

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

Toxikologie přírodních látek

materiály pro mezipředmětovou výuku biologie
a chemie na SŠ

Diplomová práce

Autor: Bc. Tereza Fialová

Studijní program: N0114A130003

Studijní obor: Učitelství chemie a biologie pro střední školy

Vedoucí práce: RNDr. Lenka Šejnohová, PhD.

Hradec Králové

květen 2024

Zadání diplomové práce

Autor: Bc. Tereza Fialová

Studium: S22CH003NP

Studijní program: N0114A130003 Učitelství chemie a biologie pro střední školy

Studijní obor:

Název diplomové práce: **Toxikologie přírodních látek - materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ**

Název diplomové práce AJ: Toxicology of natural substances - materials for an interdisciplinary approach for teaching biology and chemistry at high schools

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Diplomová práce se zabývá toxikologií přírodních látek a využitím tohoto tématu pro propojení učiva biologie a chemie na středních školách. Námětem jsou organismy napříč celým obsahem výuky biologie s cílem zaujmout žáky tématem zahrnujícím přírodní jedy a drogy, ale i léčiva. Práce obsahuje výukové materiály pro učitele biologie nebo chemie pro posílení mezipředmětových vztahů.

1. Úvod
2. Literární rešerše

1. Toxikologie přírodních látek

- Úvod do toxikologie
- Bakteriální toxiny vč. sinic
- Toxiny hub (mikro – i makrostélkatých)
- Rostlinné toxiny vč. řas
- Živočišné toxiny
- Drogy a intoxikace

1. Výuka na SŠ

- Metody a styly učení
- Mezipředmětové vztahy
- Toxikologie přírodních látek ve výuce: RVP-G, ŠVP SŠ, učebnice a jiné výukové materiály (rozsah)

1. Praktická část

1. Návrh materiálů do hodin biologie na SŠ
2. Vyzkoušení materiálů a jejich zpětná vazba

1. Závěr

HRDINA, V. a kol. (2004): Přírodní toxiny a jedy. Praha: Galén: Karolinum. ISBN 80-7262-256-0

KUBIENOVÁ L., VINTER V. (2013): Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: Rostliny, léčivé látky, drogy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3619-7

LINHART, I. (2019): Základní pojmy v toxikologii, ekologii a ekotoxikologii. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7592-040-9

LINHART, I. (2022): Toxikologie: interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7592-103-1

MCGACHY, L. a kol. (2021): Toxikologie a ekotoxikologie I. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7592-097-3

POPELÁŘOVÁ, R. (2018): Možná toxicita sinic a jejich vliv na zdraví zvířat a člověka. Diplomová práce, PFF Univerzita Hradec Králové. Dostupné z: <https://theses.cz/id/e0cjfy/27084540> [cit. 2022-11-12]

VALÍČEK, P. (2000): Rostlinné omamné drogy. Benešov: Start. ISBN 80-86231-09-7

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Lenka Šejnohová, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Bc. Tereza Fialová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce RNDr. Lence Šejnohové, PhD. za její odborné vedení, rady a čas, který mi věnovala při zpracování diplomové práce. Dále bych také chtěla poděkovat všem recenzentům, kteří se podíleli na hodnocení vytvořené příručky. A v neposlední řadě patří poděkování také mému blízkému okolí za pomoc a podporu.

Anotace

FIALOVÁ, T. *Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Lenka Šejnohová, PhD. 162 s.

Diplomová práce se zabývá tématem toxikologie přírodních látek, konkrétně materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na středních školách. Toxikologie je interdisciplinárním oborem, a proto se nabízí pro využití v mezipředmětových vztazích. Současně tento obor přesahuje do praktického života, což je požadováno v rámci kurikulárních dokumentů. Literární rešerše shrnuje základní informace o toxinech bakterií, sinic, řas, mikro- a makroskopických hub, rostlin i živočichů. V rámci praktické části byla z dat literární rešerše vytvořena příručka „*Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ*“, která se věnuje toxikologicky významným organismům napříč celým obsahem výuky biologie středních škol. Příručka, která prošla recenzí odborníků i pedagogů, obsahuje 14 kapitol s aktivitami a úkoly pro aktivizaci žáků a informace pro pedagogy. Příručka je volně ke stažení na odkaze: https://drive.google.com/drive/folders/1FYXQ_Oh1sAmvDC-qSzkki0IuwaJ5uJrQ?usp=sharing

Klíčová slova

Biologie, chemie, mezipředmětové vztahy, střední školy, toxikologie přírodních látek.

Annotation

FIALOVÁ, T. *Toxicology of natural substances – materials for an interdisciplinary approach to teaching biology and chemistry at high schools*. Hradec Králové, 2024. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor RNDr. Lenka Šejnohová, PhD. 162 p.

The diploma thesis deals with the toxicology of natural substances, focusing on materials for an interdisciplinary approach to teaching biology and chemistry at high schools. Toxicology, being interdisciplinary by nature, is well-suited for this approach. At the same time, the field extends into practical life, which is required in curriculum documents. The literature review summarizes basic information on toxins of bacteria, cyanobacteria, algae, micro- and macroscopic fungi, plants and animals. In the practical section, the data from the literature search was utilized to create a handbook titled "Toxicology of Natural Substances: Materials for an Interdisciplinary approach to Teaching Biology and Chemistry at High School", which focuses on toxicologically important organisms across the entire content of high school biology education. This handbook, which has undergone review by experts and educators, comprises of 14 chapters with activities and assignments to activate students and information for teachers. It is freely downloadable at the provided link:

https://drive.google.com/drive/folders/1FYXQ_Oh1sAmvDC-qSzkki0IuwaJ5uJrQ?usp=sharing

Keywords

Biology, chemistry, high school, interdisciplinary approach, toxicology of natural substances.

Obsah:

Úvod	8
1 Teoretická část práce	9
1.1 Mezipředmětové vztahy	9
1.1.1 Mezipředmětové vztahy v přírodovědných oborech	10
1.1.2 Mezipředmětové vztahy chemie-biologie	11
1.2 Toxikologie přírodních látek ve výuce	12
1.2.1 Analýza kurikulárních dokumentů	12
1.2.2 Analýza učebnic biologie	15
1.2.3 Analýza učebnic chemie	18
1.2.4 Analýza dalších výukových materiálů	19
1.3 Toxikologie	22
1.3.1 Co je toxikologie?	22
1.3.2 Osud cizorodých látek v živém organismu	22
1.3.3 Toxické účinky	24
1.4 Přírodní toxiny	25
1.4.1 Bakteriální toxiny	26
1.4.2 Toxiny sinic a řas	28
1.4.3 Toxikologie hub	30
1.4.4 Rostlinné toxiny	36
1.4.5 Toxiny živočichů	49
2 Metodika	59
2.1 Tvorba materiálů do hodin biologie na SŠ	59
2.2 Zpětná vazba k vytvořeným materiálům	60
3 Výsledky	63
3.1 Tvorba materiálů do hodin biologie na SŠ	63
3.2 Zpětná vazba k vytvořeným materiálům	63
4 Diskuze	66
Závěr	68
Seznam použité literatury	69
Zdroje obrázků	77
Přílohy	80

Úvod

Jako studentka učitelského oboru jsem svoji diplomovou práci zaměřila didakticky. Téma toxikologie přírodních látek jsem si vybrala z toho důvodu, jelikož jsem chtěla zpracovat takové téma práce, které by obsahovalo moje dva aprobační předměty (chemie, biologie) a zároveň by bylo využitelné při výuce na středních školách a pro žáky něčím zajímavé.

Cíle mé diplomové práce jsou:

1. V teoretické části:
 - a) shrnout téma toxikologie přírodních látek,
 - b) přiblížit mezipředmětové vztahy,
 - c) analyzovat téma toxikologie přírodních látek ve výuce na střední škole.

2. V praktické části:
 - a) vytvořit materiály do hodin biologie na SŠ na téma Toxikologie přírodních látek s využitím mezipředmětových vztahů biologie-chemie,
 - b) získat zpětnou vazbu na vytvořené materiály od odborníků i pedagogů.

Hlavní důraz byl kladen na tvorbu materiálů, které by vyučujícím biologie na středních školách sloužily nejen k motivaci žáků či doplnění jejich znalostí z běžné výuky o informace z praxe, ale především o propojení biologie s chemií, která je žáky často označovaná jako jeden z nejtěžších a nejméně oblíbených předmětů. Námětem práce jsou organismy napříč celým obsahem výuky biologie s cílem zaujmout žáky tématem zahrnujícím přírodní jedy.

