

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Možnosti využití badatelsky orientované výuky na středních školách

Diplomová práce

Mgr. Václav Fiala

Školitel: doc. RNDr. Jan Kaštovský, PhD

České Budějovice 2016

Fiala, V. 2016: Možnosti využití badatelsky orientované výuky na středních školách [The Possible Ways of Using Inquiry-based Learning Education at Higher Secondary Schools. Mgr. Thesis, in Czech] – 80 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 22. 04. 2016

.....
Mgr. Václav Fiala

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému školiteli, doc. RNDr. Janu Kaštovskému, PhD za to, že se mě ujal a měl se mnou trpělivost., Ing. Marii Hronkové, PhD za jejího obětavého ducha a své manželce za podporu.

ABSTRAKT

Badatelsky orientovaná výuka je metoda vyučování, která staví do popředí zájmy žáka a jeho vlastní aktivitu. Svoji strukturou velmi přispívá k rozvoji různých znalostí a dovedností. Ačkoli využívá vědeckých metodických principů, je vhodnou metodou pro všechny žáky bez ohledu na jejich budoucí zaměření. Rozvíjí a podporuje dovednosti, které jsou nezbytné pro každého člověka, jako je např. práce s kvalitními informacemi. Tato metoda však v naší zemi naráží na některé překážky, které brání její úspěšné implementaci do vzdělávání. Je to například nízká informovanost učitelů. Také vzniká mnoho návodů badatelsky orientovaných úloh, které po bližším zkoumání badatelské vůbec nejsou. V této práci je popsáno několik zdařilých badatelských úloh, ale pro srovnání také úloha, která koncepci BOV vůbec neodpovídá. V závěru navrhuji vlastní badatelskou úlohu.

Klíčová slova: BOV, žák, vzdělávání

ABSTRACT

The inquiry based learning is a teaching method that prefers the interests of the pupils and their own activity. Its structure greatly contributes to the development of various knowledge and skills. Although it uses scientific methodological principles, this way of teaching is a suitable method for all pupils regardless of their future orientation. It develops and encourages skills that are necessary for each person, such as using appropriate information. Due to the poor awareness of teachers in our country, this method faces some obstacles that hinder its successful implementation in education. Furthermore, in fact, a lot of available inquiry based lessons are not research-oriented tasks at all. In this theses, there are described several of successful research tasks, in comparison with some IBE lessons which does not correspond to the concept of IBE. In conclusion, I suggest my own example of the inquiry based lesson plan.

Key words: IBE, student, education

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 1

1. LITERÁRNÍ PŘEHLED 2

1.1 DIDAKTIKA BIOLOGIE V HISTORICKÝCH SOUVISLOSTECH	2
1.1.1 POČÁTKY DIDAKTIKY BIOLOGIE	2
1.1.2 ŠKOLSKÉ SYSTÉMY V 18. A 19. STOLETÍ	2
1.1.3 VÝVOJ DIDAKTIKY BIOLOGIE V 1. POLOVINĚ 20. STOLETÍ	4
1.1.4 DIDAKTIKA BIOLOGIE PO 2. SVĚTOVÉ VÁLCE	5
1.1.5 DIDAKTIKA BIOLOGIE V 70. A 80. LETECH 20. STOLETÍ	7
1.1.6 DIDAKTIKA BIOLOGIE V 90. LETECH 20. STOLETÍ	8
1.1.7 DIDAKTIKA BIOLOGIE NA POČÁTKU 21. STOLETÍ	9
1.1.8 SHRNUTÍ HISTORICKÉHO PŘEHLEDU PARADIGMATU PŘÍRODOVĚDNÉHO VZDĚLÁVÁNÍ	9
1.2 KURIKULUM A RÁMCOVÉ VZDĚLÁVACÍ PROGRAMY	10
1.2.1 MODELOVÁNÍ KURIKULA	11
1.2.2 RÁMCOVÉ VZDĚLÁVACÍ PROGRAMY (RVP)	15
1.2.3 ŠKOLNÍ VZDĚLÁVACÍ PROGRAMY (ŠVP)	15
1.3 BADATELSKY ORIENTOVANÁ VÝUKA	15
1.3.1 FORMY BADATELSKY ORIENTOVANÉ VÝUKY	16
1.3.2 METODICKÉ KROKY PŘI BádÁNÍ	17
1.3.3 MÝTY O BADATELSKY ORIENTOVANÉ VÝUCE	21
1.4 ZAVádĚNÍ BADATELSKY ORIENTOVANÉ VÝUKY V ČR	22
1.4.1 PROČ A JAK ZAVádĚT BADATELSKY ORIENTOVANOU VÝUKU?	22
1.4.2 KOMPETENCE A VZDĚLÁVÁNÍ UČITELŮ	25
1.4.3 PŘEKÁŽKY PŘI ZAVádĚNÍ BADATELSKÉHO VYUČOVÁNÍ	29

2. CÍLE PRÁCE 30

3. MATERIÁL A METODY 30

4. VÝSLEDKY 31

4.1 ŽIVOT HNIJÍCÍ MRKVE (USA)	31
-------------------------------	----

4.2 BIOMASA VE VODĚ – MĚŘENÍ PRODUKCE VODNÍ NÁDRŽE	32
4.3 ANALÝZA BUNĚČNÉHO CYKLU CIBULE KUCHYŇSKÉ (<i>ALLIUM CEPA</i>)	32
4.4 DENDROLOGICKÝ PRŮVODCE PO TŘEBOŇSKÝCH PARCÍCH	33
4.5 ÚROVEŇ HLUKU VE TŘÍDĚ	34
4.6 TRANSPIRACE LISTU – VLASTNÍ NÁVRH BADATELSKÉ ÚLOHY	35
<u>6. DISKUZE</u>	<u>38</u>
<u>7. ZÁVĚR</u>	<u>42</u>
<u>8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</u>	<u>43</u>
<u>9. PŘÍLOHA</u>	<u>47</u>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Název
BOV	Badatelsky orientovaná výuka
BSCS	<i>Biological Sciences Curriculum Study</i>
IBE	<i>Inquiry Based Education</i>
IBSE	<i>Inquiry Based Science Education</i>
NRC	<i>National Research Council</i>
NSES	<i>National Science Education Standards</i>
RVP	Rámcový vzdělávací program
ŠVP	Školní vzdělávací program

1. LITERÁRNÍ PŘEHLED

1.1 DIDAKTIKA BIOLOGIE V HISTORICKÝCH SOUVISLOSTECH

K historii člověka patří neodmyslitelně také vývoj poznání a vzdělanosti. Lidé pozorují okolní svět a přijímají od něj informace, které dále vyhodnocují a zpracovávají. V tomto procesu má příroda výsadní postavení, neboť nebyla to technika, nýbrž právě příroda, která člověka obklopuje od nepaměti. Lze tak bez nadsázky říci, že první poznatky, které si lidé předávali, vycházely z poznání přírody. Avšak samotná didaktika biologie v sobě skrývá poněkud hlubší význam a zdaleka nesahá tak daleko do minulosti.

V širším významu označujeme slovem didaktika teorii vzdělávání, v užším významu pak teorii vyučování a učení. Oborová didaktika není soubor návodů na to „jak vyučovat“, ale měla by na základě vědeckého bádání odpovídat na otázky *proč, co, jak, koho, kdy* a *kde* vyučovat (Papáček *et al.*, 2015). Tyto otázky nás často odkazují na současnou společenskou a politickou situaci, jakož i míru vědeckého poznání, a proto by se v průběhu dějin na ně odpovědělo mnohdy úplně odlišně, jak stručně předkládá tato kapitola.

1.1.1 Počátky didaktiky biologie

Na tomto místě nelze nezmínit Jana Amose Komenského (1592-1670), který považuje zkoumání přírody za základ lidského poznání. Zdá se, že byl ovlivněn pracemi anglického filozofa Francise Bacona (1561-1625) a německého pedagoga Wolfganga Ratkeho (1571-1635), tvůrce pojmu *didaktika* (Papáček *et al.*, 2015). Se zásadním dílem moderní vědy přišel Isaac Newton v roce 1687, kdy bylo publikované jeho dílo *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Ačkoliv se zde zaměřil na zákonitosti gravitace a pohybu těles, ve třetí části této knihy formuloval tzv. čtyři pravidla usuzování, která se stala základem pro systematický rozvoj přírodovědného poznání (Škoda & Doulík, 2009).

1.1.2 Školské systémy v 18. a 19. století

Je důležité mít na paměti, že mnoho prvků a myšlenkových směrů, které můžeme spatřit v didaktice biologie i dnes, pocházejí z doby, kdy bylo naše území součástí Rakouska-Uherska, tedy od poloviny 17. století do roku 1918 (Papáček *et al.*, 2015). V roce 1774 vzniká 1. školský zákon, tzv. Felbigerův zákon vytvořen pruským pedagogem Johanem

Ignátzem Felbigerem (*Allgemeine Schulordnung*), který zřizuje normální, hlavní a triviální školy. V rámci přírodních věd se na těchto školách vyučovala matematika, geometrie a přírodopis a předmět byl prakticky zaměřen, především k zemědělským pracím. Přírodovědné předměty se vyučovaly pouze popisným způsobem.

Výraznější změny bylo dosaženo až v roce 1869, kdy v českých zemích vstoupil v platnost Základní školský zákon, tzv. Hasnerův zákon (Škoda & Doulík, 2009). Tímto zákonem byla zřízena osmiletá školní docházka. Kromě obecných škol vznikají také měšťanské školy a začínají se vyučovat nové předměty. Takovým předmětem byl například přírodopis, který patřil do skupiny předmětů „zpytovacích“¹ a zahrnoval fyziku (silozpyt), astronomii, elektrotechniku, chemii (lučbu) a fyziologii (Kroupová & Vybíral, 2014). Stále se sice setkáváme s výukou zejména popisnou, přesto docházelo k výraznějším změnám, zejména obsahovým. Také metodická úroveň středoškolských učebnic dosahovala poměrně vysokých kvalit (Škoda & Doulík, 2009).

Ve Spojených státech amerických byla situace mírně odlišná. Národ se teprve budoval, města byla malá a většina lidí žila ve venkovských oblastech. Na střední školy odcházely jen privilegované děti, kde se připravovaly na vysokoškolské studium. Přírodovědných předmětů se neučilo mnoho a byly prakticky a technicky zaměřené, např. astronomické výpočty, navigace, měření. Situace se změnila až po roce 1860, kdy mnoho vysokých škol zahrnuje do svých osnov také botaniku, mineralogii, zoologii, fyziologii. Výuka na středních školách byla silně ovlivněna požadavky k přijetí na vysoké školy, což vedlo k pouhému předávání mnoha faktů. Koncem 19. století se otevírají střední školy také pro ostatní žáky (nesměřující k vysokoškolskému vzdělání), kteří dostávali vzdělání potřebné pro zapojení do průmyslové společnosti (Chiappetta, 2008).

Zatímco v USA se zaváděl systém veřejných škol pro všechny, v Anglii se školský systém značně členil. Velká Británie zažívala v 18. a 19. století ohromnou populační expanzi (v roce 1751 byl počet obyvatel 7 milionů a do roku 1821 se zdvojnásobil). Průmyslová revoluce, relativní světový mír, dostupnost peněz, uhlí a železné rudy, vynález parního stroje vedlo ke stěhování obyvatelstva do nových průmyslových měst a využívání dětí na práci. Proto zaměstnavatelé stanovil zákon, tzv. *Peel's Factory Act*, povinnost poskytovat výuku čtení, psaní a počítání. Nízká úroveň všeobecné vzdělanosti (stranou bohaté a vlivné lidi, kteří posílali své děti na Oxford a podobně) vedla ke vzniku nových

¹ Další skupinou předmětů byly popisné, kam řadíme i přírodopis, který zahrnoval mineralogii, zoologii, botaniku a morfologii (Kroupová & Vybíral, 2014).

typů škol (např. nedělní školy pro chudé, průmyslové školy apod.). Přesto byla kvalita výuky na mnohých školách velmi nízká, převážně průmyslově a technicky orientovaná (Gillard, 2011).

1.1.3 Vývoj didaktiky biologie v 1. polovině 20. století

Přelom 19. a 20. století a počátky 20. století byly významně ovlivněny vědecko-technickou revolucí a výraznou změnou teoretických paradigmat související se vznikem kvantové teorie (M. Planck), teorie relativity (A. Einstein) a objevem radioaktivity (M. Curie-Sklodovská). Přírodovědné vzdělávání bylo těmito skutečnostmi silně zasaženo (Škoda & Doulík, 2009). Toto období se vyznačovalo dvěma odlišnými paradigmaty přírodovědného vzdělávání - paradigma studia přírody a elementární přírodovědy. **Paradigma přírodovědného vzdělávání jako studia přírody** bylo paidotropicky orientováno (zaměřeno zejména na žákův psychický vývoj) s hlavním cílem vytvořit u žáků pozitivní vztah k přírodě. Poznatky byly předávány ve značně zjednodušené formě. **Paradigma přírodovědného vzdělávání jako elementární přírodovědy** se naopak opírá o rozvoj teoretických poznatků. Vlastní zkušenost a aktivita žáků je potlačována, do popředí se staví pochopení již objeveného. Žáci tak postupně přestávali chápat přírodovědné poznatky jako praktické pro každodenní život (Škoda & Doulík, 2009).

Na zpracování prvních metodik biologie (přírodopisu) se zasloužili například profesor František Nekut, redaktor časopisu *Vesmír* a autor knihy *Metodika přírodopisu pro střední školy* (1890) či doktor Oldřich Kramář, filosof se zájmem o přírodní vědy a matematiku, který napsal knihu *O přírodních vědách na středních školách* (1905). Výraznější rozvoj didaktiky biologie však nastává o 20 až 30 let později (Dostál, 2010). Tuto dobu označujeme jako období tzv. pedagogického reformismu, který se začal formovat již počátkem 20. století, a ve 20. letech se zintenzivnil (Grecmanová, 2000). Hnutí pedagogického reformismu vychází z myšlenek volné školy, přirozené výchovy a nutnosti vzdělání připravujícího pro život. K hlavním cílům reformistů patřil pedocentrický přístup (v popředí stojí zájmy dítěte), individuální vzdělávací cíle a aktivita jedince. Jde o tzv. **pragmatické paradigma přírodovědného vzdělávání** a vychází z rozvoje filozofie pragmatismu. Velký důraz je opět kladen na vlastní zkušenost, např. známé *learning by doing* (Škoda & Doulík, 2009).

Významnou osobností této doby byl profesor Václav Příhoda (1889-1979). Značné zkušenosti získal mj. ze svých dvou pobytů v USA (1922-1924, 1926), kde studoval např.

u J. Deweye a E. L. Thorndikea. Zastával jejich názory a sdílel zejména experimentální pedagogiku založenou na výzkumných metodách (Cách & Váňová, 2000). Ve své knize *Vědecká příprava učitelstva* (1937) předložil návrh na vysokoškolské pedagogické vzdělávání učitelů. Za svoji celoživotní práci a nesčetná pedagogicko-psychologická díla byl oceněn medailí Jana Amose Komenského.

O změnu ve způsobu vyučování usiloval také moravský pedagog, profesor Josef Úlehla (1852-1933), který propagoval vzdělávací postup založený na zvědavosti žáků, které je potřeba vést k samostatnosti.

Další vývoj didaktiky biologie (resp. celé pedagogiky) byl zastíněn politickým vývojem ve 30. a 40. letech v Evropě, kdy dochází na našem území v tehdejším protektorátu (1939-1945) k hlubokému úpadku školství.

V USA doporučil filosof a pedagog John Dewey v roce 1910 zahrnout bádání do výuky. Upozornil, že se klade velký důraz na osvojování faktů bez dostatečného důrazu na přemýšlení. Vytvořil model, ve kterém se žák aktivně účastní bádání, učitel je pouze průvodce. Ten se později (1936) stal základem Komise pro středoškolská kurikula (Barrow, 2006). Ve dvacátých letech se tak začíná zdůrazňovat pozorování a experimentování jako významná aktivita v přírodovědných hodinách. Komise pro „vědu ve vzdělávání“ poukázala na význam vědeckého myšlení, které by mělo být cílem přírodovědných předmětů (Chiappetta, 2008).

1.1.4 Didaktika biologie po 2. světové válce

Poválečné období bylo v mnoha směrech sice velmi náročné, přesto se společnost rychle zotavila. Vývoj školství, resp. didaktiky úzce souvisí se zřízením pedagogických fakult při jednotlivých univerzitách v Čechách a na Slovensku již v roce 1946. Za několik let, v roce 1953 byly však pedagogické fakulty zrušeny a učitelé byli připravováni na vysokých školách pedagogických. V roce 1959 se příprava učitelů biologie přesunula zpět na přírodovědecké fakulty, kde probíhala před 2. světovou válkou. Koncepce pedagogických fakult byla znovuobnovena v roce 1964 (Dostál, 2010).

Různí autoři užívali pro označení stejného období (tedy zhruba období od roku 1945 do poloviny 70. let 20. století) ve vývoji oborových didaktik různá označení, např. období empirické generalizace, období aplikační a **období polytechnického paradigmatu přírodovědného vzdělávání** (Papáček *et al.*, 2015). Škoda & Doulík (2009) uvádí, že

právě ohromný nástup techniky a technologií ovlivnil přírodovědné vzdělávání, které získalo výraznější polytechnický charakter.

Významným rysem tohoto období je skutečnost, že obsah učiva byl generován přímo biologií jako vědní disciplínou, nikoliv snahou uspokojit potřeby dítěte, jako tomu bylo v minulosti (Papáček *et al.*, 2015). Učitel vystupoval jako mentor, žáci byli zatěžováni velkým množstvím informací, aniž by se učitel zajímal o to, zda látce rozumějí (Škoda & Doulík, 2009). Je to celkem paradox, neboť v té době vzniklo nemalé množství materiálu určeného pro učitele. V roce 1945 byla ustanovena celostátní komise pro zpracování nových osnov přírodopisu, v roce 1947 byl založen první didaktický časopis *Přírodověda a výchova* a v roce 1950 časopis *Přírodní vědy ve škole* (Dostál, 2010).

V té době působil jeden z nejvýznamnějších osobností české didaktiky biologie, prof. RNDr. Jan Šula (1909-1973), který usiloval o založení a rozvinutí didaktiky biologie jako jedné z plnohodnotných vědních disciplín. K tomuto účelu byl také v roce 1967 svolán na Pedagogickou fakultu v Nitře celostátní seminář didaktiků přírodopisu a biologie (Dostál, 2010). J. Šula navíc jako první navrhl změnit pojem *metodika* na *didaktika* (Papáček *et al.*, 2015).

Na tomto místě je nezbytné připomenout, že didaktika biologie byla, podobně jako v ostatních oborových didaktikách, ovlivňována především pracemi sovětských autorů. Mezi nejznámější patří ideologie Olgy Borisovny Lepšinské (1871-1963) a Trofima Děnisoviče Lysenka (1898-1976). V učebnicích biologie bychom se tak setkali například se vznikem buněk z neživé hmoty, či s přeměnou buněk jednoho druhu v buňky druhu jiného (Papáček *et al.*, 2015).

Toto období se v USA vyznačovalo výrazným ústupem válečného hospodářství. Mnoho vojáků se vrátilo do rodné vlasti a založilo rodinu. Populace v USA tak značně expandovala, což si vyžádalo potřebu bydlení, dopravy a školství. Nesmíme však zapomenout na politickou válku vedenou mezi Sovětským svazem (a jeho spojenci) a USA (a jeho spojenci), označovanou jako studená válka. V 50. letech 20. století probíhala v USA kurikulární reforma. Matematika a přírodovědné předměty byly totiž po obsahové stránce mnohdy zastaralé a vyučovaly se dogmaticky. Masivní reforma v USA nastala však až po vynesení první umělé družice Sputnik 1 do oběžné dráhy, 4. října 1957. Naznačovalo to totiž, že Sovětský svaz byl po vědecké a technické stránce vyspělejší. Vzhledem k politickému napětí mezi SSSR a USA to byla pro Američany těžká rána (Chiappetta, 2008). Vynesení Sputniku 1 do oběžné dráhy vyvolalo mj. zájem o kvalitu učitelů

přírodovědných předmětů a učebních osnov používaných ve školách. Byl kladen důraz na to, aby žák „myslel jako vědec“ (Barrow, 2006).

V roce 1958 bylo založeno vzdělávací centrum, které vyvíjí kurikulární materiály a poskytuje podporu v oblasti vzdělávání, tzv. *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS). Významný podíl na jeho vzniku měl Joseph Schwab (1909-1988), který v roce 1962 přednesl na Harvardské univerzitě přednášku s názvem „*The Teaching of Science as Enquiry*“. Zdůraznil, že věda by neměla být vnímána dogmaticky, ale jako dynamická oblast (Chiappetta, 2008). Přes veškeré reformní snahy, zájem o přírodní vědy ze strany žáků klesal.

1.1.5 Didaktika biologie v 70. a 80. letech 20. století

S tím, jak se měnila politická a společenská situace ve světě (viz zejm. jednání SALT 1), docházelo k postupnému ústupu polytechnického paradigmatu a rozvoji paradigmatu humanistického a scientistického. **Humanistické paradigma** (především angloamerické země), ovlivněné humanistickou psychologií (např. A. Maslow), vedlo k důrazu tvořivosti a omezení rozsahu přírodovědného učiva. Přírodovědné vzdělání bylo velmi nesystematické a útržkovité. Naproti tomu **scientistické paradigma** (zejm. východní blok a některé západoevropské země) představuje proud konzervativní, který víceméně navazoval na paradigma polytechnické. Do škol přineslo vysokou míru obtížnosti přírodovědných předmětů. V průběhu biologie na čtyřletém gymnáziu si žáci museli osvojit více než 2 000 nových pojmů. Žáci se fakta učili mechanicky, bez hlubšího porozumění. To se výrazně podepsalo na neoblíbenosti přírodovědných předmětů (Škoda & Doulík, 2009).

K rozvoji didaktiky biologie přispělo založení samostatné katedry metodologie a dějin přírodních věd a katedry učitelství a didaktiky biologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Didaktika biologie byla ovlivňována propracovanějšími oborovými didaktikami, např. didaktikou geografie, chemie nebo fyziky (Papáček *et al.*, 2015).

Významným konkurentem světové ekonomiky se stává Japonsko. Spojené státy se opět cítí ohroženy (tentokrát hospodářskou konkurencí) což vyústilo v další kritiku vzdělávacích institucí. Byl vydán dokument, který doporučil základní pilíře pro přírodovědné vzdělávání, jejichž hlavní myšlenkou byl vznik rovnováhy mezi vědou a společenskými potřebami (Chiappetta, 2008).

V roce 1980 vzniká tzv. 5E model, který vychází z modelu „*The Learning Cycle*“ navrženým výzkumníky Atkin a Krapulus (1967). Tento upravený 5E model se na konci osmdesátých let stává součástí BSCS. **(1) Zapojení** (*engagement*). Učitel navazuje na předchozí znalosti žáků a do nové koncepce (látky) je zapojuje pomocí krátkých aktivit vyvolávajících zvědavost. **(2) Průzkum** (*exploration*) poskytuje žákům možnost vlastní aktivity, typické jsou např. laboratoře. **(3) Objasnění** (*explanation*) zaměřuje pak pozornost žáků na jejich předešlé zapojení a průzkum a poskytuje příležitost demonstrovat jejich koncepční porozumění. **(4) Rozvinutí** (*elaboration*) je krok, při kterém učitel napadá a rozvíjí koncepční porozumění žáků, ti pak v rámci dalších aktivit (včetně samostudia) rozvíjí a prohlubují své znalosti. **(5) Vyhodnocení** (*evaluation*) je fází umožňující učiteli zhodnotit pokrok žáků a dosažení vzdělávacích cílů (Bybee *et al.*, 2006).

