



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra biologie

Diplomová práce

Výuka fotosyntézy pomocí digitálních technologií

Vypracovala: Bc. Zuzana Musilová
Vedoucí práce: Ing. Štěpánka Chmelová, Ph.D.
České Budějovice 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne.....2023

.....

Podpis studenta

Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda využití navržené interaktivní digitální učebnice vede ke zlepšení žákovského porozumění tématu fotosyntézy u suchozemských rostlin. Sledován byl také vliv výuky s touto učebnicí na atraktivitu výuky přírodopisu a odstranění žákovských miskonceptů. Výzkum byl prováděn systémem pretestů a posttestů. Ze získaných statisticky vyhodnocených dat lze usuzovat, že digitální učebnice má kladný vliv na žákovské porozumění tématu fotosyntézy.

Klíčová slova:

Fotosyntéza, miskoncepce, digitální technologie, digitální učebnice

Abstract

The aim of this thesis was to determine whether the use of the proposed interactive digital textbook leads to an improvement in students' understanding of the topic of photosynthesis in terrestrial plants. The effect of teaching with this textbook on the attractiveness of science learning and the removal of pupil misconceptions was also investigated. The research was conducted by pretest and posttest system. From the statistically evaluated data obtained, it can be concluded that the digital textbook has a positive effect on students' understanding of the topic of photosynthesis.

Keywords:

Photosynthesis, misconception, digital technology, digital textbook

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Štěpánce Chmelové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, a především za trpělivost a čas strávený při zpracování této diplomové práce. Poděkování také patří zúčastněným respondentům, kteří se trpělivě podíleli na dotazníkovém šetření. A v poslední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří celou dobu studia stáli při mně a podporovali mě v takové nelehké cestě.

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	3
2.1	FOTOSYNTÉZA ROSTLIN.....	3
2.1.1	<i>Fotosyntetické struktury.....</i>	3
2.1.2	<i>Fotosyntéza</i>	6
2.1.2.1	Světelná reakce	6
2.1.2.2	Temnostní fáze	8
2.2	PROBLÉMY ŽÁKŮ V CHÁPÁNÍ FOTOSYNTÉZY	12
2.3	DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE VE VÝUCE PŘÍRODOPISU	15
2.3.1	<i>Didaktická technika využívaná ve výuce</i>	16
2.3.1.1	Počítač	17
2.3.1.2	Dataprojektor	17
2.3.1.3	Interaktivní tabule	17
2.3.1.4	Mobilní prostředky využívané ve výuce	18
2.3.2	<i>Internet a digitální online technologie</i>	19
2.3.3	<i>Digitální výukové zdroje</i>	20
2.3.3.1	Digitální učebnice	21
3	METODIKA PRÁCE.....	22
3.1	SBĚR DAT.....	23
3.2	POUŽITÉ STATISTICKÉ METODY	23
3.3	ROZHOVORY S UČITELI.....	24
4	VÝSLEDKY.....	25
4.1	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ.....	25
4.2	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 1	28
4.3	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 2	31
4.4	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 3	32
4.5	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 4	34
4.6	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 5	37
4.7	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 6	39
4.8	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 7	41
4.9	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 8	43
4.10	VYHODNOCENÍ OTÁZKY Č. 9	46
4.11	VÝZKUM ŽÁKOVSKÝCH NÁZORŮ NA ATRAKTIVITU VÝUKY.....	48
4.11.1	<i>Vyhodnocení otázky č. 10</i>	48
4.11.2	<i>Vyhodnocení otázky č. 11</i>	49

4.11.3	Vyhodnocení otázky č. 12	50
4.11.4	Vyhodnocení otázky č. 13	50
4.12	VÝSLEDKY POLOSTRUKTUROVANÉHO ROZHOVORU S UČITELI	51
5	DISKUSE	53
6	ZÁVĚR	59
7	SEZNAM LITERATURY.....	60
8	PŘÍLOHY.....	67
8.1	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

1 Úvod

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zanalyzovat a vyhodnotit žákovské znalosti z oblasti fotosyntézy na základních školách a porovnat je se znalostmi získanými po použití digitální učebnice vytvořené kolektivem autorů v projektu TAČR TL05000150. Doplnkově byl zjišťován i názor učitelů na navrženou digitální učebnici.

Fotosyntéza je jeden z nejdůležitějších procesů probíhající na Zemi. Samostatný vznik organismů závislých na kyslíku byl zapříčiněn právě fotosyntézou, která vedla ke vzniku kyslíkaté atmosféry. Ve výuce přírodopisu na základní škole je však tento proces řazen k těm nejobtížnějším a nejproblematičtějším (Marmaroti a Galanopoulou, 2006). Energie získávaná v procesu fotosyntézy a uložená v biomase fosilních paliv je pro lidstvo i dnes velmi významným zdrojem energie (Pokorný, 2014). Proces fotosyntézy je důležitý i v zemědělství, a to zejména v pochopení nárůstu biomasy (Pšenčík, 2018; Ryplová, 2014). V souvislosti se Zelenou dohodou (New Green Deal) je vhodné, aby i budoucí generace znala principy tvorby biomasy a růstu rostlin (EU, 2019). Proces fotosyntéza je úzce spjata rovněž s transpirací rostlin, která se podílí na koloběhu vody v krajině (Ellison et al., 2017). Rostliny mají taky důležitou roli v potlačování dopadů globální klimatické změny a v souladu se zásadami trvale udržitelného rozvoje je potřeba změnit přístup veřejnosti k vegetaci v našem okolí (Jose et al., 2019). Z těchto důvodů je důležité, aby žáci během výuky fotosyntézy a souvislých botanických témat, pochopili jednotlivé procesy a jejich dopad na Zemi v globálním měřítku a nedocházelo pouze k předávání abstraktních pojmů, které jsou pro žáky nepochopitelné (Pavlátová, 2019).

Většina žáků je tímto tématem někdy až frustrována, poněvadž toto téma bývá stručně nebo naopak složitě vysvětlováno a často bývá doprovázeno kresleným schématem. Schéma bývá navíc často doplněno cizími pojmy, kterým žáci nerozumí. Fotosyntéza je jedním z kritických témat nejenom pro žáky, ale i pro samotné učitele (Vágnerová et al., 2019). Změnou přístupu k výuce by mohlo předejít tvorbě miskonceptů, které si žáci přinášejí z rodin a dále si je vytvářejí v procesu učení napříč celým vzdělávacím systémem (Pavlátová, 2019).

Dle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání je učivo fotosyntézy na základních školách doporučeno do šestých ročníků (RVP ZV, 2021). Pochopení celého tématu fotosyntézy je však pro žáky v šestém ročníku velice složité, a to zejména kvůli velkému množství abstraktních pojmů (Vágnerová et al., 2018). Učivo

fotosyntézy v sobě nezahrnuje pouze přírodovědné znalosti, ale jedná se o interdisciplinární téma, kde se propojuje biologie s fyzikou, chemií a zeměpisem. Problémem je, že žáci v šestých třídách tyto znalosti ještě nemají (Fryč et al., 2020).

K seznámení žáků s tématem fotosyntéza byla využita pilotní verze digitální učebnice, která byla vytvořena projektem TAČR TL05000150. Diplomová práce je tedy zapojena do tohoto projektu s názvem: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině. Do projektu jsou zapojeny tyto organizace: TAČR, PF JU v Českých Budějovicích, výzkumný ústav ENKI, o.p.s. Třeboň a ČVUT Praha.

2 Literární přehled

2.1 Fotosyntéza rostlin

Každý organismus získává energii potřebnou k životu ze svého okolí. Jednou z důležitých energií na Zemi, je energie ze slunečního záření, kterou však dokáží využít pouze organismy schopné fotosyntézy (Kubát, 2003). Mezi tyto organismy patří zelené rostliny, sinice a některé fotosyntetizující bakterie (Závodská, 2006).

Proces fotosyntézy spočívá v tom, že fotosyntetizující rostliny využívají slunečního záření k tvorbě energeticky bohatých organických sloučenin (sacharidů) z jednoduchých anorganických látek jako je oxid uhličitý a voda (Kincl et al., 2006). Rostliny mohou vytvořený sacharid přeměňovat nejenom na energii, ale i na jiné organické látky jako jsou tuky, bílkoviny nebo nukleové kyseliny (Závodská, 2006). Navíc fotosyntetizující rostliny napomáhají zpomalovat růst oxidu uhličitého v zemské atmosféře (Ryplová, 2014).

Atmosféra před vznikem fotosyntetických rostlin obsahovala velmi nepatrné množství kyslíku. Až s příchodem prvních prokaryot s fotosynteticky aktivními membránami se postupně zvyšovalo procento kyslíku nejenom v atmosféře, ale i ve vodě. Tyto fotoautotrofní organismy měly veliký vliv na evoluci všech organismů na Zemi, které využívají kyslík k respiraci a biologické oxidaci (Larcher, 1995; Pšenčík, 2018).

2.1.1 Fotosyntetické struktury

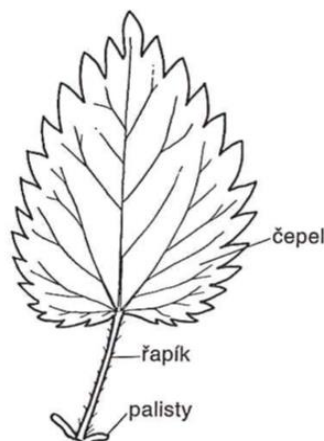
List

List rostlinám slouží ke třem hlavním úkolům, kterými jsou: fotosyntéza, transpirace a výměna plynů (Slavíková, 2002). Fotosyntéza, ale může probíhat i v jiných rostlinných částech těla jako například v zelené kůře (Tomášková a Kubásek, 2016).

List je postranním orgánem rostliny (Slavíková, 2002), obvykle má plochý tvar a převážně zelený odstín (Kubát, 2003). Díky svému zploštělému tvaru je skvěle přizpůsobený k absorpci velkého množství slunečního záření a k minimalizaci délek transportních drah (Luštinec a Žárský, 2003). Tyto dráhy slouží k výměně plynů mezi vnitřním a vnějším prostředím rostliny s okolní atmosférou (Slavíková, 2002).

Listy vyrůstají z pupenů a v průběhu svého vývoje tvoří tři hlavní typy: děložní listy, asimilační listy, listeny (Kincl et al., 2006). List rozdělujeme na listovou čepel, řapík

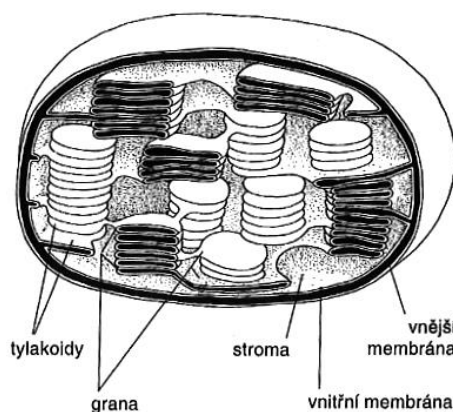
a palisty (Obr. 1). Řapík je stopka listu, která nese listovou čepel a bývá různě dlouhá (Kubát, 2003), u některých rostlin může být řapík dokonce redukován, tedy může chybět (Kincl et al., 2006). Listová čepel je plochá část listu, která může mít nejrůznější tvary a velikosti (Kubát, 2003). U báze listů některých rostlin vyrůstají párové palisty, které mohou být volné nebo přirostlé k řapíku (Kincl et al., 2006).



Obr. 1. Vnější stavba listu (Kubát, 2003)

Chloroplast

Chloroplasty se vyskytují pouze v buňkách rostlin a řas (Závodská, 2006). Tato oválná buněčná organela (Obr. 2) obsahuje potřebný fotosyntetický pigment k vykonávání fotosyntézy (Šebánek, 1983).



Obr. 2. Struktura chloroplastu (Kubát, 2003)

Chloroplasty mají na povrchu dvě membrány, které jsou odděleny úzkým mezimembránovým prostorem (Závodská, 2006). Uvnitř chloroplastu se nacházejí tylakoidy, měchýřkovité útvary s vlastní membránou (Ryplová, 2014), lze je charakterizovat i jako čočkovité, mírně protáhlé organely, někdy však mohou mít i nepravidelní tvar (Atwell et al., 1999; Hudák, 2010). Tylakoidy v chloroplastu jsou na

sebe poskládány do sloupců a jsou označovány jako grana (Závodská, 2006). Celý vnitřní prostor kolem tylakoidů je vyplněný bílkovinou hmotou nazývanou stroma (Šebánek, 1983), kde se nacházejí malé ribozomy a DNA (Závodská, 2006). Stroma obsahuje enzymy nezbytné pro fixaci oxidu uhličitého, ale také enzymy pro metabolismus dusíku, síry nebo vlastní genetický aparát (Atwell et al., 1999).

Podle posledních studií chloroplast vznikl ze sinice, která se nachází v eukaryotických buňkách tím, že hostitelská buňka pohltila fotosyntetizující bakterii a přetvořila ji na organelu rostlinné buňky (Martin et al., 2002).

Fotosyntetický pigment (barvivo)

V membráně tylakoidů jsou zakotveny struktury, díky kterým může probíhat fotosyntéza, jsou to takzvané fotosynteticky aktivní pigmenty (Pavlová, 2005). Pigment je bílkovina, která je schopna absorbovat sluneční záření (Závodská, 2006) a člověku se jeví barevně (Pavlová, 2005). Různá barviva dokáží absorbovat světlo o různé vlnové délce (Závodská, 2006).

Viditelné světlo se pohybuje v rozmezí vlnových délek od 380 nm do 750 nm (Kubát et al., 1998). Skládá se z jednotlivých částic, které se nazývají fotony. Ty nesou určité množství energie. Vztah mezi energií a vlnovou délkou je nepřímo úměrný, proto čím větší je vlnová délka, tím menší je energie fotonu (Závodská, 2006). Mezi fotosynteticky aktivní pigmenty patří chloroplasty a karotenoidy (Pavlová, 2005).

Nejdůležitějším pigmentem pro fotosyntézu je právě zmiňovaný chlorofyl. Chlorofyl absorbuje modré a červené fotony z viditelného záření a zelené naopak odráží nebo zachycuje pouze minimálně (Novák a Skalický, 2008), proto se nám rostliny jeví jako zeleně zbarvené (Pavlová, 2005). Chlorofyl má několik typů: *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, bakteriochlorofyl a bakterioviridin (Šebánek, 1983). Chlorofyl *a* a chlorofyl *b* mají největší množství pigmentů (Závodská, 2006), navíc absorbují záření z oblasti 380–470 nm a 650–680 nm (Novák a Skalický, 2008).

Další pigmenty v chloroplastech jsou karotenoidy, které jsou zbarveny žlutě nebo oranžovo-hnědě (Závodská, 2006). Zachycují modré a fialové fotony z viditelného světla a oranžové či žluté odrážejí (Pavlová, 2005). Využívají světelné záření z oblasti 480–570 nm, které nedokáže využít chlorofyl (Novák a Skalický, 2008). Navíc díky tomu chrání chlorofyl proti fotooxidaci tím, že zachycuje přebytečnou energii a mění ji na teplo (Kincl a Krpeš, 2006). Mezi karotenoidy řadíme karoteny a xantofyly (Pavlová, 2005).

2.1.2 Fotosyntéza

Fotosyntéza je anabolický proces, který zabezpečuje život na Zemi. Tento složitý soubor enzymatických dějů lze vyjádřit souhrnnou rovnicí (Kubát et al., 1998):



Rovnice vyjadřuje vztah, kdy zelené rostliny využívají sluneční záření ke vzniku glukózy z vody a oxidu uhličitého (Závodská, 2006).

Fotosyntézu můžeme rozdělit na dvě fáze, a to na světelnou a temnostní, odborně nazývané světelná reakce a Calvinův cyklus. Obě fáze se dějí samostatně, ale zároveň na sebe navazují (Vondrážka, 1993).

Světelná fáze probíhá v tylakoidech chloroplastů (Závodská, 2006) za přítomnosti slunečního záření (Pavlová, 2005). Fotony dopadají na molekuly chlorofylu, kde se energie ze slunečního záření dostane do stavu vysokoenergetického neboli excitovaného (Kinc et al., 2006). Tato energie se využívá k tvorbě ATP a NADPH, které se uplatní ve druhé fázi fotosyntézy k tvorbě organických látek (Pavlová, 2005). Navíc se ve světelné fázi štěpí molekula vody na vodíkové protony, elektrony a kyslík (Závodská, 2006). Tento proces se nazývá fotolýza vody (Kincl et al., 2006). Vznik kyslíku je pouze vedlejším produktem fotosyntézy a difunduje ven z buněk (Závodská, 2006).

Druhá fáze probíhá ve stromatu chloroplastů a k jeho průběhu není zapotřebí energie ze slunečního záření (Závodská, 2006). Tato fáze zahrnuje procesy vázání CO₂ a jeho přeměnu na sacharidy. Soubor reakcí druhé fáze se nazývá Calvinův cyklus (Kubát et al., 1998). Vzniklá glukóza se v rostlinných buňkách ukládá ve formě škrobu jako zásoba energie (Závodská, 2006).

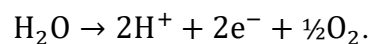
2.1.2.1 Světelná reakce

Světelná reakce (Obr. 3) začíná pohlcením fotonů slunečního záření na tzv. antény fotosystémů I a II (Vondrážka, 1993). Fotosystémy jsou skupiny molekul bílkovin, karotenoidů a chlorofylů, které se nacházejí v tylakoidní membráně chloroplastů (Závodská, 2006). Fotosystém I absorbuje spektrum záření při 700 nm a je označován jako P 700 a fotosystém II pohlcuje světlo o vlnové délce 680 a je označován jako P 680 (Kincl a Krpeš, 2006; Lambers et al., 1998).

Po absorbování slunečního záření elektron chlorofylu přejde do excitovaného stavu a následně se uvolní (Vondrážka, 1993). Tento vysokoenergetický elektron

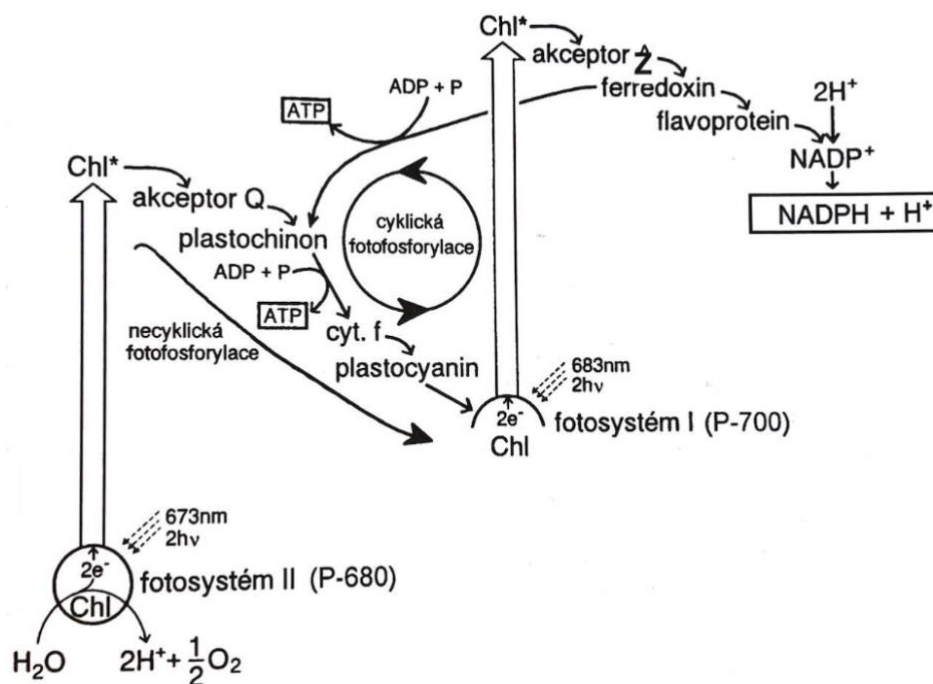
prochází elektro-transportním řetězcem, při kterém se uvolňuje energie potřebná k tvorbě ATP a k transportu vodíkových protonů H^+ přes tylakoidní membránu (Závodská, 2006). Tvorba ATP je nazývána jako fotofosforylace, díky slunečnímu záření je ADP s anorganickým fosfátem přeměněn na ATP (Procházka et al., 1998; Závodská, 2006). Po absolvování elektro-transportního řetězce je excitovaný elektron odevzdán v necyklickém a cyklickém toku elektronů (Vondrážka, 1993).

Necyklický tok elektronů začíná odevzdáním excitovaného elektronu z fotosystému II do fotosystému I, kde zaplní místo předchozího excitovaného elektronu z fotosystému II (Ryplová, 2014). Volné místo na fotosystému II je zaplněno elektronem, který pochází z vody (Závodská, 2006). Elektron z vody vznikl díky fotolýze vody (Hillova reakce), která zahrnuje několik dílčích částí a je součástí světelné fáze (Kincl a Krpeš, 2006; Kubát et al., 1998). Při této reakci je molekula vody štěpena na dva vodíkové protony, dva elektrony a atom kyslíku (Závodská, 2006). Podle Kubáta (2003) lze tuto reakci souhrnně zapsat takto:



Vzniklý vodíkový proton společně s elektronem z fotosystému I je využit k výrobě NADPH. Tato látka společně s vytvořeným ATP se účastní druhé fáze fotosyntézy, a to Calvinova cyklu, navíc jsou obě látky produktem necyklického toku elektronů (Závodská, 2006).

Cyklický tok elektronů probíhá pouze ve fotosystému I (Ryplová, 2014), kdy za určitých podmínek může dojít k tomu, že excitovaný elektron prochází jinou cestou elektro-transportního řetězce a podílí se na tvorbě ATP (Závodská, 2006). Elektron se poté vrací zpět do fotosystému I (Šebánek, 1983). Celému tomuto procesu se říká cyklická fotofosforylace (Kubát et al., 1998) a navyšuje tím množství získaného ATP, které vstupuje do Calvinova cyklu (Závodská, 2006).



Obr. 3. Zjednodušené schéma světelné reakce (Kubát et al., 1998)

2.1.2.2 Temnostní fáze

Sekundární fáze fotosyntézy se nazývá temnostní, neboť ke svému fungování nepotřebuje sluneční záření (Zehnálek, 2001). Tento proces probíhá ve stromatu chloroplastů (Pavlová, 2005). Během cyklu dochází k přeměně oxidu uhličitého na cukry za pomoci ATP a NADPH získaných ze světelné fáze (Kincl et al., 2006).

U různých druhů rostlin je různá fixace oxidu uhličitého. Díky těmto odlišným mechanismům se rostliny dělí na C3, C4 a CAM rostliny (Lambers et al., 1998). C3 a C4 rostliny získali název díky svému prvnímu produktu, který vzniká během temnostní fáze fotosyntézy (Špička, 2004). U C3 rostlin vzniká při fixaci CO₂ produkt se třemi uhlíky a u C4 rostlin vzniká produkt, který nese uhlíky čtyři. Rostliny označované jako CAM rostliny získaly své jméno z anglické zkratky Crassulacean Acid Metabolism (Ryplová, 2014).

Fotosyntéze C3 rostlin

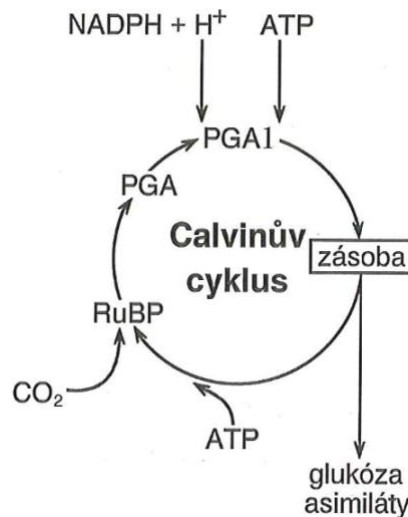
Fotosyntéza C3 rostlin je cyklus, který je označovaná jako Calvin-Bensonův cyklus (Larcher, 1995). Calvinův cyklus (Obr. 4) můžeme rozdělit do tří částí jdoucí po sobě, a to na karboxylaci, redukci a regeneraci (Kincl a Krpeš, 2006; Špička, 2004).

