

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Srovnání badatelských a tradičních laboratorních úloh ve výuce genetiky na gymnáziu

Diplomová práce

Vypracovala: Bc. Zuzana Obrdlíková
Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Rokos, Ph.D.
(Pedagogická fakulta JU – katedra biologie)

České Budějovice 2021

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce, Mgr. Lukáši Rokosovi, Ph.D., za pomoc, rady a připomínky. Také děkuji zúčastněným učitelům a žákům za jejich čas a ochotu. Dále panu doc. RNDr. Tomáši Ditrichovi, Ph.D. a Mgr. Matěji Novákovi za odbornou pomoc. V neposlední řadě děkuji rodině a přátelům za podporu během celého studia.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 23. 11. 2021



Zuzana Obrdlíková

ABSTRAKT

Obrdlíková, Z., 2021: Srovnání badatelských a tradičních laboratorních úloh ve výuce genetiky na gymnáziu [The comparison of inquiry and cookbook laboratory tasks in Genetics lesson at grammar school. Mgr. Thesis, in Czech] – 77 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Badatelsky orientovaná výuka patří mezi aktivizující metody vyučování, kdy se pozornost přenáší na žáky a podporuje se aktivita žáků. Vyučování bádáním vede k rozvoji kladného vztahu k předmětu, to je vzhledem k poklesu zájmu o přírodovědné předměty žádoucí. Tato výuková metoda přispívá k rozvoji badatelských dovedností, ale i k samostatnosti, spolupráci, zodpovědnosti a plánování práce.

Tato diplomová práce se zabývá srovnáním efektivity výuky s badatelskými prvky a tradiční výuky ve výuce genetiky. Výzkumu se zúčastnilo celkem 46 žáků ze dvou gymnázií na Vysočině. Žáci byli rozděleni do experimentální skupiny, vypracovávající pracovní listy s úlohami obsahující badatelské prvky, a kontrolní skupinu, která pracovala s listy obsahujícími tradičně koncipované úlohy bez prvků bádání. Výzkumným nástrojem byl pre-test a post-test, na jejichž základě bylo porovnáváno bodové zlepšení v post-testu experimentální skupiny oproti kontrolní skupině u žáků z jednotlivých gymnázií. Pro statistické vyhodnocení byl využit test hierarchická ANOVA. Výsledky výzkumu neukazují signifikantní vliv badatelské výuky na osvojení si nových informací. Po vypracování pracovních listů došlo ke statisticky významnému bodovému zlepšení u obou skupin.

ABSTRACT

Inquiry-based education is one of the activating teaching methods, where the attention is transferred to students and student's activity is supported. Teaching by inquiry leads to the development of a positive attitude towards the subject, which is desirable due to the decline of interest in science subjects. This teaching method contributes to the development of research skills, but also to independence, cooperation, responsibility and work planning.

This diploma thesis deals with the comparison of the effectiveness of inquiry and traditional teaching in the teaching of genetics. A total of 46 pupils from two grammar schools in Vysočina region took part in the research. Pupils were divided into 2 groups – an experimental group, working on worksheets with tasks including inquiry elements, and a control group, working with worksheets containing traditionally designed tasks without inquiry elements. Data for research were obtained by using pre-test and post-test. On its basis the improvement in the post-test of the experimental group was compared to the improvement of the control group of pupils from individual grammar schools. Hierarchical ANOVA test was used for statistic evaluation. The results of the research do not show a significant influence of inquiry-based teaching on the acquisition of new information. On the other hand, a statistically significant effect was confirmed in the teaching activity, elaboration of worksheets.

OBSAH

1. ÚVOD.....	8
2. (NE)ZÁJEM O PŘÍRODNÍ VĚDY.....	9
2.1. Postoj žáků k přírodním vědám.....	9
2.2. Motivace.....	10
2.3. Šetření PISA	11
2.4. Šetření TIMSS	12
3. BADATELSKY ORIENTO VANÁ VÝUKA	14
3.1. Historie badatelsky orientované výuky.....	14
3.2. Vymezení pojmu badatelsky orientovaná výuka	14
3.3. Badatelsky orientovaná výuka v České republice	15
3.4. Průběh a úrovně bádání.....	17
3.5. Výhody a nevýhody badatelsky orientované výuky.....	20
3.6. Efektivita badatelské výuky.....	21
3.7. Konstruktivistické a transmisivní pojetí výuky	21
3.8. Role učitele při BOV	22
3.9. Role žáka při BOV	23
3.10. Kompetence učitele pro BOV.....	23
4. KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY.....	26
4.1. RVP pro gymnázia – genetik.....	26
5. METODIKA.....	28
5.1. Výzkumný vzorek	28
5.2. Sběr dat	28
5.3. Pre-test, post-test a pracovní listy	29
5.4. Analýza dat.....	31
6. VÝSLEDKY.....	32
7. DISKUZE.....	36

8. ZÁVĚR	39
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
10. PŘÍLOHY.....	50

1. ÚVOD

Téma práce jsem si zvolila kvůli svému zájmu o vyučovací metody a jejich zavádění do vyučovacích hodin. Již na gymnáziu jsem si vytvořila kladný vztah k učivu genetiky, studium na vysoké škole ho ještě prohloubilo. Proto jsem si vybrala téma zaměřené na badatelské vyučování v hodinách genetiky. Zájem o přírodovědné předměty celosvětově klesá (Blažek et al., 2019). Často bývá důvodem malé využití učiva v praxi nebo nevhodná výuková metoda. I proto je badatelská výuka považována za pozitivní změnu (Radvanová et al., 2018). Vytvořené pracovní listy pro diplomovou práci přibližují žákům základní témata v genetice zábavnější formou, témata byla vybrána v souladu s Rámcově vzdělávacím programem pro gymnaziální vzdělávání.

Cílem diplomové práce je zjistit, zda je z hlediska osvojených znalostí výuka s badatelskými prvky efektivnější než výuka tradiční. Hodiny budou připravené na téma dědičnost krve, gonozomální dědičnost, a posledním tématem bude genetika populací. Vzhledem k zaměření na učivo genetiky bude výzkum prováděn ve čtvrtých ročnících na gymnáziích.

2. (NE)ZÁJEM O PŘÍRODNÍ VĚDY

2.1. Postoj žáků k přírodním vědám

Dříve byl důraz kladen spíše na jiné předměty než ty přírodovědné, a tak zájem žáků¹ o přírodní vědy v České republice i v jiných zemích klesal (Blažek et al., 2019; Vlčková & Kubiátko, 2014; White Wolf Consulting, 2009). Ale i přírodní vědy jsou pro společnost důležité. Zabývají se problémy, které ji posouvají dále a rozvíjí ji (Vlčková & Kubiátko, 2014). Nedostatek odborníků v přírodních oborech by mohl vést ke snížení rychlosti růstu evropské ekonomiky a životní úrovně (Březina, 2010). Aby se tak nestalo, je potřeba zabývat se poklesem zájmu a podporovat nárůst absolventů přírodních věd (OECD, 2016). Pokud žáci na základních školách nezískají pozitivní přístup k přírodopisu, je pravděpodobné, že si biologii nezvolí jako obor jejich dalšího vzdělávání (Vlčková & Kubiátko, 2014). Ze států OECD mělo zájem studovat přírodní vědy po dokončení střední školy 31 % žáků, v České republice to bylo jen 17 % žáků (Mandíková, 2009).

Koršňáková (2005) tvrdí, že přírodovědné předměty neměli dostatek využití v každodenní praxi a byly odtrženy od reálného života. To potvrdil i výzkum Prokopa, Tuncera a Chudé (2007), žáci chápali biologii jako důležitou, ale nedokázali převést naučené poznatky do běžného života. Také přibývají stále nové poznatky, to vede k posunu učiva z praktické roviny do teoretické. Učivo je pro žáky často abstraktní, a dochází tak k mechanickému pamatování pojmů bez pochopení souvislostí, což zvyšuje náročnost učiva a snížení zájmu (Čížková, 2006; Škoda & Doulík 2009). Dalším důvodem nezájmu o přírodní vědy je způsob výuky těchto předmětů. Proto je BOV považována za pozitivní změnu, zejména v přírodních vědách (Radvanová et al., 2018).

Z výzkumů vyplývá, že starší žáci mají negativnější postoj k přírodním vědám než mladší. Například Vlčková a Kubiátko (2014) uvádí, že největší zájem o přírodopis měli žáci šestých tříd, naopak nejmenší žáci devátých tříd (Vlčková & Kubiátko 2014).

¹ Pojmem „žák“ rozumíme žáka základní a střední školy do 19 let (dle RVP ZV (2007) – rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání a RVP G (2007) – rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání).

Podobnou informaci zmiňuje i zpráva White Wolf Consulting (2009), kde se uvádí, že žáci středních škol mají odmítavější postoj k přírodním vědám než žáci na základní škole (White Wolf Consulting, 2009). I přesto je považují za zajímavé a perspektivní. Podle výzkumu PISA z roku 2018 mají čeští žáci velké množství znalostí z přírodních věd. Problémem pro žáky je formulace a návrh postupu k ověření hypotéz, prezentace zjištěných dat a vyvození závěrů (Blažek et al. 2019; OECD, 2019).

2.2. Motivace

Pojem motivace nemá v psychologii jednotný význam (Křeménková & Novotný, 2010). Jedná se o hypotetický konstrukt, to znamená, že motivace není hmatatelná (Lokša & Lokšová, 1999). Je vyvozen na základě pozorování určitého chování, které vedlo k dosažení cílů s vynaložením úsilí a zároveň prožíváním touhy a chtění (Nakonečný, 2014). Mrkvička (1971, str. 13) uvádí definici převzatou od P. T. Younga, kdy „*motivace je procesem vzbuzení nebo podnícení chování, udržení činnosti v běhu a jejího usměrňování*

do určité dráhy.“ Často se setkáváme s rozdělením motivace na vnitřní a vnější, ale podle Čapka (2014) je vnitřní motivace od vnější těžko rozeznatelná. Navíc pro pedagoga by nemělo být důležité, o jakou motivaci se jedná, ale jestli funguje (Čapek, 2014).

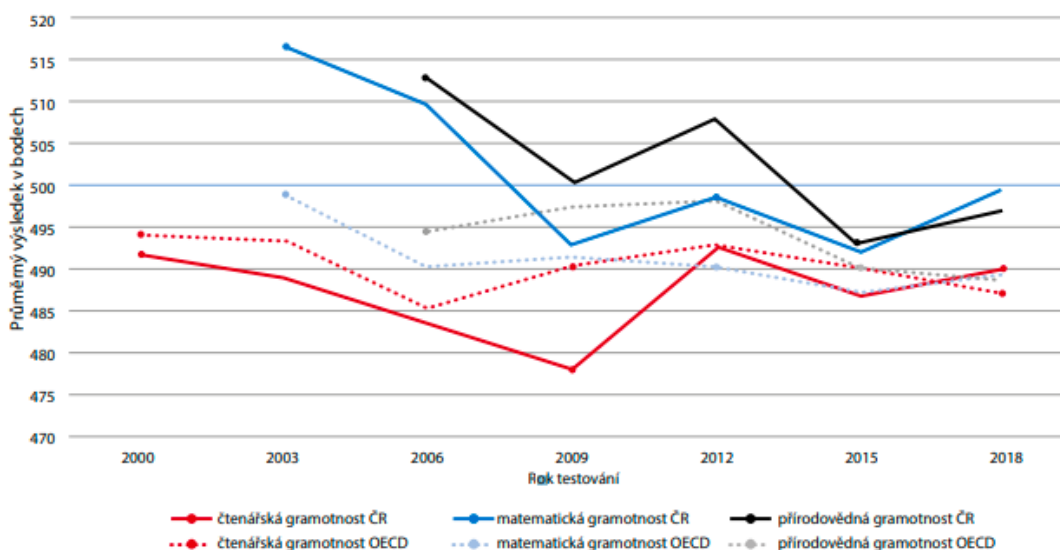
Motivace je ve výchovně vzdělávacím procesu velmi důležitá a je předpokladem k rozvoji potřeb a zájmů (Podroužek & Vágnerová, 2016; Škoda & Doulík, 2009). Na motivaci k učení má vliv vývojový stupeň žáků a učitelův vyučovací styl. Pozitivně na ni působí nové situace, aktivní zapojení žáků a jejich úspěch, souvislost s již získanými zkušenostmi a využití v praxi (Krejčová, 2011; Sýkora, 2003). K posílení motivace v přírodních vědách dále slouží zařazení exkurzí, praktických cvičení, bádání a pokusů (Škoda & Doulík, 2009; Sellmann & Bogner, 2012; Pavelková, 2002). Aby žáky přírodní vědy bavily, je důležité je seznámit s bádáním již na prvním stupni základní školy a probudit v nich tak jejich vnitřní zvědavost (O'Connell, 2014). Žáci, kteří mají své záliby spojené s přírodou, jsou v přírodovědných předmětech více motivovaní. Proto je vhodné, aby výuka zasahovala i do volného času a běžného života.

Důležitá je taky správná volba vyučovací metody a organizační formy výuky (Prokop et al. 2007; Lindner, 2014).

2.3. Šetření PISA

Mezinárodní testování PISA (*Programme for International Student Assessment*) je program Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD). Zjišťuje se čtenářská, matematická a přírodovědná gramotnost u patnáctiletých žáků. Testování probíhá ve tříletých cyklech a jedna z gramotností je vždy hlavní, zbylé dvě vedlejší. V České republice proběhlo první testování v roce 2000, z přírodovědné gramotnosti jsou ale první spolehlivá data až z roku 2006 (Blažek et al., 2019).

Nejnovější šetření proběhlo v roce 2018. Přírodovědná gramotnost byla hlavní oblastí v roce 2015 a výsledek českých žáků byl průměrný (Blažek et al., 2019). Od roku 2009 nedochází k velkým rozdílům mezi jednotlivými roky. Kromě roku 2015 dosáhli čeští žáci statisticky lepších výsledků v porovnání s průměrem států OECD. Česko dosáhlo i v roce 2018 lepších výsledků, než je průměr. V porovnání s předchozími lety, ale v České republice dochází ke stagnaci až mírnému poklesu úrovně přírodovědné gramotnosti (Obr. č. 1) (Blažek et al., 2019).



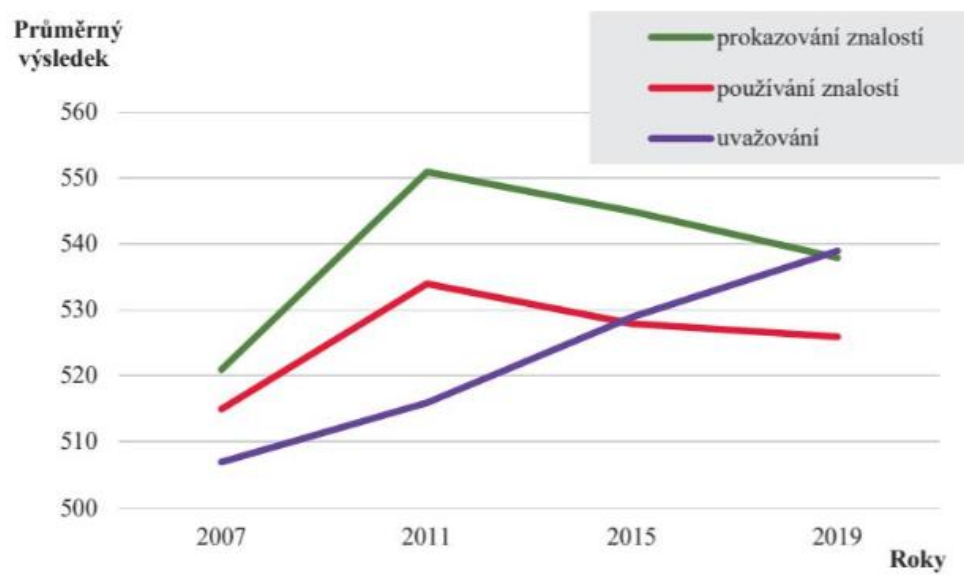
Obr. č. 1.: Porovnání výsledků českých žáků a průměru OECD od roku 2000; PISA 2018 (Blažek et al., 2019, str. 36).

