sub>*. Vodu, *NADPH* a *ATP* jako produkty primární fáze fotosyntézy označilo 17,3 % dotazovaných. Pro *Rubisco*, *ATP* a *O<sub>2</sub>* hlasovalo pouhých 5 % studentů, což dokládá níže přiložený graf (Obr. 19).

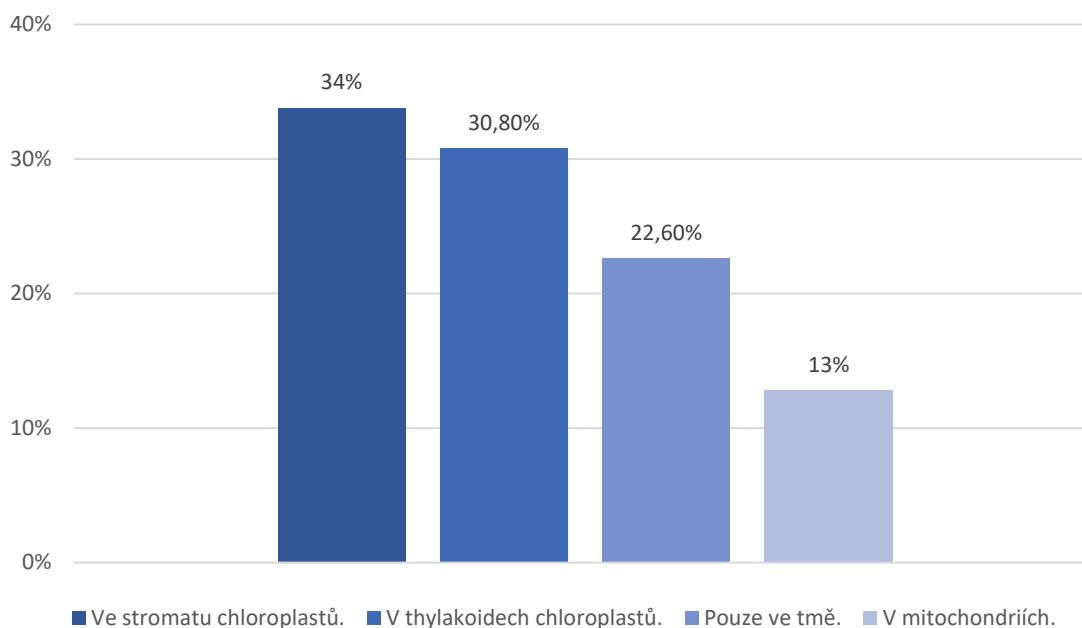
Zdánlivá úspěšnost této otázky tkví nejspíš v tom, že se jednalo o otázku uzavřenou s jednou správnou odpovědí. Pakliže by studenti museli jednotlivé produkty vybírat anebo je dokonce psát do otevřené otázky, byla by úspěšnost pravděpodobně o něco nižší.



Obrázek 19: Graf k otázce č. 6 (dotazník sexta)

Otázka č. 7: „*Sekundární procesy fotosyntézy probíhají: **Ve stromatu chloroplastů.***“

Tato otázka se opět zaměřovala na znalosti ohledně stavby fotosyntetického aparátu lokalizace v něm probíhajících dějů. Správnou odpověď zvolilo 34 % dotazovaných. Necelých 31 % studentů označilo jako místo průběhu sekundárních dějů fotosyntézy thylakoidy chloroplastů. Více než 22 % respondentů odpovědělo, že sekundární děje fotosyntézy probíhají pouze ve tmě a dle zbylých 13 % probíhají tyto děje v mitochondriích. Procentuální zastoupení jednotlivých odpovědí dokládá níže přiložený graf (Obr. 20).

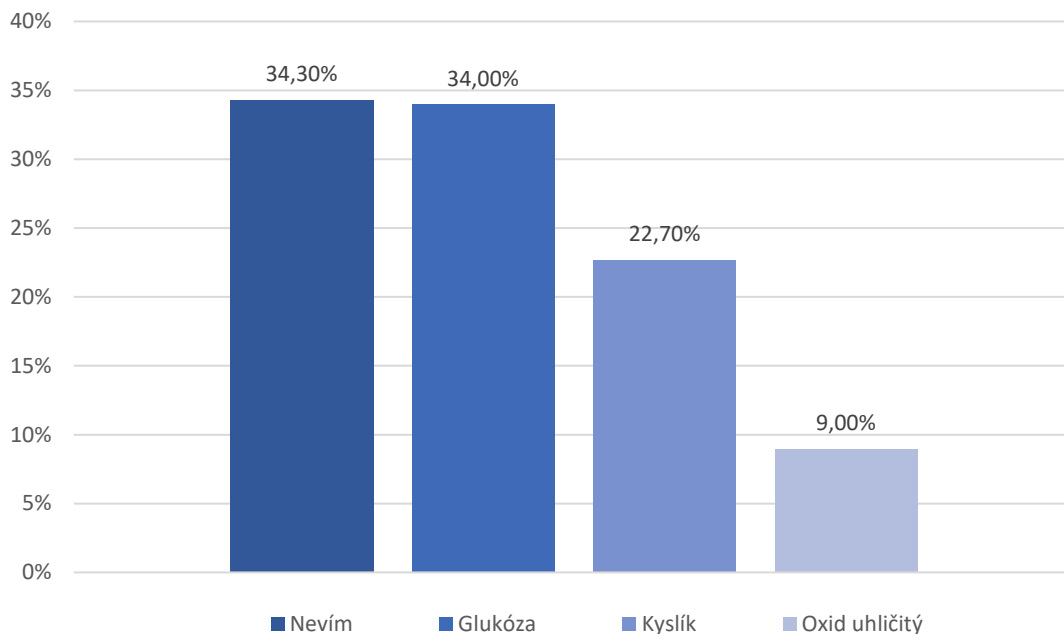


Obrázek 20: Graf k otázce č. 7 (dotazník sexta)

**Otázka č. 8: „Co je produktem sekundární fáze fotosyntézy? *Glukóza (sacharidy)*.“**

Při analýze odpovědí této otevřené otázky byly jednotlivé odpovědi rozděleny dle smyslu jejich sdělení do čtyř skupin. Více než 34 % studentů na tuto otázku nezná odpověď. Rovných 34 % pak správně uvedlo, že produktem sekundární fáze fotosyntézy je glukóza. Necelých 23 % dotazovaných odpovědělo, že výsledným produktem je kyslík a rovných 9 % uvedlo, že v temnostní fázi fotosyntézy dochází ke vzniku oxidu uhličitého, což znázorňuje přiložený graf (Obr. 21).