1.1.6 Didaktika biologie v 90. letech 20. století

Na konci 80. let 20. století prochází humanistické a scientistické paradigma jistou krizí, jako následek společenských a politických změn, zejm. po roce 1989. Společnost přechází z technické na informační, kdy se práce s informacemi a jejich vyhledávání stává nezbytnou kompetencí každého člověka (Škoda & Doulík, 2009). Pro většinu oborových didaktik, včetně didaktiky biologie, je typická stagnace až regresivní vývoj. Za hlavní faktor uvádí Kotásek (2011) „*nepřesvědčivost vědecké produkce...a nedostatečné rozvinutí celostátních vědeckých komunit, které by kolektivně prosazovaly své zájmy, na druhé straně však neinformované a mnohdy až iracionální postoje grémií rozhodujících o stavu a vývoji vědních oborů a studijních programů v ČR.*“ Didaktika biologie byla kritizována za svou přílišnou teoretičnost a odtrženost od reálné praxe výuky (Papáček *et al.*, 2015).

Toto období můžeme nazvat „**obdobím paradoxu**“, neboť samotný výzkum v didaktice biologie byl poměrně intenzivní, zejména zásluhou Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Vzhledem k diverzifikaci školství spojené se vznikem nových gymnázií, soukromých i státních škol, což vedlo k heterogenitě rámcových vzdělávacích programů, byl výzkum orientován především na cíle biologie jako vyučovacího předmětu. Hodnotily se rovněž učebnice základních škol a gymnázií (Papáček *et al.*, 2015).

V USA vznikají v 90. letech dva zásadní dokumenty: „*Science for All Americans: Project 2061*“ (AAAS 1990) a „*National Science Education Standards*“ (NRC 1996).

Cílem Projektu 2061 je vytvořit vědecky gramotnou společnost do roku 2061. Mottem je „věda pro všechny“ a „méně je více“. Dokument zdůraznil důležitost pochopení povahy přírodních věd, matematiky a techniky; to jak fungují samostatně i společně. Zajímavostí je, že na rozdíl od jiných dokumentů, tento nepředepisuje, jakým způsobem by se žáci přírodní vědy měli učit. Druhý program (NRC 1996) stanovil vysokou prioritu badatelsky orientované výuce (Chiappetta, 2008).

1.1.7 Didaktika biologie na počátku 21. století

Jak definovat současné paradigma přírodovědného vzdělávání? Rozvoj mnoha alternativních škol, netradičních postupů ve výuce, ale i „zkostnatělé“ přístupy některých pedagogů, resp. celých škol, snahy o pojmenování současného paradigmatu poměrně stěžuje. Pedagogové Škoda & Doulík (2009) uvádí, že *„v současnosti je charakteristické jak pro rozvoj přírodních věd, tak pro přírodovědné vzdělávání interdisciplinarita či ještě lépe multidisciplinarita“*.

Problematika, která úzce souvisí s hledáním nového paradigmatu, řeší jaké klíčové pojmy a stěžejní témata umožní propojení (integraci) různých vzdělávacích obsahů do komplexnějších celků (Hejnová, 2011). Vzpomeňme, jak se biologie jako vědecká disciplína v současnosti značně rozdělila. Setkáme se tak s biochemií, biogeochemií, molekulární biologii apod. Vytvářejí se ale také přesahy do jiných odvětví (např. bioarcheologie). Tento trend multidisciplinarit se tak promítá i do vzdělávání, musí být však založen na integraci poznatků a přístupů různých vědních disciplín (Škoda & Doulík, 2009). Předávání velkého množství izolovaných poznatků by mělo být omezeno. Naopak v popředí by měla stát individualizovaná výuka vycházející z badatelsky orientované výuky (Papáček, 2010).

1.1.8 Shrnutí historického přehledu paradigmatu přírodovědného vzdělávání

Je přirozené, že se každý vědní obor vyvíjí, didaktiky biologie nevyjímaje. Hledání nového paradigmatu přírodovědného vzdělávání, kterého jsme v současné době svědky, vychází nejen z vědeckých poznatků, ale také z historie. Ta nám totiž umožnila nahlédnout do různých metodik výuky biologie a jejich účinnosti. Je smutné, že mnoho paradigmat vedlo spíše k úpadku zájmu o přírodní vědy, především kvůli značné zátěži žáků. Abychom se toho při honbě za novým konceptem vyvarovali, je nezbytné se z této historie poučit.

Souhrnný přehled jednotlivých paradigmat provázejících historii didaktiky biologie zobrazuje Tabulka č. 1. Při zkoumání těchto historických souvislostech je však nutné mít na paměti důležitou skutečnost. Výše popsaná situace se týká převážně našeho území (stručně porovnávána se situací v USA), ať v době Rakouska-Uherska, okupovaného Československa či v době moderní. Na jiných místech světa byla politická, potažmo sociální situace odlišná, mnohdy velmi zásadně. To se pochopitelně odráželo i ve vzdělávacích systémech.

Tabulka č. 1: Přehled paradigmat v přírodovědném vzdělávání

PARADIGMA	OBDOBÍ
Practicistní paradigma	do konce 19. století
Paradigma studia přírody	přelom 19. a 20. století
Paradigma elementární přírodovědy	přelom 19. a 20. století
Pragmatické paradigma	po 1. světové válce
Polytechnické paradigma	po 2. světové válce
Humanistické paradigma	po 2. světové válce
Scientistické paradigma	od 70. let 20. století
Multidisciplinární paradigma	současnost

1.2 KURIKULUM A RÁMCOVÉ VZDĚLÁVACÍ PROGRAMY

Není to pouze didaktika biologie, která prošla svým vývojem, ale i samotná biologie jako věda. Tento dynamický proces – pokroky ve vědě (resp. v biologii) – se pochopitelně promítá do učiva, které se s žáky středních škol probírá.² Tato část práce je proto věnována převážně biologickému kurikulu, ale také například aktivizujícím metodám ve výuce.

Papáček *et al.* (2015) zahrnují do předmětu didaktiky biologie (1) historii výuky a didaktiky biologie; (2) metodologii; (3) proces tvorby kurikula, pedagogické dokumentace, učebnic či pomůcek; (4) proces přenosu a osvojování biologických poznatků; (5)

² V tomto směru je nezastupitelná role učitele, který se sám musí dále vzdělávat. Nějaký čas totiž potrvá, než se určité zpřesnění našeho biologického poznání promítne v anglicky psané učebnici. Vezmeme-li v úvahu další dobu, než se cizojazyčná učebnice přeloží do českého jazyka, můžou se tak žáci učit roky staré, nepřesné (či zcela neplatné) poznatky.

hodnocení žáků; (6) vzdělávání učitelů biologie. Tento výčet je v některých bodech obecný všem didaktikám, v některých poměrně specifický didaktice biologie. Například hodnocení žáků bude podobné napříč různými předměty, zatímco tvorba pomůcek je typická pro přírodní vědy (v biologii např. modely orgánových soustav člověka, rostlinné a živočišné buňky, trvalé preparáty, vycpaniny, sbírka minerálů apod.).

1.2.1 Modelování kurikula

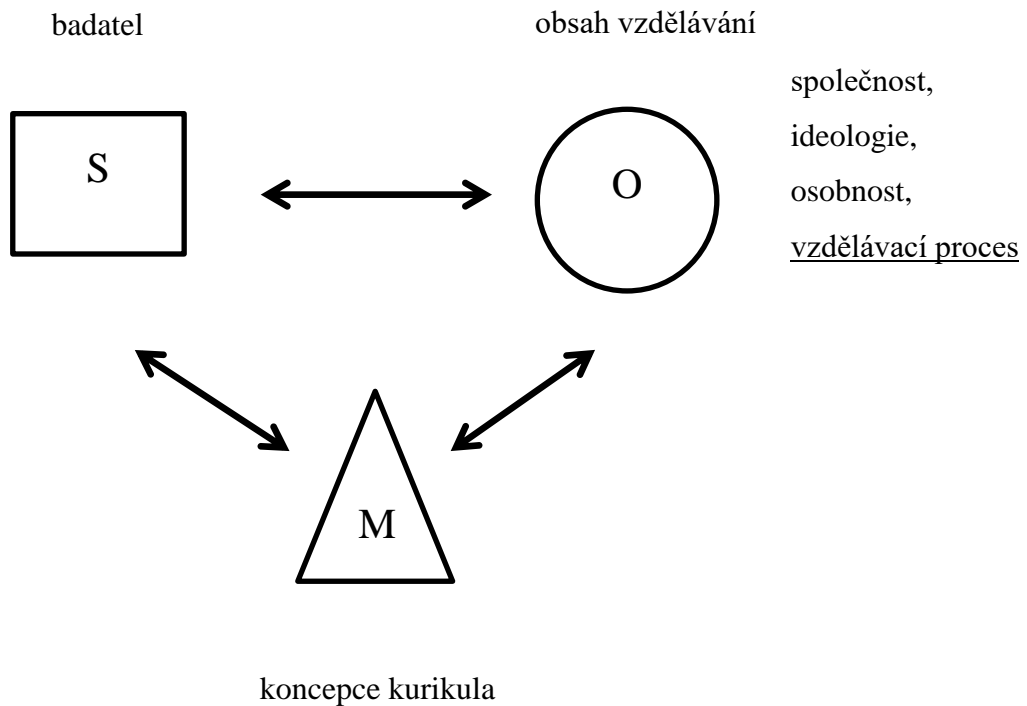
Základní otázkou didaktiky je nejen „Jak vyučovat“, ale také „Co vyučovat“. Tuto otázku je možné vnímat ve dvou rovinách. Jednou z nich je proces tvorby tzv. vzdělávacích obsahů a ukotvení v kurikulu, druhou pak konkrétní realizace těchto vzdělávacích obsahů učitelem. Kurikulum je tedy obsah vzdělávání zahrnující veškeré zkušenosti, které žáci získávají ve škole a v činnostech vztahujících se ke škole (Maňák, 2007).

Koncepcí a modelů kurikula nacházíme v odborné literatuře mnoho. Obecně lze říci, že vždy vycházejí z filozofických a psychologických teorií a mění se na základě společensko-sociálních změn i s vývojem poznání.

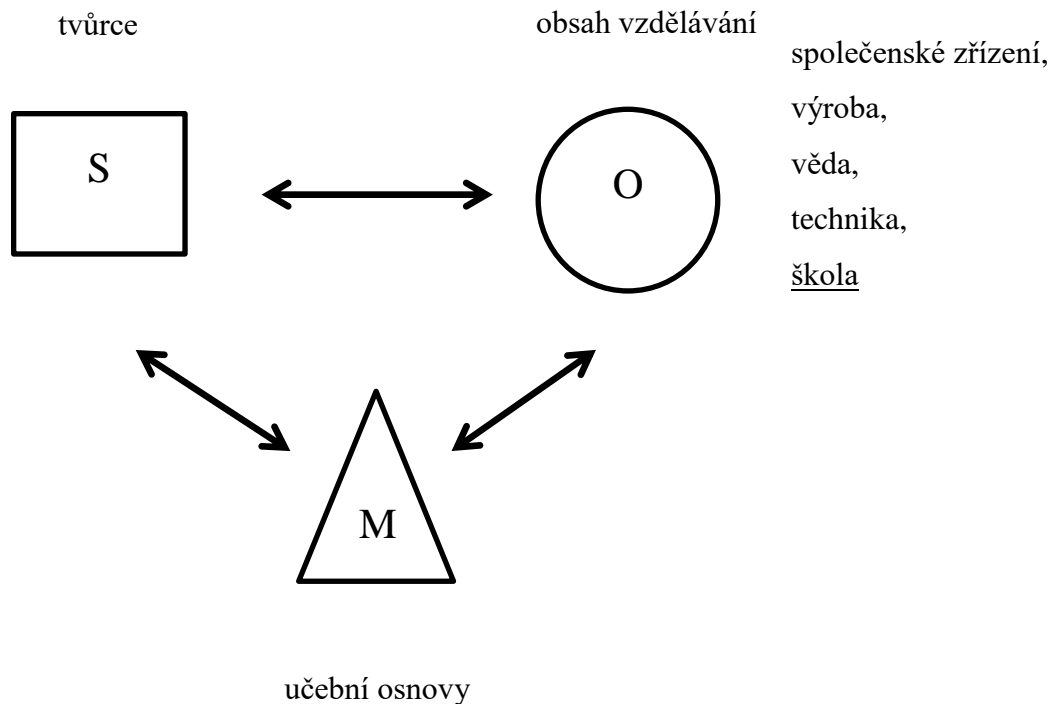
Colin J. Marsh (2006) uvádí jako hlavní koncepce kurikula (1) koncepci zaměřenou na společnost, jejímž účelem je, aby vzdělávání sloužilo společnosti; (2) koncepci zaměřenou na žáka, kdy žák je zdrojem veškerých učebních osnov; (3) koncepci orientovanou na znalosti a (4) eklektické kurikulum, které připouští různé kompromisy, včetně eklekticismu.³

Tak jako ve vědě užíváme modelů k jednoduchému vyjádření složitých systémů, pro tvorbu kurikula můžeme rovněž použít podobné modelování. Základní tendence vzdělávání představuje fundamentální model (obr. 1). Bývá většinou kurikulem ideálním, jeho realizaci poskytuje model konstitutivní (obr. 2), který stanoví reálné požadavky na vzdělání na základě dané společenské situace. Naplnění všech těchto nároků realizovaným vyučovacím procesem znázorňuje model realizovaný (obr. 3). Všechny následující modely jsou upraveny podle Maňáka (2007).

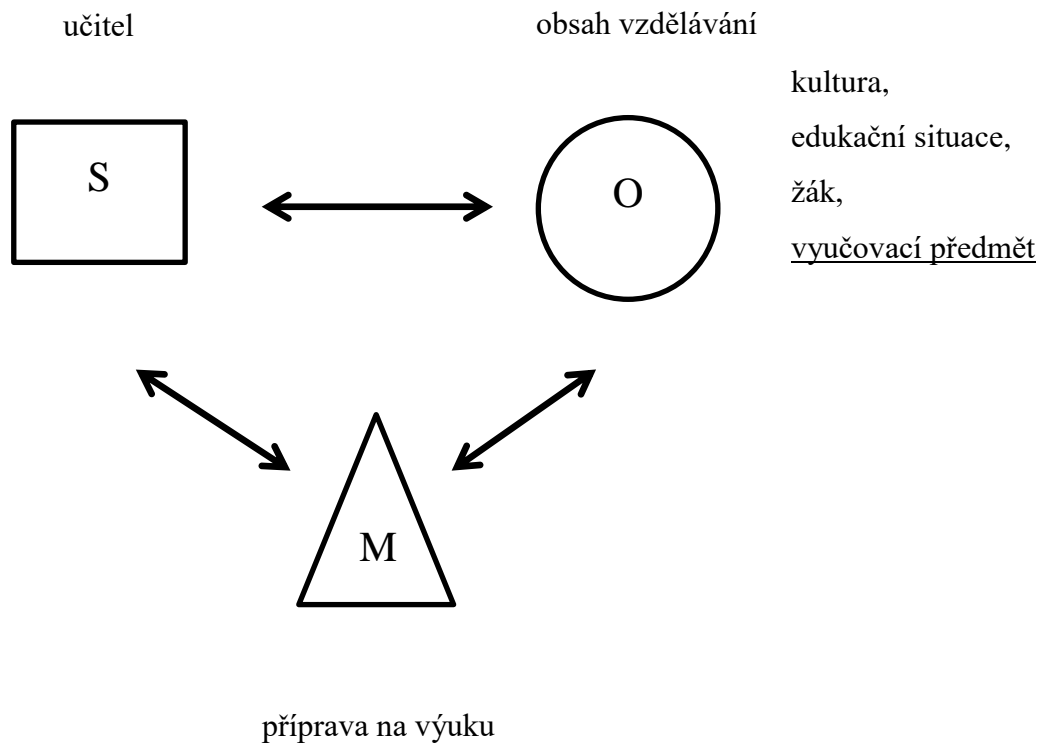
³ Slovník jazyka českého uvádí eklekticismus jako způsob tvorby a práce, který čerpá z cizích vzorů.



Obr. 1: Fundamentální model kurikula. Subjektem (S) je v tomto modelu badatel, např. pedagog, modelovou realitou (O) jsou podmínky vyvolávající potřebu formulovat představy o vzdělání a modelem (M) je vytvořená koncepce. V tomto modelu jsou v rámci obsahu vzdělávání jen nejvýznamnější oblasti, které jej ovlivňují. Situace je samozřejmě mnohem složitější, navíc náročnost obsahu se s rozvojem společnosti stupňuje. Pojem vzdělávací proces v sobě zahrnuje veškeré vzdělávací působení.



Obr. 2: Konstitutivní model kurikula. Subjektem (S) je tvůrce kurikula (kterými jsou většinou státní a odborné orgány, komise apod.). Tvůrce kurikula po důkladném posouzení stanoví jednoznačné závěry. Výsledkem je model kurikula (vyjádřený v učebních plánech, osnovách a podobných dokumentech). Konstitutivní model vzniká vždy na základě společenské objednávky pro daný typ, druh a stupeň vzdělávacích institucí. Tím vzniká určitá různorodost modelů, přesto mají společný základ, a to fundamentální model. Kurikulární model se stále upravuje s vývojem vědeckého poznání.



Obr. 3: Realizovaný model kurikula. Subjektem (S) je učitel, poslední článek řetězce. Ten si vytváří plán, postup, strategii, vybírá informace atd. Edukační výsledek musí být v souladu s vytyčenými cíli. Rozhodujícím činitelem se v tomto modelu stává žák a vyučovací předmět.

Jelikož tyto modely spolu úzce souvisejí, protože působící faktory jsou většinou stejné, můžeme se setkat ještě s tzv. syntetizujícím modelem. Jde o propojení všech tří modelů (podsystemů) v jeden, který komplexním způsobem zobrazuje složité vztahy a souvislosti v systému kurikulárních činitelů (Maňák, 2007).

1.2.2 Rámcové vzdělávací programy (RVP)

System vytváření kurikulárních dokumentů byl v České republice změněn v roce 2004, kdy se zavedl dvouступňový systém – státní a školní. Kurikulární dokumenty na úrovni národní jsou představovány rámcovými vzdělávacími programy. Tyto programy mj. konkretizují obecné cíle vzdělávání, specifikují tzv. klíčové kompetence potřebné pro rozvoj osobnosti žáků či stanovují pravidla pro tvorbu školních vzdělávacích programů.

1.2.3 Školní vzdělávací programy (ŠVP)

Školní vzdělávací programy jsou realizační programové dokumenty vytvářené jednotlivými školami na základě RVP. Jsou poměrně závislé na vlastní zkušenosti a vzdělání konkrétních učitelů, i na jejich profesionalitě (Papáček *et al.*, 2015).

Učitel je posledním článkem v řetězu zprostředkování vědeckých poznatků žákům a jeho úloha je proto klíčová. Tento proces označujeme jako didaktická transformace. Setkat se můžeme i s označením elementarizace či didaktická redukce, a to zejména v německy mluvících zemích. V anglo-americké pedagogice jde o koncept *pedagogical content knowledge*, který je propracovanější a komplexnější (Knecht, 2007).

1.3 BADATELSKY ORIENTOVANÁ VÝUKA

Badatelsky orientovaná výuka (BOV) je v poslední době moderní termín. Nejednoho učitele biologie (resp. chemie, fyziky apod.) proto možná napadá otázka: „Jsou mé vyučovací hodiny badatelsky orientované?“ Následující text se zabývá zejména charakteristickými rysy badatelsky orientované výuky.

Již samotné označení tohoto vyučovacího proudu poukazuje na fakt, že se nejedná o přímé zprostředkování „syrových informací“ pedagogem, nýbrž samotný žák je tím, kdo bádá a objevuje. V tomto ohledu je poměrně výstižné anglické označení „*Inquiry Based Education*“ (IBE). Websterův mezinárodní slovník (1986) definuje slovo „*inquiry* (*inquire*)“ jako hledání pravdy, informací nebo znalostí; šetření, výzkum, dotazování se (Barrow, 2006). Badatelsky orientovaná výuka stojí na relativně samostatném poznávání skutečnosti žákem prostřednictvím aktivní činnosti. Celá řada poznávacích metod vychází především z empirismu, senzualismu, racionalismu a konstruktivistických teorií (Dostál, 2015).

Vědecké bádání je tak vhodné pro žáky středních škol, neboť bývají přirozeně zvědaví. Zavedení bádání do učebních osnov středních škol nabízí možnost zapojit studenty do vědy, zdokonalit kritické myšlení, odlišit vědu od pseudovědy, zvýšit povědomí o významu základního výzkumu a humanizovat vnímání vědců (Bybee *et al.*, 2006).

1.3.1 Formy badatelsky orientované výuky

Pokud bychom měli jednou větou odpovědět na otázku, co všechno je „*inquiry*“ ve vyučování, byl by to úkol velmi nesnadný. Jak uvádí Papáček (2010) ani „*obsahové vymezení směru není jednoduché taxativně definovat*“. Za BOV můžeme označit „*holisticky, pedocentricky orientovaný přístup k výuce přírodních věd, ve kterém žáci postupují podobně, jako skuteční vědci, tj. formulují výzkumné otázky a hypotézy, plánují výzkum, sbírají, vyhodnocují, interpretují a prezentují data*“ (Činčera, 2014). Zúžíme-li popis pouze na formy IBSE, tedy formy badatelsky orientovaného **přírodovědného** vzdělávání, můžeme vymežit podoby „*inquiry*“ například z hlediska vnějšího řízení učitelem. Definovali je P. Eastwell & A.H. MacKenzie (2009). Jednou z možností je proces, kdy žák obdrží postup, je mu znám výsledek a jeho úkolem je pouze sledovaný jev ověřit. Takové bádání označujeme jako **potvrzující**. Pokud žák zná otázku i postup, ale není mu známa příčina a tu musí na základě pozorovaného jevu sám vysvětlit, mluvíme o bádání **strukturovaném**. Náročnější je pak **nasměrované** bádání, kdy učitel položí výzkumnou otázku a žák vytváří a realizuje metodický postup. Drobnou modifikací tohoto typu bádání můžeme dosáhnout **otevřeného** bádání, při kterém si žáci sami kladou také otázky (následně promýšlí postup, realizují jej a formulují výsledky). Takové vymezení umožňuje přestupovat z jedné formy bádání do druhé s tím, jak žák nabývá zkušeností.

Nejužívanějším z uvedených forem bádání je strukturované bádání a dále pak nasměrované bádání. Tím je poměrně elegantním způsobem vyřešeno dilema, kdy na straně jedné učitel vede žáky za určitým vzdělávacím cílem, a na straně druhé mají žáci dostatečnou volnost pro badatelské aktivity (Petr, 2014).

Z výše uvedeného vyplývá, že při bádání žáci získávají a procvičují dovednosti potřebné pro vědeckou práci. Martin *et al.* 2005 klasifikují 12 základních dovedností do dvou hlavních skupin:

Základní procesní dovednosti:

1. Pozorování
2. Klasifikování
3. Komunikace
4. Měření
5. Předpoklady
6. Odvozování

Integrované procesní dovednosti:

7. Identifikace a práce s proměnnými
8. Formulování a testování hypotéz
9. Interpretace dat
10. Pracovní pojmenování⁴
11. Experimentování
12. Vytváření modelů

A. Aclufi (2005) tvrdí, že je důležité klást důraz na různé prvky vědeckého bádání a ukázat tak žákům různé přístupy. Díky tomu budou prohlubovat své dovednosti, které se víceméně shodují s výše uvedenými. K nim navíc řadí také dovednost obhájit své závěry / výsledky.

1.3.2 Metodické kroky při bádání

Stejně jako vědec postupuje určitým, daným způsobem při svém výzkumu, i žáci by měli být vedeni postupnými kroky (v závislosti na typu BOV). Proces vědeckého bádání zahrnuje generování otázky, navrhování postupu práce, formulování predikcí na základě vědeckých konceptů, shromažďování údajů a vysvětlení pozorovaného jevu.