Aby byla didaktická práce využitelná ve školní praxi, bylo potřeba nahlédnout do reálného vyučovacího procesu. Proto jsem zanalyzovala téma toxikologie přírodních látek v RVP, vybraných ŠVP, učebnicích a jiných výukových materiálech. Zároveň jsem vytvořenou příručku nechala zhodnotit odborníky, vyučujícími biologie a studenty vysokých škol učitelských oborů.

1 Teoretická část práce

1.1 Mezipředmětové vztahy

Výkladový slovník z pedagogiky (Kolář, 2012) definuje mezipředmětové vztahy **jako vztahy mezi jednotlivými, zejména příbuznými předměty ve školním vyučování** nebo jako využívání poznání a metod poznání z jiných předmětů, jedná se zejména o využití obsahové blízkosti (viz obrázek č. 1). Starý a Rusek (2019) poukazují na to, že učitelům nic nebrání, aby mezipředmětové vztahy budovali, současně je ale k tomu také nic moc nepodněcuje a nevybízí. I když jsou rámcové vzdělávací programy (RVP) uspořádány do vzdělávacích oblastí, učitelé jsou vzdělávání a zaměstnávání pro vyučování jednotlivých, do značné míry oddělených předmětů. Příbuznost předmětů tak v rámci vzdělávacích oblastí bývá pominuta (Starý, Rusek, 2019).

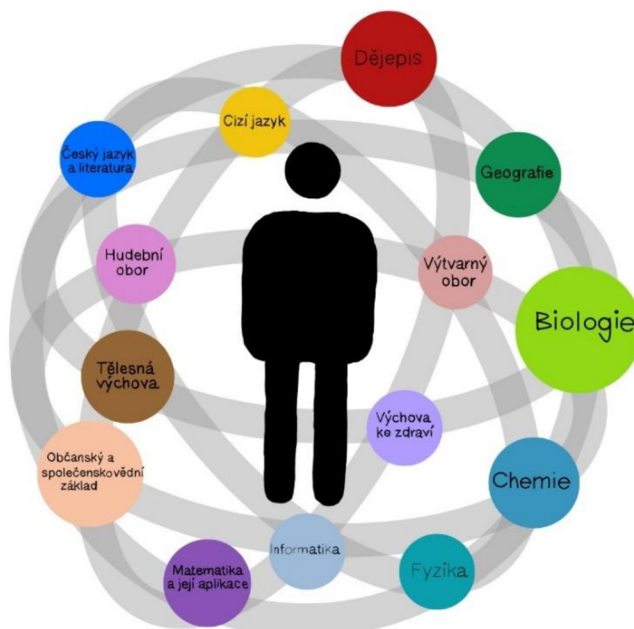
Klíčovým úkolem mezipředmětových vztahů je **navázat na předchozí znalosti** žáků, které získali v jiných vyučovacích předmětech, a **odstranit tzv. „předmětové izolovanosti“**, aby nedocházelo k tomu, že žáci v jednom vyučovacím předmětu nedokážou analogicky navázat na poznatky získané v ostatních vyučovacích předmětech a neznají vztahy mezi učivem a jednotlivými předměty. Uplatňování mezipředmětových vztahů ve výuce vede k utřídění vědomostí a systematizaci učiva v jednotlivých předmětech (Soukupová a kol., 2020).

Hlavním představitelem mezipředmětových vztahů jsou **průřezová témata**, která představují aktuální problémy současného světa. Průřezová témata vytvářejí příležitost pro individualitu žáků i pro jejich vzájemnou spolupráci a pomáhají rozvíjet jejich osobnost. Lze je realizovat jako součást vzdělávacího obsahu vyučovacích předmětů, samostatný vyučovací předmět či ve formě projektů, seminářů, kurzů, besed apod. Celkem je v RVP-G 6 průřezových témat:

- Osobnostní a sociální výchova
- Výchova demokratického občana
- Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech
- Multikulturní výchova
- Environmentální výchova
- Mediální výchova

Významný vliv na rozvoj mezipředmětových vztahů mají také **badatelsky orientované vyučování, projektové vyučování nebo konstruktivistické pojetí výuky** (RVP-G 2021, Soukupová a kol. 2020).

„Interdisciplinární výuka (nebo také mezipředmětová nebo integrovaná výuka) patří v současné době k nejprosaovanějším způsobům výuky, a to po celém světě.“ (Chrobáková a kol., 2021).



Obrázek 1 - Mezipředmětové vztahy (vlastní tvorba autorky)

1.1.1 Mezipředmětové vztahy v přírodovědných oborech

V **České republice**, kde mají integrované předměty „Prvouka“ (1. – 3. ročník) a „Přírodověda“ (4. – 5. ročník) tradici pouze na primárním stupni základní školy, je přírodovědné vzdělání děleno do samostatných předmětů od druhého stupně ZŠ. Naproti tomu v některých zemích, jako jsou např. **anglosaské země**, je integrace přírodovědných předmětů v předmětu „Science“ přirozená i v dalších stupních vzdělávání. (Bílek a kol., 2008)

Plná integrace přírodovědných oborů ve smyslu „**Science**“ je v **ČR** (a i ostatních zemích) poměrně obtížná. Výuka od vyučujícího vyžaduje pedagogickou znalost obsahu všech integrovaných oborů, na což český systém přípravy učitelů necílí a takoví učitelé se vyskytují pouze ojediněle (Starý, Rusek, 2019). Řešením by mohlo být plánování a realizace výuky ve spolupráci s jinými učiteli (tzv. učení v tandemu) (Chrobáková a kol., 2021).

Na stav požadavku integrace přírodovědných předmětů reagují již některé **vysoké školy**. Například pro akademický rok 2024/2025 otevírají Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích nový studijní obor „Učitelství Science pro SŠ“ a Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze studijní program „Science“ v anglickém jazyce. Dokonce se v současnosti (rok 2024) na některých **soukromých gymnáziích** (např. Nový PORG Praha) předmět Science již vyučuje.

Mezi přírodovědné obory se řadí **biologie, chemie, fyzika, geografie a geologie**. V rámci výuky těchto předmětů jsou využívány metody založené na rozvoji tří základních oblastí:

- praktické dovednosti (měření, příprava směsí a roztoků, zajištění bezpečného pracovního prostředí apod.)
- schopnost plánování (schopnost komunikovat v týmu, návrhy experimentů, pozorování, zápis pozorování apod.)
- schopnost vědeckého myšlení (výzkum, kreativita, rozvoj kritického myšlení, improvizace a hledání inovací)

Přírodovědné vzdělávání by žáky mělo vést k **přírodovědné gramotnosti**, která se testuje v rámci šetření PISA (Chrobáková a kol., 2021).

Další možností jsou **mezipředmětové přesahy**. Mezi rozvojem mezipředmětových vztahů a uplatňováním mezipředmětových přesahů je značný rozdíl. Mezipředmětové přesahy zahrnují pouze připojení informace či vysvětlení významu relevantního pro některý z oborů (Starý, Rusek, 2019).

1.1.2 Mezipředmětové vztahy chemie-biologie

V rámci své práce, která se zabývá toxikologií přírodních látek, se cíleně zaměřím na mezipředmětové vztahy chemie-biologie.

Kotvaltová Sezemská (2019) v rámci své diplomové práce *Integrovaná výuka a interdisciplinární přístup v chemii a biologii v prostředí českých škol* provedla **dotazníkové šetření mezi středoškolskými učiteli** doplněné o informace z rozhovorů s akademickými pracovníky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Mimo jiné z výsledků vyplynulo, že středoškolští učitelé uvedli, že mezi **faktory bránící propojování chemie a biologie patří**:

- skutečnost, že se podobná témata v chemii a biologii neprobírají ve stejnou dobu,

- nedostatečná znalost druhého oboru,
- nedostatek vhodných výukových materiálů.

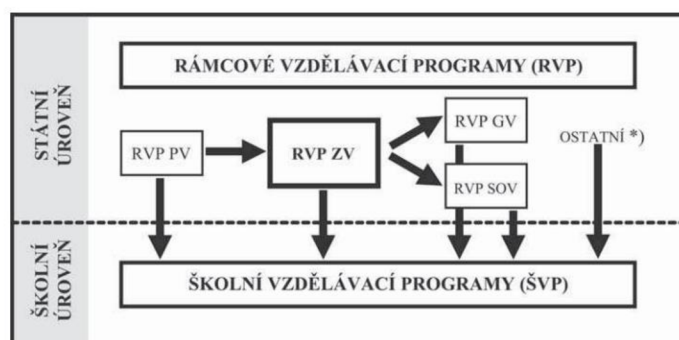
Učitelé projevíli zájem především o materiály k tématům toxicita látek (72,2 %), nanočástice a nanomateriály (63,3 %), přírodní látky a jejich využití (61,9 %) či geneticky modifikované organismy (61,9 %) (Kotvaltová Sezemská, 2019).