2.4. Šetření TIMSS

TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) je mezinárodní srovnávací studie, pod záštitou Mezinárodní asociace pro hodnocení výsledků vzdělávání (*The International Association for the Evaluation of Educational Achievement – IEA*). Zjišťuje matematické a přírodovědné znalosti a dovednosti u devítiletých a třináctiletých žáků. Právě matematické a přírodovědné znalosti patří mezi klíčové vzdělávací oblasti, proto je snaha tyto znalosti pravidelně zjišťovat na národní i mezinárodní úrovni. Testuje se pravidelně ve čtyřletých cyklech, díky tomu je možné sledovat vývoj v čase. V České republice proběhlo šetření v letech 1995, 1999, 2007, 2011, 2015 a 2019. Jednalo se o první mezinárodní šetření, do kterého se Česká republika zapojila (Tomášek et al., 2020; Česká školní inspekce, 2019).

Poslední šetření proběhlo v roce 2019, zúčastnilo se ho asi 6000 žáků z 211 základních škol (Česká školní inspekce, 2019). V České republice se zapojili pouze žáci 4. ročníků. Žáci českých škol dosáhli nadprůměrných výsledků v matematice i přírodních vědách. V roce 2007 byly výsledky u českých žáků na nižší úrovni. Od roku 2007 ale došlo ke zlepšení v dovednostních i vědomostních částech. V roce 2015, kdy byly v ČR naposledy testovány obě věkové kategorie, dosáhli žáci nadprůměrných výsledků. Velice dobře si vedli při prokazování znalostí. Při používání znalostí a v uvažování měli výsledky horší (Obr. č. 2) (Tomášek et al., 2016; Tomášek et al. 2020).

(TIMSS 2019 – přírodověda, 4. ročník)



Obr. č. 2: Změna výsledků českých žáků v okruzích dovedností od roku 2007 (Tomášek et al. 2020, str. 19)

3. BADATELSKY ORIENTO VANÁ VÝUKA

Badatelsky orientovaná výuka (BOV) je aktivizující metoda využívaná nejčastěji k pochopení problematických oblastí učiva. Hlavním cílem je aktivní zapojení žáků do výuky (Ernst et al. 2017). Bádání má žákům přinést nové poznatky, ale také pochopit povahu vědy, osvojit si nové pojmy i metody výzkumu a rozvíjet kritické myšlení (O'Connell, 2014). Badatelské vyučování nemusí být vždy založeno na praktických pokusech a experimentech, i když je to účinnější cesta k poznání reality (Barvíková et al., 2019; Petr, 2014).

3.1. Historie badatelsky orientované výuky

Vyučování bádáním se ve světě používá už dlouho. Podle Stuchlíkové (2010) za bádání můžeme považovat už Sokratovský dialog – cílem je znejistit tazatele, přimět ho přemýšlet. Pojem „inquiry – based“ se začal používat ve světě na počátku 20. století, netrvalo dlouho a jeho překlad, vyučování bádáním, objevování nebo hledání pravdy, se objevil i v české literatuře (Mareš & Gavora, 1999; Patočka 1991; Riga, et al. 2017). Nicméně v české literatuře se, spíše než pojem bádání, využívaly pojmy jako řešení problémů, heuristická metoda, kritické myšlení – to však plně nevystihuje vše, co vyjadřuje pojem bádání (Stuchlíková, 2010). Česká pedagogika dříve řešila spíše málo propojené části BOV, než aby se zabývala celkem. Nejdéle se BOV věnují v USA a Velké Británii (Dostál, 2015).

3.2. Vymezení pojmu badatelsky orientovaná výuka

Badatelsky orientovaná výuka (BOV), nebo také badatelsky orientované vyučování či vzdělávání, je pojem převzatý z anglického „*inquiry based education (IBE)*“; v případě přírodních věd „*inquiry-based science education, IBSE*“ (Dostál, 2015). Badatelské vyučování je orientované spíše na žáky. Na rozdíl od tradičního pojetí výuky, kdy učitel žákům pouze předává informace, BOV dává žákům možnost podílet se na experimentech, pokládat otázky a rozvíjet logické uvažování. Při badatelských hodinách žáci zjistí spojitost a vzájemný vztah mezi již naučenými fakty (O'Connell, 2014). BOV se inspihuje konstruktivistickým pojetím výuky, jehož opakem

je transmisivní pojetí. Jako konstruktivní proces můžeme označit i poznávání. Poznáváme už od nejranějšího věku, tento přístup je nám tedy vlastní. Proto je vhodné tento přístup zařadit do výuky a dále ho rozvíjet (Stuchlíková, 2018). Badatelská výuka dále využívá aktivizujících metod, mezi které patří heuristická metoda, problémové vyučování, kritické myšlení, zkušenostní učení, projektová výuka a učení v životních situacích (Rokos & Lišková, 2020; Maňák & Švec, 2003). Podle National Research Council (2000, s. 25) by se měli žáci v rámci badatelsky orientované výuce zabývat vědecky orientovanými otázkami a vyhodnocovat jejich možná vysvětlení, preferovat důkazy, díky kterým jsou schopni objevovat řešení, na základě důkazů formulovat vysvětlení a komunikovat a odůvodňovat návrhy řešení (National Research Council, 2000).

3.3. Badatelsky orientovaná výuka v České republice

Papáček (2010a, 2010b) ve svých článcích zmiňuje překážky spojené se zavedením BOV do hodin přírodovědných předmětů, hlavně nároky kladené na učitele a jejich nedostatečnou přípravu z pregraduálního studia. Činčera (2014) uvádí, že BOV stále není běžnou součástí přírodních věd. Výzkum Radvanové et al. (2018) ukazuje posun ve využívání BOV na gymnáziích. Jako největší přínos BOV učitelé zmiňují motivaci žáků. Jako problém uvádí časovou náročnost, nedostatek výukového materiálu a hodnocení žáků. Učitelé uvedli, že by rádi zařazovali bádání do výuky více, chybí jim ale podpora tvůrců vzdělávacích strategií, akademických a vedoucích pracovníků (Radvanová et al., 2018). Ješková et al. (2016) a Fučík a Kuchař (2012) ve svých pracích zmiňují, že názory na BOV jsou většinou pozitivní; většina vyučujících použila vyučování bádáním ve své výuce. Učitelé by ale ocenili více výukového materiálů k provedení krátkých cvičných úloh. (Ješková, et al, 2016; Fučík & Kuchař 2012).

Ve výzkumu Radvanová et al. (2018) porovnávaly znalost termínu BOV a jeho využívání ve vyučování v letech 2012 a 2017. Vyplynulo, že za pět let termín BOV znalo o 36,7 % učitelů více a v hodinách badatelský přístup využívalo o 27,2 % učitelů více.

V České republice existuje několik programů na principu BOV, které realizují nezávislá centra. Důležité pro úspěšnost programů je podpora těchto center a spolupráce

nezávislých center, univerzit a škol založená na vzájemném respektu a přijetí významu a role jednotlivých partnerů (Činčera, 2014). Například Středisko ekologické výchovy a etiky Rýchory (SEVER) organizuje pětidenní program Týden pro udržitelný život. Činčera (2011) tvrdí, že program zahrnuje jen dílčí prvky bádání, nikoliv celou metodiku BOV (Kvasnička, 2012; Činčera, 2011).

Další možností jsou dlouhodobé školní programy. Nezávislá centra pro školy připraví metodické materiály a provedou školení učitelů. U nás tyto programy nabízí především centrum TEREZA. Do jejich mezinárodního programu GLOBE je zapojeno 130 základních a středních škol z ČR. Problém programu GLOBE je, že není přesně daný postup, tedy jasný začátek a konec programu. Tím dochází k rozdílné interpretaci ve školách, dokonce i žáci z jedné třídy se zapojují rozdílně (Činčera & Mašková, 2009). V programu GLOBE bylo úkolem žáků vyplnění pracovních listů, realizace experimentu, sběr dat a jejich zanesení do počítače. Vymezení otázek, analýza a formulaci závěru nebyla ze strany učitelů věnovaná dostatečná pozornost. GLOBE u žáků rozvíjí spolupráci, respekt k ostatním, samostatné řešení problémů a koordinaci své práce. Program také posiluje u žáků zájem o přírodní vědy, nerozvíjí ale dovednosti spojené s bádáním (Činčera, 2013; Činčera & Mašková, 2009, 2011; Penuel et al. 2006). Naopak pozitivní dopad programu GLOBE na badatelské schopnosti žáků prokázal výzkum Meanse et al. (1997). Centrum TEREZA dále realizovalo program určený pro střední školy s názvem „3V – vědě a výzkumu vstříc“ a program pro základní školy „Badatelé.cz“. Na programech s centrem spolupracovali experti z vysokých škol a učitelé základních i středních škol (Činčera, 2013).

Posledním typem jsou programy, které jsou realizovány ve škole i v nezávislých expertních centrech. Je to například program „Vyšetřování jizerskohorské katastrofy – pro 7. – 9. třídu ZŠ“, který organizuje Společnost pro Jizerské hory, nebo „Zelené profese v krajině“, realizovaný sdružením Čmelák (Činčera, 2014).

Další možnost, kde získat informace o BOV je příručka od sdružení TEREZA – Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním (Votápková et al., 2013). Vznik této publikace podnítila potřeba rozvíjet BOV na základních školách. Průvodce vznikl ve spolupráci s učiteli základních škol a odborníky z vysokých škol. Učitelé na základních školách navržené badatelské hodiny vyzkoušeli a po zkušenostech byly

upraveny a publikovány. Průvodce je určen pro všechny učitele přírodovědných předmětů, pro zkušené i pro začátečníky se zařazením bádání do výuky. Snaží se čtenáře naučit badatelským postupům a správnému sestavení badatelské lekce, zároveň je i sbírkou aktivit. V projektu Badatelé.cz vznikl i soubor aktivit zvaný Bádálek (Votápková, 2013). Dále je možné využít web Badatele.cz, kde jsou texty, videa a další přílohy k Průvodci i materiály jiných učitelů; přispět může kdokoliv (Votápková et al., 2013).

3.4. Průběh a úrovně bádání

Jednotlivé kroky bádání jdou za sebou a tvoří tak badatelský cyklus, ten dělí každý autor na jiný počet kroků.

Příručka pro badatele uvádí nově (od roku 2019) 5 kroků badatelského cyklu (Barvíková et al., 2019). V prvním kroku žáci přemýšlí, co chtějí řešit. Krok zahrnuje motivaci, získávání informací, kladení otázek a výběr výzkumné otázky. Důležité je vzbudit v žácích zájem o téma a spustit myšlenkové procesy – *Jak to je? To je zvláštní*. Pokud je žák motivovaný, zvýší se zájem o bádání a učení se novému (Barvíková et al., 2019).

Ve druhém kroku žáci přichází s domněnkou a vyjadřují svůj názor na problematiku. Žáci pracují podobně jako vědci, cílem není odpovídat na otázky, ale hledat důkaz pro svoje domněnky nebo vyvrátit domněnku někoho jiného. Proto je potřeba v tomto kroku jasně formulovat hypotézu (domněnku) (Barvíková et al., 2019).

Třetí krok zahrnuje hledání pravdy a ověření hypotézy. Domněnku je možné ověřit pokusem nebo pozorováním, pomocí odborné literatury nebo konzultací s odborníky. Žáci dále plánují a připravují pokus. Následuje provedení pokusu, zaznamenání a vyhodnocení dat (Barvíková et al., 2019).

V předposledním, čtvrtém, kroku žáci formulují závěr, navrací se k hypotéze a hledají souvislosti, prezentují výsledky. Důležité je vyhodnocení bádání, porovnání výsledků s prvotní domněnkou a sdělení výsledků bádání ostatním. Tímto krokem končí badatelská cesta jednoho problému, může ale být začátkem bádání nového – žáky napadnou nové výzkumné otázky (Barvíková et al., 2019).

Úkolem pátého kroku je přimět žáky k akci. Vést je k řešení problému a zlepšení stavu problému, na který během bádání narazily – k aktivnímu jednání. Motivace žáků k prezentování výsledků bádání spolužákům, ale i dalším organizacím (např. orgánům ochrany přírody), uspořádání kampaně (Barvíková et al., 2019).

Badatelský cyklus podle Bucka et al. (2008) zahrnuje šest kroků. Prvním krokem je formulace problému/otázky. Druhý krok zahrnuje prokázání teoretických znalostí. Postup práce je třetí krok, patří sem pozorování nebo provedení experimentu a zaznamenávání dat. Čtvrtým krokem jsou výsledky, zapisování dat. Pátý krok je analýza výsledků, zpracování dat. A poslední, šestý krok je závěr, návrat k hypotéze a formulace závěru (Buck et al., 2008).

Stejně tak úrovně bádání uvádí každý autor trochu jinak. Např. Buck et al. (2008) uvádí pět úrovní bádání (tab. I) (úroveň 0, úroveň ½, úroveň 1, úroveň 2 a úroveň 3), a to potvrzující (*confirmation*), strukturované (*structured*), nasměrované (*guided*), otevřené (*open*) a autentické bádání (*authentic*). Od potvrzujícího bádání k autentickému klesá poskytnutí informací u jednotlivých kroků. Autoři u nás se nejčastěji opírají o rozdělení podle Stuchlíkové (2010), kde je vynecháno poslední, autentické, bádání (Buck et al., 2008).

Buck et al. (2008) řadí potvrzující bádání jako úroveň 0. Je to nejjednodušší forma bádání, je nejvíce řízené učitelem, ten poskytne informace pro všech šest kroků. Žák ví, jaké jsou výsledky, jeho úkolem je pozorovat nebo se naučit laboratorní techniku, to vše pod vedením učitele. Při této činnosti žák neřeší problém, protože zná závěr, ale cílem je rozvoj pozorovacích, experimentálních a analytických dovedností (Buck et al., 2008; Dostál, 2015).

Další je úroveň 1/2, strukturované bádání. I zde je role učitele velká, žák pracuje podle jeho pokynů, pouze výsledky a závěr formuluje sám. Úkolem žáků je objevit vzájemné vztahy a dojít k závěru pomocí bádání, k tomu jim pomáhá učitel pokládáním návodných otázek. Tato úroveň je důležitá pro získání dovedností potřebných k vyšším úrovním bádání (Buck et al., 2008; Dostál, 2015).

Úroveň 1 představuje nasměrované bádání, kdy má žák k dispozici výzkumný problém, teoretické znalosti a postup práce. Učitel přechází do role aktivního průvodce bádáním

a společně s žáky vymýšlí postupy pro odpovědi na výzkumné otázky. V této úrovni se žáci stávají samostatnějšími, důležité jsou ale dovednosti získané z přechozích úrovní bádání (Buck et al., 2008; Dostál, 2015).

Předposlední je úroveň 2, otevřené bádání. Jedná se o předstupeň vědeckého bádání. Žák ví, jaký problém řeší a zná jeho teoretické pozadí, sám musí zvolit vhodnou metodu k badání, výzkumné otázky stejně tak zaznamenat a zanalyzovat výsledky a vyvodit závěr, po celou dobu pracuje samostatně bez zásahu učitelem (Buck et al., 2008; Dostál, 2015).

Jako poslední a nejsložitější je úroveň 3, autentické bádání, kdy nejsou poskytnuty žádné informace k šesti výše uvedeným krokům (Buck et al., 2008).

Poslední dvě úrovně, úroveň dvě a tři, jsou pro žáky velmi složité myšlenkové operace. Zároveň jsou tyto úrovně i mnohem náročnější na práci učitele, pro kterého je obtížnější motivace žáků (Chin & Chia, 2004).

Tabulka I: Charakteristika pěti úrovní bádání (převzato a upraveno z Rokos, 2017).

	Tradiční výuka – laboratorní práce			BOV	
	Potvrzující bádání (úroveň 0)	Strukturované bádání (úroveň 1/2)	Nasměřované bádání (úroveň 1)	Otevřené bádání (úroveň 2)	Autentické bádání (úroveň 3)
Výzkumný problém/otázka	poskytnuto	poskytnuto	poskytnuto	poskytnuto	neposkytnuto
Teoretické znalosti	poskytnuto	poskytnuto	poskytnuto	poskytnuto	neposkytnuto
Postup práce	poskytnuto	poskytnuto	poskytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto
Analýza výsledků	poskytnuto	poskytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto
Diskuze výsledků	poskytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto
Závěry	poskytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto	neposkytnuto

Další dělení je možné na základě badatelských úloh například podle Chinn a Malhotra (2002). Ty dělí jednoduché badatelsky orientované úlohy do tří skupin: na jednoduché experimenty, jednoduchá pozorování a jednoduché příklady (Chinn & Malhotra, 2002).

