

metodika

01_01 vědecký postup

$$x = y \cdot z$$

$$x = y \cdot z$$

$$x = y \cdot z$$

$$x = y \cdot z$$

$$x = y \cdot z$$

$$x + y = z$$

$$x = y \cdot z$$

$$x = y \cdot z$$



Projekt 3V – vědě a výzkumu vstříc byl podpořen v rámci Operačního programu Praha - adaptability, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem.

Projekt 3V – vědě a výzkumu vstříc

Podporujeme zájem žáků o přírodní vědy.

Úlohy jim umožňují uplatnit vlastní invenci a kritické myšlení a zažít radost z objevování a pocit úspěchu.

Rozvíjíme výzkumné dovednosti žáků

od řešení problému a stanovení hypotézy, přes plánování experimentu, zpracování a interpretaci výsledků až po jejich prezentaci.

Naplňujeme tak vzdělávací cíle oblasti Člověk a příroda dle RVP.

Propojujeme střední a vysoké školy.

Poskytujeme kontakty na nadšené odborníky, přírodovědce z univerzit, kteří mají zájem o spolupráci s učiteli a žáky SŠ.

Zapojte žáky:

- A) vyzkouší si vědecké postupy v běžné hodině, terénu nebo laboratoři
- B) interaktivním elearningem získají znalosti o fotosyntéze a koloběhu uhlíku nebo o půdě a její nenahraditelnosti
- C) naučí se správně vybírat a citovat zdroje při psaní článku o vlastním experimentu – v týmu a online



A. metodické materiály

využijete pro výuku žáků v běžné hodině, terénu nebo laboratoři. • Žáci řeší logické úlohy, pracují s textem, navrhnu a provedou praktické experimenty a pozorování rostlin a půdy. obsahují tři části:

1 / Vědecký postup - 2 / Koloběh uhlíku - 3 / Pedologie

- Každá část se skládá z metodického návodu pro učitele, pracovních sešitů pro žáky (5 kopií) a příloh.



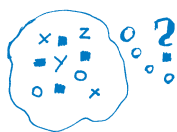
B. elearningový kurz

- Podporuje samostudium žáků jim blízkou formou (dialog, interaktivní úkoly, okamžitá zpětná vazba). Kopíruje témata řešená v metodických materiálech. • Obsahuje 19 lekcí rozdělených na vědecký postup, koloběh uhlíku a pedologii. • Vhodný pro interaktivní tabule
- Připravili jsme pro vás volně dostupné ukázkové lekce: <http://elearning.projekt3v.cz>

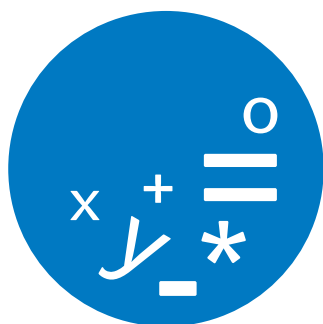


C. online publikační nástroj Datel

- Umožní žákům společně vytvářet text (článek) a následně ho publikovat na internetu. • Žáci spolupracují na dálku přes prostředí systému Datel, uveřejňují postup a výsledky svého bádání. • Naučí žáky sestavit jednoduchý vědecký článek a správně citovat jiné zdroje. • Poskytuje prostor k diskusi nad uveřejněnými články a povzbuzuje vzájemnou inspiraci.
- Videonávody pro práci se systémem Datel najdete na webu projektu. <http://datel.projekt3v.cz/>



metodika



01_01 vědecký postup

01_01 Vědecký postup

01_02 Vědecký postup

01_03 Vědecký postup

Přílohy

U

metodika

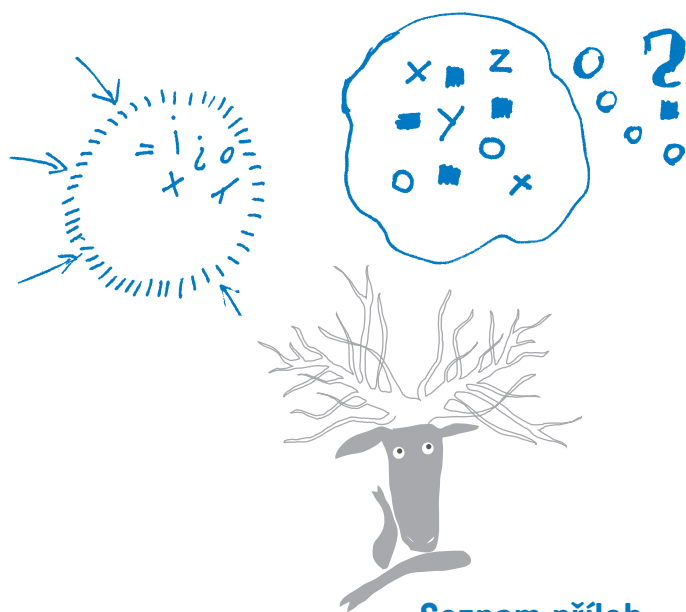
pracovní sešit / koloběh uhlíku

pracovní sešit / pedologie

S

Obsah

Úvod	5
Tabulka / Přehled aktivit pro všechny kapitoly	6
Kapitola 1 / ověřujeme svou domněnku vědeckým postupem.....	7
Kapitola 2 / nastolení podnětu, čtení odborného článku a práce s textem	11
Kapitola 3 / studium dalších zdrojů a posouzení jejich věrohodnosti	14
Kapitola 4 / kladení otázek a formulace problému	16
Kapitola 5 / formulace hypotézy.....	17
Kapitola 6 / naplánování, příprava a provedení pokusu	19
Kapitola 7 / zaznamenání pozorování a měření, vyhodnocení výsledků	21
Kapitola 8 / zhodnocení a formulace závěrů, aplikace výzkumu do praxe	22
Kapitola 9 / prezentace a publikace výzkumu	24
Řešení	26
Zdroje	35



Seznam příloh

Příloha 1 A, B, C / Obyvatelé planety Bačkora

Příloha 2 / Článek Oulehle F., Hruška J. 2009:

Lesy v globálním koloběhu uhlíku. Vesmír 88: 496–500.

Příloha 3 / Článek Drahota P. 2004: Kapradina milující arzen. Vesmír 83: 256–258.

Příloha 4 / Text Lesy v globálním koloběhu uhlíku

Příloha 5 / Text Kapradina milující arzen

Příloha 6 / Naplánování a příprava pokusu

Úvod

V následujících devíti kapitolách metodiky dáváme pedagogům návod, jak do výuky začlenit postupy používané ve vědě a rozvíjet u žáků kompetence k vědecké práci, řešení problémů a kritické práci s informacemi. K metodice pro učitele je připraven pracovní sešit pro žáka, který modeluje jednotlivé kroky vědeckého postupu. Stává se tak žákovi průvodcem při objevování a řešení přírodovědných problémů. V každé kapitole se žák setkává s teorií, modelovými příklady, krátkými úlohami či otázkami.

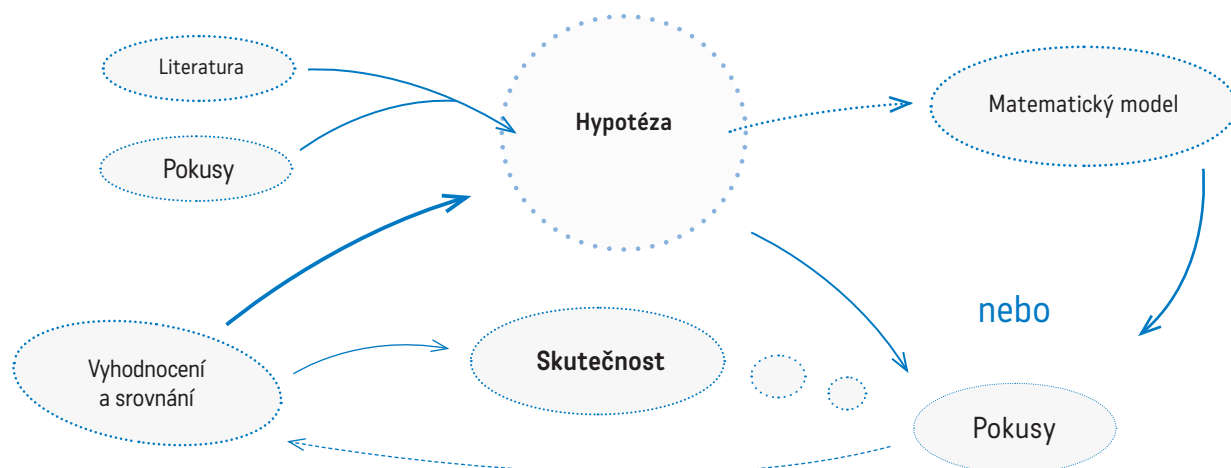
Publikace, kterou držíte v rukou, představuje teoretickou část metodických materiálů, která je úzce provázána s částí praktickou, tj. úlohami (pokusy) na téma koloběh uhlíku a pedologie. A proto v jednom sešitě metodiky naleznete dvojí zaměření – pro obě odborná témata jsme připravili teoretické zázemí i odkazy na doporučené zdroje. Pracovní sešit pro žáka je vydán ve dvou samostatných verzích, pro každé téma je určena jedna.

Obecně o vědeckém postupu

Postup řešení problému, kdy kriticky přezkoumáváme informace, sami navrhujeme řešení a snažíme se je ověřit či vyvrátit, se osvědčil jako účinná strategie pro poznávání okolního světa. Ačkoliv nazýváme zmíněnou strategii „obecným vědeckým postupem“ nebo „principy vědecké práce“, není tato cesta určena pouze pro profesionální vědce. Může být účinnou strategií i pro žáka, který si osvojuje základy přírodovědné gramotnosti. Stejně tak ji může v běžném životě použít kdokoli z nás při řešení jakéhokoliv problému.

Postup vědecké experimentální práce, který lze s určitými zjednodušeními uplatňovat i v práci „neprofesionálů“:

- 01) Nejprve se musíme seznámit s tím, co už je o daném jevu známo – studium literatury.
- 02) Dále se seznámíme s metodickými postupy, metodami, které chceme nebo můžeme využít.
- 03) Shromažďujeme poznatky, které o jevu víme, a klademe otázky, na něž chceme získat odpověď – formulujeme výzkumný problém.
- 04) Ujasňujeme si, co z dosavadních znalostí chceme svým pokusem ověřit – formulujeme hypotézu.
- 05) Naplánujeme a připravíme pokus.
- 06) Založíme či provedeme pokus.
- 07) Zaznamenáváme pozorování a měření.
- 08) Vyhodnotíme výsledky pokusu a svá pozorování. Zvolíme vhodnou formu prezentace výsledků.
- 09) Shrňeme hlavní poznatky, které jsme získali. Naformulujeme závěry práce.
- 10) Zhodnotíme, jestli se naše hypotéza prokázala nebo jestli ji naopak pokus zamítl.
- 11) Závěrem formulujeme nové otázky, protože většina dobře provedených pokusů sice přináší dílčí odpovědi, ale zároveň vyvolává nové otázky.



Obr. 1. Postup vědecké práce.

Zdroj: prof. L. Nátr, Přírodovědecká fakulta UK

Přehled aktivit pro všechny kapitoly

kapitola	aktivita	téma aktivity	typ aktivity	čas
1	1.1.–1.7.	simulace vědeckého postupu na ověřování vlastní domněnky krok za krokem	řízená hra založená na fantazii a tvořivosti, žáci pracují ve skupinách	90 min
	2.1.	odborné články a porozumění jim	čtení textu, práce s textem pomocí metody I.N.S.E.R.T.	10 min + práce doma
2	2.2.	co je v článku důležité a jaké z něho vyvstávají otázky	diskuse nad odborným textem	15 min
	3.1.	vyhledávání informací k tématu v dalších zdrojích, třídění informací	samostatná domácí práce (čtení textů) a skupinová práce	individuálně
3	3.2.	rozdíl mezi odborným a neodborným textem, pravidla citace	práce s texty	15 min
	3.3.	média, věrohodnost zdrojů a pravidla citace	práce s texty, vyhledávání zdrojů	15 min
4	4.1.–4.5.	kladení výzkumných otázek, posuzování relevance otázek vzhledem k tématu	čtení odborného textu a odpovídání na otázky, diskuse	20 min
5	5.1.–5.7.	co je to hypotéza a jak se ověřuje, jak vypadá správně formulovaná hypotéza	práce se schématem hypotézy, skupinová práce, diskuse	30 min
6	6.1.–6.8.	naplánování a příprava pokusu, nastavení vhodných podmínek, opakování, kontrolní varianta	studium textu, řešení úloh a odpovídání na otázky, vymýšlení postupu	40 min
7	7.1.–7.7.	pravidla zaznamenávání měření během pokusu, zásady zpracování dat, základní statistické veličiny, interpretace grafů a tabulek	studium textu a odpovídání na otázky a řešení úloh, práce s grafy a tabulkami	45 min Koloběh uhlíku; 30 min Pedologie
8	8.1.–8.3.	formulování srozumitelného závěru bádání – <i>sestavení závěru</i> , využití výzkumu v praxi – aplikace	brainstorming, čtení odborného textu a odpovídání na otázky	20 min
	8.4.	vyhledávání příkladů aplikace konkrétního výzkumu	samostatná práce, vyhledávání informací	individuálně
9	9.1.–9.5.	rozlišení mezi různými typy prezentace, k čemu jsou vhodné a jaké mají náležitosti	odpovídání na otázky a řešení úloh	20 min

1/ Ověřujeme svou domněnku vědeckým postupem

Žák na základě výzkumné mise pro obyvatele planety Bačkora sám navrhuje a ověřuje svou domněnku o zelených objektech na planetě Zemi. Žák si vyzkouší projít v roli badatele celým postupem od hypotézy přes pokus až k závěrům, to vše hravou formou zapojující jeho fantazii. Tato herní simulační aktivita slouží jako motivace a zjednodušující uvedení do celého tématu vědeckého postupu. V dalších kapitolách (krocích vědeckého bádání) se můžete vždy zpětně vracet k průběhu hry a přibližovat složitější témata odkazem na to, jak žáci řešili problém pro Bačkorany.

prostředí:

Aktivita je zvláště vhodná do terénu blízko školy (na školní zahradu, do parku), v případě, že ji budete hrát ve třídě je potřeba, aby žáci mohli alespoň na chvíli ven nebo aby byl v okolí dostupný dostatečně podnětný „zelený“ materiál (květiny na chodbách apod.).



časová náročnost: 90 min

přílohy:

příloha 1A) motivační text

příloha 1B) instrukce – kopie do skupin

příloha 1C) cedulky s nadepsanými pojmy do schématu ověřování hypotézy

pomůcky:

toaletní papír na vyznačení šipek, listy novin (10 ks), tabule/flipchart, velké papíry (flipy) do skupin, psací potřeby, papíry, různé pomůcky pro výzkum (klasické jakož i originální či kuriózní), kalkulačky nebo mobily, dostupné zelené objekty (květiny, stromy, trávnik aj.), primitivní pomůcky (lupa, metr, pravítko, pinzeta, zkumavka apod.)

cíle:

- Žák navrhuje konkrétní domněnku o vztahu minimálně dvou objektů a navrhne i svůj vlastní postup pro ověření domněnky, tento postup realizuje.
- Žák se při simulované modelové situaci sám podílí při vymýšlení celého procesu ověřování a posloupnosti nutných kroků vědeckého postupu.
- Žák zpětně reflektuje celý proces a dokáže kroky provedené během hry vztáhnout k reálnému světu.

metodika:

Tato aktivita je založena na hře, tvořivosti a fantazii žáků. Jedinými pravidly jsou principy popsané v motivačním textu, instrukce a kroky vědeckého postupu, na kterých se společně dohodnete. Při dodržení stanovených pravidel je dobré ponechat žákům iniciativu ve zkoumání čehokoliv, byť se jimi vybrané objekty nebo jejich domněnka zdají z praktického hlediska nesmyslné. Volný styl vyjádření by žáci měli mít i při zaznamenávání průběhu svého ověřování na flip a při závěrečných prezentacích. Pro navození atmosféry hry doporučujeme dobře připravit prostředí a rozmyslet si případné dramatické prvky dopředu.

1.1 Motivace (10 min)

Podle řešení v příloze 1C připravte na zem velké schéma ověřování hypotézy sestavené ze šipek (toaletní papír) a z vyznačených prázdných prostorů (listy novin). Pokud máte možnost, připravte si schéma před hodinou v jiném prostoru, kam poté s žáky jen přejdete. Na volné listy papíru (cedulky) nadepište 10 pojmů ze schématu, které budou žáci posléze umisťovat do vyznačených prázdných prostorů.

Učitel stručně představí aktivitu, neprozrazuje přitom nic z průběhu hry. Když je třída zklidněná a připravená poslouchat, přečte nahlas motivační text o obyvatelích planety Bačkora (viz příloha 1A). Po přečtení textu můžete s žáky vyjasnit, zda pochopili princip myšlení Bačkoranů a svou roli.

1.2. Výcvik (15 min)

Vysvětlíte žákům, že než se vydají na misi, která má přinést informace pro Bačkorany, je třeba, aby prošli základním výcvikem. Výcvik slouží k tomu, aby se žáci seznámili s obecným rámcem, v němž se budou pohybovat při svém vlastním zkoumání – tj. s obecným schématem ověřování hypotézy. Během této aktivity vůbec není nutné zmiňovat a vysvětlovat pojem „hypotéza“, v rámci odlehčení celé aktivity je lepší držet se žákům známého slova „domněnka“.

Žáci se rozdělí na 10 skupin po 2 (3) lidech. Vysvětlíte jim jejich role: ve skupině je vždy 1 nemá cedulka a 1 (2) vodiči, kteří mohou mluvit. Žák hrající němou cedulku dostane list papíru s jedním pojmem (schéma hypotézy) a viditelně ho drží. Úkolem vodičů je „zaparkovat“ svou cedulku do vyznačeného místa mezi šipky ve schématu hypotézy na zemi. Cílem je, aby celé schéma s umístěnými cedulkami dávalo smysl. Vodiči z různých skupin se proto musí mezi sebou domlouvat, kam kterou cedulku zavedou.

Když jsou všechny cedulky rozmístěny, přestávají být němými účastníky. Nyní je jejich úkolem říci, na jaké pozici se v obrazci nacházejí a jak souvisí se sousedními cedulkami. Vyzvěte je, ať mluví jedna po druhé. Ideální je začít od cedulky NĚČEMU NEROZUMÍM, ZAJÍMÁ MĚ TO, ŘEŠÍM PROBLÉM. Společně ujasňujte pozice cedulek a případně upravujte, pokud jsou na špatných pozicích.

Specifickou pozici má cedulka SKUTEČNOST, která nepatří do žádného z vyznačených prostorů mezi šipkami. Ponechte na žácích, jak si s ní poradí, zda přijdou na to, proč nemá žádné specifické místo. Neurčitá pozice této cedulky má symbolizovat, že během našeho zkoumání světa se snažíme vždy skutečnosti co nejvíce přiblížit, ale ta stejně pořád zůstává mimo naše poznání. Při zkoušení této aktivity například účastníci umístili cedulku doprostřed schématu.



Obr. 2. Sestavování schématu hypotézy.

1.3. Domněnka (10 min)

Žáci se rozdělí do výzkumných týmů o čtyřech členech. Připomeňte jim motivační text a představte jim, co mají za úkol: „Pojďme Bačkoranům představit alespoň malý kousek toho, co je na naší planetě zelené ...“ Zadejte podrobné instrukce, jak mají formulovat svou domněnku (viz příloha 1B bod 1–3 instrukcí). Motivační text i instrukce je dobré skupinám dát v kopii k dispozici, aby si žáci mohli ověřit, zda postupují správně.

Zdůrazněte, že domněnka by měla mít smysl, splňovat určité parametry, aby celé zkoumání vůbec k něčemu bylo. Na příkladech čtyř domněnek nechte žáky postupně odhalit, co je na kterém příkladě špatně:

Domněnka 1 – nejednoznačná:

Počet listů na dubu může být větší než počet listů na lípě, ale někdy taky ne.

Domněnka 2 – netestovatelná:

Zatímco tropický les tu bude vždycky, náš smíšený les zmizí za 2000 let.

Domněnka 3 – špatně kvantifikovatelná:

Čím je tráva zelenější, tím je člověk veselější.

Domněnka 4 – nezobecnitelná:

Pátý list na nejnížší větvi naší třešně je okousanější než sedmý list na nejnížší větvi vaší třešně.

Připomeňte žákům, co se psalo o myšlení Bačkoranů – cílem je, aby žáci zkoumali „zelené“ objekty ve vzájemném vztahu. Přístup, kdy porovnávají různé objekty (jejich vlastnosti), jim pomůže lépe formulovat domněnku. Žáci si najdou objekty, které je zajímají, následně si vymyslí a poznamenají svou domněnku.

1.4. Ověřování krok za krokem – brainstorming (10 min)

Co teď s mou domněnkou? Jaký postup zvolit, abychom nakonec mohli Bačkoranům předat 100 % ověřenou informaci o vybraném zeleném objektu?

Společně se třídou navrhujte kroky, které musí výzkumné týmy udělat, aby ověřily domněnku a mohli Bačkoranům předat závěry. Žáci nejdříve provedou brainstorming ve svém týmu a zapíší všechny kroky, které vymysleli. Mělo by se jednat o kroky vědeckého postupu na obecné úrovni. Skupiny zatím nemusí vymýšlet, jak konkrétně ověří svou domněnku.

Učitel následně pracuje s celou třídou, nápady z jednotlivých skupin zaznávají z pléna, učitel je zapisuje na tabuli a pokládá návodné otázky k jednotlivým krokům (zvolení metody, zaznamenávání dat, opakování měření, zhotovení grafického výstupu, dokumentování v průběhu, vyvození závěru ze svých experimentů, obhájení svých výsledků před ostatními).

1.5. Otestování domněnky – experiment (20 min)

Jak bude ověřování domněnky probíhat? Co vše k tomu potřebujeme, jak si rozdělíme práci?

Poté, co jste se shodli na základních krocích ověřování domněnky a zapsali je na viditelné místo, týmy nejdříve sestavují plán svého ověřování (co konkrétně budou potřebovat za pomůcky či materiál, kdo bude mít jakou roli, kolikrát pokus zopakují, kolik budou mít vzorků, ...). Pro motivaci můžete žákům dát k dispozici výběr z různorodých „pomůcek“, které mohou použít (od tradičních jako je lupa nebo metr až ke kuriózním jako třeba zubní kartáček nebo brčko ...). Plán si rozkreslí na papír. Zadejte skupinám čas, který mají na ověření své domněnky a sestavení závěrů (doporučujeme max. 15 min).

Pak týmy podle svého plánu provedou ověření (např. experiment, dotazníkové šetření, pozorování, ...). Připomeňte, že by měli dodržovat postup, který jste se třídou navrhli, tedy včetně zaznamenávání, vyhodnocování, nakreslení grafu s výsledky apod. Výstupem každého týmu je flip, na kterém postup své práce zaznamenávají a který pak použijí i pro prezentaci.



Obr. 3. Prezentování vlastního výzkumu a sestavení poselství pro Bačkorany.

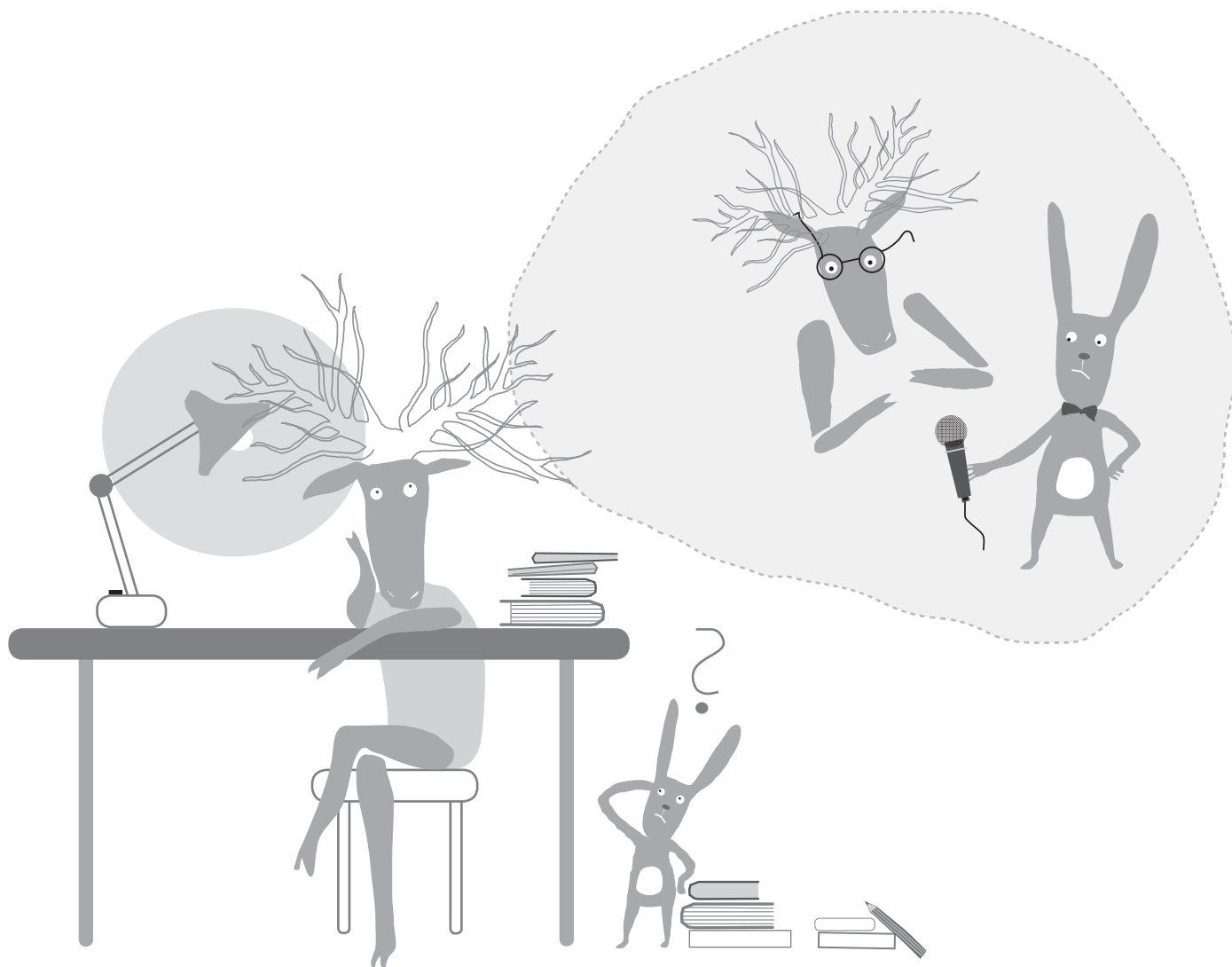
1.6. Představení výsledků a sestavení poselství Bačkoranům (20 min)

Po uplynutí času na ověřování vyzvěte týmy, ať se připraví na prezentování svých výzkumů. Prezentovat budou pomocí schématu na zemi. Tým postupuje schématem od cedulky NĚČEMU NEROZUMÍM, ZAJÍMÁ MĚ TO, ŘEŠÍM PROBLÉM až po cedulku DOMNĚNKA TEDY PLATÍ nebo DOMNĚNKA TEDY NEPLATÍ. Při každém zastavení komentuje vždy příslušnou část svého ověřování. Nakonec zhodnotí, zda jejich domněnku lze považovat za 100 % ověřené informace, které lze předat Bačkoranům. Vyřknou poselství, které by Bačkoranům ze svého zkoumání chtěli předat, ať už jim vyšel výzkum jakkoliv. Každý tým má na prezentaci na schématu max. 2–3 minuty.

Nakonec žáci zapíší poselství Bačkoranům od svého týmu na společný flip. Ten si pověste ve třídě jako výstup celé hry.

1.7. Reflexe (5 min)

Po skončení hry proveďte s žáky reflexi. Ptejte se jich, jaký podle nich měla hra význam, jak se simulace výzkumu pro Bačkorany týká reality. Zjistěte, co si v průběhu hry uvědomili, co bylo pro ně nové, co hodnotí pozitivně a co negativně. Na závěr reflexe můžete žáky připravit na další aktivity z metodických materiálů, které s nimi budete realizovat v rámci jednotlivých kroků vědeckého postupu, ať už se jedná o teoretickou přípravu v části 1 nebo některou z praktických úloh v části 2 nebo 3.



2/ Nastolení podnětu, čtení odborného článku a práce s textem

V prvním kroku vědeckého postupu se žák setkává s odborným článkem a učí se s ním pracovat. Pro každé téma (Koloběh uhlíku / Pedologie) jsme vybrali jeden publikovaný článek, který se týká aktuálního výzkumu. Článek zároveň slouží jako „pozvánka“ k problematice, která žáky bude provázet ve všech krocích vědeckého postupu. Motivací pro žáka by mělo být to, že v článku se řeší reálný problém (ukládání oxidu uhličitého ze vzduchu v lesích respektive odstraňování arzenů z půdy pomocí rostlin), po jehož stopách se žák může spolu s odborníky vydat.



časová náročnost:

10 min úvod + samostatná práce doma + 15 min v další vyučovací hodině

pomůcky:

nakopírovaný odborný článek pro každého žáka (viz příloha 2 pro koloběh uhlíku a příloha 3 pro pedologii)

cíle:

- Žák čte odborný text, shrnuje podstatná fakta a formuluje problém, kterým se text zabývá.
- Žák analyzuje, co už o problému ví.
- Žák vymýšlí otázky, které ho ještě k tématu napadají, a diskutuje o nich.

metodika:

2.1. Čtení odborného textu a práce s textem

Učitel uvede celou aktivitu, motivuje žáky a zadá jim čtení textu jako samostatnou domácí práci (např. na konci hodiny). Úkolem žáků je článek přečíst s porozuměním. Lze využít např. metodu I.N.S.E.R.T., její modifikaci nebo jiný postup pro práci s textem.

Postup při práci s textem pomocí metody I.N.S.E.R.T.:

Úkolem žáků je:

- a) přečíst text a zaznamenávat vybrané pasáže psaním značek přímo do textu (tj. provést kategorizaci informací na:
 1. informace pro ně již známé, 2. informace nové a 3. informace, které v něm vyvolávají pochybnosti a otázky);
- b) popsat vlastními slovy „označované“ pasáže do tabulky (✓, +, ?);
- c) zformulovat otázky, které je napadly v souvislosti s pasážemi, které značili otazníkem (?);
- d) zapsat ještě i další otázky, které je napadly po přečtení celého článku.

Při použití metody I.N.S.E.R.T. pomáhají žákovi v třídění informací tři druhy značek, které při čtení přiřazuje k pasážím textu, podle toho, jaký má pro něj text význam (viz níže). Používání značek při čtení nutí čtenáře více přemýšlet o tom, jak se text vztahuje k němu samému. Také usnadňuje orientaci v textu po přečtení a urychluje vyhledávání potřebných informací.

Po přečtení textu touto metodou žák třídí a parafrázuje označené pasáže do tabulky v pracovním sešitě.

Použité značky:

- ✓ (fajfka) – to už vím, ano, to si taky myslím
- +
- to tato informace je pro mne nová, přijde mi zajímavá
- ? to mi není jasné / nezdá se mi to / vyvolává to ve mně otázku

Ke značce ✓ uveďte tři příklady, ke značce + uveďte rovněž tři příklady a ke značce ? uveďte pět příkladů, které si během čtení textu vyznačil. Zapisování do poslední části tabulky vede žáka k formulaci otázek, které pátrají po tom, co mu nebylo jasné nebo o čem během čtení textu pochyboval. Ke každému příkladu ? uveďte jednu otázku, která ho v souvislosti s označeným textem napadla.

Pokud žáci ještě nikdy nepracovali podobnou metodou čtení textu, doporučujeme ji alespoň krátce vyzkoušet například na jednom odstavci textu. Vysvětlíte žákům zadání, nechte je samostatně přečíst vymezený text za použití značek. Po přečtení úryvku je vyzvěte, aby popsali, kde a proč si udělali kterou značku. Vyjasněte případné pochyby či dotazy ohledně této metody. Poté žáci již samostatně (ať už v rámci domácí přípravy či v rámci výuky) pracují s textem a po jeho přečtení zaznamenávají do tabulky.

Žák má po práci s textem a zápisu do tabulky ještě možnost vyjádřit i další otázky, které se objevily po přečtení celého textu a které by ho zajímaly. Pomůckou pro vzájemné sdílení otázek nebo nejasností z textu vám může být společná „zed“, např. velký papír, který ve třídě vyvěsíte a na který žáci kdykoliv během či po čtení textu dopisují své otázky. Urychlíte tím přípravu a vstup do diskuse v další hodině, kde budete s otázkami pracovat.

2.2. Diskuse nad odborným textem

Učitel vede ve třídě diskusi nad přečtenými texty, žáci společně vyjasňují neznámé pojmy a sdílejí otázky, které je při čtení napadly.

Žáci si přinesou své texty se značkami a vyplněnou tabulku. Sdílení zápisů v tabulce může probíhat nejdříve ve dvojicích a následně v celé třídě, krok za krokem. Společná diskuse nad textem začíná po seskupení otázek z celé třídy na velkém papíru, který jste ve třídě vyvěsili. Cílem diskuse nad otázkami rozhodně není všechny zodpovědět, ale spíše pracovat s otázkami jako takovými: poukázat na to, jaké typy otázek žáky k textu napadaly a proč, které otázky se týkají základního porozumění textu (vysvětlení odborných termínů) a které hledají souvislosti, ptají se po příčině, jsou zajímavé nebo inovativní. Určitě můžete s žáky řešit, kde lze odpovědi na otázky hledat, popřípadě některé otázky společnými silami zodpovědět. Ke konci diskuse by vždy mělo zbýt několik otázek nezodpovězených. Jejich nezodpovězení žáky dále motivuje pátrat po možných odpovědích.

X	co už jste věděli (3 příklady)	
1	✓	Wend je hlavním architektem metabolického celého planety.
2	✓	Kapitál je tvořen CO ₂ v budovách, které s dalšími stavebními prvky, jako například s povrchovými úpravami, tvoří celou budovu.
3	✓	Část budovy tvoří celou budovu, která je architektem nebo stavebním celkem.
+ co jste se dozvěděli nového (3 příklady)		
1	+	Lesy na planetě Zemi pokrývají 42 milionů km ² , což je 30% země.
2	+	Velikost budovy může být ověřena pomocí celkové budovy.
3	+	Množství budov může být ověřeno pomocí celkové budovy.
?	co ve vás vyvolává otázku (není vám to jasné/pochybujete o tom/nezdá se vám to)	
	jakou otázku to ve vás vyvolává (zformulujte ke každému příkladu 1 otázku)	
1	?	Co jsou budovy?
2	?	Co je budova?
3	?	Co je budova?
4	?	Co je budova?
5	?	Co je budova?

Další otázky, které vás napadly po přečtení textu:

Co je budova? Je to budova? A co nase? Mám to v ruce? A co nase? A co nase?

Obr. 4.

Příklad vyplněné záznamové tabulky při čtení textu metodou I.N.S.E.R.T.

Příklad osnovy diskuse a práce s otázkami:

- Které informace obsažené v článku byly pro vás známé?
- Které pasáže textu u vás vyvolávaly nejvíce otázek?
- Které otázky se opakují – tedy napadly více žáků nezávisle na sobě?
- Vymysleli jsme i otázky, které hledají souvislosti nebo se ptají po příčině?
- Které otázky se vám zdají zajímavé, inovativní, originální?
- Najdeme na některé otázky odpovědi přímo v textu? Na které a v které části textu přesně?
- Dokázal by na některé otázky odpovědět někdo ze třídy?
- Jak budeme postupovat při hledání odpovědi na nezodpovězené otázky? Jaké máme možnosti po nich pátrat?