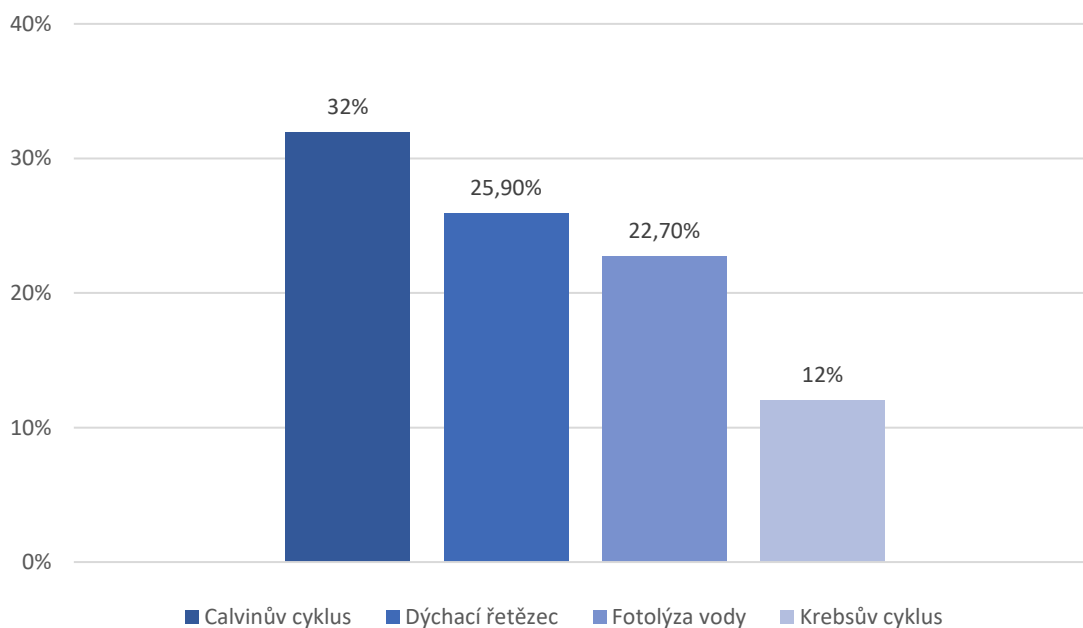
Značné zastoupení odpovědi „kyslík“ poukazuje na fakt, že značná část studentů se domnívá, že rostliny fotosyntetizují právě za účelem jeho produkce, nikoli za účelem produkce glukózy jako zásobního sacharidu.



Obrázek 21: Graf k otázce č. 8 (dotazník sexta)

Otázka č. 9: „Mezi sekundární děje fotosyntézy patří: **Calvinův cyklus**“

Celých 32 % studentů správně odpovědělo, že mezi sekundární děje fotosyntézy patří Calvinův cyklus. Necelých 26 % dotazovaných označilo jako správnou odpověď dýchací řetězec. Téměř 23 % respondentů uvedlo, že mezi sekundární děje fotosyntézy patří fotolýza vody a celých 12 % označilo odpověď Krebsův cyklus (Obr. 22).

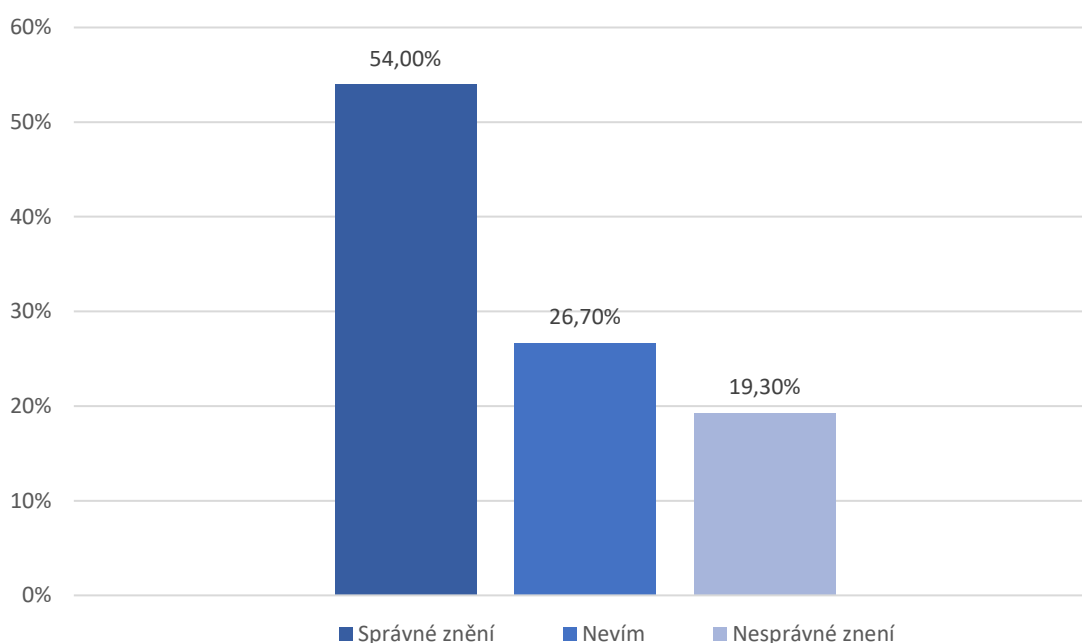


Obrázek 22: Graf k otázce č. 9 (dotazník sexta)

Otázka č. 10: „Napiš rovnici fotosyntézy:  $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ “

Při analýze odpovědí této otevřené otázky byly jednotlivé odpovědi rozřazeny dle správnosti. Celých 54 % studentů správně uvedlo celou rovnici fotosyntézy. Necelých 27 % dotazovaných na zadanou otázku nedokázalo odpovědět. Zbylé odpovědi (19,3 %) nesplňovaly požadavky správného zápisu rovnice fotosyntézy. Získaná data jsou znázorněna v níže přiloženém grafu (Obr. 23).

Rovnice, jež byly označeny za nesprávně zapsané Postrádaly například některou z výchozích látek či produktů anebo byly strany rovnice zaměněny.