Při jednoduchém experimentu je úkolem žáka sledovat vzájemný vliv dvou proměnných. Jednoduché pozorování spočívá v pozorování a popisu předmětu. Jednoduchými příklady si žáci ověřují své teoretické znalosti při pozorování nějakého procesu, nejedná se o klasické bádání, chybí zde volnost (Petr, 2014).

3.5. Výhody a nevýhody badatelsky orientované výuky

Edelson et al. (1999) uvádí několik výhod BOV pro žáky. A to rozvoj jak obecných schopností bádání a objevování, tak i speciálních dovedností pro zkoumání. BOV vylepšuje schopnost žáků plánovat a realizovat bádání, umožňuje lepší pochopení vědeckých pojmů. Dále vede k poznání vlastních nedostatků a mezer v učivu, pomůže žákům pochopit nové vědecké poznatky nebo lépe chápat poznatky, se kterými už se setkali. BOV také umožňuje aplikovat znalosti při hledání odpovědí a otázek. Potřeba aplikace znalostí může pomoci je přetvořit pro jejich lepší využití v budoucnu a uvědomit si spojitost již nabytých znalostí (Edelson et al., 1999). Díky BOV se žáci mohou také naučit pracovat ve skupině, pracovat s chybou, rozvrhnout čas a vyjadřovat se (Votápková et al., 2013). Díky badatelsky orientované výuce jsou žáci schopni vytvářet vlastní myšlenky (Ewers, 2001).

Naopak nevýhodou může být obtížná motivace žáků a nedostatek jejich potřebných dovedností a znalostí pro bádání. Proto je vhodnější začít s jednoduššími úlohami s prvky bádání, kde se naučí dovednosti pro řešení složitějších badatelských úloh. Další nevýhodou jsou různá omezení jako čas, studijní plány, vybavení a nedostupnost metodických materiálů (Edelson et al., 1999; Rokos & Lišková, 2020). Materiálů na badatelské hodiny přibývá, proto se v novějších výzkumech tato nevýhoda uvádí stále méně (Radvanová et al. 2018).

3.6. Efektivita badatelské výuky

Efektivita výuky je důležité téma už od 80. let 20. století, věnoval se jí například Kulič (1980). Podle Starého a Chvála (2009) je efektivita chápána jako vztah mezi výsledkem a tím, co k výsledku vedlo. Některé výzkumy ukazují, že vliv na efektivitu výuky má zvolený typ výuky. Například Rokos a Vomáčková (2017), Cobern et al. (2010) nebo Mattheis a Nakayama (1988) ukazují, že badatelsky orientovaná výuka má oproti tradičnímu vyučování lepší vliv na rozvoj dovedností, hlavně na sběr a interpretaci dat. Také si žáci osvojují metodické postupy, které v budoucnu umožní lepší řešení problémů. K výraznému zlepšení znalostí ale nedochází (Rokos, 2015). Naopak výzkum Ditricha a Váchy (2016) prokázal zlepšení znalostí při využívání BOV u žáků na prvním stupni.

3.7. Konstruktivistické a transmisivní pojetí výuky

V kapitole výše je zmíněno, že BOV je inspirována konstruktivistickým pojetím výuky. Konstruktivismus považuje za důležitou aktivní úlohu žáka a význam jeho vnitřních předpokladů v pedagogických a psychologických procesech. Vyzdvihuje vzájemné působení subjektu s prostředím i společností (Průcha et al., 2001). Princip této výuky spočívá v porovnávání starých a nových poznatků. Cílem je, aby žák učivu porozuměl a dokázal ho uchopit. Učitelova role je být moderátorem a průvodcem hodiny. Během výuky se rozvíjí talent i u těch žáků, u kterých se často u transmisivního pojetí výuky neprojeví (Maňák & Švec, 2003). Konstruktivismus můžeme rozdělit na kognitivní a sociální. Kognitivní konstruktivismus předpokládá, že se poznávání děje na principu spojování jednotlivých informací do složitějších struktur, se kterými žák provádí mentální operace. Mentální operace jsou v souladu s kognitivním vývojem žáka (Průcha et al., 2001). Sociální konstruktivismus považuje za velmi významnou roli pro poznávání sociálních interakcí a kultury (Průcha et al., 2001). Chyba je v konstruktivistickém pojetí respektována a dále se s ní pracuje. Hodnocení je pomocí známky doplněné o slovní hodnocení (Havlíková, 1998). Hodnotí se výsledek i proces práce, využívá se pozorování, informace od žáka nebo žakovské portfolio. Žák není porovnáván s ostatními, ale se sebou samým. Na hodnocení se podílí učitel, žák i spolužáci (Krejčová & Kargerová, 2003).

Naopak u transmisivní výuky jsou žáci pasivní. Je od nich požadováno zapamatování faktů. Učitel předává informaci jako hotovou a ověřenou; cílem žáků je se tyto informace pouze naučit. Na propojení nabytých informací se už neklade důraz. Tento postup není v souladu s přirozeným procesem poznávání. Při transmisivním pojetí výuky se využívá pro hodnocení známkování. Znamka se využívá i jako odměna nebo trest (Pecina & Zormanová, 2009; Molnár, 2007).

3.8. Role učitele při BOV

Učitel vymýšlí a s žáky provádí konkrétní badatelskou hodinu, poté ji vyhodnocuje. Učitel musí při BOV brát v úvahu žákovu osobnost a dosavadní znalosti. Důležité je vybrat jaké znalosti žáci bádáním získají. Pro správné vedení badatelsky orientované výuky jsou důležité odborné a didaktické znalosti učitele. Příprava a provedení BOV je pro učitele často velmi náročná a je zapotřebí určitých kompetencí (Dostál, 2015; Schwarz & Crafword, 2004). Fazio et al. (2008) na základě výzkumu uvádějí, že učitel, který má s BOV osobní zkušenosti, získává dovednosti vést vyučování bádáním. Obtížné pro učitele může být zařadit BOV i pro to, že se s ním sami nikdy nesetkali (Dorier & García, 2013). Proto je potřeba, aby se studenti učitelských oborů s BOV setkali často a získali tak zkušenosti a později mohli sami vést hodiny založené na bádání (Dostál, 2015). Ve výzkumu Rokose a Liškové (2020) uvedlo několik učitelů nedostatečné zkušenosti s bádáním jako překážku při zavádění BOV do hodin. Učitel musí žáky správně motivovat a zadávat správné problémy k bádání, aby je hodina bavila a byla tak rozvíjena jejich přirozená zvědavost. Díky správnému vedení učitelem si žáci sami pokládají otázky, vytváří hypotézy a diskutují o závěru. Během bádání žáci mohou chybovat, potom nastupuje učitel jako rádce a pomáhá žákům najít cestu ke správnému řešení (Petr, 2014; Vermeersch, 2005). Učitel by neměl pouze předávat znalosti („dávkoval znalosti“) ani být pouhým průvodcem (Prawat, 1977). Nejvhodnější kvůli přiblížení se skutečnému životu je volba multioborového bádání, které žáka nejlépe připraví na situace, se kterými by se později mohl setkat (Dostál, 2015). Dostál (2015) uvádí následující tabulku (Tab. II) rolí učitele podle Andersona (1999).

Tabulka II: Rozdíl v roli učitele při tradiční a badatelské výuce (Dostál, 2015, str. 42).

Tradiční výuka	Badatelsky orientovaná výuka
<i>Role učitele: „dávkovač znalostí“, „moderátor“</i>	<i>Role učitele: „trenér“ (coach)</i>
Transmise poznatků	Komunikace se skupinami
Komunikace s jednotlivci	Pomáhá žákům v procesu získávání informací
Řídí aktivity žáků	Usměrňuje aktivity žáků
Vysvětluje pojmové vztahy	Usnadňuje studentům myšlení
Znalosti učitelů jsou statické	Modelování procesu učení
Přímé využití učebnic atd.	Flexibilní použití materiálů

3.9. Role žáka při BOV

BOV je pro žáky důležitá pro rozvoj myšlení, protože to na rozdíl od informací nelze získat online, tedy takzvaně informačně – recipročními metodami (Dostál, 2015). Žák by se měl do badatelské výuky aktivně zapojit, prozkoumat, vysvětlit řešení problému, na které přišel bádáním, vyhodnotit výsledky i proces bádání, rozšířit téma a klást otázky. Jedná se o tzv. 5E model podle zaujetí (*engage*), zkoumání (*explore*), vysvětlení (*explain*), zhodnocení (*evaluate*), zobecnění (*extendt*) (Kong & Song, 2014). Při bádání žák provádí různé měření, pozorování a experimentování. Zahrnuje však i myšlenkové procesy – indukce a dedukce, analýza a syntéza, komparace a specifikace (Dostál, 2015).

3.10. Kompetence učitele pro BOV

Jeden z nejdůležitějších faktorů, který má vliv na konkrétní podobu výuky je učitel. Za učitele může být považován i laik, který na jedince výchovně působí, vzdělává ho a rozvíjí (Dostál, 2015). Otázka, jaký má učitel být a jak na žáka působit, se objevila, už když se učitelství stávalo samostatnou profesí. Učitele chápeme jako profesionála – soustavně vykonává výchovnou a vzdělávací činnost a učení je pro něj profesí (Dostál, 2015). Učitel profesionál by měl mít určité dovednosti, schopnosti, znalosti i kvalifikaci. Tyto požadavky na učitele – profesionála se s časem mění (Špok, 2014). Kvalita učitele má ve výchovně vzdělávacím procesu velkou roli. Na kvalitu výuky mají

vliv učitelovy technické a osobnostní kompetence, pochopení žáků a znalosti oboru (Day, 2012). Jako dobrý učitel bývá někdy označován kompetentní učitel (Dostál, 2015).

Pojem kompetence se používá v mnoha oblastech a nemá jasně vymezený význam. Někteří autoři zahrnují do kompetencí i situační požadavky (Hroník, 2006; Veteška & Tureckiová, 2008), jiní je nezahrnují (Skalková, 2005; Průcha, 2005). Kromě situace ovlivňují kompetence i emoce, úroveň myšlení a somatický stav jedince. Hovoříme-li o kompetencích učitele k BOV, je podle Dostála (2015, s. 65) nejvhodnější definice od Weinerta (2011): *„Kompetence je ne zcela specializovaný systém schopností, znalostí či dovedností, jež jsou nezbytné nebo dostačující pro dosažení určitého cíle.“* (překlad Nezvalová, 2007, s. 8).

Neexistuje potvrzený kompetenční model v souvislosti s BOV. Například Alake-Tuenter et al. (2012) vybrali 23 kompetencí, které rozdělili do tří skupin: předmětové znalosti, pedagogické znalosti a postoje. Podle Dostála (2015) není tento soubor kompetencí úplný ani využitelný.

Dostál (2015) ve své práci rozdělil kompetence k BOV na dvě části; jedna vychází z teoretické báze, druhá ze vzdělávací praxe. Na základě výzkumu vyvodil kompetenční model učitele v kontextu badatelsky orientované výuky technických a přírodovědných předmětů. Kompetenční jádro tvoří nejdůležitější kompetence – klíčové kompetence. Vedle jsou základní kompetence, které jsou vyvozeny z obecného rámce učitelských kompetencí, jsou tedy obecnější. Dále sem zahrnuli prahové kompetence, ty jsou důležité pro celkovou učitelskou profesi.

Mezi klíčové kompetence patří motivace žáků k učení pomocí badatelské výuky, propojení s praktickým životem a zároveň i s teorií. Dále předvedení aktivity a zajištění bezpečnosti. Důležité je rozvíjet samostatnost, představivost a myšlení žáků při bádání, navázat na již získané znalosti a představy. (Dostál, 2015).

Základních kompetencí uvádí Dostál (2015, str. 131) šestnáct; zde uvedeme jen některé: kompetence využívat badatelské aktivity pro upevnění učiva, využít zájmy žáků, ověření a naplánování aktivit předem, vhodné zařazení, zajištění pozitivního

klimatu; dále rozvíjet vnímání a schopnost prezentovat výsledky; řídit proces učení a působit na žáky výchovně.

Poslední, třetí, oblast se skládá z prahových kompetencí, opět uvedeme jen některé. Podporovat spolupráci a vztahy mezi žáky, uplatňovat individuální přístup k žákům, zahrnout mezioborové poznatky a mezioborové vztahy, vytvářet profesní orientaci žáků, pomocí bádání ověřit již osvojené učivo. Důležité je ověření pomocí badatelských aktivit, utváření pojmů, které jsou pro žáky často abstraktní (Dostál, 2015).

4. KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY

Na základě Bílé knihy a zákona č. 561/2004 Sb. (zákon o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání) byly vytvořeny kurikulární dokumenty pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Tyto dokumenty jsou vytvořeny na školní a státní úrovni. Státní úroveň představuje Národní program vzdělávání (NPV) a rámcové vzdělávací programy (RVP). Dokument NPV obsahuje požadavky pro počáteční vzdělávání jako celku. RVP určuje pole vzdělávání v jednotlivých etapách (předškolní, základní a střední vzdělávání). Školní úroveň představují školní vzdělávací programy (ŠVP), podle kterých je realizováno vzdělávání na konkrétních školách. ŠVP tvoří každá škola sama, musí však respektovat zásady uvedené v RVP. Všechny výše uvedené dokumenty jsou vždy přístupné veřejnosti (Jeřábek et al., 2007a, 2007b).

4.1. RVP pro gymnázia – genetik

Genetika i biochemie je vymezena v Rámcovém vzdělávacím programu stejně pro čtyřletá a dvojjazyčná gymnázia i pro gymnázia se sportovní přípravou a gymnázia s výukou v angličtině (Jeřábek et al., 2007a, 2007b).

V RVP G (2007) jsou uvedené následující informace k oblasti genetiky (a biochemie – nukleové kyseliny):

Ve výstupu z biochemie, tematického celku nukleové kyseliny, se od žáka očekává, že dokáže objasnit strukturu a funkci sloučenin potřebných pro důležité chemické procesy, které probíhají v organismech. Dále by měl zvládnout popsat základní metabolické procesy a jejich význam. Jako učivo jsou v RVP uvedeny lipidy, sacharidy, proteiny, **nukleové kyseliny**, enzymy, vitaminy a hormony (Jeřábek et al., 2007a, 2007b).

V tematickém obsahu Genetika ve vzdělávacím obsahu Biologie se žák naučí využít získané vědomosti o zákonitostech v genetice pro pochopení rozmanitosti organismů. Dále je schopný analyzovat možnosti využití znalostí z oblasti genetiky v běžném životě.

Mezi učivo genetiky jsou zařazeny molekulární a buněčné základy dědičnosti, dědičnost a proměnlivost, genetika člověka, genetika populací (Jeřábek et al., 2007a, 2007b).

5. METODIKA

5.1. Výzkumný vzorek

Výzkumné šetření probíhalo na dvou gymnáziích na Vysočině. Celkem se výzkumu zúčastnilo 46 žáků maturitních ročníků ze dvou tříd. Žáci byli rozděleni podle abecedního seznamu, sudí žáci tvořili experimentální a lichý kontrolní skupinu. Kontrolní skupinu tvořilo 23 žáků, v experimentální skupině pracovalo také 23 žáků. Celý výzkum byl zaměřen na učivo genetiky.

5.2. Sběr dat

K získání dat byl sestaven pre-test a post-test. Pre-test a post-test byl stejný pro experimentální i kontrolní skupinu, včetně znění otázek. Dále bylo vytvořeno šest pracovních listů. Pro experimentální a kontrolní skupinu se listy lišily. Jedna skupina měla pracovní listy s prvky bádání, pro druhou skupinu byly sestaveny listy zaměřené na tradiční výuku. Před provedením výzkumu proběhlo pilotní ověření testu i pracovních listů na 8 žácích čtvrtých ročníků SŠ. Na základě pilotního testování a konzultace s učiteli byly test i pracovní listy mírně modifikovány.