Zásobník konkrétních otázek k textu:

1) Otázky, které si může čtenář položit při čtení článku; k těmto otázkám může učitel žáky vést, pokud sami s žádnými nepřicházejí. Cílem není ihned na otázky odpovědět, důležité je, aby si žák vůbec otázky tohoto typu položil.

Příklad na koloběh uhlíku

- 1) Proč a jak vědci měří výměnu CO_2 mezi lesem a atmosférou?
- 2) Kterými metodami vědci měří, kolik CO_2 se vymění při dýchání a při fotosyntéze v lese?
- 3) Kde lze v ČR nalézt „pralesovité“ porosty, které jsou úložišti uhlíku?
- 4) Jak se „utopí“ uhlík (CO_2) v oceánu?

Příklad na pedologii

- 1) Jsou půdy ČR kontaminované arzenem?
- 2) Proč arzen v půdě škodí?
- 3) Jaké další metody se používají k odstranění As z půdy (kromě fytořemediace)?
- 4) Jakými dalšími kontaminanty jsou ohroženy půdy v ČR?

2) Otázky, na které najdete v článku odpověď.

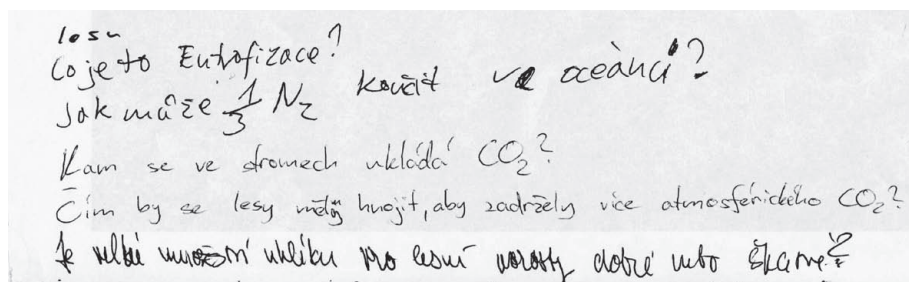
Lze je použít, pokud chce učitel ověřit, jak žáci textu porozuměli a zda se v něm orientují.

Příklad na koloběh uhlíku

- 1) Jaká další lidská činnost kromě spalování fosilních paliv má za důsledek uvolňování uhlíku v podobě CO_2 do atmosféry?
- 2) Proč nepovzbuzuje zvýšená koncentrace CO_2 v atmosféře fotosyntézu do nekonečna?
- 3) Čím je ovlivněno, zda bude les úložištěm nebo zdrojem uhlíku?
- 4) Co mají autoři na mysli „pralesovatěním“ českých lesů a jaký to má význam z hlediska ukládání uhlíku?

Příklad na pedologii

- 1) Co může způsobit kontaminaci půdy arzenem? Kdy je půda již kontaminována?
- 2) Proč akumuluje arzen zrovna křídelnice? Jaké jí to přináší výhody?
- 3) Lze využít akumulační schopnost kapradin ke snížení obsahu arzenu v půdách kontaminovaných lokalit?



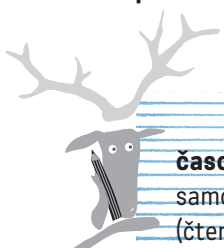
Obr. 5.
Příklad otázek, které žáky napadaly při čtení článku.
Zdroj: Gymnázium Čakovice.

3/ Studium dalších zdrojů a posouzení jejich věrohodnosti

Vědecká práce musí vycházet z toho, co je o daném tématu již známo. Proto každému výzkumu musí předcházet studium literatury o dané problematice – tzv. literární rešerše, která je pak obsažena v úvodu vědeckého článku i se jmény autorů a názvy publikací. Platí důležitá zásada, že je třeba respektovat ty, kteří s nějakým nápadem nebo výsledkem přišli jako první.

Vědecké časopisy publikují pouze ty rukopisy, které „schválil“ jeden nebo častěji více dalších nezávislých vědců (lektorů, recenzentů) blízkého oboru a z jiného pracoviště (univerzity). Toto jsou tzv. **recenzované časopisy**. Patří k nim většina časopisů vydávajících původní vědecké práce. Kromě toho existují i nerecenzované časopisy, které mají především popularizační či zábavnou úlohu. Publikovat v těchto nerecenzovaných časopisech je mnohem snazší, ale příslušné práce většinou nejsou přínosem originálních vědeckých poznatků.

Samotná publikace rukopisu, který může obsahovat třeba i senzační nebo nečekaný objev, ještě neznamená, že bude objev přijat vědeckou komunitou jako součást světové vědy! **Teprve až autoři z dalších laboratoří experimentálně potvrdí onen první senzační výsledek, pak se objev „našeho vědce“ stává součástí znalostí lidstva.**



časová náročnost:

samostatná domácí práce
(čtení dalších článků)
+ 30 min

pomůcky:

pracovní sešit,
ukázky periodik, ze kterých jsou vybrány úryvky, případně i kopie článků uvedených jako doporučené zdroje k rešerši

cíle:

- Žák si za použití různých typů zdrojů (literatura, internet) rozšiřuje znalosti a získává souvislosti k danému tématu.
- Žák diskutuje o věrohodnosti zdrojů.
- Žák rozlišuje různé úrovně odbornosti zdrojů na základě stylu textu a dodržování pravidel pro práci se zdroji (odkazy, citace apod.).

metodika:

Vraťte se k odbornému článku, který žáci četli v kapitole 2. Rozeberte s nimi, jakým způsobem je článek napsán, jaký se zde používá jazyk, styl, jak se v něm pracuje s informacemi (prezentace dat, odkazy na zdroje).

Pokud práci se články chcete věnovat více času, pokračujte úkolem 3.1. K oběma tématům jsme vyhledali články různé úrovně odbornosti. V bodě 3.2. uvádíme modelový příklad, jak se čtveřicí článků pracovat.

Pokud nemáte dostatek času na práci s celými texty článků, pokračujte rovnou úlohami 3.2 a 3.3., kde žák čte pouze úryvky z článků.

3.1. Jak poznám odborný text od neodborného

Žáci čtou doma články z doporučených zdrojů (viz seznam níže). Ve třídě pracují ve skupinách a diskutují rozdíly mezi články. Při diskusi žáci hledají odpovědi na otázky uvedené v pracovním sešitě.

3.2. Citace

Nechte nejdříve žáky, ať za použití čtveřice textů v pracovním sešitě sami identifikují rozdíly mezi odborným a neodborným textem a popíší rysy typické pro odborný text. Následně společně projděte příklady, ve kterých jsou rozebrány různé způsoby přejímání informací a citací.

Doporučené zdroje k rešerši:**Koloběh uhlíku:**

- 1) Košvancová M., Kalina J., Hrstka M., Urban O. 2007
Změna aktivity a množství enzymu RuBisCo v sazenicích buku lesního pod vlivem zvýšené koncentrace CO₂. Beskydy 20: 221–226
- 2) iDNES.cz, ČTK 2002. *Změny klimatu brzdí rostliny*,
http://zpravy.idnes.cz/zmeny-klimatu-brzdi-rostliny-d26-/vedatech.asp?c=A021211_135239_vedatech_zem
- 3) Marek M. V., 2009 *Jsou lesní porosty efektivními pumpami uhlíku?* Vesmír 88: 492–493
- 4) Pilař T. 2009. *Koloběh uhlíku v záblescích opakování ze školních škamen*, OSEL,
<http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&clanek=4213>

Pedologie:

- 1) Marcinková, A. 2008. *Šťovík pomáhá v boji s těžkými kovy*, OSEL, <http://www.osel.cz/index.php?clanek=3998>
- 2) Křížková S., Adam V., Kizek R. 2008. *Budou nám těžit zlato zelení horníci?*
<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanek=2008121922>
- 3) Skřivan, P. 1996. *Koloběh arzenu v přírodním prostředí*. Vesmír 75: 247–248, přístupné z
<http://www.vesmir.cz/clanek/kolobeh-arzenu-v-prirodnim-prostredi>
- 4) Soudek P. a kol. 2008. *Fytoremediace a možnosti zvýšení jejich účinnosti*. Chemické Listy 102: 346–352
http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_05_346-352.pdf
- 5) Lidovky.cz 8.9.2007. *Rostliny čistí zamořené prostředí*. http://www.lidovky.cz/rostliny-cisti-zamorene-prostredi-duo-/ln_noviny.asp?c=A070908_000139_ln_noviny_sko&klic=221313&mes=070908_0
(článek je zkráceným přepisem rozhovoru s Tomášem Vaňkem z Laboratoře rostlinných biotechnologií Ústavu experimentální botaniky AV ČR a Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze. Nezkrácený rozhovor:
http://www.rozhlas.cz/priroda/porady/_zprava/590715)

3.3. Úryvky

Žáci pracují s úryvky čtyř textů z různých médií. Mají rozpoznat, které patří k odborným textům a které mají naopak popularizační až zpravodajský charakter, a své rozhodnutí zdůvodnit. Vodítkem jim je např. styl textu, použití přímé řeči, citací, odborných výrazů. Základní informace o médiích, ze kterých úryvky pocházejí, naleznou v pracovním sešitě, další si mohou sami vyhledat na internetu či v knihovně.

Zdroje, ze kterých pocházejí úryvky – koloběh uhlíku:

- 1) Ipo, 9.7.2009, *Plány G8 na regulaci teploty jsou mimo realitu, shodují se klimatologové*. iDnes http://zpravy.idnes.cz/plany-g8-na-regulaci-teploty-jsou-mimo-realitu-shoduji-seklimatologove-1ad-/vedatech.asp?c=A090709_152049_domaci_lpo
- 2) Cílek V. 2006 *Oceán – nejlepší přítel člověka aneb proč se porouchala uhlíková pumpa*. Vesmír 85, 260–261.
- 3) Dvořáková M., Pokorný R., Tomášková I., Czerný R., Kozlová K., Janouš D. 2007
Evapotranspirace ekosystémů – les, louka, mokřad a agro-ekosystém. Beskydy, 20:89–94.
- 4) Petr J. 2009 *Vykácením lesů proti globálnímu oteplení*. OSEL <http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&clanek=2587> .

Zdroje, ze kterých pocházejí úryvky – pedologie:

- 1) ILC, 24.5.2009, *První oběti globálního oteplování*. Blesk <http://www.blesk.cz/clanek/zpravy-zajimavosti/115855/prvni-obeti-globalniho-oteplotvani.html>
- 2) Semorádová, E. 2003: *Poškození lesních porostů posypovou solí*. Lesnická práce, ročník 82, , číslo 1. Přístupné z <http://lesprace.silvarium.cz/content/view/608/55/> .
- 3) Drahotka P. 2004: *Kapradina milující arzen*. Vesmír 83:256–258. Přístupné z <http://www.vesmir.cz/clanek/kapradina-milujici-arzen>
- 4) Lidovky.cz 8.9.2007. *Rostliny čistí zamořené prostředí*. http://www.lidovky.cz/rostliny-cisti-zamorene-prostredi-duo-/ln_noviny.asp?c=A070908_000139_ln_noviny_sko&klic=221313&mes=070908_0

4/ Kladení otázek a formulace problému

Nedílnou a zásadní součástí každého vědeckého postupu je kladení si otázek. Bez otázek by nebylo problému, který je třeba řešit. Otázka nám jasně vymezuje, jakým problémem se chceme zabývat, jaké odpovědi či řešení hledáme, a pomáhá nám hledat cestu k těmto odpovědím.

Ve vědecké práci jsou otázky formulovány na základě různých podnětů, např.:

- 1) Pochybnosti o správnosti některých dosavadních tvrzení podněcují snahu o popření nebo potvrzení některých obecných teoretických poznatků.
- 2) Praktická potřeba (jako v lékařství, zemědělství, průmyslu apod.) „volá“ po prohloubení teoretických poznatků, které jsou cílené na konkrétní problém.
- 3) Bezprostřední praktický problém, který je nezbytné vyřešit, aby se mohla realizovat stavba, závlaha apod.

Kladení otázek a týmová práce ve vědě

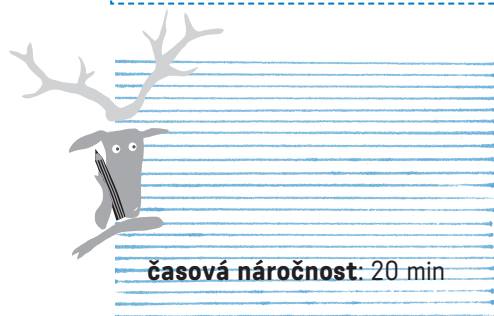
Ve všech vědeckých oborech už lidstvo shromáždilo obrovské množství poznatků. Proto se studují stále větší podrobnosti. Ale na druhé straně se objevují naprosto nové možnosti, a to hlavně na styku různých vědních oborů. Vytváření vědeckých týmů složených například z biologů, lékařů, fyziků a inženýrů je dnes zcela běžné.

Jedním z důvodů pro existenci takto komplexních výzkumných týmů je také mimořádná složitost experimentálních přístrojů, které často může obsluhovat jen specializovaný technik-inženýr. Ten však mnohdy nemá širší přehled a nemusí umět formulovat správnou otázku například o vlivu ultrafialového záření na aktivity chloroplastů. Proto se na řešení musí podílet biolog a biochemik, případně i matematik-statistik. Je samozřejmé, že řízení takových týmů je podstatně složitější.

V kapitole 4 vědeckého postupu si žáci procvičují dovednost klást správné otázky respektive správně klást otázky. Zaměří se na aspekty, které by měla správně položená otázka splňovat. Jde především o:

- 1) relevance k tématu / úkolu;
- 2) konkrétnost;
- 3) význam pro vyřešení úkolu.

Dovednosti, které žáci získávají v teoretických úkolech kapitol 4-7 budou moci následně uplatnit při provádění praktických úloh - pokusů a pozorování ke koloběhu uhlíku či pedologii.



časová náročnost: 20 min

pomůcky:

pracovní sešit, text z přílohy 4 (koloběh uhlíku)
nebo z přílohy 5 (pedologie)

cíle:

- Žák na základě textu formuluje výzkumnou otázku.
- Žák posoudí důležitost otázek vzhledem ke zkoumanému problému (textu) a zdůvodní, proč je otázka vzhledem ke zkoumanému problému relevantní či irelevantní.
- Žák formuluje další relevantní otázky, které ho k řešenému tématu napadají.

metodika:

V kapitole 4 žáci poprvé pracují s úryvkem, jenž byl vybrán ze stěžejního článku, který žáci četli v kapitole 2. Text úryvku je přílohou (příloha 4 pro koloběh uhlíku a příloha 5 pro pedagogii) na samostatném listu, protože s ním žáci budou pracovat i v dalších kapitolách (5, 6 a 7). V každé kapitole je k němu vztaženo několik úkolů či otázek. Doporučujeme mít při ruce i původní článek z Vesmíru, kdyby do něj žáci potřebovali nahlédnout.

Ještě před čtením textu se ptejte žáků, jaká je v poslední době napadla zkoumavá otázka, když pozorovali svět kolem sebe (4.1.). Diskutujte o tom, jak se člověk dostane od své zkoumavé otázky až třeba k provedení experimentu, vymyšlení nového postupu nebo k převratnému objevu (podobně jako v příběhu Newtona a jablka).

Pak už žáci čtou text z přílohy a odpovídají na další otázky. Aby se v textu lépe orientovali při řešení otázek, mohou si při čtení dělat v textu poznámky (např. podtržení klíčové věty, důležitého pojmu). Když mají všichni žáci text přečtený, ověřte si, že mu rozumí: nechte je shrnout úryvek vlastními slovy do tří vět a vypsát pět klíčových slov z úryvku. Shrnutí i klíčová slova následně sdílejí ve dvojicích. Pokud žáci nerozumí některým pojmům v úryvku, vyjasněte je společně.

Žáci poté řeší úkoly samostatně, dobré je postupovat krok za krokem a po každém úkolu žáky nechat, ať sdílejí své odpovědi se sousedem, ve skupině nebo ve třídě.

V úkolu 4.1. je možno více správných odpovědí, ke každému textu je možné vymyslet a různě formulovat hned několik výzkumných otázek.

U úkolu 4.2. se ujistěte, že žáci pochopili zadání: cílem tohoto úkolu je přemýšlet o relevanci zde uvedených otázek vzhledem k výzkumu, který je v textu popsán, nikoliv na otázky odpovídat!

Při formulaci vlastní otázky žáka (4.5.) dbejte na to, aby otázka splňovala podmínku relevance k tématu, konkrétnosti, významu pro vyřešení problému. S otázkami, které žáci vymyslí v tomto úkolu, můžete pracovat podobně, jak je to popsáno ve druhé kapitole (2.2. Diskuse nad odborným textem).

5/ Formulace hypotézy

Při poznávání často narážíme na **jevy a fakta, která si neumíme zcela vysvětlit**, a proto se snažíme na základě nově zjištěných znalostí, pozorování a poznatků **navrhnout možné vysvětlení**. Tento postup vede k vytváření hypotetických tvrzení, soudů, které naznačují možné vysvětlení řady poznatků nějakým mechanismem či způsobem. Je samozřejmé, že taková tvrzení mohou vyvolat obecné přijetí, ale současně i zásadní nesouhlas ze strany kritiků. A tento dvojí přístup k hypotéze byl a dodnes zůstává jednou z velmi účinných hybných sil pokroku vědy. **Vědecká hypotéza¹ se nejčastěji formuluje při vědeckém pátrání po souvislostech či příčinách jevů. Je to tedy určitý návrh řešení, který však musí být ověřen a dokázán nebo vyvrácen.** Hypotéza tedy představuje racionální, ale jen předpokládané, vysvětlení existence či souvislostí nebo i příčin některých jevů.

V **běžné řeči** znamená hypotéza předpoklad, tvrzení, jemuž se nedá plně věřit, a proto říkáme, že hypotéza může být odvážná nebo vratká. Každý z nás se mohl setkat s reakcí – odpovědí na nějaké naše tvrzení „to je jen pouhá hypotéza“.

V běžném použití je dnes hypotéza zajímavé, ale neprokázané tvrzení, jehož platnost by měla být ověřena.

V tomto smyslu se mluví také o hypotéze policejního vyšetřování, o hypotetické diagnóze v lékařství a podobně.

Co je důležité při vytváření hypotézy? Hypotéza musí být:

- 1) **jednoznačná** – tj. buď platí anebo neplatí, nemůže platit „napůl“;
- 2) **specifická** – musí být vyslovena dostatečně podrobně, aby nevyvolávala žádné pochyby o svém obsahu;
- 3) **kvantifikovatelná** – musí ji být možno změřit či jinak popsat v množstvích;
- 4) **ověřitelná** – je možné ji ověřit či najít způsob ověření;
- 5) **zobecnitelná** – musí být zobecnitelná na větší počet jevů, objektů.

1/ Samozřejmě při přípravě pokusu na úrovni žáků nelze formulovat nové vědecké hypotézy. Ale i zde lze vytvořit hypotézu, kterou svým pokusem testují, i když se jedná o poznatek již dostatečně známý.

**pomůcky:**

pracovní sešit, příloha 1C, příloha 4 (koloběh uhlíku) nebo příloha 5 (pedologie)
velký papír, papíry A3 do skupin

cíle:

- Žák vyjmenuje a popíše vlastnosti správně formulované hypotézy.
- Žák posoudí správnost vyslovených hypotéz a svá tvrzení zdůvodní.
- Žák správně formuluje hypotézu s využitím textu.

metodika:

Nejdříve se žáků zeptejte, co si představují pod pojmem hypotéza a kde se s tímto pojmem už setkali.

Žáci si to, co dosud vědí o hypotéze, zapíší do pracovního sešitu (5.1.).

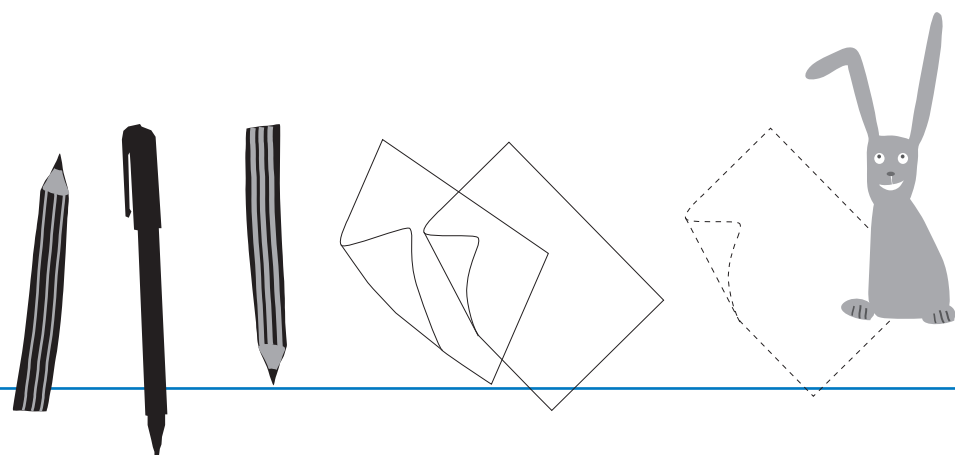
Společně pak projděte úvodní text o hypotézách a jejich ověřování.

Žáci na základě textu sestavují schema ověřování hypotézy (5.2.) – doplňují jednotlivé kroky ověřování hypotézy na správné místo. Tento úkol mohou řešit ve skupinách. S podobným schématem žáci již pracovali v kapitole 1, je dobré jim ho připomenout (viz příloha 1C).

Ptejte se žáků, zda se sami setkali s hypotézami, které určitou dobu platily, ale později byly vyvráceny (5.3.) – takové hypotézy najdeme nejen ve světě vědy, ale např. i v politice, kriminalistice apod.

Ptejte se žáků, proč je potřebné, aby byla hypotéza zformulována dle jistých pravidel. Projděte pravidla (vlastnosti hypotézy) vysvětlené na příkladech v pracovním sešitě a запиšte je na tabuli/velký papír. Nechejte žáky, ať ve dvojicích řeší úkoly 5.4. a 5.5. Diskutujte společně nad tím, jaké odpovědi žáci zvolili.

Nakonec přistupte k formulaci vlastní hypotézy žáků (5.6. / 5.7.). Žáci pracují ve skupinách po čtyřech. Každá skupina má za úkol vymyslet jednu hypotézu odpovídající zadání. Výstup bude podobný, jako je obrázek v pracovním sešitě: napsaná hypotéza, na které je názorně (graficky i slovy) vysvětleno, které vlastnosti splňuje. Vhodné je, aby žáci výstup zapsali na papír (A3). Ve třídě pak můžete udělat výstavu všech hypotéz a navzájem hodnotit, která splňuje /nesplňuje předepsaná kritéria.



6/ Naplánování, příprava a provedení pokusu

Po formulování hypotéz je třeba provést pokus. K tomu, abychom mohli provést pokus, musíme zvolit vhodný postup, metodu. Slovo „**metoda**“ pochází z řeckého „meta hodos“ a znamená v původním významu „cesta někam“. Metoda je způsob, jak dosáhnout nějakého teoretického i praktického cíle, poznání. K tomu, abychom dosáhli stanoveného poznání, si musíme vytvořit jasný časový a věcný plán pokusu – co budeme potřebovat, jaké bude uspořádání pokusu, kolik bude variant a opakování pokusu.

Pokus je třeba řádně naplánovat a vždy připravit i kontrolní (neovlivněnou) variantu, se kterou budeme výsledky srovnávat. Pokud pokus neprokázal jednoznačné výsledky, pak upravíme provedení pokusu anebo vytváříme novou hypotézu. I když je pokus jednoznačný, **je potřebné jej opakovat**, abychom měli jistotu, že nešlo o náhodný výsledek.

Náhodné vlivy a opakování pokusu

Při pokusech v přírodních vědách totiž vstupují do hry různé vnější vlivy, často náhodné, které nejsme schopni vyloučit, ani určit či popsat jejich vliv. Na příkladě polního pokusu můžeme pozorovat vliv počasí (sucho, zamokření, přivalové deště), nejednotnosti vysévaných semen, vliv různorodosti pěstebního substrátu nebo půdy. Příroda není jednoduchý mechanický stroj, který při stejném vstupu dá pokaždé stejný výsledek. Opakování pokusu nám tak pokaždé může dát trochu odlišný výsledek: naměříme pokaždé trochu jinou hodnotu dané vlastnosti, nebo rostliny narostou do různé velikosti i při naprosto stejné péči. **Rozptýl hodnot daný náhodnými vlivy by ale měl být menší než rozdíly způsobené sledovaným faktorem, jehož vliv jsme pojmenovali v naší hypotéze a testujeme jej.**

Vyslovíme-li tedy například hypotézu, že rostliny zavlažované rostou rychleji než rostliny trpící suchem, a náš pokus bude mít jen dvě varianty – zavlažovanou a nezavlažovanou – zjistíme pravděpodobně, že rostliny zavlažované skutečně rostou rychleji, tzn. po nějaké době budou všechny zavlažované rostliny nebo jejich většina vyšší než většina rostlin bez závlahy. Nemůžeme ale čekat, že budou mít všechny zavlažované rostliny stejnou velikost.

Čím větší počet opakování, tím spolehlivější výsledek můžeme očekávat. To však na druhé straně znamená zvýšenou pracnost i nákladnost celého pokusu. V přípravě pokusu tak obvykle volíme kompromis mezi tím, že chceme mít co nejvíce variant, abychom postihli různé situace, a současně potřebujeme co nejvíce opakování. **Jako nejmenší počet lze obvykle doporučit tři opakování.** Stane-li se totiž, že některé z těch opakování takzvaně „nevyjde“, tedy chová se neočekávané nebo odlišně třeba právě z důvodu silného vlivu nějakého vnějšího faktoru, který ale neznáme (například rostliny vůbec nevyklíčí), poznáme tento případ podle toho, že se výrazně liší od dalších dvou opakování. Takový případ pak můžeme vyřadit, aby nám nezkreslil naše výsledky. V každém případě je třeba všechny zjištěné vlivy, které by mohly výsledky pokusu zkreslit, zapisovat a při vyhodnocování výsledků jim věnovat pozornost.

Při návrhu pokusu sledujícího nějaký vnější vliv (například vliv porostu na půdní vlastnosti, vliv živin nebo naopak znečištění na růst rostlin) se **snažíme omezit vliv jiných faktorů.**

Příklad 1:

Zkoumáme-li vliv živin na růst rostlin, musíme použít:

- 1) stejnou půdu, nejlépe důkladně promísenou, abychom omezili vliv její různorodosti;
- 2) stejné rostliny;
- 3) stejnou závlahu a další podmínky prostředí (teplota, vlhkost, světlo atd.)

Pak budou jedinou proměnnou právě přidávané živiny.

Příklad 2:

Pokud hledáme rozdíly mezi půdami vzniklými na různých horninách, musíme vybrat místa srovnatelná v jiných ohledech, tedy např.:

- 1) s podobným porostem (nelze sledovat vliv odlišné horniny, pokud bude na jednom místě louka a na druhém les; vliv porostu na půdní vlastnosti by mohl vliv hornin zastínit nebo zcela „přebít“);
- 2) v podobném terénu atd.

Zkoumáme současně vliv více faktorů

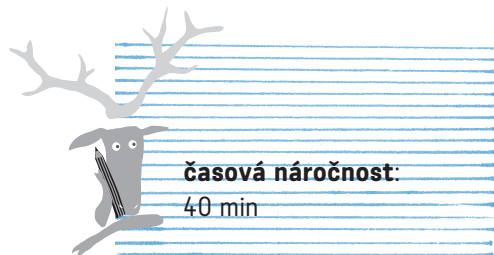
Lze samozřejmě zkoumat i současný vliv dvou či více faktorů a jejich vzájemné interakce. V tom případě je ale nutné mít všechny kombinace variant a u každé z nich pokud možno několik opakování, což znamená výrazný nárůst velikosti celého pokusu, a rovněž hodnocení výsledků je náročnější.

Příklad 3

Zkoumáme-li současně vliv nedostatku vody a živin na růst rostlin a též vzájemné interakce těchto vlivů (např. při jaké závlaze je hnojení nejúčinnější), je nutné mít v pokusu všechny tyto varianty:

- 1) variantu nezavlažovanou a nehnojenou;
- 2) variantu zavlažovanou a nehnojenou;
- 3) variantu nezavlažovanou a hnojenou;
- 4) variantu zavlažovanou a hnojenou.

Ještě komplikovanější by bylo navržení pokusu v případě hodnocení vlivu více živin nebo v případě více úrovní hnojení či závlahy. U každého pokusu je zásadní mít **neovlivněnou variantu (tzv. kontrolní)**, se kterou pak ošetřované systémy srovnáváme. V příkladu 3 je kontrolní variantou bod 4).



časová náročnost:
40 min

pomůcky:

pracovní sešit,
příloha 6 Naplánování a příprava pokusu

cíle:

- Žák navrhne vhodné podmínky pro průběh experimentu (experimentální prostředí, proměnná, opakování, délka trvání apod.) a posoudí vliv různých faktorů na průběh experimentu.
- Žák na příkladu vysvětlí, co znamená proměnná, náhodný vliv, kontrolní varianta.
- Žák vztahuje volbu metody zkoumání a naplánování experimentu k výzkumné otázce, kterou chce experimentem řešit.

metodika:

K tomuto kroku vědeckého postupu je připraven text pro žáky (příloha 6), který jim posléze pomůže s vyřešením úloh v pracovním sešitě. Najdou zde teorii k plánování pokusu a příklady, jak si naplánovat pokus, kde chceme sledovat jednu nebo dvě proměnné. Žáci čtou text, mohou si v něm označit důležité pojmy (proměnná, náhodný vliv, kontrola atd.) nebo vypsát, co nového se v textu dozvěděli (viz metoda INSERT zmíněná v kapitole 2 metodiky nebo jiná metoda čtení s porozuměním).

V pracovním sešitě pak žáci řeší úlohy, které se zaměřují na správnou volbu metody a zabezpečení vhodných podmínek experimentu. Záleží na vás, zda necháte žáky pracovat samostatně nebo zda budou pracovat ve skupinách. Doporučujeme postupovat krok za krokem, vrátit se vždy k otázce, kterou žáci právě vyřešili, a diskutovat s nimi řešení. Pokud jsou žáci zvyklí s obdobnými úlohami samostatně pracovat, můžete je samozřejmě nechat vyřešit několik otázek za sebou a vrátit se k nim najednou.

7/ Zaznamenávání pozorování a měření, vyhodnocení výsledků

Zaznamenávání během pokusu

Při zaznamenávání sledovaných dat je důležité vycházet z rešerše literatury a vlastní hypotézy – z toho, co vlastně chci zjistit. Obecně platí pravidlo, že **je lepší mít více dat, než složitým způsobem data doměřovat či je vůbec nemít**. Ale v dnešní době moderních analytických přístrojů se může stát, že dat bude daleko více než je potřeba a to důležité se ztratí v záplavě nepotřebných údajů. Kromě dat musíme věnovat pozornost i zaznamenání podmínek měření (např. teplota a vlhkost v laboratoři či skleníku), které využijeme pro případné zopakování pokusu za stejných podmínek.

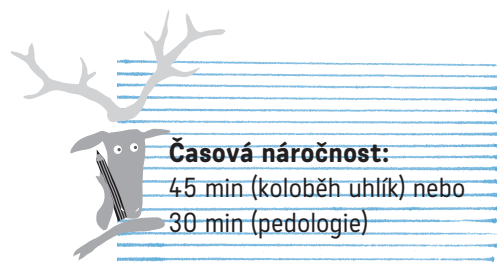
Pokud nemáme přístrojové vybavení, které umožňuje automatické zaznamenání do počítače, zaznamenáváme data ručně. Co nejdříve po ukončení pokusu je vhodné data přepsat do elektronické podoby pro další zpracování. Pro další prezentaci projektu je vhodné vytvářet fotografie, a to i přístrojového vybavení a laboratoří. Tyto fotografie najdou využití později při tvorbě prezentací či plakátu (poster), které představí projekt a jeho výsledky.

Zpracování dat a vyhodnocení výsledků

Zaznamenané výsledky zpracováváme do přehledné formy – např. **graf, obrázek, tabulka**. Výsledky statisticky vyhodnotíme (průměr a odchylky od průměru – např. směrodatná odchylka, dále medián, počet měření a vzorků).

Je vhodné se také zamyslet nad správností námi získaných výsledků a nad faktory, které mohly mít vliv na náš pokus. Vlastní vědecká práce spočívá v tom, že zvládneme vhodně okomentovat získané údaje a porovnat je s již publikovanými poznatky či představit naše vlastní nové závěry. **S téměř každým závěrem se vyskytnou další otázky, na které lze dále hledat odpovědi.**

K zaznamenání, zpracování a statistickému vyhodnocení dat můžete použít program MS Excel. V případě důkladnějšího statistického zpracování je možné využít specializované statistické programy (některé jsou volně dostupné po omezenou dobu, např. program „STATISTIKA CZ“).



Časová náročnost:

45 min (koloběh uhlíku) nebo
30 min (pedologie)

pomůcky:

pracovní sešit, příloha 4 (koloběh uhlíku) nebo
příloha 5 (pedologie)

cíle:

- Žák analyzuje data zpracovaná v tabulkách a grafech a interpretuje výsledky pokusu.
- Žák hledá souvislost mezi údaji v textu a grafem či tabulkou, které tyto informace dokládají.

metodika:

Tento krok vědeckého postupu je v pracovním sešitě rozdělen na úvodní část a na úlohy pro téma koloběh uhlíku / pedologie. V úvodní části projdete spolu s žáky modelový příklad 1 (nádobový pokus), který jim pomůže při řešení následujících otázek.

Záleží na vás, zda necháte žáky pracovat samostatně nebo zda budou pracovat ve skupinách. Doporučujeme postupovat krok za krokem, vrátit se vždy k otázce, kterou žáci právě vyřešili, a diskutovat s nimi řešení. Pokud jsou žáci zvyklí s obdobnými úlohami samostatně pracovat, můžete je samozřejmě nechat vyřešit několik otázek za sebou a vrátit se k nim najednou.

8/ Zhodnocení a formulace závěrů, aplikace výzkumu do praxe

Zhodnocení a formulace závěru

Po získání výsledků je třeba vyvodit závěry. V tomto procesu je nutné své údaje srovnat s údaji z vědecké literatury. Vezmeme v úvahu svou původní hypotézu a na základě závěru buď hypotézu jednoznačně potvrdíme, nebo zamítneme. Vyhodnocování výsledků pokusu musí být objektivní, nelze se snažit potvrdit naši hypotézu za každou cenu, musíme být schopni připustit, že jsme se v té hypotéze mýlili, a přijmout jiné vysvětlení. Hodnocení výsledků by mělo využívat i další poznatky z literatury, z jiných pokusů a pozorování apod.

Jedním z nejvýznamnějších rysů vědy je, že odpověď na libovolnou otázku (testování hypotézy) přináší nejen onu odpověď, ale hlavně řadu dalších nových otázek. Přesto, nebo právě proto, je vědecká práce zajímavá a může nás významně obohatit o nové poznatky, znalosti, nebo jen o zkušenosti s něčím novým.

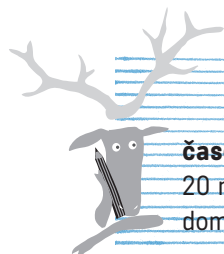
Aplikovaný výzkum aneb komu a k čemu je věda dobrá?