1.2 Toxikologie přírodních látek ve výuce

Toxikologie je interdisciplinárním oborem, který **využívá biologických a chemických poznatků**. Zabývá se vzájemným působením chemických látek a živého organismu (viz kapitola 1.3.1 Co je to toxikologie?), a proto se nabízí pro využití v mezipředmětových vztazích. Současně tento obor **přesahuje do praktického života**, což je nejen požádáno v rámci kurikulárních dokumentů, ale je to i možnost **žáky zaktivizovat** a jejich **výuku jim zatraktivnit**.

1.2.1 Analýza kurikulárních dokumentů

Kurikulární dokumenty jsou vytvářeny na dvou úrovních: státní a školní (viz obrázek č. 2). **Národní program vzdělávání (NPV)** a **rámcové vzdělávací programy (RVP)** představují státní úroveň a **školní vzdělávací programy** školní úroveň (ŠVP). Národní program vzdělávání formuluje požadavky na vzdělávání jako celku, rámcové vzdělávací programy vymezují závazné rámce vzdělávání pro jednotlivé úrovně vzdělání (předškolní, školní a střední) a podle školních vzdělávacích programů se uskutečňuje vzdělávání na jednotlivých školách, neboť každá škola si dle RVP vytváří své ŠVP. Rámcové i školní vzdělávací programy jsou veřejné dokumenty (RVP-G, 2021).



Obrázek 2 - Kurikulární dokumenty (autor: Švarcová)

1.2.1.1 Toxikologie přírodních látek v RVP-G

Rámcový vzdělávací program vymezuje závazný vzdělávací obsah (očekávané výstupy a učivo), specifikuje klíčové kompetence žáků a zařazuje do vzdělávání průřezová témata. Vzdělávací obsah je rozdělen do vzdělávacích oblastí. Vzdělávací oblast **Člověk a příroda** je tvořena pěti vzdělávacími obory: fyzika, chemie, biologie, geografie, geologie. Vzdělávací obsah jednotlivých oborů je pak členěn do tematických okruhů, tematických celků, popřípadě témat (RVP-G, 2021).

Vzdělávací obor biologie je v RVP-G rozčleněn na **10 tematických okruhů**, a to na obecnou biologii, biologii virů, biologii bakterií, biologii protistů, biologii hub, biologii rostlin, biologii živočichů, biologii člověka, genetiku a ekologii. **Toxikologie přírodních látek se týká** poloviny z nich:

- **biologie bakterií**
- **biologie hub**
- **biologie rostlin**
- **biologie živočichů**
- **biologie člověka**

Přímou spojitost s toxikologií nalezneme pouze v rámci biologie bakterií pod očekávaným výstupem „žák zhodnotí způsoby ochrany proti bakteriálním onemocněním a metody jejich léčby“. V ostatních okruzích se téma toxikologie přírodních látek skrývá pod očekávanými výstupy „žák posoudí ekologický, zdravotnický a hospodářský význam hub a lišejníků“, „žák zhodnotí rostliny jako primární producenty biomasy a možnosti využití rostlin v různých odvětvích lidské činnosti“, „žák charakterizuje pozitivní a negativní působení živočišných druhů na lidskou populaci“, a „žák využívá znalosti o orgánových soustavách pro pochopení vztahů mezi procesy probíhajícími v lidském těle“ (RVP-G, 2021).

1.2.1.2 Toxikologie přírodních látek v ŠVP

Některé školy mají ŠVP zcela shodné s RVP a některé do svého ŠVP zavádějí více očekávaných výstupů a více učiva. Školní vzdělávací programy jsou většinou vystavovány na webových stránkách školy. Bohužel ne vždy se jedná o celý dokument, často jsou k dispozici pouze učební plány s hodinovými dotacemi jednotlivých předmětů a detailnější učební osnovy

zveřejňovány nejsou. Pro analýzu školních vzdělávacích programů z hlediska výskytu probíraného učiva toxikologie přírodních látek jsem **náhodně** vybrala následujících **deset ŠVP gymnázií**:

1. Biskupské gymnázium Hradec Králové
2. Moravské gymnázium Brno
3. Gymnázium EDUCAnet, České Budějovice
4. Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083
5. Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23
6. Gymnázium Olomouc – Hejčín
7. Gymnázium Jihlava, Jana Masaryka 1
8. Gymnázium U Balvanu, Jablonec nad Nisou
9. První české gymnázium, Karlovy Vary
10. Gymnázium Botičská, Praha

Z deseti náhodně vybraných **ŠVP se toxikologie přírodních látek** ve vzdělávacím oboru biologie objevuje konkrétně **pouze v šesti z nich**. Nejčastěji mají školy do svých programů zařazené **učivo** návykových látek (Hradec Králové, Brno, České Budějovice, Karlovy Vary, Praha). Objevuje se ale také učivo vodní květ sinic a jeho vliv na lidské zdraví (Karlovy Vary), jedovaté rostliny (Karlovy Vary), nebezpečí otravy u hub (Karlovy Vary) či mykotoxiny ohrožující lidské zdraví (Jihlava). Nejvíce učiva spojeného s toxikologií přírodních látek má do svého ŠVP zařazeno První české gymnázium v Karlových Varech.

Ve zbylých čtyřech **ŠVP** můžeme toxikologii přírodních látek ve vzdělávacím oboru biologie zařadit pod některé očekávané výstupy. Vyberme **očekávané výstupy**, které nejsou identické s očekávanými výstupy v RVP. Z biologie bakterií můžeme uvést např. „žák popisuje typ metabolismu bakterií a sinic“ (Olomouc), z biologie hub „žák posoudí zdravotnický význam hub“ (Plzeň), z biologie rostlin „žák zná významné druhy vyšších rostlin a ví, k jakému účelu jich člověk využívá“ (České Budějovice), z biologie živočichů „žák zhodnotí význam živočichů v přírodě i pro člověka, uplatňuje zásady bezpečného chování ve styku se zvířaty“ (Karlovy Vary) a z biologie člověka „žák chápe negativní vliv návykových látek na činnost nervové soustavy“ (Pardubice).

Gymnázium Botičská v Praze, kde učí Mgr. Petr Šíma (místopředseda ústřední komise Biologické olympiády a autor moderní středoškolské učebnice *Biologie v souvislostech pro gymnázia 1*), nabízí svým žákům **předmět Toxikologie** v rámci volitelných seminářů pro třetí ročník. Žáci si volí tři dvouhodinové předměty, které se vyučují v rámci dvouhodinového bloku jednou za čtrnáct dní. Tento předmět zahrnuje blok Toxikologie přírodních látek, ve kterém je zařazeno učivo toxinů, toxických produktů rostlin a toxických látek živočišného původu (viz obrázek č. 3).

<p>Toxikologie přírodních látek</p> <ul style="list-style-type: none"> • definuje toxiny a uvede příklady • popíše a uvede příklady toxických látek rostlinného původu • popíše a uvede příklady toxických látek živočišného původu 	<p>toxiny toxické produkty rostlin toxické látky živočišného původu</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

Obrázek 3 - Očekávané výstupy a učivo předmětu Toxikologie v rámci ŠVP Gymnázia Botičská v Praze (upraveno)

Dále si žáci druhého ročníku výše zmíněné střední školy vybírají **přírodovědné semináře** (na každé čtvrtletí jiný). Na výběr mají mimo jiné také tyto semináře: Toxikologie, Rostlinné léky a tradiční medicína, Chemie přírodních látek. Všechny tyto semináře se svými očekávanými výstupy a učivem dotýkají tématu toxikologie přírodních látek.

1.2.2 Analýza učebnic biologie

S cílem analyzovat, do jaké míry je toxikologie přírodních látek zpracována v učebních textech pro střední školy, jsem vybrala osm učebnic (viz obrázek č. 4): čtyři na základě dotazníku na téma nejpoužívanější učebnice biologie SŠ z diplomové práce Vodrážkové (2022), tři jsem doplnila k ucelení řady od nakladatelství Fortuna a navíc jsem k nim přidala novou učebnici *Biologie v souvislostech pro gymnázia 1* (Šíma, 2023), která se postupně jako novinka dostává do škol. Rozsah toxikologických pojmů a témat shrnuje následující tabulka č. 1.