Začátkem září 2021 byli e-mailem kontaktováni učitelé biologie všech gymnázií na Vysočině. Z toho dva učitelé projevíli zájem o zapojení do výzkumu. Po konzultaci s učiteli proběhlo testování 4. – 11. listopadu, a to kvůli vhodnému zařazení pracovních listů

do výuky. Jeden týden byli žáci v první vyučovací hodině rozděleni na experimentální a kontrolní skupinu, vyplnili pre-test a pracovní list zaměřený na dědičnost krve. Ve druhé vyučovací hodině pak byla autorkou práce vedena hodina na gonozomální dědičnost a genetiku populací. Týden po poslední hodině žáci vypracovali post-test.

5.3. Pre-test, post-test a pracovní listy

Pre-test a post-test

Kontrolní test se skládal z deseti úloh, z nichž bylo sedm otázek otevřených a tři uzavřené (viz. Příloha 1, str. 49). Dovednostních otázek test obsahoval pět, znalostních otázek také pět. Celkem bylo možné získat 34 bodů, kritéria pro získání bodů jsou uvedena v řešení testu (viz. Příloha 1).

Pracovní list: Dědičnost krevních skupin

Vzdělávací cíl: Žák rozumí principu dědičnosti krve, dokáže určit alely u všech krevních skupin ABO systému. Popíše přenos alel z parentální do filiální generace a určí možné krevní skupiny jedinců, pokud zná jejich alely. Zná antigeny a protilátky v jednotlivých skupinách krve a chápe jejich interakci. Zvládne vysvětlit pojem aglutinace (shlukování) krve a proč k ní dochází.

V obou verzích žáci pracují s přehledem, kde se dozví typ červené krvinky, protilátky, antigeny a alely pro danou skupinu. Na přehled navazuje text k doplnění informací a vysvětlení principu aglutinace krve.

Připravená hodina s prvky bádání začíná úkolem na doplnění krevních skupin podle obrázku krve po přidání séra s protilátkami, žáci určují teoreticky univerzálního dárce a příjemce červenýchrvinek. Následuje doplnění alel ke krevním skupinám. Poté žáci řeší případ možné záměny dětí. Jako první si vytvoří rodokmen a přemýšlí nad možnostmi, jak zjistit či vyvrátit záměnu dětí jinak než DNA testem. Následně popisují pokus (postup, výsledky i závěr), jak by určili krevní skupinu. Správnost navrženého pokusu si ověří pomocí videa. Jako poslední zjišťují krevní skupinu dětí z možné záměny. Mají k dispozici informace, s jakým antigenem došlo ke sražení krve dítěte. Krevní skupiny doplní do dříve vytvořeného rodokmenu a formulují závěr (viz. Příloha 2, str. 54).

I v tradičně pojaté hodině žáci zjišťují teoreticky univerzálního dárce a příjemce červenýchrvinek. Doplnují alely ke krevním skupinám a krevní skupiny k obrázkům krve po aglutinaci se sérem anti-A nebo anti-B. Přemýšlí nad tím, co by se stalo, pokud

by byla podána krevní transfuze s jinou krví než je pacientova a určují krevní skupinu dítěte, když mají k dispozici krevní skupiny rodičů (viz. Příloha 3, str. 59).

Pracovní list: Královská nemoc

Vzdělávací cíl: Žák chápe rozdíl mezi gonozomálně dominantní a recesivní dědičností. Dokáže doplnit rodokmen gonozomálně recesivně děděného znaku a určit genotypy jedinců.

Žáci pracují s textem o královské nemoci. Rozdíl je, že v tradiční verzi je vysvětlena gonozomální dědičnost, v textu k hodině s prvky bádání vysvětlení není, žáci ho v hodině samostatně vyvodí.

V badatelsky zaměřené hodině žáci po diskuzi s učitelem vymýšlí výzkumné otázky, na základě textu formulují hypotézu. Následně pomocí internetu nebo knihy hypotézu potvrzují či vyvrací. V dalším úkolu pracují s pokračováním příběhu, tvoří rodokmen, zapisují genotyp 3. generace a zjišťují, zda je vázaná na autozom nebo gonozom, a možnost vymizení nemoci. Na konci přemýšlí nad rozdíly mezi gonozomálně dominantní a recesivní dědičností a určují, u kterého pohlaví jsou gonozomálně recesivní nemoci častější (viz. Příloha 4, str. 62).

V hodině zaměřené na tradiční výuku žáci vybírají, čím je projev nemoci ovlivněn, zdůvodňují, jestli je nebo není gonozomálně recesivní dědičnost častější u mužů, určují na jaký chromozom je gonozomální dědičnost vázána a doplňují alely do rodokmenu. I v této verzi se žáci zamýšlí, jestli je možnost vymizení alely (viz. Příloha 5, str. 67).

Pracovní list: Genetika populací

Vzdělávací cíl: Žák zvládne vysvětlit princip genetického driftu a chápe jeho podstatu. Dokáže určit v jaké populaci je jeho efekt největší. Umí se zamyslet nad výhodami a nevýhodami migrace.

Výuce s prvky bádání předchází rozhovor žáků a učitele. Dojde k zopakování termínů z populační genetiky, dále diskutují o vlivech, které na populaci působí. Učitel zúží téma na malou populaci a společně vytvoří výzkumné otázky. Po úvodní diskuzi s učitelem si žáci zapíší výzkumné otázky a vytvoří si hypotézy. Následuje pokus pod vedením učitele, vyhodnocení výsledků, závěr a porovnání s hypotézou. Nakonec odpoví na otázky, jaké vlivy na populaci působí, jaký vliv působil v pokusu a určí jeho závislost na velikost populace. Nakonec přemýšlí nad výhodami a nevýhodami migrace (viz. Příloha 6, str. 70). Na závěr učitel žákům promítne GIF pro ujasnění principu genetického driftu a promítne prezentaci s konkrétními příklady dopadu genetického driftu (viz. Příloha 7, str. 74).

S tradiční verzí pracovního listu žáci pracují po zhlédnutí videa. Video slouží k představení nebo připomenutí učiva o genetice populací. V prvním úkolu vysvětlují termín populace, dále popisují princip genetického driftu a volí správnou odpověď pro závislost efektu genetického driftu na velikosti populace. Přemýšlí nad výhodami a nevýhodami migrace a nad možnostmi převládnutí nevýhodné či vymizení výhodné alely (viz. Příloha 8, str. 75).

5.4. Analýza dat

Výsledky z pre-testu a post-testu byly zpracovány do tabulek v programu Excel ze skupiny programů Microsoft Office 365. Data byla následně přenesena do programu Statistica 13.5, kde byla pro zjištění, zda je mezi výsledky jednotlivých skupin signifikantní rozdíl, využita analýza rozptylu (ANOVA) opakovaných měření. Pro stanovování významně lepšího / horšího dosaženého výsledku mezi jednotlivými skupinami byl využit Tuckeyho test mnohonásobného porovnání. Míra statistické průkaznosti je při hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Data byla dále převedena na grafická znázornění.

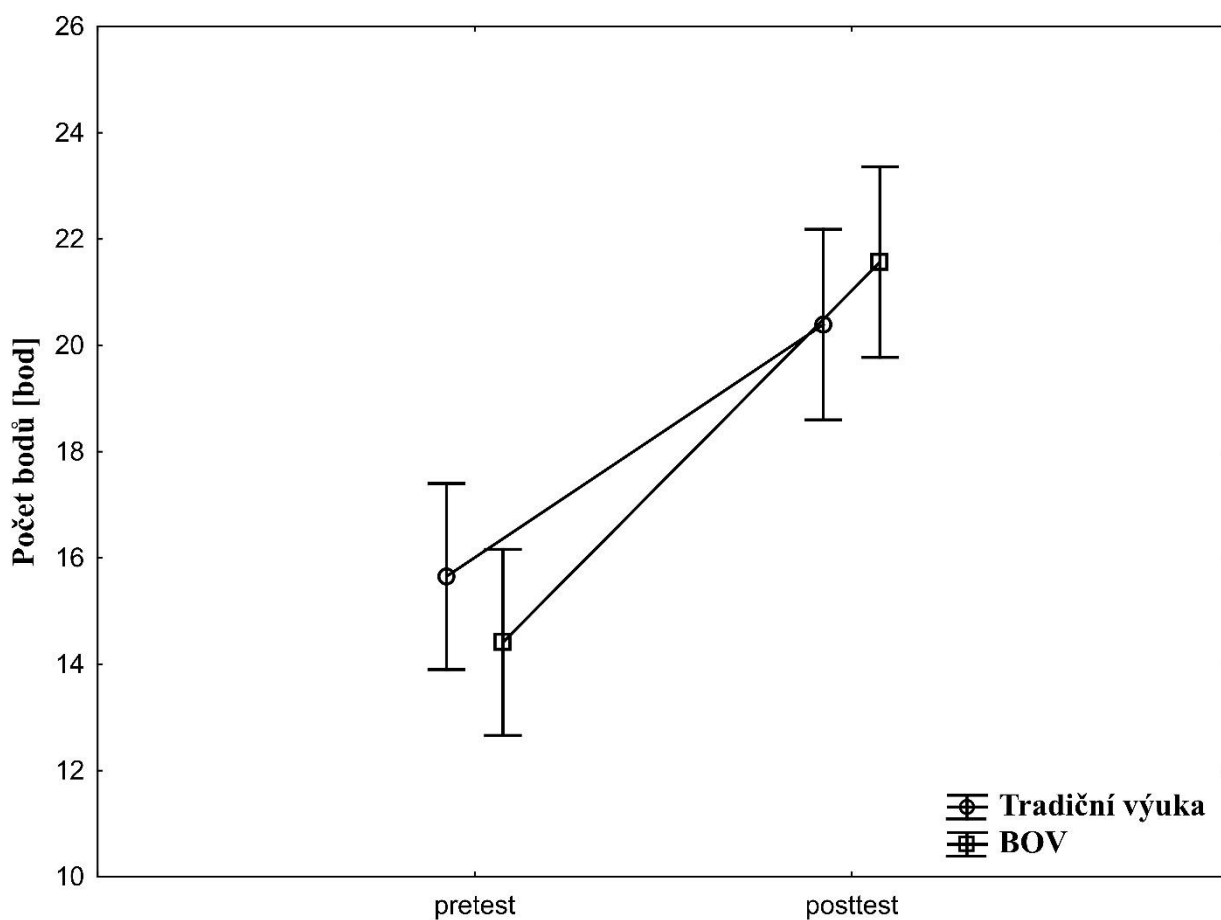
6. VÝSLEDKY

Cílem výzkumu bylo zjistit, jestli má typ výuky vliv na množství získaných informací, tedy zda je badatelsky orientovaná výuka efektivnější než tradiční výuka.

Na základě informací z literárního přehledu byla stanovena hypotéza, kterou podle výsledků vyvrátíme nebo potvrdíme.

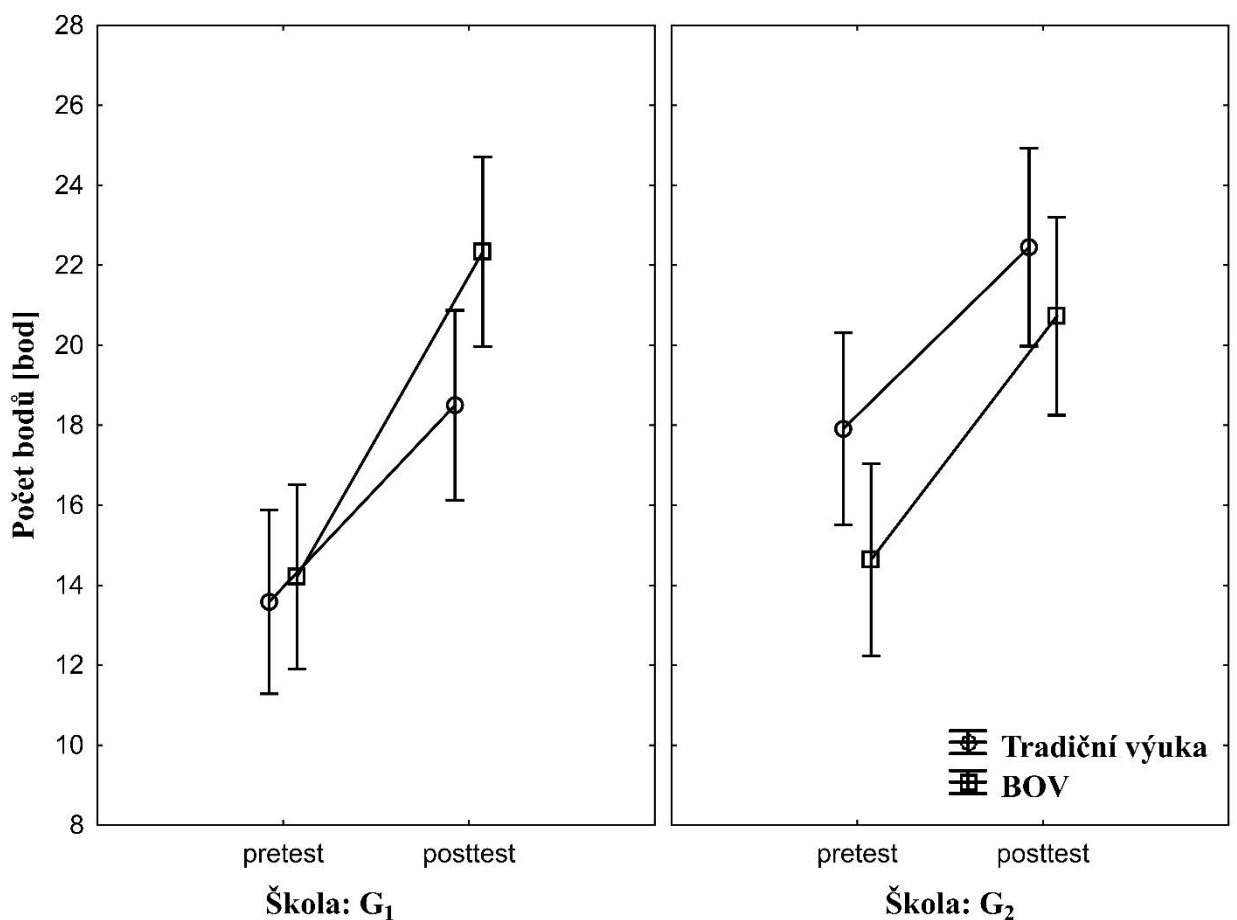
H1: Žáci, kteří budou řešit badatelsky zaměřené pracovní listy, dosáhnou v post-testu statisticky průkazně vyššího bodového zisku oproti žákům, kteří v pracovních listech budou pracovat s tradičně pojatými úlohami.

Žáci, kteří vyplňovali pracovní listy s úlohami s prvky bádání, dosáhli v průměru 14,41 bodů v pre-testu a 21,57 bodů v post-testu, zlepšili se tedy o 7,16 bodů. Žáci, kteří pracovali s pracovním listem obsahujícím tradičně koncipované úlohy bez prvků bádání, získali 15,65 bodů v pre-testu a 20,4 bodů v post-testu, zlepšení v post-testu bylo o 4,75 bodů.