Věda je nejen stále složitější, ale také nákladnější. Proto musejí vědci zdůvodňovat, jaký užitek přinese ten projekt, který chtějí řešit a na který požadují několik milionů korun. Jaký má tedy smysl utrácet peníze daňových poplatníků na studium koloběhu uhlíku na planetě? Výsledky výzkumů koloběhu uhlíku pomáhají například v rozhodování politiků a ekonomů (ale i lesníků či zemědělců), kteří sestavují strategie či již aplikují postupy pro snižování dopadů klimatických změn nebo přímo způsoby, jak snížit koncentrace CO_2 vypouštěného do atmosféry².

Důležitost základního výzkumu

Výše je naznačeno, kdy studium velmi složitého problému v sobě zahrnuje řadu konkrétních a nesmírně potřebných výsledků. Ostatně obecně nejnázornější je výzkum vesmíru, zejména pak konstrukce družic. Mnoho praktických výrobků je nám k dispozici díky nákladnému výzkumu orientovanému na kosmický výzkum (např. suchý zip, teflon aj.).

A nakonec ještě musíme zmínit i význam toho „nejzákladnějšího“ výzkumu, kdy v průběhu jeho řešení nelze vůbec odhadnout budoucí využití.



časová náročnost:

20 min + samostatná
domácí práce

pomůcky:

pracovní sešit, další doporučené články, velký papír,
papíry A3 do skupin

cíle:

- Žák vybere vhodný závěr, který srozumitelně shrnuje výzkum prezentovaný v textu.
- Žák uvede více příkladů, jak se výsledky výzkumu dají přenést do praktického života.

Metodika:

Zhodnocení a formulace závěru

Žáci nejprve v úvodní části studují text, jak postupovat při formulaci závěrů po provedení pokusu. Seznámí se s důležitými prvky a podmínkami, které by měl správně formulovaný závěr splňovat. Poté řeší úlohu 8.1.

Formulování závěru tak, aby splňoval všechny náležitosti, byl čtivý a srozumitelný, je poměrně složitý úkol, který je třeba se žáky nacvičovat. Na procvičení můžete použít vědecké články (doporučené např. v kapitole 3), u kterých odstříhnete nebo zakryjete závěr článku a necháte pak žáky samotné, aby ho podle textu sami napsali.

2/ Konkrétní příklady naleznete v praktické části metodických materiálů, v části Koloběh uhlíku hned v úvodní kapitole.

Aplikace výsledků

Žáci se po přečtení krátkého textu zamýšlejí v otázce 8.2. nad tím, s jakými oblastmi lidské činnosti se výzkum v článku váže. Tuto otázku řešte s žáky jako brainstorming ve skupinách (bez použití článku), zapisovat mohou vše, co je napadne.

V otázce 8.3. pak žáci pracují s článkem, který četli.

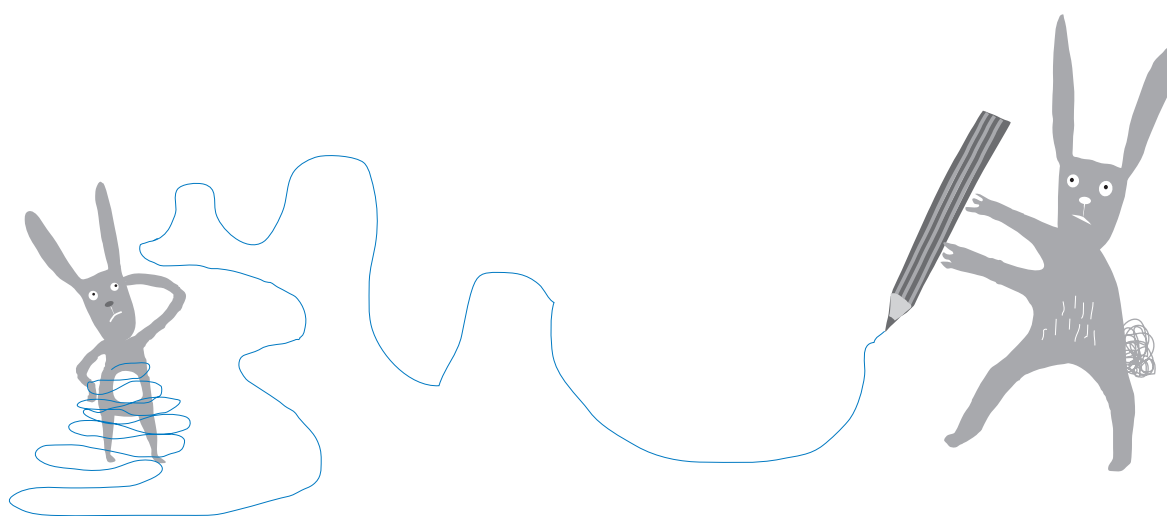
V otázce 8.4. sami vyhledávají příklady aplikací konkrétního výzkumu v rámci České republiky, vhodné zadat jako domácí práci. Vhodné je využít běžné internetové vyhledávače (Google Scholar <http://scholar.google.cz/>) nebo specializované portály (např. Tiskové středisko vědy: <http://www.projektmedved.eu/stredisko/>, portál <http://www.veda.cz/>, zajímavé projekty Akademie věd ČR http://www.avcr.cz/veda_a_vyzkum/vyznamne_a_zajimave_projekty/ziva_priroda_a_chemicke_vedy/). Hledat lze i v časopisech, se kterými žáci pracovali v kapitole 3. Nalezené příklady je dobré sdílet, například formou vytvoření společného posteru, burzou příkladů nebo jen ústním představením. Žáci srovnávají nalezené příklady s tím, co je napadlo v otázce 8.2.

www.scholar.google.cz

www.projektmedved.eu/stredisko

www.veda.cz

www.avcr.cz/veda_a_vyzkum/vyznamne_a_zajimave_projekty/ziva_priroda_a_chemicke_vedy/



9/ Presentace a publikace výzkumu

Jistě se shodneme, že výsledky výzkumu či převratné myšlenky vědce, které zůstanou schovány na dně jeho šuplíku, jako by nebyly. Zveřejnění výsledků vědeckého bádání je nepostradatelný krok, který by měl vždy následovat po ukončení experimentu. Prvním „zveřejněním“ může být například konzultace výsledků s kolegy na pracovišti (v našem případě se spolužáky).

Abychom ostatním poskytli informace o naší práci, nemusíme hned publikovat v prestižním časopisu Science. Začít můžeme třeba přednáškou pro užší okruh vědců nebo příspěvkem na konferenci (v případě žáků třeba minikonferencí ve třídě nebo zveřejněním na internetových stránkách projektu 3V). Poněkud pracnější je napsat vědecký článek, protože musíme dbát na dodržení pravidel a splnit podmínky pro publikování článku, které si určují redakce časopisů. To v odborných vědeckých časopisech znamená především úspěšně projít recenzním řízením.

Píšeme článek do recenzovaného časopisu

Před přípravou rukopisu pro daný časopis se nejprve seznámíme s podmínkami příslušného časopisu: Zda náš výzkum tématicky odpovídá zaměření časopisu, jak může být rukopis dlouhý, jaké má mít části, jak se mají připravit tabulky, grafy apod. A napíšeme rukopis a pošleme jej redakci příslušného časopisu. Redakce prohlédne rukopis, jestli odpovídá formálním (rozsah, členění apod.) požadavkům. Pokud ano, pošle rukopis dvěma nebo více odborníkům stejného oboru z jiných ústavů kdekoli na světě (proto se většina vědecké literatury dnes píše anglicky, aby byla srozumitelná vědcům na celém světě. Tedy připomínka: znalost angličtiny je minimálním požadavkem na znalosti cizích jazyků pro vědce.). Tito oponenti (lektoři) rukopis prostudují a napíší nadšené doporučení k publikaci nebo (mnohem častěji) napíší řadu připomínek. Redakce pak tyto připomínky anonymně (autor se nedozví jména oponentů) pošle autorovi. Ten rukopis upraví a znovu vrátí redakci. A pak se tedy publikuje.

Proč tedy vědci svoje výsledky a myšlenky publikují? Důvodů je několik:

- 1) Uveřejnění rukopisu ve vědeckém časopise představuje něco jako sklizeň ovoce pro sadaře.
- 2) Publikací oznamuje vědec zároveň světové komunitě vědců: Jsem tady, toto umím a toto jsem prokázal.
- 3) Publikací sebevědomě dává vědec svoje výsledky a názory „všanc“ hodnocení ostatních.
- 4) Publikace představují vlastní vizitku, které vědci rozumí. Na jejich základě
 - se zvou kolegové do jiných laboratoří,
 - získávají finanční prostředky pro další pokusy,
 - navrhuji čestné doktoráty i Nobelovy ceny.



pomůcky:

pracovní sešit, případně další doporučené články

cíle:

- Žák rozlišuje různé typy prezentace výzkumu a popíše jejich charakteristiky (vědecký článek, poster, PowerPointová prezentace atd.)
- Žák uvede příklad, který způsob prezentace je vhodný v konkrétních situacích.

metodika:

Žáci odpovídají na otázky, které se dotýkají obecných zásad prezentace, v pracovním sešitě zmiňujeme tři základní typy: poster, článek a powerpointová prezentace. Možnost zpracovat svou vlastní prezentaci budou mít žáci při realizaci praktických úloh v části 2 a 3 metodických materiálů.

Využití publikačního online systému DATEL

Všechny uvedené kroky vědecké práce si studenti vyzkouší při provádění praktických úloh, které jsou popsány v další části metodických materiálů (část 2 a 3).

Pro publikaci výsledků praktických úloh žáci mohou využít online systém (DATEL) umožňující psaní společného článku ve skupině žáků (vědeckém týmu). Kvalitní články pak bude možné publikovat online, čímž budou na webových stránkách dostupné komukoliv. Vznikne tak databáze zkušeností a znalostí, které získali všichni žáci, kteří se kdy zapojili do projektu. Tato databáze studentských článků funguje na podobných principech jako odborné databáze³, které slouží vědcům pro sdílení jejich výsledků a umožňují vědecký pokrok jako takový. Může být zároveň zdrojem informací pro další žáky, kteří si dle výsledků jiných týmů mohou klást další otázky, nastavit lépe svůj experiment nebo upravit svou hypotézu, popřípadě na jejich základě vymyslet hypotézu úplně novou.

Učitelé budou mít v průběhu toho, kdy žáci vytvářejí online článek, možnost prohlížet a komentovat výtvořky jednotlivých skupin. Na stránkách projektu žáci též naleznou další návody a tipy, jak psát odborný text ve formě článku do odborného periodika.

Přesné pokyny a návod pro práci s online systémem DATEL jsou zveřejněny na webu projektu www.projekt3v.cz. Stáhnout si zde můžete názorný manuál pro učitele a pro žáka.



3/ ScienceDirect (volný vstup, články placené) <http://www.sciencedirect.com/>; Web of Science (placený vstup); http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/scholarly_research_analysis/research_discovery/web_of_science

Řešení úloh

Kapitola 3

Koloběh uhlíku

3.1.

4) Pro neobornou veřejnost jsou určeny texty 3 a 4

5) Pro odborníky jsou určeny texty 1 a 2

3.3.

MÉDIUM	TYP MÉDIA	ÚRYVEK Č.	PROČ SI TO MYSLÍM – PODLE ČEHO JSEM SE ROZHODL / A
A – OSEL	webový portál	4	Oživení textu otázkou a přímou řečí vědce. Odkaz na publikovaný výzkum je neúplný (bez roku).
B – iDnes	internetová podoba deníku	1	Neformální styl textu – zpravodajský charakter, odkaz na informace formou přímé řeči, použití otázky (Jak?).
C – Beskydy	recenzovaný odborný časopis	3	Přesné odkazy na zdroje (jméno autora, rok), použití odborných termínů (transpirace, fyziologická aktivita).
D – Vesmír	odborně-popularizační časopis	2	Jsou zde uvedena přesná data (letopočty, procenta) odborné termíny (stratifikace).

Pedologie

3.1.

4) Pro neobornou veřejnost jsou určeny texty 1 a 4

5) Pro odborníky jsou určeny texty 2 a 3

3.3.

MÉDIUM	TYP MÉDIA	ÚRYVEK Č.	PROČ SI TO MYSLÍM – PODLE ČEHO JSEM SE ROZHODL / A
A – Vesmír	odborně-popularizační časopis	3	Text je podpořen citacemi – číselnými odkazy na poznámku pod čarou. V poznámkách je též vysvětlen odborný termín.
B – Lesnická práce	odborně-popularizační časopis	2	Obsah odstavce je faktický, tvrzení jsou podpořena daty (číselné údaje u koncentrace) a výsledky výzkumu. V textu je odkaz na další data v tabulce.
C – Lidovky.cz	internetová podoba deníku	4	Text má spíše vysvětlovací a vyprávěcí styl, je určen pro neoborníky.
D – Blesk.cz	internetová podoba bulvárního. deníku	1	Přímá řeč, styl odstavce, tvrzení nepodloženo daty a fakty. Jméno autora uváděno zkratkou.

Kapitola 4

Koloběh uhlíku

4.1. / např.: Jaký typ lesa bude nejvíce profitovat z nárůstu CO_2 v atmosféře? Které faktory budou limitující pro růst lesa, zvýšíme-li koncentraci CO_2 v atmosféře?

4.2. / správně jsou varianty a / c / e, přitom o otázce a) se v textu nemluví, ale důležitá vzhledem k problému je.

4.3. / možné odpovědi: otázka nesouvisí s problémem, odpověď na otázku nijak nepřispívá k vyřešení úkolu apod.

4.5. / příklady otázek: Urychluje zvýšená koncentrace CO_2 růst pouze u dřevin, nebo to platí i pro jiné rostliny? Co to znamená že „dusík je limitující živinou“, platí to všude? Jaké další faktory mohou ovlivnit, zda bude les uhlík spíše vázat nebo uvolňovat? Jak se změní poměr uhlíku uloženého nad a pod zemí v různých ekosystémech, pokud se zvýší průměrná teplota na Zemi o 1°C ?

Pedologie

4.1. / např.: Jak dochází k hromadění arzenu v těle křídelnice? Jak arzen v těle rostlin putuje? Kde se hromadí?

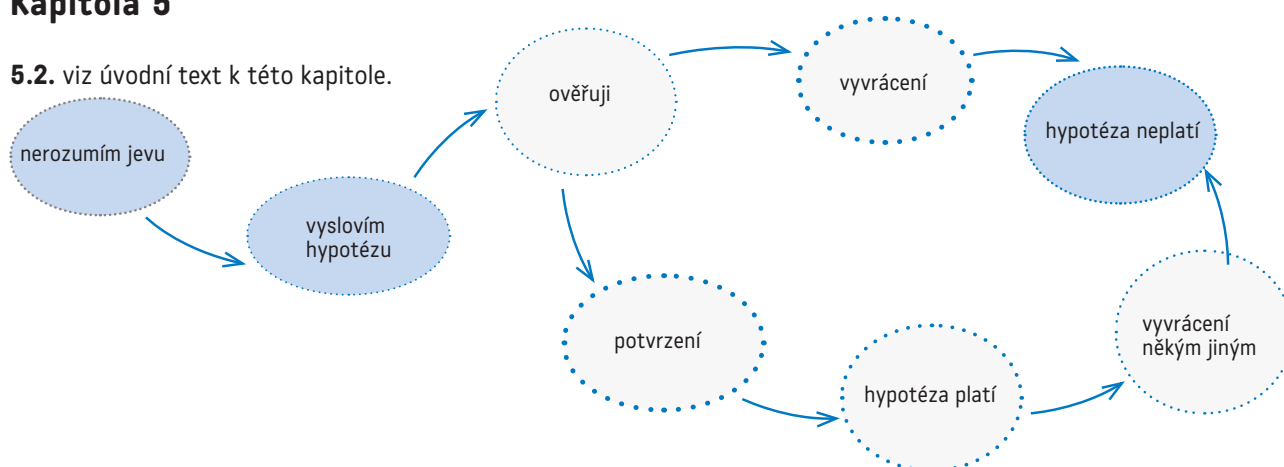
4.2. / správné odpovědi jsou a / b / d / e

4.3. / možné odpovědi: otázka nesouvisí s problémem, odpověď na otázku nijak nepřispívá k vyřešení úkolu apod.

4.5. / příklady otázek: Mohou rostliny-hyperakumulátory poutat do své biomasy i jiné prvky než těžké kovy? Jaké množství arzenu je pro křídelnici neškodné a jaké už ji poškozuje? Jak arzen rostlině škodí? Rozmnožuje se rostlina v podmínkách vysoké koncentrace arzenu v půdě?

Kapitola 5

5.2. viz úvodní text k této kapitole.



5.3. Např. dokud to nebylo vyvráceno, obecně byla přijímána hypotéza, že Slunce obíhá kolem Země.

Koloběh uhlíku

5.4.

a) **Ne.** Tato hypotéza neodpovídá požadavku o specifičnosti – tedy požadavku, že hypotéza nesmí vyvolávat pochyby o obsahu. Už samotná formulace „může souviset“ je nejistá, neudává, jakým způsobem či mechanismem spolu jevy souvisí. Pokud bychom chtěli formulovat hypotézu o vztahu mezi počtem mitochondrií a rychlostí dýchání, mohla by vypadat například takto: **Zvýšený počet mitochondrií v buňce je spojen s vyšší rychlostí dýchání.** Důležité je i to, že oba jevy, jejichž vztah studujeme, můžeme kvantifikovat – změřit počet mitochondrií v buňce i rychlost dýchání.

b) **Ano.** Je jednoznačná, specifická a je ověřitelná. Nadzemní biomasa lesních stromů se dá spočítat z alometrických rovnic (rovnice pro jednotlivé druhy stromů, pomocí kterých lze např. ze stárky stromu, obvodu jeho kmene v dané výšce

a dalších parametrů odhadnout množství biomasy). Podíl uhlíku ve dřevní biomase je pak přibližně 45 %. Obsah uhlíku v půdě lze odhadnout pomocí odběru půdních vzorků, jejich chemické analýzy a např. měření mocnosti půdního profilu.

c) **Ne**. Tato hypotéza nevyhovuje požadavku na její jednoznačnost. Na první pohled nejednoznačnost vyplývá z uvedení obojího – zvýšení i snížení. Sice většina rostlin při nedostatku dusíku spíše buduje kořenový systém, tedy ukládá více biomasy do kořenů, ale i tady by mohlo být tvrzení přesnější. Dobře formulovaná hypotéza by mohla vypadat např. takto:

Buk lesní reaguje na nedostatek dusíku v půdě zvýšeným ukládáním biomasy do kořenů.

5.5.

- a) **Ano, tato hypotéza byla pravděpodobně vyslovena**, ale z článku vyplývá, že byla experimentálně vyvrácena – viz: *Mnoho experimentů prokázalo, že zvýšená koncentrace CO_2 urychluje růst dřevin, protože povzbuzuje fotosyntézu.*
- b) **Ne, tato hypotéza pravděpodobně vyslovena nebyla**, nikde v článku se o tvorbě semen a vlivu CO_2 na ni nepíše.
- c) **Ne, tato hypotéza pravděpodobně vyslovena nebyla**, v článku se píše o vlivu teploty na půdní dýchání nebo o vlivu zvýšené koncentrace CO_2 na autotrofní dýchání – autotrofním dýcháním rozumíme dýchání rostlin.

5.6.

- Klimatická změna souvisí s nárůstem koncentrace skleníkových plynů v atmosféře.
- Za posledních 100 let se nezměnila globální průměrná teplota.
- Větší listová plocha účinněji zachycuje sluneční záření.
- Hnojení uhlíkem je účinnější na počátku experimentu.

Pedologie

5.4.

- a) Tvrzení je málo specifické, netestovatelné, nelze ověřit jestli všechny kapradiny mají takovou vlastnost.
- b) Bud' a nebo, nejednoznačná odpověď (správně ano či ne).
- c) Správně.

5.5. *Pteris vittata* akumuluje arzen obsažený v půdě do svých listů. Pesticidy typu CCA způsobují zvýšení koncentrace arzenu v půdě (půdy ošetřené pesticidem budou obsahovat větší koncentraci arzenu než půdy pesticidem neošetřené).

Kapitola 6

Koloběh uhlíku

6.1.

- A – na úrovni orgánů (listů) a pletiv (pokožka listů s průduchy)
- B – na úrovni ekosystému či porostu
- C – na úrovni jedince (stromu)

6.2.

OTÁZKA	EXPERIMENTÁLNÍ SYSTÉM
A	3. Listová kyveta z Petriho misky
B	1. Systém obohacení CO_2 pod širým nebem (Free-Air CO_2 Enrichment)
C	2. Komora s otevřeným vrchem (Open Top Chambre)

6.3.

Faktory ovlivňující růst rostlin (uvedené v úryvku): 1) teplota, 2) dostupnost živin, zejména dusíku. Pro sledování vlivu pouze zvýšené koncentrace CO_2 tedy potřebujeme zajistit stejnou teplotu v obou lahvích a vyrovnaný přísun živin v dostupné formě.

Další důležité podmínky prostředí, které musíme při experimentu hlídat:

- intenzita slunečního záření;
- dostupnost závlahové vody (při tomto experimentu se v lahvi většinou udržuje vysoká vzdušná vlhkost, takže rostliny nepotřebují zalévat intenzivně);
- vzdušná vlhkost.⁴

Hlavně musí být zajištěno, aby tyto podmínky byly stejné u obou variant ošetření – tedy aby jediným rozdílem mezi lahvemi byla koncentrace CO_2 . Stálý přísun CO_2 do systému zajistíme výměnou sodovky v intervalu 3 dnů.

6.4

Příklad tabulky s minimalistickým plánem pokusu.

NÁZEV VARIANTY POKUSU	PODMÍNKY POKUSU (PROMĚNNÉ)	POČET RŮSTOVÝCH KOMOR (PET lahví)	POČET ROSTLIN V RŮSTOVÉ KOMOŘE
KONTROLA*	standardní – lahev bez sodovky jen s vodou, jejíž horní část je natřena na bílo	min 2	5 v každé komoře
+ CO_2 **	zvýšená koncentrace CO_2 – lahev se sodovkou, jejíž horní část je natřena na bílo	min 2	5 v každé komoře
+ T **	zvýšená teplota – lahev bez sodovky jen s vodou, horní část lahve natřena na černo	min 2	5 v každé komoře
+ CO_2 + T ***	zvýšená koncentrace CO_2 a zároveň zvýšená teplota – lahev se sodovkou, jejíž horní část je natřena na černo	min 2	5 v každé komoře

Pozn. Nátěr na bílo je u **kontroly** a u varianty **+ CO_2** použit ve stejném rozsahu jako nátěr na černo u **+ T** lahve a **+ CO_2 + T** lahve. Dostaneme tak žádoucí rozdíl teplot, ale zároveň zajistíme stejnou intenzitu zastínění rostlin v pokusné i kontrolní variantě.

* **Kontrolní vzorek.** Zkoumáme-li vliv zvýšené koncentrace CO_2 a teploty na růst ječmene, je nezbytné vědět, jak se rostlina chová v kontrolovaných podmínkách bez vlivu těchto faktorů.

** **Každý faktor zvlášť.** Zkoumáme-li vliv dvou faktorů – zvýšené koncentrace CO_2 a teploty, je třeba též zjistit, jak je růst ječmene ovlivněn každým faktorem zvlášť. Do plánu tedy zařadíme skupinu rostlin ovlivněnou pouze zvýšenou koncentrací CO_2 a skupinu rostlin ovlivněnou jen zvýšenou teplotou.

*** **Kombinace faktorů.** Několik současně působících faktorů může vzájemně interagovat, působí na růst rostlin podobně a výsledný efekt se zesílí. Nebo naopak působí protichůdně a výsledný efekt nebude patrný. Žáci tedy potřebují zařadit i ošetření rostlin kombinací obou faktorů.

Opakování: Zde není jen jediné správné řešení. Důležité je, aby plán pokusu obsahoval práci s více rostlinami než jen s jednou od každé varianty – nejlépe pět a více rostlin na každou variantu. Musíme brát ale v úvahu i omezený prostor pro rostliny v pokusném systému. Při příliš husté výsadbě si rostliny konkurují o živiny, světlo i prostor. Podobně volíme větší počet růstových komor – minimálně dvě na každou variantu. Umožní nám to získat a srovnat výsledky pokusu z min. dvou opakování. Také se může stát, že jeden pokus z nějakého důvodu nevyjde (špatně založený pokus, dojde ke znehodnocení materiálu během pokusu, zničení lahve třetí osobou apod.). Pokus může např. probíhat paralelně v několika růstových komorách pro každou variantu, tj. v několika opakováních.

4/ při vysoké vzdušné vlhkosti zůstávají otevřené průduchy, což usnadňuje difuzi CO_2

6.5.

DÉLKA TRVÁNÍ EXPERIMENTU	JAKOU VLASTNOST, VELIČINU POZORUJI	JAK ČASTO JI POZORUJI	CO MI POZOROVÁNÍ PROZRADÍ O VLIVU ZVÝŠENÉ KONCENTRACE CO ₂ NA ROSTLINU
1 den	denní chod teplot	každou hodinu	celkem nic
1 týden – 14 dní	růst rostlin – délka listů; kondici rostlin – známky poškození	jednou denně	Zjistím, jak se liší přírůstky rostlin v různých variantách pokusu, zaznamenám vliv CO ₂ na kondici rostlin.
4 týdny	počet přeživších rostlin		Když rostliny dorostou do určité velikosti, v uzavřeném systému neprosperují, malý prostor je omezuje v růstu. 4 týdny jsou příliš dlouhá doba na experiment tohoto typu.

Pedologie

6.1.

Zkoumáme—li vliv živin na růst rostlin, musíme použít:

stejnou půdu, nejlépe důkladně promísenou, abychom omezili vliv její různorodosti; stejné rostliny; stejnou závlahu; vlhkost; světelné podmínky; teplotu atd.

6.2.

Kontrolní variantou je varianta bez přidání kontaminantů a bez zvýšené závlahy (květináč první zleva).

6.3.

b), d) Odpovědi lze nalézt v článku *Kapradina milující arzen*, strana 256, odrážky

- z atmosféry v průmyslových oblastech, např. v okolí hutí či cementáren;
- z herbicidů a dalších chemických látek používaných v zemědělství či lesnictví).

Vliv kontaminantů na rostlinu můžeme zkoumat jen tam, kde je kontaminant přítomen ve zvýšené míře.

6.4.

Správná odpověď je **b, c**. Kontrolované množství přídavku As zajistím tím, že použiji stejnou (promísenou) půdu a přidávat (dávkovat) budu sloučeninu arzenu, která je dobře rozpustná ve vodě, kterou se do těla rostliny dostane.

a) je špatně, protože nádobový pokus má v tomto případě simulovat přirozené podmínky, jejichž součástí jsou i mikroorganismy;

6.5.

NÁZEV VARIANTY POKUSU	PODMÍNKY POKUSU (PROMĚNNÉ)	POČET KVĚTINÁČŮ	POČET ROSTLIN V KVĚTINÁČI
KONTROLA	standardní – květináč bez kontaminace, se standardní zálivkou	min. 2	5 v každém květináči
+ kontaminant	zvýšená kontaminace – květináč s kontaminací, se standardní zálivkou	min. 2	5 v každém květináči
+ zálivka	zvýšená zálivka – květináč bez kontaminace, se zvýšenou zálivkou	min. 2	5 v každém květináči
+ kontaminant + zálivka	zvýšená kontaminace a zároveň zvýšená zálivka – květináč s kontaminací a se zvýšenou zálivkou	min. 2	5 v každém květináči

Kontrolní vzorek. Zkoumáme-li vliv zvýšené kontaminace a zálivky na růst ječmene, je nezbytné vědět, jak se rostlina chová v kontrolovaných podmínkách bez vlivu těchto faktorů.

Každý faktor zvlášť. Zkoumáme-li vliv dvou faktorů – zvýšené kontaminace a zvýšené zálivky, je třeba též zjistit, jak je růst ječmene ovlivněn každým faktorem zvlášť. Do plánu tedy zařadíme skupinu rostlin ovlivněnou pouze zvýšenou kontaminací a skupinu rostlin ovlivněnou jen zvýšenou zálivkou.

Kombinace faktorů. Několik současně působících faktorů může vzájemně interagovat, působí na růst rostlin podobně a výsledný efekt se zesílí. Nebo naopak působí protichůdně a výsledný efekt nebude patrný. Žáci tedy potřebují zařadit i ošetření rostlin kombinací obou faktorů.

Opakování. Zde není jen jediné správné řešení. Důležité je, aby plán pokusu obsahoval práci s více rostlinami než jen s jednou od každé varianty – nejlépe pět a více rostlin na každou variantu (tj. v každém květináči). Musíme brát ale v úvahu i omezený prostor pro rostliny v pokusném systému (květináči). Při příliš husté výsadbě si rostliny konkurují o živiny, světlo i prostor. Podobně volíme větší počet květináčů – minimálně dvě na každou variantu. Umožní nám to získat a srovnat výsledky pokusu z min. dvou opakování. Také se může stát, že jeden pokus z nějakého důvodu nevyjde (špatně založený pokus, dojde ke znehodnocení materiálu během pokusu, zničení lahve třetí osobou apod.). Pokus může např. probíhat paralelně v několika květináčích pro každou variantu, tj. v několika opakováních.

6.6.

Pro zjištění transportu As v rostlině musíme znát jeho koncentraci v kořenech, stonku a listech.

6.7.

Nádobové pokusy s rostlinami se většinou provádějí v horizontu týdnů. Žáci si mohou správnou odpověď ověřit i v článku *Kapradina milující arzen* na straně 258, kde se ve vysvětlivce ke grafu píše: „*Změny obsahu arzenu v kapradině křídelnici během 20 týdnů růstu v půdě ...*“ Samozřejmě záleží na druhu pokusné rostliny.

6.8.

c) Obsah prvků v těle rostlin (mg/kg) se vždy zjišťuje vzhledem k sušině, aby se vyloučilo zkreslení dané různým obsahem vody v rostlině. Vyplývá to i z článku *Kapradina milující arzen*, strana 256, druhý sloupec, 10. řádek: „*Chemickou analýzou usušené biomasy této kapradiny se zjistilo, že ...*“, dále strana 257 první sloupec, 3. řádek: „*Zjistilo se také, že nejvyšší koncentrace arzenu bývá v kořenech, střední ve stonku a nejvyšší v listech ...*“

Kapitola 7

7.1.

Z tohoto grafu můžeme říci, že NÍZKÝ přírůstek Cu nemá vliv na růst rostliny. Růst je stejný jako ve variantě bez přírůstku Cu. Vysoký přírůstek Cu prokazatelně SNIŽUJE růst rostliny.

7.2.

jméno pozorovatele, datum, čas, číslo (kód) rostliny, varianta pokusu (kontrolní, ošetřená), opakování pokusu, vzhled rostliny, vzhled půdy, dle potřeby i další charakteristiky (např. teplota, pH půdy, vlhkost substrátu)

Koloběh uhlíku

7.3.

...v lesní půdě je zásoba uhlíku zhruba dvojnásobná než množství uhlíku v nadzemní biomase. Tento poměr platí pro lesy mírného pásma, v boreálních lesích může vystoupat až na 5 : 1.

7.4.

Naopak v tropických lesích je poměr uhlíku uloženého v půdě a nadzemní biomase téměř vyrovnán.

7.5.

zleva doprava: lesy mírného pásu, tropické savany, tundra, boreální lesy (tajga)

7.6.

- a) Vyšší rychlost asimilace můžeme naměřit u buku v podmínkách zvýšené koncentrace CO_2 .
- b) okolo poledne a odpoledne
- c) Největší rozdíly v rychlosti asimilace mezi stromy rostoucími při normální a zvýšené koncentraci CO_2 jsou ve 12 a v 16 hodin – obecně tedy odpoledne. Podle odpoledního měření rychlosti asimilace bychom odlišili, při jaké koncentraci CO_2 byly stromy pěstovány. Stromy rostoucí při zvýšené koncentraci CO_2 budou mít vyšší hodnoty rychlosti asimilace. V ranních a večerních hodinách se rychlost asimilace CO_2 mezi stromy pěstovanými při normální a zvýšené koncentraci CO_2 skoro neliší.
- d) Rychlost asimilace CO_2 udává rychlost zabudovávání CO_2 do sacharidů. Pokud je naměřená rychlost asimilace záporná, znamená to, že jsou naopak sacharidy štěpeny a oxid uhličitý se uvolňuje. To se děje při dýchání. Dochází k tomu v noci, brzy ráno a večer. Ozáření listu není dostatečná k tomu, aby fotosyntéza probíhala. V noci fotosyntéza neprobíhá vůbec a ráno a večer je intenzivnější dýchání. Záření (světlo) je v tomto případě pro asimilaci (fotosyntézu) limitující.

7.7.

- b) zvýšená koncentrace CO_2 povzbuzuje fotosyntézu

Informace ke grafu 4, který popisuje denní průběh rychlosti asimilace CO_2 **Rychlost asimilace CO_2 – A**

Je rychlost, jakou je CO_2 při fotosyntéze fixován do cukerného produktu.

Jednotka rychlosti asimilace $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (mikromol oxidu uhličitého na metr čtvereční za sekundu).

Je to množství oxidu uhličitého, které je za danou časovou jednotku uloženo do biomasy listu, vztahené na plochu tohoto listu.

V molech se udává látkové množství. Jednotka vyjadřuje rychlost, proto je tu převrácená hodnota času s^{-1} . Dokážete si jistě představit, že za stejnou dobu dokáže zafixovat velký list (např. banánovníku) více CO_2 než list malý (např. borůvky). Abychom mohli porovnávat rychlost asimilace CO_2 mezi různými rostlinnými druhy, bez ohledu na velikost jejich listů, vztahujeme tedy rychlost asimilace na jednotku plochy listu m^{-2} .

Množství asimilovaného CO_2 lze vyjádřit také jako přírůstek sušiny rostliny (gravimetrická metoda), můžeme ho tedy často najít také v hmotnostních jednotkách – gramech.

Jak byste zjistili, kolik váží 1 mol CO_2 , abyste mohli jednotku $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ převést na μg :

podle vztahu mezi hmotností a látkovým množstvím platí:

$m = M \times n$, M je relativní molekulová hmotnost sloučeniny,

n je látkové množství sloučeniny,

m je hmotnost sloučeniny.

$m(\text{CO}_2) = [12 + (2 \times 16)] \times 1$

$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ g}$

Hmotnost 1 molu CO_2 je 44g.

Pro převod na jednotky $\mu\text{g}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$

stačí hodnotu uvedenou v μm vynásobit 44.

Pedologie**7.3.**

- a) v listech
- b) mezi 6 a 8 týdnem z 2000 na 6000 mg.kg⁻¹ As
- c) v listech je obsah přibližně 7800 mg.kg⁻¹, v kořenech je obsah As menší než 400 mg/kg, obsah v listech je tedy zhruba 20 krát vyšší než v kořenech

7.4. a) ne; b) ano; c) ne

7.5. a) 500 mg.kg⁻¹ ; b) tvrzení neplatí pro rostlinu C

Kapitola 8**Koloběh uhlíku****8.1.**

- a) Fakticky správný závěr; i výběr informací je relevantní. Nejde ale o vědecký text, některé formulace jsou nevhodné, např. „české luhy, háje a bory“, „dokází si poradit“, „pěstovat samé smrky a sklízet je způsobem holoseč“, „nejlepší bude“.
- b) Sice odpovídá vědeckému textu, ale tématicky se neshoduje s problematikou řešenou v článku, navíc se jedná o velmi obecná tvrzení. Nelze použít jako závěr.
- c) Tento závěr je vhodný. Je napsán stylem vědeckého textu, podává relevantní informace, tématicky se váže k článku a je srozumitelný.

8.2., 8.3., 8.4.