1.2.2.1 Představení analyzovaných učebnic biologie

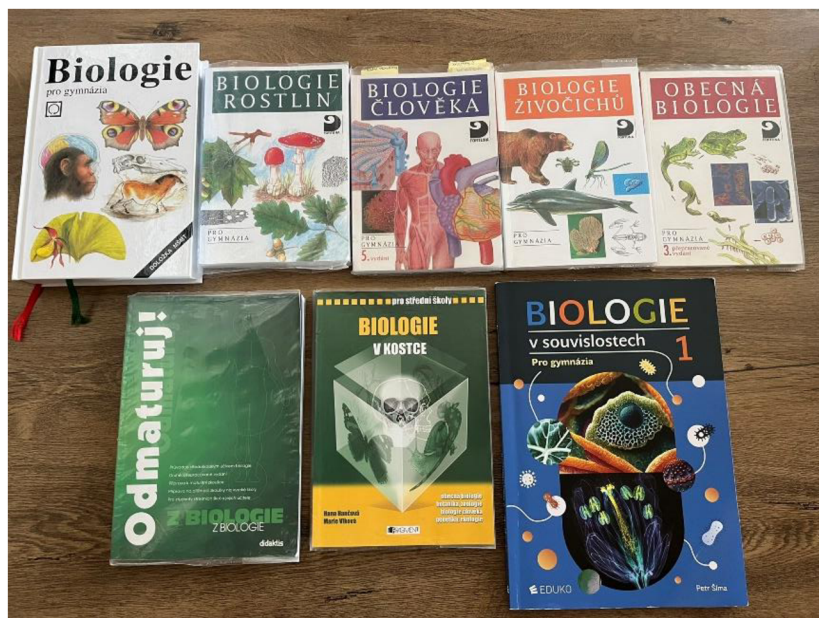
Biologie pro gymnázia od autorů Jelínek, Zicháček z roku 2014 od nakladatelství Olomouc je již 11. vydáním této učebnice. Najdeme zde shrnuté celé gymnaziální učivo. Její součástí jsou i náměty na laboratorní práce a testy pro zopakování učiva. Dle Vodrážkové (2022) je právě tato učebnice nejvíce používanou učebnicí.

Nakladatelství Fortuna vydalo ucelenou řadu učebnic pro gymnázia. Dotazník Vodrážkové (2022) se týkal pouze učebnice botaniky (učebnice *Biologie rostlin* (4. vydání, Kincl, Kincl, Jakrlová, 2008) byla v dotazníku zhodnocena jako druhá nepoužívanější učebnice). Další 3 díly od tohoto nakladatelství jsem tedy pro účely diplomové práce použila nad rámec: *Obecná biologie* (3. vydání, Kubišta, 2000), *Biologie živočichů* (Smrž, Horáček, Švátora, 2004), *Biologie člověka* (5. vydání, Novotný, Hruška, 2015).

V nakladatelství Didaktis vyšla učebnice *Odmaturuj z biologie* (Benešová a kol., 2013). Tato učebnice shrnuje pouze základy celého oboru biologie. Obsahuje sloupce po okrajích stran, které zahrnují dovysvětlení učiva a zajímavosti.

Biologie v kostce pro střední školy (Hančová, Vlková, 2008) od nakladatelství Fragment je koncipována jako přehled a je určena spíše pro zopakování dané látky než pro samostudium.

Biologie v souvislostech pro gymnázia 1 (Šima, 2023) od nakladatelství EDUKO. Autor udává, že jeho snahou bylo podat výklad moderní biologie tak, aby nebyla pouhým zdrojem teoretických znalostí, ale aby přinášela také poznatky důležité pro praktický život. Náplní tohoto dílu jsou kapitoly věnované buněčné biologii a biologii organismů (vyjma biologie člověka). K učebnici má vzniknout také její elektronická verze (s odkazy na videa, webové stránky, jiné části učebnice atd.), druhý díl (*Biologie v souvislostech pro gymnázia 2*) a pracovní sešit (pro obě učebnice).



Obrázek 4 - Analyzované učebnice biologie (vlastní foto autorky)

Tabulka 1 - Shrnutí rozsahu toxikologie přírodních látek ve vybraných učebnicích pro SŠ (vlastní tvorba autorky)

UČEBNICE	BAKTERIE	HOUBY	ROSTLINY	ŽIVOČICHOVÉ	ČLOVĚK
BIOLOGIE PRO GYMNÁZIA (Jelínek, Zicháček, 2014)	<u>Bakterie:</u> toxicita, intoxikace, botulotoxin, enterotoxin <u>Sinice:</u> vodní květ	alkaloidy paličkovice nachové	opium	toxiny obrněnek, hypnotoxin žahavců, jedová žláza štírů, cantharidin u majkovitých, jedová žláza trnuchy obecné, jed hadů	nic
BIOLOGIE PRO GYMNÁZIA (ucelená řada od nakladatelství Fortuna)	<u>Sinice:</u> vodní květ, cyanotoxiny, neurotoxiny, hepatotoxiny <u>Bakterie:</u> toxiny, botulismus, botulotoxin	mykotoxiny, aflatoxiny, námel s jedovatými alkaloidy, otravy houbami, sekundární toxicita hub	toxicita obrněnek, jedovatost tisu, jedovatost bolehlavu plamatého, atropin, opium, morfin, kolchicin	neurotoxiny žahavců, jedové žlázy štírů a pavouků, jedovatý sekret mravenců, cantharidin, prudký jed homolic, jedová žláza trnuchy obecné, jedovaté ropušnice, jedovaté sekrety ropuch a mloka, jedové zuby	opium, morfium, toxikomanie, droga, nikotinismus
ODMATURUJ Z BIOLOGIE (Benešová a kol., 2013)	<u>Bakterie:</u> toxiny, botulotoxin a botulismus <u>Sinice:</u> vodní květ a toxické látky	mykotoxin, aflatoxin, námellové alkaloidy	jedovatost tisu, alkaloidy morfinanového typu, opium, morfin, heroin, atropin, jedovatost bolehlavu plamatého, kolchicin, mitotický jed	jed žahavců, jedová žláza štírů a pavouků, jedovatý sekret ropuch, jedové zuby hadů + hemoragický neurotoxický a hemolytický účinek hadího jedu	nic
BIOLOGIE V KOSTCE PRO SŠ (Hančová, Vlková, 2008)	nic	aflatoxiny, námellové alkaloidy, mykotoxiny, falotoxiny, amatoxiny, muskarin	taxin, produkce alkaloidů u některých čeledí (pryskyřníkovité, mákovité, lilkovité, liliovité)	toxiny obrněnek (aplysiatoxin), kardiotoxin čtyřhranky <i>Chiromex fleckeri</i> , jedové žlázy pavoukvců, neurotoxin žab rodu <i>Dendrobates</i>	nic
BIOLOGIE V SOUVISLOSTECH PRO GYMNAZIA 1 (Šíma, 2023)	<u>Bakterie:</u> botulotoxin, toxoidy, toxiny, choleratoxin <u>Sinice:</u> vodní květ, cyanotoxiny	aflatoxiny, námellové alkaloidy, ergotismus, LSD, amanitin, faloidin, muskarin, muscimol, psilocybin, koprín, antabusový efekt, otravy houbami	mitotické jedy, kolchicin, taxany, cytostatika, abortivum, akonitin, nervový jed, protoanemonin, opium, morfium, kodein, heroin, droga, mentol, jedovatý odvar z bolehlavu, jedovité alkaloidy lilkovitých, nikotin, atropin, halucinogenní, dinotoxiny	hypnotoxin, jedovatost měchýřovky portugalské, , tetrodotoxin, jedové žlázy pavouků, neurotoxiny štírů, štíří jedy, včelí jed, ichtyotoxiny, jedovité vnitřnosti ryby fugu, batrachotoxin, jedovatost mloka skvrnitého, hadí jedy, LD50, hemolytické, hemoragické a neurotoxické účinky jedu, jedová žláza ptakopyska podivného	-----

1.2.2.2 Shrnutí

Jak je patrné z výše zmíněné tabulky, všechny učebnice do určité míry toxikologii přírodních látek zmiňují. Největší rozsah informací v oblasti toxikologie přírodních látek je obsažen v učebnici *Biologie v souvislostech pro gymnázia 1* (Šíma, 2023). Naopak, minimální množství toxikologických pojmů lze nalézt v učebnicích *Biologie v kostce pro SŠ* (Hančová, Vlková 2008) a *Biologie pro gymnázia* (Jelínek, Zicháček 2014). Nejvyšší koncentraci toxikologických termínů v kontextu biologie bakterií lze identifikovat v učebnici *Biologie pro gymnázia* (nakladatelství Fortuna). V oblasti biologie hub, rostlin a živočichů obsahuje největší počet toxikologických termínů učebnice *Biologie v souvislostech pro gymnázia 1* (Šíma, 2023).