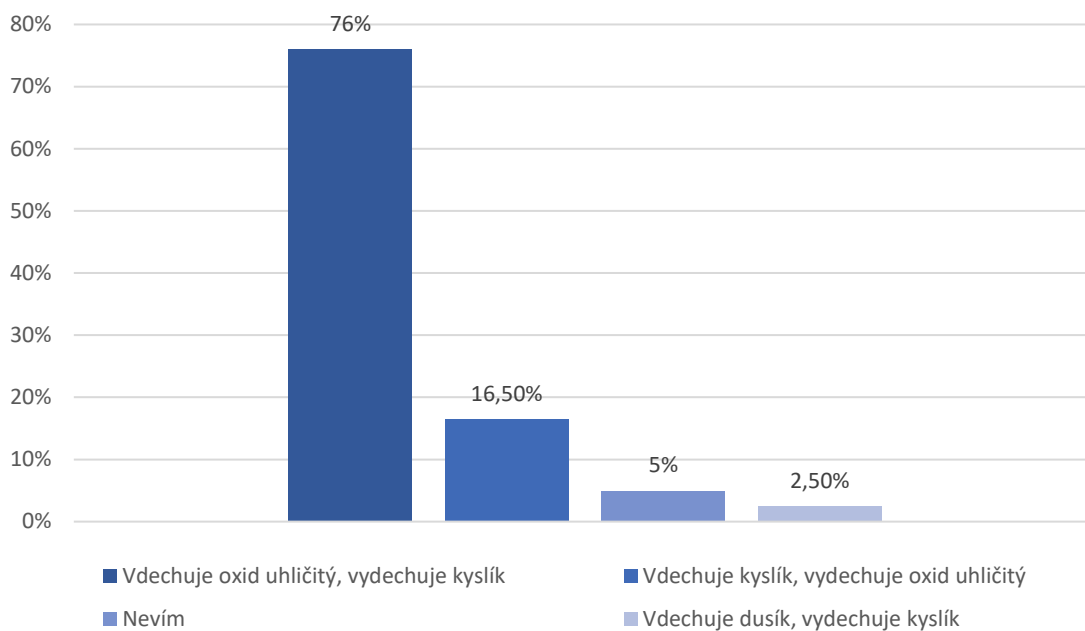


Obrázek 23: Graf k otázce č. 10 (dotazník sexta)

Otázka č. 11: „Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Uveďte, jaký plyn rostliny vdechují a vydechují – **vdechují kyslík, vydechují oxid uhličitý.**“

Totožná otázka byla součástí dotazníkového šetření pro kvintu. Odpovědi u obou otázek jsou si do značné míry podobné. Více než 75 % studentů odpovědělo, že rostliny během dýchání přijímají oxid uhličitý a vylučují kyslík. Pouhých 16,5 % dotazovaných správně odpovědělo, že vdechovaným plynem je kyslík a vydechovaným oxid uhličitý. Dalších 5 % nedokázalo na tuto otázku odpovědět a 2,5 % studentů uvedly, že přijímaným plynem je dusík a vylučovaným je kyslík. Získaná data ilustruje níže přiložený graf (Obr. 24).

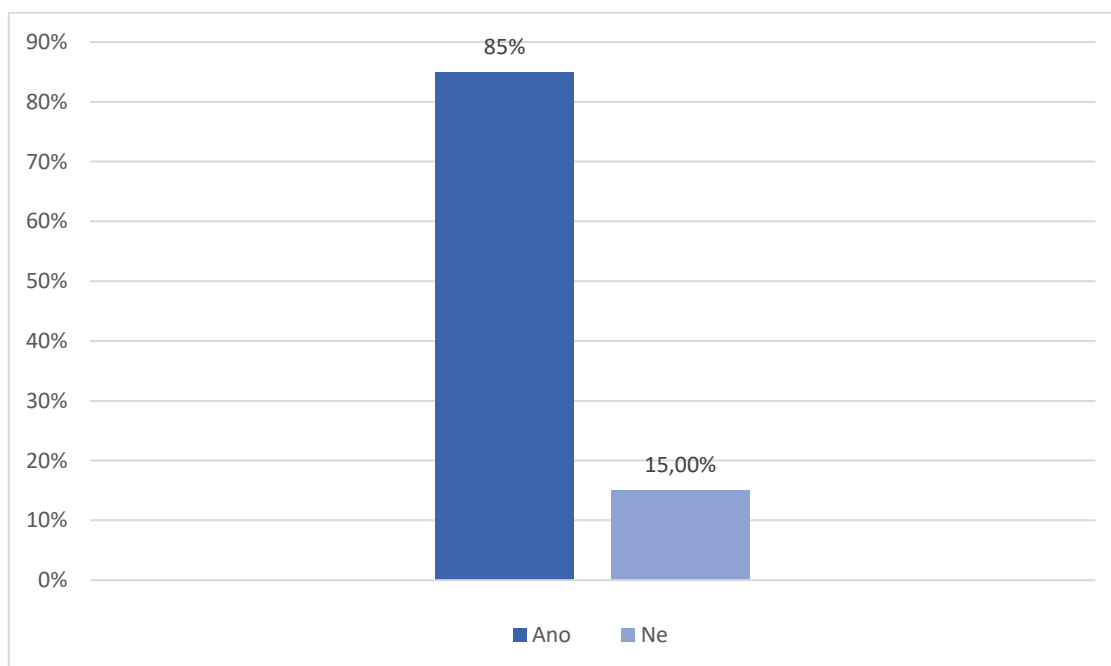




Obrázek 24: Graf k otázce č. 11 (dotazník sexta)

**Otázka č. 12: „Může rostlina zároveň dýchat i fotosyntetizovat? ANO.“**

Totožná otázka byla součástí dotazníku pro kvinty. Výsledky získaných odpovědí jsou takřka totožné. Dle 85 % studentů mohou rostliny zároveň dýchat i fotosyntetizovat, zatímco podle 15 % dotázaných to možné není. Graf přiložený níže (Obr. 25) zobrazuje zastoupení jednotlivých odpovědí.