Příkladem jednoho z mnoha výzkumných projektů v rámci ČR je již zmíněný výzkum na Bílém Kříži v Beskydech, který realizuje Laboratoř ekologické fyziologie rostlin Ústavu systémové biologie a ekologie Akademie věd ČR

http://www.usbe.cas.cz/lefr/bily_kriz.htm

S odpovědí na otázky vám též pomohou příklady, které naleznete v praktické části metodických materiálů – v části 2 Koloběh uhlíku hned v první úvodní kapitole nebo text S. Zajíčka, ve kterém se zamýšlí nad důležitostí základního výzkumu, který nepřináší objevy, které by byly bezprostředně využitelné v praxi.

<http://respekt.ihned.cz/c1-38229910-vyzkum-je-zivotem-vedy>

Pedologie**8.1.**

- a) Správně naformulovaný text s přesnými formulacemi (latinský název kapradiny), odpovídá výzkumu z článku.
- b) Text nevypovídá o tom, co je předmětem článku. Spíše popisuje křídelnici, nikoliv výzkum.
- c) Fakticky správný závěr, ale nevhodně formulované věty, např. „z nejotravnějších problémů“, „kapradí s mimořádnou chutí“, „pochutná“, „kapradí“.

8.2., 8.3., 8.4.

Fytoremediace se v praxi využívá k likvidaci starých ekologických zátěží (výsypky a jiné pozůstatky těžby, průmyslové areály). Do budoucna se uvažuje i o získávání (těžbě) vzácných prvků z půdy pomocí rostlin, které mají schopnost je ve svém těle akumulovat.

příklad: Fytoremediace – rostliny pro udržitelný rozvoj

Významných úspěchů vědci⁵ dosáhli při odstraňování uranu a radia z drenážních vod v bývalé úpravně uranové rudy v Mydlovarech. Zde využili tzv. kořenovou čistírnu, v níž znečištěná voda protéká kolem kořenů rostlin, které obrazně řečeno „vychytávají“ nebezpečné látky. Obdobný postup použili i v průmyslových areálech kontaminovaných výbušninami. Obě tyto metody byly patentovány. V areálu Kaňk, který je součástí bývalých kutnohorských stříbrných dolů, jsou nadějně výsledky při odstraňování toxických kovů (např. arzenu) z půdy.

Přejato z webu Akademie věd <http://press.avcr.cz/zajimave-projekty.php?id=113>

5/ Na výzkumu fytoremediace se v ČR podílejí vědci z Laboratoře rostlinných biotechnologií, která je společným pracovištěm Ústavu experimentální botaniky Akademie věd a Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze.

Kapitola 9

9.1.

viz metodika pro učitele, odstavec „Proč tedy vědci svoje výsledky a myšlenky publikují? Důvodů je několik:“

9.2. a 9.3.

a) poster nebo krátký příspěvek (referát); b) přednáška, slideshow, workshop, exkurze; c) článek do odborného časopisu o lese, příspěvek na internetové stránky věnující se lesnictví, poster na konferenci o lese, ...

9.4.

Ve škole lze využít například článek ve školním časopise nebo na webových stránkách školy, poster na nástěnku či panely na chodbách, prezentace na dni otevřených dveří, konference v rámci projektového dne a mnoho dalších.

9.5.

	Powerpointová prezentace	Článek pro časopis	Poster – nástěnný plakát
velká písmena textů – čitelná ze vzdálenosti 1 m a větší	X		X
zajímavá grafika, využití různě barevných ploch	X		X
maximální využití fotografií, grafů, schémat	X		X
kontakt na autora	X	X	X
poutavý název v nadpisu	X		X
minimum textu	X		X
text je v heslech (odrážky, číslování)	X		X
souvislý text (odstavce)		X	Část
grafy a tabulky doplňují text		X	X
seznam zdrojů v závěru	X	X	X
jméno autora a jeho pracoviště	X	X	X
začlenění interaktivních ukázek (animace, video)	X		
nezodpovězené otázky	X	X	X
dodržování zásad citace	X	X	X

Zdroje

Cílek V. 2006: *Oceán – nejlepší přítel člověka aneb proč se porouchala uhlíková pumpa*. Vesmír 85, 260–261.

Drahota P. 2004: *Kapradina milující arzen*. Vesmír 83:256–258. <http://www.vesmir.cz/clanek/kapradina-milujici-arzen>

Dvořáková M., Pokorný R., Tomášková I., Czerný R., Kozlová K., Janouš D. 2007: *Evapotranspirace ekosystémů – les, louka, mokřad a agro-ekosystém*. Beskydy, 20:89–94.

Fischer, R. 1995: *Učíme děti myslet a učit se. Praktický průvodce strategiemi vyučování*. Portál, Praha.

iDNES.cz, ČTK 2002: *Změny klimatu brzdí rostliny*, http://zpravy.idnes.cz/zmeny-klimatu-brzdi-rostliny-d26-/vedatech.asp?c=A021211_135239_vedatech_zem

Košvancová M., Kalina J., Hrstka M., Urban O. 2007: *Změna aktivity a množství enzymu rubisco v sazenicích buku lesního pod vlivem zvýšené koncentrace CO₂*. Beskydy 20: 221–226

Křížková S., Adam V., Kizek R. 2008: *Budou nám těžit zlato zelení horníci?*
<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2008121922>

Lidovky.cz 8.9.2007: *Rostliny čistí zamořené prostředí*. http://www.lidovky.cz/rostliny-cisti-zamorene-prostredi-duo-/ln_noviny.asp?c=A070908_000139_ln_noviny_sko&klic=221313&mes=070908_0

(článek je zkráceným přepisem rozhovoru s Tomášem Vaňkem z Laboratoře rostlinných biotechnologií Ústavu experimentální botaniky AV ČR a Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze. Nezkrácený rozhovor: http://www.rozhlas.cz/priroda/porady/_zprava/590715

lpo, 9.7.2009: *Plány G8 na regulaci teploty jsou mimo realitu, shodují se klimatologové*. iDnes http://zpravy.idnes.cz/plany-g8-na-regulaci-teploty-jsou-mimo-realitu-shoduji-seklimatologove-1ad-/vedatech.asp?c=A090709_152049_domaci_lpo

luc, 24.5.2009: *První oběti globálního oteplování*. Blesk <http://www.blesk.cz/clanek/zpravy-zajimavosti/115855/prvni-obeti-globalniho-oteplotvani.html>

Marcinková, A. 2008: *Šťovík pomáhá v boji s těžkými kovy*, OSEL, <http://www.osel.cz/index.php?clanek=3998>

Marek M. V. 2009: *Jsou lesní porosty efektivními pumpami uhlíku?* Vesmír 88, s. 492–493

Petr J. 2009: *Vykácením lesů proti globálnímu oteplení*. OSEL <http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&clanek=2587>

Pilař T. 2009: *Koloběh uhlíku v záblescích opakování ze školních škamen*, OSEL, <http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&clanek=4213>

Oulehle F., Hruška J. 2009: *Lesy v globálním koloběhu uhlíku*. Vesmír 88: 496–500. Přístupné z <http://www.vesmir.cz/clanek/lesy-v-globalnim-kolobehu-uhliku>

Semorádová, E. 2003: *Poškození lesních porostů posypovou solí*. Lesnická práce, ročník 82, , číslo 1. Přístupné z <http://lesprace.silvarium.cz/content/view/full/608/55/> .

Skřivan, P. 1996: *Koloběh arzenů v přírodním prostředí*. Vesmír 75: 247–248, přístupné z <http://www.vesmir.cz/clanek/kolobeh-arzenu-v-prirodnim-prostredi>

Soudek P. a kol. 2008: *Fytoremediace a možnosti zvýšení jejich účinnosti*. Chemické Listy 102: 346–352 http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_05_346-352.pdf

Steelová, J. L., Meredith, K. S., Temple, Ch., Walter, S. 1997: *Co je kritické myšlení*. Příručka I. Kurzu Čtením a psaním ke kritickému myšlení. Kritické myšlení o. s., Praha.

Zajíček, S. 2009: *Výzkum je životem vědy*. Respekt 37.

Internetové zdroje:

Blesk: <http://www.blesk.cz>

Časopis Beskydy http://www.mendelu.cz/cz/veda_vyzkum/casopis_beskydy

Časopis 21. století: <http://www.21.stoleti.cz>

Časopis Chemické listy: <http://www.chemicke-listy.cz/cz/index.html>

Časopis Lesnická práce: <http://lesprace.silvarium.cz/>

Časopis Vesmír: <http://www.vesmir.cz>

E-learningové lekce s tématy: Vědecký postup, Koloběh uhlíku, Pedologie: <http://elearning.projekt3v.cz/>

Internetový časopis o vědě (Open Source E-Learning): <http://www.osel.cz/>

Laboratoř ekologické fyziologie rostlin, Ústav systémové biologie a ekologie Akademie věd ČR: http://www.usbe.cas.cz/lefr/bily_kriz.htm

Lidové noviny: <http://www.lidovky.cz>

Mladá fronta Dnes: <http://zpravy.idnes.cz/mfdnes.asp>

Online systém DATEL pro online tvorbu studentských článků: <http://datel.projekt3v.cz>

Portál o vědě a výzkumu: <http://www.veda.cz/>

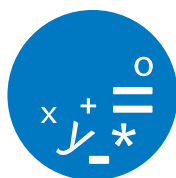
Projekt GLOBE Koloběh uhlíku: <http://kfrserver.natur.cuni.cz/globe/index-CZ.html>

Tiskové středisko vědy: <http://www.projektmedved.eu/stredisko>

Zajímavé projekty Akademie věd ČR:

http://www.avcr.cz/veda_a_vyzkum/vyznamne_a_zajimave_projekty/ziva_priroda_a_chemicke_vedy/

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 28 horizontal blue lines spaced evenly across the page, typical of standard notebook paper. The lines are thin and light blue, set against a plain white background. There are no margins, text, or other markings on the page.



01_01 vědecký postup

Autorský tým

Sdružení TEREZA:

Mgr. Josef Brůna, Mgr. Pavlína Hrdličková, Mgr. Pavla Marková, Mgr. Barbora Semeráková, Ing. Dana Votápková

Katedra pedologie a ochrany půd, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů,

Česká zemědělská univerzita v Praze:

prof. Ing. Dr. Luboš Borůvka, Ing. Monika Bradová, Šárka Dlouhá, Ing. Marcela Mühlhanslová, Ing. Petra Vokurková,

RNDr. Václav Tejnecký, PhD., RNDr. Tereza Zádorová, PhD.

Katedra experimentální biologie rostlin, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze:

doc. RNDr. Jana Albrechtová, PhD., Drahomíra Bartáková, doc. RNDr. Věra Čížková, CSc., Mgr. Zuzana Lhotáková, PhD.,

prof. RNDr. Lubomír Nátr, DrSc.

Pedagogové SŠ:

Ing. Dagmar Malá, RNDr. Věra Křesťanová, Jitka Prokopová, Mgr. Irena Svobodová

Odborné korektury: autorský tým, kolektiv zaměstnanců Sdružení TEREZA

a tým pedagogů zapojených v projektu 3V – vědě a výzkumu vstříc:

Ing. Dagmar Malá, Jitka Prokopová (Masarykova střední škola chemická, Křemencova 12, Praha 1)

Mgr. Irena Svobodová, RNDr. Věra Křesťanová (Gymnázium, Na Zatlance 11, Praha 5)

RNDr. Ivana Sýkorová, RNDr. Hana Sklenářová (Křesťanské Gymnázium, Kozinova 1000, Praha 10)

Mgr. Zuzana Hnyková, Mgr. Viktor Chrištof (Gymnázium, Voděradská 900/2, Praha 10)

Ing. Hana Kačerová (Gymnázium, Nad Štolou 1, Praha 7)

Mgr. Kamila Štefková (Gymnázium Čakovice, Nám. 25. března, Praha 9)

Jana Hájková (Gymnázium, Botičská 1, Praha 1)

Michal Miko (Gymnázium, Sázavská 5/830, Praha 2)

Grafická úprava, sazba a DTP příprava: 2GD studio

Ilustrace: Kateřina Janatová, Blanka K. Špičáková (2GD studio)

Fotografie: archiv Sdružení TEREZA (pokud není uvedeno jinak)

Vydalo Sdružení TEREZA v Praze roku 2010.

www.terezanet.cz

www.projekt3v.cz



Lekce elearningu

1 - Proč vlastně dělat vědu?

Podněty a otázky ve vědě, první krůčky odborné spolupráce, věda je posláním, někdy posedlostí.

2 - Vědecké prostředí a literatura

Zdroje informací ve vědě, rozlišení relevantních zdrojů, vyhledávání v elektronických databázích, týmová práce.

3 - Hypotézy

Věda = myšlení v hypotézách, správně formulovaná hypotéza, plánování pokusu a rozvržení vědecké práce

4 - Metody

Volba relevantních metod zkoumání, vědecký postup krok za krokem, experimentální metody.

5 - Vyhodnocení dat

Kontrola výsledků, interpretace a prezentace dat, vzájemné závislosti zkoumaných veličin, zobecňování dat.

6 - Předávání výsledků

Otevření vědeckých šuplíků, poster nebo článek, popularizace vědy v praxi, objevy, k čemu to všechno je?

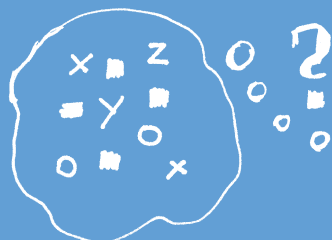
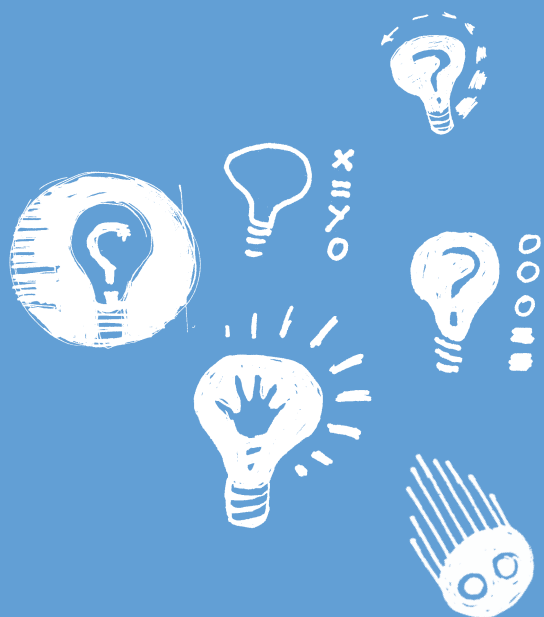
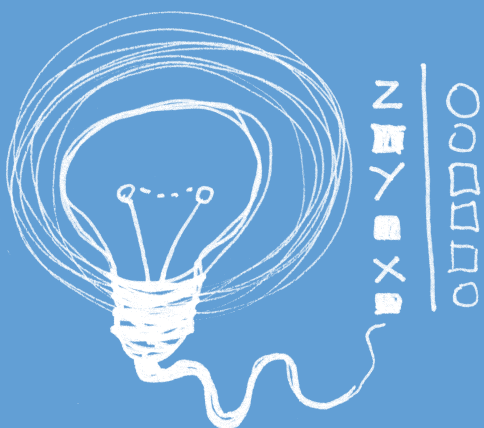
7 - Vědecká etika

Vědci vs. šarlatáni, kontrola dat a objasnění chyb, pár slov o zúrodnění omylů ve vědě, odpovědnost za zneužití vědy.

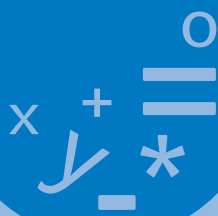


<http://elearning.projekt3v.cz>

<http://elearning.projekt3v.cz/> – online e-learningové lekce s tématy: Vědecký postup, Koloběh uhlíku, Pedologie.
<http://date1.projekt3v.cz> – online systém DATEL pro online tvorbu studentských článků.



koloběh uhlíku

01_02
vědecký
postup

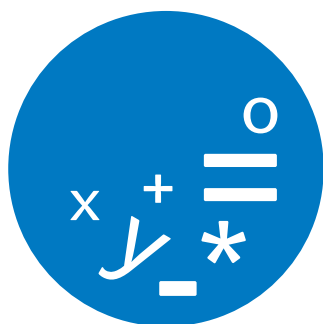
Evropský sociální fond Praha & EU:
Investujeme do vaší budoucnosti



Projekt 3V – vědě a výzkumu vstříc byl podpořen v rámci
Operačního programu Praha - adaptabilita, který je
spoluřinancován Evropským sociálním fondem.



koloběh uhlíku



01_02 vědecký postup

01_01	Vědecký postup	U	metodika
01_02	Vědecký postup	S	pracovní sešit / koloběh uhlíku
01_03	Vědecký postup	S	pracovní sešit / pedologie
	Přílohy	S	

Do shrnující tabulky vlastními slovy zapište:

- Po přečtení textu napište ještě další otázky, které vás v souvislosti s tématem napadají.

Další otázky, které vás napadly po přečtení textu:

3/ Jak poznám odborný vědecký text od neodborného?

3.1. Pokud jste četli více článků na téma koloběh uhlíku, odpovězte na otázky, srovnajte své odpovědi se spolužáky a diskutujte o nich:

- 1) Který z textů se vám nejlépe četl?
- 2) Jsou pro vás všechny texty stejně srozumitelné?
- 3) Měli jste pocit, že v některém textu je příliš mnoho nových informací, cizích slov nebo odborných termínů?
- 4) Odhadněte, které z textů jsou určeny široké veřejnosti, která nemá hlubší vhled do problematiky.
- 5) Odhadněte, které texty jsou psané pro odborné publikum – vědce, odborníky, vysokoškolské studenty a učitele.

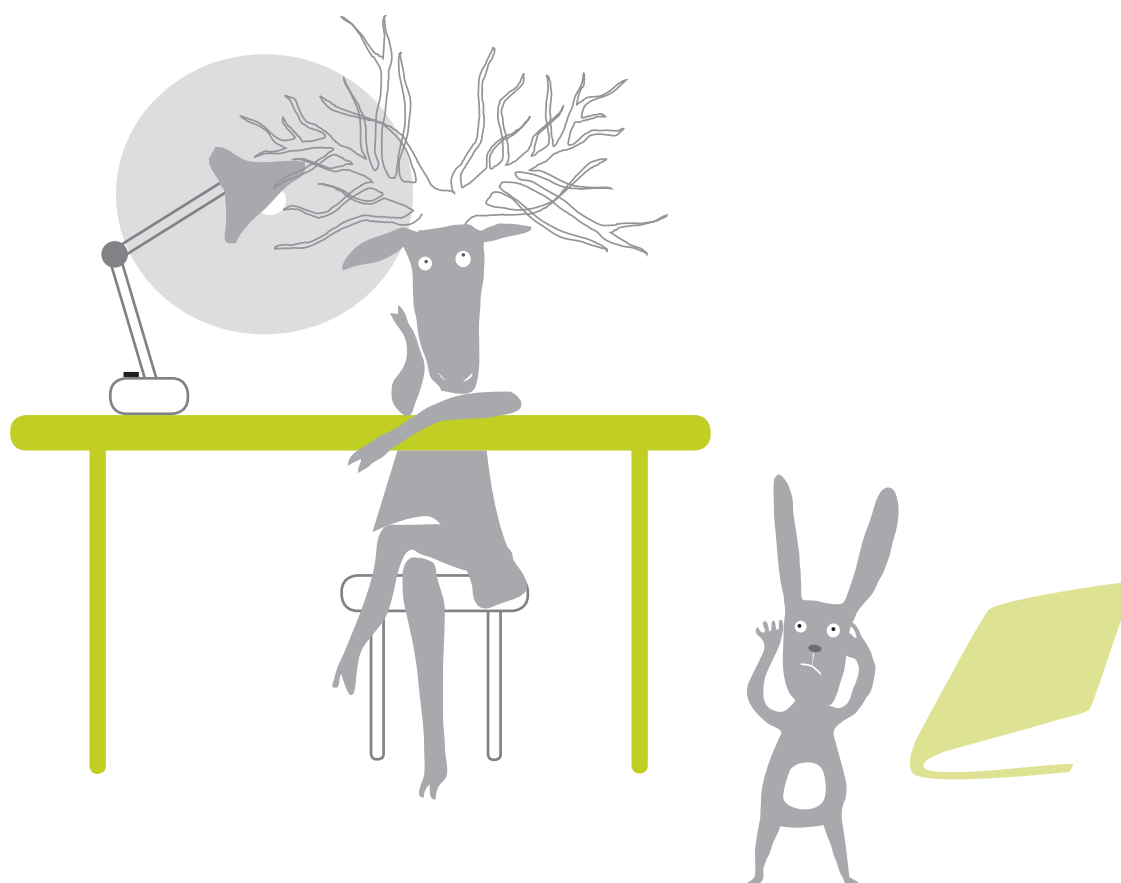
Rozdělení zdrojů na odborné a neodborné není jednoznačné. Některé odborně znějící texty či knihy jsou určeny nejen pro odbornou veřejnost. Například přírodovědný časopis *Vesmír* si může na stánku koupit každý, předpokladem k pochopení textů je alespoň základní přírodovědná gramotnost a orientace např. v biologii či jiném přírodovědném oboru. Neznamená to ale, že člověk musí být studovaný expert. I když jsou v článcích používány odborné termíny, většina jich je vysvětlena.

Mohou se uveřejnit zfalšované výsledky?

Mohou a jsme toho svědky i podle článků ve sdělovacích prostředcích. Autor si může všechny nebo i část výsledků doslova vymyslet. Ale příslušná sláva je dočasná, protože nezbytné potvrzení jinými vědci se neuskuteční. A z krátkodobé slávy je trvalá ostuda a většinou i konec vědecké kariéry.

Mohou se i poznatky, které už „vstoupily“ do světové vědy a učebnic, ukázat jako mylné?

Musejí, protože jinak by se věda příliš nevyvíjela. Tak jako platný světový rekord ve sportu přestane platit jeho překonáním, tak mnohé učebnicové poznatky se mění. Nejedná se většinou o popření jejich platnosti. Spíše se prohlubují. Nebo se ukáže, že platí jen pro určité podmínky nebo organismy.



3.2. Porovnejte úryvky z článků – texty 1, 2, 3 a 4. Pomineme-li jejich délku, napadne vás, v čem se na první pohled liší? Co se v těch odborných (1 a 2) vyskytuje navíc oproti neodborným (3 a 4)?

Text 1 – Marek, 2009

(...) Toky uhlíku v ekosystému jsou výrazně proměnlivé během dne i v průběhu sezony. Podrobná analýza (obr. 4) ukazuje na jemnost vztahů mezi porostem a jeho prostředím. Významně ovlivňují mohutnost uhlíkového úložiště ve smrkovém porostu, zvláště odlišnosti mezi jednotlivými sezonami. Zřetelný je například rozdíl ve výskytu depozičního maxima mezi roky 2004 a 2007. (...)

Text 2 – Košvancová a kolektiv, 2007

(...) pouze několik prací se zabývá současným stanovením aktivity a množství tohoto enzymu (Vu a kol. 2001, 2002, Gesch a kol. 2003, Pérez a kol. 2005), které je zásadní pro pochopení mechanismu regulace fotosyntézy rostlin v podmínkách zvýšené koncentrace CO_2 . (...)

Text 3 – iDNES.cz, ČTK 2002

(...) Badatelé z washingtonského Carnegieho ústavu nasimulovali na 128 pokusných pozemcích v Kalifornii nejrůznější dopady globálního oteplení, které by mohly do roku 2150 naši planetu postihnout. „Naše studie vzala v úvahu různé účinky ve všech možných kombinacích,“ řekla její autorka Rebecca Shawová. Kromě očekávaného dvojnásobného zvýšení podílu kyslíčnicku uhličitého v atmosféře experimentovali odborníci i se zvýšením teploty, množstvím srážek i zvýšením podílu dusíku v půdě. (...)

Text 4 – Pilař, 2009

(...) Pokud je spotřeba uhlí v České republice 4,8 krát 1010 kg/rok a možná akumulace biomasy max 15,6 kg/m² a plocha České republiky 7,8 krát 1010 m², je možná akumulace biomasy 1,22 krát 1012 kg, byla by veškerá akumulovatelná biomasa vytěžena za 25 let. (...)

V odborných i neodborných textech se nevyhneme přejímání informací z jiných zdrojů – tj. údajů, které jsme nezískali vlastním experimentem nebo nápadů, které nejsou čistě naše. **V odborných textech je zásadou, že u přejatých údajů odkazujeme na původního autora spolu s rokem vydání práce (tzv. citace).** Čtenář má pak možnost vyhledat prvotní informace a hned i vidí, jak jsou poznatky aktuální. U odborných textů by měl být vždy na jejich konci seznam citovaných prací. U neodborných textů může být k citování zdrojů různý přístup.

Příklad z textu 1:

V úryvku (ani v článku) se nevyskytují citace či odkazy na zdroje, přestože se jedná o odborný text z časopisu Vesmír. Většina údajů v textu a doplňující obrázky a grafy pocházejí přímo z výzkumu autorského týmu. Malá důslednost v uvádění dalších zdrojů může být způsobena tím, že se jedná o komerční prezentaci konkrétního výzkumu.

Příklad z textu 2:

(Vu a kol. 2001, 2002, Gesch a kol. 2003, Pérez a kol. 2005) Citace odkazuje na tři práce, ze kterých autor textu čerpal informace. Plná citace je uvedena na konci článku v seznamu zdrojů.

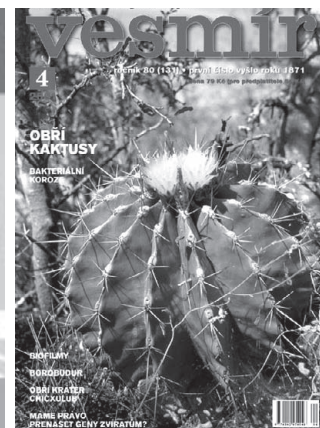
Příklad z textu 3:

„Naše studie vzala v úvahu různé účinky ve všech možných kombinacích, řekla její autorka Rebecca Shawová.“ Zde autoři odkazují na výsledky studie paní Shawové, ale nevíme, kdy výzkum prováděla, ani kde jsou její podrobné výsledky publikovány. Kdybychom se chtěli do původní práce podívat, dá nám trochu více úsilí ji najít.

Příklad z textu 4:

„Pokud je spotřeba uhlí v České republice 4,8 x 1010 kg/rok a možná akumulace biomasy max 15,6 kg/m²...“ Autor uvádí podrobné číselné údaje, ale neříká, zda tyto údaje sám získal. Neuvádí ani, kde k nim přišel, od koho je přejal. Jak tedy víme, že jsou pravdivé, věrohodné? Bez jakéhokoliv vodítka (citace) máme dvě možnosti: buď budeme údajům důvěřovat, anebo budeme hledat další zdroje, které nám zde uvedené hodnoty potvrdí.

3.3. Obrázky znázorňují titulní stránky médií. Odhalte, ze kterého média byl daný úryvek vybrán, a vyplňte tabulku.



Úryvek 1:

(...) Osmička nejsilnějších států se shodla, že průměrná teplota stoupá nebezpečně rychle a je třeba postup zpomalit. Jak? Omezením produkce emisí do roku 2050 o 80 procent. „Osobně si myslím, že návrhy jsou nereálné z technického a ekonomického hlediska,“ poznamenal Metelka. Navíc opatření, které G8 přijme teď, se projeví nejdřív za 50 až 100 let. „Je rozjetých mnoho procesů s velkou setrvačností,“ zdůvodnil klimatolog. (...)

Úryvek 2:

(...) V letech 1800–1994 oceán absorboval 48 % veškerého oxidu uhličitého uvolněného lidmi. Skoro čtvrtinu tohoto množství pohltil severní Atlantik, který zaujímá jen 15 % plochy světového oceánu. Je to způsobeno přítomností velkého množství vápnitých řas, které vážou vzdušný oxid uhličitý do svých schránek. Atlantský oceán však ukládá dalších 20 % oxidu uhličitého z jiného místa. Je jím poměrně malé Severní moře, které v důsledku neobvyklé stratifikace vod a systému proudění přijímá oxid uhličitý, ale pak jej transportuje dál do Atlantiku. (...)

Úryvek 3:

(...) Hybnou silou transpirace je pak rozdíl tlakových potenciálů vázanosti vody v prostředí půda – rostlina – atmosféra (Larcher 1988). Sluneční záření není jen zdrojem dlouhovělného tepelného záření, které fyzicky ohřívá ekosystém a jeho prostředí, ale kratší vlnové části spektra sluneční energie stimulují také fyziologickou aktivitu rostlin, např. otevřenost/uzavřenost průduchů (Marek a kol. 1999) a tím i fyziologický výpar. (...)

Úryvek 4:

(...) Jaká by byla výsledná bilance? To se pokusil Caldeira určit ve studii, kterou zveřejnil prestižní vědecký časopis Proceedings of the National Academy of Sciences. Americký vědec se rozhodl pro extrém. Představme si, že bychom do roku 2100 vykáceli všechny pozemské lesy. Co by se stalo? „Výsledkem by bylo ochlazení zemského povrchu o 0,3°C,“ říká Caldeira. „Byl by konec globálnímu oteplování.“ (...)

Doplňte do tabulky, o jaké médium se jedná a který úryvek k němu patří.

Do posledního sloupce zdůvodněte, podle čeho jste úryvek přiřadili.

MÉDIUM	TYP MÉDIA	ÚRYVEK Č.	PODLE ČEHO JSEM SE ROZHODL / A
A – OSEL			
B – iDnes			
C – Beskydy			
D – Vesmír			

Média – zdroje článků použitých v kapitole 3**Vesmír**

Časopis Vesmír popularizuje výsledky současného (nejen) přírodovědného výzkumu z ČR i ze zahraničí. Je nejvýznamnějším českým měsíčníkem tohoto zaměření. Redakční rada se skládá z předních českých vědců (např. profesoři František Vyskočil, Jan Zrzavý, Cyril Höschl, Jaroslav Flegr atd.). www.vesmir.cz

Beskydy

Časopis „Beskydy“, vydávaný Mendelovou zemědělskou a lesnickou univerzitou v Brně, publikuje recenzované vědecké práce z oblasti Beskyd, jež se týkají především lesa a lesního hospodářství a postavení lesa v krajině a společnosti.

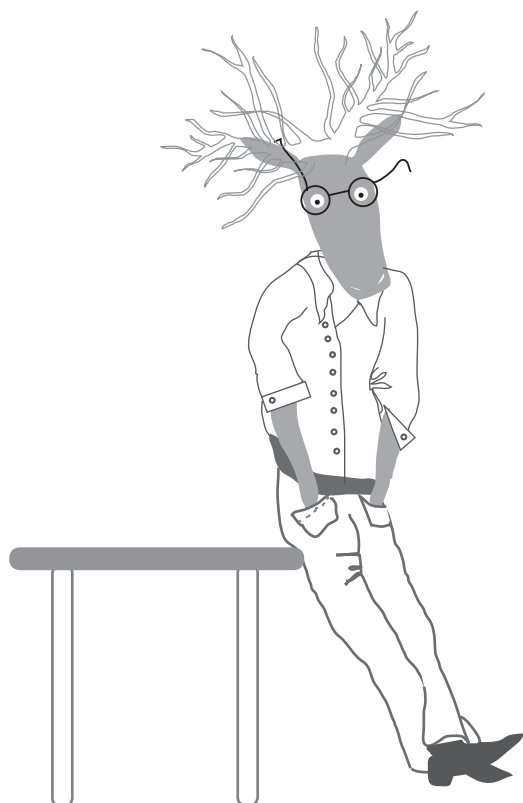
http://www.mendelu.cz/cz/veda_vyzkum/casopis_beskydy

Mladá fronta DNES (MF Dnes)

MF DNES je jeden z nejprodávanějších českých deníků. Začaly vycházet v roce 1990. Týž vydavatel provozuje také zpravodajský portál iDNES. Noviny publikují zpravodajství, komentáře, rozhovory a stejně jako LN se věnují i tématům z ekonomiky, kultury či vědy. <http://zpravy.idnes.cz/mfdnes.asp>

OSEL (Objective Source E– Learning)

Jedná se o internetový portál pro popularizaci vědy. Jeho přispěvatelé jsou z řad vědců, vysokoškolských učitelů, studentů i veřejnosti se zájmem o vědu. Příspěvky mají většinou základ ve vědeckých publikacích ze zahraničních odborných časopisů, které jsou české veřejnosti mnohdy obtížněji dostupné. Články často odrážejí názory autorů a obsahují jejich komentáře k problematice. <http://www.osel.cz/>



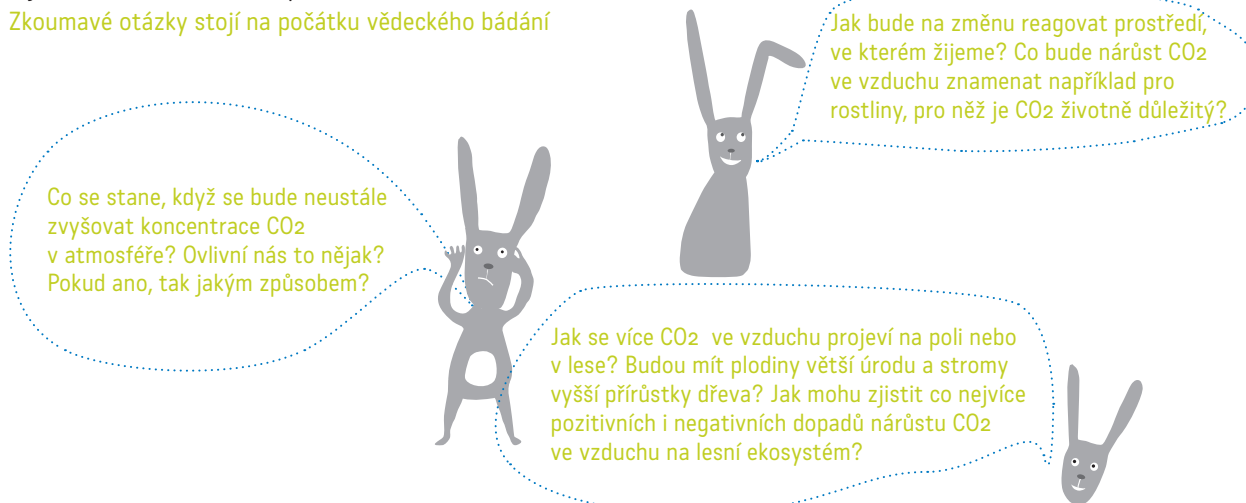
4/ Co nás zajímá a na co se ptáme?

Pozorujeme-li svět kolem, neubráníme se často otázkám, které v nás vzbuzuje to, co vidíme okolo nás.

Některé otázky jsou banální, avšak jiné by určitě stály za prozkoumání.

A jaká zkoumavá otázka napadla nedávno vás?

Zkoumavé otázky stojí na počátku vědeckého bádání



Než se vědec pustí do experimentu, je potřeba si v týmu položit otázky, na které chce pomocí experimentu odpovědět (**výzkumné otázky**). Vědci také zvažují, které důležité informace potřebují k tématu zjistit. Autoři článku z Vesmíru tak jistě učinili. Zkuste jejich postup zrekonstruovat v následujících úlohách. K řešení vám pomůže text z přílohy 4, který je zkrácenou verzí článku Hrušky a Oulehleho Lesy v globálním koloběhu uhlíku.

4.1. Navrhněte, jak mohly znít výzkumné otázky vědeckého týmu, který zkoumal vliv zvýšené koncentrace CO₂ a teploty na lesní ekosystém.