Pojmy spojené s toxikologií přírodních látek, které se vyskytují alespoň ve třech z pěti vybraných učebnic, zmiňuje následující tabulka č. 2.

Tabulka 2 - Shrnutí společných pojmů spojených s toxikologií přírodních látek v učebnicích pro SŠ (vlastní tvorba autorky)

	BAKTERIE	HOUBY	ROSTLINY	ŽIVOČICHOVÉ	ČLOVĚK
POJMY VYSKYTUJÍCÍ SE VE VŠECH UČEBNICÍCH	botulotoxin, vodní květ	námelové alkaloidy, mykotoxiny, aflatoxiny	opium, toxicita obrněnek (zařazována různě), jedovatost bolehlavu plamatého, jedovatost tisu, atropin, morfin, kolchicin	jed žahavců, jedové žlázy pavouků a štírů, hadí jedy	nic

1.2.3 Analýza učebnic chemie

Kromě již zmíněných učebnic biologie můžeme pro výuku toxikologie přírodních látek využít také **učebnice chemie**. Dle výzkumu Huvarové (2010), který prováděla v rámci své bakalářské práce, vyplynulo, že nejpoužívanějšími učebnicemi chemie jsou:

- *Chemie pro čtyřletá gymnázia* (Mareček, Honza, 3 díly)
- *Přehled středoškolské chemie* (Vacík a kol., 1999)
- *Odmaturuj z chemie* (Benešová, Satrapová, 2002)
- *Chemie pro gymnázia II – organická a biochemie* (Kolář, Kodíček, Pospíšil, 2005)

Toxikologie přírodních látek se objevuje ve všech výše zmíněných učebnicích (u publikace *Chemie pro čtyřletá gymnázia* ve 3. díle z roku 2014), nejčastěji se jedná o alkaloidy a terpeny, ale můžeme nalézt také zmínky o glykosidech či o jedovatých peptidech. Učivo bývá nejčastěji spojováno se sekundárními metabolity rostlin a toxikomanií.



Obrázek 5 - Analyzované učebnice chemie (vlastní foto autorky)

1.2.4 Analýza dalších výukových materiálů

Jelikož je téma toxikologie přírodních látek mezipředmětové, nabízí se ho rozpracovat v doplňkových učebních materiálech, jako jsou různé příručky, pracovní listy či publikace zaměřené na badatelskou výuku. Téma je také atraktivní pro bakalářské a diplomové práce.

Analýze **dalších výukových materiálů** týkajících se alkaloidů **z pohledu chemie** se věnovala Fantová (2016) ve své diplomové práci s názvem *Alkaloidy – výukové materiály pro SŠ*. Zmiňuje např. materiály z internetového portálu Dumy.cz, elektronickou učebnici E-ChemBook či materiály na stránkách některých středních škol. V praktické části své práce poté na toto téma vytvořila další vlastní materiály – učební text, powerpointové prezentace, pracovní list, didaktický test, projekty a laboratorní úlohy.

Náměty na **praktická cvičení** pro téma toxikologie přírodních látek lze nalézt např. v publikacích:

- *Experiment pro přírodovědné kroužky na téma: rostliny, léčivé látky, drogy* (Kubienová, Vinter, 2013)
 - Náměty: Důkaz toxických alkaloidů tropanové řady, Izolace a identifikace nikotinu
- *Praktická cvičení z chemie a biologie pro středoškolské studenty* (Zajoncová, Vinter, 2013)
 - Náměty: Detekce alkaloidů a léčiv pomocí tenkovrstvé chromatografie
- *Laboratorní a terénní cvičení BIOLOGIE* (Dobroruková a kol., 2015)
 - Náměty: Sinice jako zdroje toxinů

Pokud škola vlastní **čidla Vernier**, lze do výuky zařadit také Fluorescenci chininu, instrukce k pokusu jsou na jejich stránkách.

V rámci svého výzkumu jsem nenarazila na odbornou či metodickou **literaturu** věnovanou toxikologii přírodních látek, která by byla **určena pedagogům**. Ale v rámci již zmíněné publikace *Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: Rostliny, léčivé látky, drogy* (Kubienová, Vinter, 2013) je kapitola věnovaná jedovatým rostlinám. Některé toxikologické pojmy lze najít také v publikaci *Nový přehled biologie* (Rozsypal a kol., 2003)

Samostatnou kapitolu v učebnici na téma fyto toxikologie a na ní navazující **pracovní list** ve své praktické části diplomové práce s názvem *Výuka fyto toxikologie na středních školách* vytvořila Blažejová (2016).

Zajímavé články, které mohu učitelé ve výuce využít, lze nalézt např. v **časopisech** *Živa* (např. Léčivé rostliny obsahující tropanové alkaloidy; Toxiny sinic – zbraň proti konkurenci), *Vesmír* (např. Halucinogenní drogy v době bronzové; Mítotické jedy) či *National Geographic* (např. Nejsilnější smrtící jedy mohou zachraňovat tisíce lidských životů).

Dalším zpestřením výuky mohou být **přednášky od odborníků z vysokých škol**. Vysoké školy pořádají každý rok akce pro školy a veřejnost. Například ve školním roce 2019/2020 přednášel PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D. na Univerzitě Palackého v Olomouci o jedovatých rostlinách (název přednášky *Toxikologie (Jedovaté rostliny – úvod do rostlinné toxikologie)*) a ve školním roce 2021/2022 probíhala na Univerzitě Hradec Králové přednáška *Plisně, mykotoxiny a zdraví člověka* vedená RNDr. Jakubem Tomanem, Ph.D. Přednášky na téma toxikologie pro žáky středních škol připravují také celoročně MUNI RECETOX (ústav Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity) anebo akademici z Farmakologického ústavu MED MUNI. Výběr přednášek, přihlášení a další informace lze nalézt na stránkách Masarykovy univerzity v Brně.

Kromě již uvedených diplomových prací lze zmínit také **odborné závěrečné práce** na téma toxikologie přírodních látek, např.:

- *Jedovatí živočichové* (Jiskrová, 2011)
- *Mykotoxiny a jejich případný vliv na lidské zdraví* (Stejskalová, 2011)
- *Toxické látky v rostlinách* (Grofová, 2015)
- *Biologické jedy v rostlinné říši* (Pokorná, 2015)
- *Léčivá zvířata* (Bakalová, 2016)

- *Možná toxicita sinic a jejich možný vliv na zdraví zvířat a člověka* (Popelářová, 2018)
- *Toxiny sinic a řas* (Kotyzová, 2020)
- *Toxické látky v potravinách* (Rohlenová, 2020)
- *Tvorba informačního a výukového materiálu na téma „jedy v houbách“*
(Jandíková, 2023)
- *Jedovaté rostliny ve volné přírodě, v domácnostech a ve školách* (Trčka, 2023)

1.3 Toxikologie

1.3.1 Co je toxikologie?

Toxikologie je vědní obor studující nepříznivé (toxické) účinky cizorodých látek (xenobiotik) nebo jejich směsí na živé organismy. Zabývá se **vzájemným působením chemických látek a živého organismu**, neboť u většiny látek dochází po vstupu do organismu k jejich přeměnám (biotransformacím). Je proto oborem **interdisciplinárním**, využívá poznatků biologických (biologie, lékařské vědy, molekulární biologie, genetika) a chemických (chemie obecná, anorganická, organická a fyzikální, biochemie) a je příbuzná farmakologii (Horák a kol. 2004, Patočka a kol. 2004).