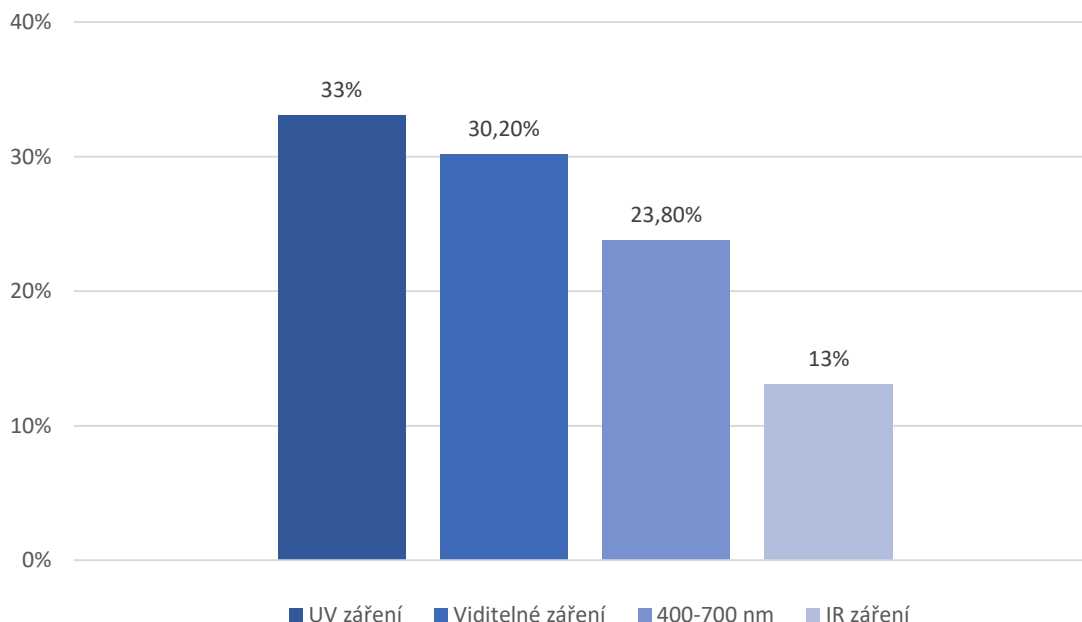


Obrázek 25: Graf k otázce č. 12 (dotazník sexta)

Otázka č. 13: „Záření, které rostlina využívá při fotosyntéze je: **viditelné záření, 400–700 nm.**“

Tato otázka uzavřená otázky s více správnými odpověďmi propojuje fotosyntézu se znalostmi z fyziky. Celých 33 % studentů odpovědělo, že rostliny během fotosyntézy absorbují UV záření. Více než 30 % dotazovaných pak správně odpovědělo, že se jedná o viditelné záření. Necelých 24 % získala odpověď „400-700 nm“ a 13 % studentů označilo odpověď „IR záření“ (Obr. 26).

Příčinou velkého množství špatných odpovědí může být například fakt, že vlnění a jeho projevy představuje pro studenty značně abstraktní téma složité na pochopení a představivost. Na tentýž fakt poukazuje Nohavová (2021), dle které za vznikem kritického místa ve výuce ve většině případů stojí slabé mezipředmětové vazby.



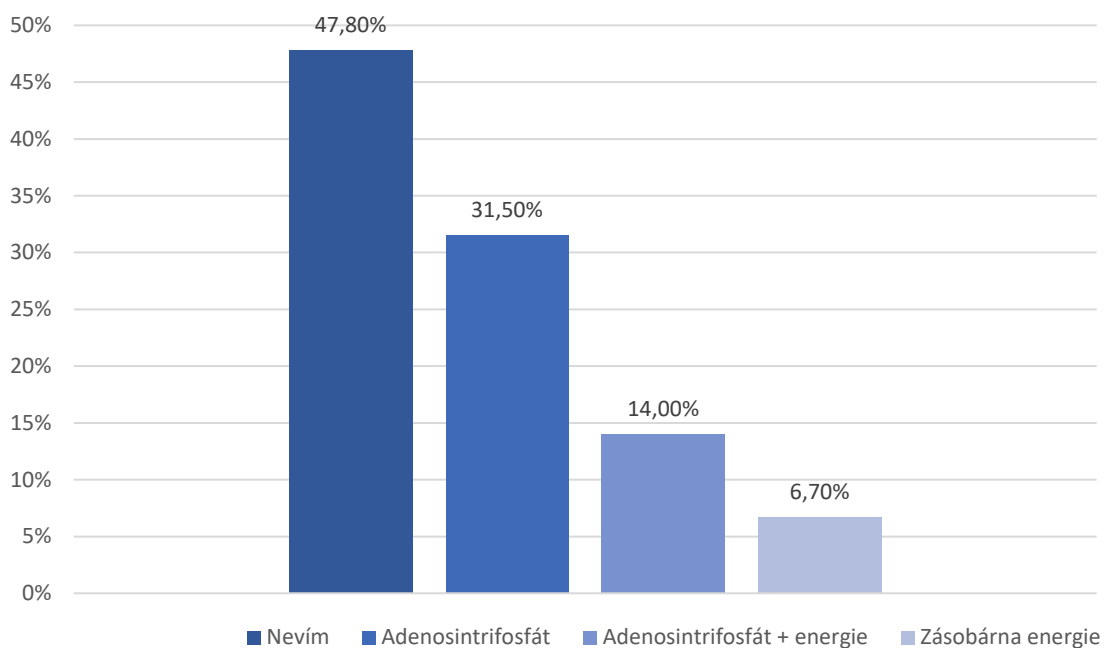
Obrázek 26: Graf k otázce č. 13 (dotazník sexta)

Otázka č. 14: „Uveďte název molekuly se zkratkou ATP. Napište, proč je důležitá při metabolických procesech: **Adenosintrifosfát, molekula s vysokoenergetickými vazbami – slouží jako zásobárna energie pro organismus.**“

Pouze 14 % dotazovaných studentů dokázalo na tuto otevřenou otázku správně odpovědět v obou jejích částech. Téměř 47,8 % uvedlo, že neví název molekuly ani její využití. Správné označení molekuly ATP bez její funkce při metabolických procesech uvedlo 31,5 % respondentů. Necelých 7 % studentů pak správně uvedlo, že molekula

ATP slouží jako energetické platidlo při procesech v buňkách, nedokázali ale tuto molekulu správně pojmenovat (Obr. 27).

Zatímco u předchozího dotazníku se jednalo spíše o doplňkovou otázku, v tomto dotazníku má zcela jistě své místo. Studenti se totiž v rámci hodin biologie na téma fotosyntéza strukturu a funkci molekuly ATP věnují, což ostatně dokládá výše přiložený školní vzdělávací plán Mikulášského gymnázia v Plzni [6].



Obrázek 27: Graf k otázce č. 14 (dotazník sexta)

### 7.2.1 Zhodnocení výsledků dotazníku sexty

Dotazník, jež byl zaslán do druhých ročníků vyšších gymnázií, byl zaměřen na analýzu vědomostí studentů z předešlého roku na střední škole. Otázky byly vystavěny dle náhodně vybraných učebnic, které jsou v této práci uvedeny v podkapitole 4.2.3 Fotosyntéza v učebnicích pro střední školy. Otázky byly sestavovány tak, aby komplexně obsáhly celé téma fotosyntéza. Z toho důvodu byly vybírány jak otázky otevřené, tak otázky uzavřené s jednou nebo více správnými odpověďmi. Následující odstavce se věnují rozboru získaných dat.