1. _____
2. _____

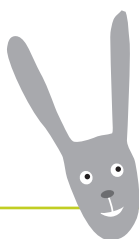
4.2. Které z následujících otázek by pro vás byly důležité, kdybyste chtěli zkoumat vliv CO₂ a teploty na nárůst biomasy v lesních ekosystémech? Označte:

- a) Změnila se za posledních 100 let průměrná globální teplota? Pokud ano, jak?
- b) Jaký podíl na nárůstu koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře má sopečná činnost?
- c) Má doba vystavení rostlin zvýšené koncentraci oxidu uhličitého vliv na jejich reakci?
- d) Ve kterém roce za posledních 100 let se nejvíce zvýšila průměrná globální teplota oproti roku předchozímu?
- e) Jaké procesy mají hlavní podíl na nárůstu primární produkce ekosystému při zvýšení koncentrace CO₂ v ovzduší?

4.3. Vyberte jednu z otázek, které jste neoznačili. Vysvětlete, proč odpověď na tuto otázku nebyla pro autory článku důležitá.

4.4. Vyberte jednu z otázek, které jste označili jako důležité, a odpovězte na ni svými slovy na základě informací v textu.

4.5. Po přečtení tohoto úryvku článku vyvstávají další otázky k zodpovězení. Vymyslete sami jednu konkrétní otázku, která se týká popisovaného tématu a má význam vzhledem k řešenému problému.



5/ Jak poznám dobrou hypotézu?

5.1. Zapiš, co dle tvého názoru znamená slovo hypotéza:

Hypotéza je ...

Když se řekne hypotéza, představím si ...

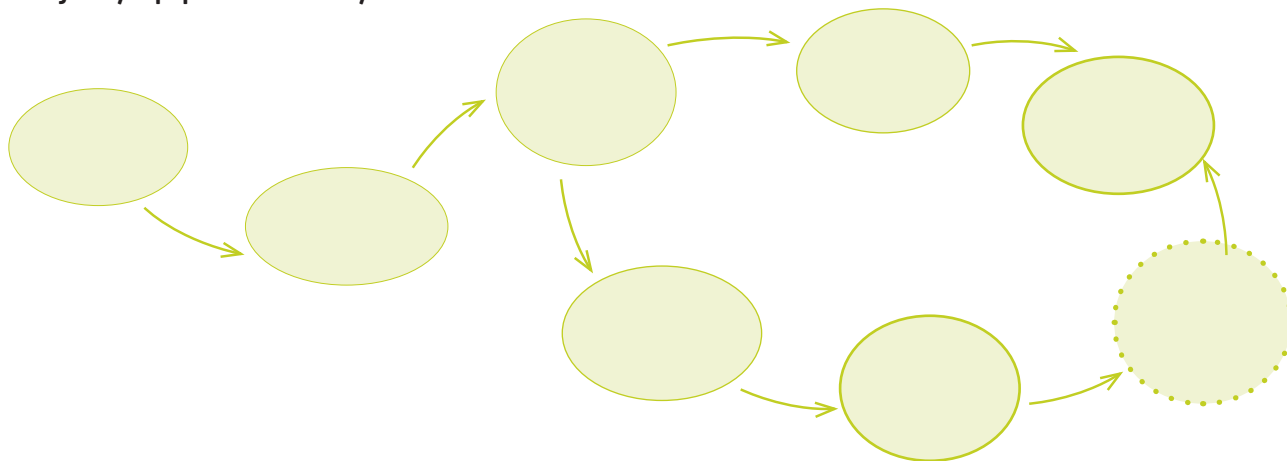
V běžné řeči se slovo hypotéza používá pro něco, čemu se nedá plně věřit, např. ve spojení „odvážná hypotéza“ nebo „vratká hypotéza“. Pokud něco tvrdíme, může se nám dostat nesouhlasné odpovědi: „To je jen pouhá hypotéza“.

Při poznávání často narážíme na jevy a úkazy, které si neumíme zcela vysvětlit, a proto se snažíme na základě nově zjištěných pozorování a poznatků navrhnout vysvětlení. Tento postup vede k vytváření hypotetických tvrzení, která naznačují možné vysvětlení. Je samozřejmé, že taková tvrzení mohou být souhlasně přijata, ale současně i kritizována. Co se tedy s hypotézou děje dál?

Platí nebo neplatí?

Návrh řešení (vysvětlení), které hypotéza předkládá, musí být ověřen a dokázán, nebo vyvrácen. Ověřování či vyvrácení hypotézy je proces, který může trvat mnoho let, desetiletí, století... Pokud dnes prokážeme platnost námi stanovené hypotézy (např. experimentem), neznamená to, že zítra nemůže přijít někdo jiný, kdo naši hypotézu vyvrátí (např. na základě nově zjištěných poznatků, nového experimentu). Vlastně bychom mohli říci, že veškeré vyslovené hypotézy, které byly na světě vědeckými výzkumy ověřeny, stále čekají na své vyvrácení.

5.2. Do prázdných míst doplňte pojmy tak, aby vzniklo logické schéma ověřování vědecké hypotézy, jak bylo popsáno v textu výše.



Hypotéza neplatí

Hypotéza platí

Vyvrácení někým jiným

Potvrzení

Vyvrácení

Ověřím

Nerozumím jevu

Vyslovím hypotézu

5.3. Uved'te p'íklad hypotézy z oblasti vědeckého poznání, která byla v minulosti všeobecně přijímána a o které nyní víme, že není platná, a byla již nahrazena jinou hypotézou.

Aby bylo vůbec možné hypotézu ověřit, musí být nejprve přesně formulována.

Na následujícím příkladu hypotézy můžete vidět, jaké vlastnosti by hypotéza měla mít:

a) Specifická

zacílíme na konkrétní jev (průměrná denní teplota měřená na různých místech v České republice).

b) Kvantifikovatelná

lze vyčíslit, spočítat, zda a o kolik stupňů se teplota snižuje.

Průměrná denní teplota vzduchu se v České republice snižuje se stoupající nadmořskou výškou.

c) Jednoznačná

pozorujeme vybraný jev (teplota) a tvrdíme, že se za určitých podmínek bude určitým způsobem měnit (snižovat se stoupající nadmořskou výškou).

e) Zobecnitelná

když hypotézu ověříme (potvrdíme či nepotvrdíme) na konkrétních měřeních, můžeme naše zjištění zobecnit a předpokládat, že podobně se bude teplota měnit i na jiných místech České republiky.

d) Ověřitelná

hypotézu můžeme reálně otestovat, např. provést pokus, pozorování, nasimulovat danou situaci – testování je v našich (nebo obecně lidských) možnostech.

5.4. Z příkladů vyberte ten, který podle vás odpovídá přesně formulované hypotéze.

Zdůvodněte, proč jste si hypotézu vybrali:

- a) Počet mitochondrií v buňce může souviset s rychlostí dýchání.
- b) Poměr zásoby uhlíku uloženého v lesní půdě a zásoby uhlíku uloženého v nadzemní biomase je v boreálním lese (tajze) vyšší než 2 : 1.
- c) Lesní stromy reagují na nedostatek dusíku v půdě zvýšeným nebo sníženým ukládáním biomasy do kořenů.

5.5. Rozhodněte, která z následujících hypotéz byla pravděpodobně vyslovena před výzkumem, o kterém pojednává článek ve Vesmíru (či zkrácený text v příloze 4):

- a) Zvýšená koncentrace CO_2 v atmosféře neovlivňuje růst lesních dřevin.
- b) Zvýšená koncentrace CO_2 v atmosféře urychluje vytváření semen lesních dřevin.
- c) Zvýšená koncentrace CO_2 v atmosféře urychluje půdní dýchání v lesním ekosystému.

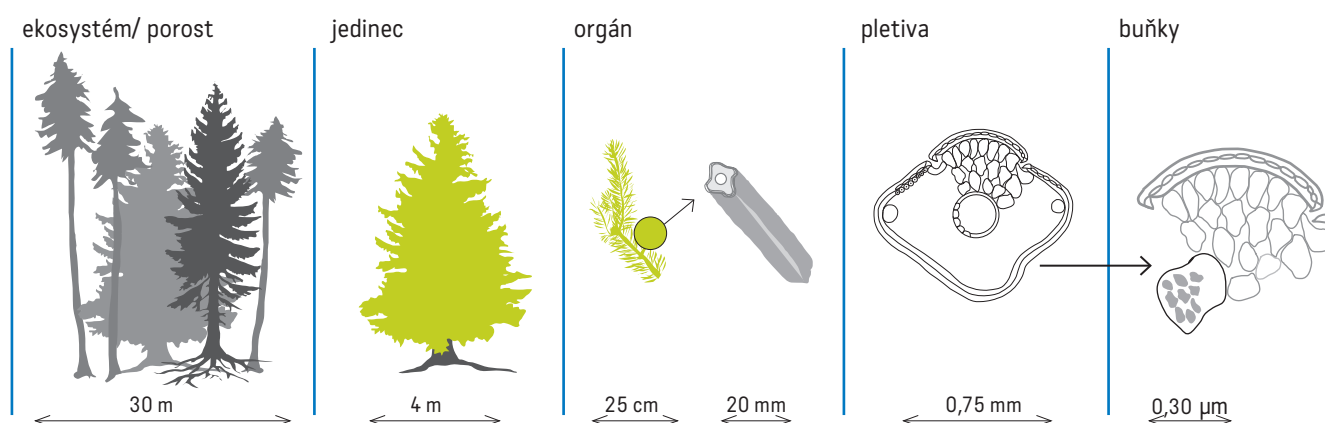
5.6. Zkuste formulovat další hypotézy, které si mohli klást autoři článku – vezměte si na pomoc úryvek textu (příloha 4).

5.7. Vymyslete svou vlastní hypotézu, kterou byste někdy v budoucnu chtěli ověřit.

Formulujte ji přesně – tak aby splňovala všechny podmínky dobře formulované hypotézy (viz výše).

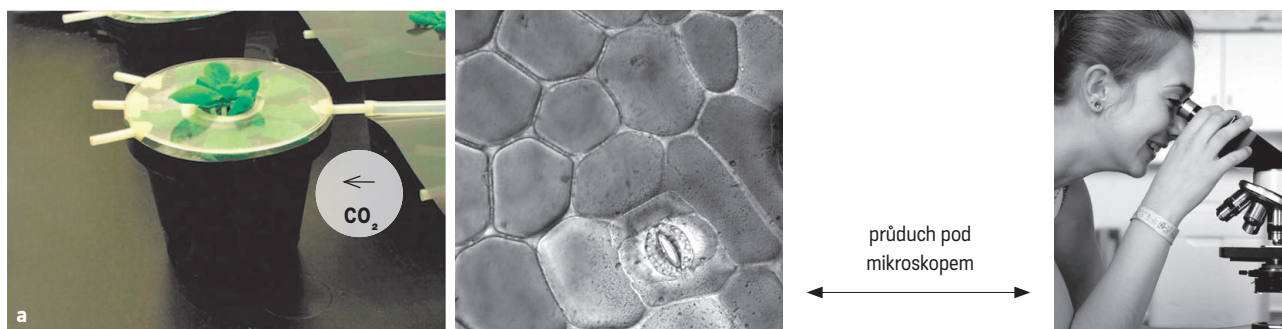
6/ Plánuji a připravuji pokus

Jednu z velmi důležitých rolí v koloběhu uhlíku hrají suchozemské rostliny, a tedy fotosyntéza. V poslední době je v souvislosti s rostoucí koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře věnována pozornost vědců tomu, jak koncentrace CO_2 ovlivňuje růst a další životní projevy rostlin. Vědci se také snaží odpovědět na otázky, jakými způsoby se rostliny se změnami v koncentraci CO_2 vyrovnávají – a to na úrovni buňky, orgánů (listů či kořenů), celých rostlin, porostů nebo celých ekosystémů.

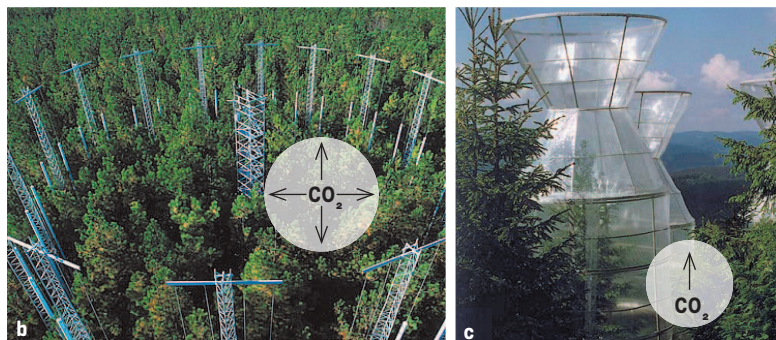


Obr. 1. Úrovně zkoumání vlivu koncentrace CO_2 a dalších podmínek prostředí na rostliny

6.1. Představte si, že pracujete v týmu, který si v rámci svého výzkumu klade hned několik otázek. Pro řešení každé z otázek je potřeba použít jiný experimentální systém, protože nás zajímá jiná úroveň zkoumání rostlin. Určete, pro kterou úroveň zkoumání se dá uplatnit která výzkumná otázka a k ní příslušející experimentální systém na obrázku.



a) Ovlivňuje vystavení starších listů zvýšené koncentraci CO_2 počet vytvořených průduchů na mladších listech, které se vyvíjejí při normální koncentraci CO_2 ?



b) Změní se poměr uhlíku a dusíku v biomase rostlin a v půdě u porostu ošetřeného zvýšenou koncentrací CO_2 ?

c) Jak ovlivňuje dvojnásobná koncentrace CO_2 (oproti atmosférické) a zvýšená teplota o 2°C počet listů a čas rašení pupenů?

Úroveň zkoumání:

a) _____

b) _____

c) _____



6.2. Jak byste experimentální systémy na předchozích obrázcích pojmenovali? Zkuste k obrázkům přiřadit příslušný popis:

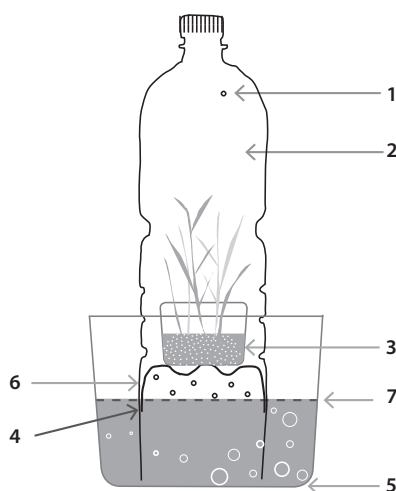
- 1) Systém obohacení CO_2 pod širým nebem (Free-Air CO_2 Enrichment)
- 2) Kultivační sféra – komora s otevřeným vrchem (Open Top Chamber)
- 3) Listová květa z Petriho misky

Obr. 2. Kultivační sféra na Bílém Křížu. Zdroj: Laboratoř ekologické fyziologie rostlin (LEFR) ÚSBE AV ČR v.v.i.

Růstová komora z PET lahve – simulované přírodní prostředí

Jedním způsobem, jak pochopit cyklus uhlíku ve vegetaci je experimentální pěstování rostlin v kontrolovaných podmínkách, kdy manipulujeme s jedním nebo více faktory (tzv. proměnné), jejichž vliv na daný jev či proces v koloběhu uhlíku chceme vysvětlit. Podle toho, jaké máme materiální a finanční možnosti, volíme různou technologickou úroveň experimentu.

Jednodušší variantou náročného několikaletého experimentu s porosty v kultivačních sférách (Obr. 2) se zvýšenou koncentrací CO_2 je jeho laboratorní verze polouzavřeného systému vyrobeného z PET lahve (Obr. 3 a 4). V systému z PET lahve lze pěstovat nenáročnou rostlinu (např. ječmen) a pozorovat jejich reakci na zvýšenou koncentraci CO_2 , který přirozeně uniká ze sodovky na dně lahve.



Obr. 3. Experimentální systém s atmosférou obohacenou CO_2 . 1 – dírka pro vyrovnání tlaků, 2 – horní díl růstové komory, 3 – kelímek s ječmenem v písku, 4 – spoj mezi dolním a horním dílem růstové komory (musí být pod hladinou), 5 – kádinka / nádoba s roztokem vody a sodovky (zdroj CO_2), 6 – dolní díl růstové komůrky s otvory pro pronikání CO_2 (otvory musí být nad hladinou), 7 – hladina roztoku vody a sodovky

6.3. Jaké stálé podmínky musíte rostlinám zajistit, abyste pokusem se zvýšením koncentrace CO_2 v PET lahvi získali odpověď na vaši otázku „Jak ovlivňuje zvýšená koncentrace CO_2 růst rostlin?“ Vymyslete alespoň 3 podmínky:

6.4. Představte si, že kromě vlivu zvýšené koncentrace CO_2 chcete pozorovat i vliv zvýšené teploty na růst rostlin. Zvýšená teplota se dá v systému z PET lahve simulovat obarvením části lahve černým nátěrem, který zachytává více tepla než bílý nátěr. Navrhněte plán pokusu (viz tab.), který bude obsahovat informace o počtu pěstovaných rostlin, o počtu použitých růstových komor (PET lahví) a o způsobu, jakým nastavíte podmínky pokusu.

NÁZEV VARIANTY POKUSU	PODMÍNKY POKUSU (PROMĚNNÉ)	POČET RŮSTOVÝCH KOMOR (PET)	POČET ROSTLIN V RŮSTOVÉ KOMOŘE

6.5. Součástí plánování pokusu je i jeho časové rozvržení. Podle toho, jakou veličinu chceme sledovat, musíme vhodně nastavit délku experimentu a interval, ve kterém budeme rostliny pozorovat. Zkuste vymyslet různé varianty pro pozorování rostlin v systému z PET lahve.

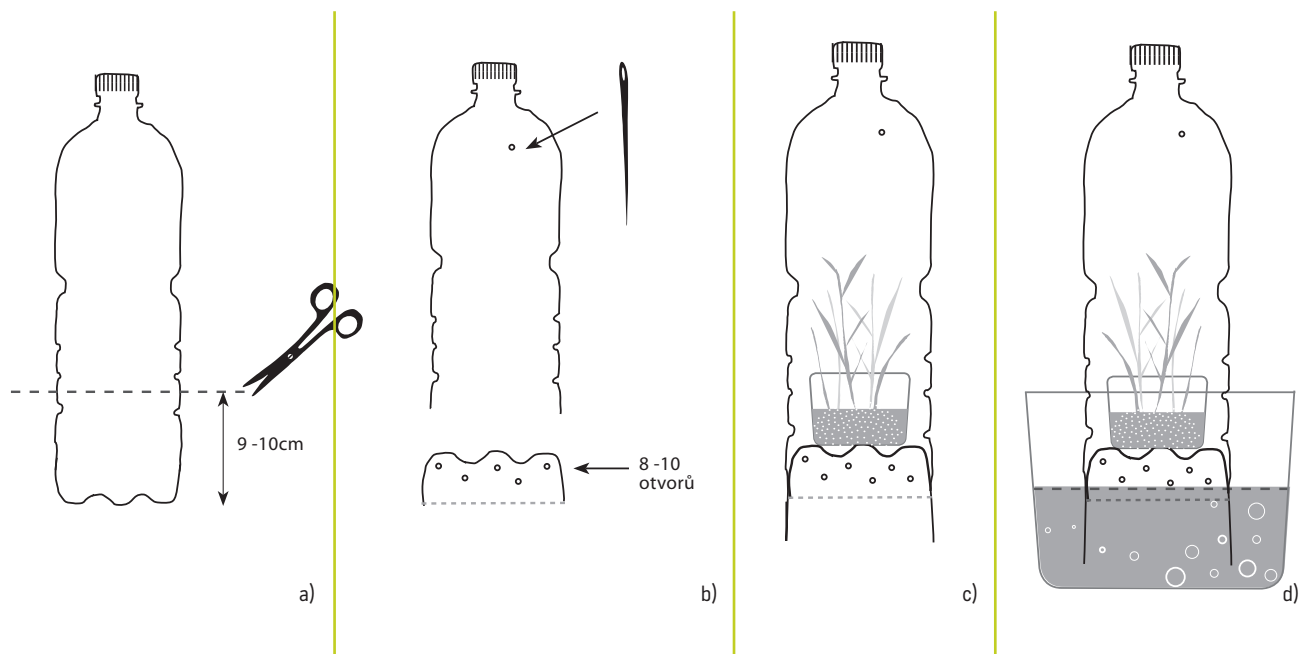
	DÉLKA TRVÁNÍ EXPERIMENTU	JAKOU VLASTNOST, VELIČINU POZORUJI	JAK ČASTO JI POZORUJI	CO MI POZOROVÁNÍ PROZRADÍ O VLIVU ZVÝŠENÉ KONCENTRACE CO ₂ NA ROSTLINU
a	1 den			
b	1 týden – 14 dní			
c	4 týdny			

PŘÍPRAVA RŮSTOVÉ KOMORY Z PET LAHVE¹:

- Rozdělení PET lahve 9–10 cm ode dna.
- Pozice vytvořených otvorů – nahoře 1 malá dírka zahřátou jehlou, ve dně lahve 8–10 větších otvorů nůžkami.
- Usazení kelímku s ječmenem do složené růstové komůrky ze dvou částí lahve.
- Umístění růstové komůrky s ječmenem do kádinky s vodou / roztokem sodovky.

DŮLEŽITÉ:

- čárkovaná čára značí výšku hladiny roztoku = **spoj dílů růstové komůrky musí být ponořen**, naopak **otvory** pro pronikání CO₂ do horní části musí být **nad hladinou**.
- Doporučená doba pokusu jsou 3 týdny, nezbytné je cca jednou za tři dny vyměnit sodovku, abychom byli neustále zajištěni přísunem CO₂.



Obr. 4. Postup přípravy experimentálního systému – růstové komory z PET lahve.

¹ Experiment byl vyvinut v rámci projektu GLOBE Koloběh uhlíku, na kterém Sdružení TEREZA spolupracuje s Katedrou experimentální biologie rostlin Přírodovědecké fakulty UK v Praze. <http://kfrserver.natur.cuni.cz/globe/index-CZ.html>

7/ Co mi řeknou tabulky a grafy?

Během pokusu zaznamenáváme

- 1) data = to, co sledujeme (např. rychlost fotosyntézy nebo výšku rostliny);
- 2) podmínky pokusu = vnější faktory, které experiment ovlivňují a jsou důležité, pokud chceme pokus v budoucnu opakovat za stejných podmínek;
- 3) další údaje = datum, místo, jméno měřícího, přesnost přístroje a další vnější podmínky, které v budoucnu mohou pomoci při interpretaci výsledků (počasí, nálada v týmu, ...).

Zpracování a vyhodnocení dat

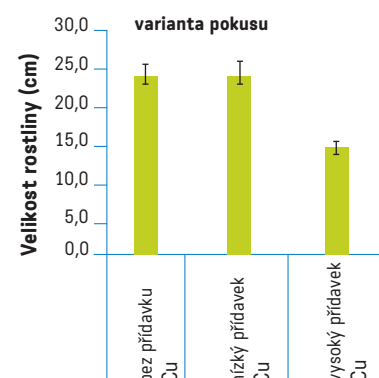
Příklad: Nádobový pokus

Sledujeme vliv mědi (Cu) na ječmen, pokus je založen ve třech variantách: na nulovém přídávku Cu (kontrolní varianta), nízkém přídávku Cu a vysokém přídávku Cu. Pro každou variantu pracujeme s trojím opakováním, máme tedy 9 nádob s ječmenem. Po dobu pokusu zaznamenáváme přírůstek ječmene a na konci pokusu výšku rostlin.

Data zpracujeme do přehledné tabulky (Tab. 1) a grafu (Graf 1). Graf vyhotovíme z průměrů zjištěných hodnot, což ukazuje výsledky všech opakování. Tyto výsledky by měly být dále porovnány s literaturou a diskutovány, např. vliv Cu na rostliny, odolnost ječmene proti těžkým kovům apod.

Tab. 1 a Graf 1. Vliv aplikace různě koncentrovaných roztoků CuSO_4 na růst ječmene

	VELIKOST ROSTLINY (cm)		
	BEZ PŘÍDAVKU Cu	NÍZKÝ PŘÍDAVEK Cu	VYSOKÝ PŘÍDAVEK Cu
1. OPAKOVÁNÍ	23,1	22,4	15,9
2. OPAKOVÁNÍ	23,8	24,5	14,6
3. OPAKOVÁNÍ	25,6	25,9	13,1
PRŮMĚR	24,2	24,3	14,5
MEDIÁN	23,8	24,5	14,6



7.1. Co z grafu a tabulky vyčteme? Vyberte správné ze dvou slov:

Z tohoto grafu můžeme říci, že NÍZKÝ / VYSOKÝ přídavek Cu nemá vliv na růst rostliny. Růst je stejný jako ve variantě bez přídku Cu. Vysoký přídavek Cu prokazatelně SNIŽUJE / ZVYŠUJE růst rostliny.

Průměr je nejčastěji používaný při hodnocení souboru více dat, chceme-li zjistit jedno číslo, které by reprezentovalo všechna data. Aritmetický průměr má omezení, například není vhodné ho používat, pokud v souboru dat máme hodnotu, která se výrazně liší od ostatních, a tím průměr zkresluje – aritmetický průměr pak nic neříká o typické hodnotě dat v souboru.

Příklad (převzatý z http://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetický_průměr)

Aritmetický průměr majetku občanů v americkém městě Redmond je velice vysoké číslo, což ovšem neznamená, že *typický* obyvatel tohoto města je bohatý. Tento fakt pouze odráží tu skutečnost, že v daném městě bydlí multimiliardář Bill Gates.

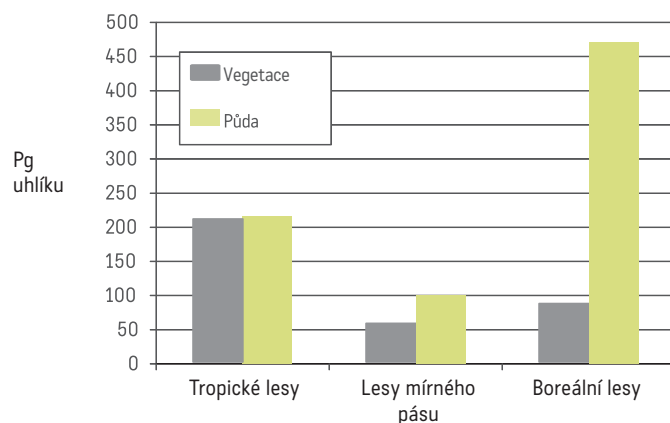
Počítáme-li průměr souboru {3, 4, 4, 4, 5, 19}, dostaneme 6,5. Ovšem již pouhým pohledem vidíme, že drtivá většina čísel je pod touto hodnotou. Číslo 6,5 tedy úplně nereprezentuje daný soubor. Pro tento soubor dat by bylo lepší použít jinou veličinu, a sice **medián**. Když seřadíme data v souboru od nejmenšího po největší, pak medián je hodnota (číslo), která dělí soubor na dvě stejně početné poloviny (tj. nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu). Medián u souboru {3, 4, 4, 4, 5, 19} je tedy 4, což soubor vhodně reprezentuje.

7.2. Při provádění pokusu bychom měli zaznamenávat nejen data, ale i ostatní podmínky. Vymyslete alespoň 5 dalších věcí, které byste si měli (např. při provádění nádobového pokusu v příkladu výše) při zaznamenání naměřených dat zapsat:

7.3. V úryvku článku (příloha 4) najděte údaje o roli lesů v koloběhu uhlíku, které dokumentuje graf 2 a запиšte je:

7.4. O zásobách uhlíku ve dvou biomech znázorněných v grafu 2 se píše v úryvku článku (příloha 4). Podle údajů z grafu 2 doplňte větu o jednom biomu, o kterém se v úryvku nepíše. Kam byste větu zařadili, aby dobře seděla v kontextu? Vyznačte místo v textu hvězdičkou.

Graf 2. Zásoba uhlíku ve vybraných lesních biomech. Graf byl sestrojen dle tab. 2 Petagram (Pg) = 10^{15} g = 1 000 000 000 tun = 1Gt (gigatuna).

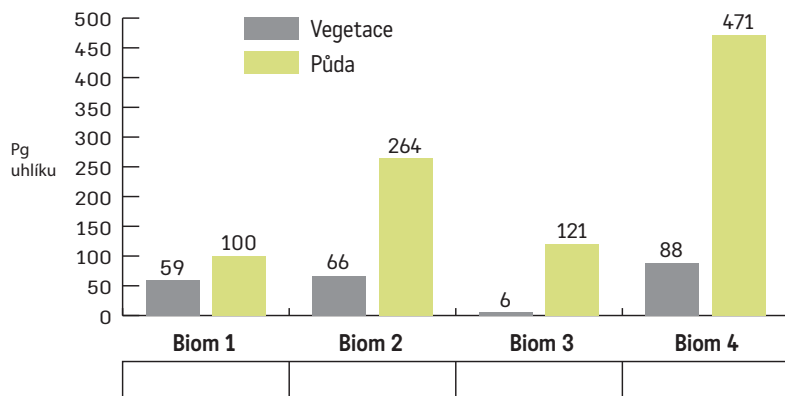


Tab. 2. Zásoby uhlíku ve vybraných biomech v petagramech. Upraveno podle IPCC: Special Report on Land Use, Land-Use Change And Forestry 2000.

BIOM	PLOCHA (miliony km ²)	ZÁSoba UHLÍKU (Pg)				
		VEGETACE	PŮDA	CELKEM	POMĚRNĚ (Pg/100 km ²)	POMĚR ZÁSOb UHLÍKU V PŮDĚ : VEGETACI
TROPICKÉ LESY	17,6	212	216	428	24	1,0
LESY MÍRNÉHO PÁSU	10,4	59	100	159	15	1,7
BOREÁLNÍ LESY (TAJGA)	13,7	88	471	559	41	5,4
TROPICKÉ SAVANY	22,5	66	264	330	15	4,0
STĚPI MÍRNÉHO PÁSU	12,5	9	295	304	24	32,8
POUŠTĚ / POLOPOUŠTĚ	45,5	8	191	199	4	23,9
TUNDRA	9,5	6	121	127	13	20,2
MOKŘADY	3,5	15	225	240	69	15,0
ZEMĚDĚL. EKOSYSTÉMY	16,0	3	128	131	8	42,7
CELKEM	151,2	466	2011	2477	16	4,3

7.5. Podle tab. 2 najděte, které biomy jsou v grafu 3 znázorněny a doplňte jejich popisky do rámečků pod sloupci.

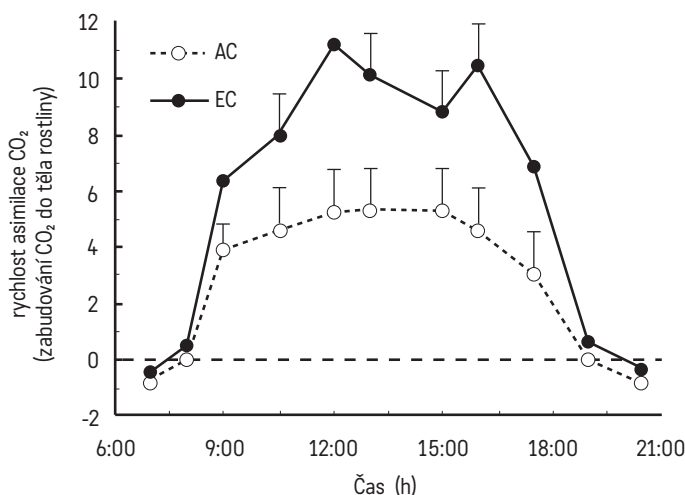
Graf 3. Zásoby uhlíku v nadzemní části vegetace a v půdě ve vybraných biomech.



7.6.

Na experimentálním stanovišti Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech (obr. 5) jsou ve speciálních sférách („sklenících“), vybavených systémem automaticky otevíraných oken, pěstovány smrky ztepilý a buk lesní při zvýšené koncentraci CO_2 . V jednom skleníku rostou stromy při normální atmosférické koncentraci CO_2 (0,0382 %) a v druhém při zvýšené koncentraci CO_2 (0,0700 %). Jak poznáte, ve kterém skleníku je atmosférická a ve kterém zvýšená koncentrace CO_2 , máte-li k dispozici přístroj na měření rychlosti asimilace CO_2 ?

Graf 4: Denní chod rychlosti asimilace CO_2 buku lesního (*Fagus sylvatica*) pěstovaného v atmosféře s přirozenou (AC) a zvýšenou (EC) koncentrací CO_2 . Body znázorňují průměrné hodnoty (v obou variantách pokusu bylo zkoumáno 6 jedinců buku). Upraveno podle Košvancová a kol., 2007.



Obr. 5. Kultivační sféry na Bílém Kříži. Zdroj: Laboratoř ekologické fyziologie rostlin (LEFR) ÚSBE AV ČR v.v.i.

- Na ose y je vynesena rychlost asimilace CO_2 u buku lesního. Za jakých podmínek (ve které atmosféře) dosahuje asimilace CO_2 u buku vyšší rychlosti?
- Ve kterou část dne dochází k nejrychlejšímu zabudování CO_2 ?
- Ve kterou denní dobu bezpečně poznáte podle naměřených hodnot rychlosti asimilace CO_2 , které stromy rostou při atmosférické a které při zvýšené koncentraci CO_2 ?
- V grafu jsou zobrazeny záporné hodnoty rychlosti asimilace CO_2 . Jak je to možné? Ve kterých denních hodinách k tomuto jevu dochází a proč?

7.7.

Graf 4 odpovídá jednomu z tvrzení z článku „Lesy v globálním koloběhu uhlíku“.

Vyberte, o který výrok se jedná, a vysvětlete, podle jakých údajů v grafu jste tak usoudili:

- Jak koncentrace CO_2 , tak teplota mají vliv na koloběh uhlíku v lesích.
- Zvýšená koncentrace CO_2 povzbuzuje fotosyntézu.
- S rostoucí listovou plochou vzrůstá také efektivita zachycování slunečního záření.
- Také autotrofní respirace může být ovlivněna množstvím CO_2 ve vzduchu.

8/ Na co jsme přišli a k čemu nám to bude?

Zhodnocení a formulace závěru

Po provedení pokusu, zaznamenání a vyhodnocení výsledků je třeba zformulovat, co jsme vlastně naším pokusem zjistili. Musíme porovnat naše výsledky s hypotézami, které jsme formulovali před provedením pokusu a vyhodnotit, zda zjištěné výsledky naši hypotézu potvrzují, či nikoliv.

Také je dobré vrátit se k informacím, které jsme o problematice našli před naplánováním pokusu (k výsledkům předchozích pokusů). Je třeba porovnat dříve publikované výsledky s těmi našimi a zamyslet se, v čem se naše výsledky a závěry shodují či liší.

Co by měl závěr obsahovat?

- podstatu našeho zjištění - nikoliv jen čísla, která nám v pokusu vyšla, ale jejich interpretaci a zobecnění či komentář k nim;
- přínos pro porozumění dané problematice;
- další otázky nebo směr budoucího zkoumání.

Závěr by měl být:

- shrnující;
- srozumitelný;
- stručný.

8.1. Formulace závěru

Vžijte se do role autorů článku z Vesmíru (příloha 2) a z následujících závěrů vyberte ten, který by nejlépe odpovídal výsledkům prezentovaného výzkumu a přitom odpovídal tomu, jak má být závěr správně formulován:

A) České luhy, háje a bory jsou významnými hráči v globálním kolování uhlíku. Dokáží si poradit i s neustále se zvyšujícím množstvím CO_2 ve vzduchu – když se jim dodá dost dusíku, zvýší svoji primární produkci a budou lépe vychytávat uhlík. V uhlíkové bilanci také záleží na tom, jak se budeme o naše lesy starat – pokud budeme pěstovat samé smrky a sklízet je způsobem holoseč, moc uhlíku se v nich neuloží. Nejlepší bude nechat je trochu víc „zpralesovatět“.