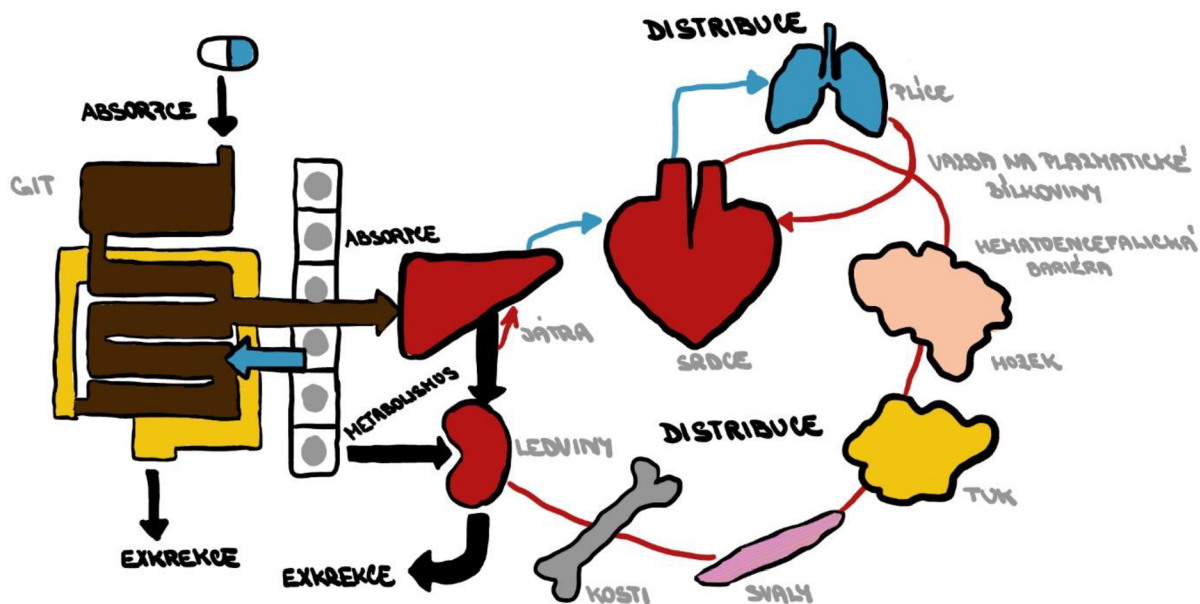
Paracelsus pravděpodobně jako první (začátkem 16. století) konstatoval, že **všechny látky jsou jedy, je to jen dávkou, kdy nějaká látka přestává být jedem**. Linhart (2014) ve své publikaci uvádí, že striktní rozlišování mezi látkami prospěšnými na jedné straně a látkami toxickými na straně druhé, které je v obecném povědomí silně zakořeněno, je naprosto neopodstatněné a zavádějící. V toxikologii se spíše mluví o různých stupních toxicity podle dávky, která způsobuje poškození organismu. Samotný pojem **jed** se pak definuje jako látka, která již v malém množství může po vniknutí do organismu vyvolat jeho poškození nebo smrt. Na druhé straně termín **toxin** má poněkud užší význam, protože toxin není jakýkoli jed, ale jed pocházející ze živé přírody (toxin mikrobiální, rostlinný nebo živočišný) (Linhart, 2014).

1.3.2 Osud cizorodých látek v živém organismu

Vztah látky a organismu je **dynamický**: látka působí na organismus a organismus látku mění na méně toxickou formu (Kočí, Mocová, 2009). Osud látek v lidském organismu můžeme rozdělit do čtyř procesů (viz obrázek č. 6):

- **absorpce** (vstup),
- **distribuce** (přenos),
- **biotransformace** (metabolické přeměny),
- **exkrece** (vylučování),

příčemž biotransformace a exkrece se společně kvůli úzkému stavu někdy označují jako **eliminace** (Horák a kol. 2004, Linhart 2019).



Obrázek 6 – Toxokinetika (vlastní tvorba autorky)

Cizorodá látka se do organismu může dostat různými způsoby. Toxikologicky nejvýznamnější **cesty vstupu** jsou inhalací (vdechováním), perorálně (požitím), perkutánně (přes kůži) či intravenosně (do žíly). Každá cesta vstupu má svoje charakteristické vlastnosti. Vstřebávání látky závisí hlavně na její lipofilitě. Nejrychlejší cestou vstupu je nitrožilní podání, stejně tak při inhalaci dochází také k rychlému vstřebání. Relativně pomalá cesta vstupu je požití, neboť cizorodé látky se v největší míře absorbují až v tenkém střevě. Rozhodující vliv na rychlost vstřebávání látek ze zažívacího traktu má její rozpustnost. Vstup přes kůži je z uvedených cest nejpomalejší, neboť odumřelé buňky tvoří překážku (Horák a kol. 2004, Linhart 2014, Linhart 2019).

Po absorpci do krve je **látka distribuována** do jednotlivých tkání a orgánů. Aby se však dostala k cílovým receptorům uvnitř buněk, musí proniknout přes buněčnou membránu. Schopnost proniknutí látky buněčnou membránou závisí především na již zmíněné lipofilitě. Látky se nejdříve distribuují především do bohatě prokrvených orgánů – plíce, srdce, játra, ledviny, popř. mozek. Mозek je proti vstupu cizorodých látek chráněn tzv. hematoencefalickou bariérou, přes kterou však mnohé škodlivé látky mohou proniknout (Hrdina a kol. 2004, Linhart 2014, Linhart 2019). Naproti tomu placenta není zas takovou bariérou, neboť plod je v podstatě vystaven stejným látkám jako matka (Vrzal, 2014). „Distribuce látek v organismu neprobíhá rovnoměrně. Cizorodé látky se mohou ukládat v některých orgánech a tvořit depot, ze kterého

se ještě dlouho po skončení expozice uvolňují do oběhového systému.“ (Linhart, 2014). Látky se mohou reverzibilně nekovalentními vazbami vázat na plazmatické proteiny (především albuminy). Vysokou schopnost zadržovat cizorodé látky mají játra a ledviny, lipofilní látky se snadno koncentrují v tukové tkáni a ionty některých cizorodých látek (např. těžkých kovů) se mohou zabudovávat do struktury kostí (Hrdina a kol. 2004, Linhart 2014).

V těle podléhají cizorodé látky **metabolickým přeměnám** (obvykle enzymatickým), při kterých se mění na méně lipofilní (více rozpustné ve vodě), což umožňuje jejich vyloučení z organismu (Hrdina a kol. 2004, Linhart 2019). Biotransformace může vést ke snížení, ale i ke zvýšení toxicity cizorodých látek. *„Zvýšení toxicity během biotransformace je obvykle důsledkem tvorby reaktivních metabolitů, které mají povahu elektrofilů nebo volných radikálů.“* Předtím, než jsou reaktivní metabolity detoxikovány, mohou reagovat s proteiny a nukleovými kyselinami, navázat se na ně a ovlivnit tak jejich strukturu a funkce (Linhart, 2019). Biotransformační procesy (probíhající především v játrech) můžeme rozdělit do dvou fází. Fáze I zahrnuje reakce oxidační, redukční a hydrolytické a fáze II reakce slučovací (Hrdina a kol. 2004, Balíková 2017).

Nejdůležitějším orgánem **vylučujícím** cizorodé látky jsou ledviny. Další důležitou formou vylučování je vylučování stolicí. Ostatní způsoby exkrece – plicemi, potem, slinami, slzami apod. nejsou moc významné. Podmínkou vylučování močí je rozpustnost ve vodě. Stolicí se vylučují látky, které se z trávicího traktu nevstřebaly do krve nebo ty, které se do střev dostaly z jater se žlučí (Hrdina a kol. 2004, Linhart 2019).

1.3.3 Toxické účinky

Působení cizorodé látky se může navenek projevit celou řadou příznaků (symptomů), jako je např. malátnost, poruchy zažívání, bolest hlavy, svědění kůže, změny srdečního rytmu, hypotenze či hypertenze (nízký či vysoký krevní tlak), mióza či mydriáza (zúžení či rozšíření zornic) atd. Příznaky mohou nastat bezprostředně nebo v krátké době (minuty až hodiny) po vstupu látky do organismu, pak se jedná o **akutní účinek**. Nebo se poškození zdraví projeví až po dlouhodobé či opakované expozici toxické látky a pak mluvíme o **chronickém účinku**. Akutní a chronické účinky vyvolané stejnou látkou se mohou značně lišit. Jedna a tatáž látka může zpravidla způsobovat jak akutní, tak chronickou otravu. Zvláštním případem účinku je **účinek pozdní**, který se projeví po jednorázové dávce nebo krátké expozici, ale až po uplynutí určité (latentní) doby (Horák a kol. 2004, Linhart 2019).

Intoxikace se může projevit lokálně nebo systémově, přičemž většina toxických látek působí systémově. Všechny orgány ale nejsou zasaženy stejně. Ve většině případů se účinky látky projeví na jednom či dvou orgánech, tzv. **cílových orgánech** (McGachy a kol., 2021).

Podle způsobu působení (mechanismu) dále rozlišujeme účinky **přímé** (látka působí pouhou svou přítomností na kritickém místě v organismu), **biochemické** (látka interaguje s cílovou molekulou (receptorem), ovlivní nějaký biochemický děj a tím některou životní funkci buňky či organismu), **imunotoxické** (změny imunitního systému projevující se snížením imunity, nebo nepřiměřenou, alergickou reakcí), **mutagenní** (změna genetické informace vedoucí ke změně vlastností následujících generací), **karcinogenní** (změna genetické informace vedoucí ke zhoubnému nádorovému bujení) a **teratogenní** (poškození plodu vedoucí k narození defektního jedince) (Horák a kol. 2004, Klusoň 2014).