Pouze u tří ze čtrnácti položených otázek v tomto dotazníku uvedlo alespoň 50 % studentů správnou odpověď. Z tohoto důvodu lze právě je považovat za ty neúspěšnější. Mezi tyto otázky se řadí otázka č. 4 „Uvolnění kyslíku je výsledkem rozpadu molekuly vody (fotolýza vody). ANO.“, kde více než 75 % studentů uvedlo správnou odpověď. Za

touto vysokou úspěšností jistě do značné míry stojí fakt, že se jednalo o otázku uzavřenou s jednou správnou odpovědí. Výsledky by se pravděpodobně značně lišili, kdyby studenti měli pojmenovat proces, při kterém dochází k uvolnění molekuly kyslíku z vody.

Dále se mezi úspěšnější otázky tohoto dotazníku řadí otázka č. 10 „*Napiš rovnici fotosyntézy:  $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$* “, ve které celých 54 % dotazovaných uvedlo zcela správné znění. Více než 19 % studentů se pak o zápis rovnice pokusilo, nicméně tyto rovnice nesplňovaly požadavky správného zápisu. V takovém případě studenti nejčastěji opomíjeli některé molekuly v zápisu rovnice nebo zaměňovali stranu výchozích látek se stranou produktů.

Další úspěšnější otázkou tohoto dotazníku je otázka č. 12 „*Může rostlina zároveň dýchat i fotosyntetizovat? ANO.*“ Kde rovných 85 % dotazovaných uvedlo správnou odpověď. Obdobné výsledky byly získány i u dotazníku pro první ročníky gymnázií.

Mezi otázky, kde převládaly nesprávné odpovědi lze zcela jistě zařadit otázku č. 8 „*Co je produktem sekundární fáze fotosyntézy? Glukóza (sacharidy).*“, u které 34,3 % dotazovaných nedokázalo uvést správnou odpověď. I přes to, že správně odpovědělo celých 34 % respondentů, jsou tyto výsledky studentů druhých ročníků gymnázií takřka alarmující. Problém mohlo v tomto případě způsobit označení sekundární fáze. Pakliže studenti nemají dostatečné povědomí v jednotlivých dějích, jež v rámci fotosyntézy probíhají, nemohou správně určit produkty, k jejichž vzniku během nich dochází.

Zcela jistě nejméně úspěšnou otázkou ke otázka č. 11 „*Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Uveďte, jaký plyn rostliny vdechují a vydechují – vdechují kyslík, vydechují oxid uhličitý.*“, kde celých 76 % studentů uvedlo, že rostlina při rostlinném dýchání spotřebovává oxid uhličitý a vylučuje kyslík. Pouze 16,5 % dotazovaných pak uvedla správnou odpověď. Obdobné výsledky byly získány i u studentů prvních ročníků. Tato data jasně identifikují problém, který pro studenty fotosyntéza představuje. Proces rostlinného dýchání často zaměňují s fotosyntézou nebo jim dokonce splývá do jednoho.

Otázka č. 13 „*Záření, které rostlina využívá při fotosyntéze je: viditelné záření, 400–700 nm.*“ Pak poukazuje na to, že studenti nemají dostatečný přehled o problematice záření, jak ostatně dokládají výsledky šetření TIMSS (Kohout, 2019). Celých 33 % dotazovaných totiž uvedlo, že záření, které iniciuje průběh fotosyntézy je ultrafialové.

Přes 30 % studentů pak správně odpovědělo, že se jedná o viditelné záření nicméně pouhých 23,8 % správně uvedlo rozsah světelného spektra viditelného záření.

Rovněž jako u výsledků dotazníků pro první ročníky gymnázií, řadí se i zde mezi málo úspěšné otázky otázka č. 14 „*Uvedte název molekuly se zkratkou ATP. Napište, proč je důležitá při metabolických procesech: **Adenosintrifosfát, molekula s vysokoenergetickými vazbami – slouží jako zásobárna energie pro organismus.***“ kde téměř 48 % studentů nedokázalo na otázku alespoň částečně odpovědět. Pouhých 14 % dotazovaných uvedlo celý název molekuly a její uplatnění v organismech. Ostatní studenti pak uvedli alespoň část odpovědi. Zatímco u předchozího dotazníku byla tato otázka uvedena spíše pro zajímavost, studenti druhých ročníků gymnázií by na ni měli být schopni odpovědět. Tento fakt dokládají učebnice uvedené v podkapitole Fotosyntéza v učebnicích pro střední školy. Funkce a struktura molekuly adenosintrifosfátu je naprosto stěžejní pro pochopení veškerých metabolických procesů ve všech živých organismech. Představuje také zásadní mezipředmětový vztah mezi biologickým pojetím metabolismu a chemickou strukturou kyseliny trihydrogenfosforečné a dusíkatých bází (Storey, 2004).

## 8. NÁVRH DO VÝUKY

Přítomnost kritického místa ve výuce nejčastěji odhalují špatné výsledky studentů či vlastní dojem vyučujícího. Identifikace kritického místa pak představuje náročný ale velmi důležitý proces, jež si klade za cíl nejen místo odhalit, ale i navrhnout optimální řešení vedoucí k jeho odstranění za pomoci speciálních výukových metod a forem výuky (Průcha, 2017).

Dle Průchy (2017) se kritické místo ve výuce nejčastěji zpracovává metodikou 3A, jež představuje metodický postup při reflexi kvality výuky dané výukové hodiny a zároveň navrhuje zlepšující změny, čímž ukotvuje didaktiku mezi praxí a teorií. Pod označením 3A se skrývají klíčová slova popisující jednotlivé kroky metodického postupu reflexe hodiny – anotace, analýza a alterace (Průcha, 2017).

Anotace

- Obsahuje částečný či úplný opis hodiny (v závislosti na požadavcích). Autor se zaměřuje zejména na kritická a klíčová místa výuky, jejichž podrobný popis je uveden v podkapitole 3.2 Vymezení odborných pojmů (Janík, 2022).

Analýza

- Představuje didaktickou analýzu a interpretaci kvality konkrétních výukových situací v kontextu celé vyučovací hodiny (Janík, 2022).

Alterace (hodnocení/intervence)

- V této závěrečné části se autor vytváří, zdůvodňuje a kriticky posuzuje zlepšující alternativy daných výukových situací (Janík, 2022).

Dotazníkové šetření, na jehož základě je vystavěna praktická část této diplomové práce, odhalila body, ve kterých studenti nejvíce chybují. Vztaženo k metodice 3A by se tato získaná data dala zařadit do kroku Analýza. Alterace (návrh) vyučovací hodiny na téma fotosyntéza je uveden v následujících odstavcích.

Jak uvádí Panijpan (2015) při výuce fotosyntézy hraje jednu z nejdůležitějších rolí názornost. Na totéž odkazuje i Beránková (2011) a Vágnerová (2019). V ideálním případě by se tedy vyučující měl zaměřit na dohledání názorných videoukázek a animací, které studentům fotosyntézu mohou lépe přiblížit.