B) Ukládání uhlíku v lesním ekosystému je výrazně ovlivněno meziroční variabilitou počasí. I krátkodobý výkyv počasí během vegetační sezóny může významně změnit celoroční úhrn uhlíku uvolňovaného lesním ekosystémem. Toky uhlíku v ekosystému jsou výrazně proměnlivé i během dne. V případě krátkodobého oteplení a vhodných světelných podmínek je porost schopen asimilovat uhlík i v období vegetačního klidu.

C) Schopnost lesních ekosystémů mírného pásu akumulovat uhlík je mimo jiné ovlivněna dostupností živin v půdě, z nichž nejdůležitějším limitujícím faktorem je dusík v biologicky využitelné formě. Dalším důležitým faktorem, který hraje roli při akumulaci uhlíku v lesním ekosystému, je stáří porostu, způsob a intenzita hospodaření. I staré porosty (200 let) ukládají v nezanedbatelné míře uhlík např. ve formě hromadění stabilního humusu v půdě. Z hlediska akumulace uhlíku hrají důležitou roli přírodě blízké smíšené lesy.

Aplikace výzkumu v praxi obecně

Lidé si často kladou otázku, k čemu je vlastně výzkum dobrý. Zvláště u odvětví, která na první pohled nejsou vůbec spojena s každodenním životem a jejichž praktickou aplikaci si běžný smrtelník neumí představit, vyvstávají pochybnosti, zda má vůbec smysl do výzkumu investovat peníze a lidský potenciál. Je pravda, že od jednoho konkrétního výsledku vědeckého experimentu nebo nového objevu je k praktickému využití ještě dlouhá cesta.

Přesto, pokusme se nyní zamyslet, jaké možné aplikace do praxe nám přináší výsledky zveřejněné v článku, který vás provázel během řešení úloh vědeckého postupu.

8.2. Se kterými oblastmi lidské činnosti by mohl mít problém řešený v článku spojitost?

Kde by se daly nově zjištěné poznatky uplatnit?

8.3. Vraťte se k článku. Našli jste přímo v článku zmínku o možném využití výzkumu v praxi?

8.4. Najděte v literatuře či na internetu příklady aplikací výzkumu z článku, které byly realizovány nebo se chystají v České republice.

9/ Prezентujeme své výsledky ostatním

9.1. Proč vědci svoje výsledky a myšlenky prezentují či publikují?

9.2. Jaký způsob prezentace výsledků byste použili, pokud byste:

- a) byli na konferenci a chtěli byste, aby se o vaší práci dozvědělo co nejvíce lidí, protože potřebujete získat kontakty;
- b) chtěli představit mladším spolužákům to, co děláte – máte na to jednu vyučovací hodinu;
- c) se chtěli dostat do povědomí lidí, kteří se např. zabývají studiem lesa.

9.3. Níže jsou uvedeny nejběžnější způsoby, které se (nejen) ve vědě používají k prezentaci toho, co člověk dělá. Které z nich by se daly použít pro situace a, b, c v minulé otázce?

powerpointová prezentace

článek pro časopis

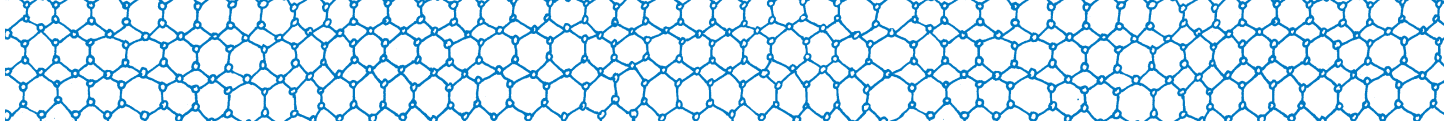
poster – nástěnný plakát

9.4. Jaké další způsoby prezentace byste použili vy v rámci třídy nebo školy?

9.5. Prezentace musí splňovat určité zásady, aby byla účinná. Zatrhněte v tabulce, které vlastnosti a náležitosti vám přijdou důležité a typické pro jednotlivé typy prezentace:

	Powerpointová prezentace	Článek pro časopis	Poster – nástěnný plakát
velká písmena textů – čitelná ze vzdálenosti 1 m a větší			
zajímavá grafika, využití různě barevných ploch			
maximální využití fotografií, grafů, schémat			
kontakt na autora			
poutavý název v nadpisu			
minimum textu			
text je v heslech (odrážky, číslování)			
souvislý text (odstavce)			
grafy a tabulky doplňují text			
seznam zdrojů v závěru			
jméno autora a jeho pracoviště			
začlenění interaktivních ukázek (animace, video)			
nezodpovězené otázky			
dodržování zásad citace			

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 28 horizontal blue lines spaced evenly across the page, typical of standard notebook paper. The lines are thin and light blue, set against a plain white background. There are no margins, text, or other markings on the page.



A series of horizontal blue lines for writing, spanning the width of the page. The lines are evenly spaced and extend from the left margin to the right margin. A single green line is positioned at the bottom of the page, just above the footer area.

Lekce elearningu

1 - Proč vlastně dělat vědu?

Podněty a otázky ve vědě, první krůčky odborné spolupráce, věda je posláním, někdy posedlostí.

2 - Vědecké prostředí a literatura

Zdroje informací ve vědě, rozlišení relevantních zdrojů, vyhledávání v elektronických databázích, týmová práce.

3 - Hypotézy

Věda = myšlení v hypotézách, správně formulovaná hypotéza, plánování pokusu a rozvržení vědecké práce

4 - Metody

Volba relevantních metod zkoumání, vědecký postup krok za krokem, experimentální metody.

5 - Vyhodnocení dat

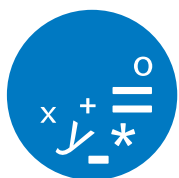
Kontrola výsledků, interpretace a prezentace dat, vzájemné závislosti zkoumaných veličin, zobecňování dat.

6 - Předávání výsledků

Otevření vědeckých šuplíků, poster nebo článek, popularizace vědy v praxi, objevy, k čemu to všechno je?

7 - Vědecká etika

Vědci vs. šarlatáni, kontrola dat a objasnění chyb, pár slov o zúrodnění omylů ve vědě, odpovědnost za zneužití vědy.



01_02
vědecký
postup

Vydalo Sdružení TEREZA
v Praze roku 2010.
www.terezanet.cz

Grafická úprava, sazba a DTP příprava: 2GD studio

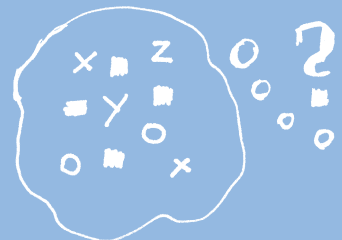
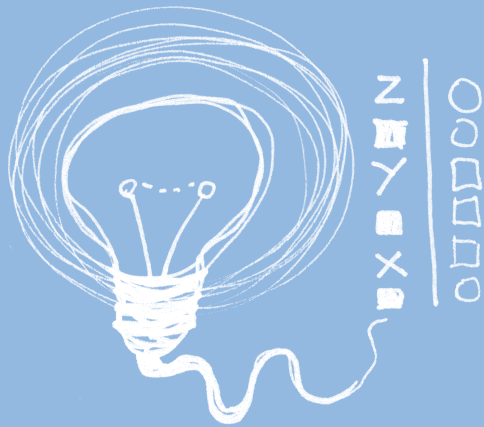
Ilustrace: Kateřina Janatová, Blanka K. Špičáková (2GD studio)

Fotografie: archiv Sdružení TEREZA (pokud není uvedeno jinak)



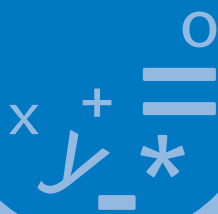
<http://elearning.projekt3v.cz>

<http://elearning.projekt3v.cz/> – online e-learningové lekce s tématy: Vědecký postup, Koloběh uhlíku, Pedologie.
<http://date1.projekt3v.cz> – online systém DATEL pro online tvorbu studentských článků.



pedologie

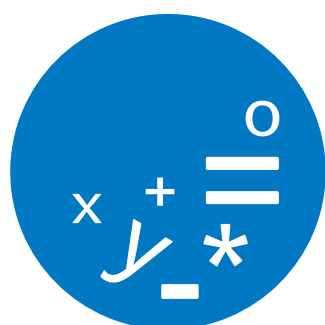
01_03
vědecký
postup



Evropský sociální fond Praha & EU:
Investujeme do vaší budoucnosti



Projekt 3V – vědě a výzkumu vstříc byl podpořen v rámci
Operačního programu Praha - adaptabilita, který je
spoluřinancován Evropským sociálním fondem.



01_03 vědecký postup

01_01	Vědecký postup	U	metodika
01_02	Vědecký postup	S	pracovní sešit / koloběh uhlíku
01_03	Vědecký postup Přílohy	S	pracovní sešit / pedologie

2/ Čteme odborný text

Do shrnující tabulky vlastními slovy zapište:

- co už jste věděli (3 příklady)
- co jste se dozvěděli nového (3 příklady)
- co ve vás vyvolává otázku (5 příkladů) (např. není jasné/pochybuji o tom/nezdá se mi to)
- jakou otázku to ve vás vyvolává (zformulujte ke každému příkladu 1 otázku)

Po přečtení textu запиšte ještě další otázky, které vás v souvislosti s tématem napadají.

✓	co už jste věděli (3 příklady)	
1	✓	
2	✓	
3	✓	
+	co jste se dozvěděli nového (3 příklady)	
1	+	
2	+	
3	+	
?	co ve vás vyvolává otázku (není vám to jasné/ pochybujete o tom/nezdá se vám to)	jakou otázku to ve vás vyvolává (zformulujte ke každému příkladu 1 otázku)
1	?	
2	?	
3	?	
4	?	
5	?	

Další otázky, které vás napadly po přečtení textu:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

3/ Jak poznám odborný vědecký text od neoborného?

3.1. Pokud jste četli více článků o půdě, odpovězte na otázky, srovnajte své odpovědi se spolužáky a diskutujte o nich:

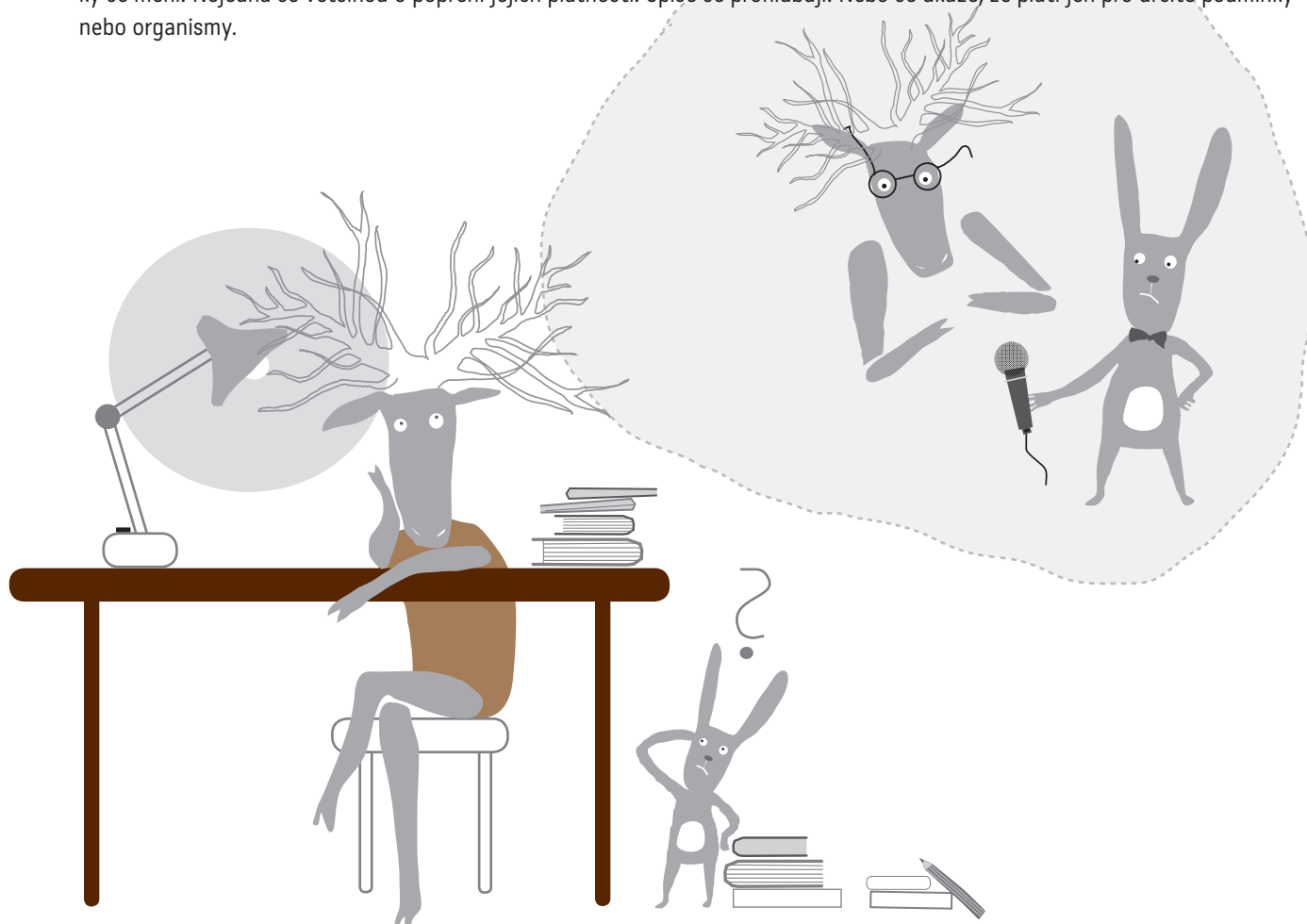
- 1) Který z textů se vám nejlépe četl?
- 2) Jsou pro vás všechny texty stejně srozumitelné?
- 3) Měli jste pocit, že v některém textu je příliš mnoho nových informací, cizích slov nebo odborných termínů?
- 4) Odhadněte, které z textů jsou určeny široké veřejnosti, která nemá hlubší vhled do problematiky.
- 5) Odhadněte, které texty jsou psané pro odborné publikum – vědce, odborníky, vysokoškolské studenty a učitele.

Rozdělení zdrojů na odborné a neoborné není jednoznačné. Některé odborně znějící texty či knihy jsou určeny nejen pro odbornou veřejnost. Například přírodovědný časopis *Vesmír* si může na stánku koupit každý, předpokladem k pochopení textů je alespoň základní přírodovědná gramotnost a orientace např. v biologii či jiném přírodovědném oboru. Neznamená to ale, že člověk musí být studovaný expert. I když jsou v článcích používány odborné termíny, většina jich je vysvětlena.

Mohou se uveřejnit zfalšované výsledky?

Mohou a jsme toho svědky i podle článků ve sdělovacích prostředcích. Autor si může všechny nebo i část výsledků doslova vymyslet. Ale příslušná sláva je dočasná, protože nezbytné potvrzení jinými vědci se neuskuteční. A z krátkodobé slávy je trvalá ostuda a většinou i konec vědecké kariéry.

Mohou se i poznatky, které už „vstoupily“ do světové vědy a učebnic, ukázat jako mylné? Musejí, protože jinak by se věda příliš nevyvíjela. Tak jako platný světový rekord ve sportu přestane platit jeho překonáním, tak mnohé učebnicové poznatky se mění. Nejedná se většinou o popření jejich platnosti. Spíše se prohlubují. Nebo se ukáže, že platí jen pro určité podmínky nebo organismy.



3.2. Porovnejte úryvky z článků – texty 1, 2, 3 a 4. Pomineme-li jejich délku, napadne vás, v čem se na první pohled liší? Co se v těch odborných (2 a 3) vyskytuje navíc oproti neoborným (1 a 4)?

Text 1 – Marcinková, 2008

(...) Stanovení rostlinné tolerance zinku, olova a kadmia u domácích druhů rostlin na znečištěných půdách a jejich souvislost s fytoextrakcí těžkých kovů (*Assessment of Zn, Pb and Cd tolerance in native plant species from contaminated soils and its implications for heavy metal phytoextraction*), je názvem práce, které se věnovala doktorka Oihana Barrutia Sarasua. V rámci svého výzkumu provedla sérii studií, jejichž cílem byl výběr takových rostlinných druhů, které mají velký potenciál při fytotechnologiích. (...)

Text 2 – Skřivan, 1996

(...) Přirozené vstupy arzenu do ovzduší způsobují tyto činitele (podle údajů kanadského badatele J. Nriaga z r. 1989, v pořadí podle významu): vulkanická činnost, polétavý prach, těkavé sloučeniny arzenu mořského původu, oceánský sprej (vodní tříšť), těkavé sloučeniny suchozemského původu, biogenní tuhé částice a lesní požáry. (...)

Text 3 – Soudek a kol., 2008

(...) Do současnosti bylo popsáno asi 450 rostlinných druhů z více než 45 rostlinných čeledí schopných hyperakumulovat kovy. Nejvíce hyperakumulátorů biokoncentruje Ni, okolo 30 absorbuje buď Co, Cu, a/nebo Zn, ještě méně druhů akumuluje Mn, Cd a Pb (cit.10). (...)

Text 4 – Křížková, Adam, Kizek, 2008

(...) Označujeme je jako hyperakumulující rostliny. Jednou z nich je například kapradina křídelnice (*Pteris vittata*), která dokáže přímo záračně hlít z půdy nebezpečný arzen. Znamé jsou i některé druhy česneku, které si pochutnávají na niklu. Zatím je známo asi 400 druhů rostlinných hyperakumulátorů. (...)

V odborných i neoborných textech se nevyhneme přejímání informací z jiných zdrojů – tj. údajů, které jsme nezískali vlastním experimentem, nebo nápady, které nejsou čistě naše. **V odborných textech je zásadou, že u přejatých údajů odkazujeme na původního autora spolu s rokem vydání práce (tzv. citace).** Čtenář má pak možnost vyhledat prvotní informace a hned i vidí, jak jsou poznatky aktuální. U odborných textů by měl být vždy na jejich konci seznam citovaných prací. U neoborných textů může být k citování zdrojů různý přístup.

Příklad z textu 1:

Odkaz je sice uveden celým názvem práce (i v AJ), ale již není zmíněno, kdy a kde byla práce publikována. Nevíme tedy, kdy O. B. Sarasua výzkum prováděla, ani kde jsou podrobné výsledky publikovány. Kdybychom se chtěli do původní práce podívat, dá nám více úsilí ji najít.

Příklad z textu 2:

„... podle údajů kanadského badatele J. Nriaga z r. 1989...“ V textu je zmíněn autor i rok, kdy údaje publikoval.

Příklad z textu 3:

...ještě méně druhů akumuluje Mn, Cd a Pb (cit.10). Citace je uvedena pouze číslem. Informace uvedené ve větě si lze ověřit v původní práci – stačí, když se podíváme na konec článku na seznam zdrojů a najdeme, který titul se skrývá pod číslem 10.

Příklad z textu 4:

Text neobsahuje odkaz na zdroj informací. Například u údaje „Zatím je známo asi 400 druhů rostlinných hyperakumulátorů.“ autor neuvádí, kde k němu přišel, od koho jej přejal. Jak tedy víme, že je pravdivý, věrohodný? Bez jakéhokoliv vodítka (citace) máme dvě možnosti: Buď budeme údajům důvěřovat, anebo budeme hledat další zdroje, které nám zde uvedené hodnoty potvrdí.

3.3. Obrázky znázorňují titulní stránky médií. Odhalte, ze kterého média byl daný úryvek vybrán, a vyplňte tabulku.



Úryvek 1

(...) Zřejmě krátkou budoucnost má před sebou i čtvrtá nejmenší země světa – Tuvalu. Tropický ráj s 12 tisíci obyvateli postupně pohlcuje voda Tichého oceánu. „Dávejte pozor. Dobrá loď Tuvalu jde ke dnu. Je to jistější než fakt, že slunce ráno vyjde nad mořem,“ tvrdí tuvalský námořník John Lakopo, který sleduje zmenšující se plochu ostrova a vzrůstající hladinu moře téměř každý měsíc. (...)

Úryvek 2

(...) Posypová sůl vyvolává v půdě řadu změn fyzikálního i chemického charakteru. Pro účely běžné praxe se stačí zaměřit na dva hlavní indikátory – hodnoty půdní reakce pH a obsah Na (obsah Cl nevyhovuje) (...) Obsah Na má podobný trend jako pH. Hodnoty při okraji komunikace mohou být velmi vysoké (na některých plochách až 900–1000 mg/kg), se vzdáleností výrazně klesají, někde s určitým nárůstem ve vzdálenosti 30 m. V kontrolní vzdálenosti (cca 70 m a více) jsou již obsahy Na většinou na úrovni přirozených obsahů (max. do 50 mg/kg). Pro běžnou praxi může být k odhadu ohrožení konkrétní lokality využito hodnot, uvedených v tab. 7. (...)

Úryvek 3

(...) Američtí ¹⁾ a čínští ²⁾ vědci nezávisle na sobě zjistili, že jednou z rostlin, jež absorbují arzen z půdy, je kapradina křídelnice (*Pteris vittata*). Tato rostlina byla prvním nalezeným hyperakumulátorem ³⁾ arzenu. Její mimořádná schopnost byla poprvé zjištěna v rezervaci centrální Floridy. (...)

Poznámky

1) Viz Ma L. Q. a kol., Nature 409, 579, 2001.

2) T. Chen a kol., Chinese Sci. Bull. 47, 902–905, 2002.

3) Termín hyperakumulátor poprvé použili R. R. Brooks, J. Lee, R. D. Reeves a T. Jaffre (J. Geochem. Explor. 7, 49–57, 1977) k popsání některých rostlin silně kumulujících nikl...(kráceno)

Úryvek 4

(...) Metoda se jmenuje fytořemediace. Tento směr výzkumu rozvíjíme společně s dalšími, nejen evropskými pracovišti, a sledujeme jeho využití k různým aplikacím. Není pochopitelně všemocný, ale dokáže čistit půdu a vodu v jistém rozsahu koncentrace a typu nečistot. Zajímavé využití v současné době představuje čištění odpadních a srážkových vod. Obecný princip je jednoduchý. Každý ví, že rostliny jsou schopné růst téměř všude včetně kontaminovaných půd. S nečistotami si poradí tak, že je buď odmítnou přijmout, nebo je přijmou a uloží či rozloží. (...)

Doplňte do tabulky, o jaké médium se jedná a který úryvek k němu patří.

Do posledního sloupce zdůvodněte, podle čeho jste úryvek přiřadili.

MÉDIUM	TYP MÉDIA	ÚRYVEK Č.	PODLE ČEHO JSEM SE ROZHODL-A
A – Vesmír			
B – Lesnická práce			
C – Lidovky.cz			
D – Blesk.cz			

Média – zdroje článků použitých v kapitole 3



Vesmír

Časopis Vesmír popularizuje výsledky současného (nejen) přírodovědného výzkumu z ČR i ze zahraničí. Je nejvýznamnějším českým měsíčníkem tohoto zaměření. Redakční rada se skládá z předních českých vědců (např. profesori František Vyskočil, Jan Zrzavý, Cyril Höschl, Jaroslav Flegr atd.). www.vesmir.cz

Chemické listy

Jedná se o odborný časopis z oblasti chemie a příbuzných oborů. Od roku 1876 je oficiálním časopisem Asociace českých chemických společností. Zaměřuje se na referáty a články z chemie, biochemie, chemických a biochemických technologií a ekologie. Publikuje recenze, pozvánky, diskuse. Časopis je určen pro odbornou veřejnost. <http://www.chemicke-listy.cz/cz/index.html>

Lesnická práce

Časopis Lesnická práce vychází od roku 1922. Poskytuje lesnické veřejnosti odborné poznatky formou vědeckých, odborných i populárních článků, reportáží, rozhovorů apod. Časopis je rozdělen do odborných rubrik, každé číslo je tematicky zaměřeno. <http://lesprace.silvarium.cz/>

Lidové noviny (LN)

Deník Lidové noviny (LN) byl založen v roce 1893 v Brně. Jeho vydávání bylo v roce 1952 zastaveno (po komunistickém převratu 1948). K obnovení vydávání došlo ilegálně v roce 1987 a legálně od roku 1989. LN se věnují domácí i zahraniční politice, ekonomice, kultuře i vědě. Do okruhu jejich přispěvatelů a redaktorů patřili například Karel a Josef Čapkovi, Eduard Bass, Karel Poláček, ale i prezidenti T. G. Masaryk a Edvard Beneš. V současnosti patří mezi nejprodávanejší deníky v ČR. www.lidovky.cz

21.STOLETÍ

Měsíčník 21. STOLETÍ (Revue objevů, vědy, techniky a lidí) se soustředí na čtenáře, kteří mají zájem o nejnovější poznatky ze světa vědy a techniky. Vědecký svět představuje populární formou. Reportážní či vyprávěcí styl přibližuje vědu jako dobrodružství, zároveň je nenáročný i pro laického čtenáře. Časopis je barevný a značnou část jeho obsahu tvoří fotografie a obrázky. Kromě delších článků se zde vyskytuje mnoho krátkých „střípků“. www.21.stoleti.cz

OSEL (Objective Source E-Learning)

Jedná se o internetový portál pro popularizaci vědy. Jeho přispěvatelé jsou z řad vědců, vysokoškolských učitelů, studentů i veřejnosti se zájmem o vědu. Příspěvky mají většinou základ ve vědeckých publikacích ze zahraničních odborných časopisů, které jsou české veřejnosti mnohdy obtížněji dostupné. Články často odrážejí názory autorů a obsahují jejich komentáře k problematice. <http://www.osel.cz/>

Blesk

Blesk vychází od roku 1992, patří mezi nejprodávanejší celostátní deníky v ČR. Blesk je bulvární deník, zaměřený na zpravodajství, zajímavosti a senzace z ČR i ze světa. Text na sebe strhává pozornost výraznými titulky a velkými barevnými fotografiemi. www.blesk.cz

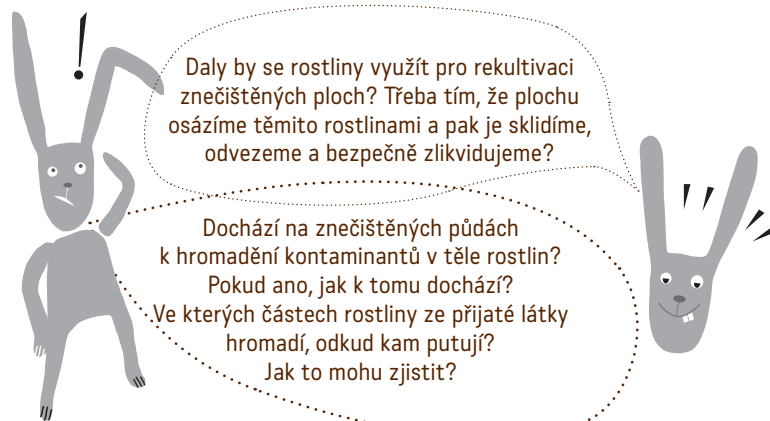
4/ Co nás zajímá a na co se ptáme?

Pozorujeme-li svět kolem, neubráníme se často otázkám, které v nás vzbuzuje to, co vidíme okolo nás.

Některé otázky jsou banální, avšak jiné by určitě stály za prozkoumání.

A jaká zkoumavá otázka napadla nedávno vás?

Zkoumavé otázky stojí na počátku vědeckého bádání



Než se vědec pustí do experimentu, je potřeba si v týmu položit otázky, na které chce pomocí experimentu odpovědět (**výzkumné otázky**). Vědci také zvažují, které důležité informace potřebují k tématu zjistit. Autoři článku z Vesmíru tak jistě učinili. Zkuste jejich postup zrekonstruovat v následujících úlohách. K řešení vám pomůže text z přílohy 5, který je zkrácenou verzí článku Kapradina milující arzen.

4.1. Navrhňte, jak mohly znít výzkumné otázky vědeckého týmu, který zkoumal kapradinu křídelnici a její schopnost akumulovat arzen.

1. _____
2. _____

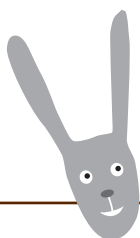
4.2. Které z následujících otázek by pro vás byly důležité, kdybyste chtěli zkoumat přestup rizikových prvků, jako např. arzenu, do těla rostlin? Označte:

- a) Jaký je přirozený obsah rizikových prvků v půdě?
- b) Které průmyslové odvětví je v oblasti dominantní?
- c) Jak často probíhá sklizeň zemědělských plodin?
- d) Jaké množství rizikových prvků je v dané půdě?
- e) Jaké jsou obsahy rizikových prvků v tkáních různých druhů rostlin?
- f) Jaké jsou v oblasti průměrné roční teploty a srážkové úhrny?
- g) Jaký je poměr přirozených a umělých ekosystémů v oblasti?

4.3. Vyberte jednu z otázek, které jste neoznačili. Vysvětlete, proč odpověď na tuto otázku nebyla pro autory článku důležitá.

4.4. Vyberte jednu z otázek, které jste označili jako důležité, a odpovězte na ni svými slovy na základě informací v textu.

4.5. Po přečtení tohoto úryvku článku vyvstávají další otázky k zodpovězení. Vymyslete sami jednu konkrétní otázku, která se týká popisovaného tématu a má význam vzhledem k řešenému problému.



5/ Jak poznám dobrou hypotézu?

5.1. Zapiš, co dle tvého názoru znamená slovo hypotéza:

Hypotéza je ...

Když se řekne hypotéza, představím si ...

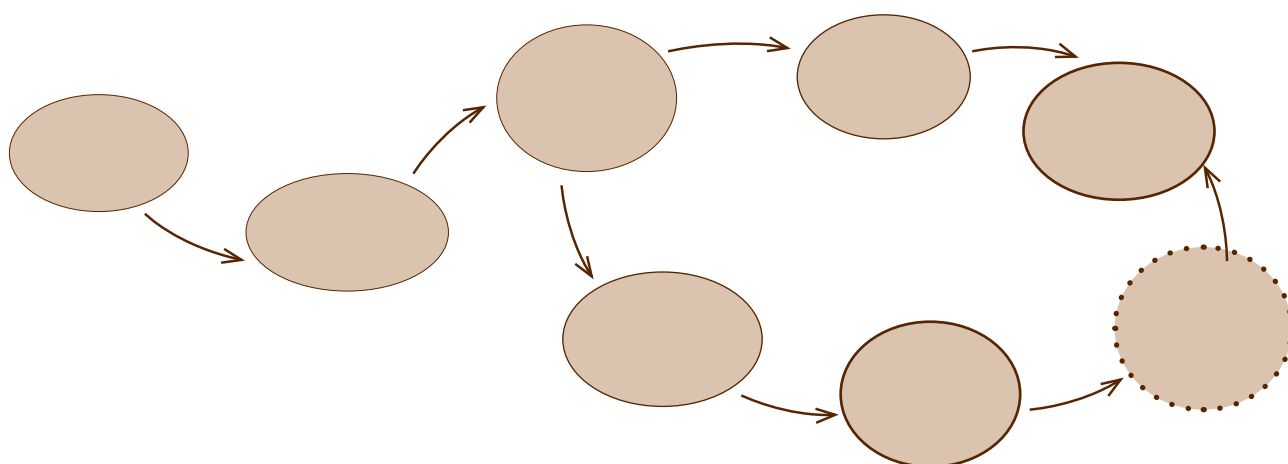
V běžné řeči se slovo hypotéza používá pro něco, čemu se nedá plně věřit, např. ve spojení „odvážná hypotéza“ nebo „vratká hypotéza“. Pokud něco tvrdíme, může se nám dostat nesouhlasné odpovědi: „To je jen pouhá hypotéza“.

Při poznávání často narážíme na jevy a úkazy, které si neumíme zcela vysvětlit, a proto se snažíme na základě nově zjištěných pozorování a poznatků navrhnout vysvětlení. Tento postup vede k vytváření hypotetických tvrzení, která naznačují možné vysvětlení. Je samozřejmé, že taková tvrzení mohou být souhlasně přijata, ale současně i kritizována. Co se tedy s hypotézou děje dál?

Platí nebo neplatí?

Návrh řešení (vysvětlení), které hypotéza předkládá, musí být ověřen a dokázán, nebo vyvrácen. Ověřování či vyvrácení hypotézy je proces, který může trvat mnoho let, desetiletí, století... Pokud dnes prokážeme platnost námi stanovené hypotézy (např. experimentem), neznamená to, že zítra nemůže přijít někdo jiný, kdo naši hypotézu vyvrátí (např. na základě nově zjištěných poznatků, nového experimentu). Vlastně bychom mohli říci, že veškeré vyslovené hypotézy, které byly na světě vědeckými výzkumy ověřeny, stále čekají na své vyvrácení.

5.2. Do prázdných míst doplňte pojmy tak, aby vzniklo logické schéma ověřování vědecké hypotézy, jak bylo popsáno v textu výše.



Hypotéza neplatí

Hypotéza platí

Vyvrácení někým jiným

Potvrzení

Vyvrácení

Ověřím

Nerozumím jevu

Vyslovím hypotézu

5.3. Uved'te p'íklad hypotézy z oblasti vědeckého poznání, která byla v minulosti všeobecně přijímána a o které nyní víme, že není platná, a která byla již nahrazena jinou hypotézou.

Aby bylo vůbec možné hypotézu ověřit, musí být nejprve přesně formulována. Na následujícím příkladu hypotézy můžete vidět, jaké vlastnosti by hypotéza měla mít:.

a) Specifická

zacílíme na konkrétní jev a přesně definujeme podmínky (lesní půda, půda v těsné blízkosti vozovky, svrchní vrstvy půdy).

V těsné blízkosti komunikací v okrese Písek, které se v zimě ošetřují solením, se projeví vyšší koncentrací solí ve svrchních vrstvách lesní půdy nežli v blízkosti silnic stejného okresu, které jsou sypány pouze pískem.

b) Kvantifikovatelná

lze vyčíslit, spočítat, zda má solení vliv na obsah solí v půdě (hodnoty koncentrace).

c) Jednoznačná

zde srovnáváme dvě situace a tvrdíme, že v jedné z nich se vliv projeví více.

e) Zobecnitelná – když hypotézu ověříme (potvrdíme či nepotvrdíme), můžeme naše zjištění zobecnit – pokud např. zjistíme, že hypotéza platí v okrese Písek, kde jsme odebrali vzorky půdy, můžeme předpokládat, že na stejném principu bude fungovat zasolení půdy v blízkosti silnic i jinde v České republice.

d) Ověřitelná – hypotézu můžeme reálně otestovat, např. provést pokus, pozorování, nasimulovat danou situaci – testování je v našich (nebo obecně lidských) možnostech.

5.4. Která z následujících tvrzení nesplňují vlastnosti, které by hypotéza měla mít? Z jakého důvodu?

- a) Všechny kapradiny akumulují arzen do své biomasy.
- b) Rostliny rostoucí v půdě kontaminované těžkými kovy trpí různými chorobami, nebo rostou a kovy zabudovávají do svých tkání.
- c) *Pteris vittata* akumuluje arzen obsažený v půdě.