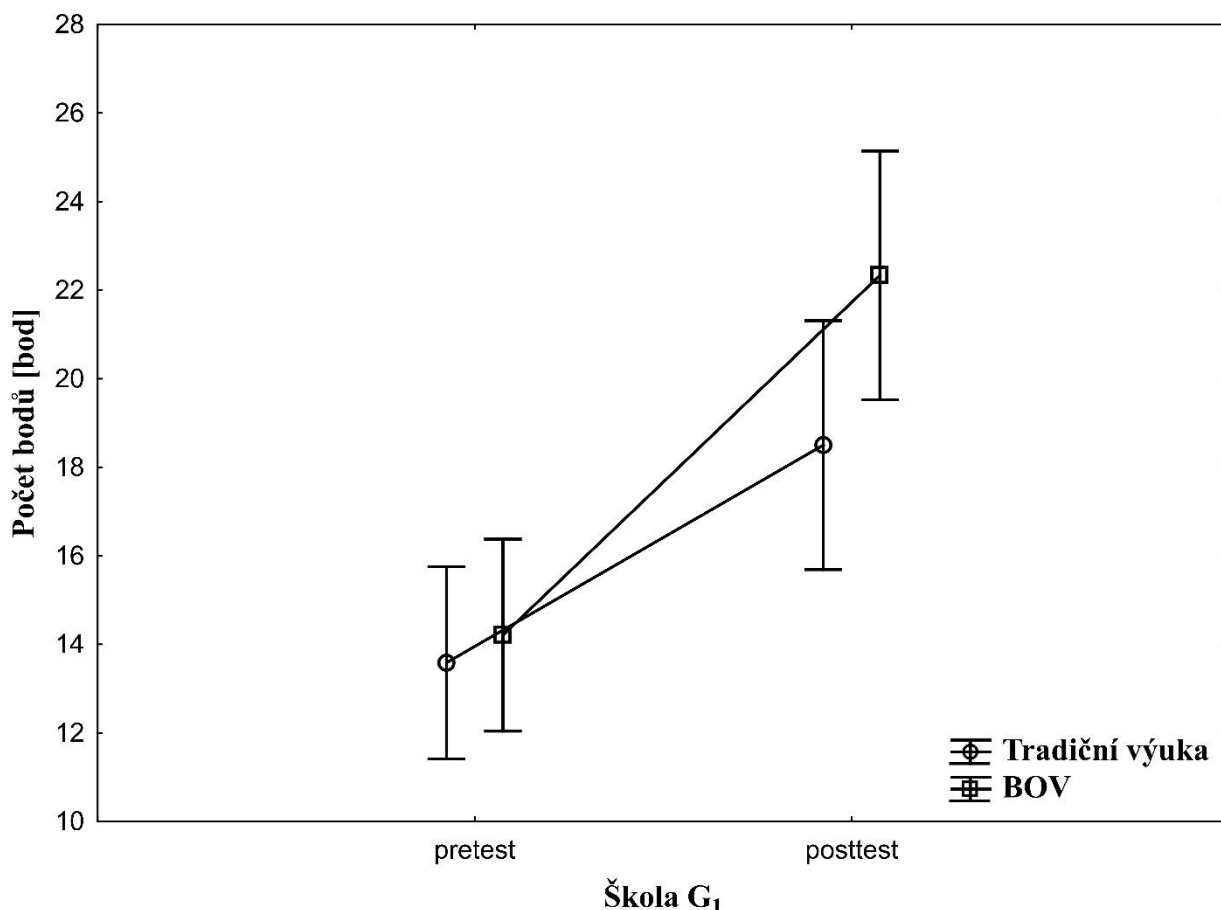
Obr. č. 3: Porovnání vlivu výukových metod prostřednictvím bodového zisku v testu. Bodový zisk v post-testu oproti pre-testu byl větší, avšak vliv výukových metod se od sebe statisticky průkazně nelišil.

ANOVA opakovaných měření ukázala průkazný vliv výukové aktivity ($F_{1,44} = 90,438$; $p < 10^{-11}$). Nárůst počtu bodů byl ale v obou skupinách srovnatelný (myšleno BOV, Tradiční výuka), vliv výukové metody nebyl signifikantní ($F_{1,44} = 3,724$; $p = 0,06$).



Obr. č. 4: Porovnání vlivu výukových metod prostřednictvím bodového zisku v testu. Obě třídy dosáhly lepšího bodového zisku v post-testu oproti pre-testu, avšak vliv výukových metod se od sebe statisticky průkazně nelišil. G₁, G₂ – jednotlivá gymnázia.

Mírně problematická by mohla být nestejná úroveň znalostí obou skupin (s různou výukovou metodou) už před začátkem výzkumu, v rámci pre-testu. Proto byla provedena ještě detailnější analýza dat s rozdělením na jednotlivé školy. Zatímco ve škole G_1 byla úroveň znalostí během pre-testu velmi podobná, na škole G_2 byl již v pre-testu znatelný rozdíl mezi skupinou badatelskou a tradiční. Proto byl vliv výukových metod detailněji hodnocen pouze u G_1 .



Obr. č. 5: Porovnání vlivu výukových metod u G_1 prostřednictvím bodového zisku v testu.

ANOVA opakovaných měření ukázala, že nárůst počtu bodů byl u G_1 v obou skupinách srovnatelný, tudíž vliv výukové metody nebyl signifikantní ($F_{1,22} = 1,9894$; $p = 0,17$). Použití Tukeyho testu potvrdilo, že dosažené výsledky v post-testech obou skupin nejsou statisticky rozdílné ($p = 0,12$). Mezi počtem získaných bodů v pre-testech a post-testech byl u obou výukových metod signifikantní rozdíl – u skupiny BOV $p < 10^{-3}$ a u skupiny s tradiční výukou $p = 0,028$.

Tabulka č. III: Průměrně dosažené výsledky v pre-testu a post-testu (trad = tradiční výuka; BOV = badatelsky orientovaná výuka; G₁, G₂ – třídy gymnázií).

	Pre-testu	Post-testu
G1_{trad}	39,95 % ± 6,30 %	54,41 ± 14,96 %
G1_{BOV}	41,79 % ± 13,70 %	65,69 % ± 12,87 %
G2_{trad}	52,67 % ± 11,94 %	66,04 ± 8,25 %
G2_{BOV}	43,05 % ± 13,17 %	60,96 ± 10,69 %

7. DISKUZE

Přírodní vědy jsou vnímány žáky jako příliš abstraktní a odtržené od reálného života. Často dochází k mechanickému učení se pojmů bez souvislostí. Žáci ztrácí zájem o přírodovědné předměty, a to hlavně s přibývajícím věkem. Jejich oblíbenost klesá nejen v ČR, ale v celém světě (Blažek et al., 2019; Čížková, 2006; Koršňáková, 2005; OECD, 2016). Důvodem poklesu zájmu může být vedle výše zmíněných také způsob, jakým se vyučují. Proto je badatelská výuka vnímána jako pozitivní změna (Radvanová et al., 2018). Další důvod pro zapojení bádání do výuky může být například rozvoj kritického i tvořivého myšlení a logického usuzování. Badatelská výuka rozvíjí dovednosti s bádáním spojené, a to kladení otázek, navrhování řešení, formulaci hypotéz, prezentování vlastních závěrů (Bybee, 2010). Dále si díky BOV žáci dokážou lépe plánovat svoji práci, učí se samostatnosti, ale i spolupráci s ostatními žáky, zodpovědnosti. Badatelská výuka nerozvíjí pouze znalosti a dovednosti potřebné pro kariéru vědce, ale i takové, které jsou potřebné pro běžný život (Votápková et al., 2013).

Badatelská výuka poskytuje řadu výhod, jak žákům, tak i učitelům. Je ale možné narazit i na několik překážek. Ty mohou být vnitřní, souvisí s kompetencemi učitele, nebo vnější. Mezi nejčastější vnitřní překážky patří nedostatek znalostí a dovedností, špatné porozumění principům vědeckého bádání a malá zkušenost s BOV. Proto je potřeba, aby se s badatelskou výukou setkali učitelé již jako studenti na vysoké škole, případně využili možnost postgraduálního studia ve formě workshopů zaměřených na BOV (Sporea et al., 2015; Stuchlíková, 2010). Vnější překážkou může být čas, zdroje, učební plány nebo nedostatečné znalosti a motivace žáků (Edelson et al., 1999).

Z naší práce je zřejmé, že na zlepšení znalostí a dovedností má výuková aktivita významný vliv (viz. obr. č. 3). Avšak rozdílný vliv výukových metod na dosažené množství znalostí se nepotvrdil. Tím byla naše hypotéza vyvrácena. Ani vliv školy nebyl statisticky průkazný. K podobnému závěru dospěl i Cobern et al. (2010), kdy tým prováděl výzkum na středních amerických školách a došel k závěru, že na osvojené znalosti má stejný vliv badatelské i tradiční vyučování. Důležité je ale získání badatelských dovedností získaných pouze při BOV. Výsledky se také shodují s prací Rokose (2015), jehož výzkum byl prováděn v prostředí vysoké školy. A Rokose

a Vomáčkové (2017), kdy testování proběhlo u žáků základních škol a na nižším stupni gymnázia. Oba výzkumy se zabývaly porovnáním výukových metod ve fyziologii člověka. Dále se naše výsledky shodují s výsledky Schneidera et al. (2002). Ti se ve své studii zaměřili na žáky středních škol a porovnávali skupiny pracující s BOV a s tradiční výukovou metodou. Badatelská výuka se ani zde neukázala jako efektivnější. Ke stejným výsledkům došli i Chall (2000); Klahr a Nigam (2004) či Moreno (2004), kteří tvrdí, že žákům chybí vedení učitelem a výuka je tak neefektivní.

Naopak významný vliv badatelské výuky na získané znalosti a dovednosti v oblasti přírodních věd ukazuje například výzkum Ryplové a Rehákové (2011) prováděný v 7. třídách základních škol, výzkum Changa a Moea (1999) zaměřený na žáky středních škol. Ditrich a Vácha (2016) se ve svém výzkumu zaměřili na primární stupeň základních škol, kde zkoumali efektivitu badatelské výuky s využitím školních zahrad. Výsledky ukazují, že BOV zvyšuje procento osvojených znalostí žáků nezávisle na tématu výuky. Pozitivní vliv badatelské výuky uvádí i Nezvalová (2010). Práce Stuchlíkové (2010) a Sproken-Smitha (2012) poukazují na skutečnost, že bádáním dochází k dlouhodobější fixaci nově získaných pojmů. Stejně tak Adnyana & Citrawathi (2017) tvrdí, že badatelské vyučování je přínosné pro zlepšení znalostí i vědeckých dovedností. Efektivitu badatelské výuky na zlepšení vědecké dovednosti potvrdil i výzkum Arantika et al. (2018). Dostál (2015) tvrdí, že BOV působí pozitivně na emoce žáků, tím zlepšuje zapamatování nových informací.

Některé výzkumy sledovali vliv badatelské výuky na jiné schopnosti a dovednosti, než je získání znalostí. Například Putri et al. (2018) a Rasyid & Khoirunnisa (2021) zjišťovali, zda dojde díky bádání ke zlepšení spolupráce mezi studenty. Oba výzkumy potvrdily pozitivní vliv BOV na podporu spolupráce. Elisanti et al. (2018) zkoumali vliv BOV na kritické myšlení studentů, i zde se bádání ukázalo jako přínosné. Widiana et al. (2018) se zaměřili na nasměrované bádání ve fyziologii zvířat, potvrdili efektivitu BOV na zlepšení studijních výsledků, kognitivního myšlení i psychomotoriky. Rosadi et al. (2018) zkoumali vliv badatelské výuky na analytické myšlení, badatelské vyučování se ukázalo jako efektivní. Novallyan et al. (2018) zjišťovali, zda díky praktickým činnostem vedených badatelskou formou dojde ke zlepšení porozumění tématům z obecné biologie. Vliv badatelské výuky se i v tomto případě potvrdil. Výzkum

Arthurové (2005) a Ditricha a Váchy (2016) potvrdil pozitivní vliv bádání na oblíbenost přírodních věd. Z výzkumu Bruderové a Prescottové (2013) vyplývá, že BOV je efektivní, ale musí být prokládané i jinými výukovými metodami. Minner et al. (2010) ve své práci analyzoval 138 studií, které srovnávají BOV s jinou výukovou metodou, a tvrdí, že polovina studií potvrdila pozitivní dopad BOV na množství zapamatovaných faktů.

Na výsledky našeho výzkumu mohla mít vliv náročnost sestaveného testu, nedostatek času na odučení vyučovací jednotky nebo nerovnoměrné rozřazení žáků do experimentální a kontrolní skupiny, jak se ukázalo při primární statistické analýze. Vhodné by bylo žáky roztrídít do skupin až podle bodového zisku v pre-testu.

8. ZÁVĚR

V práci jsme se zaměřili na badatelskou výuku a její vliv na získání znalostí a dovedností v oblasti genetiky. Navrhli jsme šest pracovních listů, tři s prvky bádání a zbylé tři na principu tradiční výuky zaměřené na stejné téma jako pracovní listy pro BOV. Zjišťovali jsme efektivitu BOV oproti tradiční výuce pomocí pre-testu a post-testu. Testování probíhalo na dvou gymnáziích na Vysočině. Výzkumu se zúčastnilo 46 žáků, ti byli náhodně rozděleni na experimentální a kontrolní skupinu. Data jsme následně vyhodnotili s použitím statistických metod.

Hlavním cílem práce bylo zjistit, zda má badatelsky orientovaná výuka oproti tradiční významně lepší vliv na získání znalostí a dovedností. Ke statisticky významnému zlepšení u žáků, kteří pracovali s badatelsky zaměřenými pracovními listy, oproti těm, kteří pracovali s tradičně zaměřenými, nedošlo. Vliv výukové metody, tedy badatelské nebo tradiční výuky, se nepotvrdil. Neprokázal se ani vliv školy. Zato po vypracování pracovních listů došlo ke statisticky průkaznému bodovému zlepšení u obou skupin.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adnyana, P. B., & Citrawathi, D. M. (2017). The Effectiveness of Question-Based Inquiry Module in Learning Biological Knowledge and Science Process Skills. *International Journal of Environmental and Science Education* 12(8), 1871-1878.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, J. A., Tobi, H., Wals, E. J., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-Based Science Education Competencies of Primary School Teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609–2640.
- Anderson, Ronald D. (1999). Inquiry in the everyday world of schools. *Focus: a magazine for classroom innovators (special issue)*, 6 (2), 16–17.
- Arantika, J., Saputro, S., & Mulyani, S. (2019). Effectiveness of guided inquiry based module to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Arthur, D. (2005). *The effect of inquiry-based instruction on student's participation and attitudes in a third grade science classroom*. Orlando: University of Central Florida.
- Barvíková, B., Broža, P., Hanáková, J., Hamplová Hronová, A., Hrdličková, B., Klírová, A., Kojecká, M., Koštířová, L., Křivánková, V., Kubátová, C., Němcová, T., Olšáková, M., Pižlová, J., Procházková, K., Rosová, A., Salačová, K., Svobodová, H., Štiplová, M., Toužimská H., & Zavoralová, L. Pět kroků: *PŘÍRUČKA PRO BADATELE, KTEŘÍ CHTĚJÍ MĚNIT SVĚT* [online]. Praha: Vzdělávací centrum TEREZA. Dostupné dne 18.9.2021 z: https://www.lipka.cz/soubory/vzdelavaci_program_bov_tereza--f11533.pdf
- Blažek, R., Janotová, Z., Potužníková, E., & Basl, J. (2019). *Mezinárodní šetření PISA 2018*. Praha: ČŠI [online]. Dostupné dne 5.3.2020 z: https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Mezin%c3%a1ron%c3%ad%20%c5%a1et%c5%99en%c3%ad/PISA_2018_narodni_zprava.pdf.
- Buck, B. L., Bretz, S. L., & Tows, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52 – 58.
- Bruder, R., & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM Mathematics Education*, 45, 811–822.