Jak ve své práci zmínila Beránková (2011) vhodné je i využití mentálních map, jež si studenti vypracovávají sami nebo ve skupinách. Pokud to tedy časové možnosti dovolují, měl by vyučující do hodiny na téma fotosyntéza zařadit i takovou aktivitu, ve které si studenti mohou sami utříbit své vlastní myšlenky, či pomoci s orientací v problematice svým spolužákům.

Pokud to vybavení třídy umožňuje, může vyučující se studenty v rámci badatelské výuky provést pozorování průřezu mezofylu listu nebo vznik bublinek vzduchu na listech rostliny ponořené do vodního sloupce (Beránková, 2011). Badatelské metody se totiž ve většině případů setkávají s pozitivní zpětnou vazbou.

Jako zajímavost do hodiny by šla jistě zařadit prezentace fotobioreaktoru Helena, o které píše Štraub (2023). Pojem uhlíková stopa je v široké populaci velmi dobře znám. Tudíž by se zmínka o fotobioreaktoru hodila i do hodin ekologie či environmentální výchovy.

Obecně by se tedy dalo říci, že výuka fotosyntézy by měla být na prvním místě postavena na názornosti a schematičnosti.

## 9. DISKUSE

Cílem dotazníkového šetření, na němž je praktická část této diplomové práce vystavěna, bylo zhodnotit fotosyntézu jako kritické místo kurikula na středních školách. Pro toto šetření byli zvoleni studenti prvních a druhých ročníků vyšších gymnázií napříč celou Českou republikou. Výběr středních škol byl zcela náhodný. Celkem se tohoto dotazníkového šetření zúčastnilo 49 škol, a to ov října roku 2022 do března 2023.

Zatímco dotazník určený pro studenty prvních ročníků vyšších gymnázií se zaměřoval na znalosti, jež by si studenti měli pamatovat ze základních škol, dotazník pro druhém ročníky vyšších gymnázií pak analyzoval znalosti studentů z předešlého roku na střední škole. Dotazníky byly vypracovávány dle dostupných učebnice, jejichž rešerše je uvedena výše v této práci (podkapitoly 4.1.3 a 4.2.3). Jednotlivé otázky byly rovněž vypracovány s přihlédnutím ke konkrétním kurikulárním dokumentům (podkapitoly 4.1 a 4.2).

Kapitola č. 7 (Praktická část) podrobně popisuje analýzu získaných dat v grafické podobě. V závěru jednotlivých podkapitol (7.1.1 a 7.2.1) jsou pak uvedeny nejúspěšnější a zároveň nejméně úspěšné otázky.

Dotazník pro kvintu odhalil jako nejméně úspěšné následující tři otázky:

- a) Otázka č. 7 „*Které z níže uvedených anorganických látek jsou výchozími látkami fotosyntézy?  $CO_2$  a  $H_2O$ .*“

Dle Caňala (1999) získávají studenti často mylné představy o tom, jaké látky rostlinu vlastně vyživují. Nejprve se učí o nezbytnosti minerálních látek obsažených v půdě a následně se dozvídají o tom, že se rostlina vyživuje fotosyntézou, během které si zásobní látky vytváří. Tento fakt může stát za tím, že ve výsledku nedokáží vlastně říci, jaké látky jsou při fotosyntéze těmi výchozími (Caňal, 1999).

- b) Otázka č. 10 „*Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Napište, jaký plyn rostlina vdechuje a jaký vydechuje. **Vdechuje kyslík, vydechuje oxid uhličitý.***“

Jak výše (Kapitola 5) uvádí Nas (2010) fotosyntéza představuje pro studenty kritické místo do značné míry právě kvůli plynům, jež jsou při ní spotřebovávány (oxid uhličitý) a jež vznikají (kyslík). Při rostlinném dýchání si ale tyto plyny své pozice v rovnici vymění. Tedy spotřebovává se kyslík a uvolňuje oxid uhličitý.



Tento fakt často působí natolik chaoticky, že studenti proces fotosyntézy s rostlinným dýcháním mohou zaměňovat (Nas, 2010).

Caňal (1999) dokonce varuje, že zakořenění miskonceptu, kdy studenti vnímají rostlinné dýchání jako reverzní děj k fotosyntéze, může pro jejich budoucí studium představovat značný problém v chápání daných procesů.

c) Otázka č. 14 „*Setkali jste se někdy se zkratkou ATP? Pokud ano, uveďte, v jaké souvislosti, popř. co zkratka znamená. **Adenosintrifosfát – vysokoenergetická molekula.***“

Jak bylo výše zmíněno, tato otázka byla do dotazníku zařazena spíše pro zajímavost. Studenti základních škol se totiž většinou o molekule ATP neučí, jak ostatně dokládá Školní vzdělávací plán Masarykovy základní školy v Plzni <sup>[4]</sup>.

Dotazník pro sextu odhalil jako nejméně úspěšné následující otázky:

a) Otázka č. 8 „*Co je produktem sekundární fáze fotosyntézy? **Glukóza (sacharidy)***“

Jak uvádí Nohavová (2021) problém v tomto bodě může způsobovat fakt, že sacharidy jsou v rámci hodin organické chemie vyučovány až ve třetím ročníku středních škol, což ostatně dokládá Školní vzdělávací plán Mikulášského gymnázia v Plzni <sup>[6]</sup>. Studentům je samozřejmě molekula glukózy představena i v hodinách chemie, jak ale Nohavová (2021) upozorňuje, pakliže vyučujícím není aprobovaný chemik, může jeho vysvětlení struktury a funkce molekuly glukózy studenty spíše zmást.

b) Otázka č. 11 „*Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Uveďte, jaký plyn rostliny vdechují a vydechují – **vdechují kyslík, vydechují oxid uhličitý.***“,

Totožná otázka byla označena za kritickou i u předchozího dotazníku, kde byl proveden její rozbor na základně výstupů z odborných článků.

c) Otázka č. 13 „*Záření, které rostlina využívá při fotosyntéze je: **viditelné záření, 400–700 nm.***“

Jak uvádí Nohavová (2021) na vznik kritického místa ve výuce nelze nahlížet pouze z úhlu pohledu problému oboru či předmětu. Výsledky odpovědí této otázky dokazují, že u studentů jsou značnou měrou oslabeny mezipředmětové vztahy mezi fyzikou a biologií (Nohavová, 2021).

d) Otázka č. 14 *„Uved'te název molekuly se zkratkou ATP. Napište, proč je důležitá při metabolických procesech: **Adenosintrifosfát, molekula s vysokoenergetickými vazbami – slouží jako zásobárna energie pro organismus.**“*

Panijpan (2015) ve své práci nejednou zmiňuje, že studenti často nedokáží popsat, kde rostlina bere energii k různým metabolickým procesům. Výsledky získané v rámci dotazníkového šetření, jež je této práce součástí, poukazují na tentýž problém. Přitom dle Školního vzdělávacího plánu Mikulášského gymnázia v Plzni<sup>[6]</sup> je tato molekula studentům v rámci biologie i chemie nesčetněkrát představena.