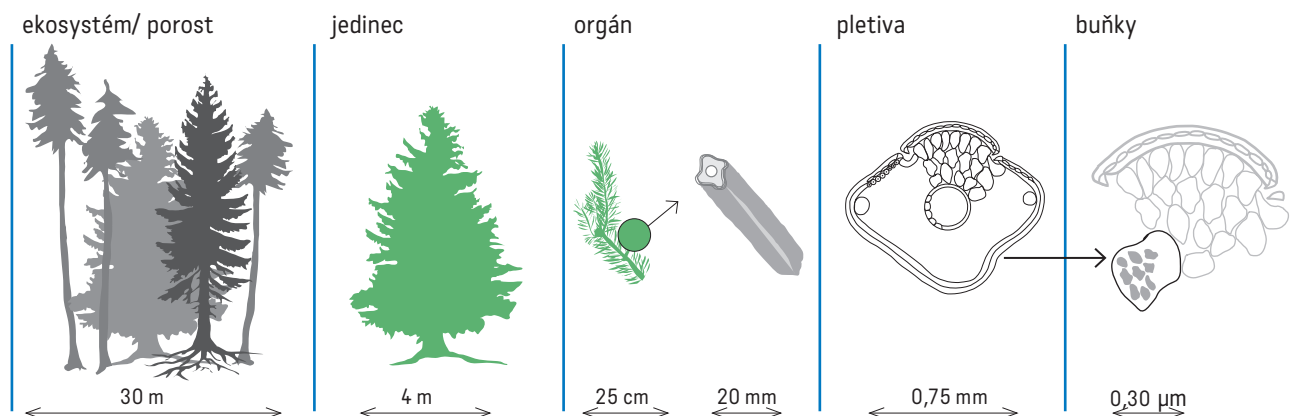
5.5. Zkuste formulovat další hypotézy, které si mohli klást autoři článku – vezměte si na pomoc úryvek textu (příloha 5).

5.6. Vymyslete svou vlastní hypotézu, kterou byste někdy v budoucnu chtěli ověřit.

Formulujte ji přesně – tak aby splňovala všechny podmínky dobře formulované hypotézy (viz výše).

6/ Plánuji a připravuji pokus

Rizikové prvky a jejich chování v prostředí lze sledovat od mikroměřítek až na úrovni celých ekosystémů. Nejběžnějším způsobem studia je odběr půdních či rostlinných vzorků, následná extrakce prvku ze vzorku a určení jeho koncentrace. Při studiu celých ekosystémů jsou sledovány látkové toky jednotlivých prvků.



Obr. 1. Úrovně zkoumání vlivu kontaminace půdy a dalších podmínek prostředí na rostliny

Nádobový pokus – simulované přírodní prostředí

Vliv kontaminace půdy rizikovým prvkem můžeme zkoumat též pomocí nádobového pokusu (obr. 2), kdy určitou část přírodního prostředí (půda a rostlina) přeneseme do umělého prostředí (květináč), ve kterém se však snažíme přírodní prostředí simulovat. Umělé prostředí nám lépe umožní nastavit a kontrolovat podmínky pokusu, které jsme zvolili jako vhodné pro ověření naší hypotézy. Také pozorování interakcí v půdě a mezi půdou a rostlinou je v umělém prostředí snazší.



Obr. 2. Nádobový pokus s ječmenem:
Zdroj: Masarykova střední škola chemická, Praha.

Plánování pokusu

Při plánování experimentu musíme vždy vzít v úvahu různé faktory, které ovlivní úspěšnost a proveditelnost pokusu (časování a rozsah různých měření, náklady na provedení pokusu, vhodná délka experimentu, podmínky pro rostliny apod.).

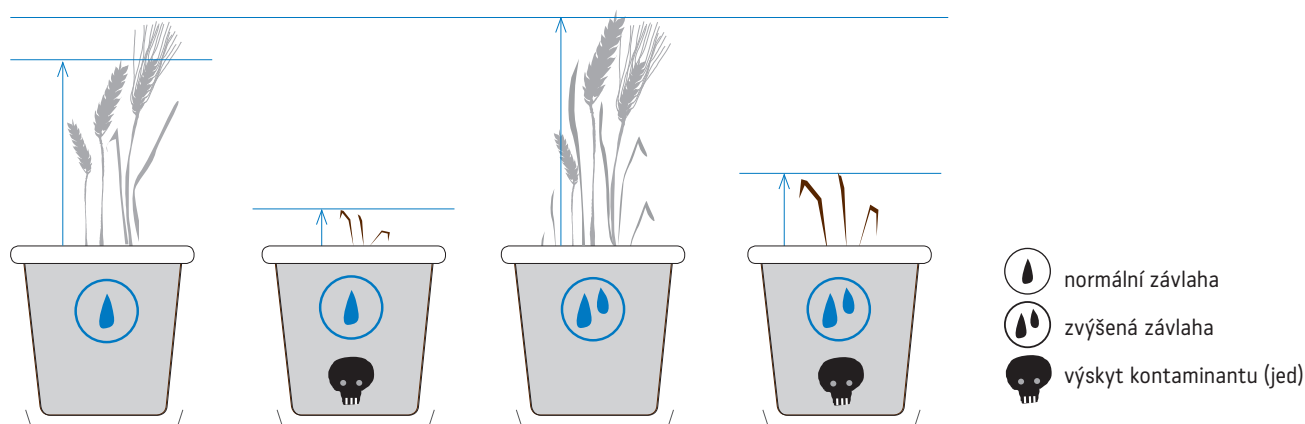
Příklad: Kontaminace půdy těžkými kovy

Těžké kovy a další rizikové prvky je často nutné stanovit, i když jsou ve vzorku půdy obsaženy v malém množství ($1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a menší). Aby výsledky nebyly zkreslené vnější kontaminací stejným prvkem (který se vyskytuje v různých materiálech), je nutné zvolit vhodné nástroje pro odběr vzorků a zajistit i vhodné vybavení pro analýzu. Nevhodná je např. nerezová ocel (obsahuje Cr, Mn, Mo a Ni) nebo slitiny mědi, stanovujeme-li obsah mědi v půdě.

6.1. Představte si, že zkoumáte vliv živin (hnojivo) na růst rostlin. Uveďte, které podmínky prostředí musí zůstat konstantní, abyste mohli pozorovat vliv právě jen této proměnné:



6.2. Která z následujících možností je tzv. kontrolní variantou pokusu, při kterém sledujeme vliv kontaminace půdy a zvýšené závlahy na růst obilí?



6.3. Představte si, že jste členem výzkumného týmu a máte za úkol vybrat lokalitu vhodnou pro studium zvýšeného množství arzenu v půdě a jeho možného přechodu do rostlin. Vyberete:

- a) Městskou oblast s převažující potravinářskou výrobou.
- b) Městskou oblast s převažujícím hutním průmyslem.
- c) Jakoukoliv oblast v okolí velkých aglomerací.
- d) Lokalitu ležící v lesních a zemědělských oblastech s častou aplikací chemických přípravků.

Proč jste se pro danou lokalitu rozhodli?

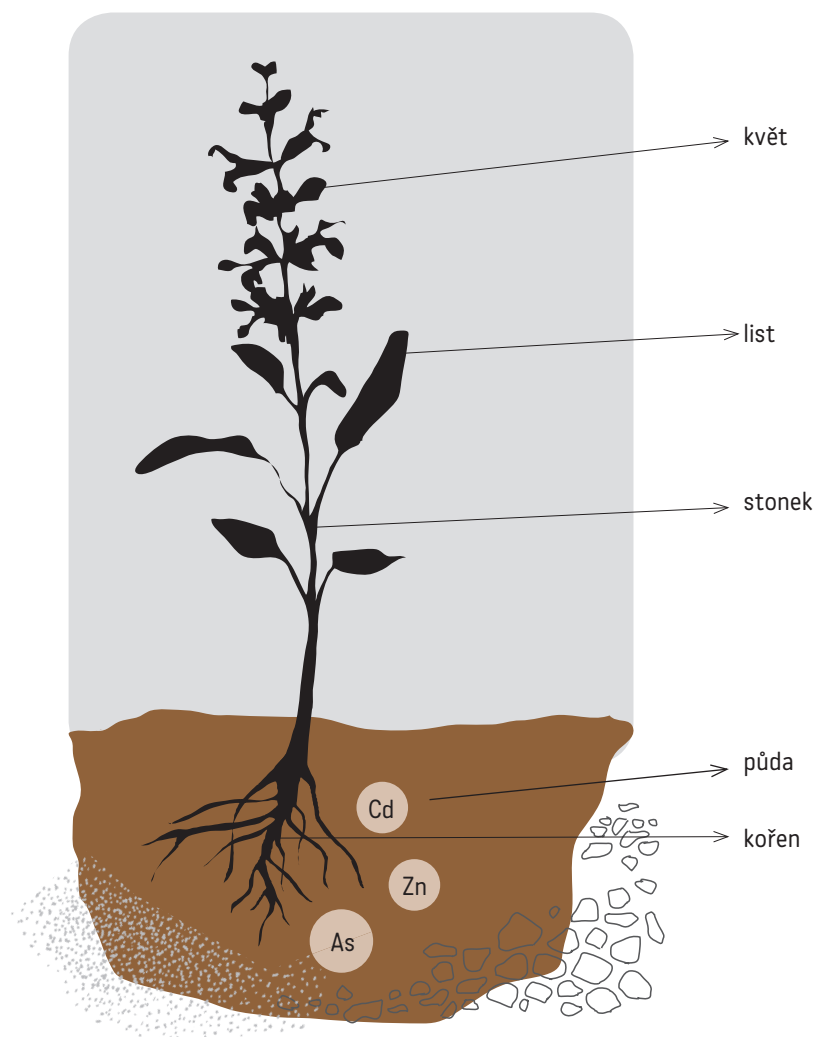
6.4. Stojíte před úkolem založit nádobový pokus, při kterém chcete sledovat přestup arzenu z půdy do rostliny. Jakou půdu budete potřebovat?

- Půdu zbavenou všech mikroorganismů.
- Stejnou půdu pro všechny pokusné rostliny – dobře promísenou.
- Půdu a sloučeninu arzenu, která je rozpustná ve vodě (např. arzeničnan draselný).

6.5. Představte si, že kromě vlivu kontaminace půdy chcete pozorovat i vliv zvýšené záливky na růst rostlin. Navrhněte plán pokusu (viz tab.), který bude obsahovat informace o počtu pěstovaných rostlin, o počtu květináčů a o způsobu, jakým nastavíte podmínky pokusu.

NÁZEV VARIANTY POKUSU	PODMÍNKY POKUSU (PROMĚNNÉ)	POČET KVĚTINÁČŮ	POČET ROSTLIN V KVĚTINÁČI

6.6. V určité fázi experimentu vás také zajímá pouze transport arzenu v rostlině. Pro jeho správný popis bude třeba sledovat obsah arzenu v těchto místech (zakroužkujte na obrázku):



6.7. Jak dlouho od založení budete nádobový pokus sledovat, pokud chcete zjistit přechod arzenu do rostliny a jeho pohyb rostlinou? Proč?

dny

týdny

roky

6.8. Pro stanovení obsahu rizikového prvku v rostlině použijete nejlépe:

- a) Čerstvou biomasu rostlin.
- b) Pouze podzemní část rostliny.
- c) Usušenou biomasu rostlin.
- d) Pouze nadzemní část rostliny.

7/ Co mi řeknou tabulky a grafy?

Během pokusu zaznamenáváme

- 1) data = to, co sledujeme (např. rychlost fotosyntézy nebo výška rostliny);
- 2) podmínky pokusu = vnější faktory, které experiment ovlivňují a jsou důležité, pokud chceme pokus v budoucnu opakovat za stejných podmínek;
- 3) další údaje = datum, místo, jméno měřícího, přesnost přístroje a další vnější podmínky, které v budoucnu mohou pomoci při interpretaci výsledků (počasí, nálada v týmu ...).

Zpracování a vyhodnocení dat

Příklad: Nádobový pokus

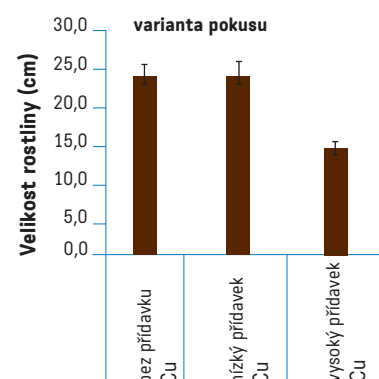
Sledujeme vliv mědi (Cu) na ječmen, pokus je založen ve třech variantách: na nulovém přídávku Cu (kontrolní varianta), nízkém přídávku Cu a vysokém přídávku Cu. Pro každou variantu pracujeme s trojím opakováním, máme tedy 9 nádob s ječmenem. Po dobu pokusu zaznamenáváme přírůstek ječmene a na konci pokusu výšku rostlin.

Data zpracujeme do přehledné tabulky (tab. 1) a grafu (graf 1). Graf vyhotovíme z průměrů zjištěných hodnot, což ukazuje výsledky všech opakování. Tyto výsledky by měly být dále porovnány s literaturou a diskutovány, např. vliv Cu na rostliny, odolnost ječmene proti těžkým kovům apod.

Tab. 1 a Graf 1.

Vliv aplikace různě koncentrovaných roztoků CuSO₄ na růst ječmene

	VELIKOST ROSTLINY (cm)		
	BEZ PŘÍDAVKU Cu	NÍZKÝ PŘÍDAVEK Cu	VYSOKÝ PŘÍDAVEK Cu
1. OPAKOVÁNÍ	23,1	22,4	15,9
2. OPAKOVÁNÍ	23,8	24,5	14,6
3. OPAKOVÁNÍ	25,6	25,9	13,1
PRŮMĚR	24,2	24,3	14,5
MEDIÁN	23,8	24,5	14,6



7.1. Co z grafu a tabulky vyčteme? Vyberte správné ze dvou slov:

Z tohoto grafu můžeme říci, že NÍZKÝ / VYSOKÝ přírůstek Cu nemá vliv na růst rostliny. Růst je stejný jako ve variantě bez přídatku Cu. Vysoký přírůstek Cu prokazatelně SNIŽUJE / ZVYŠUJE růst rostliny.

Průměr je nejčastěji používaný při hodnocení souboru více dat, chceme-li zjistit jedno číslo, které by reprezentovalo všechna data. Aritmetický průměr má omezení, například není vhodné ho používat, pokud v souboru dat máme hodnotu, která se výrazně liší od ostatních, a tím průměr zkresluje – aritmetický průměr pak nic neříká o typické hodnotě dat v souboru.

Příklad (převzatý z http://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetický_průměr)

Aritmetický průměr majetku občanů v americkém městě Redmond je velice vysoké číslo, což ovšem neznamená, že *typický* obyvatel tohoto města je bohatý. Tento fakt pouze odráží tu skutečnost, že v daném městě bydlí multimiliardář Bill Gates.

Počítáme-li průměr souboru {3, 4, 4, 4, 5, 19}, dostaneme 6,5. Ovšem již pouhým pohledem vidíme, že drtivá většina čísel je pod touto hodnotou. Číslo 6,5 tedy úplně nereprezentuje daný soubor. Pro tento soubor dat by bylo lepší použít jinou veličinu, a sice **medián**. Když seřadíme data v souboru od nejmenšího po největší, pak medián je hodnota (číslo), která dělí soubor na dvě stejně početné poloviny (tj. nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu). Medián u souboru {3, 4, 4, 4, 5, 19} je tedy 4, což soubor vhodně reprezentuje.

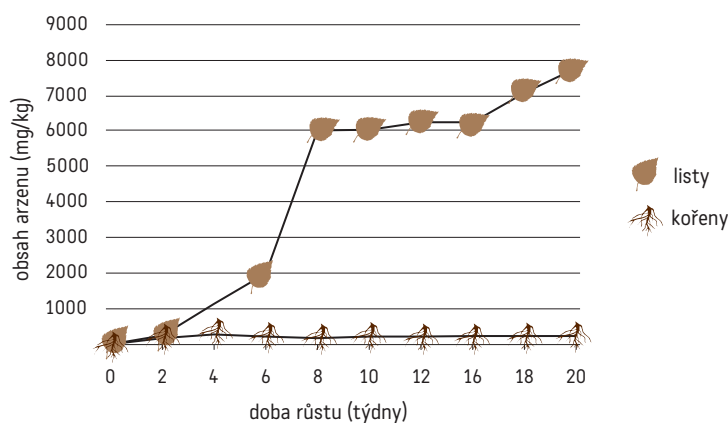
7.2. Při provádění pokusu bychom měli zaznamenávat nejen data, ale i ostatní podmínky. Vymyslete alespoň 5 dalších věcí, které byste si měli (např. při provádění nádobového pokusu uvedeného v příkladu výše) při zaznamenání naměřených dat zapsat:

Klíčovou dovedností při vyhodnocování výsledků je nejen umět data zpracovat, ale i dokázat je interpretovat z již zpracovaných grafů či tabulek.

7.3. S použitím grafu 2 odpovězte na otázky a–c.

- V jaké části rostliny dochází k nejvyšší akumulaci arzenu? _____
- V kterém týdnu začíná kapradina nejvíce ukládat arzen? _____
- Odhadněte, kolikrát se liší obsah arzenu v kořenech a listech rostlin ve dvacátém týdnu růstu rostlin. _____

Graf 2. Změny obsahu arzenu v kapradině křídelnici během 20 týdnů růstu na půdě kontaminované pesticidem.



S pomocí tabulky 2 řešte následující dva úkoly:

Tab. 2. Koncentrace As v kapradině křídelnici po 2 a 6 týdnech pěstování v půdě s různou koncentrací As.

ROSTLINA	OBSAH As V PŮDĚ (mg.kg ⁻¹)	OBSAH As V ROSTLINĚ (mg.kg ⁻¹)	
		2 týdny	6 týdnů
A	6	755	438
B	50	5131	3215
C	400	3525	6805
D	500	7849	21290
E	1500	15861	22630

7.4. Rozhodněte, která tvrzení jsou správná:

- Koncentrace arzenu v rostlině rostoucí na kontaminované půdě se časem vždy zvyšují.
- Nejnižší obsah arzenu v 6. týdnu růstu byl zjištěn u kapradin pěstovaných v půdách s obsahem 6 mg.kg⁻¹.
- Obsah arzenu v rostlině je tolikrát větší, kolikrát je větší obsah arzenu v dané půdě.

7.5. S pomocí tabulky 2 doplňte následující tvrzení:

- Největší rozdíl obsahu arzenu v rostlině v 2. a 6. týdnu růstu prokázaly kapradiny rostoucí v půdě kontaminované arzenem o koncentracimg.kg⁻¹.
- Za dva týdny růstu v sobě měly pokusné rostliny naakumulováno alespoň desetinásobek arzenu obsaženého v půdě, ve které rostly. Pro kterou rostlinu A–E to neplatilo?

8/ Na co jsme přišli a k čemu nám to bude?

Zhodnocení a formulace závěru

Po provedení pokusu, zaznamenání a vyhodnocení výsledků je třeba zformulovat, co jsme vlastně naším pokusem zjistili. Musíme porovnat naše výsledky s hypotézami, které jsme formulovali před provedením pokusu a vyhodnotit, zda zjištěné výsledky naši hypotézu potvrzují, či nikoliv.

Také je dobré vrátit se k informacím, které jsme o problematice našli před naplánováním pokusu (k výsledkům předchozích pokusů). Je třeba porovnat dříve publikované výsledky s těmi našimi a zamyslet se, v čem se naše výsledky a závěry shodují či liší.

Co by měl závěr obsahovat?

- podstatu našeho zjištění – nikoliv jen čísla, která nám v pokusu vyšla, ale jejich interpretaci a zobecnění či komentář k nim;
- přínos pro porozumění dané problematice;
- další otázky nebo směr budoucího zkoumání.

Závěr by měl být:

- shrnující;
- srozumitelný;
- stručný.

8.1. Formulace závěru

Vžijte se do role autorů článku z Vesmíru (příloha 3) a z následujících závěrů vyberte ten, který by nejlépe odpovídal výsledkům prezentovaného výzkumu a přitom odpovídal tomu, jak má být závěr správně formulován:

A) *Kapradina křídelnice (Pteris vittata) je tzv. hyperakumulátorem arzenu. Tato rostlina má schopnost ve svých listech akumulovat až tisícinásobné množství arzenu oproti jiným rostlinným druhům. Schopnost některých rostlin přijímat kontaminanty z půdy, akumulovat či přeměňovat je ve svých tělech na látky neškodné, je využívána při fytoremediaci půd. Tyto poměrně nové technologie představují možné řešení pro „ozdravění“ půd kontaminovaných např. nebezpečnými těžkými kovy.*

B) *Kapradina křídelnice (Pteris vittata) pochází z východní Asie, rozšířila se však téměř do všech subtropických a tropických oblastí světa. Roste na pobřežních skalách a útesech, v okolí silnic i na starých zdech, často na stanovištích narušovaných lidskou činností. Křídelnice dokáže svým oddenkem extrahovat z vody jedovatý arzen a kumulovat ho v listech, a to až do 2,2 % sušiny.*

C) *Fytoremediace představuje řešení jednoho z nejotravnějších problémů pro environmentalisty – odstraňování těžkých kovů z půdy. Nová technologie využívá rostliny k vyčištění toxických stanovišť, bylo např. objeveno kapradí s mimořádnou chutí na arzen. Kapradině křídelnici nevádí přítomnost arzenu, ale dokonce si pochutná i na karcinogenních těžkých kovech. Zdá se, že této rostlině se dokonce lépe daří v kontaminovaných půdách. Řešením by bylo pěstovat kapradí na toxickém stanovišti, poté sklízet listy i stonky kapradí, a pak je zneškodnit jako odpad.*

Aplikace výzkumu v praxi

Lidé si často kladou otázku, k čemu je vlastně výzkum dobrý. Zvláště u odvětví, která na první pohled nejsou vůbec spojena s každodenním životem a jejichž praktickou aplikaci si běžný smrtelník neumí představit, vyvstávají pochybnosti, zda má vůbec smysl do výzkumu investovat peníze a lidský potenciál. Je pravda, že od jednoho konkrétního výsledku vědeckého experimentu nebo nového objevu je k praktickému využití ještě dlouhá cesta.

Přesto, pokusme se nyní zamyslet, jaké možné aplikace do praxe nám přináší výsledky zveřejněné v článku, který vás provázel během řešení úloh vědeckého postupu.

8.2. Se kterými oblastmi lidské činnosti by mohl mít problém řešený v článku spojitost?

Kde by se daly nově zjištěné poznatky uplatnit?

8.3. Vraťte se k článku. Našli jste přímo v článku zmínku o možném využití výzkumu v praxi?

8.4. Najděte v literatuře či na internetu příklady aplikací výzkumu z článku, které byly realizovány nebo se chystají v České republice.

9/ Prezентujeme své výsledky ostatním

9.1. Proč vědci svoje výsledky a myšlenky prezentují či publikují?

9.2. Jaký způsob prezentace výsledků byste použili, pokud byste:

- a) byli na konferenci a chtěli byste, aby se o vaší práci dozvědělo co nejvíce lidí, protože potřebujete získat kontakty;
- b) chtěli představit mladším spolužákům to, co děláte – máte na to jednu vyučovací hodinu;
- c) se chtěli dostat do povědomí lidí, kteří se např. zabývají studiem lesa;

9.3. Níže jsou uvedeny nejběžnější způsoby, které se (nejen) ve vědě používají k prezentaci toho, co člověk dělá. Které z nich by se daly použít pro situace a, b, c v minulé otázce?

powerpointová prezentace

článek pro časopis

poster – nástěnný plakát

9.4. Jaké další způsoby prezentace byste použili vy v rámci třídy nebo školy?

9.5. Prezentace musí splňovat určité zásady, aby byla účinná. Zatrhněte v tabulce, které vlastnosti a náležitosti vám přijdou důležité a typické pro jednotlivé typy prezentace:

	Powerpointová prezentace	Článek pro časopis	Poster – nástěnný plakát
velká písmena textů – čitelná ze vzdálenosti 1 m a větší			
zajímavá grafika, využití různě barevných ploch			
maximální využití fotografií, grafů, schémat			
kontakt na autora			
poutavý název v nadpisu			
minimum textu			
text je v heslech (odrážky, číslování)			
souvislý text (odstavce)			
grafy a tabulky doplňují text			
seznam zdrojů v závěru			
jméno autora a jeho pracoviště			
začlenění interaktivních ukázek (animace, video)			
nezodpovězené otázky			
dodržování zásad citace			

Lekce elearningu

1 - Proč vlastně dělat vědu?

Podněty a otázky ve vědě, první krůčky odborné spolupráce, věda je posláním, někdy posedlostí.

2 - Vědecké prostředí a literatura

Zdroje informací ve vědě, rozlišení relevantních zdrojů, vyhledávání v elektronických databázích, týmová práce.

3 - Hypotézy

Věda = myšlení v hypotézách, správně formulovaná hypotéza, plánování pokusu a rozvržení vědecké práce

4 - Metody

Volba relevantních metod zkoumání, vědecký postup krok za krokem, experimentální metody.

5 - Vyhodnocení dat

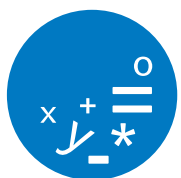
Kontrola výsledků, interpretace a prezentace dat, vzájemné závislosti zkoumaných veličin, zobecňování dat.

6 - Předávání výsledků

Otevření vědeckých šuplíků, poster nebo článek, popularizace vědy v praxi, objevy, k čemu to všechno je?

7 - Vědecká etika

Vědci vs. šarlatáni, kontrola dat a objasnění chyb, pár slov o zúrodnění omylů ve vědě, odpovědnost za zneužití vědy.



01_03
vědecký
postup

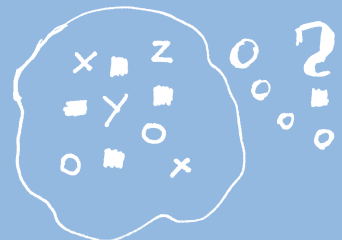
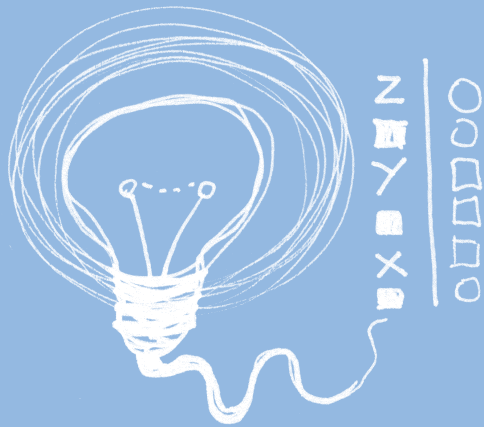
Vydalo Sdružení TEREZA
v Praze roku 2010.
www.terezanet.cz

Grafická úprava, sazba a DTP příprava: 2GD studio
Ilustrace: Kateřina Janatová, Blanka K. Špičáková (2GD studio)
Fotografie: archiv Sdružení TEREZA (pokud není uvedeno jinak)



<http://elearning.projekt3v.cz>

<http://elearning.projekt3v.cz/> – online e-learningové lekce s tématy: Vědecký postup, Koloběh uhlíku, Pedologie.
<http://datel.projekt3v.cz> – online systém DATEL pro online tvorbu studentských článků.



1/ Obyvatelé planety Bačkora

A) Motivační text

Obyvatelé planety Bačkora, kteří pozorují Zemi z velké vzdálenosti, se zajímají především o její zelenou část. Obyvatelé planety Bačkora mají zvláštní způsob poznávání světa okolo sebe. O okolních objektech nejsou schopni přemýšlet jako o jednotlivostech nebo izolovaných jevech. Pro pochopení významu vždy potřebují srovnání minimálně dvou objektů, vyjádřené nejlépe přesným vztahem mezi jedním a druhým objektem.

Nikdy nepochopí co je



pokud jim jen budete popisovat, jak



vypadá. Ale pokud jim řeknete, že



má vždy o 20 měkoňů měkčí tlapičky než



zařadí si



na stupnici tlapičkové měkkości na správné místo.

Aby nedocházelo ke špatnému zařazení v jejich myšlenkové pavučině (kterou pořád tahají s sebou), je nezbytné předkládat Bačkoranům pouze stoprocentně ověřené informace. Když budete tedy popisovat vztah mezi vybranými objekty, musíte se nejdříve přesvědčit, zda opravdu platí, či zda je to jen vaše blouznivá domněnka. Nejlépe uděláte, pokud svou domněnku otestujete na více exemplářích a opakovaně.

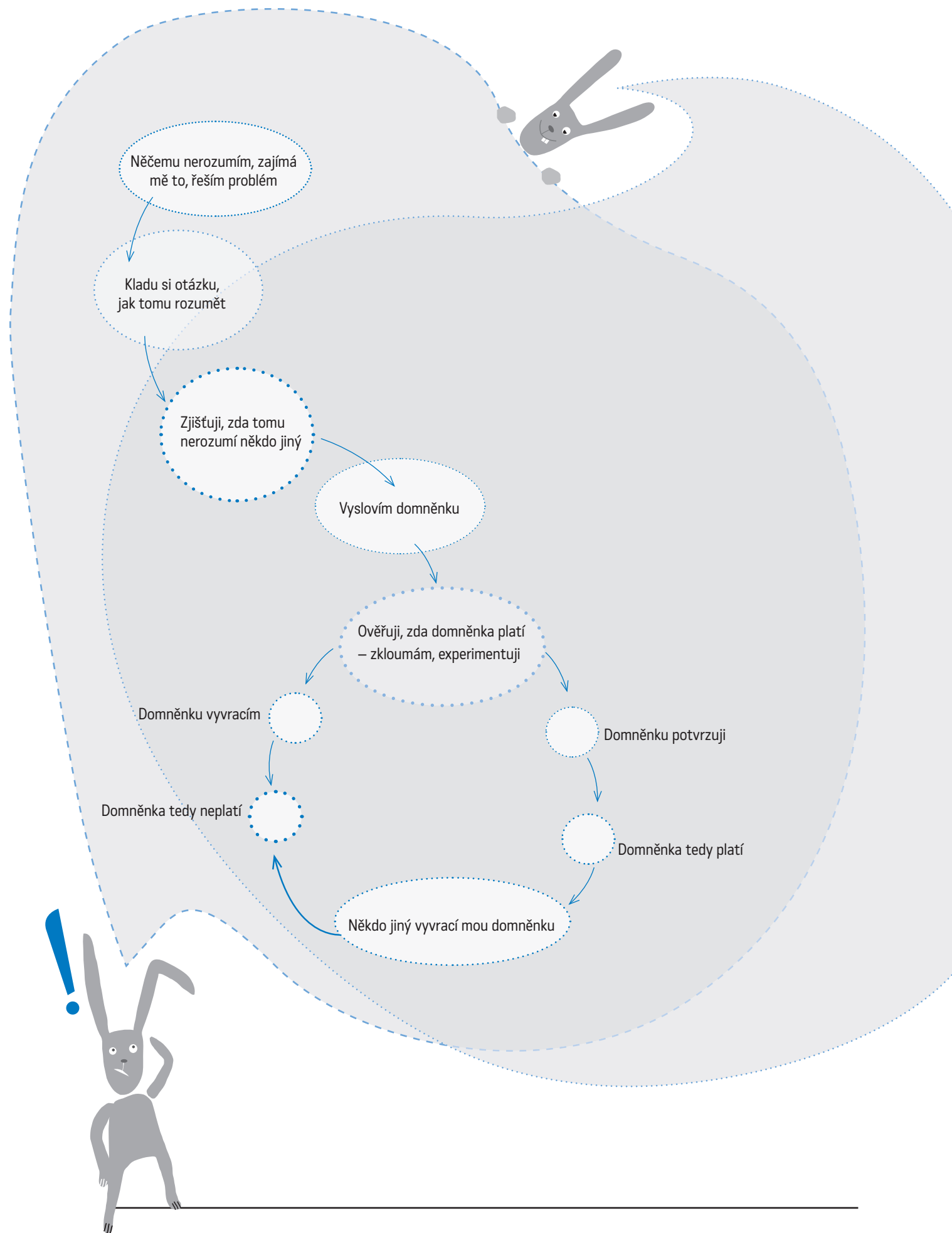
Možná vám myšlení lidí z Bačkory přijde zvláštní, nepraktické nebo nedomyšlené, ale to se vám může stát i pokud se setkáte s běžným obyvatelem své planety.

Pojďme tedy Bačkoranům představit alespoň malý kousek toho, co je na naší planetě zelené.

B) Instrukce

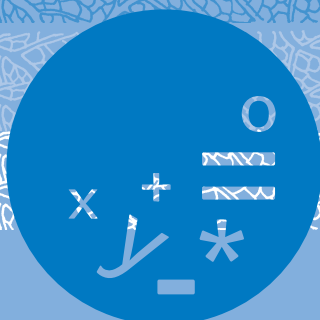
- 1) Vyberte si ve svém okolí zelený objekt, který byste chtěli Bačkorům popsat. Najděte k němu ještě druhý, který se k němu vztahuje, abyste oba objekty mohli porovnat nebo popsat ve vzájemném vztahu.
- 2) Zaměřte se na objekty. Zjistěte, co vás osobně na objektech nejvíce zajímá.
Právě ty nejzajímavější věci většinou stojí za to zkoumat a sdílet i s jinými planetami.
- 3) Popište vztah mezi objekty, запиšte si svou domněnku.
- 4) Co teď s mou domněnkou? Co navrhuje jako nejlepší postup, abyste nakonec mohli Bačkoranům předat vaši ověřenou informaci o vybraném zeleném objektu?
- 5) Nyní je potřeba domněnku otestovat, vyzkoušet, zda platí či ne.
Připravte si podrobný plán, jak to uděláte: co budete potřebovat, jak si rozdělíte práci ...

C) Schema ověřování hypotézy (domněnky)





Lesy v globálním koloběhu uhlíku jak dalece jsou významným hráčem?



**vědecký
postup**

Lesy v globálním koloběhu uhlíku jak dalece jsou významným hráčem?

FILIP OULEHLE
JAKUB HRUŠKA

Studium koloběhu uhlíku se do popředí zájmu dostalo ve spojitosti s globální změnou klimatu.

Lesy na planetě Zemi pokrývají 30 % souše. Zároveň jsou zásobárnou 45 % veškerého suchozemského uhlíku a tvoří 50 % čisté primární produkce suchozemských ekosystémů. Z toho vidíme, že lesy hrají v globálním koloběhu uhlíku nezastupitelnou úlohu.

Kde jsou zdroje a kde propady CO₂?

Mgr. Filip Oulehle, Ph.D., (*1979) vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. V České geologické službě se zabývá biogeochemií ekologicky významných prvků.

RNDr. Jakub Hruška, CSc., (*1964) vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. V České geologické službě se zabývá biogeochemií působení kyselých dešťů na horské ekosystémy.

V posledních 650 000 letech se úroveň koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře pohybovala v rozmezí 180 až 300 ppm, jak dokládají vrtná jádra z kontinentálních ledovců. Od konce posledního zalednění zhruba do poloviny 18. století byla někde mezi 260 a 280 ppm. Od té doby rostla, až dospěla na 380 ppm (obr. 1). Dnes už není pochyb o tom, že za tímto prudkým nárůstem stojí lidská činnost. Hlavní podíl (75 %) na globálních antropogenních emisích CO₂ do atmosféry nese spalování fosilních paliv. Dalším významným zdrojem antropogenních emisí CO₂ je změna ve využívání krajiny. Nejvýraznějším projevem je odlesňování v tropických oblastech motivované touhou získat zemědělskou půdu. Za posledních 200 let jsme vypustili do atmosféry přes 400 Gt uhlíku a výsledkem je zvýšení koncentrace CO₂ v ovzduší. Od konce 18. století se tedy zvýšil obsah uhlíku v atmosféře o 212 Gt, což ovšem neodpovídá oněm 400 Gt celkových emisí CO₂ vypuštěných za tuto dobu člověkem. Tato disproporce je vysvětlitelná tím, že přibližně 55 % emitovaného uhlíku je absorbováno oceány a suchozemskými ekosystémy.