- Březina, M. (2010). *Podpora technických a přírodovědných oborů*. Didaktika biologie v České republice, 4-10 [online]. Dostupné dne 10.3.2020 z: <https://www.pf.jcu.cz/structure/departments/kbi/wp-content/uploads/2018/11/DiBi2010.pdf>.
- Bybee R. (2010) *The Teaching of Science: 21st Century Perspectives*. NTSA Press.
- Coburn, W. W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., & Undreiu, A. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research In Science & Technological Education*, 28(1), 81–96.
- Čapek, R. (2014). *Odměny a tresty ve školní praxi*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada. Pedagogika (Grada).
- Čížková, V. (2006). *Experimentální metoda v oborových didaktikách – možnosti a omezení*. V Současné metodologické přístupy a strategie pedagogického výzkumu. Plzeň: Katedra pedagogiky FPE ZČU v Plzni a Česká asociace pedagogického výzkum [online]. Dostupné dne 7.3.2020, z <https://docplayer.cz/35230568-Experimentalni-metoda-v-oborovych-didaktikach-moznosti-a-omezeni-vera-cizkova.html>.
- Činčera, J., & Mašková, V. (2009). *GLOBE v České republice: evaluace programu*. Interní dokument. Praha: Sdružení TEREZA
- Činčera, J. (2011). Rozvoj výzkumných kompetencí žáků na základní škole – zkušenosti z evaluace programu o Jizerských horách. *Envigogika: Charles University E-journal for Environmental Education*, 6(3). Dostupné z: <http://www.envigogika.cuni.cz/index.php/Envigogika/article/view/63>.
- Činčera, J., & Mašková, V. (2011). GLOBE in the Czech Republic: a program evaluation. *Environmental Education Research*, 17(4), 499–517.
- Činčera, J. (2013). *Badatelé.cz: evaluační zpráva*. Interní dokument. Praha: Sdružení TEREZA.
- Činčera, J. (2014). Význam nezávislých expertních center pro šíření badatelsky orientované výuky v České republice. *Scientia in educatione* 5(1), 74–81.
- Day, Ch. (2012). *Efektivní učitelé a jejich vášnivé zaujetí kvalitou*. *Orbis scholae*, 6 (3), 9–26.
- Dostál, J. (2015). *Badatelsky orientovaná výuka: pojetí, podstata, význam a přínosy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999): Addressing the Challenges of Inquiry Based Learning through technology and curriculum design. *Journal of The Learning Sciences*, 48, 391-450.
- Elisanti, E., Sajidan, S., & Prayitno, B. A. (2018). The Effectiveness Of Inquiry Lesson-Based Immunity System Module To Empower The Students' Critical Thinking Skill. *Journal of Edusains*, 10(1), 97–112. Dostupné dne 5.11.2021 z: https://www.researchgate.net/publication/352146869_Development_of_STEAM_Media_to_Improve_Critical_Thinking_Skills_and_Science_Literacy
- Ernst, D., Hodge, A., & Yoshinobo, S. (2017). *What Is Inquiry-Based Learning?*. Notices of the American Mathematical Society. 64, (570-574).
- Ewers, T. G. (2001). Teacher-directed versus learning cycles methods: effects on science process skills mastery and teacher efficacy among elementary education students. *Dissertation Abstracts International*, 62(07), 2387A.
- Fazio, X., Melville, W., & Bartley, A. (2010). The Problematic Nature of the Practicum: a Key Determinant of Pre-service Teachers' Emerging Inquiry-Based Science Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 21 (6), 665–681.
- Fučík, P., & Kuchař, V. (2012). *Evaluace pilotního projektu: Vzdělávání učitelů přírodopisu a biologie s tematikou badatelsky orientovaného vyučování*. Praha: MŠMT.
- Dorier, J. L. & García, F. J. (2013). Challenges and opportunities for the implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching. *ZDM Mathematics Education*, 45, 837–849.
- Dostál, J. (2015). *Badatelsky orientovaná výuka: kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na základních školách*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Havlíňová, M. (1998). *Program podpory zdraví ve škole: rukověť projektu Zdravá škola*. Praha: Portál.
- Hroník, F. (2006). *Hodnocení pracovníků*. Praha: Grada.
- Chall, J. S. (2000). *The academic achievement challenge*. New York: Guilford.
- Chinn, Ch., & Chia, L-G. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88(5), 707 – 727.

- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218.
- Ješková, Z., Lukáč, S., Šnajder, L., Guniš, J., Balogová, B., & Kirmeš, M. (2016). Hodnotenie bádateľských zručností žiakov gymnázia. *Scientia in educatione*, 7(2), 48–70.
- Jeřábek, J., Krčková S., & Hučínová, L. (2007a). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze.
- Jeřábek, J., Krčková, S., & Hučínová, L. (2007b). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou: RVP GSP*. Praze: Výzkumný ústav pedagogický.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004) The equivalence of learning paths in early scienceintruction: Effects of direct instructions and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661–667
- Kong, S. Ch., & Song, Y. (2014). The Impact of a Principle-based Pedagogical Design on Inquiry-based Learning in a Seamless Learning Environment in Hong Kong. *Educational Technology & Society*, 17 (2), 127–141.
- Koršňakova, P. (2015). Prirodovedna gramotnosť slovenských žiakov a študentov. In MATEJOVIČOVA, B.; SANDANUSOVA, A. (ed.). *Metodologické aspekty a výskum v oblasti didaktík prírodovedných, poľnohospodárskych a príbuzných odborov*. Nitra: FPV UKF, Prirodovedec, 171, 34–39.
- Krejčová, L. (2001). *Psychologické aspekty vzdělávání dospívajících*. České Budějovice: Grada Publishing.
- Krejčová, V., & Kargerová, J. (2003). *Vzdělávací program Začít spolu: metodický průvodce pro první stupeň základní školy*. Praha: Portál.
- Křeménková, L. & Novotný, S. (2010). *Profil motivační struktury učitele*. Dostupné z: <http://www.researchgate.net/publication/215826371>.
- Kulič, V. (1980). *Některá kritéria efektivity učení a vyučování a metody jejího zjišťování*. *Pedagogika*, 30(6), 677–698.
- Kvasnička, J. (2012). *Týden pro udržitelný život – vzdělávací program pro žáky ZŠ a SŠ*. Horní Maršov: SEVER.
- Lindner, M. (2014). *Project learning for university students*. Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XII., Praha.

- Lokša, J., & Lokšová, I. (1998). *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. Praha: Portál.
- Mandíková, D. (2009). *Postoje žáků k přírodním vědám – výsledky výzkumu PISA 2006*. *Pedagogika*, 59(4). Dostupné dne 10.3.2020, z: https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/files/2013/12/P_2009_4_06_Postoje_380_395.pdf.
- Maňák, J., & Švec, J. (2003). *Výukové metody*. Brno: Paido.
- Mareš, J., & Gavora, P. (1999): *Anglicko-český pedagogický slovník*. Portál, Praha.
- Mattheis, F. E., & Nakayama, G. (1988). *Effects of a laboratory-centered inquiry program on laboratory skills, science process skills, and understanding of science knowledge in middle grades students*. Dostupné z: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED307148.pdf>
- Means, B., Coleman, E., Lewis, A., Quellmalz, E., Marder, C. & Valdes, K. (1997). *GLOBE Year 2 evaluation: Implementation and progress*. Menlo Park, CA: SRI International.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. doi: 10.1002/tea.20347
- Molnár, J. (2007): *Konstruktivismus ve vyučování matematice*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load in novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback in discovery-based multimedia. *Instructional Science*, 32,99–113.
- Mrkvička, J. (1971): *Člověk v akci: motivace lidského jednání*. 1. vyd. Praha: Avicenum.
- Nakonečný, M. (2014). *Motivace chování*. 3., přeprac. vyd. V Praze: Triton.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nezvalová, D. (2010). *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Novallyan, D., Utami, W., Susanti, T., & Nehru, N. (2019). Evaluation of the Effectiveness of Practical Inquiry-based Biology Course. In *3rd Asian Education Symposium (AES 2018) (81-83)*. Atlantis Press.

- O'Connell, C. (2014). *Inquiry-Based Science Education: Primer to the international AEMASE conference report*. All European Academies, Berlín. Dostupné z: https://www.allea.org/wp-content/uploads/2015/09/AEMASE-conference-report_Primer_digital.pdf
- OECD. (2016). "Students' attitudes towards science and expectations of science-related careers" in PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education. Paris: OECD Publishing [online]. Dostupné dne 10.3.2020, z: <https://doi.org/10.1787/9789264266490-7-en>.
- OECD. (2019). *PISA 2018, Insights and Interpretations*. Paris: OECD Publishing [online].
- Papáček, M. (2010a): Limity a šance badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. 145-162. In.: Papáček M. (ed.): *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování (DiBi 2010)*. Sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010, Jihočeská univerzita, České Budějovice. 165 s. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/DiBi2010.pdf>.
- Papáček, M. (2010b). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in Education*, 1(1), 33 – 49.
- Patočka, J. (1991). *Sokrates: Přednášky z antické filosofie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Pavelková, I. (2002). *Motivace žáků k učení: perspektivy orientace žáků a časový faktor v žákovské motivaci*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Pecina, P., & Zormanová L. (2009): *Metody a formy aktivní práce žáků v teorii a praxi*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 147 s. Spisy Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity, sv. č. 114.
- Penuel, W. R., M. Bienkowski, L. Gallagher, C. Korbak, W. Sussex, R. Yamaguchi & Fishman, B. J. (2006). *GLOBE Year 10 evaluation: Into the next generation*. Menlo Park, CA: SRI International. Dostupné z: <http://www.globe.gov/fsl/evals/y10full.pdf>.
- (2) (PDF) *GLOBE in the Czech Republic: a program evaluation*. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/254251404_GLOBE_in_the_Czech_Republic_a_program_evaluation [accessed Mar 14 2021].

- Petr, J. (2014). *Možnosti využití úloh z biologické olympiády ve výuce přírodopisu a biologie: inspirace pro badatelsky orientované vyučování* (1st ed.). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Podroužek, L., & Vágnerová, P. (2016). *Mezipředmětové vztahy a badatelské metody v popularizaci vědy: geografie, biologie* [online]. Dostupné dne 25.1.2020, z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29406/1/Mezioborove%20vztahy.pdf>.
- Prawat, R. S. (1977). Problematizing Dewey's Views on Problem Solving: A Reply to Hiebert et al. *Educational Researcher*, 26 (2), 19–21.
- Prokop, P., Tuncer, G., & Chudá, J. (2007). *Slovakian students' attitudes toward biology*. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4) [online]. Dostupné dne 23.1.2020, z: <https://www.ejmste.com/download/slovakian-students-attitudestoward-biology-4077.pdf>
- Průcha, J., Walterová E., & Mareš, J. (2001). *Pedagogický slovník*. 3., rozšířené a aktualizované vydání. Praha: Portál.
- Putri, F. A., Anggraito, Y. U., & Alimah, S. (2018). The Effectiveness of Guided Inquiry Strategy on Students' Collaborative Skill. *Journal of Biology Education*, 7(2), 144-150.
- Radvanová, S., Čížková, V., & Martinková, P. (2018). Mění se pohled učitelů na badatelsky orientovanou výuku? *Scientia in educatione*, 9(1), 81–103.
- Rasyid, M., & Khoirunnisa, F. (2021). The Effect Of Project-Based Learning On Collaboration Skills Of High School Students. *JURNAL PENDIDIKAN SAINS (JPS)*. 9(1), 113-119 [online]. Dostupné dne 5. 11. 2021, z: <https://doi.org/10.26714/jps.9.1.2021.113-119>.
- Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). " Inquiry-Based Science Education". In *Science Education*. Leiden, The Netherlands: Brill | Sense. Dostupné dne 18.2.2021 z: <https://brill.com/view/book/edcoll/9789463007498/BP000020.xml>
- Rokos, L., & Lišková, J. 2020. Badatelsky orientovaná výuka ve výuce přírodopisu a biologie pohledem učitelů z praxe a budoucích učitelů. *Arnica* 10, 1, 18–25. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.

- Rokos, L., & Vomáčková, V. (2017). Hodnocení efektivity badatelsky orientovaného vyučování v laboratorních pracích při výuce fyziologie člověka na základní škole a nižším stupni gymnázia. *Scientia in education*. 8 (1). 32 – 45.
- Rokos, L. (2017). *Hodnocení badatelsky orientované výuky biologie* (Dizertační práce). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.
- Rokos, L. (2015). *Assessment of inquiry-based science teaching in biology education*. Poster prezentovaný na 11. konferenci European Science Education Research Association, Helsinky.
- Rosadi, I., Maridi, M., & Sunarno, W. (2018). The Effectiveness of Process-Oriented Guided Inquiry Learning to Improve Students' Analytical Thinking Skills on Excretory System Topic. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(3), 684-690.
- Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2012). *Effects of a 1- day environmental education intervention on environmental attitudes and connectedness with nature*. European Journal of Psychology of Education. Dostupné dne 30.1.2020, z: <http://doi.org/10.1007/s10212-012-0155-0>.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410–422. doi: 10.1002/tea.10029.
- Schwarz, R. S., & Crawford, B. A. (2014). Authentic scientific inquiry as context for teaching nature of science: Identifying critical elements for success. In FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (ed.). *Science inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic. Publisher.
- Skalková, J. (2005). Rámcové vzdělávací programy – dlouhodobý úkol. *Pedagogika*, 55 (1), 4–19.
- Sporea D., Sporea A., & Iacob C. (2015). Inquiry-Based Science Education In Dimensional Measurement Teaching. *Romanian Reports in Physics* 67, 1206 1217.

- Spronken-Smith, R. (2012). *Experiencing the process of knowledge creation: The nature and use of inquiry-based learning in higher education*. Paper prepared for International Colloquium on Practices for Academic Inquiry. University of Otago.
- Stuchlíková, I. (2010). O badatelsky orientovaném vyučování. In: *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování. DiBi 2010: sborník příspěvků semináře, 25. a 26. března 2010*. Editor Miroslav Papáček. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Stuchlíková, I. 2018. *Konstruktivismus z psychologické perspektivy*. Plenární přednáška na konferenci Didactica Viva, 13. 12. 2018, Masarykova univerzita, Brno.
- Sýkora, F. (2003). *Pedagogická psychologie v učitelské praxi*. Brno: Institut mezioborových studií.
- Škoda, J., & Doulik, P. (2009). Vývoj paradigmat přírodovědného vzdělávání. *Pedagogická orientace*, 19 (3), 24–44.
- Špok, D. (2014). *Povolání, zaměstnání, pracovní pozice nebo profese? Dostupné na: <http://www.etlabora.cz/povolani-zamestneni-pracovni-pozice-profese/>,*
- Tomášek, V., Basl, J., & Janoušková, S. (2016). *Národní zpráva TIMSS 2015*. Česká školní inspekce. Dostupné dne 34.3.2021 z: https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Mezin%3%a1ron%3%ad%20%c5%a1et%c5%99en%c3%ad/timss_.pdf
- Tomášek, V., Boudová, S., Klement, L., Basl, J., Zatloukal, T., Pražáková, D., & Janoušková, S. (2020). *Národní zpráva TIMSS 2019*. Česká školní inspekce. Dostupné dne 34.3.2021 z: https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Mezin%3%a1ron%3%ad%20%c5%a1et%c5%99en%c3%ad/TIMSS_2020_e-verze.pdf
- Vácha, Z., & Ditrich, T. (2016). Efektivita badatelsky orientovaného vyučování na primárním stupni základních škol v přírodovědném vzdělávání v České republice s využitím prostředí školních zahrad. *Scientia in Education*, 7(1), 65–79. <https://doi.org/10.14712/18047106.293>
- Veteška, J., & Tureckiová, M. (2008). *Kompetence ve vzdělávání*. Praha: Grada.
- Vermeersch, J. (2005). *ZačnĚme s ODL*. Apeldoorn: Garant.
- Vlčková, J., & Kubiátko, M. (2014). *Přírodopis v očích žáků 2. stupně základních škol*.