⁴ Tento proces zahrnuje popis proměnné, která je obtížně měřitelná v pojmech, kterým každý rozumí. Např. zdraví rostliny může být definováno počtem jejich listů (Martin *et al.*, 2005). To je důležité zejména pro učitele při didaktické transformaci dat. Je nezbytné přihlídnout k věku žáka a nezahltit jej přílišnými vědeckými termíny (pro ně mnohdy nesrozumitelnými).

Podobně je tomu při bádání žáků v hodině. Internetový projekt Badatelé.cz uvádí následující postup:

1. **Co chci řešit?** Žák přemýšlí o známém tématu a klade si otázky, na které by ještě chtěl znát odpovědi.
2. **Formulování hypotézy.** Z položených otázek si žák vybere jednu, výzkumnou otázku. Pokusí se na ní odpovědět, tzn., že formuluje hypotézu.
3. **Ověření hypotézy.** Zahrnuje plánování (design), přípravu pokusu a jeho provedení, zaznamenávání výsledků a vyhodnocení dat.
4. **Formulování závěrů.** Ačkoli směřuje k ukončení badatelské cesty, může být zároveň počátkem nové. Žák se vrací k hypotéze, hledá souvislosti, výsledky prezentuje a zároveň si klade nové otázky.

Jednotlivé kroky jsou doprovázeny různými emocemi. Ve vzdělávání hrají emoce podstatnou roli. Zajímavé je zjištění, že badatelsky orientovaná výuka poskytuje větší množství emotivních zážitků. Pozitivní emoce podporují aktivizaci kognitivních prostředků, čímž se posilují učební procesy orientované na úlohy. Negativní emoce nepodporují flexibilitu myšlení, takže žák ve stavu úzkosti, deprese či smutku stále krouží kolem stejných témat. Tým Jiřího Dostála, profesora působícího na Univerzitě Palackého v Olomouci provedli výzkum zaměřený na vazbu mezi emocemi a řešenými problémy. „Bylo zjištěno, že střídání emocí v procesu řešení problému má pozitivní vliv na osvojení si poznatků souvisejících s řešeným problémem“ (Dostál, 2015). Proces řešení problému a vazbu na emoci zobrazuje obr. č. 4.

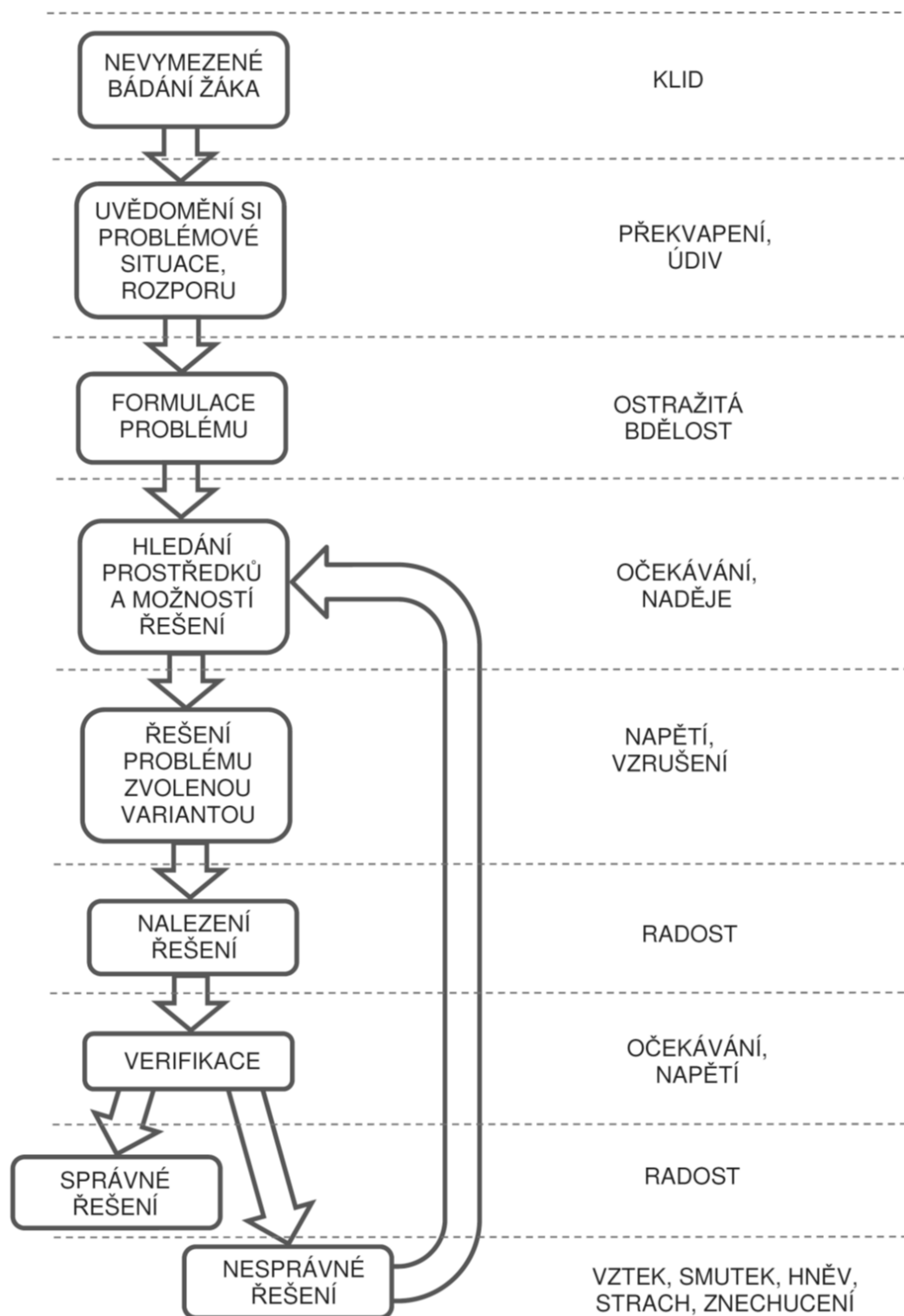
Jednou z klíčových dovedností je kladení otázek. Některé otázky se (i za pomoci sofistikovaných vědeckých metod) velmi obtížně zodpovídají. Často se v takových případech věda spoléhá na statistické (pravděpodobnostní) analytické metody. Proto je potřeba dbát na to, aby žáci formulovali otázku správně (co nejpřesněji). Podle BSCS je otázka testovatelná, pokud splňuje tato kritéria:

- ✓ Otázka se soustředí na objekty, organismy a události v přírodě.
- ✓ Otázka má vědecké pojetí (tzn., že se neopírá o osobní názory, pocity, přesvědčení).

- ✓ Otázka může být zkoumána experimentálními metodami (nebo pozorováním).
- ✓ Otázka vede ke shromažďování důkazů a je zodpovězena na základě nasbíraných dat.

Učitel může žákům výrazně pomoci, poskytne-li jim potřebné materiály zabývající se otázkami, uvede konkrétní příklady testovatelných otázek a pozitivně reaguje na spontánně vyřčené otázky. Pravdou totiž je, že otázka nemusí být vyloženě hloupá, je jen nesprávně formulovaná. Učitel by nikdy neměl takové otázky dehonestovat a tím snižovat žákův zájem o bádání. Otázky jsou důležitou součástí nejen žáků, ale také učitele. Trpělivým kladením vhodných otázek může učitel navést žáky správným směrem nebo je motivovat. Díky úzce zaměřeným otázkám mohou žáci při společné diskuzi rozpoznat jemné detaily, které by jim jinak unikly.

Na závěr je potřeba zmínit ještě jednu zásadní skutečnost – vědecký výzkum není lineární. A. Aclufi (2005) upozorňuje, že mnozí učitelé jsou uvedeni v omyl formálním výstupem vědeckého výzkumu. „*Inquiry*“ pak učí jako vědeckou metodu s přesně danými a neměnnými kroky. Ve skutečnosti jsou výzkumy velmi komplexním procesem, který vědce často vrací k předchozím krokům. Nové skutečnosti, důkazy či pozorování vynořivší se během výzkumu mohou zcela zásadním způsobem změnit prvotní otázku.



Obr. č. 4: Typ emocí v závislosti na řešené problematice (Dostál, 2015).

1.3.3 Mýty o badatelsky orientované výuce

Martin Luther prohlásil: „*Žádný omyl není tak velký, aby neměl svoje posluchače*“. Pravdivost těchto slov vidíme až příliš často. Není divu, že i mýty o badatelsky orientované výuce mají své věrné posluchače. Smutné je, stanou-li se jimi samotní učitelé. Tyto omyly mohou zacházet až do dvou extrémů. Buď se učitelé domnívají, že praktikují bádání, neboť se žáků často ptají (a vedou je tedy k odpovědím), nebo naopak bádání je pouze to, když nechají žákům úplně volnou ruku. Někde mezi těmito dvěma póly se nacházejí častější a méně extrémní, přesto omyly. Jsou ukotveny v NSES a vztahují se tak především k situaci v USA. Některé mýty však kolují i mezi evropskými, resp. českými učiteli.

Mýtus 1: Badatelsky orientovaná výuka je aplikací „vědecké metodiky“.

Problematika prvního mýtu byla již nastíněna v podkapitole 1.3.2 *Metodické kroky při bádání*. Mnozí učitelé vyučují tak, jak byli sami vyučováni. Zejména v americkém přírodovědném vzdělávání se až do první poloviny 20. století udržovala představa, že vědecký proces může být omezen na sérii pěti nebo šesti kroků. Vědci však běžně používají širokou paletu přístupů, technik a procesů (Aclufi, 2005). Představa práce „krok za krokem“ vyvolává dojem kuchařské knihy a poněkud snižuje kreativitu vědců.

Mýtus 2: Badatelsky orientovaná výuka vyžaduje po žácích generování vlastních otázek. Tzv. otevřený přístup je pro některé učitele jedinou formou bádání, bez které by nemělo smysl se této aktivizující metodě věnovat. Ve skutečnosti neexistuje žádná forma bádání, která je nejlepší pro každou situaci. V mnoha případech bývají otázky samy o sobě mnohem důležitější, než to, zda je vyřkne žák, či učitel (Aclufi, 2005).

Mýtus 3: Tato metoda pomáhá žákům rozumět vědeckým postupům díky jejich samotné aktivitě. Pravdou je, že koncept BOV rozvíjí a podporuje mnoho dovedností. Není však zárukou toho, že žák rozumí přesahům toho, co dělá. Je možné, že žák dokončí experiment a přesto nerozumí konceptu, kterému se měl tímto úkolem naučit. Učitel proto musí vyhodnotit, jak dostatečně obsahuje úloha nebo materiály základní rysy bádání (Aclufi, 2005). Podobně Papáček (2010) upozorňuje, že při bádání jde vždy o riziko, že se věc nepovede.

Mýtus 4: Badatelsky orientovaná výuka je příliš náročná pro realizaci ve třídě.

Tento mýtus často vychází z neznalosti učitelů o metodách bádání. Když učitelé pochopí základní rysy bádání, stávají se flexibilnějšími a vynalézavějšími. Badatelská metoda pak nepředstavuje nekoordinovaný chaos ve třídě a ztrátu hodin, které se mohly využít pro výklad (Aclufi, 2005).

1.4 ZAVÁDĚNÍ BADATELSKY ORIENTO VANÉ VÝUKY V ČR

1.4.1 Proč a jak zavádět badatelsky orientovanou výuku?

„Zpráva společnosti White Wolf Consulting (2009) konstatuje snižující se zájem o přírodovědné a technické obory, jehož průvodním jevem je, že se s přibývajícím roky školní docházka vytváří globální odmítavý a navíc genderově posílený postoj k přírodním vědám jako k obtížným, striktně daným a náročným předmětům, a to i přesto, že jsou pokládány za zajímavé a perspektivní. Středoškolská studenti tedy odmítají přírodovědné předměty ve větší míře než žáci základních škol; dívky ve větší míře než chlapci.“ (Papáček, 2010).

Popsaná situace, kdy žáci ztrácejí zájem o přírodní vědy, je pouze jedním dílem skládačky, proč zavádět badatelsky orientovanou výuku. V této práci jsem se již dotkl tzv. interdisciplinarity, přesahem biologie do jiných oborů. V hodinách biologie se tak probírá chemie (např. chemická podstata DNA), fyzika (albedo Země) i matematika (často v ekologických modelech, např. predátor-kořist). Principy některých běžných metod využívaných v biologii mají fyzikální základ, typicky např. mikroskopování. Bádání je proto vhodným interdisciplinárním přístupem, který může žákům pomoci orientovat se v látce v širších souvislostech.

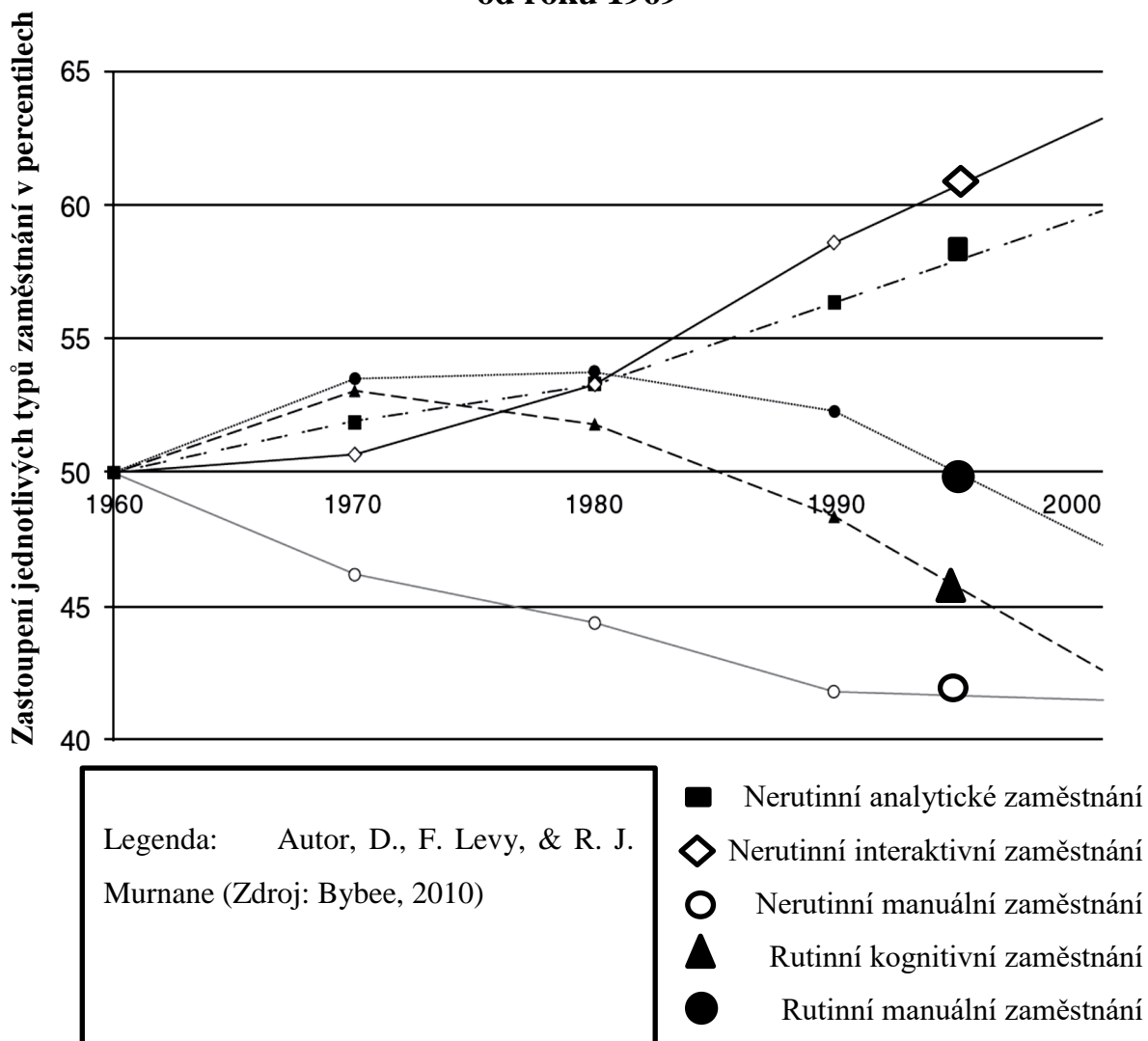
Velmi zajímavou skutečnost popsal Rodger Bybee ve své publikaci *The Teaching of Science: 21st Century Perspectives*. Opírá se o model publikovaný v *Quarterly Journal of Economics*, který zachycuje trend „rutinních“ a „nerutinních“ pracovních příležitostí v USA (graf 1). Ukazuje, že se zvyšuje poptávka po úkolech, vyžadujících komplexní dovednosti. Nezáleží přitom úplně na druhu zaměstnání, resp. dosaženého typu vzdělání. Jako příklad uvádí lékaře, který musí diagnostikovat nemoc pacienta s unikátními příznaky nebo automechanika, jenž má opravit auto, které nefunguje správně a přitom jeho

počítačová diagnostika nevykazuje žádný problém. V obou případech nejde o rutinní práci a je vyžadován jistý „badatelský“ přístup. Nutno dodat, že ačkoli byl tento výzkum provedený v USA, i v naší zemi jsou rutinní manuální práce na ústupu a od budoucích zaměstnanců se stále častěji vyžaduje více znalostí, resp. dovedností (vzpomeňme např. nutnost znalosti cizího jazyka, čtenářská a finanční gramotnost či základní dovednost ovládnutí PC). Bybee (2010) proto upozorňuje, že pokud se studenti informace memorují, aby je mohli pouze reprodukovat, riskují, že budou vybaveni pouze pro ty druhy práce, které z trhu mizí. Kromě toho, v Evropě je potřeba odborníků přímo v oblasti vědy a techniky. V Evropě totiž na 1000 zaměstnanců připadá 5,7 vědeckých pracovníků. Pro srovnání, v USA to je přibližně 8,1 a v Japonsku 9,1 (Sporea *et al.*, 2015).

Bell *et al.* (2010) také připomínají sociálně-konstruktivistickou teorii učení, podle které se znalost „vynoří“ díky společnému hledání řešení určitého problému, kdy každý člen skupiny disponuje určitými informacemi. Česky bychom to snad mohli označit známým rčením „Víc hlav, víc ví“. Sociální interakce je důležitá pro tzv. kognitivní konflikt (Jean Piaget; 1896-1981). Pokud nemůžeme nový poznatek zahrnout do stávajícího kognitivního schématu, dochází ke zlomu (kognitivnímu konfliktu), který vede ke snaze odstranit problém a objevit řešení. Tyto kognitivní konflikty (podmíněné sociální interakcí) představují základ kognitivního vývoje. Úzce to souvisí také s L. S. Vygotského (1896-1934) myšlenkou zóny nejbližšího vývoje. Vrstevníci, kteří spolupracují na určitém úkolu, poskytují zónu nejbližšího vývoje jeden druhému.

Konstruktivismus jako metoda učení, je založen mj. na principu vyhledávání informací a zpětné reflexe (Power, 2012). V dnešní době přesycené různými informacemi (mnohdy úplně nesmyslnými) je velmi důležité, aby si každý uměl najít relevantní informace (informační gramotnost). Jak připomíná Papáček (2010), takoví lidé jsou pak méně manipulovatelnými.

Graf č. 1: Vývojový trend „rutinního a nerutinního“ zaměstnání v USA od roku 1969



Stručně jsem popsal, proč zavádět badatelské vyučování na střední školy a gymnázia. Otázkou stále zůstává „jak“. Jaké konkrétní kroky vedou k zavedení badatelského vyučování? Jak jsou na to naši učitelé připraveni? Jak překonávat překážky, které tomu brání?

Není žádným překvapením, že změna musí začít vzděláváním samotných učitelů, a to jak těch budoucích (současných studentů), tak těch, kteří jsou již v praxi. Velmi důležitá je příprava samotných vzdělavatelů učitelů prostřednictvím workshopů. Ti pak mohou šířit BOV přes nové kurzy, které si mohou studenti učitelství zapisovat. V postgraduální přípravě učitelů pak formou kurzů celoživotního vzdělávání. Počáteční workshopy by se měly periodicky opakovat (Papáček, 2010b).

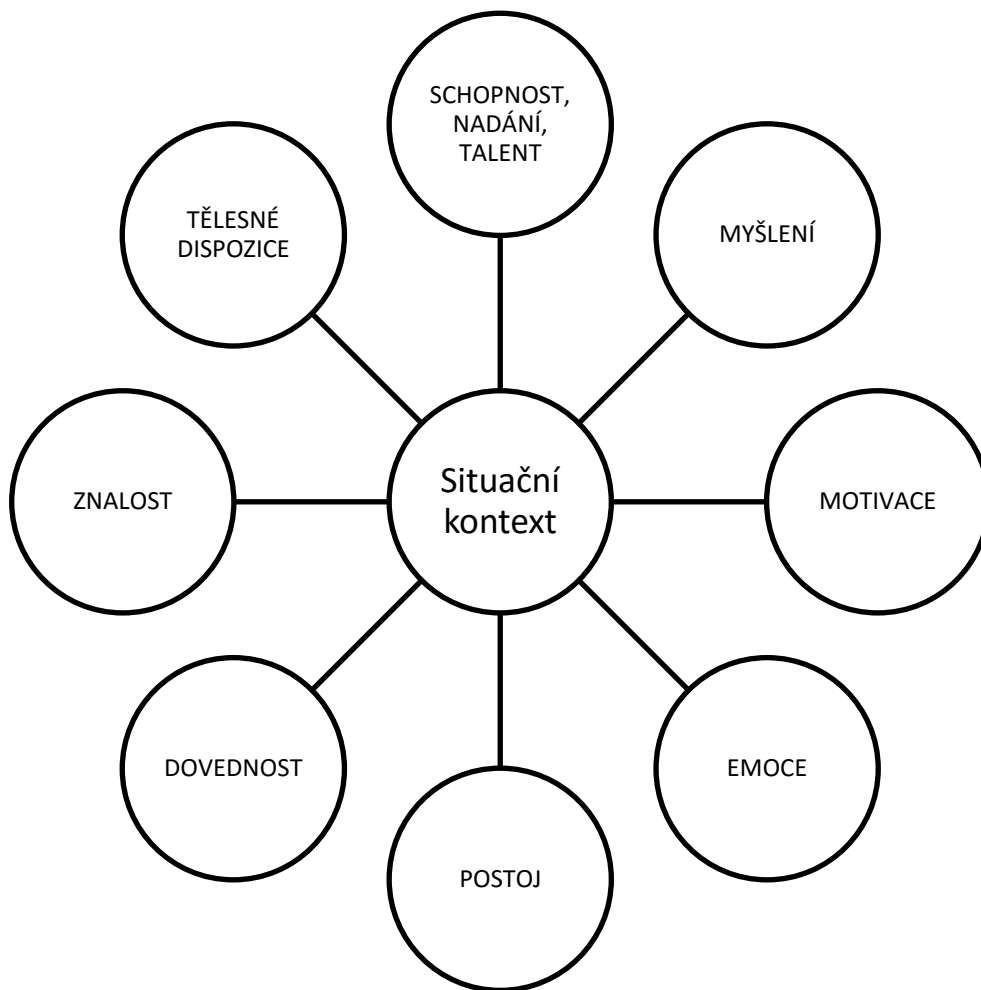
V České republice zatím nejsou snahy o zavedení BOV plošně podporovány. Skutečnost, že se BOV dostala do širšího povědomí je zásluhou Výzkumného ústavu pedagogického v Praze, iniciativy jednotlivců (učitelů) či výzkumné skupiny z Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity. Na spolupráci se podílela Pedagogická fakulta s Přírodovědeckou fakultou Jihočeské univerzity, konkrétně projektem Škola badatelsky orientované výuky. Tento pilotní projekt probíhal od března do října v roce 2012. Cílem bylo především motivovat učitele k zařazení BOV do výuky. Jistou pomocí (zejména finanční a výzkumnou) byl také projekt PTPO – Podpora technických a přírodovědných oborů (Papáček, 2010b; Papáček *et al.*, 2015).