Koncentrace CO₂ a teplota v lesním ekosystému

Nárůst koncentrace CO₂ v ovzduší, společně s dalšími skleníkovými plyny, je v příčinné souvislosti s pozorovanou klimatickou změnou. A to ať se na ní člověk aktivně podílí nebo ne. Klimatická změna tu prostě je a nejmarkantnějším projevem je vzrůst teploty. Za posledních 100 let vzrostla průměrná globální teplota o 0,74 °C. Jak koncentrace CO₂, tak teplota mají vliv na koloběh uhlíku v lesích.

Mnoho experimentů prokázalo, že zvýšená koncentrace CO₂ urychluje růst dřevin, protože povzbuzuje fotosyntézu. Navíc narůstá listová plocha, která efektivněji zachycuje dopadající sluneční světlo. Čistá primární produkce ekosystému stoupá. Tento efekt se často označuje jako hnojení uhlíkem. Zdá se, že změny jsou nejvýraznější na počátku experimentu, a posléze se efekt

hnojení CO₂ vytrácí. Proč tomu tak je, není ještě zcela vyřešeno, ale zdá se, že zrychlený růst a s ním spojené větší nároky na živiny, zejména na dusík, jsou tím limitujícím faktorem. Podobný efekt jako zvýšení koncentrace CO₂ má vzrůst teploty. Oboje totiž povzbuzuje rychlost fotosyntézy.



obr. 2. Přirozený konec starých jedinců smrku v ekosystému horského lesa. Snímek z oblasti Březníku v NP Šumava.

Koloběh uhlíku v lesní půdě

Je ale velmi důležité si uvědomit, že v lesní půdě je zásoba uhlíku zhruba dvojnásobná než množství uhlíku v nadzemní biomase. Tento poměr platí pro lesy mírného pásma, v boreálních lesích (tajga) může vystoupat až na 5 : 1.

O dlouhodobém vlivu zvýšené koncentrace CO₂ a teploty na koloběh uhlíku v půdě se toho stále mnoho neví. Při zvýšené koncentraci CO₂ se může zvýšit produkce opadu, který bude sice bohatý na energii uloženou fotosyntézou do organických sloučenin uhlíku, ale chudší na jiné živiny (například dusík či vápník a hořčík). Produkce takto živinově chudého substrátu je pro další využití mikroorganismy limitující. Důsledkem je hromadění uhlíku v půdě ve formě špatně rozložitelné organické hmoty.

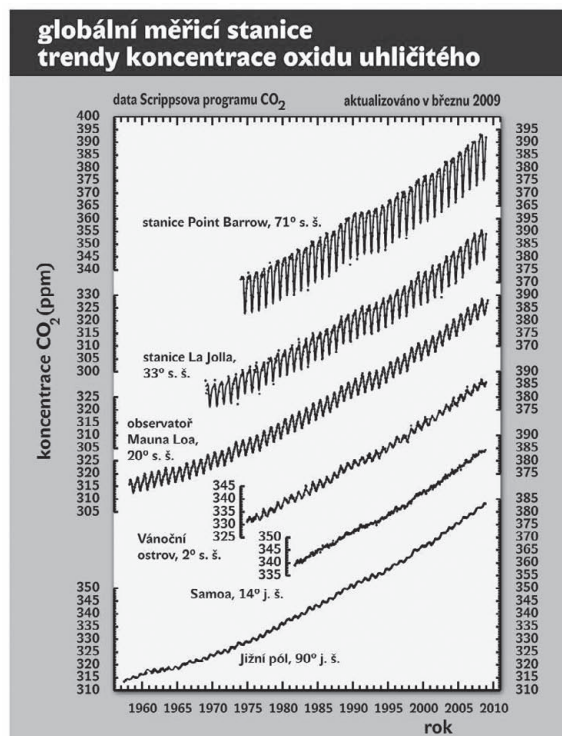
Vzrůst teploty může zvýšit účinnost rozkladu, a tím vyrovnávat zhoršenou kvalitu organické hmoty. Je otázkou, jakou roli hraje v procesu produkce a rozkladu organické hmoty přizpůsobení vegetace nebo půdních mikroorganismů změněným podmínkám.

Dusík je limitující živinou

Jednou z hlavních negativních zpětných vazeb ovlivňujících akumulaci uhlíku v lesním ekosystému je dostupnost živin. Jde především o dusík, který ve většině lesních ekosystémů limituje čistou primární produkci. Dusík se v atmosféře (78 %) vyskytuje ve formě poměrně inertní molekuly N₂, která je pro živé organismy až na výjimky nevyužitelná. Rozbít trojnou vazbu mezi atomy dusíku vyžaduje mnoho energie, kterou je možno získat buď při vysokoteplotních procesech (jako je blesk), nebo to dokážou specializované mikroorganismy, vazači dusíku. Tak přirozeně vznikají biologicky využitelné formy dusíku – reaktivní dusík.

Množství reaktivního dusíku pocházejícího z lidské činnosti vzrostlo z 15 Mt v roce 1860 na 165 Mt v roce 2000. Nejvíce se na tomto vzrůstu podílí tvorba reaktivního dusíku při spalování fosilních paliv a používání umělých dusíkatých hnojiv. Množství reaktivního dusíku vzniklého lidskou činností ovšem předčí množství dusíku fixovaného přirozenou biologickou cestou. (viz Vesmír 80, 153, 2001/3; 83, 227, 2004/4).

Lesní ekosystém žije především z dusíku vázaného symbiotickými mikroorganismy a z dusíku deponovaného srážkami do půdy.



Všechny snímky © autoři článku.

obr.1. Vývoj koncentrací CO₂ na stanicích severní a jižní polokoule. Obrázek je převzat z Scripps CO₂ Program (<http://scrippsco2.ucsd.edu>).

obr. 3. Přirozené zmlazení lesa po požáru v Yellowstone National Parku ve státě Wyoming, snímek z r. 2006.



Zatímco v místech bez průmyslu a dopravy se ukládá formou depozice 1–2 kg dusíku na hektar za rok, v hustě obydlených zemědělských oblastech se to může blížit 100 kg. Dlouhodobě zvýšená depozice může postupně ekosystém nasycit. Nevyužitý dusík se dostává do půdních i povrchových vod a způsobuje jejich eutrofizaci, popřípadě i okyselení. Po delší době klesne čistá primární produkce, v experimentálně vyvolaných případech les dokonce i odumře. Už víme, že dostupnost dusíku ovlivňuje produkci biomasy. Nelze se tedy zabývat akumulací uhlíku, aniž se zabýváme dostupností a koloběhem dusíku. Zvýšení čisté primární produkce při zvýšené koncentraci CO_2 odeznívá tam, kde není dostatek přijatelného dusíku. Pokud chybějící dusík dodáme, můžeme opět povzbudit vzrůst čisté primární produkce, především skrze vzrůst biomasy olistění a koncentrace fotosyntetizujícího enzymu RuBisCO (viz Vesmír 88, 221, 2009/4; Vesmír 83, 130, 2004/3; Vesmír 77, 463, 1998/8).

V evropských lesích vzrůstá zásoba nadzemní biomasy a rychlost růstu stromů se od padesátých let 20. století znatelně zvyšuje. Jedním z faktorů, který může tento fenomén vysvětlit, je právě vysoká depozice dusíku a jeho efektivní využití v jinak dusíkem limitovaných ekosystémech. Zvýšená depozice dusíku totiž brzdí rozklad organické hmoty a zároveň podněcuje produkci biomasy. To vše za předpokladu, že dusík nepřestal být limitní živinou a lesní ekosystém není dusíkem přesycen. Čím vyšší depozice, tím větší ekosystémová produkce. Na každý kilogram dusíku spadlého ve srážkách do lesa může připadat. Nárůst akumulace uhlíku až o 200 kg. Na druhou stranu výzkumy založené na bilančních metodách a experimentech s dodáváním dusíku počítají s odezvou čisté ekosystémové produkce v rozmezí 30–70 kg uhlíku na 1 kg dusíku. Tato zjištění otevírají cestu k dalším otázkám. Můžou být lesy hnojeny, aby zadržely více atmosférického CO_2 ? Můžeme takto zvýšenou produkci využít k náhradě fosilních paliv? Pokud ano, nedojde k nevratnému poškození ekosystémů ve vztahu k biodiverzitě či chemismu půd? Nejsou lesy již dnes vystaveny neúměrně vysoké zátěži dusíku, která povede k rozvratu těchto ekosystémů?

Co se děje při polomu?

Život lesa se nese ve znamení neustálých drobných, ale někdy i rozsáhlých narušení. Pád jednotlivého stromu bude asi častější než větrná smršť či požár (viz rámeček Polomy, smrště, požáry).

POLOMY, SMRŠTĚ, POŽÁRY

Mezi nejběžnější narušení lesa patří požáry, časté v Severní Americe (obr. 2 a 4), vichřice, známé z poslední doby v Evropě (obr. 5) a jako jejich stín invaze hmyzu (obr. 6). Častější výskyt a vyšší intenzita narušení lze očekávat jako následek klimatické změny. V současnosti například dochází k rozpadu lesa v Britské Kolumbii v Kanadě na území velkém 130 tisíc km^2 . Příčinou jsou požáry a následné invaze hmyzu. Na základě modelování bylo spočteno, že takto postižený les uvolní mezi lety 2000 a 2020 asi 990 Mt CO_2 , což odpovídá celkovým kanadským emisím z dopravy za 5 let.

Každá taková příhoda je ale zároveň ve svém důsledku zdrojem stability. Tyto události mají velký vliv na koloběh uhlíku. Především se odstraní rozsáhlá část biomasy, která je později přístupná rozkladu. Až doposud jsme hodnotili výměnu uhlíku mezi atmosférou a porostem na základě ročních bilancí, kdy je hromadění uhlíku blízké čisté ekosystémové produkci. V dlouhodobém horizontu je důležité si uvědomit, že požár, větrný polom nebo těžba významně ovlivní dlouhodobou bilanci uhlíku. Jednorázově totiž uvolní velké množství uhlíku. Míra čisté akumulace uhlíku v lesním ekosystému je tedy primárně závislá na stáří porostu (míněna čas od posledního narušení), na režimu narušování a na zacházení s lesem.

Les se po každém narušení stává čistým zdrojem uhlíku. Jsou zde velké rozdíly, například čerstvě sklizená pařezina bývá zdrojem uhlíku pouze po několik let, poté ukládání uhlíku v biomase předčí ztráty způsobené dýcháním. Naopak holosečná těžba dospělého lesa porost posune do role čistého zdroje uhlíku na několik desetiletí. Produktivita porostu je závislá na intenzitě hospodaření (prořezávky, probírky, hnojení). Na schopnost ukládat uhlík má vliv také výběr druhu zalesňovací dřeviny. Zdá se, že přeměna listnatého lesa na jehličnatý může podnítit zvýšenou akumulaci uhlíku a naopak. Je to dáno především tím, že rychlost růstu jehličnatých dřevin je vyšší než listnatých, a navíc se opadané jehličí rozkládá hůře než listy. Doba obměny (věku určeného k těžbě) nemá na celkovou bilanci uhlíku až tak velký vliv.

V dlouhodobém měřítku není velký rozdíl v bilanci uhlíku mezi porosty mladými a staršími. Výjimkou jsou opravdu staré lesy, kde je uhlík dlouhodobě zadržován v půdě. Potenciál pralesů akumulovat uhlík je považován za zanedbatelný. S tím, jak les stárne,



4. Následky orkánu Kyrill z ledna 2007 v Trojmezenském pralese v Národním parku Šumava. Snímek z léta 2008, kdy došlo k přirozenému namnožení lýkožrouta smrkového.

relativně ubývá fotosynteticky aktivního listí či jehličí a zároveň vzrůstá autotrofní respirace, tudíž čistá primární produkce klesá na minimum. Podle nejnovějších výzkumů se ale zdá, že i lesy mírného pásma starší než 200 let jsou schopny uhlík akumulovat v nezanedbatelné míře. Příčinou může být dlouhodobý koloběh rozkladu listí a kořenů, který přispívá k hromadění uhlíku ve formě stabilního humusu v půdě, nepřístupného dalšímu rozkladu. Staré lesy ale také mohou reagovat na vyšší koncentraci CO_2 a zvyšovat čistou primární produkci. Představa, že nahradíme starý prales plantáží rychle rostoucích dřevin, a tím povzbudíme ukládání uhlíku, je mylná. Odstraněním starého pralesa se uvolní ohromné množství uhlíku vázaného v biomase, a zejména v půdě. A to nemůže být získáno zpět tradičním hospodařením s danou délkou obmětí.

Budou lesy v České republice zásobárnou uhlíku?

V současné době roste les na třetině území České republiky. Zhruba od poloviny 18. století se začalo uplatňovat intenzivní hospodaření v lese s cílem zajistit dostatečný zdroj dřeva. V té době les pokrýval 20 % území a byl využíván jako zdroj dřeva, pro lesní pastvu či jako zdroj steliva pro dobytek. Tento extenzivní přístup se s příchodem Tereziánského lesního řádu (1745) pomalu změnil na pěstování především smrkových monokultur. Od té doby rozloha lesa neustále roste (viz rámeček Vývoj v číslech).

Tradiční hospodaření v lese a s ním spojená těžba nemá v dlouhodobém měřítku na bilanci uhlíku velký vliv. Mýtní věk našich porostů zaručuje dostatečnou dobu na obnovu zásoby uhlíku v biomase i v půdě. V našich podmínkách je les po těžbě zdrojem uhlíku pro atmosféru po dobu 10–20 let, poté produkce významně převáží nad respirací a maximální čistá ekosystémová produkce dosáhne kolem 30 let věku. Těžbou dřeva odnášíme každoročně asi 5–6 Mt uhlíku (mýtní těžba se uskutečňuje na zhruba 260 km²).

Roční těžbou dřeva odnášíme a skrze půdu do atmosféry emitujeme 7–8 Mt C, to je 17–20 % celkových antropogenních emisí uhlíku v České republice. Na druhou stranu jen do biomasy kmenů je každoročně zabudováno 5,5 Mt uhlíku, zbytek je akumulován v dalších částech porostu a půdě. Výsledkem je dlouhodobě vyrovnaná bilance uhlíku v našich lesích při současném způsobu těžby. Každoročně roste plocha lesa zhruba o 2000 ha, a to zejména na úkor zemědělské půdy. Tyto zalesněné plochy budou v mýtním věku obsahovat kolem 360 000 tun uhlíku vázaného v biomase stromů.

Zalesňováním se tedy každoročně zvyšuje schopnost akumulace uhlíku v biomase stromů. Další část se hromadí v půdě. Stárnutí porostů má příznivý vliv na hromadění uhlíku v dlouhodobém měřítku. To je další důvod proč chránit staré lesy, ale přináší to i řadu rizik. Dnešní hospodářské lesy jsou zejména smrkové monokultury pěstované na původních stanovištích listnatých či smíšených lesů. Jestliže se nechají přestárnout, hrozí jejich rozpad například větrem či přemnožením hmyzích škůdců. Musíme proto rychle přistoupit k pěstování přírodě blízkých smíšených lesů, kde budou uvedena rizika mnohem menší.

Chceme-li mít v budoucnu více stabilních lesů, nezbývá nám než podporovat jejich přirozený vývoj. Chceme-li v lesích skutečně kumulovat uhlík, nezbývá, než je nechat více „pralesovat“.



obr. 5. Národní park Šumava.



obr. 6. Beskydy

VÝVOJ V ČÍSLECH

Zásoba dřevní biomasy v ČR činí 543 Mt, což představuje 272 Mt uhlíku. Hlavní část je vázána v nadzemní biomase (91%) a zbytek v kořenech. Na 1 hektar lesní plochy připadá průměrně 100 tun uhlíku vázaného v nadzemní biomase a 150–200 tun uhlíku v půdě. Celkem je v našich lesních ekosystémech akumulováno 680–820 Mt uhlíku. Emise skleníkových plynů (včetně CO_2) v ČR v roce 2007 činily celkem 150,8 Mt ekvivalentu CO_2 , tj. 41 Mt uhlíku. Srovnáním vyjde, že v biomase stromů a v lesní půdě je vázán téměř dvacetinásobek uhlíku odpovídajícího celkovým ročním emisím skleníkových plynů.

SLOVNÍČEK

akumulace - hromadění

autotrofní respirace (R_a) – ztráta uhlíku dýcháním rostlinou

čistá ekosystémová produkce (NEP) – hrubá primární produkce minus ekosystémová respirace

čistá primární produkce (NPP) – rozdíl mezi GPP a R_a

depozice - spad - imise zachycená na zemském povrchu nebo lesním ekosystému

ekosystémová respirace (R_e) – součet autotrofní respirace (R_a) a heterotrofní respirace (R_h)

eutrofizace – obohacování o živiny, především dusík a fosfor

heterotrofní respirace (R_h) – ztráta uhlíku dýcháním heterotrofních organismů (hlavně v půdě)

hrubá primární produkce (GPP) – množství uhlíku fixovaného fotosyntézou

ppm - parts per milion – bezrozměrná jednotka určující miliontiny celku (objemové, hmotnostní)

PETR DRAHOTA

Kapradina milující arzen

*Rostlinný hyperakumulátor
čistí zamořenou půdu*



V litosféře je arzen stopovým prvkem. Jeho průměrný obsah bývá zhruba 3 mg/kg, avšak jeho množství v horninách je různé, obvykle se pohybuje od 1 do 10 mg/kg. Do půdy se arzen dostává:

- ze zvětrávající podložní horniny, v níž se rozpouštějí horninotvorné minerály obsahující arzen (převážně jde o sulfidy – pyrit, arzenopyrit a löllingit),
- z atmosféry v průmyslových oblastech, např. v okolí hutí či cementáren,
- z herbicidů a dalších chemických látek používaných v zemědělství či lesnictví.

V důsledku těchto vstupů jsou půdy zamořené arsenem velmi rozšířené po celém světě. V některých oblastech jsou koncentrace arzenu v půdě až desetitisícinásobně vyšší, než je obvyklé. Podzemní vody v takových územích pak silně ovlivňují zdraví celého biologického společenstva včetně člověka. Dlouhodobé pití vody se zvýšenými koncentracemi arzenu (viz Vesmír 75, 204, 1996/4, 75, 247, 1996/6, 76, 190, 1997/4 aj.) může vyvolat zhoubné bujení (rakovinu kůže, plic, prostaty, močového měchýře apod.) či podpořit vznik chorob kardiovaskulárních, reprodukčních, imunologických nebo neurologických, popřípadě různých vývojových poruch. O některých

ná schopnost byla poprvé zjištěna v rezervaci centrální Floridy. Lesní porost této oblasti byl v letech 1952–1962 ošetřován vodním roztokem pesticidu typu CCA,⁴ a poté kontaminace půdy arsenem dosáhla přibližně 360 mg/kg (průměrná koncentrace arzenu ve floridských půdách činí 0,42 mg/kg). Ze 14 různých druhů rostlin odebraných v kontaminované oblasti významně akumulovala arzen právě jen křídelnice. Chemickou analýzou usušené biomasy této kapradiny se zjistilo, že v nadzemních částech obsahuje 3280–4980 mg arzenu na kilogram. Později se odebíraly další vzorky jak z rostlin rostoucích v neznečištěných půdách (obsahujících 0,47–7,56 mg/kg), tak (znovu) z rostlin v půdách kontaminovaných arsenovým pesticidem (18,8–1603 mg/kg). Zjistilo se, že kapradina úspěšně akumuluje ve svém těle arzen nejen z kontaminované půdy, ale i z půd s normálními koncentracemi arzenu a že dosažené koncentrace v biomase křídelnice jsou tisícinásobně vyšší než u ostatních rostlin. Podobné výsledky zjistila skupina čínských vědců zkoumající vstupy arzenu do téže kapradiny na opuštěném sulfidickém ložisku Šimen v jižní Číně. Ukázalo se, že vlivem vysokých koncentrací arzenu netrpí tato rostlina nemocemi, ale naopak velmi dobře prospívá. Nejenže je křídelnice schopna růst i na místech s koncentracemi arzenu až 23 400 mg/kg (např. na haldovém materiálu zmíněného čínského ložiska), ale také může během krátké doby akumulovat velké množství arzenu z půdy ve svých listech.

Tab. I. Koncentrace arzenu v kapradině křídelnice. Kapradiny byly odebrány z oblasti neznečištěných arsenem a přesazeny do nádob (objem 2,5 l, 1,5 kg půdy o obsahu 6 mg/kg As). 1) Půda pochází z kontaminované oblasti, kde byla kapradina poprvé nalezena. 2) Půda byla uměle kontaminována ve vodě rozpustným arseničnanem draselným.

půdní typ	arzen v půdě [mg/kg]	arzen v rostlině [mg/kg]	
		2 týdny	6 týdnů
obsah kontaminovaná půda As ¹	400	755	438
nízký obsah As ²	50	5 131	6 805
střední obsah As ²	500	7 849	21 290
vysoký obsah As ²	1 500	15 861	22 630

možnostech zneškodnění arzenu v půdách a vodách, které se obvykle v praxi používají, se již v tomto časopise diskutovalo (viz Vesmír 77, 323–326, 1998/6). Novou, ekonomicky nenáročnou a ekologicky šetrnou metodou je pěstování vybraných druhů rostlin, které vázou arzen ve své biomase.

Po arzenu roste jak z vody

Američtí¹ a čínští² vědci nezávisle na sobě zjistili, že jednou z rostlin, jež absorbují arzen z půdy, je kapradina křídelnice (*Pteris vittata*). Tato rostlina (obr. 1) byla prvním nalezeným hyperakumulátorem³ arzenu. Její mimořádná

V listech má arzenu nejvíce

Koncentrace arzenu v listech křídelnice rostoucí v půdě s mimořádně vysokým obsahem arzenu 1500 mg/kg vzrostla během dvou týdnů z původních 29 na 15 861 mg/kg. Za tutéž dobu však obsah arzenu v listech kapradiny

Mgr. Petr Drahota (*1977) vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. Na této fakultě se jako doktorand zabývá geochemií a ložiskovou geologií ve spojení se studiem chování a migrace arzenu v životním prostředí.

1) Viz Ma L. Q. a kol., Nature 409, 579, 2001.

2) T. Chen a kol., Chinese Sci. Bull. 47, 902–905, 2002.

3) Termín hyperakumulátor poprvé použili R. R. Brooks, J. Lee, R. D. Reeves a T. Jaffre (J. Geochem. Explor. 7, 49–57, 1977) k popsání některých rostlin silně kumulujících nikl. Původně byl definován pro rostliny obsahující více než 1000 mg kovu na kilogram v usušené tkáni. V přírodě se ale vyskytují rostliny, které ve tkáni obsahují koncentrace kovu vysoké, avšak přesto znatelně nižší než v okolní půdě. Proto byla k definici hyperakumulátoru přidána podmínka, že rostlina hromadí kov v koncentracích oproti okolní půdě vyšších.

4) CCA – chemické hnojivo obsahující anorganický arzen, měď a chrom, které se od roku 1940 užívá k ochraně lesních porostů před škůdci, houbami a suchou hnilobou.

5) K. Francesconi a kol., Sci. Total Environ. 284, 27–35, 2002.

rostoucí v „čisté“ půdě (6 mg/kg) vzrostl na 755 mg/kg, což svědčí o mimořádné akumulární schopnosti této rostliny. Zjistilo se také, že nejnižší koncentrace arzenu bývá v kořenech, střední ve stonku a nejvyšší v listech (obr. 2). To znamená, že transport arzenu v rostlině je rychlý a snadný. Pokud se obsah arzenu v normální půdě během experimentů zvyšoval na výslednou koncentraci 100 mg/kg, rostla kapradina rychleji a výsledkem byl až 40% nárůst biomasy oproti normálu (viz tab. I).

Arzen je v rostlině přítomen zejména v toxických (trojmocných) anorganických sloučeninách a jen malá část je vázána do organických forem. Vše nasvědčuje tomu, že se do anorganických sloučenin arzen transformuje již během přenosu z kořenů do listů, kde se ukládá až 93% veškerého arzenu (obr. 3). Schopnost rostliny hromadit arzen se projevuje i při výskytu nesnadno rozpustných sloučenin arzenu v půdě (v takových případech hromadí ve svých listech oproti půdě až šestkrát více arzenu). Křídelnice roste převážně v oblastech s mírným klimatem, v USA se jí nejvíce daří v jihovýchodní a jižní Kalifornii, v Evropě je známa z Tunisu. Je poměrně otužilá a přizpůsobivá, má ráda slunná místa, což je pro kapradiny netypické, a alkalická prostředí, v nichž je často koncentrace arzenu zvýšená. Dorůstá do značných velikostí (bývá vysoká 30–90 cm, její listy jsou 25–60 cm dlouhé a 13–25 cm široké) a velmi rychle se rozmnožuje. Ze spor nebo oddenků jedné rostliny je možné získat během sezony tisíce dalších rostlin. Je to víceletá rostlina, a proto ji lze po vysazení na určité místo sklízet každý rok.

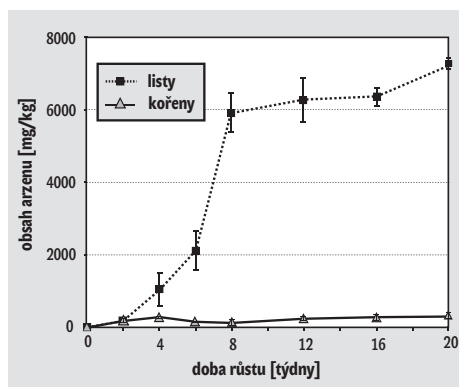
Poslouží kapradiny k vyčištění půdy?

V roce 2000 byl v oblasti Ron Phibun v jižním Thajsku objeven druhý rostlinný hyperakumulátor arzenu,⁵ kapradina *Pityrogramma calomelanos* (v anglicky mluvících zemích se jí říká *silver fern*, tedy stříbrná kapradina). Vzorky této kapradiny byly sebrány v půdě s koncentrací arzenu 135–510 mg/kg. Obsah ar-



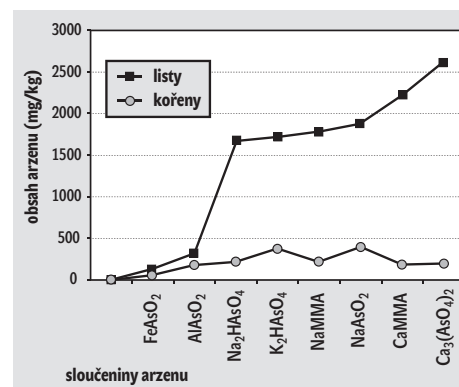
1. Křídelnice (*Pteris vittata*), snímek © Valquiria Campos

zenu měla (stejně jako křídelnice) v listech mnohem vyšší než v kořenech. Také v kapradině *Pityrogramma calomelanos* je arzen přítomen převážně v anorganických sloučeninách a podobně se odlišují i jeho formy v různých částech rostliny (v listech tvoří zejména sloučeniny s trojmocným arzenem a v kořenech s arzenem pětímocným).



2. Změny obsahu arzenu v kapradině křídelnici během 20 týdnů růstu v půdě kontaminované pesticidem typu CCA, která obsahuje arzen v koncentraci 97 mg/kg. Nejnižší koncentrace arzenu je v kořenech, střední ve stonku a nejvyšší v listech, což svědčí o rychlém transportu arzenu v rostlině.

3. Koncentrace arzenu v kapradině po 18 týdnech růstu v uměle kontaminované půdě různými sloučeninami arzenu. NaMMA – monomethylarzonát sodný, CaMMA – monomethylarzonát vápenatý (organické látky vznikající metylací anorganických sloučenin arzenu v redukčním prostředí; patří mezi pesticidy).



/Děkuji Lene Q. Ma za poskytnutá data./

Objev rostlin s mimořádnou schopností hromadit arzen ve své tkáni přináší nové možnosti zneškodnění arzenu v půdách. K tomu, aby taková metoda byla efektivní, je však třeba plně pochopit procesy kontrolující absorpci a přemísťování kovů z půdy do rostlin. Poznání těchto procesů může být podnětem pro genetické inženýrství, které by například mohlo absorpční vlastnosti kapradin milujících arzen ještě zvýšit.



Pozorně si přečtěte následující úryvek o změnách průměrné teploty na Zemi a vlivu CO_2 a teploty na růst dřevin a odpovězte na otázky v pracovním sešitě v kapitolách 4–7.

Lesy v globálním koloběhu uhlíku

Filip Oulehle, Jakub Hruška / kráceno

Jak koncentrace CO_2 tak teplota mají vliv na koloběh uhlíku v lesích. Mnoho experimentů prokázalo, že zvýšená koncentrace CO_2 zrychluje růst dřevin, protože povzbuzuje fotosyntézu. Navíc narůstá listová plocha, která efektivněji zachycuje dopadající sluneční světlo. Čistá primární produkce ekosystému stoupá. Tento efekt se často označuje jako hnojení uhlíkem. Zdá se, že změny jsou nejvýraznější na počátku experimentu, a posléze se efekt hnojení CO_2 vytrácí. Proč tomu tak je, není ještě zcela vyřešeno, ale zdá se, že zrychlený růst a s ním spojené větší nároky na živiny, zejména na dusík, jsou tím limitujícím faktorem. Také autotrofní respirace může být ovlivněna množstvím CO_2 ve vzduchu. Zvýšená respirace může souviset se zvýšením počtu mitochondrií v buňkách asimilačního aparátu. Nebo jednoduše s tím, že naroste celková biomasa.

Podobný efekt jako zvýšení koncentrace CO_2 má na úrovni asimilačního aparátu vzrůst teploty. Oboje totiž povzbuzuje rychlost fotosyntézy. Na druhou stranu, bráno z pohledu celého stromu, může být tato výhoda kompenzována zvýšenými nároky na dýchání a přístupné množství vody.

Je ale velmi důležité si uvědomit, že v lesní půdě je zásoba uhlíku zhruba dvojnásobná než množství uhlíku v nadzemní biomase. Tento poměr platí pro lesy mírného pásma, v boreálních lesích může vystoupat až na 5 : 1. O dlouhodobém vlivu zvýšené koncentrace CO_2 a teploty na koloběh uhlíku v půdě se toho stále mnoho neví. Při zvýšené koncentraci CO_2 se může zvýšit produkce opadu, který bude sice bohatý na energii uloženou fotosyntézou do organických sloučenin uhlíku v asimilačním aparátu, ale chudší na jiné živiny (například dusík či vápník a hořčík).

zdroj: Oulehle F., Hruška J. 2009: Lesy v globálním koloběhu uhlíku. Vesmír 88: 496–500.

www.vesmir.cz/clanek/lesy-v-globalnim-kolobehu-uhlíku



Pozorně si přečtěte následující úryvek o kapradině křídelnici a odpovězte na otázky v pracovním sešitě v kapitolách 4–7.

Kapradina milující arzen

Petr Drahota / kráceno

Američtí a čínští vědci nezávisle na sobě zjistili, že jednou z rostlin, jež absorbují arzen z půdy, je kapradina křídelnice (Pteris vittata). Tato rostlina byla prvním nalezeným hyperakumulátorem arzenu. Její mimořádná schopnost byla poprvé zjištěna v rezervaci centrální Floridy. Lesní porost této oblasti byl v letech 1952–1962 ošetřován vodným roztokem pesticidu typu CCA, a poté kontaminace půdy arzenem dosáhla přibližně 360 mg/kg (průměrná koncentrace arzenu ve floridských půdách činí 0,42 mg/kg). Ze 14 různých druhů rostlin odebraných v kontaminované oblasti významně akumulovala arzen právě jen křídelnice. Chemickou analýzou usušené biomasy této kapradiny se zjistilo, že v nadzemních částech obsahuje 3280–4980 mg arzenu na kilogram. Později se odebíraly další vzorky jak z rostlin rostoucích v neznečištěných půdách (obsahujících 0,47–7,56 mg/kg), tak (znovu) z rostlin v půdách kontaminovaných arzenovým pesticidem (18,8–1603 mg/kg). Zjistilo se, že kapradina úspěšně akumuluje ve svém těle arzen nejen z kontaminované půdy, ale i z půd s normálními koncentracemi arzenu, a že dosažené koncentrace v biomase křídelnice jsou tisícinásobně vyšší než u ostatních rostlin.

zdroj: Drahota P. 2004: *Kapradina milující arzen*. Vesmír 83:256–258.

www.vesmir.cz/clanek/kapradina-milujici-arzen

Naplánování a příprava pokusu

Po formulování hypotézy je třeba naplánovat a provést pokus nebo jinou formu ověření. Pokud pokus neprokáže jednoznačné výsledky, pak upravíme provedení pokusu anebo vytváříme novou hypotézu. I když je pokus jednoznačný, **je třeba jej opakovat**, abychom měli jistotu, že nešlo o náhodný výsledek.

01 Proměnná

Při vyslovení hypotézy většinou předpokládáme vliv jednoho či více faktorů na výsledek. Např. v hypotéze „rostliny zavlažované rostou rychleji než rostliny trpící suchem“ je sledovaným faktorem množství závlahy. Faktory, se kterými schválně manipulujeme, abychom poznali jejich vliv, označujeme jako proměnné. **Proměnná je ten faktor, který měníme a máme ho pod kontrolou.**

02 Náhodné vlivy a opakování pokusu

Při pokusech však vstupují do hry různé vnější vlivy, často náhodné, které nejsme schopni vyloučit, ani určit či popsat jejich vliv. Je to tím, že příroda není programovatelná, a i když zachováme všechny vstupy stejné, výstupy se budou lišit. U pokusů s rostlinami jsou náhodnými vlivy např.: průběh počasí a jeho extrémní projevy (sucho, přívalové deště), dále pak půda a horninové podloží, nemoci a škůdci, ale i třeba kvalita osiva a způsob zasetí. Opakování pokusu nám tak pokaždé může dát trochu odlišný výsledek: např. rostliny narostou do různé velikosti i při naprosto stejné péči.

03 Vliv námi sledované proměnné a vlivy náhodné

Rozptyl hodnot daný náhodnými vlivy by ale měl být menší než rozdíly způsobené sledovaným faktorem, jehož vliv jsme pojmenovali v naší hypotéze a testujeme jej.

04 Příklad (na obrázku)

hypotéza: rostliny zavlažované rostou rychleji než rostliny trpící suchem

varianty: a) více zavlažované; b) minimum závlahy

Po nějaké době budou všechny zavlažované rostliny nebo jejich většina větší než většina rostlin bez závlahy. Nemůžeme ale čekat, že budou mít všechny zavlažované rostliny stejnou velikost.

05 Čím větší počet opakování, tím spolehlivější výsledek můžeme očekávat. Jako nejmenší počet lze obvykle doporučit tři opakování.

Stane-li se totiž, že některé z opakování „nevyjde“, tedy chová se výrazně odlišně od ostatních opakování, musíme zjistit, proč tomu tak je.

V každém případě je třeba všechny zjištěné vlivy, které by mohly výsledky pokusu zkreslit, zapisovat a při vyhodnocování výsledků jim věnovat pozornost. (např. narušení pokusu třetí osobou)

Při návrhu pokusu sledujícího nějaký vnější vliv, tedy například vliv porostu na půdní vlastnosti nebo vliv znečištění na růst rostlin, se snažíme omezit vliv jiných faktorů.

06 Zkoumáme současně vliv více faktorů

Lze samozřejmě zkoumat i současný vliv dvou či více faktorů a jejich vzájemné interakce. V tom případě je ale nutné mít všechny kombinace variant a u každé z nich pokud možno několik opakování, což znamená výrazný nárůst velikosti celého pokusu a rovněž hodnocení výsledků je náročnější.

07 Kontrolní varianta

Při plánování pokusu je vždy dobré myslet na tzv. kontrolní variantu (neboli „kontrola“), kterou uchováme mimo vliv zkoumaných faktorů (popř. neměníme jejich přirozené působení). Tato varianta nám pak slouží jako srovnání k variantám, u nichž jsme faktory záměrně pozměnili.