Výsledky získané dotazníkovým šetřením, jež jsou součástí teoretické části této práce, prokazují neopomenutelnou podobnost s výstupy odborných článků, jejichž řešerše je rovněž této diplomové práce součástí. Tato shoda potvrzuje identifikaci fotosyntézy jako kritického místa kurikula na středních školách. Dále pak umožňuje specifikaci problematických míst v rámci tohoto tématu.

## 10. ZÁVĚR

Cílem této diplomové kvalifikační práce bylo zhodnocení fotosyntézy jako kritického místa kurikula na středních školách. V její teoretické části se obsáhla kapitola Vymezení odborných pojmů se za pomoci odborných publikací a pedagogických slovníků věnuje podrobnému popisu termínů – fotosyntéza, kritické místo a kurikulum. Následující kapitola pak čtenářům přibližuje soustavu kurikulárních dokumentů, jež deklarují ukotvení fotosyntézy v rámci základního a středoškolského vzdělávání včetně očekávaných výstupů. Jejich úkolem je zajistit spravedlivost výsledků vzdělávání. Rovněž je v této kapitole přiložena rešerše náhodně vybraných učebnic pro základní i středoškolské vzdělávání, která má čtenáři přiblížit, kolik prostoru je tématu fotosyntéza v učebnicích věnováno.

Kapitola č. 5 (Fotosyntéza ve výuce biologie) se věnuje rešerši odborných zahraničních i tuzemských článků a publikací, jež se fotosyntéze jako kritickému místu kurikula věnují. Někteří autoři se ve své práci zaměřili na to, proč je vlastně fotosyntéza jako kritické místo vnímáno (Panijpan, 2015, Nohavová, 2021, Nas, 2010, Caňal, 1999). Jiní pak doporučují využití takových vyučovacích forem a metod, aby se studentům téma chápalo, pokud možno co nejlépe (Beránková, 2011, Vágnerová, 2019).

Praktická část této kvalifikační práce je vystavěna na dotazníkovém šetření, jež probíhalo od října 2022 do března 2023. Osloveni byli studenti prvních a druhých ročníků vyšších gymnázií napříč celou Českou republikou. Výběr gymnázií byl zcela náhodný. Dotazníky byly vypracovány v internetové aplikaci Survio.com.

Po analýze získaných dat lze mezi nejproblematictější otázky v dotaznících zařadit následující:

### Dotazník kvinta:

- Otázka č. 7: „Které z níže uvedených anorganických látek jsou výchozími látkami fotosyntézy?“
- Otázka č. 10: „Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Napište, jaký plyn rostlina vdechuje a jaký vydechuje.“
- Otázka č. 14: „Setkali jste se někdy se zkratkou ATP? Pokud ano, uveďte, v jaké souvislosti, popř. co zkratka znamená.“

Dotazník sexta:

- Otázka č. 8: „*Co je produktem sekundární fáze fotosyntézy?*“
- Otázka č. 11: „*Rostliny stejně jako živočichové dýchají. Uveďte, jaký plyn rostliny vdechují a vydechují.*“
- Otázka č. 13: „*Záření, které rostlina využívá při fotosyntéze je:*“
- Otázka č. 14: „*Uveďte název molekuly se zkratkou ATP. Napište, proč je důležitá při metabolických procesech.*“

V kapitole Diskuse je uveden rozbor jednotlivých problémových otázek. Ten je podpořen o výstup z odborných článků, jež jsou této práci rovněž součástí. Společně tak dokládají, že fotosyntéza je kritickým místem kurikula na základních i středních školách.

## 11. RESUMÉ

The aim of this thesis was to evaluate photosynthesis as a critical spot of the curriculum at high schools. In its practical part, the comprehensive chapter Definition of professional terms devoted to a detailed description of the terms – photosynthesis, critical spot and curriculum with the support of professional publications and the pedagogical dictionaries. The following chapter introduces readers to the system of curricular documents that declare the anchoring of photosynthesis within primary and secondary education, including the expected outcomes. Their task is to ensure the fairness of educational outcomes. This chapter also includes search of randomly selected textbooks for primary and secondary education, which is intended to show the reader how much space is devoted to the subject of photosynthesis in textbooks.

Chapter No. 5 (Photosynthesis in lessons of biology) is dedicated to the research of professional foreign and Czech articles and publications that are devoted to photosynthesis as a critical spot of the curriculum. In their publication, some authors focused on why photosynthesis is actually perceived as a critical spot (Panijpa, 2015, Nohavová, 2021, Nas, 2010, Cañal, 1999). Others recommend the use of such teaching forms and methods so that students understand the topic as best as possible (Beránková, 2011, Vágnerová, 2019).

The practical part of this qualification thesis is based on a questionnaire survey, which took place from October 2022 to March 2023. Students of the first and second years of upper secondary schools across the Czech Republic were contacted. The selection of gymnasium was completely accidental. The questionnaires were developed in the internet application Survio.com.

After analyzing the obtained data, the following can be included among the most problematic questions in the questionnaires:

### The first questionnaire:

- *Question 7: „Which of the following anorganic substances are the starting substances of photosynthesis.“*
- *Question 10: „Plants breathe. Write the gas the plant inhales and what gas it exhales.“*

- *Question 14: „Have you ever come across the abbreviation ATP? If yes, state in what does the abbreviation mean.“*

The second questionnaire:

- *Question 8: „What is the product of the secondary stage of photosynthesis?“*
- *Question 11: „Plants breathe. Write the gas the plant inhales and what gas it exhales.“*
- *Question 13: „The radiation that a plant uses in photosynthesis is?“*
- *Question 14: „Give the name of the molecule with the abbreviation ATP. Write why it is important in metabolic processes.“*

The Discussion chapter provides an analysis of individual problematic question. This is supported by output from professional articles, which are also part of this thesis. Together, they demonstrate that photosynthesis is a critical spot of the curriculum in primary and secondary schools.

## 12. LITERATURA A ZDROJE

### 12.1 LITERATURA

BERÁNKOVÁ, Tereza. *Uplatňování metod kritického myšlení ve výuce fotosyntézy*. Praha, 2011. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra učitelství a didaktiky biologie. Vedoucí práce Čížková, Věra.