Dávka, která vyvolá nějaký toxický účinek u 50 % testovaných jedinců, se označuje jako **TD₅₀** (toxická dávka 50) nebo jako **ED₅₀** (efektivní dávka). Dávka, která po jednorázovém podání způsobí smrt 50 % testovaných jedinců, se označuje jako **LD₅₀** (letální dávka 50) (Vrzal 2014, Linhart 2019).

1.4 Přírodní toxiny

Jedovaté látky můžeme z toxikologického hlediska rozdělit do dvou základních skupin: biologicky aktivní organické sloučeniny přírodního nebo syntetického původu a prvky a jejich sloučeniny řadící se do oblasti anorganické chemie (Klusoň, 2014).

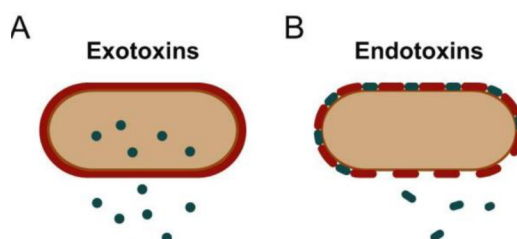
Mnohé živé organismy produkují látky, které mohou na jiné organismy působit negativně. Toxiny slouží živým organismům jako ochrana před nepřáteli nebo k ulovení a usmrcení kořisti. Některé jsou nebezpečné i pro člověka. Spektrum toxinů je neobyčejně široké (Patočka, 2004). Přírodní toxiny se podle svého původu dělí na:

- **bakteriální toxiny**
- **toxiny sinic a řas**
- **toxiny jedovatých mikroskopických hub**
- **houbové toxiny**
- **rostlinné toxiny**
- **živočišné toxiny** (McGachy a kol., 2021)

V následujících kapitolách jsou popsány konkrétní přírodní toxiny na základě výše zmíněného členění. Jak už bylo uvedeno, spektrum toxinů je široké. Níže jsou proto zmíněni pouze producenti toxinů/toxiny, kteří jsou všeobecně známí, něčím zajímaví a mohli by být dle mého názoru vhodným zpestřením výuky.

1.4.1 Bakteriální toxiny

Převážná část bakterií je pro člověka neškodná (či dokonce prospěšná), reálné riziko představuje asi 10 % mikroorganismů, které se označují jako patogenní. Pod pojmem patogenita se rozumí schopnost bakterie vyvolat infekční onemocnění. Bakteriální toxiny se obecně dělí na dvě skupiny: **exotoxiny a endotoxiny** (viz obrázek č. 7), přičemž toxicita exotoxinů je vyšší než toxicita endotoxinů (Hrdina a kol. 2004, Klusoň 2014, McGachy a kol. 2021).



Obrázek 7 - Exotoxiny a endotoxiny (převzato z: *Bacterial endotoxins and exotoxins in intensive care medicine*)

Exotoxin je silně jedovatý proteinový toxin, který vylučuje živá bakterie do okolí. Jeho strukturu dokáže hostitelský organismus rozpoznat a vytvořit proti němu protilátku, jedná se tedy o antigenní látku. Mezi onemocnění způsobená exotoxiny patří záškrť, spála, stafylokokové infekce, úplavice, syndrom toxického šoku, antrax, černý kašel, tetanus, botulismus a další. Exotoxiny mohou vlivem tepla nebo chemických látek svoji toxicitu ztratit. Tyto toxické bakteriální proteiny lze přeměnit na tzv. toxoidy, uměle upravené toxiny bakterií využívané k očkování (Podstatová 2001, Klusoň 2014, McGachy a kol. 2021).

Endotoxin je lipopolysacharidový komplex gramnegativních bakterií. K jeho uvolnění dochází až po zániku bakterie a jejím rozkladu. Vůči teplotě jsou endotoxiny odolné, nelze je zbavit toxicity. Již v nízkých koncentracích způsobují horečku a větší množství těchto toxinů může vést až k toxickému šoku. Nacházíme je především u gramnegativních střevních bakterií. Průnik endotoxinu a jeho uplatnění umožňuje porušená střevní bariéra a jeho toxicita se uplatňuje při systémových onemocněních (Podstatová 2001, Klusoň 2014, McGachy a kol. 2021).

Rozdíly mezi exo- a endotoxiny shrnuje následující tabulka č. 3.

Tabulka 3 - Rozdíly mezi endo- a exotoxiny (vlastní tvorba autorky na základě informací z přednášky „Struktury vybraných bakteriálních toxinů“ (MUNI))

	EXOTOXINY	ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	G- bakterie
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU	toxin vylučují živé bakterie	toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny, málo polypeptidy	lipopolysacharid
ANTIGENOST	vysoce antigenní	slabě antigenní
ODOLNOST PROTI TEPLOTĚ	termolabilní	termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	vyvolávají horečku
VAKCINACE	ano	ne

Pro výuku na středních školách jsem vybrala následující dva exotoxiny.

Botulotoxiny jsou produkovány anaerobní gram-pozitivní bakterií *Clostridium botulinum*. Bakterie se může objevit v konzervovaných masových a zeleninových výrobcích a nedostatečně tepelně upravovaném masu a masných výrobcích. Vyvolávají nebezpečné otravy, tzv. botulismus. Mechanismus účinků spočívá ve vazbě toxinu na nervosvalovou ploténku, inhibici uvolňování acetylcholinu a následné blokaci nervosvalového přenosu. Mezi příznaky otravy patří bolesti hlavy, závratě, svalová ochablost až paralýza a řada neurologických poruch. Smrt nastává v důsledku paralýzy dýchacího svalstva. Botulotoxin se vyrábí ve velkých množstvích pro různé aplikace v medicíně a kosmetice, především k odstraňování vrásek v obličeji (Patočka a kol. 2004, McGachy a kol. 2021).

Tetanotoxin (tetanus toxin) produkováný vegetativní formou *Clostridium tetani* se skládá z neurotoxické složky – tetanospasminu, která vyvolává onemocnění tetanus, a hemolytické složky – tetanolysinu, která je nositelem hemolytických vlastností a nehraje v etiologii tetanu žádnou roli. Jedná se o polypeptid. Tetanospasmin se společně s botulotoxinem řadí k nejúčinnějším známým jedům. K onemocnění může dojít i při drobném poranění, při kterém se do rány dostane cizí kontaminované těleso (např. tříska, hlína). Tetanospasmin se v míše váže na presynaptická zakončení motorických nervů, kde blokuje uvolňování glycinu, což má za následek neomezené trvalé svalové kontrakce. Dochází k pocení, změnám v srdečním rytmu a hypertenzi na začátku a hypotenzi na konci onemocnění (viz 1.3.3. Toxické účinky). V České republice existuje očkování látkou Di-Te-Pe (difterie, tetanus, pertuse) (Hrdina a kol. 2004, McGachy a kol. 2021).

1.4.2 Toxiny sinic a řas

Producentů tzv. **fykotoxinů** (jedovatých látek sinic a řas) je sice jen nepatrný zlomek druhů, avšak jejich význam spočívá ve schopnosti pronikat potravním řetězcem. Nejvyšší koncentrace těchto látek v moři či sladkých vodách bývají během intenzivního nárůstu **vodního květu** (viz obrázek č. 8) a v přímořských oblastech **červeného přílivu** (viz obrázek č. 9). Toxiny sinic a řas se obvykle dělí podle mechanismu působení – paralytické jedy (např. saxitoxin), průjmové jedy (např. okadová kyselina), neurotoxiny (např. brevetoxin), amnestické jedy (např. domoová kyselina) a tzv. ciguatera toxiny (např. ciguatoxin). Nejrozšířenější a nejvíce studovanou skupinou **cyanotoxinů** (toxiny sinic) jsou hepatotoxické microcystiny (Hrdina a kol. 2004, Babica a kol. 2005, McGachy a kol. 2021). Níže jsou zástupci toxinů seřazeni dle jejich producentů v následujícím pořadí: sinice (Cyanobacteria), rozsivky (Bacillariophyceae), obrněnky (Dinophyta).