Calvinův cyklus začíná spojením oxidu uhličitého s pětiuhlíkovým cukrem za přítomnosti enzymu, který se nazývá Rubisco (Kincl a Krpeš, 2006) a je součástí vnitřku chloroplastů. Tímto spojením vzniká nestabilní šestiuhlíkový meziprodukt (Pavlová, 2005), který se vzápětí rozpadá na dvě tříuhlíkové molekuly kyseliny 3-fosfoglycerové a tím je fixace CO₂ ukončen (Závodská, 2006).

V redukční části se spotřebovává ATP a NADPH získané ze světelné fáze (Vondrážka, 1993). ATP a vodík z NADPH za využití energie přemění tříuhlíkovou molekulu na tříuhlíkový cukr (3-fosfoglyceraldehyd), který se využije k tvorbě glukózy (Kubát, 2003; Procházka et al., 1998). K tvorbě glukózy se využije pouze jedna šestina tříuhlíkových molekul, zbytek pokračuje do dalších částí Calvinova cyklu (Závodská, 2006).

Další část je regenerační fáze, kde se zbylých pět molekul uhlíku za pomoci ATP sloučí a vzniká tím pětiuhlíkový cukr (Procházka et al., 1998), který je připravený na navázání s další molekulou oxidu uhličitého, která vstoupí do Calvinova cyklu (Kincl a Krpeš, 2006).

Vzniklá glukóza je v rostlinných buňkách ukládána v podobě škrobu jako zdroj energie (Závodská, 2006).

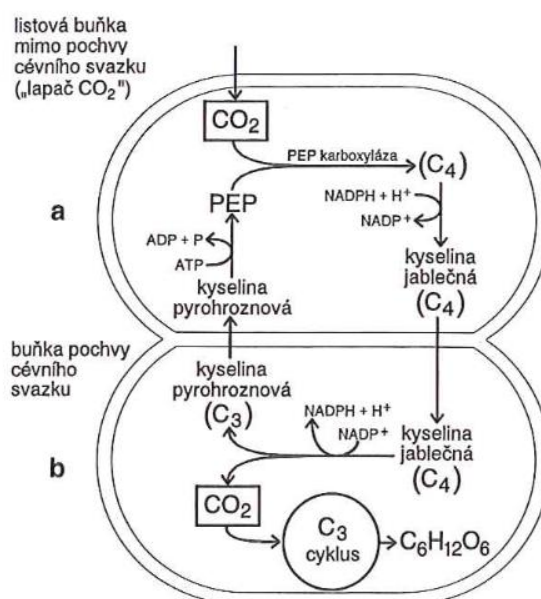


Obr. 4. Zjednodušené schéma Calvinova cyklu (Kubát et al., 1998)
(vysvětlivky: PGA – kyselina 3-fosfoglycerová, PGAL – 3-fosfoglyceraldehyd)

Fotosyntéza C4 rostlin

Mezi C4 rostliny patří zejména rostliny tropických oblastí, u nás je to například cukrová třtina, kukuřice setá (Kincl a Krpeš, 2006). Podle objevitelů se tento cyklus nazývá Hatch-Slack-Kortschakov cyklus (Larcher, 1995). Fotosyntéza u těchto rostlin probíhá odlišným způsobem než u rostlin C3. Fotosyntéza u C4 rostlin je rozdělena na dva prostorově oddělené cykly (Obr. 5). První cyklus probíhá v mezofilních buňkách, kde je oxid uhličitý fixován pomocí enzymu fosfoenolpyruátkarboxylázy. Druhá fáze je stejná jako u rostlin C3 a probíhá v pochvách cévního svazku (Ryplová, 2014). K odlišnému průběhu jsou rostliny uzpůsobeny také anatomickou stavbou jejich těla, kdy lze u rostlin C4 pozorovat věncové uspořádání buněk, které je charakterizováno parenchymatickou pochvou cévních svazků (Procházka et al., 1998).

Atmosférický oxid uhličitý, který rostliny přijímají skrze průduchy, je v buňkách mezofylu hydratován a fixován (Ryplová, 2014). Primárním akceptorem pro navázání CO_2 je látka zvaná fosfoenolpyruvát. Tato látka se po navázání přemění na látku se čtyřmi uhlíky zvanou oxalacetát, která se následně redukuje na malát. Ten plní funkci transportní látky (Larcher, 1995) a je dopraven do pochvy cévního svazku, kde je štěpen specifickými enzymy na pyruvát a oxid uhličitý (Ryplová, 2014). Oxid uhličitý dále vstupuje do cyklu, který je obdobný jako u rostlin C3 a pyruvát se vrací zpět do mezofylových buněk, kde je využit na regeneraci fosfoenolpyruvátu. Během těchto reakcí vzniká NADPH a H^+ (Larcher, 1995).

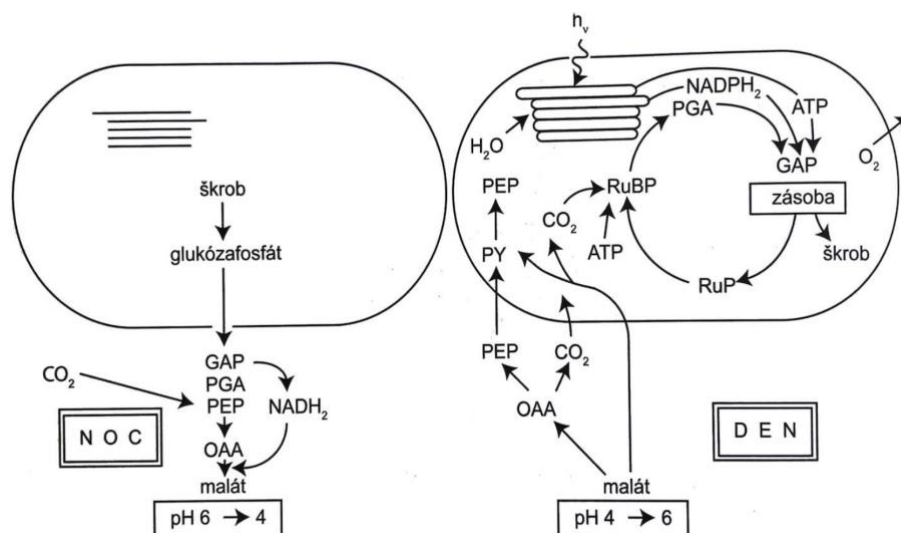


Obr. 5. Zjednodušené schéma fotosyntézy u C4 rostlin (Kubát et al., 1998)

Fotosyntéza CAM rostlin

Mezi CAM rostliny patří takové rostliny, které se vyskytují v suchých a teplých oblastech či v regionech s opakujícími obdobími bez vody (Kincl a Krpeš, 2006). Často obývají oblasti, kde se vyskytuje málo živin v půdě. Rostliny jsou vystaveny vysokým teplotám přes den a nízkým teplotám v noci. Díky těmto velkým výkyvům teplot je fotosyntéza oddělena časově na dva cykly (Obr. 6). Aby rostlina nepřicházela o vodu, jsou její průduchy po celý den uzavřené. Z tohoto důvodu jsou CAM rostliny schopny přijímat CO₂ pouze přes noc a uchovávat jej do dalšího dne (Ryplová, 2014). Mezi tyto rostliny řadíme převážně sukulenty hlavně z čeledi tlusticovitých, kaktusovitých a pryšcovitých (Kincl a Krpeš, 2006).

V noci se CO₂ dostává do rostlin pomocí otevřených průduchů a za pomoci enzymu a fosfoenolpyruvátu vzniká malát. Malát je tedy primárním produktem fixace oxidu uhličitého, který se po vytvoření ukládá do vakuol, kde se stává součástí buněčné šťávy (Kincl a Krpeš, 2006). Za světla je malát transportován z vakuol zpět do cytosolu a chloroplastů, kde je karboxylován zpět na oxid uhličitý a pyruvát. Uvolněný oxid uhličitý je vázán s enzymem Rubisco a v rostlině probíhá cyklus shodný s C₃ rostlinami. (Larcher, 1995). Pyruvát je opět využit na regeneraci fosfoenolpyruvátu, který váže nové molekuly oxidu uhličitého, které přicházejí do buňky otevřenými průduchy (Ryplová, 2014).



Obr. 6. Zjednodušené schéma fotosyntézy u CAM rostlin (Kincl a Krpeš, 2006)

2.2 Problémy žáků v chápání fotosyntézy

Přírodní vědy obsahují mnoho abstraktních pojmů, které si žáci musí během studia osvojit. Často osvojování složitých pojmů způsobuje potíže při vytváření nových znalostí (Keleş a Kefeli, 2010). I přes snahu učitelů bývá využití různých didaktických metod a forem vesměs neúčinné a žáci si nedokáží správně osvojit některé pojmy a koncepty (Čipková a Karolčík, 2017). Často se stává, že žákova představa je mylná a nepravdivá. Tento jev pedagogové a kognitivní psychologové nazývají „miskoncepce“ (Ekici et al., 2007). Svandová (2014) uvádí, že mylné představy v přírodních vědách jsou všudypřítomné a zpravidla stabilní. Tvorba miskonceptů se podle Pavlátové a Kroufka (2018) dělí na pět základních charakteristik:

- Miskoncepce spojené se zrakovou a pocitovou představou.
- Miskoncepce vzniklé na základě podobnosti slova.
- Miskoncepce vzniklé špatným pochopením učiva.
- Miskoncepce vzniklé na základě vlastního vysvětlení.
- Miskoncepce vzniklé ve spojitosti s předsudky.

Pokud jsou špatně zavedeny pojmy již na základní škole, často přetrvává i na vysoké škole nebo trvají po celý život (Keleş a Kefeli, 2010; Svandová, 2014). Z toho vyplývá, že mylné představy jsou poměrně odolné vůči změnám a je poměrně obtížné tyto chyby napravit (Ekici et al., 2007), protože žák musí být schopen nahradit původní chybnou koncepci novou správnou koncepcí (Čipková a Karolčík, 2017). Aby tak učinil, musí si uvědomit vědecké koncepty, důkazy a být schopen vytvářet logické vztahy mezi alternativními představami a samostatnými důkazy (Svandová, 2014).

Důležitým faktorem pro učení a dobré studijní výsledky je správná motivace, zájem a cíl. Důležitým cílem výuky je rozvoj pozitivního vztahu k přírodním vědám (Prokop et al., 2010). S miskoncepty se učitelé setkávají napříč celým vzdělávacím systémem. Avšak velké množství miskonceptů vzniká v průběhu výuky přírodopisu na základních školách a výuky biologie na středních školách.

Jedním z méně oblíbeným tématem přírodopisu mezi žáky i učiteli je botanika a fyziologie rostlin (Svandová, 2014). Převážně jsou to témata jako transport vody v rostlinách, fotosyntéza, dýchání. Mimo oblast botaniky je to potom hormonální, nervová a oběhová soustava. Na vyšším stupni se k těmto tématům přidává navíc genetika, nauka o buňce či tok energie (Cimer, 2012; Keleş a Kefeli, 2010). Naopak

k oblíbeným tématům patří zejména zoologie, a to proto, že si tuto problematiku žáci dokáží představit a pochopit (Jose et al., 2019; Prokop et al., 2010). Dokonce i sami učitelé znají lépe živočichy než samotné rostliny a obecné biologické jevy častěji popisují na zvířatech než na rostlinách (Ryplová, 2019). Dále Prokop et al. (2010) uvádějí, že přírodopis je více oblíbený mezi dívkami než mezi chlapci. Avšak atraktivita všech přírodních témat nehladě na pohlaví s narůstajícím množstvím informací klesá (Prokop et al., 2010).

Pochopení fotosyntézy, dýchání a energetických vztahů v organismu, je důležité pro chápání globálních problémů a ekologických otázek. Avšak nastává zde problém v tom, že mnoho žáků má zcela špatné mínění o těchto principech (Özay a Oztas, 2003). Pojmeme kritická místa ve výuce jsou chápána oblasti, kde žáci často selhávají, vznikají v nich miskoncepce a dochází k nepochopení učiva (Vágnerová et al., 2019). Ve výuce přírodopisu zatím není zcela tento termín zavedený, avšak probíhá studie jejímž cílem je zmapovat příčiny těchto obtížných míst a najít návrh možných řešení pro jejich překonání v podobě didaktických modulů pro učitele (Vágnerová et al., 2018).

Hershey (2005) uvádí, že miskoncepce nepřechází pouze z učitele na žáka nebo si je žáci nepředávají jenom mezi sebou. Miskoncepce týkající se rostlin se poměrně často vyskytují i v přírodopisných učebnicích, encyklopediích i na vzdělávacích webových stránkách. Tyto nepřesné informace ovlivňují velké množství učitelů i žáků samotných. Tyto miskoncepce mohou vyústit ve fenomén, který se odborně nazývá: „plant blindness“, volně přeložený jako „slepota vůči rostlinám“. Tento fenomén je definován jako lidská tendence opomíjet schopnosti rostlin v životním prostředí (Wandersee a Schussler, 1999) a charakterizován zanedbáváním a znevažováním role rostlin v ekosystému. Tento fenomén je nejpíše způsoben velkou mírou abstrakce rostlinných dějů, která vede k nižší oblíbenosti biologických témat a jeho příčina je zakotvena již ve škole (Amprazis a Papadopoulou, 2020).

V současné době výuka přírodopisu na základní škole spadá do oblasti Člověk a příroda stanovené Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání a je rozvíjena školním vzdělávacím programem (Vágnerová et al., 2018). Do této oblasti navíc spadají předměty, jimiž jsou fyzika, chemie a zeměpis. Cílem této oblasti je zkoumání přírodních faktů s využitím různých empirických metod poznávání, jako je pozorování, měření či experiment. Klade důraz na racionální uvažování, kladení si otázek o průběhu a příčinách různých přírodních procesů a způsobu myšlení, které

vyžaduje ověřování domněnek o přírodních faktech. Dalším cílem vzdělávací oblasti Člověk a příroda vede žáky k šetrnému a efektivnímu využívání zdrojů energie v praxi, včetně využívání obnovitelných zdrojů, zejména pak větru, slunečního záření, vody a biomasy (RVP ZV, 2021).

Vágnerová et al. (2019) uvádějí, že velkým problémem výuky přírodopisu je obrovské množství učiva, které je potřebné probrat během jednoho ročníku. Školní vzdělávací program, který vychází z Rámcového vzdělávacího programu, je často předimenzovaný, obsahuje velké množství učiva, které je nutné probrat v určitých ročnících. Někteří učitelé tvrdí, že nejvíce přetížený ročník základních škol je šestý ročník. V tomto ročníku se často probírají témata jako: planeta Země, vznik života, vztahy mezi organismy, buňka, viry, bakterie, sinice, houby, prvoci, bezobratlí, ale i proces zvaný fotosyntéza (Vágnerová et al., 2018). Takto velké množství učiva probraného během šestého ročníku, může mít původ ve špatně konstruovaném Školním vzdělávacím programu, protože v Rámcovém vzdělávacím programu nejsou určeny pojmy ani rozsah učiva. Navíc je učivo často orientované pouze na pamětní učení. Při tom k překonání obtížného tématu je vhodné zefektivnit výuku pomocí názorných materiálů, praktických pokusů a propojení probíraného tématu s každodenním životem (Cimer, 2012).

Pavlátová a Kroufek (2018) ve svém výzkumu uvádějí, že téma fotosyntézy spadá mezi učivo, které je často spojeno s žákovským neporozuměním a miskoncepcemi. Za největší problém učiva fotosyntézy je považováno její abstraktní pojetí na úrovni molekulární biologie, které je pro žáky často nepředstavitelné (Vágnerová et al., 2019). Fotosyntéza je úzce spjata s ekologií a fyziologií rostlin, kdy v šesté třídě žáci nemají pevně ukotvené základy těchto odvětví (Svandova, 2014). Navíc v šestém ročníku nemají žáci ponětí o chemických látkách, protože se chemie vyučuje až od osmého ročníku základních škol. Z toho důvodu je často fotosyntéza vysvětlována učiteli velmi stroze a žáci díky tomu nemají dostatek znalostí k pochopení celého procesu (Vágnerová et al., 2019). Čáp a Mareš (2010) uvádějí, že z pohledu žáka se probrané učivo stává starým, a proto není zapotřebí se jím znovu zabývat. Je úkolem učitele, aby nově probírané učivo propojoval se starším, pomáhal žákům hledat vzájemné vztahy mezi předměty a naučil žáky využívat získané znalosti v praktickém životě. Činčara et al. (2019) uvádějí, že právě mezipředmětové vztahy jsou ve výuce všech předmětů často podceňovány.

Čipková a Karolčík (2017) uvádějí, že nejčastější miskoncepce u tématu fotosyntézy je produkce kyslíku. Rostliny vytváří kyslík pomocí fotosyntézy pro

živočichy, kteří ho spotřebovávají při dýchání. Vnímají fotosyntézu pouze jako výměnu plynů a nerozumí tomu, že rostliny absorbují oxid uhličitý a vodu k produkci organických látek (Özay a Oztas, 2003; Pavlátová, 2019). Navíc se spousta žáků domnívá, že fotosyntéza je děj, při kterém rostliny dýchají, přičemž je tento děj opačným dějem k dýchání živočichů. Někteří si navíc myslí, že rostliny nedýchají vůbec, anebo že dýchají na světle oxid uhličitý a ve tmě kyslík (Čipková a Karolčík, 2017). K těmto mylným představám Keleş a Kefeli (2010) přidávají schopnost slunečního světla vytvářet rostliny krásnější, silnější a zdravější, nebo že sluneční záření či oxid uhličitý jsou potravou pro rostliny.

K omezení miskoncepce a ke zjednodušení učení se tomuto složitému procesu se jeví vhodné využití digitálních prostředků ve výuce. Takto mohou být vhodně využity například videa a animace, které žákům objasní principy fotosyntézy (Vágnerová et al., 2019). Za účinné pochopení lze využít i počítačové aplikace, digitální výukové materiály, cvičení, vzdělávací hry nebo simulace (Keleş a Kefeli, 2010).

2.3 Digitální technologie ve výuce přírodopisu

Holec (2020) uvádí, že vzdělávání by mělo reagovat na současný technologický pokrok a připravovat mladé lidi na jejich budoucí život ve světě, ve kterém se digitální technologie výrazně uplatňují ve stále více oblastech života. Papáček (2010) dodává, že pokud připravujeme vzdělávání pro současnou a nejbližší generace žáků, které budou nastupovat do škol, je užitečné se zabývat i odhadem jejich mentality a dalšími charakteristikami, které jsou pro vzdělávání užitečné.

Sociologické studie taxativně pojmenovává jednotlivé generace, mezi kterými neexistují ostré hranice (Papáček, 2010). Nejbližšími generacemi jsou generace X, Y, Z a *alfa*. Do generace X se řadí děti narozené v 60. a 80. letech dvacátého století, přezdívat se jim též „Husákovy děti“ (Millerová, 2020). Generace Y je ta, která se nyní vzdělává na střední a vysoké škole, tudíž jsou to děti narozené od 80. let do 90. let dvacátého století. Je to první generace, pro kterou nejsou tištěné zdroje jediným zprostředkovatelem informací (Papáček, 2010). V současné době spadají žáci základních škol do generace Z. Tato generace zahrnuje všechny děti narozené od poloviny 90. let dvacátého století až do roku 2010. Někdy se místo označení Z generace můžeme setkat s termínem „internetová generace“ anebo „dětí nového tisíciletí“ (Millerová, 2020). Tato generace často sdílí svůj život na sociálních sítích v elektronickém prostředí. Jako generace *alfa* je pojmenovaná

generace dětí rodičích od roku 2010 po současnost. Tato generace je výrazně vázaná na nové technologie, virtuální prostředí a počítačové modely, které jsou pro ně více důležité než objektivní realita (Papáček, 2010). Prostředí, ve kterém bude příští generace žít, se vlivem digitálních technologií zásadně mění a touto změnou musí projít i vzdělávání (Rusek, 2018).

Podle dokumentu Strategie digitálního vzdělání do roku 2020, který v roce 2014 vydalo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy je zřejmé, že české školství prošlo během posledních let drastickou změnou. Je to způsobené rostoucím vlivem nových technologií, které se objevují už i ve škole. Škola má prakticky stálý přístup k internetu a je vybavena digitálními technologiemi (Čapková, 2018).

Pro učitele je zásadní správně umístit digitální technologie ve výuce a ukázat žákům jejich smysluplné využití (Dofková, 2017). Abychom zvýšili digitální kompetence žáků, je žádoucí, aby učitelé cíleně a promyšleně využívali možnosti digitálních technologií, nejenom jako součást výuky, ale hlavně, naučit žáky využívat digitální technologie odpovědně a bezpečně s cílem obohatit žakovou vzdělávací zkušenost (Rusek, 2018). Avšak Kovaříková (2019) upozorňuje, že digitální technologie nedokážou nahradit učitele. Úkolem učitele je integrovat technologie do kontextu výuky.

Právě přírodopis nabízí možnosti uplatnění digitálních technologií zejména v práci s informacemi či daty, především v získávání, uchovávání, vyhodnocování a sdílení. Dále lze využít digitální technologie v oblasti komunikace a spolupráce v digitálním prostředí a ve tvorbě digitálního obsahu (Holec, 2020). Jedním z aktuálních přírodovědných výukových témat, u kterých lze digitální technologie využít je právě botanika, převážně problematika role vegetace v distribuci sluneční energie v krajině. Využít se dají digitální technologie jako termokamera, bezdotykový infračervený teploměr či programovatelná USB čidla teploty a vlhkosti (Ryplová et al., 2021). Dle výzkumu Ryplové et al. (2021) využití digitálních technologií ve výuce přírodopisu může mít kladný vliv na žakovské porozumění tématu.

2.3.1 Didaktická technika využívaná ve výuce

Pojem digitální technologie označuje elektronické zařízení i fungování softwaru a hardwaru. Mezi základní zařízení řadíme stolní počítač, notebooky, netbooky, tablety, chytré telefony, dále zařízení jako je interaktivní tabule, dataprojektor, hlasové zařízení, skenery aj. (Dofková, 2017).

2.3.1.1 Počítač

Už v 80. letech 20. století se do výuky začaly dostávat počítače. Výuka pomocí počítačů je na školách soustřeďována do takzvaných počítačových učeben, kde mimo počítačů jsou i další technické prostředky, jako například projektor či interaktivní tabule (Neumajer et al., 2015).

Dostál (2011) rozděluje počítačovou výuku na dvě větve. První je výuka o počítači a druhá výuka s počítačem. Výuka s počítačem zahrnuje všechny způsoby využití počítače pro účely výuky jako didaktická pomůcka. Při výuce s počítačem není nutná odborná znalost programovacích jazyků u žáků a ani učitelů, proto je vhodná do všech vyučovacích předmětů (Dostál, 2011).

Při práci s počítačem žáci mohou přemýšlet o problému a nemusí mít strach, že by se před třídou zesměšlili. Počítače žákům poskytují pozitivní zpětnou vazbu a dokáží jim pomoci s hledáním řešení úkolů. Jsou prospěšné hlavně žákům, kteří nemají dobrou paměť a nedokáží dlouho udržet pozornost. Navíc počítače mohou používat i žáci handicapovaní a žáci se specifickou poruchou učení (Černochová et al., 1998).