- ePedagogium, 14(1). Dostupné dne 10.3.2020, z: <https://epedagogium.upol.cz/pdfs/epd/2014/01/03.pdf>.
- Votápková, D. (2013). *ed. Bádálek: badatelské lekce pro 6.- 9. ročník ZŠ*. Praha: Sdružení Tereza.
- Votápková, D., Vašíčková, R., Svobodová, H., & Semerádová, B. (2013). *Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním* [online]. 2013. Sdružení TEREZA. Dostupné dne 24.2.2020 z: https://globe-czech.cz/_files/userfiles/01_Pruvodce_pro_ucitele.pdf.
- Weinert, F. E. (2001). Concept of Competence: a Conceptual Clarification. In: *Defining and Selecting Key Competencies*. Editor Dominique Rychen, Laura Salganic. Göttingen: H and H Publishers.
- White Wolf Consulting. (2009). *Důvody nezájmu žáků o přírodovědné a technické obory*. Dostupné dne 10.3.2020, z http://vzdelavani.unas.cz/duvody_nezajmu_obory.pdf.
- Widiana, R., Sumarmin, R., & Susanti, D. (2018). The Effectiveness and Implementation of Guiding Practical Based Guided Inquiry to Improving Learning Outcomes on Animal Physiology. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 10(1), 126-133. doi: <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v10.1.539>

10. PŘÍLOHY

Příloha 1

1. Stručně popište genetický drift. **2 body**

Nesprávná odpověď – 0 bodů

Náhodný jev – 1 bod

Náhodný posun frekvence alel – 2 body

2. Správně přiřadte pojmy k definici **3 body** (1 správná odpověď – 1 bod, 2 správné odpovědi – 2 body, 3 správné odpovědi – 3 body, žádná správná odpověď – 0 bodů)

1. selekční tlak **A**, vznik nových alel nebo změna z dominantní na recesivní
2. migrace **B**, rozšíření nebo ochuzení genofondu o alely
3. mutace **C**, častější přenos výhodné alely do dalších generací

1	C
---	---

2	B
---	---

3	A
---	---

3. Rozhodněte o správnosti tvrzení: **3 body** (1 správná odpověď – 1 bod, 2 správné odpovědi – 2 body, 3 správné odpovědi – 3 body, žádná správná odpověď – 0 bodů)

- A**, Gonozomálně recesivní nemoci jsou častější u mužů **ANO** **NE**
- B**, Genetický drift má větší efekt v malé populaci **ANO** **NE**
- C**, Krevní skupina 0 je považována za univerzálního příjemce **ANO** **NE**

4. Hemofilie je gonozomálně recesivní dědičná choroba. Vytvořte rodokmen, pokud máte k dispozici následující informace (doplň všechny možné varianty):

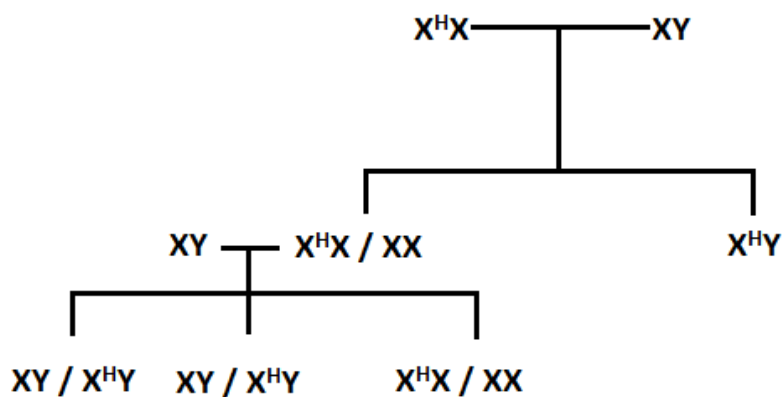
4 body (P generace – 1 bod, F1 generace 1 body, F2 generace 2 body; neúplná generace 0 bodů)

A, matka je přenašečka

B, otec je zdravý

C, rodiče mají 1 syna (nemocného) a 1 dceru

D, syn děti nemá, dcera má 2 syny a 1 dceru (její manžel je zdravý)



Jaká je pravděpodobnost, že bude muž v druhé generaci nemocný? **1 bod**

Nesprávná odpověď **0 bodů**

Pravděpodobnost je 50 %. **1 bod**

Jaká je pravděpodobnost, že se nemoc projeví u ženy ve druhé generaci?

1 bod

Nesprávná odpověď **0 bodů**

Pravděpodobnost 0%. **1 bod**

Je možné, aby děti ve třetí generaci byly hemofilici? Vysvětli. **2 body**

Nesprávná odpověď **0 bodů**. Konstatování, že ano, ale bez vysvětlení. **1 bod**

Vysvětlení, proč tomu tak je (Matka může být přenašečka – muži ve 3. generace můžou být hemofilici) **(2body)**

5. Vypište všechny krevní skupiny podle ABO systému. K jednotlivým krevním skupinám doplň všechny možné kombinace alel. **3 body** (žádná alela doplněna správně – **0 bodů**)

Krevní skupina A – $I^A I^A, I^A I^0$ **1 bod**

Krevní skupina B – $I^B I^B, I^B I^0$ **1 bod**

Krevní skupina AB – $I^A I^B$ **0,5 bodu**

Krevní skupina 0 – $I^0 I^0$ **0,5 bodu**

6. Jakou krevní skupinu budou mít děti rodičů s krevními skupinami A a 0?

Doplň alely do Punnettova čtverce, následně odpověz na otázku

2 body (**1 bod** za správně doplněný Punnettův čtverec, **0,5 bodu** za správně doplněné alely P generace, **0,5 bodu** za správně doplněné alely F generace, nesprávně doplněné čtverce – **0 bodů**).

	A	0
0	A0	00
0	A0	00

	A	A
0	A0	A0
0	A0	A0

Případně doplněné alely I^A, I^0

Odověď: 1 bod (**1 bod** – obě krevní skupiny správně. Pouze jedna skupina správně **0,5 bodu**. Nesprávná odpověď **0 bodů**)

Děti můžou mít krevní skupinu A nebo 0.

7. Barvoslepost je gonozomálně recesivní choroba. Manželé měli barvoslepotu dceru, matka viděla barvy správně. **2 body** (1 bod za správně napsaný genotyp, ani jeden genotyp správně – 0 bodů)

Jaké jsou genotypy obou rodičů?

Matka X^DX (1bod), otec X^DY (1 bod)

8. Pacientovi byla podána transfuze s krevní skupinou A. Jeho tělo ale krev odmítlo a pacient zemřel. Vysvětlete, proč se tak stalo.

2 body

Nesprávná odpověď (0 bodů)

Pacient měl jinou krevní skupinu (1 bod)

Pacient měl jinou krevní skupinu, došlo ke shluknutí (aglutinaci) krve. (2 body)

Můžeme říct, jakou krevní skupinu určitě neměl? Pokud ano, napište jakou.

2 body

Krevní skupinu A a AB. (pouze 1 krevní skupina správně – 1 bod, obě správně - 2 body, žádná krevní skupina správně 0 bodů)

9. Gonozomálně recesivní chorobou jsou častěji postiženi muži, ženy nebo na pohlaví nezáleží? **1 bod**

Nesprávná odpověď (0 bodů).

Muži (1 bod).

Jak je to u gonozomálně dominantní dědičnosti? Jsou častěji postiženi ženy nebo muži? **2 bod**

Nesprávná odpověď (0 bodů)

Muži i ženy. (1 bod)

Muži i ženy, ale ženy častěji. (2 body) (Postižený muž bude mít postižené všechny dcery ale žádné postižené syny)

10. Vyberte správnou odpověď: **1 bod** (nesprávná odpověď **0 bodů**)

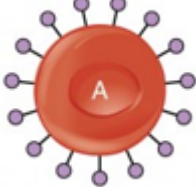
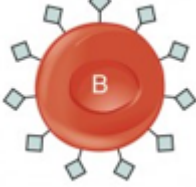
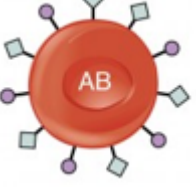







Při genetickém driftu:

A, převládne vždy dominantní alela

B, působí na všechny alely

C, převládne vždy recesivní alela

DĚDIČNOST KREVNÍCH SKUPIN

	A	B	AB	0
Typ červené krvinky				
Protilátka	 Anti – B	 Anti – A	žádný	 Anti – B a Anti – A
Antigen	 A antigen	 B antigen	 A a B antigen	žádný
Alely	$I^A I^A$ $I^A I^0$	$I^B I^B$ $I^B I^0$	$I^A I^B$	$I^0 I^0$

(převzato a upraveno: <https://courses.lumenlearning.com/ap2/chapter/blood-typing/>)


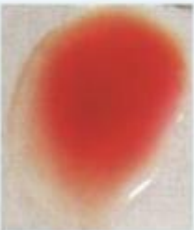
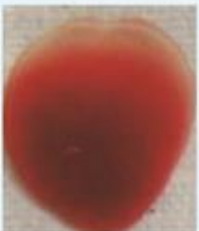
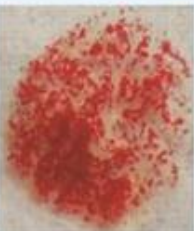
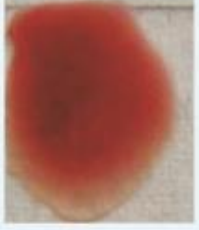
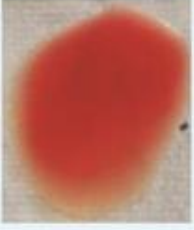


Existuje několik krevně skupinových systémů. Nejznámější je asi **AB0 systém**. Na membráně červených krvinek jsou specifické **antigeny A a B**. Antigeny mají schopnost uplatňovat se v procesu shlukování – aglutinace krve. Podle toho, které z těchto antigenů jsou přítomny, se určuje krevní skupina. V krevní plazmě jsou bílkovinné protilátky – **anti-A a anti-B**. Protilátky jsou součástí imunitního systému, pomáhají tedy jedince chránit. Protilátka je jedinečná, je určena k rozpoznání specifické struktury = antigenu. Navázání protilátky na antigen je signál pro imunitní systém k odstranění.

(zdroj: <https://www.labtestsonline.cz/vysetreni-protilatek.html>, <http://www.genetika-biologie.cz/krevni-skupiny>)

Příklad: B antigen má tvar, který zapadne do protilátky anti – B a dojde k aglutinaci.

Dědičnost krevních skupin

1. Doplňte do tabulky krevní skupiny:

Anti-A	Anti-B	Krevní skupina
		A
		B
		0
		AB

(převzato a upraveno: <http://sciandbeyond.blogspot.com>)

Která skupina je teoreticky univerzální dárce červených krvinek? Která univerzální příjemce?

Univerzální dárce je krevní skupina 0, příjemce AB.

2. Doplňte všechny možné kombinace alel ke krevním skupinám.

	Všechny možnosti alel
A	$I^A I^A, I^A I^0$
B	$I^B I^B, I^B I^0$
AB	$I^A I^B$
0	$I^0 I^0$

Záměna dětí?

Dvěma párům se narodily děti ve stejné nemocnici ve stejný den.

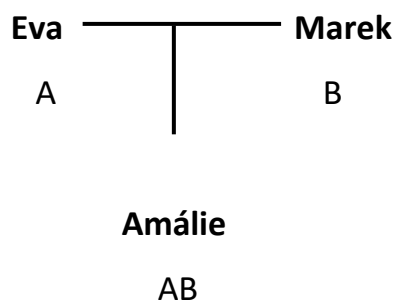
Eva a Marek měli dceru Amálii.

Kristýně a Jakobovi se narodili dvojčata, syn Lukáš a dcera Barbora.

A. Pro lepší přehlednost si vytvořte rodokmen obou rodin.

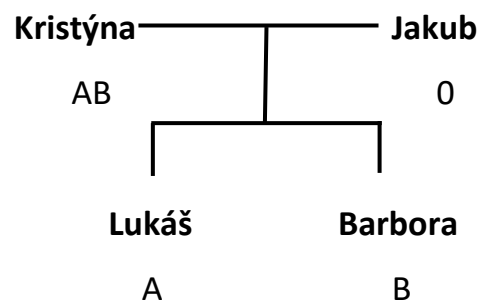
rodiče: Eva, Marek

děti: Amálie



rodiče: Kristýna, Jakob

děti: Lukáš, Barbora



- B.** Kristýna měla podezření, že jí holčičku vyměnili. Trvala na testech DNA. Na určení rodičovství ale tentokrát nemohl být použit moderní DNA fingerprinting.

Napadá vás jiná, starší, ale osvědčená metoda na určení rodičovství?

Potvrdit nebo vyvrátit rodičovství můžeme podle krevních skupin. Není to ale 100%.

- C.** Jak byste určili krevní skupinu dítěte, pokud máte k dispozici séra s protilátkami anti-A a protilátkami anti-B, krev dítěte, zkumavky, stojánek a kapátka? Pokus podrobně popiš (postup, výsledek, závěr....)

Do jedné zkumavky dáme sérum anti-A, do druhé anti-B a do třetí sérum anti-A i anti-B. Zkumavky si popíšeme. Do všech zkumavek přidáme pomocí kapátka pár kapek krev dítěte. Sledujeme, kde se krev srazila. Pokud ve zkumavce 1 a 3, dítě má krevní skupinu A, ve zkumavce 2 a 3 má krevní skupinu B. Pokud se krev nesrazí v žádné, má krevní skupinu 0, pokud ve všech, má krevní skupinu AB.

Ověřte si správnost svého postupu zhlédnutím videa.

<https://www.youtube.com/watch?v=J5xSUhyXyIE>

D. Vraťme se zpátky k případu možné výměny dětí.

Eva má krevní skupinu A, Marek B. Kristýna AB a Jakub O.

Jakou krevní skupinu má Amálie, jestliže se jí krev srazila po přidání séra s anti-A i anti-B? Lukášova krev se srazila se sérem anti-A a Barbory s anti-B.

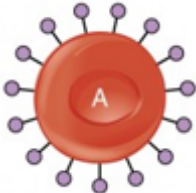
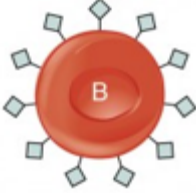
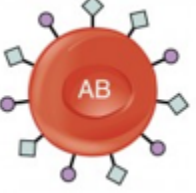







K vytvořenému rodokmenu z prvního úkolu doplň alely ke všem jedincům.

E. Vyvodte závěr, zda byla chyba na straně nemocnice a holčičky byly vyměněny nebo se spletla Kristýna a Barbora je její dcera.

Závěr:

Chyba na straně nemocnice nebyla, pokud by Amálie byla dcera Kristýny a Jakuba, nemohla by mít krevní skupinu AB.

DĚDIČNOST KREVNÍCH SKUPIN

	A	B	AB	0
Typ červené krvinky				
Protilátka	 Anti – B	 Anti – A	žádný	 Anti – B a Anti – A
Antigen	 A antigen	 B antigen	 A a B antigen	žádný
Alely	$I^A I^A$ $I^A I^0$	$I^B I^B$ $I^B I^0$	$I^A I^B$	$I^0 I^0$

(převzato a upraveno: <https://courses.lumenlearning.com/ap2/chapter/blood-typing/>)

Existuje několik krevně skupinových systémů. Nejznámější je asi **AB0 systém**. Na membráně červených krvinek jsou specifické **antigeny A a B**. Antigeny mají schopnost uplatňovat se v procesu shlukování – aglutinace krve. Podle toho, které z těchto antigenů jsou přítomny, se určuje krevní skupina. V krevní plazmě jsou bílkovinné protilátky – **anti-A a anti-B**. Protilátky jsou součástí imunitního systému, pomáhají tedy jedince chránit. Protilátka je jedinečná, je určena k rozpoznání specifické struktury = antigenu. Navázání protilátky na antigen je signál pro imunitní systém k odstranění.

(zdroj: <https://www.labtestsonline.cz/vysetreni-protilatek.html>, <http://www.genetika-biologie.cz/krevni-skupiny>)



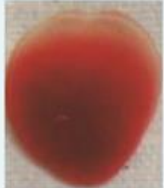
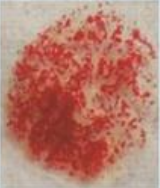
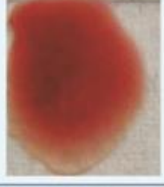
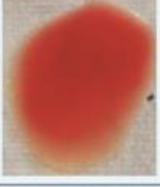


Příklad: B antigen má tvar, který zapadne do protilátky anti – B a dojde k aglutinaci.

Dědičnost krevních skupin

1. Která krevní skupina může být teoreticky univerzální příjemce?
Vysvětlete proč. Která krevní skupina je teoreticky univerzální dárce?

Univerzální dárce je krevní skupina 0, příjemce AB.

2. Doplňte do tabulky krevní skupiny:

Anti-A	Anti-B	Krevní skupina
		A
		B
		0
		AB

(převzato a upraveno: <http://sciandbeyond.blogspot.com>)

3. Co by se stalo, pokud by pacientovi s krevní skupinou A byla podána transfuze s krví skupiny B?


Protilátka pacienta by reagovala na antigen anti-B (v krvi skupiny B) a došlo by ke shluknutí krve a pravděpodobně smrti pacienta.

4. Doplňte všechny možné kombinace alel ke krevním skupinám.

	Všechny možnosti alel
A	$I^A I^A, I^A I^0$
B	$I^B I^B, I^B I^0$
AB	$I^A I^B$
0	$I^0 I^0$

5. Jakou krevní skupinu bude mít dítě, pokud má matka krevní skupinu A a otec krevní skupinu 0?

Doplňte alely rodičů do Punnettova čtverce a zjistěte tak možné kombinace alel dítěte. Pokud je více kombinací alel, dodělejte si čtverec.

	A	A / 0
0	A0	A0 / 00
0	A0	A0 / 00

Vyber správnou odpověď.

A, krevní skupina A

B, krevní skupina 0

C, krevní skupina A nebo 0

6. Jaká je pravděpodobnost, že dítě bude mít krevní skupinu 0, pokud mají oba rodiče heterozygótně krevní skupinu B?

Pravděpodobnost je 25 %

Příloha 4

1. krok

Rozdělit žáky do skupin a přečíst si článek (skupina 3-4 žáci).