1.4.2 Kompetence a vzdělávání učitelů

Vzhledem ke komplexnosti badatelsky orientované výuce, nárokům kladených na dovednosti učitele a mnoha stále se držícím mýtům o této metodě, je zapotřebí, aby byl učitel v této otázce dobře vzdělaný. Kromě toho jsou na učitele kladeny i vysoké nároky, které se týkají dobré orientace v jeho aprobačním oboru (v tomto případě biologie). Je to nezbytné mj. proto, že určuje směr bádání. V této souvislosti se často hovoří o kompetencích. Pojem kompetence vymezuje celá řada teoretiků, a tak vzniká mnoho různých definic. Kompetencí můžeme pojmenovat např. *„způsobilosti jako komplex znalostí, dovedností, postojů a zkušeností, které jsou cílovými kategoriemi profese učitele v měnící se škole, tedy jsou rozvoje schopné, variabilní a flexibilní“* (Nezvalová, 2007).

Kompetence se také vždy vztahuje k určité situaci. Po vědomostní i osobnostní stránce můžu být kompetentní k činnosti A, ne však už k činnosti B. V obou situacích vystupovaly tytéž vědomosti a tatáž osobnost, přesto samy o sobě nejsou kompetencí. J. Dostál (2015) proto připomíná, že kompetence v sobě zahrnuje i situační požadavky. Tento fakt poměrně komplikuje otázku „Jaké kompetence by měl učitel mít?“ Škola je velmi dynamické prostředí a denně vyvíjí na učitele nové situační požadavky. Do kompetencí tak kromě kognitivních předpokladů zasahují také emoce, které ovlivňují

jednání v dané situaci. Opomíjená, ale podstatná je rovněž somatická rovina. Člověk může mít dobrou kognitivní a emotivní výbavu, je-li však somatická stránka narušená tak, že neumožní jejich užití, stane se jedinec v dané situaci nekompetentním. Kompetence tedy pocházejí z různých zdrojů (viz obr. 5).

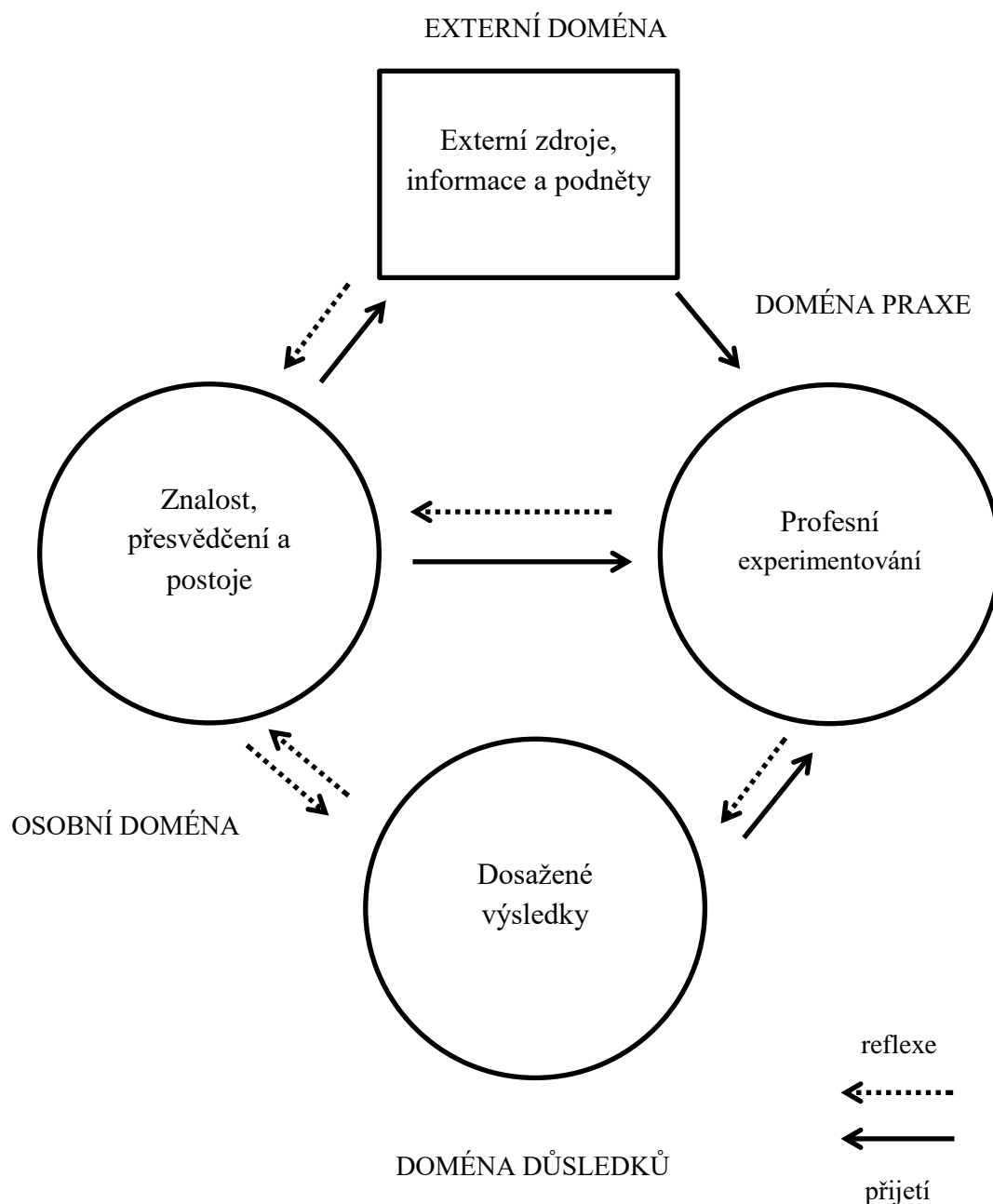


Obr. 5: Struktura individuálních zdrojů kompetence. (Upraveno podle Dostála, 2015)

Tato práce nemůže obsáhnout veškeré zdroje kompetencí potřebných pro učitele. Zaměřil jsem se proto na vybrané, na motivaci a postoj (znalost oboru se předpokládá, znalost badatelsky orientované výuky je stručně diskutována výše).

V rámci akademického vzdělávání budoucích učitelů narážíme na několik problémů. První z nich charakterizoval Papáček (2010), kdy absolventi středních škol považují studium učitelství za „záchrannou síť“. Další obtíží jsou vnitřní postoje studentů učitelství. Někteří jejich vzdělavatelé se domnívají, že musí změnit jejich přesvědčení. Stuchlíková (2010) uvádí, že „*pouhá podpora změn postojů a přesvědčení k žádoucí změně ve vyučovací praxi vede*“. Trvalé změny postojů lze však docílit až úspěšnou implementací nových postupů (Clarke & Hollingsworth, 2002; Papáček, 2010). Profesní růst učitele je komplexní, a proto se mnoho autorů zabývá hledáním modelu učitelské přípravy. Clarke & Hollingsworth (2002) popisují model, ve kterém naznačují, že ke změně dochází prostřednictvím procesů reflexe a přijetí (provedení) ve čtyřech odlišných doménách (viz obr. 6). Tento model navíc lokalizuje změnu v každé ze čtyř těchto domén. Změna v jedné doméně se odrazí v druhé prostřednictvím procesů reflexe a přijetí. Tento model je význačný tím, že není na rozdíl od ostatních modelů lineární, ale „kruhový“ a lépe tak odráží vazby mezi jednotlivými doménami.

R. S. Schwartz (2010) uvádí povzbudivý výsledek letní učitelské stáže pro vědecký výzkum. Učitelé zvýšili své nadšení pro vědu, prohloubili si znalosti a dovednosti z vědecké oblasti, zapojovali se do vědeckých rozhovorů a naučili se je vést a podařilo se jim úspěšně dosáhnout změny postojů ke vědě u svých žáků.



Obr. 6: Propojený model profesního růstu. Učitel přijímá novou metodu výuky (z externích zdrojů, např. školení), kterou využije v praxi. Uplatnění metody prohlubuje jeho přesvědčení o kvalitě této metody, čímž dochází k posílení postojů v osobní doméně. Pomocí metody může být dosaženo požadovaných výsledků. Ze schématu vyplývá, že jde o stálý proces, neboť učitel může přijímat nové impulsy neustále. Zároveň je zpětnovazebný – každá doména poskytuje reflexi (Upraveno podle Clarke & Hollingsworth, 2002).

1.4.3 Překážky při zavádění badatelského vyučování

V první řadě se potýkáme s omezeným rezervoárem (kvalitních) materiálů, které by pomohly učitelům začít badatelsky orientovanou výuku. Papáček *et al.* (2015) upozorňují, že mnoho projektů se koncentruje pouze na metodiku zajímavých pokusů a často se pak stává, že úlohy nabízené jako BOV vlastně BOV nejsou. Souvislost můžeme spatřovat také v článku prof. Papáčka (2010b), který popisuje nepříznivé akademické ovzduší (vůči skutečným odborným výzkumům typu „Jak na to“) a s tím související vnitrouніверzitní kompeticí o granty na výzkumy vedené jiným směrem.

Z výše popsané situace vyplývá další překážka, a tou je připravenost učitelů. V předchozí podkapitole byly popsány „požadavky“ na učitele. Podle autorů Schwartz & Crawford (2004) je pro učitele při zavádění BOV nejtěžší rozhodnout, které znalosti do BOV začlenit. Učitel je **do určité míry** omezen také možnostmi školy – její vybaveností a prostory. S nedostatečným vybavením (např. přístrojů, pomůcek pro laboratorní práce, či dokonce chybějící laboratoře) motivace k vytváření BOV klesá.

2. CÍLE PRÁCE

Jak již bylo zmíněno v literárním přehledu, (nejen) v české literatuře se objevuje mnoho úloh, které se titulují „badatelsky orientovanými“. Některé z nich však konceptu BOV částečně nebo zcela neodpovídají. V této práci proto představuji vybranou úlohu ze zahraničního zdroje jako ukázkou tzv. *inquiry* a porovnávám s některými českými úlohami. Cílem této části není snížit úroveň některých úloh, protože každá aktivizující metoda (má-li edukační smysl) je lepší, než žádná. Cílem je ukázat, jakým způsobem může učitel posuzovat volně dostupné úlohy z hlediska obsahu charakteristických prvků pro BOV, případně, jak je „modifikovat“ tak, aby lépe odpovídaly badatelské koncepci.

3. MATERIÁL A METODY

Jako materiál posloužily badatelsky orientované úlohy, volně dostupné z internetu. Úlohy jsem prostudoval a posoudil podle parametrů BOV. Hlavním kritériem bylo, zda jsou žáci vedeni k formulaci hypotézy nebo k tvorbě metodického postupu. Z úloh jsem některé vybral tak, aby zastoupily širší spektrum (od úlohy s požadavky na BOV úplně splněnými po úlohu neodpovídající žádnému z kritérií). Všechny úlohy jsem ve výsledcích pouze shrnul a okomentoval, jejich celé znění je uvedeno v Příloze.

V práci představuji také vlastní úlohu, sestavenou s pomocí Ing. Marie Hronkové, PhD z Ústavu molekulární biologie rostlin. Jako předloha posloužila úloha pro praktika z fyziologie rostlin na PřF JU. Tu jsem upravil tak, aby splnila kritérium pro badatelskou výuku, a společně s M. Hronkovou odzkoušel na Gymnáziu Jírovцова v Českých Budějovicích ve dvou paralelních třídách. Jelikož úloha vyžaduje drahé zařízení (termokameru), zkusili jsme ve druhé třídě (pro srovnání) udělat pokus pouze s využitím námi nasnímaných obrázků.

4. VÝSLEDKY

4.1 ŽIVOT HNIJÍCÍ MRKVE (USA)

Úloha je k dispozici na stránkách *Cornell Science Inquiry Partnerships (CSIP)*⁵, kde jsou dostupné úlohy z mnoha oblastí (biologie, chemie, fyzika „*Nature of Science*“ apod.).

Shrnutí projektu:

Projekt se komplexním způsobem zabývá rozkladem organického materiálu (v tomto případě mrkve). Žákům umožňuje navrhnout experiment popisující, které faktory ovlivňují rychlost rozkladu. Dále izolují bakterie a plísně zodpovědné za jeho rozklad a posuzují biochemickou schopnost těchto organismů.

Hodnocení podle kritérií BOV:

Úloha je poměrně náročná a vyžaduje pokročilou znalost biologie. Je rozčleněná do několika dílčích kroků, ve kterých žáci:

1. Připraví experimentální design rozkladu mrkve.
2. Zaznamenávají různé parametry vztahující se k rozkladným procesům.
3. Izolují bakterie a plísně zodpovědné za rozklad a kultivují je.
4. Popisují narostlé bakteriální a plísňové kolonie.
5. Vyberou 2 kolonie a identifikují druh.
6. Provádí biochemické testy.

V případě, že je pro žáky úkol náročný, může být pokus ukončen po 2., resp. 4. kroku. V průběhu celého pokusu je od žáků v několika bodech vyžadováno formulování vlastní hypotézy, popř. navrhování dalšího postupu. Žáci si při tomto cvičení mohou osvojit mnoho dovedností charakteristických pro vědeckou práci.

⁵ http://csip.cornell.edu/Curriculum_Resources/default.html#Bio

4.2 BIOMASA VE VODĚ – MĚŘENÍ PRODUKCE VODNÍ NÁDRŽE

Úloha je součástí online dostupného sborníku **Škola BOV**.⁶

Shrnutí projektu:

Během této úlohy studenti sami odvodí způsob, jak měřit produkci vodní nádrže. Při plánování postupu je lektor pouze usměrňuje vhodnými otázkami a postupně je dovede k tzv. kyslíkové metodě, založené na stanovení změny obsahu kyslíku ve vodě v závislosti na různých podmínkách. Po naplánování pokusu jej studenti sami v terénu provedou a získaná data vyhodnotí. Účelem úlohy není přímo vštípení znalosti kyslíkové metody, ale především návrh ekologického výzkumu a znalosti procesů ve vodních ekosystémech.

Hodnocení podle kritérií BOV:

Jde o krásnou ukázkou nasměrovaného bádání, kdy učitel položí výzkumnou otázku, a žáci vytváří a realizují metodický postup. V tomto případě se k metodickému postupu žáci dostávají učitelovým systematickým kladením otázek a společnou diskuzí. Díky této úloze si také žáci mohou propojit své znalosti z biologie (úloha světla – fotosyntéza x respirace) a aplikovat je pro ekologický výzkum.

4.3 ANALÝZA BUNĚČNÉHO CYKLU CIBULE KUCHYŇSKÉ (*ALLIUM CEPA*)

Úloha je součástí online dostupného sborníku **Škola BOV**.

Shrnutí projektu:

Příprava roztlakových preparátů z kořínků cibule je klasická a jednoduchá metoda, která umožňuje demonstrovat fáze buněčného cyklu (interfázi, profázi, metafázi, anafázi a telofázi). Počty buněk v jednotlivých fázích, respektive jejich procentuální zastoupení, umožňuje odhadnout, jakou část buněčného cyklu jednotlivé fáze zaujímají. Navíc srovnáním různých částí kořínků cibule studenti uvidí, že dělicí se buňky jsou jen ve špičce obsahující meristém, zatímco jinde se buňky již nedělí.

⁶ Projekt je realizován Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích a dostupný na adrese <http://home.pf.jcu.cz/~bov/>

Hodnocení podle kritérií BOV:

Ve své podstatě jde o strukturované bádání. Žáci přesně znají postup. Výsledky - počty jader v interfázi a jednotlivých fázích mitózy zaznamenávají do tabulky. Hlavním cílem je vypočítat procentuální zastoupení jader v jednotlivých fázích (a z toho vypočítat dobu dělení). Žáci však nejsou obeznámeni s hypotézou. Pokud se úloha podaří, žáci mohou dojít k závěru, že jednotlivé fáze buněčného cyklu nejsou časově stejně dlouhé (hypotéza). Výsledky však mohou být, jak autorka sama uvádí, nepřesné vlivem např. špatného rozpoznání některých fází.

V této úloze lze využít mezioborového přesahu, konkrétně matematiky a nechat žáky, aby se pokusili sami odvodit vzorce pro výpočet procentuálního zastoupení jednotlivých fází v buněčném cyklu a výpočet počtu minut, které trvají jednotlivé fáze při 24 hodinovém cyklu.

4.4 DENDROLOGICKÝ PRŮVODCE PO TŘEBOŇSKÝCH PARCÍCH

Úloha je součástí online dostupného sborníku **Škola BOV**.

Shrnutí projektu:

Cílem této úlohy je praktické venkovní cvičení z poznávání a rozlišovacích znaků našich hlavních domácích hospodářsky významných dřevin, dále navazující praktické cvičení z morfologie rostlin (zejména listy, květy a květenství, popř. plody a plodenství), exkurzi lze využít i jako doplňkovou pro tematiku evoluce a morfogeneze rostlin, resp. vývoje přírody střední Evropy ve čtvrtohorách. Forma exkurze je tzv. „geowatching“, tedy vyhledávání skupin objektů pomocí zeměpisných souřadnic.

Hodnocení podle kritérií BOV:

Výrazným plusem úlohy je použití moderní techniky. Autor také vede žáky k diskusi mj. o vlivu okrajových a optimálních ekologických stanovištních podmínek na růst dřevin.

Určitou nevýhodou je však samotná metodika této úlohy. Exkurze obecně nevede k ověřování hypotézy. Většinou bývá užívána jako forma „doplnění“ učiva, nebo naopak zahájení nového celku (Čepičková, 2013). Konkrétně tato úloha pak hypotézu zcela postrádá. Exkurze je zaměřená na porovnávání odlišností např. počtu jehlic u borovic či

tvar šišek. Úkolem žáků je také na základě obrázku siluety listu a procházky parkem určit, o který strom se jedná.

Některé části úlohy by mohly být pojaté badatelsky, žel nejsou. Např.: „**velmi důležité je upozornit na to, že tis červený je dvoudomý a jako jeden z mála jehličnanů nemá šišky, ale jednotlivá semena obalená červeně zbarveným dužnatým míškem.**“ Přitom skutečnost, že tis nemá šišky, by žáci mohli „objevit“ sami. Dokonce se zde nabízí prostor pro hypotézu, tedy v čem je pro tis výhodnější mít míšek a ne šišky? Dalším příkladem je: „**Vysvětlete studentům, jak opakující se doby ledové snížily počet druhů dřevin v Evropě, kde na jihu byla jednak bariéra Alp, jednak Středozemního moře a ukažte na příkladu příbuzných druhů, kolik dřevin je v severní Americe a temperátní jihovýchodní Asii.**“ Opět se zde otevírá cesta pro badatelský přístup a kooperaci mezi žáky (skupinami). Otázkou pro zkoumání by mohlo být: „Proč doby ledové vedly ke snížení biodiverzity více v Evropě, než v Americe resp. v Asii?“

4.5 ÚROVEŇ HLUKU VE TŘÍDĚ

Tato úloha je součástí publikace „*Sada metodik pro badatelské postupy ve výuce a volnočasových aktivitách s využitím systému PASCO*“ (Dvořák et al., 2015).

Shrnutí projektu:

Hluk a hlučné prostředí ovlivňuje psychiku a tím i výkony podávané ve škole. V tomto pokusu studenti zjišťují hladinu zvuku ve školním prostředí, kde tráví většinu času. Získané hodnoty porovnávají a vyhodnocují pomocí tabulky a grafu.

Hodnocení podle kritérií BOV:

Princip spočívá v pouhém zaznamenávání hodnot přístrojem, následném vynesení do grafu (pomocí MS Excel) a vyplněním pracovního listu. V úloze chybí jasně definovaná hypotéza, případně výzkumná otázka, na kterou by žáci hledali odpověď. Navíc žáci nemají výsledné hodnoty s čím porovnávat. Nemohou tedy vyhodnotit, zda lze naměřenou hladinu zvuku považovat za „hlučné prostředí“ (těžko je budou pro školní prostředí porovnávat s uvedenými intenzitami zvuku, tj. šumem listů, symfonickým orchestrem nebo rockovou hudbou). Cíl práce pak tedy nelze úplně splnit.

4.6 TRANSPIRACE LISTU – VLASTNÍ NÁVRH BADATELSKÉ ÚLOHY

Cílová skupina

Žáci čtyřletého gymnázia, středních odborných škol

Časová náročnost

Minimálně 2 vyučovací hodiny

Prostorové požadavky

Standardně vybavená laboratoř (s mikroskopy)

Klíčové otázky

- Za účasti kterých buněčných struktur rostlina přijímá oxid uhličitý a vydává kyslík a vodu?
- Jakými regulačními mechanismy rostlina s vodou hospodaří?
- Které dilema (*trade-off*) rostlina „řeší“ v případě sucha?
- Existují rostliny s metabolismem, který by umožnil přijímat CO₂ a přitom neztrácet vodu?

Získané dovednosti a znalosti

- Žáci porozumí fyziologické úloze rostlinných průduchů a vlivu rostlin na teplotu okolního mikroprostředí.
- Úloha využívá princip měření teploty IR kamerou. Žáci si tak zopakují základní znalosti z fyziky (vlnová délka, emisivita, teplota a vlhkost atmosféry), úloha má tedy mezioborový přesah.

Návaznost na RVP

Gymnázia; Člověk a příroda: Biologie (biologie rostlin, ekologie)

Příprava pokusu

Do dvou Ehrlenmayerových baňkách naplněných vodou umístíme vždy po jednom listu slunečnice roční (*Helianthus annuus*). Do jedné kádinky přidáme roztok kyseliny

abscisové tak, aby výsledná koncentrace byla $2 \cdot 10^{-5}$ M. Listy snímáme infračervenou kamerou FLIR P660, která zobrazuje rozložení teploty na povrchu listu. Každých 10 minut sledujeme změny, které kamera zaznamenává.⁷

Poznámky:

- list uřízneme tak, abychom neporušili transpirační proud (odřízneme jej pod vodou);
- hladinu převrstvíme olejem, abychom zamezili vypařování vody, nebo baňku zakryjeme parafilmem.

Podrobné pokyny

Učitel připraví pokus před hodinou a žákům jej zevrubně popíše. Žáci pracují ve skupinách na těchto úkolech (otázkách):

- Jaké pozorujete teplotní změny v na listech?
- Stanovte hypotézu, která by vysvětlila příčinu a průběh změn.
- Představte si, že pracujete na stejné úloze v laboratoři s omezenými finančními zdroji. Vymyslete alternativní postup, který by umožnil dojít ke stejným závěrům, avšak bez použití IR kamery.