2.3.1.2 Dataprojektor

Dataprojektory se využívají pro velkoplošné zobrazování počítačového signálu na plátno či tabuli, proto musí být připojeny na nějaké zařízení, jako je například počítač, notebook, satelit, DVD, digitální fotoaparát nebo videokamera. Dataprojektor má řadu výhod. První výhodou je značné zlehčení problematiky, a to díky maximálnímu znázornění učiva. Jedná se o takzvaný soulad „slova a obrazu“, který výrazně podporuje fixaci látky. Další výhodou je využití datového projektoru ve všech hodinách a jeho jednoduchému připojení k počítači nebo jinému zdroji projekce. Díky dataprojektoru lze promítnout žákům veškeré obrázky, grafy a tabulky, učitelům tak odpadne psaní a kreslení na tabuli či kolování obrázků a jiných prospektů po třídě (Růžička, 2008).

2.3.1.3 Interaktivní tabule

Integrace interaktivních tabulí do výuky nachází uplatnění ve všech stupních vzdělávání. Jedná se o zařízení, které bylo vyvinuto speciálně pro edukační účely. Linhartová a Půža (2016) definují interaktivní tabuli jako velkou zobrazující interaktivní plochu, která je připojena k počítači a dataprojektoru a je vybavena dotykovým senzorem a ovládá se prostřednictvím popisovače, speciálního pera, prstem či pomocí ukazovátka.

S interaktivní tabulí je možné prezentovat tříde látku neobvyklým způsobem, dynamicky, se zvýrazněním vazeb a souvislostí (Dostál, 2009).

Interaktivní tabule může sloužit i jako klasická tabule, ale nabízí funkce, kterými lze obohatit vyučovací hodinu. Tato tabule je považována za didaktický prostředek, který zvyšuje zajímavost výuky a aktivizuje žáky (Dostál, 2009). Další výhodou je možnost sdílení materiálů se studenty, protože vše, co se na tabuli napíše, se může uložit, poslat či vytisknout. Avšak po čase se může stát, že je tabule využívána často stejným způsobem. Žáci si tak brzy na tento typ výuky zvyknou a výukové materiály se jim stanou nezajímavými (Linhartová a Půža, 2016).

2.3.1.4 Mobilní prostředky využívané ve výuce

Mezi mobilní prostředky se dá zařadit vše, co není staticky ukotveno. Tedy vše, co lze bez obtíží přenést a využít. Řadíme sem tedy notebooky, tablety, mobilní telefony, čtečky a podobně. Mobilní telefony a tablety jsou v současné době vybaveny velkou řadou aplikací, které umožňují výuku obohacovat (Veřmiřovský a Veřminovská, 2014).

Mobilní telefon nám již neslouží pouze k telefonování, ale nabízí nám nespočetné množství dalšího využití (Šindelář, 2019). Učitelé díky mobilním telefonům mají obrovské možnosti při plánování výuky a mohou s nimi pracovat v mnohem širším okruhu zdrojů a lze je využít jak v prezenční výuce, tak i v distanční (Rusek, 2011). Avšak v mnoha školách je v dnešní době přísný zákaz používání mobilních zařízení ve vyučování, i přes to, že mobilní telefony nabízejí různé aplikace, se kterými lze ve výuce pracovat, pokud je zařízení použito s jasným cílem a pod dohledem vyučujícího (Šindelář, 2019).

Neumajer et al. (2015) definuje tablet jako mobilní počítač s integrovaným dotykovým displejem, který je primárně ovládán. Tablety obsahují kameru, mikrofon a množství senzorů. K tabletům lze připojit i klávesnici. Jelikož je tablet malé zařízení, lze ho využít i v běžných učebnách a na lavici nezabere tolik místa (Zounek et al., 2015). Tablet je jedním z klíčových zařízení, které zásadním způsobem obohacuje didaktické technologie, které mohou změnit to, jakým způsobem pracuje učitel, jak komunikuje s žáky nebo jak tvoří přípravy na hodiny. Pomocí tabletů se daří uplatňovat výrok Komenského: „škola hrou“. Pokud je aktivita dobře promyšlená, vysvětlená a zařazena do výuky, může žákům pomoci k lepšímu učení a k lepší motivaci (Černý et al., 2015).

2.3.2 Internet a digitální online technologie

Internet je globální systém sítí, který navzájem propojuje počítače a další digitální technologie. Internet obsahuje obrovské množství informačních zdrojů a datových služeb, které umožňují komunikaci v digitální formě v reálném čase a z jakéhokoliv místa. Pomocí internetu je možné navštívit webové stránky, na kterých může být umístěný text, videa, obrázky nebo i jiné webové aplikace. Přistupuje se k nim pomocí webového prohlížeče, jako je například Internet Explorer, Google Chrome, Safari anebo Mozilla Firefox (Kalaš, 2013).

Digitální online technologie, které mohou být použity ve vzdělání jsou e-booky, Google aplikace, různé hry, simulace, online dotazníky a ankety, online sociální sítě, webináře, popřípadě wiki (Zounek et al., 2016).

Mezi e-booky řadíme knihy, skripta nebo také časopisy v digitální podobě. Tyto elektronické materiály je možné otevřít a číst na libovolném digitálním zařízení. Výhodou e-knih je, že se do jednoho relativně malého zařízení vejde velké množství těchto materiálů, které jsou uživatelům neustále k dispozici (Zounek et al., 2016).

Zounek et al. (2016) konstatují, že Google již není pouhým webovým prohlížečem, ale v dnešní době firma Google nabízí spoustu online aplikací, které jsou volně dostupné a také vhodné pro výuku a vzdělání. Výhodou je, že většina aplikací je nabízena zcela zdarma. Nevýhodou je, že zájemce musí mít založený účet, který je spravován na serverech společnosti Google, je však veden zdarma (Zounek et al., 2016).

Aplikace od této společnosti vytvářejí komplexní vzdělávací prostředí, které zahrnuje prvky výukových materiálů poskytovaných učitelem, prvky konstruktivně pojatého učení realizovaného v rámci skupiny studentů (Dokumenty Google, Kalendář) i prvky konektivistického přístupu ve formě vlastního vyhledávání informací a zdrojů (Google Scholar), personalizované komunikace (Gmail), tvorby vlastního webového blogu (Blogger) nebo různých audiovizuálních materiálů (YouTube, Fotky Google) (Zounek et al., 2016).

Mezi jiné výukové aplikace, které nespádají pod společnost Google, ale jsou učiteli využívány, můžeme řadit PowerPoint, Geoboard, GoeGebra či Corinth Micro Plant (Sirková et al., 2019).

Sociální síť je internetové prostředí, které pomáhá vytvářet kontakty mezi lidmi, kteří mají něco společného. Každý účastník sítě si vytváří vlastní profil, ve kterém uvádí

základní informace o sobě. Sociální síť slouží k udržování sociálních kontaktů, komunikaci s přáteli, jednoduché zveřejňování, sdílení a komentování různého obsahu. Mezi sociální sítě patří Facebook, Twitter, Instagram, TikTok ale i YouTube (Kalaš, 2013).

Webinář je složením dvou slov – web a seminář. Jedná se tedy o seminář, který se uskutečňuje v prostřednictvím online technologií v reálném čase. V aplikaci webinář mají účastníci k dispozici vše, co potřebují k výuce a je i umožněno vzájemná komunikace (Zounek et al., 2016).

Wiki je webové prostředí, které může kterýkoliv uživatel tohoto obsahu libovolně upravovat a editovat. Nejznámější a nejpoužívanější je Wikipedie (Zounek et al., 2016). Wikipedie je online encyklopedie se svobodným obsahem, který může měnit kdokoliv na světě. Systém je navržený tak, aby i méně zdatný uživatel dokázal pracovat s jejím obsahem. Výhodou je obrovské množství informací na jednom místě v mnoha světových jazycích (Kalaš, 2013).

2.3.3 Digitální výukové zdroje

Termín výukové zdroje zahrnuje všechny textové zdroje, které učitel a žáci používají při vyučování. S rozšířením nových technologií se kromě tištěných zdrojů začaly ve školách objevovat i zdroje digitální. Může se jednat o didaktické texty, které byly vytvořené přímo pro vzdělávání, jako například učebnice, pracovní sešity, atlasy nebo digitální výukové aplikace a programy. Ale může se také jednat o texty, které nejsou didakticky zpracované, jako například primární zdroje (romány, znění zákonů), autentické zdroje, odborné zdroje (encyklopedie) nebo zdroje náhodně nalezené na internetu (Wikipedie, YouTube). Výukové zdroje také zahrnují vlastní texty učitelů a žáků (PowerPointová prezentace, vytvořené video, žákovské referáty) (Sirková et al., 2019).

Učebnice je v tomto směru chápána jako komplexní didaktický text, který primárně slouží jako prostředek pro uspořádání kurikula a jako nástroj pro vyučování. Může existovat v tištěné, digitální nebo kombinované formě. Zahrnuje různé strukturní prvky verbální povahy, prvky řídicí učení žáků a orientační prvky. Je profesionálně navržená, vytvořená a publikovaná (Sirková et al., 2019).

Dle výzkumu Sirkové et al. (2019) učitelé upřednostňují nejčastěji výukové zdroje kombinovaného typu, kdy jako základ pro jejich výuku využívají tištěné zdroje, které doplňují dalšími materiály, zejména digitálními. Mezi nejčastěji vyžívané digitální výukové zdroje učitelé řadí prezentace v PowerPointu, aplikace pro interaktivní tabuli nebo tablety, ale s digitální učebnicí učitelé na školách téměř nepracují.

2.3.3.1 Digitální učebnice

I když je digitální učebnice postavena na obsahu tištěné učebnice, je zprostředkovatelem multimediální učebnice, Multimediální učebnice v sobě zahrnuje jednotlivé komponenty jakožto text, fotografie, audio, video, animace, a to vše spojené dohromady v jeden celek (Mayer, 2014).

Digitální učebnici je možné používat na počítačích, noteboocích, tabletech nebo dalších digitálních zařízeních. Učebnice by měla umožňovat prohlížení jednotlivých stran a přesun do kapitol z obsahu. Základní funkcí by mělo být hledání textu a přidávání vlastních krátkých poznámek. Další funkcí, kterou by digitální učebnice měla disponovat je přehrávání multimédií, díky kterým převyšuje původní tištěnou učebnici. Mezi multimédia řadíme audio, video či animace, které lze ovládat funkcemi jako jsou: přehrát, pauza, stop, předchozí a následující (Regueira et al., 2015).

3 Metodika práce

Tato diplomová práce vznikla v rámci projektu podporovaného Technologickou agenturou ČR. Jedná se o projekt TAČR TL05000150 s názvem Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě i na souši k poznání úlohy rostlin v krajině. Projekt je ve spolupráci s Pedagogickou fakultou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, společností ENKI o.p.s. a Fakulty informační techniky ČVUT v Praze.

Cílem didaktického výzkumu prováděného v průběhu této diplomové práce bylo nalézt odpovědi na následující výzkumné otázky:

1. Jaká je úroveň vědomostí u žáků devátých ročníků základních škol z tématu fotosyntézy suchozemských rostlin?
2. Může výuka pomocí digitální učebnice pro žáky vést ke zlepšení žákovských znalostí a k odstranění miskonceptů?
3. Může tento typ výuky napomoci zvýšit atraktivitu výukových hodin pro žáky?

Práce je pilotní sondou, která přináší výsledky, zda využití digitálních technologií v běžné výuce na základních školách je účelné a zda tento přístup může pomoci s atraktivizací neoblíbených botanických témat, jako je právě fotosyntéza.

V rámci projektu vznikla digitální učebnice s názvem: „Biomasa v trvale udržitelné krajině: Výuka fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině – pro ZŠ“ a byla ověřena systémem pretestů a posttestů. Dotazníkové šetření pro žáky základních škol bylo zkonstruováno v rámci řešení projektu, proto dotazníky podléhají autorským právům a jejich tvorba nebyla součástí řešení této diplomové práce. Učebnici lze najít na odkazu <https://fotosyntezaokrajine.cz/>. Přístup k učebnici pro veřejnost je zatím v této fázi jejího testování omezen. Učebnice podléhá rovněž autorským právům a není součástí řešení této diplomové práce.

3.1 Sběr dat

Přínos digitální učebnice ve výuce byl testován v květnu roku 2023 na třech základních školách v Jihočeském kraji. Výzkum probíhal v devátých třídách s celkovým počtem 151 žáků. Dotazníkové šetření bylo zcela anonymní, žáci uváděli pouze svůj věk a pohlaví.

Časová náročnost testování žáků základních škol byla stanovena na tři vyučovací hodiny a na samostatnou domácí přípravu. Během této časové dotace žáci stihli vyplnit pretesty, posttesty a seznámit se s digitální učebnicí. Pretest, který ověřuje vstupní úroveň žákovy kognice, lze vidět v příloze č. 1. Tento dotazník žáci vyplňovali před samotnou výukou s pomocí digitální učebnice a k jeho vyplňování měli přibližně 45 minut. Stejně množství času měli žáci k vyplnění posttestů, který je uveden v příloze č. 2. V pretestu i v posttestu mohli žáci dosáhnout maximálního počtu osmnácti bodů. Odpovídali na devět otázek, přičemž některé z nich obsahovali i podotázky. Pretest i posttest obsahoval shodné otázky, avšak v posttestu navíc žáci odpovídali na čtyři otázky týkající se hodnocení atraktivity zmíněné digitální učebnice, ale na získané znalosti neměli vliv.

Po vyplnění pretestu proběhla 45 minutová výuka tématu fotosyntézy suchozemských rostlin. Žákům byla předvedena práce s učebnicí na interaktivní tabuli a na počítači a vše jim bylo vysvětleno jak po obsahové stránce (fotosyntéza suchozemských rostlin), tak po metodické stránce, včetně práce s digitální učebnicí. Dále byl žákům dán přístup do učebnice (heslo). Žáci měli tak týden na to, aby doma s učebnicí na počítači pracovali. Bohužel nebyla možná kontrola, zda a jak často s učebnicí doma pracovali. Po týdnu jim byl dán posttest, o němž předem věděli, že si ho napíší.

3.2 Použité statistické metody

Cílem testů bylo porovnat znalosti žáků před výukou a po výuce s použitím dané učebnice. Testy obsahovali otevřené otázky, které byly zaznamenány do tabulky v programu Microsoft Excel. K vyhodnocení dotazníkového šetření bylo následně využito statistického programu Statistica, ve kterém se využilo konkrétně t-testu závislého dle skupin a statistického testu ANOVA. Pro větší přehlednost je bodování příložené v tabulce č. 1, která znázorňuje bodovou strukturu jednotlivých otázek.

Tabulka č. 1: Tabulka s bodovou škálou jednotlivých otázek.

Číslo otázky	Otázka 1	Otázka 2	Otázka 3	Otázka 4	Otázka 5	Otázka 6	Otázka 7	Otázka 8	Otázka 9
Počet bodů	1 bod	2 body	2 body	1 bod	2 body	1 bod	2 body	3 body	4 body

3.3 Rozhovory s učiteli

Doplňkově byly zjišťovány názory učitelů na digitální učebnici. Jako nástroj byl zvolen polostrukturovaný rozhovor se třemi učiteli přírodopisu, kteří působí v Jihočeském kraji. Rozhovory byly nahrávány a následně přepsány do programu Microsoft Word. Učitelé odpovídali na následující otázky:

1. Domníváte se, že tato učebnice může být pro vaši výuku přínosná?
2. Jak hodnotíte kapitolu o fotosyntéze suchozemských rostlin?
3. Jak hodnotíte kapitolu o fotosyntéze vodních rostlin?
4. Jak hodnotíte kapitoly o ekologických souvislostech?
5. Jak hodnotíte animace a videa v učebnici?
6. Jaká vylepšení pro učebnici byste doporučil/a?
7. Jaké vidíte možnosti využití učebnice v praxi?

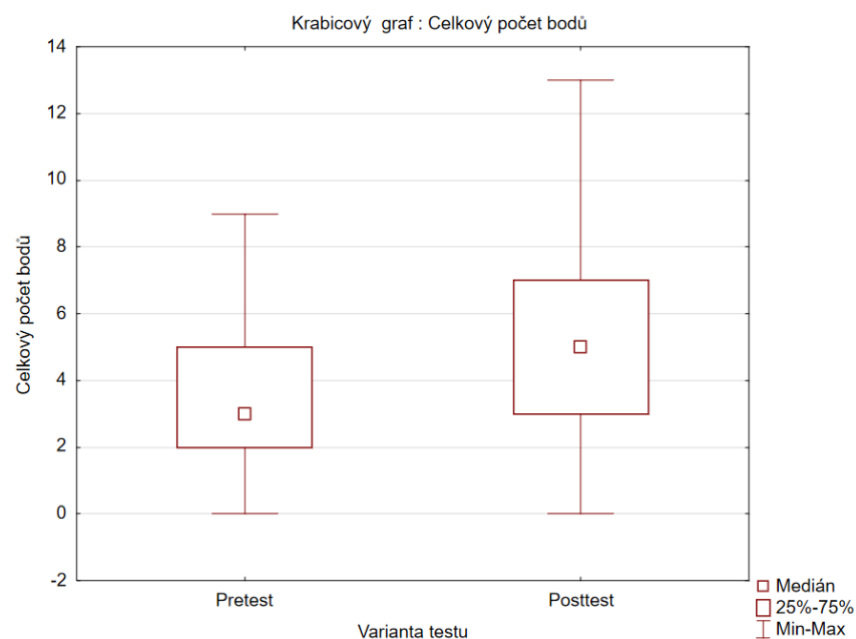
Tento kvalitativní výzkum byl pouze okrajový a doplňuje tak názory na interaktivní učebnici a práci s ní ještě z pedagogického hlediska.

4 Výsledky

4.1 Celkové vyhodnocení

K vyhodnocení dotazníkového šetření pretestů a posttestů bylo využito statistické metody t-testu v závislého dle skupin v programu Statistica. Výsledky jsou zavedeny v grafech (Obr. 7-36) na základě zjištěných údajů z dotazníků, které byli přepsány do programu Microsoft Excel. Celkem bylo hodnoceno 151 respondentů ze třech základních škol v devíti třídách. Jednalo se o základní školy běžného typu, mezi kterými se nezjišťovali rozdíly v úspěšnosti jednotlivých škol, nýbrž o souhrnných znalostech žáků na téma fotosyntéza suchozemských rostlin. Dotazovaní žáci navštěvovali devátý ročník základních škol.

T-test prokázal, že využití digitální učebnice ve výuce má statisticky prokazatelný vliv na porozumění složitého a abstraktivního tématu jako je fotosyntéza ($t = -6,3922$; $d. f. = 150$; $p < 10^{-7}$). Maximální počet bodů, který žáci mohli v pretestu i v posttestu dosáhnout, bylo osmnáct bodů. Bodovou úspěšnost si lze prohlédnout na Obr. 7, kde je patrné z krabicového grafu, že 50 % žáků v pretestu dosahovalo skóre mezi dvěma a pěti body. V posttestu se úspěšnost zvýšila a 50 % žáků dosáhla skóre mezi pěti a sedmi body. V pretestu žáci dosahovali průměrně tří bodů (přesný průměr bodového hodnocení 3,4 bodů), v posttestu se bodová úspěšnost zvýšila v průměru na pět bodů (přesný průměr bodového hodnocení 5,19 bodů).

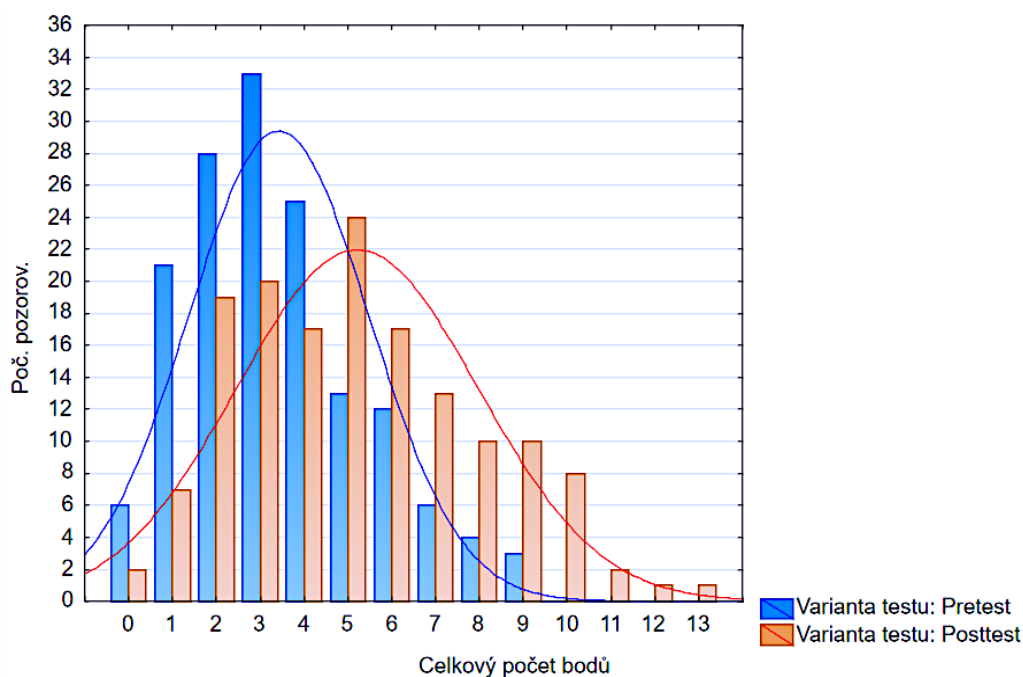


Obr. 7. Krabicový graf zobrazující celkový bodový zisk v pretestu a posttestu.

Celkové znalosti testovaných žáků se zvýšili v průměru o 1,79 bodů, což činí přibližné zlepšení o 10 %.

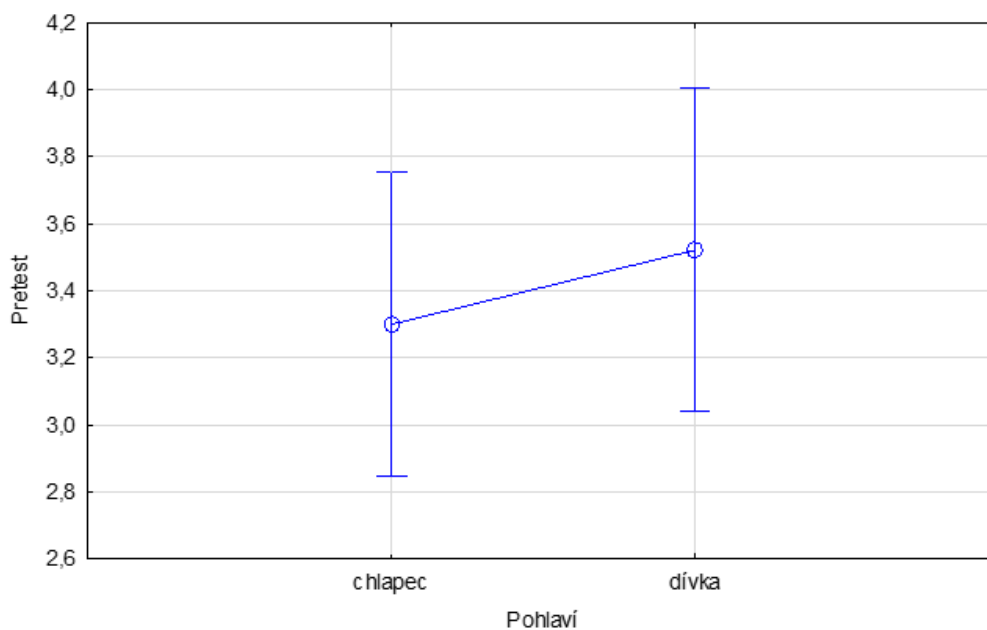
Histogram na Obr. 8 zobrazuje bodovou úspěšnost v pretestech a posttestech. Ze 151 respondentů v pretestu nezískalo ani jeden bod šest žáků, buď nebyla odpověď uvedena nebo žák na danou otázku neodpověděl. Na histogramu je viditelné, že nejvíce žáků (33 žáků z celkového počtu 151 žáků) v pretestu získalo tři body. Dva body v pretestu získalo 28 žáků a 25 žáků získalo body čtyři. Nejvíce bodů v pretestu dosáhli pouze tři žáci, kteří získali bodového hodnocení devíti bodů.