CAÑAL, P. Photosynthesis and "Inverse Respiration" in Plants: An Inevitable Misconception? *International Journal of Science Education*. 1999, roč. 21, č. 4

CHRÁSKA, M. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada, 2016. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5326-3.

GLIMN-LACY, Janice a Peter B. KAUFMAN. *Botany illustrated: Introduction to Plants, Major Groups, Flowering Plant Families* [online]. 1. New York: Springer-Verlag New York, 2006 [cit. 2023-04-18]. ISBN 978-0-387-28875-8. Dostupné z: <https://www.pdfdrive.com/botany-illustrated-introduction-to-plants-major-groups-flowering-plant-families-e176709562.html>

HAJEROVÁ MÜLLEROVÁ, Lenka a Jan SLAVÍK. *Modelování kurikula*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, 2020. ISBN 978-80-261-0903-7.

HENDL, J., REMR, J. *Metody výzkumu a evaluace*. Praha: Portál, 2017. ISBN 978-80-262-1192-1.

HODGE, Geoff. *Praktická botanika pro milovníky rostlin: více než 3000 botanických termínů : objevujte a pozorujte*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5249-5.

JANÍK, Tomáš, Jak SLAVÍK, Petr NAJVAR a Tereza ČEŠKOVÁ. *METODIKA 3A:Nástroj pro reflexi výuky a hodnocení její kvality*. MuniPress, 2022, 36 s

JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 5. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2002. ISBN 80-7182-089-x.

KINCL, Lubomír. *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií: Učeb.pro gymnázia a další stř.školy*. Praha: Fortuna, 1993. ISBN 80-7168-090-7.

KINCL, Lubomír, Miloslav KINCL a Jana JAKRLOVÁ. *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií*. 4., přeprac. vyd. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-947-5.

KINCL, Miloslav a Václav KRPEŠ. *Základy fyziologie rostlin*. 2. dopl. vyd. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-041-8.

KOHOUT, Jiří, MOLLEROVÁ, Marie, MASOPUST, Pavel, Kritická místa kurikula na základní škole pohledem mezinárodního šetření TIMSS a českých učitelů – poznatky z fyziky. 29. 2019. ISSN 1211-4669.

KOLÁŘ, Zdeněk. *Výkladový slovník z pedagogiky: 583 vybraných hesel*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3710-2.

MALENINSKÝ, Miroslav. *Přírodopis pro 7. ročník: učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií: obratlovci, vyšší rostliny*. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti, 2006. Natura. ISBN 80-86034-66-6.

MENTLÍK, Pavel. Kritická místa kurikula, organizační a klíčové koncepty: konceptuální vymezení a příklady z výuky geověd. *Arnica*. 2018, 5(1), 9-18.

NAS, Helena. *Teaching photosynthesis in a compulsory school context: Students' Reasoning, Understanding and Interactions*. 1. Umea: Print & Media, 2010. ISBN 978-91-7264-965-1.

NOHAVOVÁ, Alena. *Kritická místa kurikula ve vybraných oborech*. 1. České Budějovice: Seria, 2021. ISBN 978-80-7394-924-2

PANIJPAN, Bhinyo. Problems Encountered In Teaching/Learning Integrated Photosynthesis: A Case of Ineffective Pedagogical Practice. *Bioscience education* [online]. 2015, 12(1), 1-7 [cit. 2023-06-13]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3108/beej.12.3>

PELIKÁNOVÁ, Ivana, ČABRADOVÁ, Věra, HASCH, František, SEJPKA, Jaroslav a ŠIMONOVÁ, Petra. *Přírodopis 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2015. ISBN 978-80-7489-038-3.

PROCHÁZKA, Stanislav. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0586-2.

PRŮCHA, Jan, Jiří MAREŠ a Eliška WALTEROVÁ. *Pedagogický slovník*. 2. rozš. a přeprac. vyd. Praha: Portál, 1998. ISBN 80-7178-252-1.



PRŮCHA, Jan. *Moderní pedagogika*. Šesté, aktualizované a doplněné vydání. Praha: Portál, 2017. ISBN 978-80-262-1228-7.

SMOLÍKOVÁ, Kateřina. *Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický, 2004. ISBN 80-87000-00-5.

STOREY, Kenneth. *Functional metabolism*. 1. New York: John Wiley, 2004. ISBN 978-0-471-41090-4.

ŠEBÁNEK, Jiří, a kol., *Fyziologie rostlin*. 1. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1983. ISBN 07-067-83.

ŠTRAUB, Jiří. Nový český zázrak: Fotobioreaktor Helena zlepšuje vzduch a šetří peníze. *Deník*. 2021, **29**(5), 3.

VÁGNEROVÁ, Petra, Michal MERGL, Lenka BENEDIKTOVÁ a Jiří KOUT. *Kritická místa kurikula přírodopisu na 2. stupni základní školy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2019-. ISBN 978-80-261-0934-1.

VÁGNEROVÁ, Petra, BENEDIKTOVÁ, Lenka, KOUT, Jiří 2019. Kritická místa ve výuce přírodopisu – jejich identifikace a příčiny. *Arnica*9,1, 39–50. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366.

VIEWEGHOVÁ, Thea, Eva BŘICHÁČKOVÁ. *Přírodopis 7: zoologie a botanika: pro 7. ročník základní školy a sekundy víceletého gymnázia: vzdělávací obor: Člověk a příroda*. Brno: Nová škola – Duha, [2018-2021]. Čtení s porozuměním. ISBN 978-80-87591-97-0.

## 12.2 SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

[1] RVP – Rámcové vzdělávací programy - edu.cz. edu.cz - Jednotný metodický portál MŠMT [online]. Copyright © 2022 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>

[2] RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání - edu.cz. edu.cz - Jednotný metodický portál MŠMT [online]. Copyright © 2022 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>

[3] Školní vzdělávací program - edu.cz. edu.cz - Jednotný metodický portál MŠMT [online]. Copyright © 2022 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/dictionary/skolni-vzdelavaci-program/>

[4] Titulní stránka – Masarykova ZŠ Plzeň [online]. Copyright © [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://masarykovazs.cz/wp-content/uploads/2023/03/SVP-ZV-2022.pdf>

[5] RVP G\* - Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia - edu.cz. edu.cz - Jednotný metodický portál MŠMT [online]. Copyright © 2022 [cit. 05.05.2023]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>

[6] Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23. Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23 [online]. Dostupné z: [https://www.mikulasske.cz/wp-content/uploads/2020/10/SVP1920v\\_vse.pdf](https://www.mikulasske.cz/wp-content/uploads/2020/10/SVP1920v_vse.pdf) [6]

[7] Survio. *Survio.com* [online]. New York, 2010 [cit. 2023-06-28]. Dostupné z: <https://www.survio.com/cs/>