2. krok

Společná diskuze o článku, vytvoření výzkumných otázek – Co žáky napadlo po přečtení článku? (Co je královská nemoc? Jak se přenáší? Jak je možné, že jsou nemocní jen muži? Jak je častá? Jaké je riziko smrti?....)

3. krok

Rozdat žákům pracovní list.

4. krok

Vypracování pracovního listu

Královská nemoc hýbala evropskými dějinami

Královna Viktorie (1837–1901) byla velmi plodná, s manželem princem Albertem měli devět dětí. Přestože byla anglická královna Viktorie zdravá, předala tuto nemoc prostřednictvím svých potomků několika královským rodům. Nemocný byl i Viktoriin osmý syn Leopold, který trpěl na časté krvácení, což bylo poprvé zaznamenáno i v britském lékařském časopise (*British Medical Journal*) v roce 1868. Leopold zemřel ve věku 31 let na následky krvácení do mozku.

Leopoldova dcera Alice byla zdravá, ale její syn vikomt Trematon se narodil nemocný. Trematona potkal podobný osud jako jeho dědečka a zemřel opět v důsledku mozkového krvácení.

Dvě z dcer královny Viktorie, Alice a Beatrice, byly také zdravé. Protože v té době bylo zvykem uzavírat sňatky mezi šlechtickými rody v celé Evropě, gen pro královskou nemoc přenesly do španělské a německé královské rodiny i do ruské carské rodiny.

Převzato a upraveno: <https://www.hemofilie.cz/clanky-o-hemofilii/kralovska-nemoc-hybala-evropskymi-dejinami-49591>

(žákům byl předložen článek bez zdroje, kvůli názvu nemoci v odkazu)

1. Zkuste se zamyslet nad následující otázkou + si dopište otázky z úvodní diskuze, které vás nejvíce zaujaly (pokud jsou jiné)

JAK SE NEMOC DĚDÍ?

Svou domněnku zapište.

Nemocí trpí pouze muži.

2. Využijte internet nebo knihu k ověření své domněnky.

Jedná se o gonozomálně recesivní dědičnost, vázanou na X. Postižení jsou ve většině případů muži, protože mají pouze jeden chromozom X, ženy jsou spíše přenašečky $X^H X$.

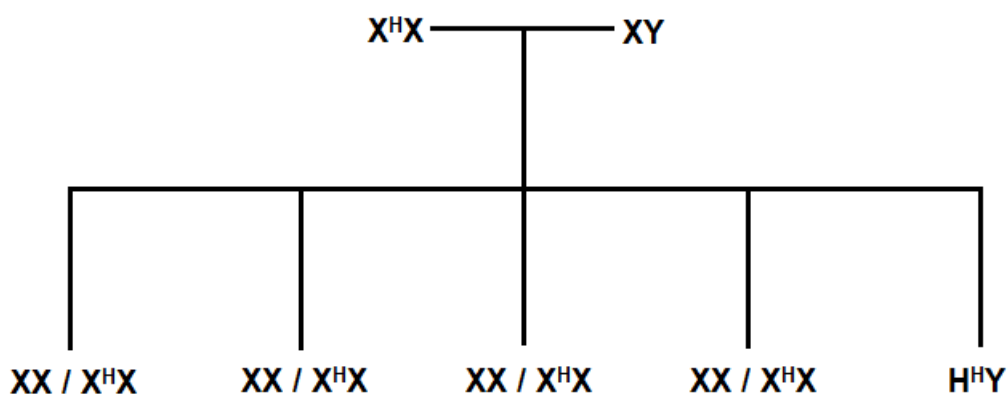
3. Byla výsledky hledání vaše domněnky potvrzena nebo vyvrácena?

Domněnka byla potvrzena.

4. Přečtěte si příběh, jak se královská nemoc šířila dál.

Alexandra, vnučka královny Viktorie, se počátkem 20. století vdala za posledního ruského cara Mikoláše II, který nemocí netrpěl. Carský pár toužil po synovi – následníkovi trůnu – carevně se ale postupně narodily čtyři dcery. Až jako páté dítě se narodil syn Alexej, který královskou nemocí trpěl.

a, Udělejte rodokmen carské rodiny, sleduj alely pro královskou nemoc.



b, Jaký bude genotyp mužů a žen ve 3. generaci?

Ženy – (zdravý otec) XX, X^HX ; (hemofilik) X^HX, X^HX^H
Muži – XY, X^HY

c, Může v nějakých případech nemoc vymizet?

Ano.

d, Na jaký chromozom je nemoc vázána (gonozom nebo autozom)?

Na gonozom.

5. Najděte pomocí knihy nebo internetu podobnou, ale gonozomálně dominantní chorobu a popište rozdíly. Které nemoci jsou častější a proč?

Vitamin D rezistentní rachitis.

Gonozomálně dominantní nemoci jsou častější u žen, protože nemoc mohou zdědit od obou rodičů. Gonozomálně recesivní jsou zase častější u mužů, protože mají pouze jeden chromozom X. Ženy mají dva chromozomy, jsou spíše přenašečky.

Příloha 5

Královská nemoc hýbala evropskými dějinami

Královna Viktorie (1837–1901) byla velmi plodná, s manželem princem Albertem měli devět dětí. Přestože byla anglická královna Viktorie zdravá, předala tuto nemoc prostřednictvím svých potomků několika královským rodům. Nemocný byl i Viktoriin osmý syn Leopold, který trpěl na časté krvácení, což bylo poprvé zaznamenáno i v britském lékařském časopise (*British Medical Journal*) v roce 1868. Leopold zemřel ve věku 31 let na následky krvácení do mozku.

Leopoldova dcera Alice byla zdravá, ale její syn vikomt Trematon se narodil nemocný. Trematona potkal podobný osud jako jeho dědečka a zemřel opět v důsledku mozkového krvácení.

Dvě z dcer královny Viktorie, Alice a Beatrice, byly také zdravé. Protože v té době bylo zvykem uzavírat sňatky mezi šlechtickými rody v celé Evropě, gen pro královskou nemoc přenesly do španělské a německé královské rodiny i do ruské carské rodiny.

Královská nemoc je gonozomálně recesivní nemoc. To znamená, že je vázána na chromozom X, přičemž pokud jsou přítomny dva chromozomy X, ale jen jeden nese gen pro nemoc, nemoc se neprojeví. Pokud se jedná o muže (XY), je přítomný jen jeden chromozom X, nemoc se projeví. V případě gonozomálně dominantní dedičnosti stačí gen pouze na jenom chromozomu X, aby se nemoc projevila.

Převzato a upraveno: <https://www.hemofilie.cz/...591>

(žákům byl předložen článek bez zdroje, kvůli názvu nemoci v odkazu)

1. Čím je projev nemoci ovlivněn?

A, životním stylem

B, pohlavím

C, věkem

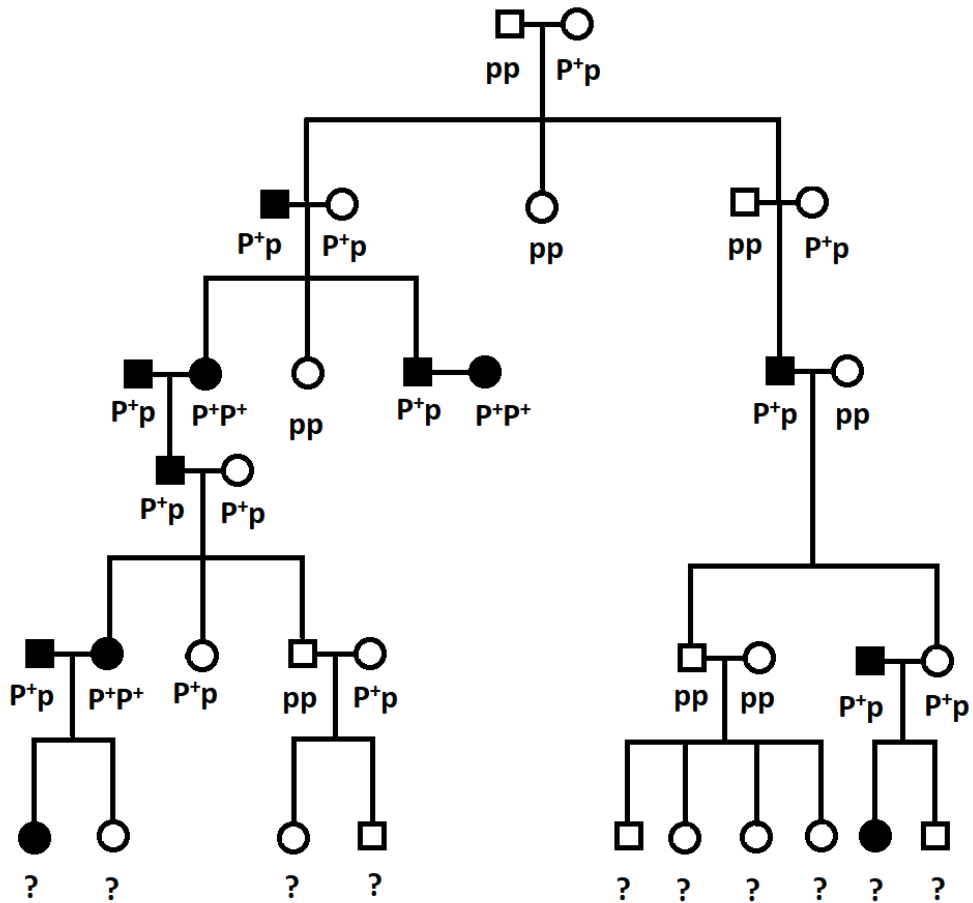
2. Je pravda, že jsou gonozomálně recesivní choroby jsou častější u mužů?
Své tvrzení zdůvodněte.

Ano, je to pravda. Většina nemocí je vázána na chromozom X. Muži mají jenom jeden, tudíž jim stačí zdědit jeden a nemoc se projeví. Ženy mají dva chromozomy X, musely by zdědit oba chromozomy s genem pro nemoc. Jsou spíše přenašečky.

3. Na jaký chromozom je nemoc vázána (gonozom nebo autozom)?

Je vázána na gonozom.

4. Doplňte rodokmen znaku, který má stejný princip dědičnosti, jako královská nemoc.



5. Je možné, aby v některých případech nemoc vymizela?

Ano, je to možné.

Příloha 6

Postup pro učitele:

1. krok

Zopakování pojmů populace, genofond, alogamická, autogamická a panmiktická populace – předpokládáme, že žáci už tyto pojmy znají (pokud neznají, pustíme video: <https://www.youtube.com/watch?v=-HpXRg71gvE>).

2. krok

Společný rozhovor o panmiktické populaci. Jaké vnější vlivy působí na genofond populace? Mutační tlak, selekční tlak, migrace, genetický drift (píšeme na tabuli). Zúžíme okruh na malou populaci například na izolovaném ostrově a vytvoříme společně výzkumné otázky.

Výzkumné otázky – příklad:

Může v panmiktické populaci na izolovaném ostrově výhodná alela vymizet?

Může v panmiktické populaci na izolovaném ostrově nevýhodná alela převládnout?

3. krok

Rozdat žákům pracovní list.

4. krok

Vypracování pracovního listu, provedení pokusu. Poté promítnutí GIFu pro lepší názornost jevu a prezentace s konkrétními případy (Příloha 7).

Postup pokusu:

Rozdělte žáky na čtyři skupiny, žáci v každé skupině dostanou lísteček se stejnou barvou (celkem tedy čtyři barvy lístečků). Jednu barvu označte jako výhodnou nebo nevýhodnou alelu (podle výzkumné otázky). Žáci se začnou pohybovat po třídě (ta představuje izolovaný ostrov). Zastaví se s náhodným spolužákem a stříhnou si kámen – nůžky – papír („oplozování“). Přenese se alela toho žáka, který vyhraje. Žák, který prohrál, schová svůj lístek a utrhne si kousek od spolužáka, který vyhrál. Po cca 5 minutách se hra ukončí a spočítají se alely – lístečky po barvách.

Genetika populací

1. Zaznamenejte výzkumnou otázku / výzkumné otázky.

Může v malé populaci nevýhodná alela převládnout (výhodná vymizet)?

2. Napište svoji hypotézu (domněnku).

Ano, v malé populaci to možné je, ve velké už pravděpodobně ne.

Proveďte pokus k ověření hypotézy podle instrukcí učitele.

3. Vyhodnocení výsledků – vytvořte tabulku a do ní zaznamenejte výsledky (počet alel před i po).

	Počet před	Počet po
Alela 1	3	2
Alela 2	3	0
Alela 3	3	4
Alela 4 nevýhodná	3	6

4. Napište závěr. Porovnejte ho se svou hypotézou.

Ano, je možné, aby v malé populaci nevýhodná alela převládla. Naše hypotéza se potvrdila.

5. Jaký vnější vliv působil na populaci?

Genetický drift.

Popište, jak vliv působí.

Došlo k náhodné změně ve frekvenci alel. Na začátku byly všechny alely ve stejném poměru, v dalších generacích byla nevýhodná alela častější, ostatní naopak méně.

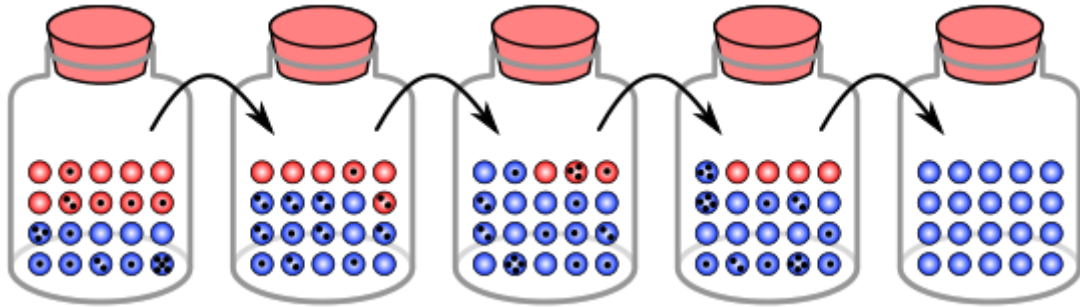
Je efekt tohoto vnějšího vlivu výraznější v malých nebo velkých populacích?

Výraznější je v malých populacích.

6. Napadají vás výhody a nevýhody migrace? Napište jaké.

Může se objevit výhodná alely, ale i nevýhodná.

Příloha č. 7



https://www.wikiskripta.eu/w/Genetick%C3%BD_drift (GIF – ukázka genetického driftu)

Amišové

• Ellisův-van Creveldův syndrom

- defektní vývoj zubů
- špatně formované nehty
- Zakrslostí
- srůst kostí ruky
- strukturální srdeční vady

• Polydaktylie

= nadbytečné prsty



Polydaktylie, nadpočetný prst, mnohoprstost

<https://www.priznaky-projevy.cz/geneticke-nemoci/1251-polydaktylie-nadpocetny-prst-mnohoprstost-priznaky-projevy-symptomy>

Hypercholesteremie na Sardinii

- zvýšený LDL-cholesterol



• https://www.wikiskripta.eu/w/Prim%C3%A1rn%C3%AD_hypercholesterolemie

Příloha č. 8

Po zhlédnutí videa doplnit pracovní list.

<https://www.youtube.com/watch?v=-HpXRg71gvE>

Genetika populací

1. Vysvětlete pojem populace.

Skupina jedinců stejného druhu se společným genofondem, která obývá určitou oblast.

2. Vyberte správnou odpověď:

Jaký je efekt genetického driftu v malých populacích?

A, efekt je v malých populacích větší

B, efekt je v malých populacích menší

C, efekt je v malých populacích stejný

3. Napadají vás výhody a nevýhody migrace? Napište jaké.

Může se objevit výhodná alely, ale i nevýhodná.

4. Napište alespoň 3 vnější vlivy, které působí na soubor alel populace.

Migrace, mutace, selekce a genetický drift.

5. Stručně popište genetický drift.

Dochází ke změně frekvence alel, je to náhodný děj a jeho efekt je větší v malých populacích.

**6. Je možné, aby v malé populaci:
Vymizela výhodná alela?**

Ano, je to možné.

Převládla nevýhodná alela?

Ano, i to je možné.