V posttestu dva žáci nezískali ani jeden bod. Nejčastějším dosaženým skórem bylo pět bodů, kterého dosáhlo 24 respondentů ze 151. Druhým nejčastějším skórem, kterého žáci dosáhli, bylo tři body a získalo je 20 respondentů. Téměř shodné množství 19 žáků dosáhlo bodového hodnocení dvou bodů. Nejvyšší dosažený skóre v posttestu bylo třináct bodů a získal ho pouze jeden žák.



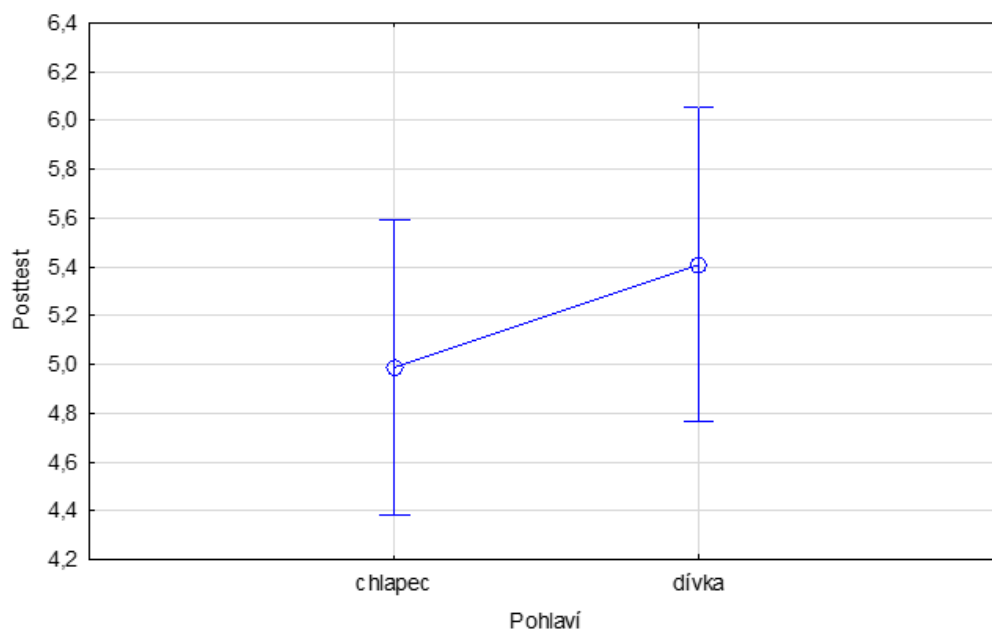
Obr. 8. Histogram zobrazující bodové hodnocení v pretestech a posttestech

Testování se zúčastnilo 71 dívek a 80 chlapců. Při vyhodnocení rozdílu ve znalostech mezi dívkami a chlapci v testech byl provedený statistický test ANOVA ($F_{2,148} = 0,45364; p = 0,63619$). Bodový rozdíl pretestů mezi dívkami a chlapci si lze prohlédnout na Obr. 9. Z grafu je patrné, že dívky dosáhly průměrně vyššího bodového hodnocení než chlapci. Dívky získaly v průměru 3,5 bodů, zatímco chlapci pouze 3,3 bodů.



Obr. 9. Graf statistického vyhodnocení ANOVA zobrazující rozdíl v pretestu mezi dívkami a chlapci.

Graf na Obr. 10 zobrazuje bodový rozdíl mezi dívkami a chlapci v posttestu. Jak je patrné z grafu, u obou pohlaví se úspěšnost v bodovém hodnocení zvýšila. Opět dívky získaly v průměru více bodů než chlapci. V průměru dívky v posttestu dosáhly 5,4 bodů, chlapci pouze 4,9 bodů.

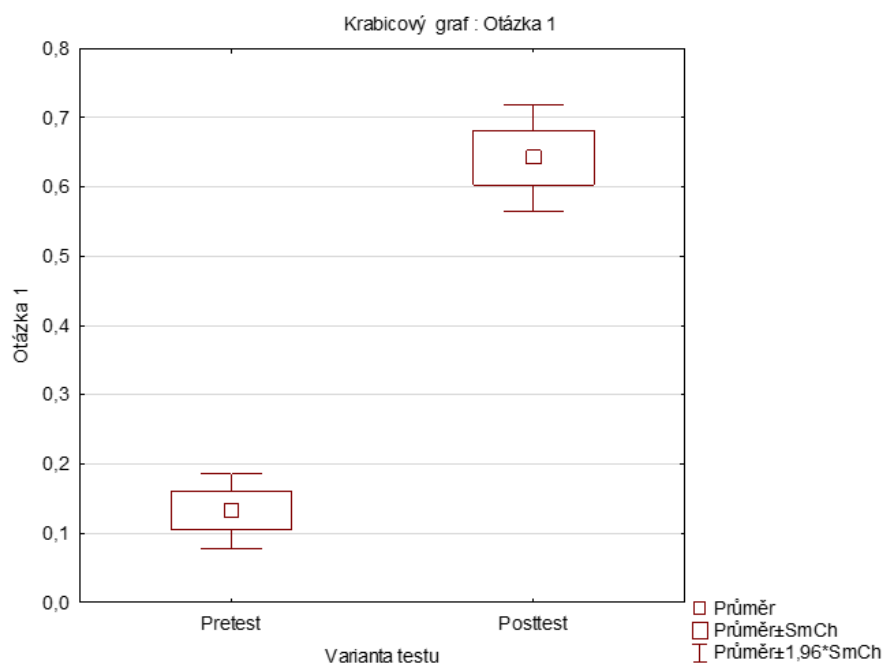


Obr. 10. Graf statistického vyhodnocení ANOVA zobrazující rozdíl v posttestu mezi dívkami a chlapci.

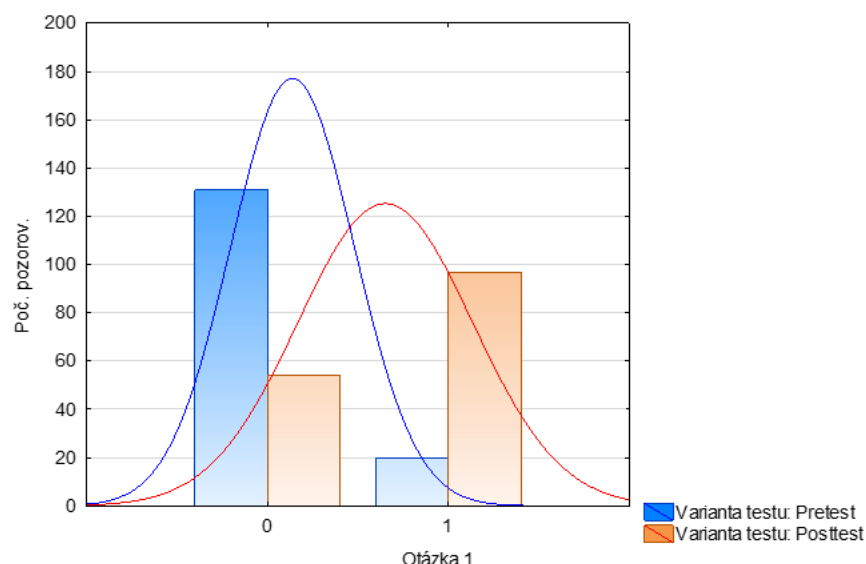
4.2 Vyhodnocení otázky č. 1

Znění první otázky v dotazníkovém šetření bylo: „Co je to rostlinná biomasa?“. Jednalo se o otevřenou otázku. Žáci na otázku číslo jedna mohli odpovědět více způsoby. Pokud odpověděli alespoň jednou správnou odpovědí, získali jeden bod. Pokud odpověděli špatně nebo neodpověděli vůbec, získali nula bodů. Dle provedeného t-testu závislého dle skupin měla výuka pomocí digitální učebnice na téma fotosyntézy velmi kladný vliv na žákovské odpovědi v otázce, co je rostlinná biomasa ($t = -10,6385; d. f = 150; p = 0,000027$).

Úspěšnost první otázky si lze prohlédnout na uvedeném krabicovém grafu na Obr. 11. Na grafu lze vidět značný rozdíl mezi pretesty a posttesty v průměrném hodnocení. Jak je patrné z histogramu (Obr.12), na otázku č. 1 odpovědělo správně v pretestu pouze 20 žáků, což v procentuální úspěšnosti je 13,25 % žáků. V posttestu u první otázky se zvýšil počet žáků s alespoň jednou správnou odpovědí na 97 žáků (64,24 %).



Obr. 11. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 1



Obr. 12. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0) a odpovědí správných (hodnota 1) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 1

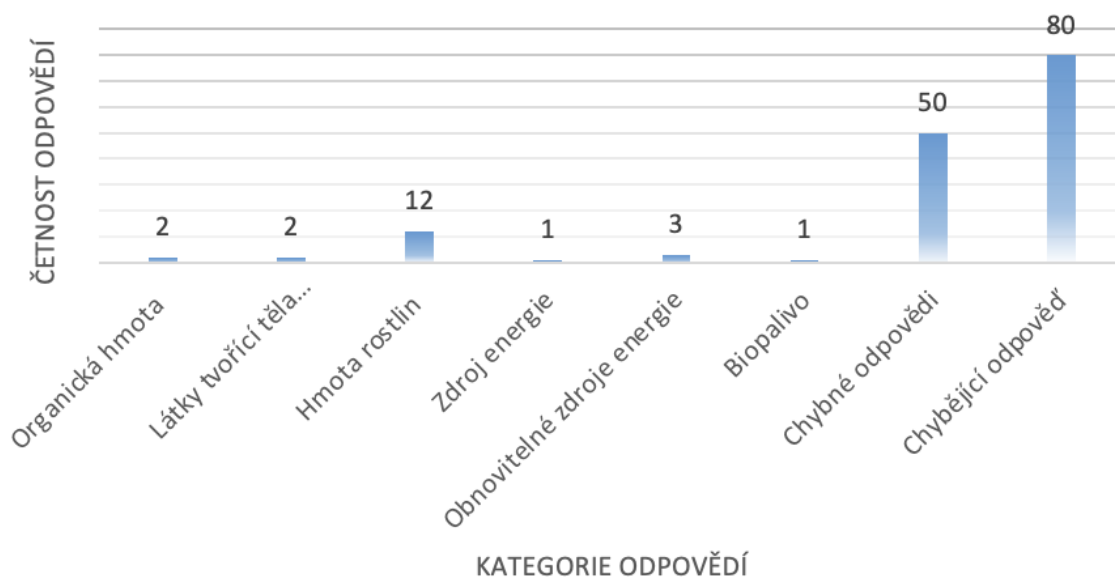
Správné odpovědi byly hodnoceny jedním bodem. Žáci mohli odpovědět šesti různými možnostmi, aby získali jeden bod. K lepšímu přehledu odpovědí na tuto otázku byl vytvořen histogram, kde se kategorizovala otázka do osmi kategorií (Obr. 13 a Obr. 14). Jako správné odpovědi byly uznané tyto:

1. Organická hmota rostlin
2. Látky tvořící těla organismů/rostlin
3. Hmota rostlin (těla rostlin, veškeré rostliny)
4. Zdroj energie
5. Obnovitelný zdroj energie
6. Biopalivo

Kategorie sedm vyjadřuje počet žáků, kteří odpověděli chybně, a kategorie osm znázorňuje žáky, kteří na otázku neodpověděli vůbec.

V histogramu pretestu je patrné, že 80 žáků neznalo odpověď na tuto otázku nebo nechtělo odpovídat a 50 žáků uvedlo chybnou odpověď. Jako nejčastější správná odpověď, kterou žáci uvedli v pretestu, byla hmota rostlin, případně modifikace této odpovědi, jako je například tělo rostlin nebo veškeré rostliny.

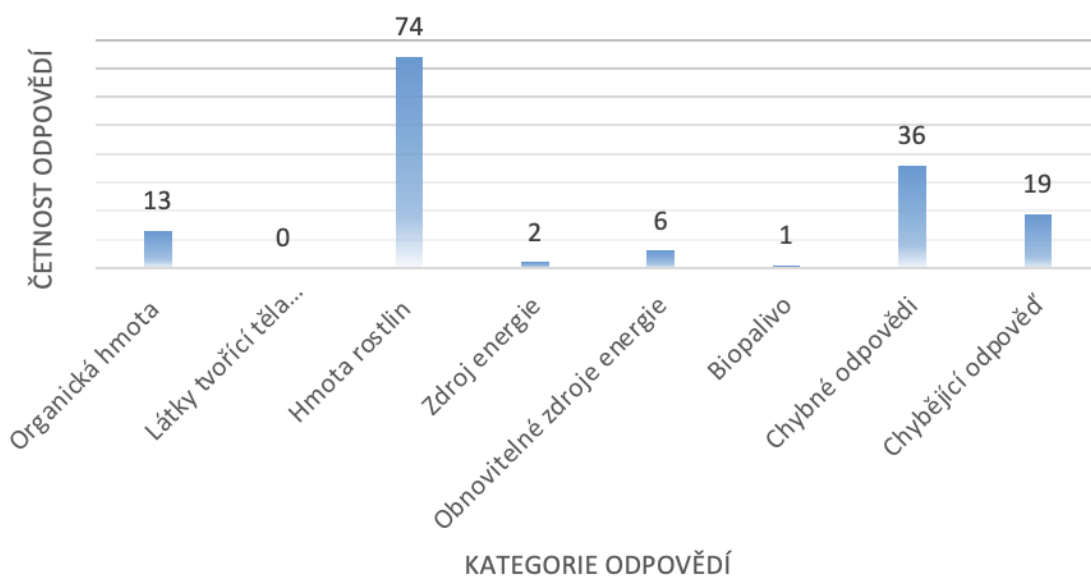
PRETEST



Obr. 13. Histogram zobrazující kategorie odpovědí v pretestu na otázku č. 1

Posttestu neodpovědělo na otázku číslo jedna pouze 19 žáků, což je o 61 žáků méně než v pretestu. Chybně odpovědělo 36 žáků. Za nejčastější správnou odpověď uvedli žáci opět hmotu rostlin. Takto odpovědělo 74 žáků.

POSTTEST

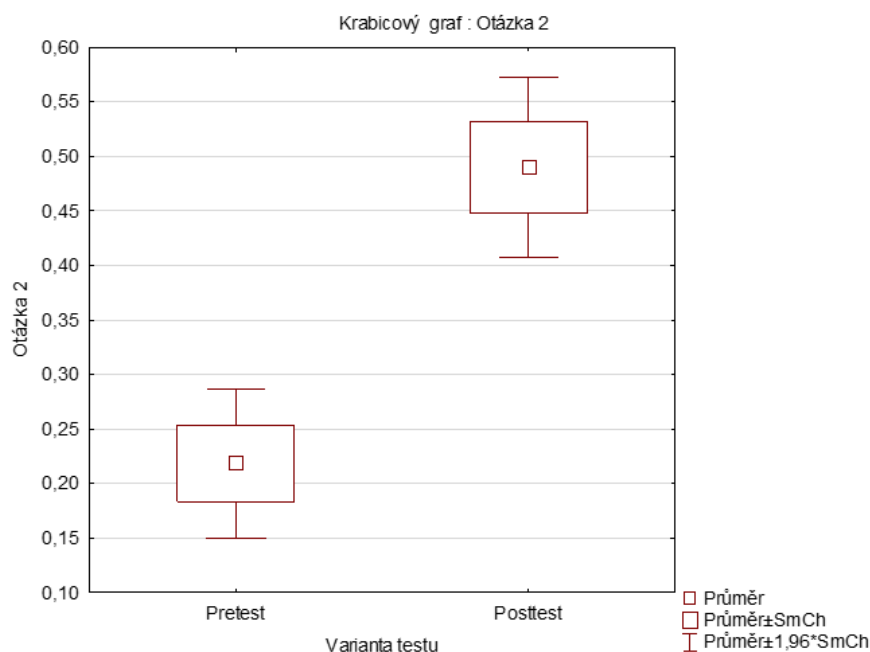


Obr. 14. Histogram zobrazující kategorie odpovědí v posttestu na otázku č. 1

4.3 Vyhodnocení otázky č. 2

Druhá otázka v dotazníkovém šetření zněla: „Odkud pochází energie, která je v biomase skryta, a jakým způsobem se do rostlin dostává?“ Jako jediná správná odpověď je, že energie pochází ze Slunce a dostává se do rostlin pomocí fotosyntézy. Pokud žáci odpověděli na obě otázky, získali dva body. Pokud odpověděli pouze na jednu z nich, získali jeden bod. Častou chybnou odpovědí, kterou žáci uvedli, bylo to, že rostlina energii získává z půdy pomocí kořenů. Nejčastěji se však objevovala pouze odpověď ze Slunce nebo ze slunečního záření.

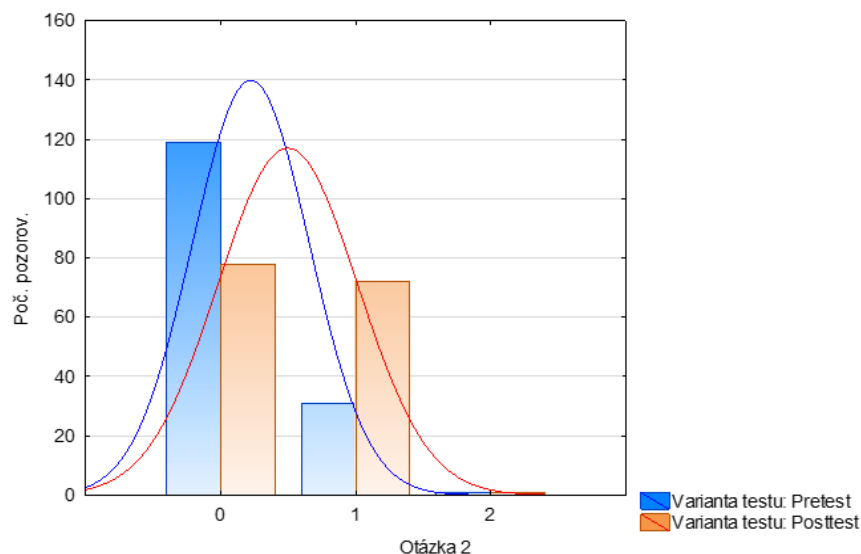
Z krabicového grafu na Obr. 15 je patrné, že provedený t-test závislého dle skupin prokázal zlepšení mezi pretestem a posttestem ($t = -4,973$; $d. f = 150$; $p = 0,029214$). Avšak ani u jednoho z testů žáci nezískali větší průměrné hodnocení než jednu polovinu bodu. Z toho vyplývá, že většina žáků odpověděla chybně či odpověď neuvedla vůbec.



Obr. 15. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 2

Na histogramu (Obr. 16) se zobrazuje bodové hodnocení žáků mezi pretestem a posttestem druhé otázky. Lze si všimnout, že nejvíce žáků v pretestu i v posttestu nedokázalo na danou otázku odpovědět či odpověděli chybně, tudíž nezískali ani jeden bod. V pretestu tak činilo 119 (78,81 %) žáků a v posttestu 78 (51,66 %) žáků. Jeden bod získali žáci za částečnou odpověď. Nejčastěji žáci, kteří získali jeden bod z druhé otázky, odpovídali tak, že rostliny získávají energii ze Slunce či slunečního záření, jen malá část

žáků měla jako částečnou odpověď, že rostliny získávají energii pomocí fotosyntézy. Jeden bod v pretestu získalo 31 žáků, což činí v procentuálním zastoupení 20,53 % žáků. V posttestu se již množství částečně správných odpovědí vystoupalo na 72, což činí 47,68 % žáků. Avšak více než polovina žáků na tuto otázku neodpověděla správně. Dva body žáci získali za kompletní správnou odpověď, která zněla, že energie, která je skryta v biomase se do rostlin dostává slunečním záření pomocí fotosyntézy. Kompletní odpověď uvedl v pretestu i v posttestu vždy pouze jeden žák.



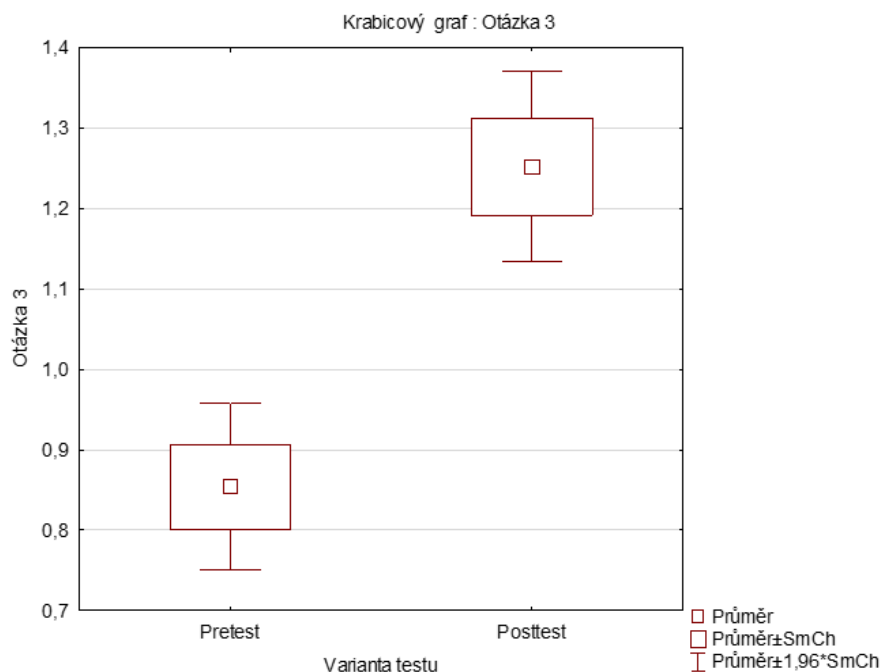
Obr. 16. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0), částečných odpovědí (hodnota 1) a odpovědí plně správných (hodnota 2) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 2

4.4 Vyhodnocení otázky č. 3

Znění třetí otázky v testech bylo: „Jaké látky vznikají při fotosyntéze?“. Správnou odpovědí byl kyslík a cukr (glukóza). Jako alternativu za cukr žáci používali někdy správně pojmy právě sacharid nebo jen glukóza. Pokud žáci uvedli alespoň jeden z uvedených produktů, získali jeden bod. Pokud žáci uvedli produkty oba, získali body dva. Nejčastější chybné odpovědi byly oxid uhličitý, vzduch, dusík, vodní pára nebo barvivo. Často žáci uvedli jako jediný produkt kyslík nebo naopak se v posttestech často objevovala odpověď: „kyslík, cukr, vodní pára“.

Z krabicového grafu (Obr. 17) je patrné, že provedený t-test závislého dle skupin prokázal výrazné zlepšení mezi pretesty a posttesty u třetí otázky, která byla zaměřená na

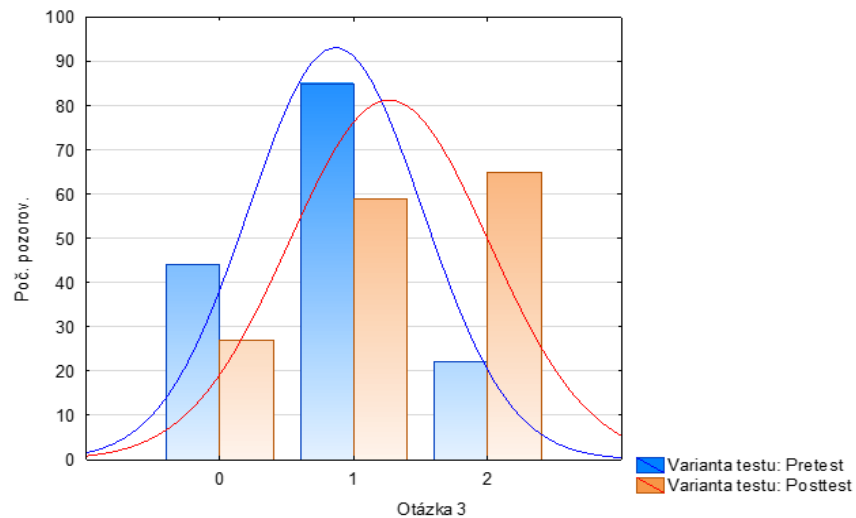
látky, které vznikají během procesu fotosyntézy ($t = -4,9622; d. f = 150; p = 0,096647$).