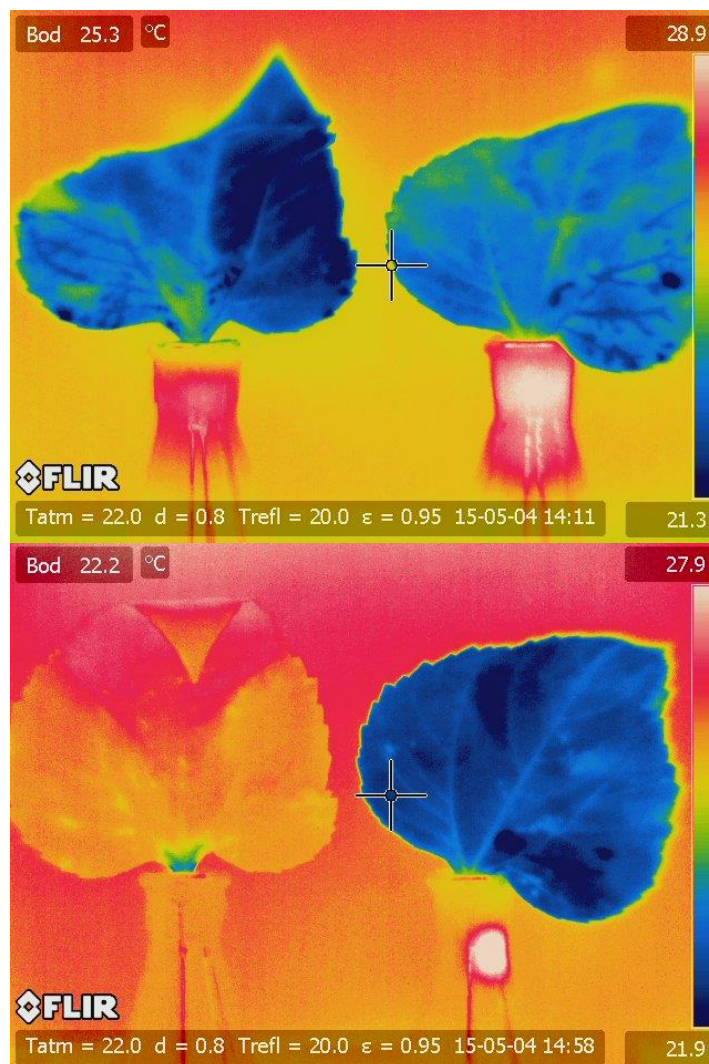
Úlohu je dobré doplnit mikroskopováním průduchů. Vhodné je využití rostlin s různými stanovištními nároky (např. xerofytní rostlina, vlhkomilná rostlina). Žáci si tak mohou lépe propojit souvislost mezi požadavky na vodu, počtem (a velikostí) průduchů a mírou transpirace. Učitel je v průběhu celého praktika pouze vede pomocnými otázkami (je-li to potřeba).

Na závěr proběhne diskuze, při které jednotlivé skupiny představí svoji hypotézu a alternativní postup k této úloze (bez použití IR kamery).

Možné modifikace

Ve škole, která nemá možnost zapůjčení termokamery z univerzity (či provedení praktika na akademické půdě) je možné promítnout pouze obrázky (obr. 7).

⁷ Podrobný návod, včetně vstupní teorie, obrázků a vysvětlení na adrese:
http://kebr.prf.jcu.cz/download/lectures/KEBR220/KEBR220_U01-ABA&pruduchy-2016.pdf



Obr. 7: Listy slunečnice snímané IR kamerou zobrazující jejich teplotu (Foto: Marie Hronková).

Zhodnocení využití úlohy v praxi

Žáci velmi kladně vnímali možnost práce s pro ně neznámou technikou. V případě modifikované úlohy (pouze promítnutí obrázků) bylo nadšení z úlohy pochopitelně nižší, nicméně na průběhu a výsledcích projektu se to neprojevilo. Žákům nečinila větší obtíže ani třetí otázka, tedy vytvoření alternativního postupu bez použití IR kamery. V každé třídě nakonec odhalili souvislost mezi mírou transpirace a úbytkem váhy. Mikroskopování průduchů vyžadovalo jistou manuální zručnost (neporušení buněk), dvouhodinovka je tak opravdové minimum.

6. DISKUZE

V posledních letech velmi ubývá zájem o přírodovědné předměty ze strany žáků. Podíl absolventů přírodovědných a technických studijních programů v Česku činí 4,02% a je druhý nejnižší v EU (Čížková, 2006). A najdou-li se mezi žáky „milovníci přírody“, často odcházejí studovat přírodovědné obory neučitelského typu. Koneckonců sám autor této práce vystudoval nejprve magisterský studijní program v ochraně přírody. V publikaci uvádí doc. Brzezina jako možný hlavní důvod nízké finanční ohodnocení učitelů a jejich postavení ve společnosti ve srovnání s jinými přírodovědnými obory. Zároveň upozorňuje, že finanční ohodnocení (v případě zlepšení této situace) by nemělo být jedinou motivací, proč se stát (kvalitním) učitelem. Někteří autoři se také domnívají, že přírodovědného učiva je mnoho, je odtržené od života, či je dokonce zvláštním „světem školních vědomostí“ (Čížková, 2006).

Z výzkumu PISA (*Programme for International Student Assessment*) v roce 2006 vyplynulo, že čeští žáci mají sice osvojeno větší množství přírodovědných poznatků, ale mají problémy se samostatným uvažováním o přírodovědných tématech a jejich zkoumání na přiměřené mentální úrovni (Papáček, 2010). Škoda & Doulík (2009) objasňují, že „v rámci paradigmatu přírodovědné výchovy jako elementární přírody začaly vznikat některé prvky v přírodovědném vzdělávání, z dnešního pohledu nežádoucí, které se následně plně rozvinuly v rámci paradigmatu scientistického.“ Centrum výuky se posunulo ve prospěch přejímání pouhé teorie, snižovalo se porozumění, což vedlo k domnění, že tyto poznatky nejsou pro život praktické. Je nespornou pravdou, že s přibývajícím poznáním narůstá také množství učiva a dochází ke zvýšení jeho náročnosti. Čížková (2006) ale připomíná, že s poznatky přírodovědných předmětů se setkáváme denně, a je proto nutné věnovat maximálnímu úsilí a zkvalitnit tyto předměty. Papáček (2010) doplňuje, že „základní porozumění problematice vybraných témat biologie je velmi důležité pro rozvoj demokratické společnosti, která rozhoduje o otázkách udržitelného rozvoje, potravinových zdrojů, ochrany životního prostředí aj. Občané, kteří rozumějí, jsou méně zasažitelní demagogií a méně manipulovatelní.“ Navíc, hlavní příčinou klesajícího zájmu mladých lidí o přírodní vědy jsou podle výzkumů EU způsoby, kterými se přírodní vědy vyučují na školách (Čepičková, 2013). Výzkum PISA 2006 dále ukazuje, že „žáci s větším zájmem o přírodní vědy jsou ochotnější vynaložit potřebné úsilí, aby dosahovali dobrých výsledků“ (EU). Zdá se tedy, že **množství** předaných informací nehraje takovou roli v oblíbenosti předmětu, jako **způsob** jejich předání.

Ačkoliv se na první pohled mohlo zdát, že kurikulární reformou dosáhneme kýžených výsledků, skutečnost není tak černobílá. Janík a Slavík (2007) doslova uvádějí: „*V překotném tempu zavádění rámcových vzdělávacích programů do praxe škol jakoby chyběl čas a možná i odvaha zastavit se na okamžik a znovu kriticky přezkoumat samotné základy probíhající kurikulární reformy. Vše jakoby mělo být k určitému datu hotové a od tohoto data jednou provždy platné. Přitom problémů, které by za pozastavení stály, je celá řada.*“

Tato práce vyzdvihuje badatelsky orientovanou výuku jako možný a vhodný prostředek ke zlepšení úrovně českých žáků. Začlenit do výuky aktivizační metody, které povedou žáky k přemýšlení, kladení otázek, navrhování řešení, spolupráce s druhými či prezentování vlastních závěrů má nesmírnou cenu také pro dnešní (a hlavně budoucí) trh práce. Vzhledem k pokroku, kterého lidstvo za posledních 200 let dosáhlo, začíná ve větší míře převažovat zaměstnání, které tyto (a mnohé další) dovednosti vyžadují. Není přitom rozhodující, zda je to práce lékaře, manažera nebo automechanika (C). BOV přesouvá těžiště vzdělávání na kognitivní schopnosti (braní v úvahu data, budování argumentů a tvorba logických vysvětlení). Pomáhá tak všem studentům bez ohledu na to, zda plánují pokračovat na vysoké škole či nikoli (Bybee, 2010).

Čas od času se vyrojí kritici BOV, kteří tvrdí, že tato metoda není „*nic nového pod sluncem*“. A mají pravdu, ale jen z části, jak ukazují následující odstavce. Vzpomeňme z 1. poloviny 20. století např. Johna Deweye z USA, který usiloval o zavedení bádání do výuky (Chiapetta, 2008). Jeho hlavním argumentem bylo, že vědecké poznání vzniká jako produkt šetření (*inquiry*), tedy bádání (Bell *et al.*, 2010). Na našem území pak stálo v popředí pragmatické paradigma přírodovědného vzdělání orientované na žáka a jeho vlastní aktivitu (Škoda & Doulík, 2009). Je však potřeba pamatovat na politický a společenský vývoj té doby. Naši země otrásly obě světové války, které vedly k úpadku školství. Hejnová (2010) připomíná mj. zatížení fašistickou ideologií. Po roku 1945 následovalo polytechnické paradigma orientované na pouhé předávání informací (Škoda & Doulík, 2009).

Výzkumy v 1. polovině 20. století představují významné pokusy o zavádění integrovaných učebních předmětů. **Integrovaná výuka** (spojení jednotlivých učebních předmětů v jeden celek) se u přírodovědných předmětů přímo nabízí. Jsou si totiž velmi blízké nejen v obsahové provázanosti, ale také v metodách a prostředcích, které používají

ke zkoumání přírody. Dnes integraci a multidisciplinaritu podporuje zejména zavádění průřezových témat z RVP do vzdělávací oblasti (Hejnová, 2010).

Jak souvisí BOV s integrovanou výukou? Badatelsky orientovaná výuka je inspirována konstruktivistickým přístupem k učení. Jak uvádí doc. Čepičková (2013): *„Konstruktivistické pojetí výuky řeší problém izolace vzdělávacích obsahů prostřednictvím projektové a integrované výuky. Podstatou integrované výuky je hledání a nalezení určitých témat učiva, která je možné spojovat bez ohledu na jejich původní začlenění do tradičních předmětů.“* **Podstatou BOV je tedy více, než pouhé bádání. Propojuje přírodní vědy v jeden celek.**

Je zřejmé, že BOV poskytuje řadu výhod, a to nejen žákům a jejich učitelům, ale v důsledku i celé společnosti. Přesto může učitel při jejím zavádění do výuky narazit na různé překážky. Ty jsem rozdělil do dvou skupin – vnitřní překážky vycházející z učitelových postojů a kompetencí, které jsou odstranitelné; a vnější překážky nezávislé na učiteli.

Naše postoje jsou často ovlivněny prostředím, ze kterého pocházíme, včetně prostředí vzdělávacího. Stuchlíková (2010) připomíná, že *„studenti učitelství se stávají pouhými duplikátory stávajících metod namísto těch, kdo zkoumají vyučování a uvádějí do pohybu učení žáků.“* Je proto nezbytné nejdříve začít u vzdělávání vysokoškolských profesorů, kteří pak mohou metody BOV zavádět do svých kurzů didaktiky. Pro stávající učitele by mělo být umožněno postgraduální vzdělávání formou různých workshopů.

Další vnitřní překážkou mohou být samotné kompetence učitele. V práci jsem popsal, že kompetence se vždy váží k určité situaci. Proto musí učitel při BOV disponovat mnoha znalostmi a dovednostmi, které mu umožní být kompetentní. Především se musí velmi dobře orientovat ve svém oboru a rozumět principům vědeckého bádání (Sporea *et al.*, 2015). Löfgren *et al.* (2013) dále zmiňuje, že učitel musí naučit žáky vyhodnotit, co je z pozorovaného jevu důležité a pospat to. Čepičková (2013) také připomíná, že *„učitel musí být připraven na neočekávané otázky / návrhy žáků“*. Protože jsou tato úskalí vnitřní, dají se učitelem odstranit (nebo alespoň zmírnit).

Mezi vnější obtíže při zavádění BOV mohou patřit jistá omezení vycházející ze samotné realizace, jako je čas, zdroje nebo učební plány (Stuchlíková, 2010). Je dobré také počítat s tím, že žáci nemusí být pro takové aktivity dobře motivováni.

Zavádění BOV do výuky mohou paradoxně uškodit také některé metodiky, návody a „kuchařky“ nejrůznějších badatelsky orientovaných úloh. Ačkoli jsou nepochybně dobře míněné, některé z nich badatelské vlastně vůbec nejsou (podle kritérií BOV). Neproškolený pedagog tak může mít pocit, že ve svých třídách praktikuje badatelskou výuku, i když tomu tak není. Navíc BOV se kvůli takovým úlohám stává terčem nejrůznější kritiky na internetových diskuzních fórech. Jeden příklad za všechny: „...*jakýsi tým za evropské peníze dva roky bádá nad něčím, co je známé už desítky let. Možná by bylo přesnější napsat, že jde o soubor vesměs notoricky známých pokusů.*“ (Anonym, 2014). Ve shodě s Činčerou (2014) se tedy ukazuje, že programy BOV mohou být pro některé učitele náročné a špatná implementace na školách pak snižuje jejich přínos pro žáky. **Je proto nezbytné věnovat větší pozornost přípravě badatelských úloh.**

V této práci jsem vybral některé z dostupných úloh a zhodnotil, do jaké míry vyhovují charakteristikám BOV. Zdrojem kvalitně zpracovaných metodik je Škola BOV dostupná na stránkách PF JU. Úlohy, které pak méně splňují kritéria BOV nejčastěji špatně pracují s „hypotézou“. Týká se to potvrzujícího bádání, kdy žáci mají hypotézu pouze ověřit. Buď je hypotéza uvedena nepřesně, nebo zcela chybí, čímž potvrzující bádání ztrácí smysl. Příkladem je úloha „Hluk ve třídě“. Úkolem žáků je pouze zjistit úroveň hladiny hluku ve třídě pomocí přístroje. Jako problematické se mohou jevit rovněž exkurze. Pokud je učitelovým záměrem ukázat žákům 50 našich nejběžnějších rostlin (stromů), s největší pravděpodobností nepůjde o badatelskou výuku.

Úloha, kterou navrhuji (transpirace listu) stojí na pomezí strukturovaného a nasměrovaného bádání. Žáci sledovali pokus (list v kádince s kyselinou abscisovou vykazoval po 60 minutách výrazně vyšší teplotu oproti listu bez kyseliny abscisové) a formulovali hypotézu (kyselina abscisová je stresový hormon indukující sucho, který uzavírá průduchy a omezuje transpiraci, čímž se list neochlazuje). To je bádání strukturované. Pak měli navrhnout vlastní pokus, který by demonstroval to samé (tedy omezení transpirace působením kyseliny abscisové), avšak bez použití IR kamery. Výzkumná otázka byla tedy dána a žáci vytvářeli metodický postup. To je bádání nasměrované.

7. ZÁVĚR

Badatelsky orientovaná výuka je moderním přístupem ve výuce, která se neustále vyvíjí. Zavedení BOV na střední školy a gymnázia je velmi žádoucí zejména pro tyto výhody:

- ✓ žáci rozumí látce v širších souvislostech, BOV má interdisciplinární přesah;
- ✓ při řešení problému ve výuce dochází ke střídání emocí, to má pozitivní dopad na osvojení si poznatků souvisejících s řešeným problémem;
- ✓ BOV vede k sociální interakci a posiluje kognitivní vývoj;
- ✓ žáci procvičují nejrůznější dovednosti potřebné pro vědeckou práci i každodenní život;
- ✓ žáci jsou lépe připraveni pro pracovní trh;
- ✓ žáci si umí najít relevantní informace a jsou tak méně manipulovatelní.

Při zavádění BOV do výuky se však setkáváme s řadou obtíží. Pro jejich odstranění je nutné:

- ✓ rozvíjet didaktiku (biologie) jako vědní obor;
- ✓ získávat finance pro výzkum orientovaný na BOV;
- ✓ vzdělávat vysokoškolské profesory, kteří začlení metodiku BOV do svých didaktických kurzů;
- ✓ poskytovat postgraduální vzdělávání učitelů formou cyklicky se opakujících workshopů;
- ✓ dbát na kvalitu zveřejňovaných badatelských úloh tak, aby skutečně odpovídaly koncepci BOV.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Aclufi A. *Doing Science: The Process of Scientific Inquiry*. Colorado Springs, CO: BSCS, 2005. 138 pp.

Anonym. Badatele.cz: Badatelsky orientované vyučování, 2014. <http://www.ceskaskola.cz/2014/10/badatelecz-badatelsky-orientovane.html> (accessed April 19, 2016), diskuze k příspěvku.

Barrow L.H. 2006. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education* **17**, 265–278

Bell T., Urhahne D., Schanze S., Ploetzner R. 2010. Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education* **32**, 349–377.

Bybee R.W., Taylor J.A., Gardner A., Van Scotter P., Powell J.C., Westbrook A., Landes N. *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Colorado Springs: BSCS. 2006. 65 pp.

Bybee R. *The Teaching of Science: 21st Century Perspectives*. NTSA Press 2010. 202 pp.

Cách J., Váňová R. 2000. Václav Příhoda (1889-1979). Život a dílo pedagoga a reformátora školství. *Pedagogika* **1**, 3-12.

Clarke D., Hollingsworth H. 2002. Elaborating a Model of Teacher Professional Growth. *Teaching and Teacher Education* **18**, 947-997.

Čepičková I. *Didaktika přírodovědného základu*. Univerzita J.E.Purkyně v Ústí nad Labem, 2013. 94 pp.

Činčera J. 2014. Význam nezávislých expertních center pro šíření badatelsky orientované výuky v České republice. *Scientia in educatione* **5**, 74-81.

Čížková V. Experimentální metoda v oborových didaktikách – možnosti a omezení. *Příspěvek na konferenci Současné metodologické přístupy a strategie pedagogického výzkumu pořádané Katedrou pedagogiky FPE ZČU v Plzni a Českou asociací pedagogického výzkumu, ve dnech 5. – 7. září 2006 na ZČU, 2006.*

Dostál J. 2010. Didaktika biologie – vývoj a současnost. *Scientia in educatione* **1**, 125-132.

Dostál J. *Badatelsky orientovaná výuka - kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na základních školách.* Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 254 pp.

Dvořák, J.; Štěpková, M.; Beňas, V.; Stachová, S.; Koranda, V.; Tůmová, R.; Charypar, J. *Sada metodik pro badatelské postupy ve výuce a volnočasových aktivitách s využitím systému PASCO;* Střední průmyslová škola Tábor, 2015.

Eastwell P., MacKenzie A.H. 2009. Inquiry learning: Elements of confusion and frustration. *The American biology teacher* **71**, 263-264.

Gillard, D. *Education in England: a brief history,* 2011. Education in England. <http://www.educationengland.org.uk/index.html> (accessed March 30, 2016).

Chiapetta E. Historical Development of Teaching Science as Inquiry. *Science as Inquiry in the Secondary Setting;* NSTA Press: Virginia, 2008; Chapter 2, pp 21–30.

Hejnová E. 2011. Integrovaná výuka přírodovědných předmětů na základních školách v českých zemích – minulost a současnost. *Scientia in educatione* **2**, 77-90.

Janík T., Slavík J. 2007. Vztah obor - vyučovací předmět jako metodologický problém. *Orbis Scholae* **2**, 54-66.

Knecht P. 2007. Didaktická transformace aneb od „didaktického zjednodušení“ k „didaktické rekonstrukci“. *Orbis Scholae* **2**, 67-81.

Kotásek J. 2011. Domácí a zahraniční pokusy o obecné vymezení předmětu a metodologie oborových didaktik. *Pedagogická orientace* **21**, 226-239.

Kroupová B., Vybíral B. 2014. Přírodopyt jako vyučovací předmět mezi lety 1869 a 1939. *Matematika - fyzika – informatika* **23**, 187-199.

Löfgren R., Schoultz J., Hultman G., Björklund L. 2013. Exploratory Talk In Science Education: Inquiry-Based Learning and Communicative Approach In Primary School. *Journal of Baltic Science Education* **12**, 482-496.

Maňák J. 2007. Modelování kurikula. *Orbis Scholae* **2**, 40-53.

Marsh J.C. *Key Concepts for Understanding Curriculum*. Routledge, 2009, 331 pp.

Martin D.J., Jean-Sigur R., Schmidt E. 2005. Process-Oriented Inquiry - A Constructivist Approach to Early Childhood Science Education: Teaching Teachers to Do Science. *Journal of Elementary Science Education* **17**, 13-26.

Nezvalová, D. Kompetence odborné v počáteční přípravě učitele biologie pro střední školy. In: *Kompetence a standardy v počáteční přípravě učitele přírodovědných předmětů (biologie, fyziky, chemie) a matematiky pro střední školy*; Univerzita Palackého v Olomouci, 2007; pp 21–26.

Papáček M., 2010: Badatelsky orientované přírodovědné vyučování - cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione* **1**, 33-49.

Papáček M., 2010b: Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice, pp 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.

Papáček M., Čížková V., Kubiátko M., Petr J., Závodská R. Didaktika biologie: didaktika v rekonstrukci. In: *Stuchlíková I. & Jeník T. et al. Oborové didaktiky: Vývoj a perspektivy*; Masarykova univerzita, Brno 2015, pp 225-257

Petr J. *Možnosti využití úloh z biologické olympiády ve výuce přírodopisu a biologie.* Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014. 199 pp.

Power B. 2012. Enriching Students' Intellectual Diet through Inquiry Based Learning. *Libri* **62**, 305-325.

Schwartz R., Crawford B. Authentic Scientific Inquiry as Context for Teaching Nature of Science. In *Scientific Inquiry and Nature Science*; Flick, L., Lederman, N., Eds.; Kluwer Academic Publisher, 2004; pp 331–355.

Schwartz R. 2010. The Impact of Full Immersion Scientific Research Experiences on Teachers' Views of the Nature of Science. *Electronic Journal of Science Education* **14**, 40 pp.

Sporea D., Sporea A., Iacob C. 2015. Inquiry-Based Science Education In Dimensional Measurement Teaching. *Romanian Reports in Physics* **67**, 1206-1217.

Stuchlíková I., 2010: O badatelsky orientovaném vyučování, pp 129-135. 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.*

Škoda J., Doulák P. 2009. Vývoj paradigmat přírodovědného vzdělávání. *Pedagogická orientace* **19**, 24-44.

9. PŘÍLOHA

Kompletní zadání jednotlivých úloh diskutovaných v kapitole 5

- 1. Život hnilící mrkve**
- 2. Biomasa ve vodě – měření produkce vodní nádrže**
- 3. Analýza buněčného cyklu cibule kuchyňské (*Allium cepa*)**
- 4. Dendrologický průvodce po třeboňských parcích**
- 5. Úroveň hluku ve třídě**

1. Život hnijící mrkve

The Wrath of the Rotting Root

Teacher's Guide

by Jenna Mendell, CSIP Graduate Student Fellow, Cornell University

Overview

Decomposition is defined as the breaking down of a substance into a less complicated chemical structure. The decomposition of organic material is critical in maintaining the planet, and its atmosphere, as we know it. This activity will allow students to design an experiment to look at how different factors affect the rate of decomposition of organic material (a carrot), isolate the bacteria and fungi responsible for its decomposition, and assess various biochemical abilities of these organisms.

Subject

Biology, Microbiology, Ecology

Audience

High School or Middle School

Time Required

Dependent upon how many parts of the activity you choose to do.

Day 1 (preferably a double period): Introduce the process of decomposition, brainstorm about factors that could influence the rate of decomposition, develop data collection/recording sheet, and complete experimental design.

Day 2: Set up microcosms, take initial masses of carrots and microcosms (in case carrots decompose too quickly, students can mass the microcosm and still collect data over several weeks), make baseline observations, review data collection procedure.

Bi-weekly or weekly as time allows: Have students mass their carrots and microcosms. Students should be making physical observations of the carrot (smell, texture, appearance)

and also thinking about *why* they are seeing a change in mass over time (whether this is a gain or loss of mass).

After the carrot has started to decompose: Have students isolate bacteria and fungi on the carrot surface by swabbing it with a sterile swab. Have the students set up a serial dilution to isolate the bacteria and fungi from the soil.

2-3 days after bacterial and fungal isolation: Have students describe the colony morphology (shape) of the different bacteria and fungi they have isolated. They should talk about the color, size, shape, edge, elevation and texture of the colonies. Based on unique colony morphology, have the students isolate two different bacteria from their original bacterial isolation plates.