Obr. 17. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 3

Histogram na Obr. 18 zobrazuje bodovou úspěšnost v pretestech a posttestech u třetí otázky. Jak je patrné z grafu v pretestu, chybně odpovědělo nebo neuvedlo odpověď 44 žáků (29,14 %), nezískali proto v téhle otázce žádný bod. Jeden bod získali v pretestu ti žáci, kteří uvedli do testu alespoň jednu látku, která vzniká při fotosyntéze. Podařilo se to 85 žákům (56,29 %). Nejčastěji žáci uváděli jako produkt fotosyntézy pouze kyslík. Jedná se o správnou odpověď, ale ne zcela kompletní. Dva body získali žáci v pretestu, pokud odpověděli, že látky, které vznikají při fotosyntéze, jsou kyslík a cukr. Kompletní odpověď na otázku č. 3 v pretestu získalo 22 žáků (14,57 %).

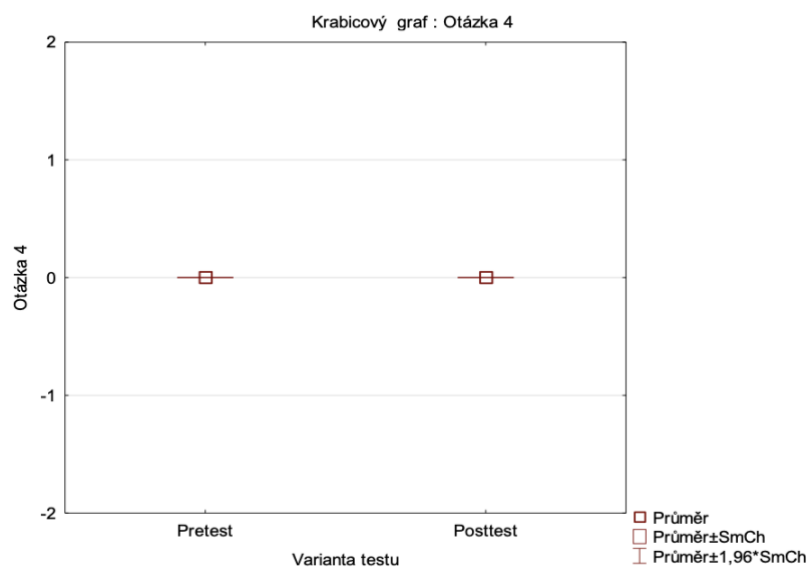
V posttestu se úspěšnost zvýšila. Žádný bod nezískalo 26 žáků (17,22 %), buď neuvedli odpověď nebo nedokázali na otázku odpovědět správně. Až 58 žáků (38,41 %) zvládlo na otázku odpovědět alespoň částečně správně. Celkem 65 žáků (43,05 %) v posttestu uvedlo oba produkty, které vznikají během fotosyntézy.



Obr. 18. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0), částečných odpovědí (hodnota 1) a odpovědí plně správných (hodnota 2) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 3

4.5 Vyhodnocení otázky č. 4

V testech na čtvrtém místě byla položena otázka: „Proč jsou rostliny označovány jako „producenti“?“. Na tuto otevřenou otázku byla pouze jediná odpověď, a to že rostliny jsou označovány jako producenti, protože vytvářejí biomasu. Na tuto otázku správně neodpověděl žádný žák jak v pretestu, tak ani v posttestu. Tudiž u obou variant testů získali žáci v průměru 0 bodů, jak je patrné na krabicovém grafu (Obr. 19).



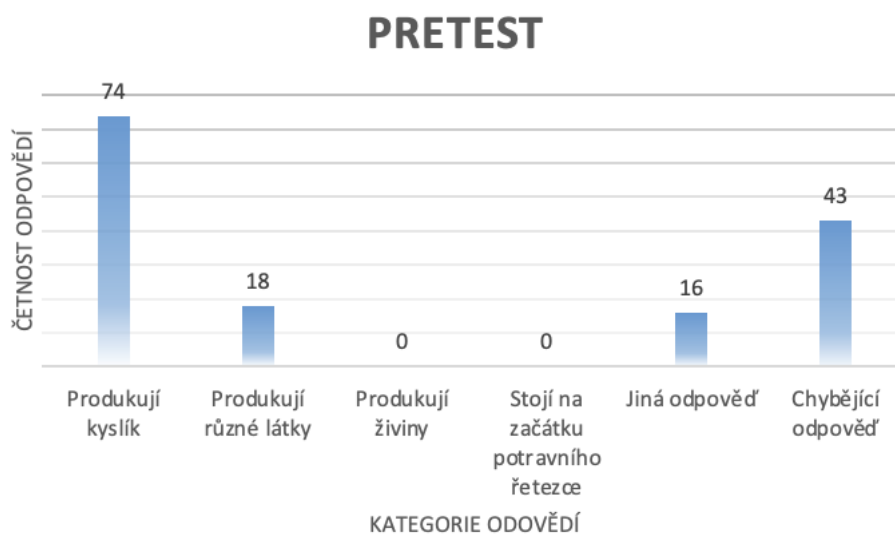
Obr. 19. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 4

Aby se lépe porozumělo žakovským miskoncepcím na otázku, proč jsou rostliny označovány jako „producenti“, byla vytvořena tabulka, která kategorizovala odpovědi do šesti skupin:

1. Produkují kyslík
2. Produkují různé látky (vzduch, kyslík, oxid uhličitý, voda)
3. Produkují živiny (sobě nebo živočichům)
4. Stojí na začátku potravního řetězce
5. Jiná odpověď
6. Chybějící odpověď

Tyto kategorie pretestu a v posttestu jsou zobrazeny na histogramech vytvořených v Microsoftu Excel a lze si je prohlédnout na Obr. 20 a Obr. 21.

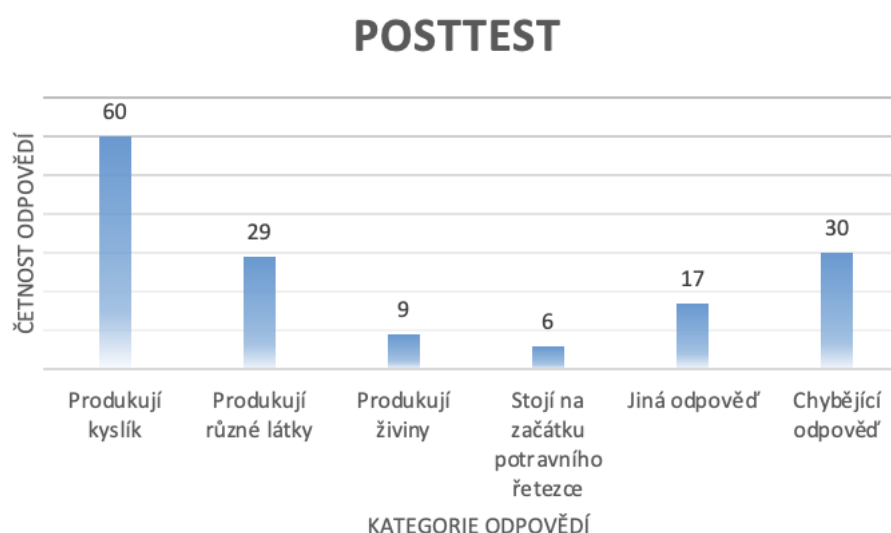
Jako nejčastější odpověď byl uveden důvod, že rostliny jsou producenti, protože produkují kyslík. Tuto miskoncepci uvedlo 74 žáků, což je v procentuálním zastoupení 49,00 % žáků. V pretestu 43 žáků na otázku, proč jsou rostliny považovány za producenty, neodpovědělo (28,48 % žáků). Na třetím místě je odpověď, že jsou rostliny producenti, protože vytvářejí různé látky. Někteří žáci tyto látky uváděli konkrétně, zmiňovali například vzduch nebo často odpovídali spojením kyslíku a oxidu uhličitého. Do této kategorie tedy spadá 18 žáků (11,92 %). Zbylých 16 žáků (10,60 %) odpovědělo velmi různorodě, proto se zařadili do kategorie pět.



Obr. 20. Histogram zobrazující kategorie odpovědí v pretestu na otázku č. 4

V posttestu se již objevují odpovědi jako je produkce živin či odpověď, že rostliny jsou označovány jako producenti, protože stojí na začátku potravního řetězce. Jelikož se tato odpověď nevyskytovala před využitím digitální učebnice, musela se vytvořit až po jejím použití.

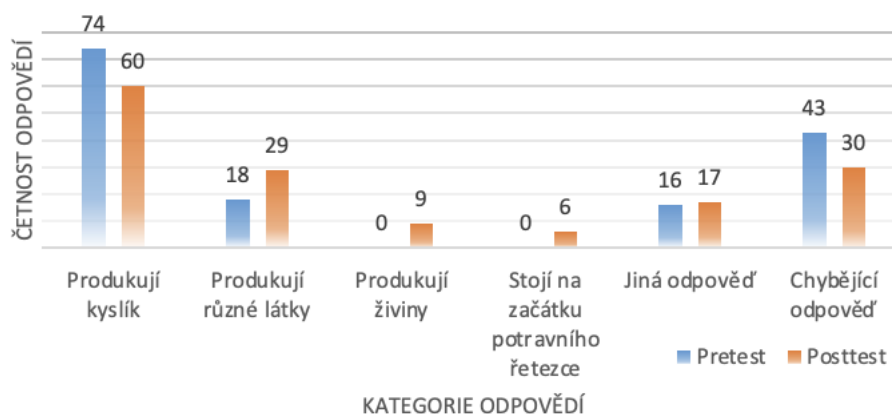
Opět nejčastější odpovědí v otázce č. 4 byla produkce kyslíku. Tuto odpověď v posttestu uvedlo 60 žáků (39,74 %). Otázku nezodpovědělo 30 žáků (19,87 %). Třetí nejčastější odpověď byla produkce různých látek, kde se kromě uvedených možností z pretestu přidávalo hlavně spojení kyslík a cukr. V této druhé kategorii je 29 žáků, což činí 19,21 % žáků. Dalších 17 žáků (11,26 %) odpovědělo opět různorodě, tudíž se zařadili do kategorie pět. Nové miskoncepce, které se objevily, jsou produkce živin a začátek potravního řetězce. Produkci živin jak pro sebe, tak i pro živočichy zmínilo devět žáků (5,96 %). Na otázku, proč jsou rostliny označovány jako producenti, odpovědělo šest žáků (3,97 %) takto: „protože stojí na začátku potravního řetězce“.



Obr. 21. Histogram zobrazující kategorie odpovědí v posttestu na otázku č. 4

Porovnání pretestu a posttestu si lze prohlédnout na společném histogramu z programu Microsoft Excel, který je na Obr. 22, kde si lze prohlédnout vytvoření nových miskonceptů na otázku, proč jsou rostliny považovány za producenty.

KATEGORIE OTÁZKY ČTYŘI



Obr. 22. Histogram zobrazující rozdíl kategorií mezi pretestem a posttestem u otázky č. 4

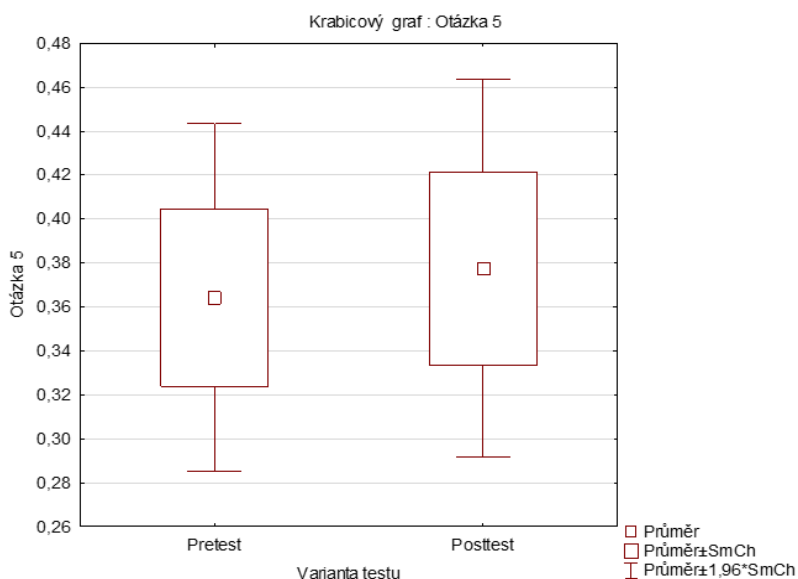
4.6 Vyhodnocení otázky č. 5

V otázce č. 5 měli žáci za úkol porovnat výživu živočichů s výživou rostlin. Principem bylo doplnění následujících vět. „Živočichové získávají organické látky ke svému růstu z ...“. Správné doplnění do věty je z potravy nebo z cukrů, tuků a bílkovin. Popřípadě se uznávala za správnou odpověď různá modifikace, ze které byla patrná správná odpověď. Druhá věta zněla: „Rostliny získávají organické látky ke svému růstu z ...“. Správnou odpovědí byl příjem minerálních látek rozpuštěných ve vodě, které jsou v procesu fotosyntézy přeměňovány na organické látky, které jsou stejné jako látky, které využívají jako zdroj živin živočichové.

Většina žáků byla schopna správně uvést, odkud získávají živiny živočichové. Uváděli přesné i méně přesné odpovědi, ale nejčastěji zmiňovali jídlo nebo potravu. V případě doplnění živin pro růst rostlin komplexně odpovědělo jen velmi malé množství žáků. Mezi odpovědi žáků na příjem živin pro růst rostlin se objevovalo, že rostliny získávají organické látky z půdy oxidu uhličitého, tepla, světla nebo ze Slunce. Největší část žáků byla schopna alespoň uvést, že rostliny přijímají vodu, avšak s jistotou nelze říct, jestli žáci vědí, že voda obsahuje rozpuštěné živiny a minerální látky. Žáci však nebyli schopni propojit přijímané látky ve vodě s procesem fotosyntézy a vestavbou anorganických látek do organické podoby. Nebyli schopni uvést, že rostliny jako ostatní živé organismy potřebují ke svému růstu cukry, tuky a bílkoviny, které si na rozdíl od živočichů dokáží vyrobit samy v procesu fotosyntézy.

V páté otázce mohli žáci dosáhnout maximálně dvou bodů. Pokud komplexně a správně odpověděli na obě otázky, dosáhli žáci maximálního počtu bodů. Pokud žáci zodpověděli alespoň na jednu z uvedených otázek, získali jeden bod. Pokud žáci odpověděli na obě otázky špatně anebo neodpověděli vůbec, nezískali bod žádný.

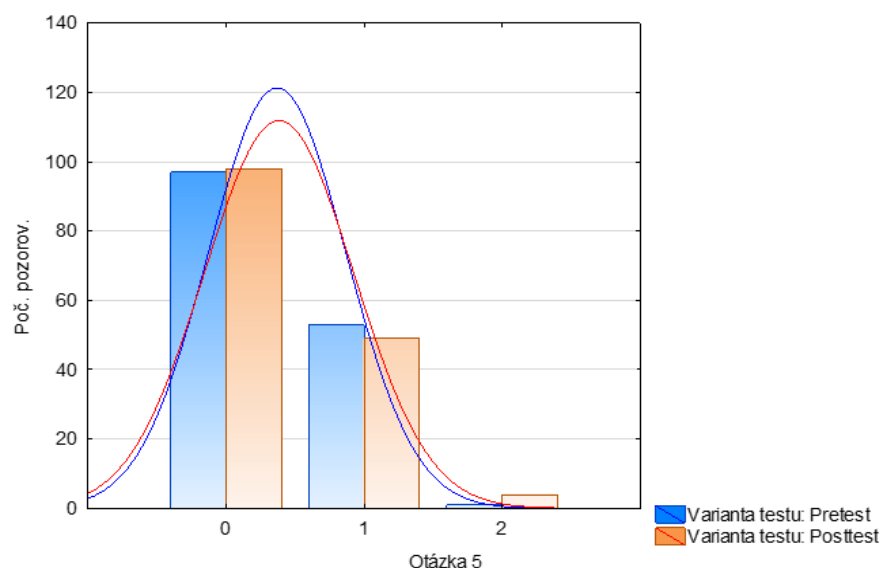
Jak je patrné z krabicového grafu na Obr. 23, provedený t-test závislých skupin prokázal statisticky velmi malé zlepšení po použití digitální učebnice ve výuce ($t = -0,2222$; $d. f = 150$; $p = 0,321181$). V pretestu žáci dosáhli průměrného skóre 0,364 bodu a v posttestu se žáci zlepšili pouze na průměrné skóre 0,377 bodu.



Obr. 23. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 5

Jak je patrné z histogramu na Obr. 24, v pretestu nezískalo žádný bod 97 žáků (64,24 %). Tito žáci buď na otázku neodpověděli, nebo odpověděli chybně. V pretestu bylo schopno doplnit alespoň jednu z vět správně 53 žáků (35, 10 %) a získalo tudíž jeden bod. Plně správnou odpověď v pretestu byl schopný uvést pouze jeden žák a tím získal body dva.

V posttestu se zvýšil počet žáků, kteří nezískali ani jeden bod. Navýšení nebylo výrazné, neboť se zvýšil pouze o jednoho žáka. Bylo tedy 98 žáků (64,90 %), kteří nezískali v posttestu u otázky číslo pět žádný bod. Dalších 49 žáků (32,45 %) zvládlo odpovědět alespoň na jednu z položených otázek a získalo tak jeden bod. Zpravidla žáci odpovídali správně na otázku týkající se zisku živin u živočichů. Po výuce pomocí digitální učebnice a domácí přípravy dokázali komplexně na tuto otázku odpovědět pouze čtyři žáci. Což je pouze o tři žáky více než v pretestu.



Obr. 24. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0), částečných odpovědí (hodnota 1) a odpovědí plně správných (hodnota 2) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 5

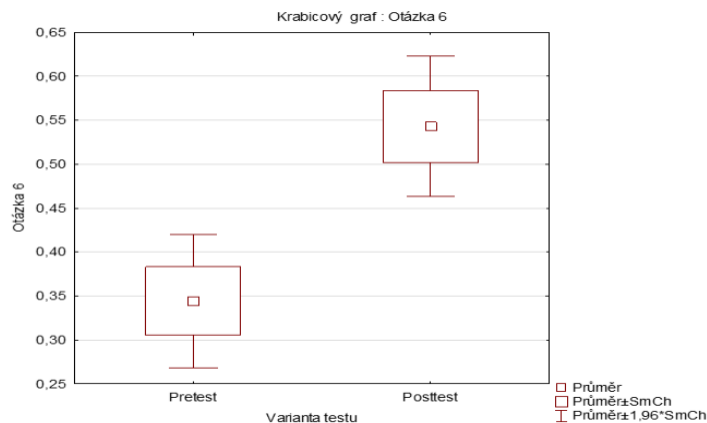
4.7 Vyhodnocení otázky č. 6

Znění šesté otázky bylo: „Dýchají rostliny během celého dne nebo jen v určitých obdobích dne?“ Správná odpověď na tuto otázku byla, že rostliny jako každý jiný živý organismus dýchá celý den. Pokud žák odpověděl na tuto otázku správně, získal jeden bod. V případě chybné odpovědi nezískal bod žádný.

Častou žakovskou odpovědí bylo: „ANO“. Nejspíše z důvodu nepozornosti a nepřechtení si celé otázky. Jelikož nebylo z odpovědi zřejmé, co žák slovem „ANO“ myslel, nebyl mu udělen žádný bod. Mezi časté miskoncepce v oblasti botaniky se právě řadí význam mezi fotosyntézou a respirací. I u této otázky se mylná představa u mnoha žáků vyskytla. Žáci často s jistotou uváděli, že rostliny dýchají pouze večer a přes den fotosyntetizují nebo uváděli, že dýchají pouze, pokud svítí Slunce.

Dle provedeného t-testu závislého dle skupin měla výuka fotosyntézy pomocí digitální učebnice kladný vliv na žakovské vědomosti v otázce, jestli rostliny dýchají celý den nebo jen v určité části dne ($t = -3,5346$; $d. f = 150$; $p = 0,563676$).

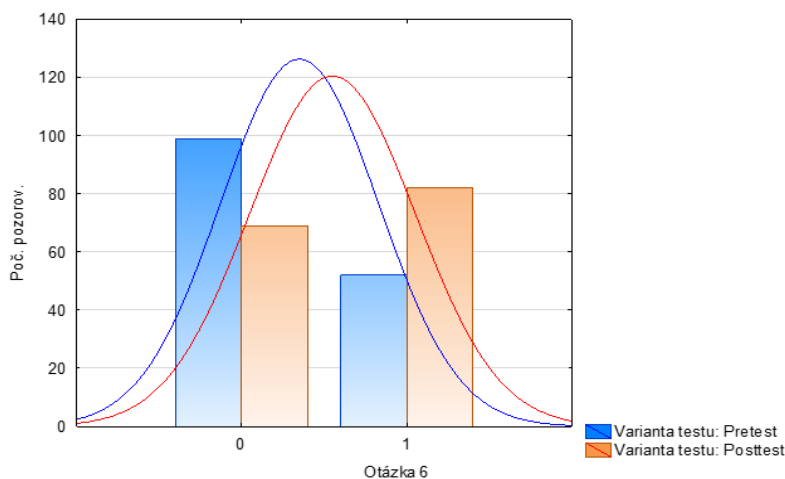
Z krabicového grafu (Obr. 25) jde vidět průměrné hodnocení otázky číslo šest, kdy v pretestech žáci získali v průměru 0,34 bodu a v posttestu získali v průměru 0,54 bodu.



Obr. 25. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 6

Histogram (Obr. 26) zobrazuje bodovou úspěšnost v pretestech a posttestech u šesté otázky. Jak je patrné z histogramu, v pretestu nezískalo v této otázce žádný bod 99 žáků, činí to v procentuálním zastoupení 66,56 % žáků. V pretestu získalo za správnou odpověď jeden bod 51 žáků, tedy 34,44 % žáků.

Na šestou otázku v posttestu neodpovědělo nebo uvedlo špatnou odpověď 69 žáků (45,7 %) a nezískali tak žádný bod. V posttestu se úspěšnost zvýšila a jeden bod získalo 82 žáků (54,3 %).



Obr. 26. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0) a odpovědí správných (hodnota 1) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 6

4.8 Vyhodnocení otázky č. 7

V otázce č. 7 žáci doplňovali do tabulky (viz tabulka 2) plynné látky, které rostliny přijímají a vydávají do atmosféry během dne a noci. Toto cvičení bylo pro žáky velmi náročné a často uváděli nesprávné a zmatené odpovědi. Často se stávalo, že do kolonky vyplnili odpověď správnou i špatnou.

Za správné vyplnění celé tabulky mohl žák dostat maximálně dva body. Jeden bod žák dostal, pokud odpověděl správně, jaké plynné látky rostlina přijímá a vydává do atmosféry během dne nebo naopak pokud odpověděl správně, jaké plynné látky rostlina přijímá a vydává do atmosféry během noci. Pokud neodpověděl vůbec anebo příjem a výdej plynných látek během dne či noci nenapsal správně, nezískal žádný bod.

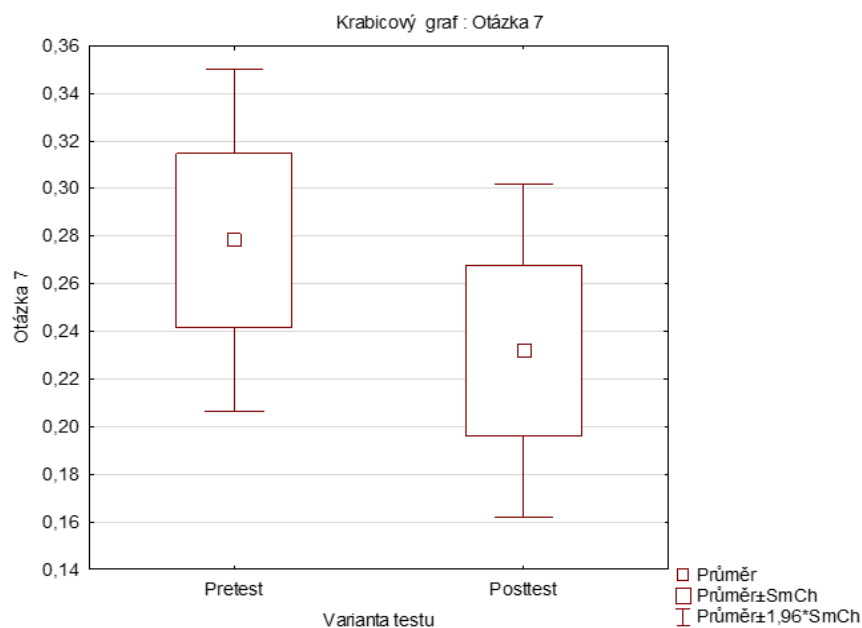
Správné doplnění tabulky si lze prohlédnout níže v tabulce č. 2. Ke správnému doplnění tabulky bylo zapotřebí, aby si žáci uvědomili, jaké plynné látky rostlina přijímá a vydává do atmosféry během fotosyntézy, dýchání a transpirace.

Tabulka č. 2: Správné vyplnění tabulky u otázky č. 7

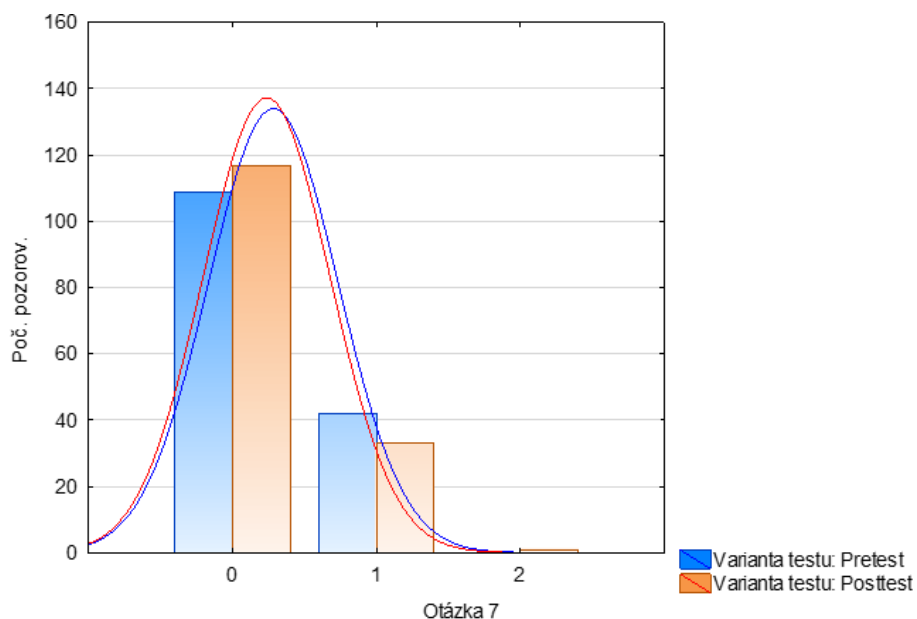
	Ve dne	V noci
Jaké plynné látky přijímají rostliny z atmosféry	Kyslík, oxid uhličitý	Kyslík
Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry	Oxid uhličitý, kyslík, vodní pára (ev. vonné látky či silice)	Oxid uhličitý

Provedený t-test závislý dle skupin ukázal statisticky prokazatelné zhoršení ($t = 0,9067$; $d.f = 150$; $p = 0,767641$).

Jak je patrné z krabicového grafu na Obr. 27, výuka fotosyntézy pomocí digitální učebnice v této otázce měla negativní vliv na žákovské odpovědi. V testech žáci často uvedli správné plynné látky, ale přiřadily je do nesprávných kolonek. Žákům dělал větší problém rozlišení příjmu a výdeje plynných látek než v rozlišení příjmu a výdeje plynných látek mezi dnem a nocí.



Obr. 27. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení celé tabulky v otázce č. 7



Obr. 28. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0), částečných odpovědí (hodnota 1) a odpovědí plně správných (hodnota 2) mezi pretesty a posttesty v tabulce u otázky č. 7

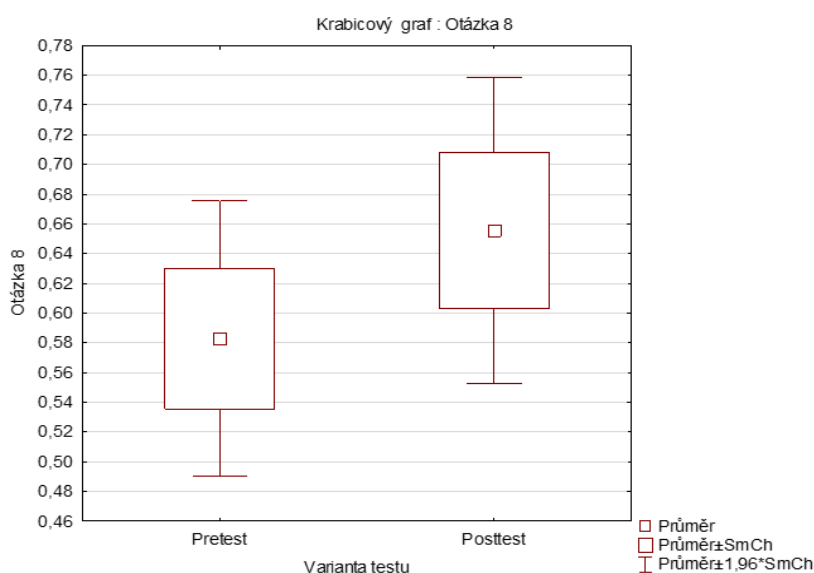
Histogram na Obr. č. 18 zobrazuje bodovou úspěšnost mezi pretesty a posttest ve vyplňování tabulky u sedmé otázky. V pretestu nedokázalo správně vyplnit ani jeden sloupec správně 109 žáků (72,19 %). Vyplnit alespoň jeden z uvedených sloupců v tabulce zvládlo 42 žáků (27,81 %). Dva body v pretestu nezvládl získat ani jeden žák, tedy nikdo nedokázal vyplnit celou tabulku bez chyby.

V posttestu se zvýšil počet žáků, kteří nezískali ani jeden bod na 117 žáků (77,48 %), což je o osm žáků víc než v pretestu. Jeden bod získalo 33 žáků (21,85 %), kteří správně odpověděli alespoň na jeden sloupec v tabulce, a to buď na otázku, jaké plynné látky rostlina přijímá a vydává do atmosféry během dne nebo jaké plynné látky rostlina přijímá a vydává do atmosféry během noci. Dva body získali žáci za správné a kompletní vyplnění tabulky. V posttestu získal dva body pouze jeden žák.

4.9 Vyhodnocení otázky č. 8

Otázka číslo osm zněla: „K jakým procesům využívají suchozemské rostliny sluneční energii?“. V téhle otázce žáci mohli odpovědět více způsoby, například že rostliny využívají sluneční energii k procesu fotosyntézy a k růstu, popřípadě mohli žáci zmínit, že rostliny využívají sluneční energii i k výparu. Žáci, kteří odpověděli, že rostliny využívají sluneční energii k procesu fotosyntézy i k růstu, získali tak body dva. Pokud žák odpověděl alespoň jednou z uvedených variant, získal bod jeden. Když žák odpověděl špatně nebo odpověď neuvedl vůbec, nezískal žádný bod.

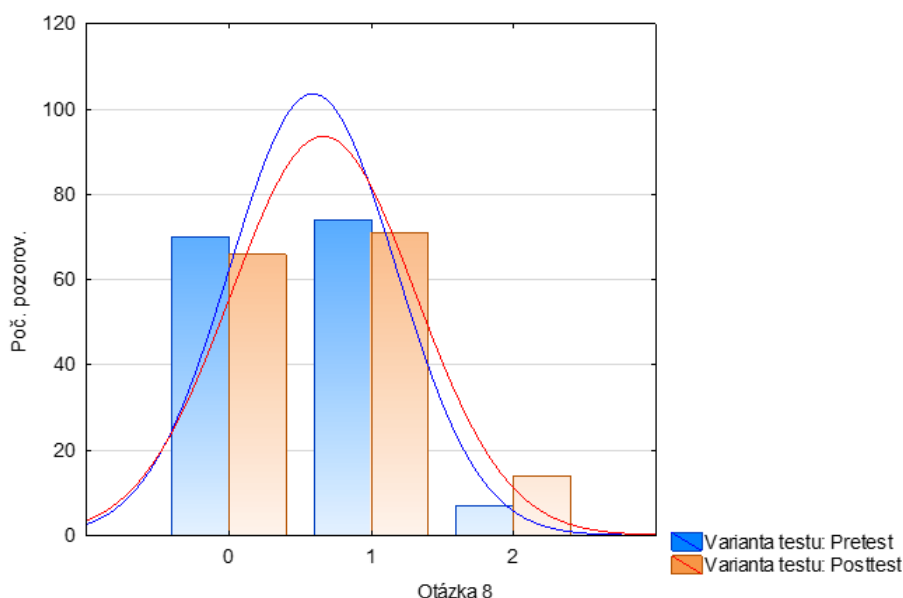
Dle provedeného t-testu závislého dle skupin měla výuka fotosyntézy pomocí digitální učebnice kladný vliv na žákovské odpovědi v otázce, k jakým procesům využívají suchozemské rostliny sluneční energii ($t = -1,0322$; $d.f = 150$; $p = 0,02116332$).



Obr. 29. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení otázky č. 8

Úspěšnost odpovědí v pretestu a posttestu u otázky č.8 si lze prohlédnout na krabicovém grafu na Obr. 29. Z krabicového grafu jde vyčíst, že se žáci v posttestu zlepšili. V pretestu dosáhli žáci průměrného hodnocení 0,5827 bodu, zatímco v posttestu dosáhli žáci průměru 0,6556 bodu.

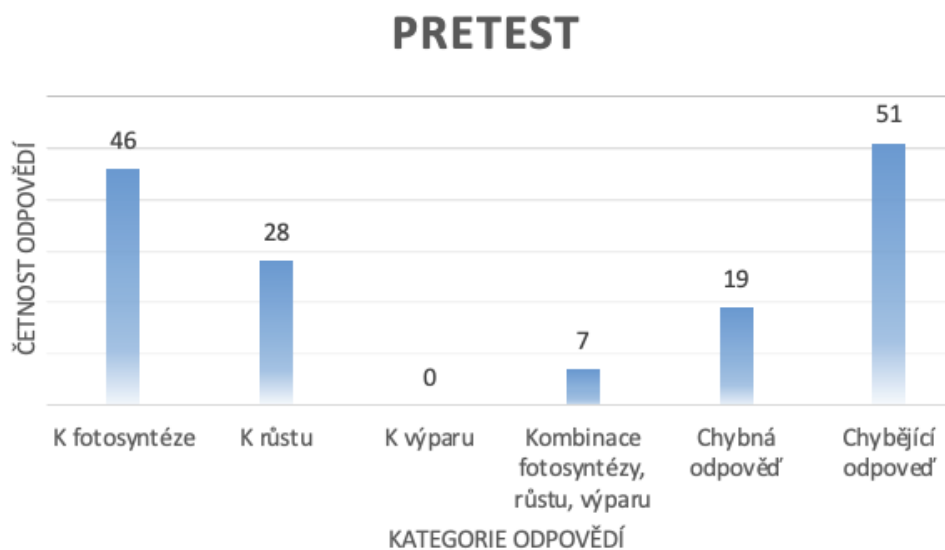
Z histogramu (Obr. 30) je patrné, že zlepšení u této otázky není výrazné. V pretestu 70 žáků (46,36 %) nezískalo ani jeden bod. Tito žáci uvedli chybný proces využívající sluneční energii nebo proces neuvedli vůbec. Jeden bod získalo v pretestu 74 žáků (49,01 %) a kompletně na tuto otázku odpovědělo sedm žáků (4,63 %). V posttestu žádný bod nezískalo 66 žáků (43,71 %), jeden bod obdrželo 71 žáků (47,01 %) a komplexně odpovědělo v posttestu na tuto otázku 14 žáků (9,27 %).



Obr. 30. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0), částečných odpovědí (hodnota 1) a odpovědí plně správných (hodnota 1) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 8

Pro lepší přehlednost odpovědí byly stanoveny kategorie, které přiblíží bodové hodnocení jednotlivých odpovědí pretestu a posttestu na osmou otázku, k jakým procesům využívají suchozemské rostliny sluneční energii. Jednobodové otázky jsou umístěny v kategoriích jedna až tři, různá kombinace těchto správných odpovědí je v kategorii čtyři a byli bodováni dvěma body. Chybná odpověď je umístěna v kategorii pět a chybějící odpověď v kategorii šest. Poslední dvě kategorie nebyly hodnoceny žádným bodem.

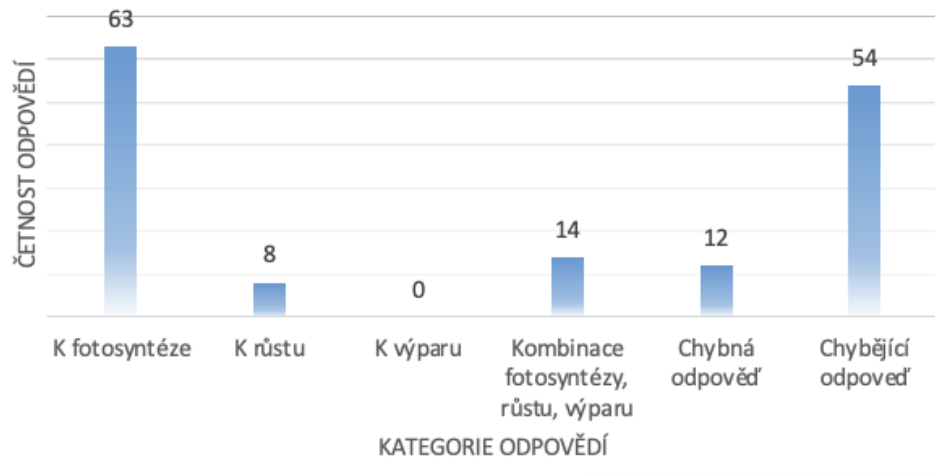
Kategorie pretestu si lze prohlédnout na histogramu, který se nachází na Obr. 31. Jako nejpočetnější kategorie se v pretestu nachází chybějící odpověď. Až 51 žáků (33,77 %), na tuto otázku v pretestu nedokázalo odpovědět. Druhá nejčastější odpověď, k jakým procesům využívají rostliny sluneční záření, byla k fotosyntéze a odpovědělo tak 46 žáků (30,46 %). K růstu uvedlo 28 žáků (18,54 %) a kombinaci nejčastěji ve spojení k fotosyntéze a k růstu uvedlo 7 žáků. Posledních 19 žáků (12,58 %) v pretestu na tuto otázku odpovědělo chybně.



Obr. 31. Histogram zobrazující kategorie odpovědí v pretestu na otázku č. 8

Vyhodnocení kategorií v posttestu si lze prohlédnout na Obr. 32. Z histogramu je patrné, že v posttestu odpovědělo, že rostliny využívají sluneční záření k fotosyntéze 63 žáků (41,72 %). Skupina 54 žáků (35,76 %) odpověď v posttestu neuvadla a 12 žáků (7,95 %) odpovědělo chybně. Jako druhou nejčastější správnou odpověď uvedlo 14 žáků (9,27 %), kteří odpověděli, že rostliny využívají sluneční záření k procesu fotosyntézy a k růstu, a díky tomu získali dva body. Osm žáků v posttestu odpovědělo, že rostliny využívají sluneční záření k růstu. Avšak v pretestu i posttestu se samostatná odpověď, že rostliny potřebují sluneční energii k výparu, se neobjevila ani jednou, vždy byla odpověď k výparu spojena buď s fotosyntézou nebo s růstem.

POSTTEST



Obr. 32. Histogram zobrazující kategorie odpovědí v posttestu na otázku č. 8

4.10 Vyhodnocení otázky č. 9

Otázka devět v plném znění byla: „Vegetace v krajině je tvořena rostlinnou biomasou. Z následujícího seznamu vyber ta tvrzení, která považuješ za pravdivá a svůj výběr odůvodni“. Tvrzení k této otázce jsou:

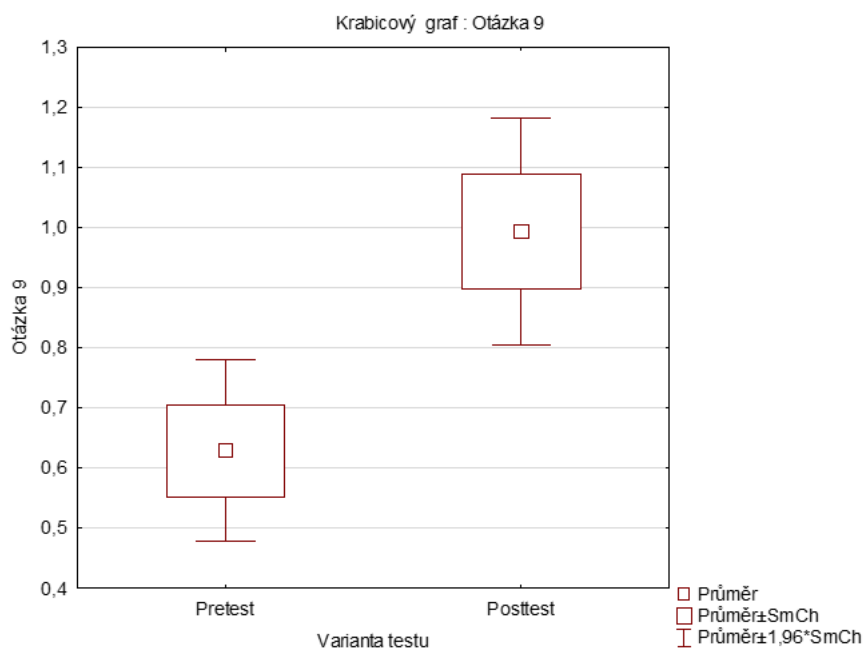
- Tvorbou rostlinné biomasy se snižuje hladina CO_2 v atmosféře.
- Tvorbou rostlinné biomasy se zvyšuje hladina CO_2 v atmosféře.
- Když odstraníme biomasu z velké plochy, např. sklídíme pole a znovu nezasejeme, může to vést ke ztrátě živin z půdy.
- Když odstraníme biomasu z velké plochy, např. sklídíme pole a znovu nezasejeme, ušetříme mnoho živin v půdě.
- Když pokácíme les na velké ploše, v krajině zbyde více vody.
- Když pokácíme les na velké ploše, v krajině ubyde voda.
- Když pokácíme les na velké ploše, místní klima se oteplí.

Jako správné tvrzení k této otázce jsou tvrzení *a*, *c*, *f* a *g*. Tvrzení *a* je správné, protože se hladina CO_2 v atmosféře snižuje, protože je CO_2 rostlinami pohlcován při fotosyntéze. Tvrzení *c* je pravdivé, protože když se odstraní biomasa z velké plochy, dojde k erozi půdy a tím i ke ztrátám živin. Pravdivé je i tvrzení *f*, protože les je velkým rezervoárem vody v krajině a díky svému metabolismu udržují rostliny (lesy) koloběh

vody. Jako poslední správné tvrzení je *g*, protože při pokácení velké plochy lesa dojde k ohřevu půdy, k většímu výparu vody a ztrátě stinných míst.

Tato otázka byla hodnocena maximálně čtyřmi body. Za každé správné tvrzení žáci dostali po 1 bodu. Pokud žáci neodpověděli nebo zdůvodnili chybné tvrzení, body nezískali. Stejně jako pokud určili jedno ze správných tvrzení, ale již neuvedli vysvětlení tvrzení nebo uvedli špatný důvod toho tvrzení.

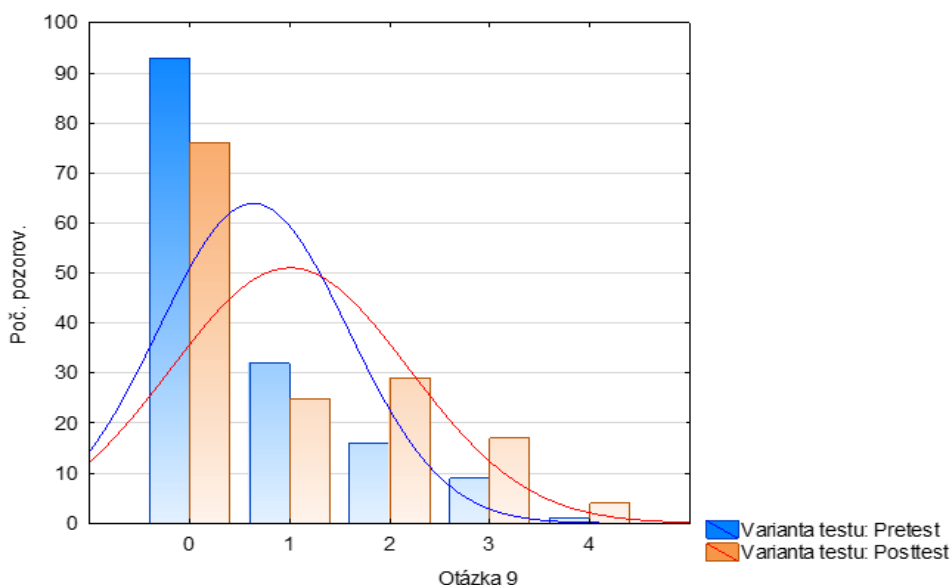
Z krabicového grafu na Obr. 33 lze vidět průměrné hodnocení otázky č. 9. Provedený t-test závislý dle skupin prokázal zlepšení po výuce fotosyntézy pomocí digitální učebnice ($t = -2,9632$; $d. f = 150$; $p = 0,006127$). Avšak ani jeden průměr z pretestu ani posttestu nedosáhl více jak jeden bod.



Obr. 33. Krabicový graf zobrazující statistické zhodnocení u otázky č. 9

Histogram na Obr. 34 ukazuje bodové hodnocení pretestu a posttestu u otázky číslo devět. Jak je patrné z grafu, tak většina žáků odpovídala na tuto otázku chybně nebo žáci neodpovídali vůbec. Žáci často tuto otázku nevyplňovali, buď neznali odpověď nebo na ně byla příliš dlouhá a složitá. V pretestu tudíž nezískalo ani jeden bod 93 žáků (61,59 %) a v posttestu 76 žáků (50,33 %). Jeden bod, tedy správně zvolené a dobře odůvodněné tvrzení bylo pouze jedno a vyskytlo se u pretestů u 32 žáků (21,10 %) a v posttestu u 25 žáků (16,56 %). Dva body získali žáci v pretestu, pokud správně odůvodnili právě dvě uvedená tvrzení. V pretestu tak činilo 16 žáků (10,60 %) a v posttestu 29 žáků (19,20 %). Pokud žáci dokázali správně zdůvodnit tři tvrzení, získali

body tři. V pretestu dokázalo získat tři body devět žáků (5,96 %) a v posttestu se počet žáků se třemi body zvýšil na sedmáct žáků (11,26 %). Plný počet čtyř bodů získal v pretestu pouze jeden žák a v posttestu žáci čtyři.