2-3 days after isolating 2 separate bacteria: Have a brainstorming session about what a carrot is made up of and how that could influence the types of enzymes the decomposing bacteria could possess. Discuss the environment these organisms are found in, and the advantage of being able to exploit a wide variety of resources, such as dead bacteria. Have the students come up with hypotheses about the different biochemical tests. Have the students inoculate the biochemical tests.

2-3 days after inoculating the biochemical tests: Have the students read the tests, record the results and see if their hypotheses were correct. If they were not, have them speculate *why*.

Background

A leaf falls from a tree in the forest. It settles on the ground, but it doesn't remain there forever. It eventually breaks down, or *decomposes* into something that you no longer recognize as a leaf. There are many things that can influence the rate at which the leaf decomposes. In a tropical rainforest where it is hot and moist, leaves and other organic matter decompose at a much faster rate than in a dry temperate region. Things like temperature, moisture, wind, and other environmental conditions are considered abiotic factors. Biotic factors can also influence the rate of decomposition. The visible changes to the leaf can be the result of insects, worms, birds, or other animals feeding on it. However, the final decomposition of the leaf is carried out by bacteria and fungi, which feed on dead tissue. Without these organisms, the planet would become littered with dead and decaying material. The animals, birds, insects, and worms simply would not be able to keep up with

the amount of material that needs to be decomposed. In addition, the fungi and bacteria convert the organic matter into material that is usable by plants and other primary producers, helping to maintain the atmosphere of our planet as we know it. This process, called nutrient cycling, is essential to preserving life on earth!

Learning Objectives

1. Students will be able to develop a research question and design an experiment to address this question.
2. Students will be able to identify the independent and dependent variable of their experiment.
3. Students will be able to accurately collect and record quantitative data, and make and record qualitative observations.
4. Students will be able to interpret the data they have collected to determine if their hypothesis is correct.
5. Students will be able to come up with some reasons why their hypothesis was or was not correct.
6. Students will be able to grow bacteria and fungi responsible for decomposition of their carrot.
7. Students will identify an individual bacterium based on colony morphology and other observations. Students will isolate this bacterium, and use it to inoculate biochemical tests to assess the metabolic capabilities of the bacterium.
8. Students will interpret their biochemical tests to identify what enzymes their bacterial isolates possess. The students will relate this to the composition of the carrot and the environment in which the bacteria came from.

NYS Science Education Standards Addressed

Standard 1: (High School and Middle School):

Key Idea 1: The central purpose of scientific inquiry is to develop explanations of natural phenomena in a continuing, creative process.

Key Idea 2: Beyond the use of reasoning and consensus, scientific inquiry involves the testing of proposed explanations involving the use of conventional techniques and procedures and usually requiring considerable ingenuity.

Key Idea 3: The observations made while testing proposed explanations, when analyzed using conventional and invented methods, provide new insights into phenomena.

Performance Indicator 5.1 (Middle school):

Compare the way a variety of living specimens carry out basic life functions and maintain dynamic equilibrium

Key Idea 5 (High School): Organisms maintain a dynamic equilibrium that sustains life.

Performance Indicator 7.1 (Middle School): Describe how living things, including humans, depend upon the living and nonliving environment for their survival.

National Science Education Standards Addressed

Science as Inquiry

- Abilities necessary to do scientific inquiry
- Understandings about scientific inquiry

Life Science

- Interdependence of organisms
- Matter, energy, and organization in living systems

Earth and Space Science

- Geochemical cycles

Science and Technology

- Abilities of technological design
- Understandings about science and technology

Science in Personal and Social Perspectives

- Environmental quality
- Science and technology in local, national, and global challenges

Assessment Strategy

1. Given the appropriate background information on experimental design, and factors that could affect the rate of decomposition, students will complete the experimental design sheet. Students will be assessed by their ability to collect and analyze the data they obtain over time. Students should be able to identify whether their hypothesis was correct, and provide some explanation of this outcome.

2. Given the appropriate background information on bacterial growth and colony morphology, students will successfully identify and isolate an individual bacterium. Students will be assessed by having a single bacterial species on each of their agar plates.

3. Given the appropriate background information on the biochemical tests, students will successfully inoculate these tests. Students will be assessed by their ability to correctly interpret the tests and accurately describe what kind of biochemical processes their bacteria are able to carry out.

Teaching Tips

Day 1: (Handout #1) Give a short presentation on decomposition (make sure that the students know what decomposition is!). Explain the difference between abiotic and biotic forces. During the brainstorming session, have students come up with different forces that could influence the rate of decomposition. Break them up into groups and have them come

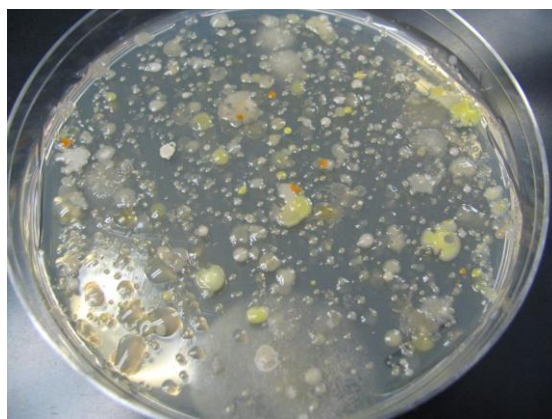
up with several hypotheses. Once they have decided on the one that they as a group want to test, have them come up with an experimental design to test that hypothesis. You may want to have them formally write this up, to reinforce writing and communication in science. This will also give you a chance to review the experimental design and make sure that they have a clear question to answer and have identified the independent and dependent variable. You may want them to think about data collection while they are coming up with their experimental design, and come up with some sort of data collection sheet. Make sure that everyone in the group records the data! Inevitably, if only one person has the sheet, it will get lost. If this happens for some reason, make sure to have “dummy data” so that the students have something for analysis.

Day 2: If the students haven't already done so, have them design a data-recording sheet (See *Sample Data Collection Sheet*). Have the students set up their microcosms (a chunk of some hard root vegetable, such as carrot, parsnip, or potato, buried in 1 $\frac{3}{4}$ cup dirt in zip type plastic baggie), making sure that they weigh both the carrot, and the microcosm in its entirety. They may also want to make some baseline observations of the texture, color and smell of both the carrot and the soil. Additional observations may include the moisture content of the soil and presence of organic matter or macroscopic organisms (if using soil from a garden or other outdoor site). If possible, have the students set up their experimental and control microcosms in triplicate. Ask them to write a short explanation of why it is useful to run experiments in triplicate.

Bi-weekly or weekly as time allows: (*Handout #2*) Have the students weigh their microcosms, record the weight, and calculate the change in mass. After they have weighed the microcosm in its entirety, have the students carefully remove the carrot from the bag, gently remove as much dirt as possible, weigh the carrot, record the weight of the carrot and calculate the change in mass. Have them make qualitative observations. Have them think about what is happening to their carrot. If they see an initial gain in weight, why could this be happening? Why could they see different results when they weigh the entire microcosm vs. the carrot? As time progresses and the carrots decompose even further, ask them why carrots don't decompose in the ground where they grow. If you would like, you could end the activity here and have them write up a formal lab report on their findings.

After the carrot has started to decompose: (*Handout #3*) If you are able to get the supplies, then you can have the students isolate bacteria and/or fungi from the carrot surface, and/or the soil on solid agar media. Bacteria are not picky and will grow on many types of media including LB (Luria-Bertani) and NA (Nutrient Agar). To isolate the fungi, there is a special media called SDA (Sabouraud Dextrose Agar) that has a low pH, which will select for the fungi.

2-3 days after bacterial and fungal isolation: (*Handout #4*) Since these are soil organisms, you can incubate these plates at room temperature for 2-3 days and have beautiful growth. You can also have the students note changes over time as the slower growing could take 7-10 days to appear on the plate. The organisms that you isolate will be affected by the experimental conditions of the microcosm, but the variety is astounding as you can see in the following two pictures.



Bacteria isolated from carrot surface
using LB media.

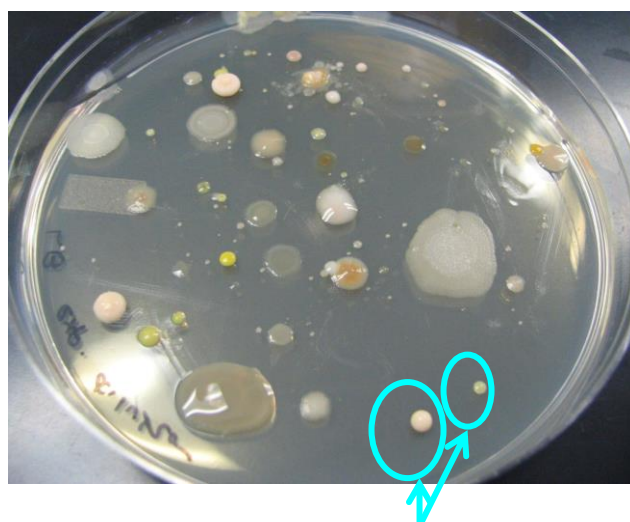


Fungi isolated from carrot surface
using SDA media.

Have the students describe what the colonies look like, smell like, etc. (see *Handout #4* for colony morphology (shape) descriptions). Encourage them to be creative. Tell them to pretend that they are describing this to a friend on the phone. What are some of the adjectives they would use?? You could stop the activity here, if you wish.

NOTE: The vast majority of bacteria and fungi that are isolated are harmless to humans, and are organisms that we come into contact with on a daily basis. However, to minimize exposure it is best to tape the plates shut, and make sure that the students wash their hands after handling them.

If you chose to continue on, have the students isolate an individual bacterium based on colony morphology. To ensure student safety, you may want them to wear gloves. Have them chose a bacteria that is separate from others. See example below:



Either of these colonies would be good examples of colonies to use to isolate an individual bacterium.

2-3 days after isolating 2 separate bacteria: (*Handout #5 and #6*) Have another brainstorming session about the different macromolecules that make up a carrot. You may need to guide them with this activity. You want them to come up with sugar, starch and anything else (since you will be testing for glucose and sucrose fermentation and starch hydrolysis). Also discuss the environment that the carrot is found in, and how it can be very nutrient poor. Although many people think of the soil as nutrient rich, when in reality, it isn't. I use the example of what happens when a heavy rain falls and percolates down

through the soil – it washes the nutrients away. Introduce the concept of DNase – they should recognize the *-ase* ending as belonging to an enzyme, and facilitate a discussion about having different enzymes to exploit resources in the environment, like the DNA from other bacteria that may die.

Safety

Make sure that students wash their hands with soap and water after handling the plates and inoculating the media. After students have swabbed their plates, or inoculated the biochemical tests, have them place their swabs in a zipper type plastic bag. Make sure that they know not to touch their skin, or their lab mates with the swabs. Swabs can be disposed of in the trash. Agar media plates should be autoclaved or incinerated after use.

Extensions

- Have students develop and implement an “in-house” composting program. Based on the results of their decomposition experiment, ask them to come up with the optimum conditions for composting.
- Have students design a regulation pathway of the dnase gene. Let them be creative with possible regulation strategies of this gene (ie- positive vs. negative regulation).
- Give each group a large piece of paper, and ask them to design a concept map at the end of the activity. Ask them to apply the concepts they learned in this activity to other activities.....you may be amazed at the connections that they make!

2. Biomasa ve vodě – měření produkce vodní nádrže

Cílová skupina

Střední škola, ideálně 12 – 16 studentů (ale lze pracovat s celou třídou)

Časová náročnost

Úvod a naplánování metody cca 30-45 min, příprava materiálu na pokus cca 30 min (pokud si materiál budou připravovat studenti). Samotné provedení pokusu trvá několik hodin (v produkčním rybníku stačí 2-3 hodiny, v méně úživných vodách či pro přesnější výsledky cca 8-12, nebo i 24 hod.), studenti však pracují pouze několik minut na začátku a na konci tohoto intervalu, zbytek práce odvede příroda. Celkem lze počítat např. cca 60 min. ráno a cca 60 min (včetně vyhodnocení dat) odpoledne (po cca 6 hodinách).

Prostorové požadavky

Úvod a naplánování metody lze provést v běžné třídě či jakémkoli jiném prostředí, vlastní pokus je nutno provést u vodní nádrže. Výhodné je využití různě produkčních vodních nádrží (např. eutrofní chovný rybník a oligotrofní tůň či jezero).

Klíčové otázky

- Které organismy jsou ve vodní nádrži přítomny a jaký je jejich zdroj uhlíku?
- Které procesy ve vodní nádrži probíhají a) neustále b) jen za světla?
- Jakým způsobem lze stanovit míru primární produkce vodní nádrže?

Získané dovednosti a znalosti

- Studenti se naučí, že ke měření nejrůznějších veličin a hodnot lze použít nepřímé metody
- Studenti se naučí jednoduchou metodou změřit primární produkci vodní nádrže
- Studenti poznají a rozliší základní metabolické procesy organismů v běžném ekosystému

Návaznost na RVP

Gymnázia; Člověk a příroda: Biologie

- Biologie rostlin

- zhodnotí rostliny jako primární producenty biomasy

- Ekologie

- používá správně základní ekologické pojmy

- objasňuje základní ekologické vztahy

Materiál

Pár světlé a tmavé lahve pro každou skupinu studentů (4-6 studentů). Lahve mohou být o objemu 0,5 – 1 l, světlé lahve musí být zcela průsvitné, tmavé zcela neprůsvitné. Tmavé lahve lze připravit např. pomocí černé lepicí pásky či izolepy.

Oximetr na měření obsahu kyslíku ve vodě. V případě, že není oximetr k dispozici, lze (s menší přesností) stanovit pH roztoku a porovnat tedy množství rozpuštěného CO₂ (viz modifikace úlohy).

Provaz, plovák (stačí prázdná PET lahev), příp. kotva (závaží, velký kámen).

Podrobné pokyny

Úvod a nepřímé měření

1) Studenti by se již měli orientovat v oblasti primární produkce. Podle potřeby je možné téma zopakovat formou diskuse.

Zjednodušeně řečeno je primární produkce (primární produktivita, PP) množství biomasy vytvořené autotrofními organismy (primárními producenty) za jednotku času. Hrubá (brutto) primární produkce (BPP) označuje veškerou organickou hmotu (biomasu) vytvořenou producenty za jednotku času, označuje se jako celková asimilace (fotosyntéza). Čistá (netto) primární produkce (NPP) je zmenšena o metabolickou spotřebu producentů, vyjadřuje tedy množství biomasy dostupné konzumentům. Produkci lze udávat např. jako hmotnost sušiny na jednotku času a plochy/objem (např. g/den/ha), anebo lze sušinu spálit v kalorimetru a produkci udávat přímo v jednotkách energie na čas a plochu (např. kJ/hod/m³). Jeden gram sušiny přibližně odpovídá 17 kJ. Ve vodních tělesech jsou primárními producenty vodní rostliny – makrofyta, řasy a sinice. Míra primární produkce makrofytické vegetace může být měřena metodou sklizně – tedy odebrání vodních rostlin z

dané plochy a následné stanovení hmotnosti sušiny (biomasa). Při určování primární produkce řas a sinic však narazíme na problém – není jednoduché separovat fytoplankton a zooplankton. Proto se v praxi měří primární produkce celé vodní nádrže, nejen fytoplanktonu.

2) Jakým způsobem lze primární produkci obecného ekosystému stanovit? Studenti by měli sami přijít s některými metodami, za pomoci návodných otázek se dostat k odběru biomasy a hmotnosti sušiny. Na metodě odběru lze demonstrovat rozdíl mezi čistou a hrubou primární produkcí (čistá PP označuje biomasu dostupnou konzumentům, např. člověku s kosou). Protože produkce odpovídá množství biomasy vytvořené za jednotku času, lze např. posekat louku stejným způsobem v týdenním intervalu a veškerý přírůstek biomasy potom odpovídá týdenní primární produkci.

3) Jakým způsobem lze stanovit primární produkci ve vodním ekosystému? Studenti by měli navrhnout analogický způsob – sušina makrofytické vegetace.

4) Jsou makrofyta jediní producenti ve vodním ekosystému? Studenti by měli diskusí dospět k existenci fytoplanktonu. Jakým způsobem lze odebrat fytoplankton? Studenti asi navrhnou použití sítky na plankton, v případě dostatku času lze vyzkoušet a demonstrovat, že tímto způsobem dojde k odchytu fytoplanktonu i zooplanktonu – autotrofů i heterotrofů. Separovat jej není jednoduché, jak tedy změřit primární produkci? Studenti přijdou s různými návrhy. Pokud nikoho nenapadne měření O_2 či CO_2 , lze je k tomu navést rovnicí fotosyntézy: jaké jsou produkty fotosyntézy? Cukr, kyslík a voda. Cukr odpovídá biomase (těžko separovat těla producentů), voda je na vstupu i výstupu a ve vodní nádrži je všude ve velkém množství, přesně stanovit změnu je v podstatě nemožné. Je možné na základě množství vyprodukovaného kyslíku usuzovat o množství vyprodukované biomasy? Ano, oba produkty (kyslík i glukóza) vznikají ve stejném poměru, jejich množství jsou přímo závislá a množství vyprodukovaného kyslíku lze převést na glukózu, resp. na biomasu. Jeden gram O_2 odpovídá přibližně 0,73 g sušiny bez popelovin. Tyto převody jsou však v této úloze pro studenty spíše nadbytečné, zde je podstatné pouze dospět k úvaze měření O_2 namísto biomasy.

Způsob měření

5) Máme k dispozici oximetr – přístroj určený k měření obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Jakým způsobem lze za pomoci měření obsahu kyslíku stanovit primární produkci?

Primární produkce označuje množství biomasy za čas, musíme tedy měřit změnu obsahu rozpuštěného kyslíku v čase.

6) Stačí tedy změřit změnu obsahu rozpuštěného kyslíku za jednotku času? Je nutné si uvědomit, které metabolické procesy ve vodním tělese probíhají. Kromě fotosyntézy fytoplanktonu je to i jeho dýchání a dýchání zooplanktonu (celková respirace).

7) Lze nějakým způsobem od sebe tyto procesy od sebe odlišit? Studenti by si měli uvědomit úlohu světla, posléze možná navrhnou oddělené měření ve dne a v noci. Den a noc se ale velmi liší teplotou, která metabolismus silně ovlivňuje. Postupně studenty navést k použití průsvitné a neprůsvitné nádoby – světlé a tmavé lahve. Studenti pravděpodobně navrhnou způsob změření primární produkce – změřit obsah kyslíku ve světlých i tmavých lahvích před a po uplynutí časového intervalu (např. 6 hod.).

8) Jaké procesy probíhají ve světlé lahvi? Fotosyntéza a respirace. Jaké procesy probíhají v tmavé lahvi? Jen respirace. O čem tedy vypovídá hodnota obsahu rozpuštěného kyslíku v tmavé lahvi před (označme X) a po (XT) expozici? $\text{Respirace} = X - XT$. O čem vypovídá hodnota obsahu rozpuštěného kyslíku ve světlé lahvi před (X) a po (XS) expozici? Čistá primární produkce = $XS - X$. Zdůrazněte, že hodnota X (obsah kyslíku před expozicí) je stejný pro světlou i tmavou láhev. Lze nějakým způsobem stanovit hrubou primární produkci? Hrubá primární produkce = čistá primární produkce + respirace, tedy $(XS - X) + (X - XT) = XS - XT$.

9) Nechte studenty vyplnit první část pracovního listu provedení měření.

10) Ve stanovené hloubce vodní nádrže změřte obsah rozpuštěného kyslíku pomocí oximetru – označte X. V praxi se exponují pár lahví v různých hloubkách až do dvojnásobku hloubky průhlednosti vody, pro účely této úlohy však stačí několik různých hloubek (dle počtu skupin, každá skupina bude měřit v jedné hloubce – např. 10 cm; 50 cm; 90 cm).

11) V téže hloubce naberte vodu do světlých i tmavých lahví – lahve nutno otevřít až v dané hloubce, zcela je naplnit a opět v této hloubce uzavřít! Proč je nutné umístit obě lahve do stejné hloubky? Teplota vody v nádržích je závislá na hloubce, protože teplota značně ovlivňuje rychlost všech metabolických procesů a světlá i tmavá lahev musí být umístěny ve stejných podmínkách, je nutné zachovat stejnou teplotu, tedy i hloubku).

12) Pomocí plováků (a kotvy) nechte obě lahve exponovat v dané hloubce po určitý časový interval (u vysoce produkčních nádrží stačí cca 3 hod., v mezo- a oligotrofních vodách je nutné čas adekvátně prodloužit). Lahve je vhodné zatížit nějakým závažím, aby měly tendenci klesat ke dnu, hloubku ponoru potom regulovat délkou provazu připevněného k plováku.

13) Po uplynutí času lahve vytáhněte lahve a okamžitě po otevření změřte obsah rozpuštěného kyslíku – XS ve světlé lahvi, XT v tmavé lahvi.

14) Spočítejte hodnotu respirace, čisté primární produkce a hrubé primární produkce (mg O₂ / hod / l). Převed'te na hmotnost organické hmoty a množství energie, pokud platí: 1 g vyprodukovaného O₂ odpovídá v průměru 0,73 g organické hmoty ; 1 g organické hmoty odpovídá cca 17 kJ.

15) Nechte studenty vyplnit druhou část protokolu

16) Závěrečná diskuse: Nechte skupinky prezentovat své výsledky a společně je prodiskutujte. Jak a proč se liší produkce v různých hloubkách? Tato metoda stanovení primární produkce vodní nádrže se nazývá kyslíková metoda, anebo metoda světlých a tmavých lahví. Daň za její jednoduchost a nenáročnost je její snížená citlivost. Jakým způsobem lze zvýšit citlivost? Možná někdo navrhne prodloužit expozici. Pozor! Při prodloužení expozice se v uzavřených lahvích zvýší intenzita rozkladných procesů (spotřeba O₂) a primární produkce by tak byla podhodnocena! Je tedy potřeba spíše zvýšit počet nezávislých replikací. Při dostatku času lze demonstrovat různou míru primární produkce v různých hloubkách a kyslíkovou metodu provést v hloubkách od hladiny až po dvojnásobek průhlednosti vody (stanovení Secchiho deskou).

Úvodní diskusi je vhodné provést společně, samotné měření lze provádět ve skupinkách (záleží především na počtu oximetrů). V terénu je zajímavé srovnat primární produkci různých vodních nádrží či vodních toků. Při delším terénním cvičení a za vhodného počasí lze srovnat produkci za slunečného a zamračeného dne apod. Možné modifikace úlohy: Modifikace úlohy mohou být založeny na srovnávání rozdílu PP různých vodních těles (např. oligotrofní / eutrofní), srovnání PP při různých teplotách, intenzitě slunečního záření, apod. Problémem může být, pokud ve škole není k dispozici oximetr (relativně nákladný přístroj). Potom lze využít toho, že aktivní fotosyntéza odčerpává z vody CO₂ a tím zvyšuje pH vody. Namísto měření obsahu O₂ je potom možné

měřit pH. Ve světlé lahvi pravděpodobně dojde ke zvýšení reakce pH vody, zatímco v tmavé lahvi bude pH sníženo. Citlivost je však tímto způsobem ještě snížena.

3. Analýza buněčného cyklu cibule kuchyňské (*Allium cepa*)

Cílová skupina

Střední škola, počet studentů je omezen počtem mikroskopů.

Časová náročnost

45 minut

Prostorové požadavky

Úloha vyžaduje místnost vybavenou mikroskopy. Protože převážnou částí úlohy je mikroskopování, je žádoucí, aby každý student měl k dispozici svůj mikroskop.

Klíčové otázky

Jsou všechny části buněčného cyklu stejně dlouhé? Jak vypadají jednotlivé fáze mitózy? Dochází k dělení buněk všude se stejnou intenzitou?

Získané dovednosti a znalosti

Studenti se naučí rozpoznávat jednotlivé fáze mitózy a vyhodnocením počtu jader zachycených v jednotlivých fázích si uvědomí významné rozdíly v trvání interfáze a buněčného dělení i mezi jednotlivými fázemi mitózy. Pokud bude paralelně připraven preparát i z jiné než koncové části kořínku, studenti uvidí, že různé části stejného orgánu se dramaticky liší v přítomnosti dělicích se buněk.

Návaznost na RVP

Biologie – genetika, buněčná biologie.

Materiál

Kultivace kořínků: kuchyňské cibule, sklenička/kelímek, na který lze cibuli položit, vodovodní voda, nůž, nůžky

Příprava preparátu: HCl, destilovaná voda, kyselina octová, kyselina mléčná, orcein, pinzeta, podložní sklo, krycí sklo, filtrační papír, kapátko, uzavíratelná nádoba na fixaci (např. lékovka), Petriho miska.

Roztoky 10% HCl (10 ml)

HCl 1 ml

destilovaná voda 9 ml

Pozor, kyselinu lijeme do vody, ne naopak!

Lacto-aceto-orcein (2,5%)(dle W. Traut)

kyselina octová 100 ml

kyselina mléčná 100 ml

orcein 5 g

Po rozpuštění roztok zfiltrvat. Lépe barví roztok starý minimálně 1 rok.

Příprava materiálu

Seřízněte cibuli na konci, na kterém byly kořeny, a tímto koncem ponořte do nádoby s vodou. Po několika dnech by se měly objevit nové kořínky (obr. 1 a 2). Je lépe použít více cibulí najednou, protože počet kořínků z jedné cibule je velmi proměnlivý (jednotky, desítky, žádný). Přebytečné fixované kořínky lze skladovat v 70% etanolu v lednici po řadu měsíců.

Fixace

Fixace usmrtí buňky a zachová morfologii jejich struktur. Když jsou kořínky alespoň 1 cm dlouhé, ustrihněte je a fixujte ve směsi čistého etanolu (nebo metanolu) a kyseliny octové (poměr: 3 díly etanolu, 1 díl kyseliny octové) po dobu 24 hodin. Pokud se kořínky nebudou po fixaci ihned používat, přemístěte je do 70% etanolu a skladujte v lednici.

Barvení a roztlak

- Před použitím dejte kořínky změknout na 10 minut do 10% HCl, pak je omyjte destilovanou vodou v Petriho misce (omytí vodou je důležité, bez něj nedojde k obarvení jader).
- Položte kořínek na podložní sklo a uřízněte bílou špičku (obr.3). Zbytek kořínku zahod'te, případně použijte k vytvoření preparátu s interfázními jádry (srovnání oblastí s a bez dělicích se buněk).
- Zakápněte bílou špičku kořínku 2,5% lakto-aceto-orceinem (LAO), macerujte opakovaným mačkáním kořínku pinzetou, aby se kořínek rozdělil na vlákna. Pozor při manipulaci s orceinem, skvrny se obtížně odstraňují z oblečení i kůže.
- Přikryjte krycím sklem. Přeložte kousek filtračního papíru a dovnitř vsuňte preparát. Přes filtrační papír proved'te roztlak palcem. Pozor, krycí sklo se nesmí pohnout! Roztlak provádíme na stole, tlak musí být poměrně silný, ale pokud se pod mikroskopem ukáže, že tlak nebyl dostatečný, lze roztlak provést znovu. Palec se při roztlaku nesmí kolébat, protože tím se nadměrně vytlačí LAO a vzniknou bubliny.
- Pozorujte pod mikroskopem a do pracovního listu si zaznamenejte počty jader v interfázi a v jednotlivých fázích mitózy. Na základě získaných dat spočítejte procentuální zastoupení a délku jednotlivých fází.

Poznámka: Orcein barví pouze chromatin, takže ostatní struktury buněk (cytoplazma, dělicí vřeténko a buněčné stěny) nebudou vidět. Pokud ale máte k dispozici mikroskopy s fázovým kontrastem, budou viditelné i buněčné stěny, což je zajímavé zejména u telofáze, kde už může být ve středu buňky patrná formující se nová buněčná stěna, která nakonec buňku přepaží.

Možná úskalí:

1) Roztlak je poměrně jednoduchá metoda, nicméně i při ní se může stát, že výsledek nebude napoprvé uspokojivý, což může být způsobeno tím, že:

- roztlak byl příliš slabý a chromosomy nejsou dobře rozptýleny → zkuste preparát ještě jednou roztláčit
- roztlak byl příliš silný a chromosomy jsou příliš světlé → není problém, pokud máte k dispozici mikroskop s fázovým kontrastem a pokud je stále zachována morfologie chromosomů, jinak je potřeba udělat nový preparát.
- krycí sklo se při roztlaku pohnulo a chromosomy jsou rozetřené → je potřeba udělat nový preparát
- chybou při pokládání krycího skla nebo roztlaku je mezi buňkami hodně bublinek, které buňky stlačují → je potřeba udělat nový preparát. Připravte studenty na to, že se jim preparát nemusí napoprvé podařit a mějte pro ně připraveno více kořínků, aby mohli pokus zopakovat. Je lépe, kvůli úspoře času, začít již inkubací v HCl s více kořínky.

2) Určení stádií může být v některých případech obtížné, protože mitóza je kontinuální proces a její rozdělení do čtyř (někdy pěti fází – profáze, prometafáze, metafáze, anafáze a telofáze) je do značné míry umělé. Zejména úplný počátek anafáze je těžko odlišitelný od metafáze, konec anafáze je zase těžko odlišitelný od telofáze. Rovněž nedostatečný roztlak způsobí, že některé fáze jsou špatně poznat (anafáze od telofáze). Největším problémem je asi obtížnost poznat začátek profáze od interfázních jader. Tyto nejasnosti mohou způsobit odlišnosti ve vypočítaných poměrech délek trvání jednotlivých fází mitózy a interfáze.

Jak by to mělo dopadnout

Obecně platí, že z buněčného cyklu nejdelší část bude zabírat interfáze, čili období, kdy buňka po rozdělení roste, případně diferencuje a vykonává svou funkci, nebo se připravuje na dělení. Proto bezkonkurenčně největší počet buněk bude v interfázi, mitotické budou v menšině. Z fází mitózy nejvíce času zabere kondenzace chromatinu, čili profáze, na druhém místě bude telofáze, kdy dochází k opětovné dekonenzaci chromatinu. Přibližně stejné množství buněk by mělo být v metafázi a anafázi, které jsou zároveň nejkratšími stádií mitózy.

Protože vyhodnocení jader v celé kořenové špičce by bylo časově náročné, vyhodnoťte jen jejich část. Obecně však platí, že čím více jader vyhodnotíte, tím více byste se měli blížit očekávaným poměrům, proto vyhodnoťte alespoň 100 jader.

I při vysokém počtu hodnocených jader nemusí pozorované frekvence fází odpovídat očekávaným poměrům. I na dobře připravené preparátu je obtížné rozpoznat rané profáze od interfází, rovněž metafáze a anafáze, které jsou nejnápadnější, mohou být v záznamech zastoupené více, než by odpovídalo jejich skutečné frekvenci na preparátu. A konečně, protože nevyhodnocujeme všechny buňky v kořínku, ale jejich část, mohou být vlivem náhody na vyhodnocovaném místě zastoupena některá stádia více či méně, než by odpovídalo jejich frekvenci v celé kořenové špičce.

Možné modifikace úlohy:

- 1) Přípravou dvou preparátů, jednoho ze špičky kořínku a druhého z jiné části lze demonstrovat, že dělicí se buňky se vyskytují jen v určitých oblastech, zatímco jinde jsou jen interfázni jádra.
- 2) Úlohu lze použít jen k demonstraci fází mitózy bez odhadu délky buněčného cyklu.

4. Dendrologický průvodce po třeboňských parcích

Cílová skupina

Druhý stupeň základní školy a střední škola v předmětu Přírodopis, resp. Biologie (botanika) dle RVP. Délku a náročnost upravíme podle stáří dětí, menší děti necháme spíše hledat esteticky zajímavě tvarované či zbarvené plody či listy stromů, bez ohledu na jejich jména.

Časová náročnost

Exkurze je připravena ca na 3 vyučovací hodiny, tento čas lze podle potřeby modifikovat (zkrátit) výběrem jen části trasy. Exkurzi lze také doplnit na polodenní v rámci školního výletu (exkurze do zámku), popř. sběrem materiálu pro školní sbírku. Pokud se rozhodnete navštívit sbírku vodních a mokřadních rostlin v areálu Botanického ústavu AVČR, Dukelská 35, připočtete min. 1 hodinu.

Prostorové požadavky

Úloha je připravena pro jednoznačně určený prostor treboňského zámeckého parku a přilehlých Komenského sadů.

Klíčové otázky

Jak se liší nahosemenné a krytosemenné rostliny? Jaký tvar mohou mít jehlice u jehličnanů? Mají nahosemenné list, nebo plod? Co je list a jak může vypadat? Co je plod a co semeno? Jaké typy plodů známe? Jaký je vztah mezi květenstvím a plodenstvím? Co je to souplodí? Čím se od sebe odlišují? Které hospodářsky významné nahosemenné rostliny jsou v ČR původní a které zde jsou vysazené? Proč v našich podmínkách nerostou palmy? Proč v našich podmínkách rostou příbuzné dřeviny původem ze severní Ameriky a jihovýchodní Asie? Co jsou žijící fosilie? Které hospodářsky významné krytosemenné dřeviny u nás rostou a jaké mají ekologické nároky? Které čeledi jsou mezi dřevinami zastoupeny nejčastěji? Nyní můžete žákům zadat úkol, aby vám popsali celkový habitus borovice lesní – měli byste prodiskutovat tvary od nízkých pokroucených stromků na rašeliništích a na skalních výchozech až po hospodářsky vysoce hodnotný vysokokmenný treboňský ekotyp rostoucí na hlubších písčitých půdách. Diskutujte vliv okrajových a optimálních ekologických stanovištních podmínek na růst dřevin. Co myslíte, mají dřeviny v parcích podmínky spíše okrajové, nebo optimální? Dřevo je naše nejcennější surovina a nejvýznamnější obnovitelný zdroj energie (rozveďte diskusi na toto téma). Dřevo je také materiál, ze kterého se ještě před vynálezem umělých hmot vyrábělo díky jeho rozdílným vlastnostem jednotlivých druhů prakticky vše potřebné. Zadejte studentům úkol, aby zjistili od prarodičů, jaké různé výrobky se z jakého dřeva dřív vyráběly. Jaké je dřevo jehličnanů, jak se liší nábytek z olše, buku, dubu či břízy, jak vypadá dřevo švestky, třešně či hrušně? Viděl někdo dřevo zimostrázu, tisu či jalovce? Jak vypadá kořenice akátu či zeravu? Z čeho je dýmka? Co se vyrábí ze dřeva nádorů (bříza, olše)? Z čeho se dělaly dřevěné vázy, aby snášely vodu?

Získané dovednosti a znalosti

Studenti si zopakují morfologii rostlin a naučí se znaky pro identifikaci dřevin, naučí se používat klíč k určování rostlin. Naučí se rozeznávat původní a nepůvodní druhy stromů a základní hospodářsky významné druhy dřevin rostoucí v ČR.

Návaznost na RVP

Druhý stupeň ZŠ, gymnázia a střední odborné školy: vzdělávací oblast Člověk a příroda
Obor biologie (tématika botanika, evoluce)

Materiál

Určovací klíče dřevin (min. 5 ks), skicáky a tužky, noviny pro založení nasbíraných listů do herbáře (stačí přeložené A4), sběrové sáčky na šišky a další materiál. GPS přístroj, popř. SmartPhone.

Podrobné pokyny

Park je dendrologicky poměrně bohatý, proto si ještě předem ujasníme, které dřeviny chceme dětem ukázat. Především by to měly být domácí druhy, které mají hospodářský význam, nebo jsou důležité z ekologického či estetického hlediska, a dále nejběžnější druhy pěstované. V následujícím textu je proto tato základní úroveň je uvedena černým písmem, zatímco rozšířená část **uvedená modrým písmem slouží jako doplňkový materiál v případě starších zvědavějších studentů. Kompletní seznam pro „experty“ bude vystaven společně se seznamem dřevin a vědeckými jmény v samostatném souboru.** Z původních domácích dřevin bychom měli ukázat rozdíly a praktické poznávání běžných jehličnanů (smrk, borovice, jedle, modřín, tis) a hlavních druhů listnáčů (zejména habr, buk, dub letní a zimní, javor klen, mléč a babyka, dále jilm, jasan, líska, olše, bříza atp.), z cizokrajných dřevin určitě ukážeme ty, které jsou hospodářsky významné, tedy douglasku, borovici černou a vejmutovku, dub červený, jírovec maďal. Domnívám se, že je vhodné ukázat i běžně vysazované zahradní druhy, jako jsou cypřišky, zeravy, pyramidální smrk šedý, jalovce a jinan (připomeneme unikátní tvar listu, podle kterého se poznávali ve Stínadlech Vontové, Foglar: Rychlé šípky). Z regionálního ochrannářského hlediska určitě upozorníme na borovici blatku, která má na Třeboňsku centrum svého střeoevropského rozšíření a formuje nejcennější a nejrozsáhlejší plochy původních rašelinišť, tzv. blatková vrchoviště. Ostatní pěstované dřeviny (**modré písmo**) můžeme ukázat v závislosti na roční době, kdy park navštívíme, některé druhy budou zajímavé na jaře v květu (šácholany, pavlovnie, atp.), jiné druhy zase plodné (svitel, lapina, dřezovec ad.) a další na podzim, až budou mít zbarvené listy (javory, zmarličník). Na tomto principu jsou koneckonců estetické zahrady a parky založeny, aby skladba dřevin poskytovala zajímavé druhy a atraktivní pohledy v průběhu celého roku.

Stručně z historie parku (Hieke 1984, Pavlátová & Ehrlich 2004)

Park vznikl na místě původní renezanční zahrady začátkem 17. století, kdy byla zavezena bažina pod hrází rybníka Svět a byla obehnána zdí s lipovou alejí. Po třicetileté válce se dočkala další rekonstrukce za Schwarzenbergů, kteří na počátku 18. stol. pěstovali v parku převážně ovocné stromy, na počátku 19. stol. byl založen krajinářský park, který rozšířený o bažinatou louku pod hrází Světa. Postupnými úpravami přebudovávali v duchu doby na nepravidelný romanticky pojatý anglický park, konečnou podobu získal v 70-ých letech 19. století, kdy k němu byly připojeny valy s příkopem. Obnoven byl i po povodni v r. 1890 způsobené protržením hráze rybníka Svět. Park je volně členěn v křivkách vedenými cestami obkružujícími centrální trávník, po obvodu jsou lavičky a dětský koutek, v přiléhajícím křídle zámku je pak malý zvěřinec s několika okrasnými ptáky. Máme-li štěstí, můžeme zde potkat volně se pohybující pávy. Soudobá podoba zámeckého parku a zahrady vychází z celkové obnovy, kterou v 60. letech navrhl Ivar Otruba, a která dala prostoru jedinečnou kompozici jednotlivých prostorů uzavřených kompaktními i rozvolněnými skupinami keřových jehličnanů, s dominantami vyšších stromů, které jsou vysazeny buď jednotlivě, nebo po skupinách. Estetický dojem v různých ročních obdobích umocňují jak proměnlivě kvetoucí skupiny pěnišníků důmyslně zasazené v pohledových osách a průhledech, tak velký ornamentální květinový záhon před zámeckým průčelím, či malebné zákoutí s vodotryskem u půvabné sochy údajně Zuzany Vojířové. **Vzrostlé soliterní stromy pocházejí z původních parkových porostů a tvoří je duby, lípy a javory. Mezi nejhodnotnější dřeviny, které uvádí Hieke (1984), patřily či stále ještě patří jedle Veitchova (*Abies veitchii*), „hadí“ smrk (*Picea abies Virgata*), zakrslý zeravinec japonský (*Thujaopsis dolaborata*), mohutný paořech jasanolistý (*Pterocarya fraxinifolia*) a ořešovec plstnatý (*Carya tomentosa*), liliovník tulipánokvětý (*Liriodendron tulipifera*), jakož i kultivary dubu letního (*Quercus robur Heterophylla* a *Cupressoides*). Ehrlich uvádí ještě další vzácnější dřeviny: bříza černá (*Betula nigra*), javor amurský (*Acer ginnala*), jedle nikkoská (*Abies homolepis*), jedle obrovská (*Abies grandis*), lípa zelená (*Tilia euchlora*), metasekvoje tisovcovitá (*Metasequoia glyptostroboides*), mišpule německá (*Mespilus germanica*), ořešák černý (*Juglans nigra*), pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*), smrk omorika (*Picea omorica*), šácholan Soulangeův (*Magnolia x soulangiana*).**

Trasa exkurze

Exkurzi po třeboňských parcích můžeme začít hned u autobusového nádraží (N49 00.475; E14 45.913), u jehož východu roste pustoryl věncový, jemuž se pro intenzivní vůni bílých čtyřčetných květů přezdívá nepravý jasmín, dříve se pěstoval pro dřevo, ze kterého se vyráběly flétny a troubele dýmek. Přes silnici naproti východu z nádraží se na plotě podíváme na loubinec (přísavník) popínavý, přezdívaný pro své plody také „psí víno“. Zahneme doleva dolů, po cestě mineme na rohu ulice Jablonského krásný vzrostlý exemplář borovice černé, která má ve Středomoří celkem pět poddruhů a u nás se vysazovala ještě začátkem 20. století na vápnatých půdách na jižní Moravě a v okolí Prahy za účelem zpevnění svahů, u nás se nejčastěji pěstuje nominátní poddruh, jehož přirozené rozšíření zasahuje z Balkánu až k Vídni. Má dlouhé pevné IPN Podpora technických a přírodovědných oborů Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. 4 jehlice rostoucí ve svazečku po dvou, tmavou borku a především velké oválné šišky - zapamatujte si tyto znaky pro srovnání se znaky naší po smrku druhé nejdůležitější hospodářské dřeviny borovice lesní. Po ca 100 m dojdeme na roh Komenského sadů (N49 00.416; E14 46.013).

(1) Komenského sady jsou dendrologicky stejně zajímavé, jako zámecký park, proto si je důkladně a pozorně obejdeme, navíc jsou zde nové výsadby řady cizokrajných druhů s doplněnými cedulkami na kamenných podstavcích. Během této procházky už určíme studenty, kteří budou shromažďovat sebraný materiál pro jednotlivé rody (šišky u jehličnanů, listy u listnáčů). Na rohu gymnázia (N49 00.401; E14 45.988) se můžeme podívat na katalpu trubačovitou, okrasný bohatě kvetoucí medonosný strom, s velkými listy a dlouhými visícími pukavými plody - tobolkami. Naproti přes silnici se podíváme na některé běžné okrasné keře, které oddělují silnici od parku. Zejména pěstovaný druh s větvemi plnými oranžových malviček ca 1 cm v průměru je atraktivní hlohyně šarlatová, která je domácí v jižní Evropě, a vzácnější okrasný jemně olistěný kultivar pámelníku *Symphoricarpos x chenaultii* cv. Hancock s růžovými bobulemi, kterými se liší od běžně pěstovaného pámelníku poříčního. Hojně vysazované keře po celém parku jsou dále šeříky a tavolníky. Pronikneme-li za hradbu keřů, naskýtá se nám směrem do parku pohled na mohutný cizokrajný strom topol chlupatoplodý, původem ze severní Ameriky, s bíle ojíněným rubem listů, které na podzim žloutnou a silně voní po balzámu. Vedle je mladý vysazený dub šarlatový. V parku je mnoho různých okrasných kultivarů keřů. Bohatě kvetou v květnu i mnohé pěnišníky, např. p. žlutý nebo mnohé hybridní kultivary. Nižší stromy, které zde rostou, jsou okrasné habry s atraktivními zdobnými kuželovými

korunami, a dále směrem k silnici pěkný exemplář jilmu vazu s drsnými asymetrickými listy. Dále zde potkáme několik exemplářů severoamerického dubu červeného, který se u nás samovolně šíří v lesích a parcích, a představuje tak jeden z nejvíce invazních druhů stromů. V mládí rychle roste a na podzim má krásně rudě zbarvené listy, takže působí atraktivně na okrajích porostů. Listy jsou peřenoklané, zaměnit se mohou jen s dalšími americkými duby bahenním a šarlatovým, které mají laloky ještě hlubší a za chvíli ho potkáme mezi nově vysazenými dřevinami. V rohu parku (N49 00.396; E14 46.009) směrem zpět si povšimneme stromu s loupající se borkou - to je umělý kříženec amerického platanu západního a orientálního platanu východního platan javorolistý, který má skutečně listy podobné javoru a je u nás nejčastěji pěstovaným platanem. Je nápadný visícími kulovitými plodenstvími nažek, která mají 2-4 cm v průměru. Obrátíme se směrem k dopravnímu hřišti (N49 00.399; E14 46.037), kde si prohlédneme zdálky nápadnou mohutnou převislou smuteční vrbu bílou *Tristis* a podíváme se na svraskalé kožovité listy a tzv. nahé pupeny se základem příštího květenství i listů pěstovaných druhů kaliny pražské a svraskalé. Na rozcestí (N49 00.396; E14 46.030) se napojíme na „arboretum“, které nás provede nejvýznamnějšími domácími i cizími dřevinami. Bezespору tou nejdůležitější je borovice lesní, hospodářsky nejvýznamnější druh Třeboňska, druh, který najdeme na kyselých chudých půdách na okrajích rašelinišť i na skalních výchozech (všimneme si kratších jehlic ve svazečku po 2, oranžové borky a velikosti a tvaru šišek). Rozsáhlé jehličnaté keřové porosty tvoří tis červený, který se v parcích pěstuje v různých kultivarech. Velmi důležité je upozornit na to, že je dvoudomý a jako jeden z mála jehličnanů nemá šišky, ale jednotlivá semena obalená červeně zbarveným dužnatým míškem. Míšek jako jediný na celé rostlině není jedovatý. Další okrasné dřeviny označené cedulkami jsou lípa americká (oproti našim druhům lip má větší listy, tmavě zelené, na rubu lysé), podobná naší domácí lípě srdčité (na bázi listu v paždí žilek má rezavé chlupy). U mohutného dubu letního tak typického IPN Podpora technických a přírodovědných oborů Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. 5 pro lužní krajinu Třeboňska si povšimneme tvaru listů a srdčité báze čepele na krátkém řapíku, tvaru žaludů a délky stopky a vše porovnáme s dubem zimním, který na rozdíl od dubu letního roste spíše v listnatých chlumních dubohabřinách a doubravách pahorkatin a vrchovin, přičemž si povšimneme také hladké šedočerné borky habru obecného. [Následují dub bahenní a lapina jasanolistá s lichozpeřenými listy. Za mostkem se kolem jedle kavkazské, která se s oblibou pěstuje na vánoční stromky, dostali ke kruhovému posezení \(N49 00.363; E14](#)