Obr. 34. Histogram zobrazující rozdíl špatných odpovědí (hodnota 0), částečných odpovědí (hodnota 1, 2, 3) a odpovědí plně správných (hodnota 4) mezi pretesty a posttesty u otázky č. 9

V otázce devět žáci nejčastěji správně zdůvodnili tvrzení *a*, které uvádí, že množství CO_2 v atmosféře ubývá z důvodu pohlcení rostlinami při procesu fotosyntézy. Jako druhé tvrzení žáci věděli, že když se vykácí les na velké ploše, místní klima se oteplí. Toto tvrzení se vyskytovalo v podotázce *g*. Nejčastější miskoncepce, která se vyskytovala u této otázky, bylo tvrzení *e*, které udávalo, že pokud se vykácí les na velké ploše, v krajině zbyde více vody. Žáci uváděli vysvětlení, které říkalo, že stromy nebudou krajině vodu odebírat, a proto jí zbyde více.

4.11 Výzkum žakovských názorů na atraktivitu výuky

Kromě již uvedených otázek, které byly shodné v pretestu i v posttestu, obsahoval posttest navíc otázky na zhodnocení výuky se zapojením interaktivní učebnice. Ve vyhodnocení žáci měli dvě otevřené otázky a dvě hodnotící stupnice (Likertova škála).

4.11.1 Vyhodnocení otázky č. 10

Otázka číslo deset v posttestu zněla: „Jak se ti líbila výuka o fotosyntéze pomocí interaktivní učebnice?“ Žáci měli zaškrtnout stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřoval

jejich názor. Stupnice byla volena jako klasifikace ve škole, což znamenalo, že stupeň jedna znamenal, že se jim výuka velmi líbila a stupeň pět, že se jim výuka nelíbila vůbec. Z nasbíraných dat výuka pomocí digitální učebnice získala jako nejčastější známku dva. Výuka získal průměrnou známku $2,35 \pm 0,89$ (průměr \pm směrodatná odchylka) a medián v hodnotě známky 2.

4.11.2 Vyhodnocení otázky č. 11

Otázka číslo jedenáct byla otevřená a zněla: „Co se ti líbilo nejvíce?“. Jelikož žáci odpovídali různorodě, byl vytvořen histogram, který ukazuje nejčastější odpovědi. Graf si lze prohlédnout na Obr. 25. Odpovědi jsem kategorizovala do 8. skupin. Jelikož žáci volili více možností, součet všech možností je odlišný od dotazovaných žáků.

Kategorie dvě obsahuje žakovskou odpověď, že se jim nejvíce líbili obrázky, které v pretestu u otázky č. 11 byly zmíněny 92x. Žáci zmínili 50x, že se jim nejvíce líbila videa použité v digitální učebnici a 18x byly zmíněny animace. Jen 8x byly uvedeny texty, u kterých se navíc žáci zmiňovali o jednoduchosti a srozumitelnosti. Celá učebnice se líbila šesti žákům, tři žáci uváděli, že se jim líbily uvedené zajímavosti z tématu fotosyntézy a dvakrát bylo uvedeno digitální prostředí. V kategorii ostatní se nejčastěji vyskytovala slova jako všechno nebo nic.

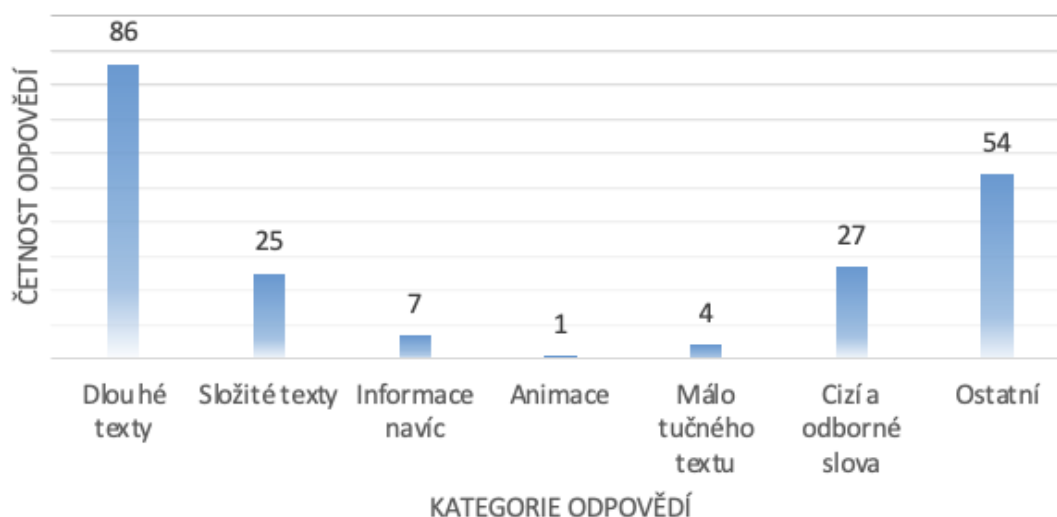


Obr. 35. Histogram zobrazující kategorie žakovských odpovědí na otázku č. 11

4.11.3 Vyhodnocení otázky č. 12

Znění otázky dvanáct bylo: „Co se ti nelíbilo?“. Opět se otázka kategorizovala, ale tentokrát pouze do sedmi skupin. Histogram si lze prohlédnout na Obr. 36. Nejčastější žákovskou odpovědí na to, co se jim nelíbilo, byla odpověď dlouhé texty, které žáci zmínili 86x. K tomu se přidávaly často i složité texty, které žáci uvedli 25x. Sedmkrát žáci napsali, že se jim nelíbily informace navíc a čtyřikrát, že jim v textu chyběl tučný text označující ty nejdůležitější informace. Dvacet sedm žáků uvedlo, že nerozumělo některým cizím a odborným slovům. Mezi ostatní patřily odpovědi jako například chybějící zvuk u videí, nepřehlednost, všechno nebo naopak nic či zvolené téma digitální učebnice.

OTÁZKA Č. 12



Obr. 36. Histogram zobrazující kategorie žákovských odpovědí na otázku č. 12

4.11.4 Vyhodnocení otázky č. 13

Otázka číslo třináct zněla: „Chtěl/a by ses podobným způsobem učit častěji?“. Žáci měli opět za úkol zaškrtnout stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje jejich názor. Z nasbíraných dat výuka pomocí digitální učebnice získala jako nejčastější známku tři, která vyjadřuje neutrální přístup žáků k digitální výuce. Výuka získala průměrnou známku $2,55 \pm 1,24$ (průměr \pm směrodatná odchylka) a medián v hodnotě známky 3.

4.12 Výsledky polostrukturovaného rozhovoru s učiteli

Po zanalyzování výsledků všech rozhovorů se došlo k následujícím výsledkům. V rámci první otázky, která se zaměřovala na přínos učebnice do výuky, se učitelé shodli, že je digitální učebnice přínosná v jejich výuce, avšak každý učitel by ji využil jinak. První možností, kterou učebnice přináší, je samostatná příprava učitele na hodinu s využitím animací ve výuce. Další přínos digitální učebnice je v mezipředmětových vztazích napříč všemi ročníky, jako je například fyzika a chemie. Třetí přínos digitální učebnice je v rozšiřujícím učivu či v laboratorní práci, kdy by žáci měli za úkol například pracovat s textem, odpovídat na předem dané otázky, které vyhledají právě v této učebnici.

Učitelé kapitolu o fotosyntéze suchozemských rostlin hodnotili velmi kladně až na výjimku jednoho učitele, kterému se tato kapitola zdála velmi komplikovaná a náročná pro žáky základních škol. Ostatní učitelé tvrdili, že tato kapitola o suchozemských rostlinách je srozumitelná a vhodně doplněna o animace a obrázky.

Fotosyntézu vodních rostlin hodnotili učitelé více negativně. Zdála se jim zbytečná a náročná. Rozdělení fotosyntézy na vodní a suchozemskou pro žáky základních škol přijde učitelům neúčelné, protože žáci často nezvládnou pochopit ani samotný proces fotosyntézy natož ho navíc prohlubovat. Avšak využití této kapitoly by jeden z učitelů viděl při laboratorních pracích.

Ve čtvrté otázce učitelé odpovídali na kapitoly o ekologických souvislostech, kde se dva učitelé shodli, že tato kapitola je přínosná a velmi zajímavá pro jejich výuku, obzvláště v mezipředmětových vztazích v devátém ročníku, kdy se ekologie probírá v přírodopisu i v zeměpisu. Nicméně pro jednoho učitele je tato kapitola nepodstatná, protože žáci mají hlavně pochopit samotný proces fotosyntézy a ekologické souvislosti by žáky akorát tak více zatěžovaly.

Animace a videa jsou učiteli hodnoceny velmi kladně a přínosně. Shodují se, že animace v digitální učebnici by využili v hodinách nejvíce, protože shrnou a podtrhnou ty nejdůležitější informace z procesu fotosyntézy a žáci si tak uvědomí to, co jim učitelé vysvětlují v hodině.

Učitelé se dle polostrukturovaného rozhovoru shodují nejvíce na komplikovaném a těžce zpracovaném textu pro žáky ze základních škol. Tvrdí, že pokud má text více než deset řádek, žáci odmítají číst či textu prostě neporozumí. Proto by učitelé pro tuto

digitální učebnici doporučili, aby se zjednodušil text, tučně označila ty nejdůležitější slova a vytvořil slovníček pro cizí a odborná slova, která se v textu objevují. Učitelé také zmiňovali vhodné zakombinování interaktivní tabule do digitální učebnice.

Využití digitální učebnice v praxi má pro učitele význam při mezipředmětových vztazích v ekologii, chemii a fyzice (např. optika). Dále je učebnice vhodný nástroj pro samostatnou přípravu učitele na hodinu výkladu či hodinu laboratorní. Pro nadané žáky má učebnice možnosti využití jako doplňkové učivo nebo jako učivo přírodopisného kroužku. Avšak digitální učebnice by se měla pro základní školu zjednodušit. Na tom všem se učitelé po zanalyzování polostrukturovaných rozhovorů shodli.

5 Diskuse

Diplomová práce se zabývala žákovskými znalostmi k tématu fotosyntézy suchozemských rostlin. Provedené dotazníkové šetření poskytuje zajímavá zjištění o znalostech žáků ve výuce přírodopisu v tématu fotosyntézy. Pro analyzování dat byl využit nízký počet respondentů, proto k testování vědomostí nelze uvedené výsledky zevšeobecňovat pro celou skupinu, tedy pro žáky druhého stupně základních škol. To je jeden z hlavních limitů tohoto výzkumu.

Fotosyntéza je velmi složité téma, s mnoha chemickými reakcemi, které vznikají během celého procesu. Avšak žáci si nedokáží bez znalosti chemie tuto problematiku představit a hlavně pochopit (Rokos et al., 2019). Vágnerová (2019) uvádí, že se jedná o kritické místo ve výuce přírodopisu. Fotosyntéza se na základní škole probírá velmi jednoduše a stručně, nebo se od tématu téměř ustupuje. Žáci si často spojují fotosyntézu pouze s procesem, který probíhá v rostlinách za produkce kyslíky. Tento problém dokázal i Marmaroti a Galanopoulou (2007), kteří podle dotazníkového šetření zjistili mylnou představu o dýchání a fotosyntéze, kdy se žáci domnívají, že k dýchání dochází pouze v noci, když fotosyntéza neprobíhá.

Z nasbíraných dat lze předpokládat, že výuka fotosyntézy za pomoci digitální učebnice, která byla připravena kolektivem autorů TAČR: TL0500150 s názvem: „Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznávání úlohy rostlin v krajině“, by mohla mít v budoucnu pozitivní vliv na žákovské porozumění v těžce pochopitelném a abstraktním tématu jako je například fotosyntéza. Atraktivitu digitální učebnice žáci hodnotili pomocí Likertovy škály, na které bylo možné výuku hodnotit stejným způsobem, jako z klasifikace ve škole. Z nasbíraných dat vyšlo, že žáci nejčastěji volili známku dva neboli velmi dobrá. V otázce, proč se žákům provedená výuka líbila, se nejčastěji objevovali odpovědi, že se žákům nejvíce líbili obrázky a animace, které jim pomohlo si vytvořit jednodušší pohled na celou problematiku fotosyntézy. Na otázku, co se žákům ve výuce nelíbilo, žáci často zmiňovali velmi složitý a zdlouhavý text. Často se v něm žáci ztráceli a nedokázali pochopit celý kontext textu daných kapitol. Také z několika samostatných testů, které žáci vyplňovali před výukou a po výuce, bylo zřejmé, že testy byly stanoveny velmi zdlouhavě a složitě, protože se často stávalo, že žáci vynechávali stále ty samé úkoly. Mezi takové úkoly v pretestu a posttestu byly otázky č. 7 a č. 9. V poslední otázce, jestli

by se žáci chtěli tímto způsobem učit častěji, byla nejpočetněji udělena známka tři. Což je neutrální postoj žáků k tomuto stylu učení.

U otázky číslo jedna došlo ke statisticky průkaznému zlepšení v žákovském porozumění tématu biomasy. Biomasa je definovaná jako hmota organického původu, která je nezbytnou součástí lidského života. Každá rostlina se může považovat jako budoucí zdroj energie. Navíc má biomasa pozitivní vliv na globální ekosystém. Téměř veškerá biomasa vzniká při fotosyntéze z atmosférického oxidu uhličitého (Celjak, 2008). Až po prostudování digitální učebnice Biomasa v trvale udržitelné krajině, žáci byli schopni správně odpovědět na otázku číslo jedna, co je to rostlinná biomasa. Často v posttestu žáci uváděli odpověď jako, že biomasa je hmota rostlin, organická hmota či obnovitelný zdroj energie.

Ke statisticky prokazatelnému zlepšení došlo i u otázky č. 2. Z nasbíraných dat vyplývá, že v pretestu nedokázala většina žáků na tuto otázku odpovědět. U pretestů žáci dokázali odpovědět na otázku „Odkud pochází energie, která je v biomase skryta?“, ale již nedokázali zodpovědět, jakým způsobem se do rostlin dostává.

I u třetí otázky došlo k prokazatelnému zlepšení, kdy žáci měli za úkol uvést látky, které vznikají při fotosyntéze. Z nasbíraných dat vyplývá, že většina žáků v pretestu dokázala uvést alespoň jeden produkt, který vzniká během fotosyntézy. Zpravidla žáci v pretestu uváděli pouze kyslík, někdy však uváděli kyslík a oxid uhličitý společně. Z toho lze usoudit, že žáci mají nejasnosti a mylné představy o procesu fotosyntézy. V posttestu byla již většina žáků schopna uvést oba produkty vznikající během fotosyntézy, a to jak kyslík, tak cukr. Stále však poměrně velké množství žáků uvádělo jako jediný produkt fotosyntézy kyslík. Jsou to stejné výsledky, jako představují nasbíraná data, která uvádí ve svém výzkumu i Pavlátová et al. (2019). Žáci většinou vědí, že rostliny během fotosyntézy produkují kyslík, ale vznik sacharidů, jako hlavního produktu fotosyntézy, nepředpokládají.

U čtvrté otázky, ve které měli žáci zdůvodnit, proč jsou rostliny označovány jako producenti, nezvládl v pretestu ani v posttestu správně odpovědět ani jeden žák. Tudiž ani po výuce pomocí digitální učebnice, nebyli žáci schopni odpovědět, že rostliny produkují rostlinnou biomasu, proto jsou označovány jako producenti. V pretestu největší počet žáků uvádělo, že rostliny jsou označovány za producenty, protože produkují kyslík či oxid uhličitý. Tato miskoncepce přetrvávala z pretestů ze třetí otázky. V posttestu se

tento počet žáků velmi málo snížil, ale přibyly miskoncepce jako je produkce živin a začátek potravního řetězce. Dle mého názoru se tato mylná představa dostala k žákům právě z digitální učebnice. Zde cituji učebnici Biomasa trvale udržitelná v krajině: „Rostliny v procesu fotosyntézy do biomasy vážou sluneční energii. V ekosystému jsou proto rostliny tzv. primárními producenty. Stojí na začátku potravního řetězce. Jejich těly se pak živí živočichové i člověk. Sluneční energii tak využíváme díky rostlinám ve formě potravy i my. Také už víme, že při fotosyntetické tvorbě biomasy vzniká jako odpadní produkt kyslík“. Zde můžeme vidět šest různých informací v šesti větách, tudíž si žáci s velkou pravděpodobností z tohoto množství zapamatovali pouze jednu z nich a neviděli již mezi nimi souvislosti.

U páté otázky nedošlo k výraznému zlepšení. Žáci neměli problém uvést, kde berou živiny živočichové. Problémem pro žáky bylo však správně odpovědět, kde berou živiny rostliny. Většina žáků uvedla, že rostliny přijímají organické látky z vody, případně je vstřebávají z půdy. Rostliny sice tímto způsobem získávají látky do svého těla, ale následně v procesu fotosyntézy je přeměňují na organické látky. Živinami jsou proto stejné látky jako u živočichů (Ryplová, 2014). Žákovskou miskonceptí tedy je, že si žáci nedokážou uvědomit, že rostliny využívají stejné živiny jako živočichové, pouze si je umí vyrobit v procesu fotosyntézy samy. Pouze velmi malé množství žáků bylo schopno propojit přijímané minerální látky rostlinou s procesem fotosyntézy. Látky rostliny nezískávají ze Slunce, vody či pomocí kořenů z půdy, jak si žáci mylně domnívají, ale využívají cukry, tuky, bílkoviny, tak jako každý jiný živý organismus. Jak uvádí ve výzkumu Sördevik et al. (2015) tato mylná představa je pozorována i u vysokoškolských studentů, kteří se domnívají, že rostliny přijímají potravu z půdy pomocí kořenů. Rovněž Keleş a Kefeli (2010) upozorňují, že většina žáků předpokládá, že nárůst hmotnosti rostlin je způsoben přijímanou vodou s minerálními látkami z půdy a nespojují si tedy proces fotosyntézy s výživou rostlin. Také ve výzkumu Čipkové a Karolčika (2017) se objevily stejné problémy v žakovském chápání považovat rostliny za autotrofní organismy.

Šestá otázka neměla výrazně velké zlepšení. V této otázce byl největším problémem lenost žáků ve čtení. Na otázku: „Dýchají rostliny během celého dne nebo jen v určitých obdobích dne?“ většina žáků odpověděla: „ANO“. Při této odpovědi nebylo jasné, co tím žáci mysleli, tudíž přišli o body. Velké množství žáků však odpovědělo, že rostliny dýchají jenom večer, protože přes den fotosyntetizují. Stejně miskoncepce, týkající se

zaměňování procesů fotosyntézy a respirace a jejich spojování či nepochopení, byly zjištěné i ve výzkumů Čipkové a Karolčika (2017), Keleşe a Kefeli (2010) nebo Svandové (2014), které se zabývali právě touto problematikou.

Sedmá otázka, ve které žáci vyplňovali tabulku s výměnou plynů mezi rostlinou a atmosférou ve dne a v noci, byla jednou z nejtěžších. Žáci věděli, že se jedná o výměnu kyslíku a oxidu uhličitého, avšak si nebyli jisti, jakým způsobem se tyto plyny vyměňují. Žáci často plyny uváděli v opačném pořadí, z čehož by vyplývalo, že během fotosyntézy vzniká oxid uhličitý. Spousta žáků si opět neuvědomovala, že rostliny dýchají celý den, jako v předchozí otázce, proto uváděli, že ve dne rostlina přijímá pouze oxid uhličitý, který využívá k procesu fotosyntézy. Rostliny však ve dne přijímají také kyslík, který dýchají. To samé platilo i o výdeji plyných látek do atmosféry. Žáci do této kolonky vyplňovali pouze kyslík, ale v procesu dýchání rostliny do atmosféry uvolňují i oxid uhličitý. Přijímané a uvolňované plynné látky do atmosféry během noci, dělал žákům menší problém. V tomto případě se jednalo o příjem kyslíku a výdej oxidu uhličitého. Tuto otázku, hlavně vyplnění této tabulky pro žáky považuju za velmi náročnou. Často žáci plyny prohazovali, jejich odpověď nebyla zcela kompletní nebo ke správnému plynu uvedli plyn chybný, jako například dusík. Fotosyntéza a dýchání patří dle zahraničních i českých studií k nejtěžším tématům v rámci přírodních věd. Žáci mají velké problémy s pochopením fotosyntetické výměny plynů, protože fotosyntéza je pouhým okem neviditelná a její průběh sena základní škole obtížně prokazuje (Ryplová, 2019).

Dle provedeného výzkumu se u otázky číslo osm výrazně nezlepšila žákovská úspěšnost. Z nasbíraných dat vyplývá, že většina žáků v pretestu i posttestu uvedla, že jediný proces, který využívá sluneční energii, je fotosyntéza. Avšak si již žáci nedokázali proces fotosyntézy spojit s procesem růstu či s výparem. V pretestu pouze sedm žáků ze 151 respondentů (4,64 %) bylo schopno vyhodnotit fotosyntézu a růst rostlin jako na sebe navazující proces, při kterých je využívána sluneční energie. V posttestu se úspěšnost zvýšila o 4,63 % na 17 žáků (9,27 %). Přestože to není významný rozdíl, animace v digitální učebnici pomohly alespoň některým žákům pochopit, že rostliny využívají sluneční energii k fotosyntéze a následně k růstu.

Otázka devět obsahovala sedm tvrzení, které žáci měli vyhodnotit správně či nesprávně. Pokud byli přesvědčeni, že je tvrzení správné, museli svůj výběr správně odůvodnit. Správná tvrzení obsahovala otázka č. 9 pouze čtyři. Dle odpovědí žáků lze tuto otázku zařadit mezi nejtěžší. Žáci často tuto otázku v pretestu i v posttestu vynechali

anebo si pouze tipnuli správnou odpověď bez následného odůvodnění. Nejčastější správnou odpověď, kterou žáci dokázali správně zvolit a odůvodnit, bylo tvrzení, že rostlinná biomasa snižuje hladinu oxidu uhličitého v atmosféře. Toto tvrzení bylo zřejmé, protože vyplývá ze samotné fotosyntézy. Žáci též věděli, že pokud se vykácí lesy, okolní klima se oteplí. Ve svých odpovědích často zmiňovali nedostatek stínu a více světla dopadajícího na zem. Na stromy v přírodě se dá pohlížet jako na „venkovní klimatizaci“ a to z několika důvodů. Díky regulaci teploty, vlhka a proudění větru stromy zajišťují ochlazení okolního prostředí, a navíc poskytují stín, který přispívá k poklesu místní teploty (Hrdoušek a Šíma, 2020). Největší miskoncepcí, která se objevila u otázky č. 9, je zadržování vody v krajině. Zde žáci ponejvíce tvrdili, že pokud se vykácí stromy v krajině, zbyde více vody, protože ji stromy nebudou odebírat. V pretestech se po použití digitální učebnice již objevovala správná odpověď a to, že voda doopravdy po vykácení stromů ubude. Zeleně společně se stromy zadržuje odtékající vodu. Ve vyprahlé půdě bez zeleně je absorpce vody velmi omezená, proto se při přívalových deštích voda nevsákne nýbrž je odtok vody větší a s tím je spojené i zvýšené riziko vzniku záplav. Navíc díky správné absorpci půdy se uchovává zásoba podzemní vody a evapotranspirace (Hrdoušek a Šíma, 2020).