46.049), které doporučuji obejít dokola. Můžeme zde vidět kromě platanu a modřínu také v poslední době hodně oblíbenou jedli korejskou, u které si na horních větvích můžeme zblízka důkladně prohlédnout červenofialové šišky (u jedlí se běžně šišky rozpadají ještě na stromě). Borovice s velmi dlouhými jehlicemi (přes 10 cm) ve skupině borovice blatky a lesní patří opět do okruhu borovice černé, kratší jehlice ve svazečcích patří pěstované borovici blatce, největší je exemplář b. lesní, můžeme zde porovnat znaky na borce všech tří borovic. Roste zde i trojice bříz, z nichž pouze bříza bělokorá je u nás domácí, zatímco bříza černá a b. papírová pocházejí ze severní Ameriky. Březová kůra velmi dobře hoří i za mokra, často slouží k rozdělování ohně, březové dřevo se hodí k topení v krbu. Z jehličnanů jsou na okruhu vysazeny tisovec dvouřadý (k tomu se vrátíme podrobněji v parku) a smrk omorika, který byl v minulosti mnohem rozšířenější, ale dobu ledovou přežil do současnosti jen v Bosně a Srbsku. Jehlice připomínají jedli, mají na spodu také dva bílé pruhy, ale všimněme si volně visících nerozpadavých šišek, které značí příslušnost ke smrkům. Lípa stříbrná se od naší lípy srdčité liší většími listy na rubu běloplstnatými hvězdicovitými trichomy (lupa!), pochází z jihovýchodní Evropy, plod je zašpičatělý oříšek. Jedlé kaštiny jsou plody (nažky) kaštanovníku jedlého, který roste v jižní Evropě, u nás sice plodí také, ale plody jsou často bez semen. Také dřezovec trojtrnný, jehož plodem je lusk, má jedlá semena, která se praží jako náhražka kávy. Listy jsou sudozpeřené a na větvičkách a kmeni vyrůstají dřevnaté trny stonkového původu, tzv. kolce. Okrasný strom liliovník tulipánokvětý pochází ze severní Ameriky, z jeho dřeva se vyrábí nábytek, čluny nebo se i staví domy. Velké květy jsou výrazně žlutooranžové a připomínají tulipán. Blížíme se pomalu ke škole Na pomníku a míjíme okrasný kultivar javoru mléče Drumondii s krémově panašovanými listy. Menší exemplář jinanu dvoulaločnatého poznáme i v zimě podle nápadných brachyblastů, jeho listy a plody se používají pro výrobu povzbudivých nápojů. Jinan je nesmírně zajímavá dřevina, klínovité listy mají vějířovitou žilnatinu, předci jinanu jsou známí od druhohor z jurského období, někdy se proto jinan označuje jako živoucí fosilie, která přežila v čínské provincii Če-tiang. Jinany jsou dvoudomé, samčí a samičí stromy. Okrasná lípa zelená s leskle zelenými listy a větvičkami pochází z Krymu. Z našich domácích javorů má javor babyka nejmenší listy a poznáme ho také podle korkových lišt na větvích, roste spíše v teplejších oblastech v porostech dubohabrových hájů a teplomilných doubrav. Plody javorů jsou křídlaté dvounažky. Uprostřed trávníku nás zaujme velký jehličnan s červenohnědou borkou a typickými šiškami s harpunovitě tvarovanými vyčnívajícími podpůrnými šupinami douglaska tisolista. Původem je ze severní Ameriky, u nás se často pěstuje v lesích jako

doplňková dřevina namísto jedle. Rozemnuté jehlice jemně voní po citrónu. Strom s nádechem šedé barvy rostoucí u zadního traktu budovy školy je líska turecká s oříšky obalenými žláznatými listeny, dřevo se používá k výrobě nábytku. Za lískami tureckými u tělocvičny na oploceném pozemku po vodárně (N49 00.309; E14 46.038) je pod smrkem keř domácí lísky obecné, známé lískovými oříšky, z něhož vyrůstá náletový jasan ztepilý. Před mostkem si všimneme několika mohutných exemplářů břízy pýřité s okrouhlými listy a hluboce rozpraskanou borkou. V pozadí je vzrostlý strom morušovníku bílého, původem z východní Asie byly morušovníky od IPN Podpora technických a přírodovědných oborů Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. 6 středověku v jižní Evropě pěstované pro sladké moruše, plodenství nažek připomínající trochu malinu (souplodí peckoviček). Zato další východoasijský druh jerlín japonský má svěže zelené lichožpeřené listy, oproti akátu nemá trny a je okrasný. Okrasný převislý jasan ztepilý Pendula připomíná na první pohled smuteční vrbu, jasanů jsou rychle rostoucí dřeviny, z jejichž pružného dřeva se vyrábějí např. násady k zahradnímu náčiní, lamelové rošty, atp. Jasanová kůra se používala jako náhražka chininu. Nyní zamíříme k dětskému hřišti (N49 00.322; E14 46.011), kde byly vysazeny nad stokou obzvláště pěkné východoasijské dřeviny, jako jsou svitel latnatý s dvakrát zpeřenými listy, jehož nafouklé plody tobolek mohou připomínat lucerničky klokočí, okrasný zmarličník japonský, jehož srdčité listy na podzim mají nádherně pastelovou barvu, díky které je velmi oblíben i v menších zahradách a americká ambron západní, jejíž listy se na podzim zbarvují do červena. Jejich dřevo se používá v nábytkářství, z mízy ambroně se dříve vyráběly žvýkačky. Pestrou směs pak doplňují slivoň myrobalán, jejíž plody jsou známější jako špendlíky a jeřáb muk Majestica. Směrem na západ před budovou základní školy Na Sadech si prohlédneme dva exempláře smrku pichlavého, jeden úzce sloupovitý, druhý rozložený (N49°00.318, E14°45.976). Okruh Komenského sady uzavřeme směrem na jih prohlídkou okrasného jírovce maďalu a jírovce pleťového s dlanitě dělenými listy a výraznými růžovými květy v latách. U mohutného keře s pevnými oválnými kožovitými listy kaliny tušalaj si zopakujeme, jak vypadají nahé pupeny. Na rohu u ČSOB (N49 00.267; E14 46.000) je okrasný hnědofialově zbarvený buk lesní var. Atropurpurea a americký javor stříbrný, z jehož mízy se vyrábí podobně jako z javoru cukrového javorový sirup.

(2) Nyní přejdeme přes silnici a brankou vstoupíme do zámeckého parku (N49 00.256; E14 46.013). V něm je značné zastoupení soliterních dřevin (lípy, duby, jírovce),

ale i zde najdeme spoustu atraktivních exotů. Hned vpravo u stoky rostou vlhkomilné olše lepkavá a vrba jíva. Vydáme se na rozcestí vpravo (N49 00.215; E14 46.020), a za mohutným dubem najdeme skupinu jehličnanů, z nichž nejpodivuhodnější konturu má tzv. hadí smrk ztepilý kultivar *Virgata* a dále borovice s jehlicemi delšími než 12 cm po třech ve svazečku, všimneme si vejčitých až 15 cm dlouhých šišek, jedná se o severoamerickou borovici těžkou. Třetím stromem v této skupině je štíhlá americká borovice vejmutovka, kterou poznáme jednak podle velmi jemných a tenkých jehlic po pěti ve svazečku, jednak podle úzkých válcovitých zakroucených šišek delších než 10 cm. Vejmutovka je vysoce ceněna ve stavebnictví, u nás se bohužel samovolně invazně šíří, takže její vysazování mimo obhospodařované plochy se moc nedoporučuje. Kousek popojdeme jižním směrem a dojdeme k další skupině dřevin (N49 00.163; E14 46.001), často vysazovaných na hřbitovech, kde můžeme ukázat šupinovité jehlice cypřišků s kulovitými šišticemi a zeravů s kónickými. Zde také najdeme drobný strom, který byl objeven v Číně až ve 40. letech 20. století, ačkoliv ze zkamenělin byl znám již z jurského období. Jedná se o metasekvoji čínskou (N 49°0.165, E 14°46.005), tento jehličnan na zimu opadá a na rozdíl od tisovce má letorosty na větvích vstřícné. Když popojdeme stále ještě jižním směrem na další rozcestí (N49 00.162; E14 46.075), můžeme v další skupině dřevin porovnat oba rodiče jírovce plet'ového, roste zde pavie. Nemá ostnité oplodí. Za další skupinou cypřišků včetně převislé formy nutky 'Pendula' si ukážeme rozlišovací znaky mezi metasekvojí a tisovcem dvouřadým (N 49°0.156, E 14°46.060). Ten má jehlice na větvěnce ve střídavém postavení, na podzim také hnědnou a opadávají. Tisovec roste v severní Americe v mokřadech při dolních tocích řek a pokud je na často zaplavovaném stanovišti, vytváří si tzv. dýchací kořeny, pneumatofory. Této skupině dřevin vévodí ještě smuteční vrba bílá var. *Tristis* a vzpřímený kuželovitý kmen zeravu obrovského. Dobře si prohlédneme větvky i šišky a stočíme se po cestě směrem na východ. Rozlehlý keř ca 30 m od rozcestí směrem k místu, kde jsme vstoupili do parku, je mišpule, jejíž plody se dříve svářely na marmeládu. Když se podíváme jižním směrem ke hrázi Světa, uvidíme vlevo skupinu jehličnanů tvořenou modřínou a jedlemi (min. 2 druhy, jedle bílá a obrovská, poznáme je podle jehlic v dvouřadém postavení). O 50 m dál vpravo je pak skupina štíhlých smrků omorika s jehlicemi s dvouřadým bílým pruhem na rubu. Že jde o smrk, poznáme jednak podle struktury kůry a nasedání jehlic na ročních výhonech, jednak podle šišek pod stromy. Dále si nad námi zopakujeme vejmutovku, a poté zamíříme k jihovýchodnímu okraji parku (N49 00.148; E14 46.138), kde před internátem roste mohutný severoamerický ořešák černý s plody podobnými vlašským ořechům, leč mnohem tvrdším dřevnatým o semením

(řežou se pilkou na železo a dřív se z nich vyráběly vánoční ozdoby). Korálky či růžence se dodnes vyrábějí ze semen klokoče zpeřeného schovaných v třípouzdrých nafouklých tobolkách. U nás je původní v suťových a roklinových lesích na jižní Moravě. Zájemci o pěnišníky se jimi mohou pokochat ve výběžku mezi hradbami a světskou hrází. Zde také najdeme ve svahu ve skupině lip mohutný trnovník akát. Je to původem severoamerická dřevina, která se dříve vysazovala zejména ke zpevnění svahů a také jako medonosná. Dnes je její intenzivní kořenová výmladnost spíše zdrojem problémů. Pak se obrátíme zpět na sever a zamíříme podél zámecké zdi k hudebnímu altánu (N49 00.176; E14 46.118). Za altánem se zvedá nádherný mohutný vícekmenný exemplář lapiny jasanolisté. Tento strom původem z Kavkazu má nápadné hrozny křídlatých plodů a jeho tmavě hnědé dřevo je známé jako kavkazský ořech (N49 00.185; E14 46.123). Před květinovým záhonem se na chvíli pokocháme prostorovým uspořádáním zahrady, a pak se vydáme hledat sochu Zuzany Vojířové. Před cukrárnou stojí vysoká jedle nikkoská se zřetelně brázditými větvíčkami a paprčité uspořádanými jehlicemi na vrchní straně větvíčky. Nyní se porozhlédneme po parku směrem na západ, kde za sochou u laviček najdeme kromě domácích dřevin (bříza bělokorá, klen, N49 00.213; E14 46.117) nízký zdobný javor amurský s menšími na podzim pastelově zbarvenými listy. Při cestě (N49 00.260; E14 46.108) míjíme několik vzrostlých jedinců jedlovce kanadského a mladou pavlovnií plstnatou, která je jednak velmi atraktivní v době květu, jednak poměrně rychle roste, takže se využívá na plantáže dřevin. Nyní již zamíříme k východu z parku, vpravo u zámecké zdi roste stříbrný smrk pichlavý, který je zajímavý tím, že je odolnější vůči imisnímu zatížení, a proto se hojně vysazoval v 70. letech v Krušných horách na imisních holinách. Dnes se s ním setkáme nejčastěji jako s oblíbeným vánočním stromkem. Vlevo mineme statné exempláře habru, který v jižních Čechách v přirozených lesích prakticky chybí a ekologicky jej zastupuje lípa srdčitá, javor mléč s ostře vykrajovanými dlanitolaločnatými listy, který známe především z výsadeb podél silnic a jihoevropský jírovec maďal s listy dlanitě složenými, jenž se s oblibou vysazoval kvůli kaštanům na přikrmování zvěře. (3) Třetím samostatně komponovaným parkem přiléhajícím ke Komenského sadům je parčík u zámecké zdi mezi Budějovickou branou a lázněmi Berta. Když přejdeme silnici pod Budějovickou branou (N49 00.283; E14 46.107), tak sestoupíme po několika schodech vpravo dolů. Zde si hned za začátku povšimneme vzrostlého smrku omorika s jehlicemi připomínajícími jedli a prakticky hned za ním jsou šácholan Soulangeův a š. trojplátečný. Šácholany byly dříve považovány za nejstarší krytosemenné rostliny (podle současných názorů drží tento primát novokaledonská *Amborella trichopoda*, z našich druhů jsou

evolučně nejstarší leknínovité), v zimě je poznáme podle výrazných pupenů krytých chlupatými šupinami, nápadně kvetou časně zjara ještě před olistěním a z květů se pak vyvine souplodí měchýřků. Z dalších dřevin si zde zopakujeme jinan dvoulaločnatý a pozornost věnujeme domácím dřevinám olši lepkavé, javoru babyce, lípě srdčité a podíváme se na naši druhou domácí lípu velkolistou. Porovnáme si zde další u nás hojně borovice. Borovici černou (viz výše) můžeme konfrontovat s rašelinnou blatkou a s horskou klečí (všimneme si počtu jehlic ve svazečcích a tvaru šišek). Z ozdobných jehličnanů zaujmou na trávníku dva plazivé zákrsky smrku ztepilého kultivaru Formánek (zde můžeme diskutovat o estetice některých kultivarů hraničících s mrzačením stromů) v kontrastu s krásným pyramidálním tvarem smrku sivého var. Conica, což je vegetativně napěstovaný čarovník, ze kterého sem tam vyroste normální větvička. Opět máme možnost porovnat cypřišky se zeravy, konkrétně zerav západní a cypřišek nutka s převislými větvemi (nenechme se splést chybně označenou cedulkou c. Lawsonův, ten roste o kus dál). Z přízemních jehličnanů nepřehlédneme keříky pěstovaného jalovce z okruhu chvojky. Na hradební zdi pak nepřehlédneme velmi atraktivní popínavé rostliny břečťan popínavý, na něm můžeme ukázat adventivní přičepivé kořeny, jimiž je rostlina přichycena ke zdi, **okrasný loubinec trojcípý a hortenzii popínavou. Zatímco loubinec se na podzim zbarvuje do červena, hortensie panašuje do žlutozelené pastelové barvy. V rohu zahrady směrem k lázním Berta nad mostkem přes Zlatou stoku (N49 00.354; E14 46.178) ještě ukážeme pěstovaný jalovec viržinský a připomeneme domácí jalovec obecný jako dříve hojný druh pastvin, jehož semena v dužnatém obalu (tzv. galbuly) se používají jako koření pod divočinu (dodávají také příchut' slovenské borovičce) a mají také léčivé účinky. Před rohovou restaurací stojí ještě mohutný exemplář smrku pichlavého a po naší levé ruce směrem k silnici je několik druhů pěstovaných jedlí, nejdelší sivé jehlice má jedle ojiněná, atraktivní okrasný druh.**

Odtud doporučuji projít promenádní cestou podél Bertiných lázní proti toku Zlaté stoky, na rohu zde mineme sochu ženy od Jana Kodeta a vychutnejme si krásné květinové záhony, které od května září všemi barvami (je zde mnoho zajímavých okrasných rostlin řady u nás zastoupených čeledí!). Na druhé straně kanálu je živý plot, který tvoří minimálně 10 druhů nižších křovin (viz seznam druhů), nicméně oblouky podloubí kryje popínavá vistérie čínská. Na této straně u domku J.K.Tyla roste starý stromovitý okrasný hloh (schválně se podívejte na počet čnělek 2, nejedná se tedy o *C. monogyna*, ale o křížence více druhů). Pokud Třeboň opustíme pro změnu vlakem, povšimněme si cestou na

vlakovou zastávku také několika dřevin, jednak výsadby okrasných jabloní, podél cesty lemuje živý plot bobkovišeň lékařská a před nádražní budovou můžeme ochutnat plody arónie, černoplodého jeřábu. V parku před nádražím roste mohutný keř skalníku. Jeden ze smrků je severoamerický smrk černý s malými 2-3 cm dlouhými šiškami, které vytrvávají na větvích i více let.

Pokud bychom při návštěvě Třeboně zavítali do parku u Schwarzenberské hrobky, pak určitě stojí za vidění severoamerická borovice tuhá, která roste v zadní části parku směrem ke hřbitovu sv. Jiljí u barokní sochy Anděla strážce. Zde nás zaujme vysoký kmen borovice porostlý svazečky se 3 jehlicemi na adventivních výhonech a nahloučenými šiškami vytrvávajícími na větvích i několik let. Před lázněmi Aurora je rozsáhlý park převážně s domácími druhy dřevin. Nicméně před západním křídlem je na jižní straně mohutný vzrostlý porost svitelu latnatého. Ve vnitřním prostoru je pak mohutný a rozložitý exemplář javoru stříbrného.

Možné modifikace úlohy:

1) V textu je u několika druhů zmíněno, že se jedná o tzv. živoucí fosilie. Posledním takovým případem byl nález živých rostlin *Wollemia nobilis*, jejíž předkové byli známi z druhohorního období křídly (ca před 90 mil. let). Živou pěstovanou wollemii můžete vidět, pokud se cestou na nádraží stavíte na vrátnici Botanického ústavu AVČR, Dukelská 35. Můžete zde navštívit také sbírku vodních a mokřadních rostlin (exkurze ca na 1 hodinu). 2) Všimněte si, jaké zastoupení cizích dřevin u nás přežívá, a jakého jsou původu. Vysvětlete studentům, jak opakující se doby ledové snížily počet druhů dřevin v Evropě, kde na jihu byla jednak bariéra Alp, jednak Středozevního moře a ukažte na příkladu příbuzných druhů, kolik dřevin je v severní Americe a temperátní jihovýchodní Asii. Pokud máte dostupnou knihu Třetihorní rostliny severočeské hnědouhelné pánve, můžete názorně ukázat, že na našem území rostli společní předci mnoha dnešních amerických či východoasijských druhů. Vynikající zdroj informací naleznete v přípravných textech k biologické olympiádě (Hájek et al. 2004) na straně 58: http://www.biologickaolympiada.cz/files/pripravne_texty/PT2004.pdf. 3) Zůstaneme ještě u tematiky vlivu zalednění na diverzitu dřevin. V minulém příkladu jsme si ukázali, jak opakovaně postupující ledovce způsobily v kombinaci s neprostupnými jižními bariérami postupné ochuzení evropské flóry. Nyní si ukážeme, jak se rozdílná jižní refugia podílela na postupném znovuosídlení po ústupu ledovce. Známé jsou příklady hybridních zón ježka

východního a západního, nebo jednotlivých druhů evropských dubů (Hewitt 2000). Z dřevin, které máme šanci potkat v zámeckém parku a porovnat jejich variabilitu coby výsledek oddělené evoluce, jsou to zejména borovice, především borovice černá rakouská (srovnávací klíč všech poddruhů borovice černé a mapa jejich rozšíření je uvedena v příloze), případně borovice pyrenejská, ke které je dnes přiřazována naše blatka. Co nasvědčují o jejich původu české názvy? 4) Pokud park navštívíme v květnu, kdy kvetou pěnišníky, můžeme se studenty probrat křížení rostlin a problematiku apomixie u růžovitých (blíže viz Baláž et al. 2012 na straně 119-121, http://www.biologicaolympiada.cz/backend/article-add/files/brozura12_webo.pdf) a dále polyploidii (Suda 2009, <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/darwinova-odporna-zahada-po-130-letech-aneb-souvis.pdf>) a tradiční mendelovské metody šlechtění kultivarů okrasných rostlin.

5. Úroveň hluku ve třídě

Teoretická část úlohy

Zvuk je vlastně mechanické vlnění molekul vzduchu. Člověku přináší informace a okolním světu. Základní charakteristiky zvuku jsou:

Frekvence (Hz)

Frekvence je měřena v počtech kmitů za sekundu neboli hertzech (Hz), vyšší jednotkou je kilohertz (kHz). Někteří lidé dokážou uslyšet zvuky, které mají frekvenci nižší než 20 Hz. Právě výška zvuku závisí na jeho frekvenci, což je rychlost, jakou se tvoří vzdušné kmity. Člověk vnímá sluchem zvukové vlny o frekvenci přibližně od 16 Hz do 16 kHz. Nejvyšší tón o frekvenci 60 GHz byl vytvořen laserovým paprskem zaměřeným na safírový krystal.

Hladina intenzity (dB)

dB decibel: je jednotkou akustického tlaku. Stupnice decibelů je logaritmická. Hladina 60 dB představuje desetinásobek a 70 dB stonásobek akustického tlaku oproti 50 dB. Celý rozsah zvuků, které dokáže vnímat lidské ucho (0–130 dB) nazýváme sluchovým polem. Míra akustické intenzity se měří zvukoměry. Smyslovým orgánem je, samozřejmě, ucho. Ucho se skládá ze tří částí. Vnější ucho je odpovědné za zachycování zvuku a přenáší jej

do hlavy. Střední ucho převádí s pomocí bubínku a tří kůstek, kovádky, třmínku a kladívka, zvukové vlny na pohyby. Vnitřní ucho zpracovává impulsy, které putují hlemýžděm, točitou komůrkou vyplněnou perilymfou. Uvnitř hlemýždě se nachází Cortiho- orgán zaznamenávající zvuk. Informace jsou zpracovány v koncovém mozku. Zvuk nad horní sluchovou hranicí se nazývá ultrazvuk, pod dolní mezí infrazvuk. Výška a hlasitost zvuku rozhodují, která část Cortiho orgánu se rozvibruje.

Zajímavosti

Příklady naměřené intenzity zvuku:

- šum listí 5 dB
- symfonický orchestr 70 – 90 dB
- zvuk houslí 25 – 35 dB
- hluk velkoměsta 70 – 100 dB zvuk
- rocková hudba 110 – 120 dB

Mnoho zvířat je schopných vnímat zvuky, které jsou pro člověka příliš vysoké, takže je nemůže slyšet. Sluchový rozsah živočichů se od rozsahu u člověka liší.

Infrazvuk je vlnění o nižším kmitočtu než 16 Hz. Lidské ucho ho nedokáže. Příkladem infrazvuku mohou být otřesy půdy, zemětřesení. Způsobují kmity o frekvenci nižší než 1 Hz. K hodnocení a zaznamenávání infrazvukových vln se využívají. Například sloni zase využívají infrazvuk k vzájemné komunikaci. Jsou schopni se tak slyšet až na vzdálenosti několika kilometrů. Infrazvuk však dokáže nepříznivě působit na člověka. Frekvence 7 Hz odpovídá kmitočtu alfa rytmů mozkových, které zodpovídají duševní stav klidu a pohody. Je-li člověk vystaven frekvencím podobným, pak nedokáže být v klidu a soustředit se na danou věc.

Ultrazvuk je mechanické kmitání o frekvenci vyšší než 16 kHz. Lidské ucho také nevnímá. Ultrazvukové kmity mají velmi silný vliv na živé organismy, např. mohou poškodit buňky vodních mikroorganismů, ničí živočišné buňky, porušují červené i bílé krvinky. Na druhou stranu ultrazvuková pípnutí slouží netopýrům a delfinům k hledání potravy.

BOZP

Během měření postupujte dle pokynů učitele. S měřidly a výpočetní technikou pracujte tak, aby nedošlo k jejich poškození. Při měření nekonzumujte jídlo a pití!

Seznam pomůcek

Rozhraní – PASCO SPARKlink (PS-2009)

Senzor obecná věda (PS-2168)

Pracovní postup

Připojte senzor k rozhraní PASCO SPARKlink a to následně připojte, pomocí USB kabelu, k počítači. Spusťte program PASCO Capstone, kde bude již načteno připojené čidlo. Poté vyberte zobrazení grafu a z veličin, které jsou v nabídce, vyberte hladina zvuku. Frekvenci snímání nastavte na hodnotu 1Hz, tím dostaneme několik tisíc hodnot a ty po ukončení měření zpracujete do grafu, pomocí programu MS Excel. Nastavte automatické ukončení měření dat po 5 hodinách, či dobu stanovte po konzultaci s vyučujícím. Čidlo umístěte vhodně tak, aby směřovalo do třídy. Spusťte měření. Po jeho ukončení exportujte získaná data do tabulkového procesoru a statisticky vyhodnoťte, spolu s grafem.