Dle polostrukturovaného rozhovoru se třemi učiteli přírodopisu na základních školách v Jihočeském kraji lze usoudit, že využití digitální učebnice je velmi rozmanité. Shodují se na využití učebnice v hodinách výkladových i laboratorních. Využití digitální učebnice je možné v mezipředmětových vztazích napříč celým druhým stupněm základní školy, hlavně v předmětech jako je přírodopis, chemie, fyzika a zeměpis. Velký úspěch sklidily obrázky a animace, které se v učebnici vyskytují, avšak někteří učitelé by chtěli videa více interaktivní. Pokud by učebnice zůstala v tomto původním stavu, učitelé by spíše použili tuto platformu k doplňkovému studiu či k práci s textem. Shodují se na tom, že text je pro žáky velmi náročný na pochopení, protože je velmi dlouhý a obsahuje mnoho cizích a odborných slov, kterým žáci na základní škole nerozumí.

Cílem této diplomové práce bylo ověřit, zda použití digitálních technologií ve výuce má pozitivní vliv na odstranění miskoncepcí ve výuce přírodopisu. Výuka byla ovlivněna několika překážkami. První překážkou, kterou žáci i dotazovaní učitelé zmínili, byl velmi zdlouhavý a odborný text v digitální učebnici, který mohl způsobit čtenářské komplikace žáků v nepochopení textu. Druhá překážka se týkala propojenosti mezi předměty. McCright et al. (2013) ve své studii uvádějí, že žáci nejsou schopni propojovat

znalosti z různých předmětů, což jim neumožňuje pochopit složité děje v komplexním měřítku.

Výzkumná otázka číslo jedna se zabývala tím, jaké mají žáci v devátých ročnících vědomosti z tématu fotosyntézy suchozemských rostlin. Na základě tohoto výzkumu lze s jistotou konstatovat, že znalosti žáků z této problematiky jsou nedostatečné. Důvodem může být časté objevování miskoncepcí v přírodopisných učebnicích, encyklopediích i vzdělávacích webových stránkách či vyhýbáním se tématu z důvodu obtížnosti (Hershey, 2005).

V druhé položené výzkumné otázce tato studie prokázala, že pokud by se digitální učebnice zjednodušila či upravila, měla by daleko větší kladný a pozitivní vliv na žákovské porozumění procesu fotosyntézy. Žáci z digitální učebnice pochopili samotný proces fotosyntézy díky názorným videím, avšak neporozuměli dostatečně textu, který byl u videí napsán. Výsledky ale ukazují, že po provedené výuce pomocí digitální učebnice se znalosti žáků celkově zvýšily přibližně o 10 %.

Třetí výzkumná otázka se zabývala atraktivitou výuky s touto učebnicí pro žáky. Dle mediánu hodnotili tuto digitální technologii trojkou. Z toho vyplývá, že pro žáky je tato metoda nová a ještě neví, co od ní mohou a nemohou očekávat.

Tato diplomová práce je pouze prvotní pilotní sondou, proto v budoucnu nabízí další navazující výzkumy, které by mohly pomoci vylepšit navrženou digitální učebnici a přinést tak zpřesnění výsledků.

6 Závěr

Fotosyntéza je považován za jedno z nejtěžších přírodovědných témat na žákovské porozumění, hlavně kvůli velké míře abstrakce a nemožnosti ve školním prostředí přímo, jednoduše a názorně ukázat tento děj. Navíc se výuka fotosyntézy u většiny škol v ŠVP řadí již do šestého ročníku, kde žáci nemohou mít dostatečné znalosti z chemie a nedokáží si tak chemické reakce probíhající ve fotosyntéze představit.

Díky dotazníkovému šetření bylo ověřeno, že provedená výuka pomocí digitálních technologií (přesněji digitální výukové učebnice) by časem mohla zvyšovat znalosti žáků devátých ročníků základních škol a víceletých gymnázií o dané problematice fotosyntézy a jejích souvislostech.

Pomocí metody pretestů a posttestů byly porovnány znalosti 151 žáků před výukou s interaktivní učebnicí a po ní. Výsledky ukazují, že po provedené výuce pomocí digitálních technologií, se celkové znalosti žáků zvýšily přibližně o 10 %, v průměru o 1,79 bodu. Data nasbírané na škálovém hodnocení v posttestu poukazují na to, že různé moderní metody a digitální technologie ve výuce pro žáky zvyšují atraktivitu a mohly by pomoci ke zvýšení obliby nejen botanických témat.

Odhaleny byly také některé žákovské miskoncepce, jako je například žákovský předpoklad, že během fotosyntézy vzniká kyslík pro živočichy. Vznik biomasy žáci nepředpokládali vůbec. Dále žáci nechápou a mají mylné představy o výměně plynů během fotosyntézy a dýchání. Poslední mylnou představou, kterou žáci často zmiňovali je ta, že rostliny dýchají pouze v noci.

Dle dotazovaných učitelů by měla mít digitální učebnice příznivý vliv na jejich výuku. Použití učebnice je vhodné nejenom k doplnění výkladu o animace a videa, ale dá se použít i v ostatních předmětech napříč celým druhým stupněm.

Diplomová práce tak poskytla první testování navržené interaktivní digitální učebnice. Bude potřeba ještě obsírnějšího šetření ke zjištění její efektivity na porozumění procesu fotosyntézy pro žáky základních škol.

7 Seznam literatury

- Amprazis, A., Papadopoulou, P. (2020). *Plant blindness: a faddish research interest or a substantive impediment to achieve sustainable development goals?* Environmental Education Research, 1-24.
- Atwell, B. J., Kriedemann, P. E., Turnbull, C. G. (1999). *Plants in Action: Adaptation in Nature, Performance in Cultivation*. South Yarra: Macmillan Education Australia.
- Celjak, I. (2008). *Biomasa je nezbytná součást lidského života*. Biom.cz [cit. 2023-06-18]. Dostupné online z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>
- Cimer, A. (2012). *What makes biology learning difficult and effective: Students' views*. Educational Research and Reviews, 7(3), 61-71.
- Čapková, Petra. (2018). *Digitální a informační technologie v českém školství*. Medium. [cit. 2021-04-02]. Dostupné online z: <https://medium.com/edtech-kisk/digit%C3%A1ln%C3%AD-a-informa%C4%8Dn%C3%AD-technologie-v-%C4%8Desk%C3%A9m-%C5%A1kolstv%C3%AD-d9d51d2ecca4>
- Čáp, J., Mareš, J. (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha: Portál.
- Černochová, M., Komrska, T., Novák, J. (1998). *Využití počítače při vyučování: náměty pro práci dětí s počítačem*. Portál.
- Černý, M., Hostašová, Z., Hošek, S., Chalupník, R., Chytková, D., Indráková, M., Kovářová, P., Marek, T., Mazáčová, P., Nosková, H., Opletal, S., Průša, T., Slezáková, N., Sugar, I., Trávníčková, S., (2015). *Tablet ve školní praxi*. Flow
- Činčara, J., Štindl, P., Bílek, M., Králíček, I., Loudová, I., Machková, V., Musílek, M., Švercová E., Vízek, L. (2019). *Interdisciplinární přístup: metodický text pro studenty učitelství*. Hradec Králové: Gaudeamus.
- Čipková, E., Karolčík, Š. (2017). *Korekcia miskoncepcií žiakov o fotosyntéze a dýchaní rastlín prostredníctvom bádateľsky orientovaného vyučovania*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislavě, Přírodovědecká fakulta: Biologie, chemie, zeměpis, 24-34.

Dofková, R. (2017). *Připravenost budoucích učitelů pro používání digitálních technologií ve výuce matematiky*. South Bohemia Mathematical Letters, 9-16.

Dostál, J. (2011). *Výukové programy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Dostál, J. (2009). *Interaktivní tabule ve výuce*. Journal of Technology and Information education, vol. 1, iss 3, 11-16

Ekici, F., Ekici, E., Fatih, A. (2007). *Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis*. International Journal of Environmental and Science Education(4), 111-124.

Ellison D., Morris C. E., Locatelli B., Sheil D., Cohen J., Murdiyarto D., Gutierrez V., Noordwijk van Meine., Creed I. F., Pokorný J., Gaveau D., Spracklen D. V., Tobella A. B., Ilstedt U., Teuling A. J., Gebrehiwot S. G., Sands D. C., Muys B., Verbist B., Springgay E., Sugandi Y., Sullivan C. A. (2017) *Trees, forests and water: Cool insights for a hot world*. Elsevier: Global Environmental Change: ScienceDirect. 43 51-61.

EU, (2019). *Zelená dohoda pro Evropu*. Brusel, Evropská komise, [cit. 10. 6. 2023], dostupné online z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

Fryč J., Matušková Z., Katzová P., Kovář K., Beran J., Valachová I., Seifert L., Běťáková M., Hrdlička F. (2020). *Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2030+*. Praha, Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Hershey, D. R. (2006). *Avoid Misconceptions When Teaching about Plants*. California Journal of Science Education. [cit. 2023-06-5]. Dostupné online z: https://www.thevespiary.org/library/Files_Uploaded_by_Users/llamabox/Botany/Avoid%20Misconceptions%20When%20Teaching%20about%20Plants%20by%20David%20R.%20H...pdf

Holec, J. (2020). *Možnosti uplatnění digitálních technologií ve výuce přírodopisu*. Metodický portál RVP ZV. [cit. 2023-06-18] Dostupné online z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/22430/moznosti-uplatneni-digitalnich-technologiei-ve-vyuce-prirodopisu.html>

Hrdoušek, V., Šíma, J. (2020) *Klimatický strom: jak stromy přispívají k lepšímu klimatu*. Jindřichův Hradec: RAIN.

- Hudák, J. (2010). *Chloroplasty: zelené organely*. Živa, 107-109.
- Jose, S. B., Chih-Hang, W., Kamoun, S. (2019). *Overcoming plant blindness in science, education, and society*. Plants People Planet, 169-172.
- Kalaš, I. (2013). *Premeny školy v digitálnom veku*. Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- Keleş, E., Kefeli, P. (2010). *Determination of student misconceptions in „photosynthesis and respiration“ unit and correcting them with the help of cai material*. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 3111-3118.
- Kincl, L., Kincl, M., Jakrlová, J. (2006). *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií*. Fortuna.
- Kincl, M., Krpeš, V. (2006). *Základy fyziologie rostlin*. Václav Krpeš.
- Kovaříková, L. (2019). *Chyby při využívání technologií ve výuce*. Metodický portál RVP ZV. [cit. 2023-06-20] Dostupné online z: <https://spomocnik.rvp.cz/clanek/22252/CHYBY-PRI-VYUZIVANI-TECHNOLOGII-VE-VYUCE.html>
- Kubát, K. (2003). *Botanika*. Scientia.
- Kubát, K., Kalina, T., Kováč, J., Kubátová, D., Prach, K., Urban, Z. (1998). *Botanika*. Scientia.
- Lambers, H., Chapin, S. F., Pons, T. L. (1998). *Plant Physiological Ecology*. New York: Spúringer.
- Larcher, W. (1995). *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Springer.
- Linhartová, V., Půža, M. (2016). *Interaktivní tabule*. In: *Vzájemným učením – cool pedagog 21. století*. [cit. 2023-06-27]. Dostupné online z: <https://digifolio.rvp.cz/artefact/file/download.php?file=73559&view=11605>
- Luštinec, J., Žárský, V. (2003). *Úvod do fyziologie vyšších rostlin*. Karolinum.
- Marmaroti P., Galanopoulou D. (2006). *Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects*. International Journal of Science education, 28, 383-403.

- Martin, W., Rujan, T., Richly, E., Hansen, A., Cornelsen, S., Lins, T., Penny, D. (2002). *Evolutionary analysis of Arabidopsis, cyanobacterial, and chloroplast genomes reveals plastid phylogeny and thousands of cyanobacterial genes in the nucleus*. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 99(19): 12246-51.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Secon edition). Cambridge University Press.
- McCright A. M., O'Shea B. W., Sweeder R. D., Urquhart G. R., Zeleke A., (2013). *Promoting interdisciplinarity through climate change education*. *Nature climate change* 3. [cit. 20. 5. 2023] Dostupné online z: www.nature.com/natureclimatechange
- Millerová, K. (2020). *Generace X, Y nebo Z? Kam patříte vy? (2. díl)*. Dostupné online z: <https://chcpracovat.info/generace-x-y-nebo-z-kam-patrite-vy-2-dil/>
- Neumajer, O., Rohlíková, L. Z. (2015). *Učíme se s tabletem - využití mobilních technologií ve vzdělávání*. Praha: Wolters Kluwer, a.s., .
- Novák, J., Skalický, M. (2008). *Botanika: Cytologie, histologie, organologie, systematologie*. Powerprint.
- Özay, E., Oztas, H. (2003). *Secondary Students' Interpretations of Photosynthesis and Plant Nutrition*. *Journal of Biological Education*, 68-70.
- Papáček, M. (2010). *Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?* *Scientia in educatione*, 33-49.
- Pavlátová, V. (2019). *Dětská pojetí vybraných environmentálních fenoménů u žáků I. a 2. stupně základní školy*. Ústí nad Labem: Envigogika.
- Pavlátová, V., Kroufek, R. (2018). *Pohled učitelů na obtížnost vybraných enviromentálních fenoménů v učebnicích pro základní školy*. *Scientia in educatione*, 9(2), 57-79.
- Pavlová, L. (2005). *Fyziologie rostlin*. Karolinum.
- Pokorný J. (2014). *Hospodaření s vodou v krajině – hospodaření ekosystémů*. Ústí nad Labem, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J., Gloser, J., Havel, V. (1998). *Fyziologie rostlin*. Academia.

Prokop, P., Prokop, M., Tunnicliffe, S. D. (2010). *Is biology boring? Student attitudes toward biology*. Journal of biological education, 36-39.

Pšenčík, J. (2018). *Proč je důležité studovat fotosyntézu?* Načteno z Department of Chemical Physics and Optics, Karlova Univerzita: [cit. 27.5. 2023]. Dostupné online z: <https://physics.mff.cuni.cz/kchfo/oos/jakub/uvod.htm>

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Praha: MŠMT. (2021) [cit. 26. 5. 2023]. Dostupné online z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>

Rodríguez, J. R., Bruillard, E., Horsley, M. (2015). *Digital Textbooks, What's New?* Universidade de Santiago de Compostela

Rokos, L., Pokorná, V., Petr, J. (2019). *Kritická místa ve výuce přírodovědy, přírodopisu a biologie*. In A. Nohavová a I. Stuchlíková (Eds.), *Kritická místa kurikula ve vybraných vzdělávacích oborech*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.

Rusek, M. (2018). *Digitální technologie a výuka přírodních věd – na co se zaměřuje světový výzkum*. Metodický portál RVP ZV. [cit. 2023-06-19] Dostupné online z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/21735/digitalni-technologie-a-vyuka-prirodnich-ved-na-co-se-zameruje-svetovy-vyzkum.html>

Rusek, M. (2011). *Mobilní telefony LEGÁLNĚ ve výuce*. Metodický portál RVP ZV. [cit. 2023-06-27] Dostupné online z: <https://spomocnik.rvp.cz/clanek/13413/mobilni-telefony-legalne-ve-vyuce.html>

Růžička, E. (2008). *Dataprojektor a jeho využití ve výuce*. Trendy ve vzdělávání 2008, Edukační technologie a inovace technického vzdělávání. 222-225

Ryplová, R. (2014). *Fyziologie rostlin: Skriptum pro studující Učitelství přírodopisu pro 2. stupeň ZŠ*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Ryplová, R. (2019). *Možné příčiny "plant blindness" v českém přírodovědném kurikulu*. [cit. 2023-06-18] Dostupné online z: https://www.researchgate.net/publication/331374894_Mozne_priciny_plant_blindness_v_ceskem_prirodovednem_kurikulu

- Ryplová, R., Pokorný, J., & Hotařová, N. (2020). *Jak a proč učit o distribuci sluneční energie v krajině: využití termovize a dalších digitálních technologií v rámci inovace výuky přírodopisu na ZŠ*. In: Klement M., Šaloun P., Dostál J., Sedláček M., Částková P., Basler J. (eds.): *Trendy ve vzdělávání 2020: Sborník abstraktů mezinárodní konference*, Olomouc, 43 s.
- Sirková, Z., Václavík, M., Červenková, I. (2019). *Užívání tištěných a digitálních zdrojů v práci učitelů 2. stupně ZŠ: hybridizace a remixování*. *Studia paedagogica*, vol. 24, n. 3, 111-129
- Slavíková, Z. (2002). *Morfologie rostlin*. Karolinum.
- Södervik I., Virtanen V., Mikkilä-Erdmann M. (2015). *Challenges in Undersnading Photosynthesis in a University Introductory Biosciences Class*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 733-750.
- Svandova, K. (2014). *Secondary School Students' Mischonceptions about Photosynthesis and Plant Respiration: Preliminary Results*. *Eurasia Journal of Mathematics*. Science and Technology Education, Masarykova Univerzita, Česká republika, 59-67.
- Šebánek, J. (1983). *Fyziologie rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství.
- Šindelář, J. (2019). *Vlastní dotykové zařízení ve škole*. Metodický portál RVP ZV. [cit. 2023-06-27] Dostupné online z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/21925/VLASTNI-DOTYKOVE-ZARIZENI-VE-SKOLE.html>
- Špička, J. (2004). *Biochemie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
- Tomášková, I., Kubásek, J. (2016). *Fyziologie lesích dřevin I.: Fyziologie, produkce a stresy rostlin*. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Vágnerová, P., Benediktová, L., Kout, J. (2018). *Kritická místa ve výuce přírodopisu na základní škole*. *Arnica* 8(1), 56-62.
- Vágnerová, P., Benediktová, L., Kout, J. (2019). *Kritická místa ve výuce přírodopisu - jejich identifikace a příčiny*. Západočeská univerzita v Plzni. *Arnica* 9(1), 39-50.

Veřmiřovský, J., Veřminovská, M. (2014). *Průzkum vyučování mobilních technologií se zaměřením na tablety ve výuce na základních školách v Moravskoslezském kraji*. Trendy ve vzdělávání 2014: Informační a komunikační technologie ve vzdělávání. 279-281

Vondrážka, Z. (1993). *Biochemie*. Academia.

Wandersee, J. H., Schussler, E. E. (1999). *Preventing Plant Blindness*. The American Biology Teacher, 82-86.

Závodská, R. (2006). *Biologie buněk: Základy cytologie, bakteriologie, virologie*. Scientia.

Zehnálek, J. (2001). *Biochemie*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Zounek, J., Juháňák, L., Staudková, H., Poláček, J. (2016). *E-learning: učení (se) s digitálními technologiemi: kniha s online podporou*. Praha: Wolters Kluwer

8 Přílohy

8.1 Seznam příloh

Příloha 1: Pretest aplikovaný před výukou s digitální učebnicí na téma fotosyntéza

Příloha 2: Posttest aplikovaný po výuce s digitální učebnicí na téma fotosyntéza

Dotazník k testování digitální učebnice fotosyntézy

Pohlaví: chlapec dívka

Věk:let

1. Co je to rostlinná biomasa?

2. Odkud pochází energie, která je v biomase skryta, a jakým způsobem se do rostlin dostává?

3. Jaké látky vznikají při fotosyntéze?

.....
.....

4. Proč jsou rostliny označovány jako „producenti“?

5. Srovnej výživu rostlin a výživu živočichů – doplň následující věty:

Živočiškové získávají organické látky ke svému růstu z

.....

Rostliny získávají organické látky ke svému růstu z

.....

6. Dýchají rostliny během celého dne nebo jen v určitých obdobích dne? (uvažuj den jako 24 hodin)

.....

7. Do následující tabulky doplňte, jaké plynné látky rostliny přijímají z atmosféry a jaké do ní uvolňují ve dne a jaké v noci?

	Ve dne	V noci
Jaké plynné látky přijímají rostliny z atmosféry		
Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry		

8. K jakým procesům využívají suchozemské rostliny sluneční energii?

9. Vegetace v krajině je tvořena rostlinnou biomasou. Z následujícího seznamu vyber ta tvrzení, která považuješ za pravdivá a svůj výběr odůvodni

- a) Tvorbou rostlinné biomasy se snižuje hladina CO₂ v atmosféře.

Vysvětli:

.....
.....

- b) Tvorbou rostlinné biomasy se zvyšuje hladina CO₂ v atmosféře.

Vysvětli:

.....
.....

- c) Když odstraníme biomasu z velké plochy, např. sklídíme pole a znovu nezasejeme, může to vést ke ztrátě živin z půdy.

Vysvětli:

.....
.....

- d) Když odstraníme biomasu z velké plochy, např. sklídíme pole a znovu nezasejeme, ušetříme mnoho živin v půdě.

Vysvětli:

.....
.....

- e) Když pokácíme les na velké ploše, v krajině zbyde více vody.

Vysvětli:

.....
.....

- f) Když pokácíme les na velké ploše, v krajině ubyde voda.

Vysvětli:

.....
.....

- g) Když pokácíme les na velké ploše, místní klima se oteplí.

Vysvětli:

.....
.....

Výzkum probíhá v rámci projektu TL 05000150: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině. Projekt je řešen s podporou TAČR.

Dotazník k testování digitální učebnice fotosyntézy

Pohlaví: chlapec dívka

Věk:let

1. Co je to rostlinná biomasa?

2. Odkud pochází energie, která je v biomase skryta, a jakým způsobem se do rostlin dostává?

3. Jaké látky vznikají při fotosyntéze?

.....
.....

4. Proč jsou rostliny označovány jako „producenti“?

5. Srovnej výživu rostlin a výživu živočichů – doplň následující věty:

Živočichové získávají organické látky ke svému růstu z

.....

Rostliny získávají organické látky ke svému růstu z

.....

6. Dýchají rostliny během celého dne nebo jen v určitých obdobích dne? (uvažuj den jako 24 hodin)

.....

7. Do následující tabulky doplňte, jaké plynné látky rostliny přijímají z atmosféry a jaké do ní uvolňují ve dne a jaké v noci?

	Ve dne	V noci
Jaké plynné látky přijímají rostliny z atmosféry		
Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry		

8. K jakým procesům využívají suchozemské rostliny sluneční energii?

9. Vegetace v krajině je tvořena rostlinnou biomasou. Z následujícího seznamu vyber ta tvrzení, která považuješ za pravdivá a svůj výběr odůvodni

- a) Tvorbou rostlinné biomasy se snižuje hladina CO₂ v atmosféře.

Vysvětli:

.....
.....

- b) Tvorbou rostlinné biomasy se zvyšuje hladina CO₂ v atmosféře.

Vysvětli:

.....
.....

- c) Když odstraníme biomasu z velké plochy, např. sklídíme pole a znovu nezasejeme, může to vést ke ztrátě živin z půdy.

Vysvětli:

.....
.....

- d) Když odstraníme biomasu z velké plochy, např. sklídíme pole a znovu nezasejeme, ušetříme mnoho živin v půdě.

Vysvětli:

.....
.....

- e) Když pokácíme les na velké ploše, v krajině zbyde více vody.

Vysvětli:

.....
.....

- f) Když pokácíme les na velké ploše, v krajině ubyde voda.

Vysvětli:

.....
.....

- g) Když pokácíme les na velké ploše, místní klima se oteplí.

Vysvětli:

.....
.....

10. Jak se ti líbila výuka o fotosyntéze pomocí interaktivní učebnice?

zaškrtni stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje Tvůj názor (známkuj jako ve škole, 1= velmi se mi líbila, 5= vůbec se mi nelíbila)

Velmi se mi líbila	1	2	3	4	5	Vůbec se mi nelíbila
--------------------	---	---	---	---	---	----------------------

11. Co se ti líbilo nejvíce?

.....

12. Co se ti nelíbilo?

.....

13. Chtěl/a by ses podobným způsobem učit častěji?

zaškrtni stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje Tvůj názor (známkuj jako ve škole, 1=Ano častěji, 5= Vůbec ne)

Určitě ano	1	2	3	4	5	Vůbec ne
------------	---	---	---	---	---	----------

Výzkum probíhá v rámci projektu TL 05000150: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině. Projekt je řešen s podporou TAČR.