Obrázek 8 - Vodní květ (autor: Felix Andrews)



Obrázek 9 - Červený příliv (autor: Kai Schumann)

Microcystin je látka ze **sinic** rodu *Microcystis*. Toxicita všech microcystinů je vysoká, jsou to nejnebezpečnější a nejrozšířenější sloučeniny sinic. Jedná se o látky hepatotoxické. Do organismu se dostávají perorální cestou nebo inhalačně. Mechanismus účinku spočívá v inhibici proteinfosfatáz. U rekreačních rybářů a plavců, kteří byli vystaveni kontaminovaným vodám, byly pozorovány gastrointestinální příznaky, vyrážky a respirační potíže. Ve vodě jsou microcystiny poměrně stabilní a je obtížné je odstranit konvenčním procesem úpraveny vody. Proto jejich výskyt v pitných vodách představuje vážné riziko pro lidské zdraví. V polovině 90. let v brazilském Caruaru došlo k úmrtí zhruba 50 pacientů po rutinní renální dialýze v důsledku rozvoje hepatotoxických sinic v nádrži dodávající vodu pro hemodialyzní jednotku (Patočka a kol. 2004, Babica a kol., Igwaran 2024).

Jako **anatoxin** se označuje skupina látek, kam spadá anatoxin-a, homoanatoxin-a a anatoxin-a(s). Jedná se o neurotoxiny, které jsou produkovány sladkovodními **sinicemi** rodu *Anabaena* a *Oscillatoria*. Toxiny jsou uvolňovány do vody zejména při biologickém rozkladu

sinic. Do organismu se dostávají přes gastrointestinální trakt nebo plícemi při vdechnutí aerosolu. Mechanismus účinku anatoxinu-a a homoanatoxinu-a spočívá v blokaci cholinergních receptorů v periferním a centrálním nervovém systému a anatoxin-a(s) inhibuje acetylcholinesterázu. Průběh intoxikace doprovází zvýšené pocení, slzení a tvorba slin či křeče kosterního svalstva. Úmrtí nastává v důsledku ochrnutí dýchacích svalů (Patočka a kol., 2004).

Kyselina domoová je produkována především **rozsivkou** *Pseudo-nitzschia multiseries*. Tento toxin je zajímavý zejména pro neurology a psychiatry, neboť po jeho intoxikaci dochází k neurologickým poruchám, halucinacím, časovým a prostorovým dezorientacím a nápadnému zhoršení krátkodobé paměti připomínající některé neurodegenerativní nemoci, jako je např. Alzheimerova choroba. Tento druh otravy, označovaný jako ASP-syndrom („Amnestic Shellfish Poisoning“), vstoupil veřejnosti do podvědomí v roce 1987, kdy došlo v jedné restauraci v Kanadě k intoxikaci více než 250 lidí po konzumaci slávky jedlé. Nejčastějšími příznaky byly žaludeční křeče, zvracení, průjem, bolesti hlavy a ztráta krátkodobé paměti. Narušení krátkodobé paměti bylo dlouhodobé (trvalo i několik let) a u 12 pacientů bylo trvalé. Biologický účinek kyseliny domoové je zprostředkován pomocí glutamátových receptorů (Hrdina a kol., 2005).

Saxitoxiny jsou silné neurotoxiny, které jsou produkovány převážně **obrněnkami** (Dinophyta). Kumulují se v koryších a jiných vodních živočiších. Do lidského organismu se dostávají požitím kontaminované potravy. Váží se na sodíkové kanály a způsobují tak paralýzu dýchacích cest. Smrt nastává v důsledku udušení (McGachy a kol., 2021). Saxitoxin je řazen mezi potenciální bojové biologické prostředky (Hrdina a kol., 2008).

Brevetoxiny jsou produkovány **obrněnkami** *Gymnodinium breve* či *Psychodiscus brevis*. Kumulují se v mase některých měkkýšů a ryb, a proto jsou nebezpečné i pro člověka. Mají neurotoxické účinky. Mechanismus účinku spočívá v otevření napětově řízených sodných kanálů. Fungují také jako aktivátory histaminu a způsobují bronchokonstrikci. K projevům brevetoxikózy (způsobené brevetoxiny typu A) patří závratě, zvracení a průjem, svalová slabost či poruchy dýchání. Dosud nebyla zaznamenána smrtelná otrava (Hrdina a kol. 2008, McGachy a kol. 2021).

Ciguatoxiny se vyskytují zpravidla ve svalech a vnitřních orgánech četných ryb, které jsou za normálních okolností považovány za nezávadné. K otravě dochází nejčastěji v tropických a subtropických oblastech Indického a Tichého oceánu a v Karibském moři, kde ryby přijímají toxin s potravou (**obrněnkami**) (viz obrázek č. 10). Tamější obyvatelé ale znají jednoduchý

test, jak zjistit, jestli je v rybách ciguatoxin obsažen. Odříznou kousek masa, vhodí ho do mraveniště, a pokud je rybí maso nezávadné, mravenci se k němu rychle seběhnou a začnou ho konzumovat. Ciguatoxin patří k nejjedovatějším známým biologickým látkám. Nemá vliv na vzhled, vůni či chuť ryby a nedá se zničit tepelnou úpravou, sušením, solením, uzením či marinováním. Mechanismus účinku spočívá v narušení činnosti sodno-draselné pumpy. Dochází ke gastrointestinálním a kardiovaskulárním potížím a objevují se i nervové příznaky. Zvláštním symptomem je odlišné vnímání pocitu tepla a chladu, teplé je vnímáno jako studené a studené jako horké. K úmrtí dochází jen zřídka (Hrdina a kol., 2008).



Obrázek 10 - Obrněnky (autor: Ernst Haeckel)

1.4.3 Toxikologie hub

„Pravé houby (Eumycota) jsou rozdělovány na vláknité (tvořící mikrostrélku, mikromycety – Ascomycotina, tj. vřeckovýtrusné) a vytvářející plodnici (houby s makrostrélkou, makromycety – Basidiomycotina, tj. stopkovýtrusné, částečně i vřeckovýtrusné).“ (Hrdina a kol., 2004).

Vláknité houby na lidský organismus působí v podobě mykóz (napadení živé tkáně houbou), alergií a mykotoxikóz (onemocnění vyvolané produkty specializovaného metabolismu, tzv. mykotoxiny). Ne všechny mikromycety tvoří mykotoxiny, závisí to na teplotě, vlhkosti a typu substrátu (Hrdina a kol., 2004).

Houby vytvářející plodnice mohou také produkovat toxické metabolity. Tyto látky ale nejsou označovány jako mykotoxiny, nýbrž jako houbové jedy. Otravy bývají způsobovány následkem záměny totožnosti sbírané houby (Hrdina a kol., 2004).

1.4.3.1 Toxiny mikrostélkatých hub

Nejrozšířenějšími a celosvětově nejsledovanějšími mykotoxiny jsou **ergotové (námelové) alkaloidy, aflatoxiny, ochratoxiny, trichotheceny, zearalenony a patulin**. Až 25 % světové produkce potravin může být kontaminováno mykotoxiny. K těmto kontaminacím dochází přirozeně, jsou nepředvídatelní a nelze jim zamezit (či je úplně odstranit) ani při dodržování doporučených zemědělských a technologických výrobních postupů. Vzhledem k toxickým účinkům a jejich teplotní odolnosti představují mykotoxiny potenciální riziko nejen pro zdraví lidí a zvířat, ale také pro ekonomiku v důsledku úhynu zvířat, poškození úrody a znemožnění obchodu (McGachy a kol., 2021).

První popsanou mykotoxikózou u člověka byl ergotismus způsobený požitím mouky infikované paličkovicí nachovou (*Claviceps purpurea*) (viz obrázek č. 11). Ergotismus má dvě formy: gangrenózní a konvulzivní. Při gangrenózní formě dochází k vazokonstrikci cév, což může vést až k odumření koncových částí těla, např. prstů. Konvulzivní forma zahrnuje závratě, nevolnost a bolestivé křeče. Ergotismus mohl sehrát významnou roli ve známých čarodějnických procesech v Salemu. V současnosti už otrava námelovými alkaloidy, které jsou od této houby odvozené, nepředstavuje pro člověka nebezpečí, avšak toxikózy hospodářských zvířat nadále zůstávají. **Námelové alkaloidy** se odnepaměti používají v medicíně. Ergometrin se používá k zastavení poporodního krvácení a ergotamin je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli LSD, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966) (Hrdina a kol. 2004, Píchová 2017).

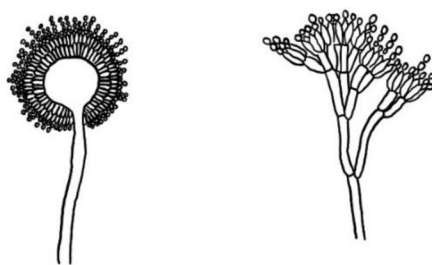


Obrázek 11 - Žitný námel (autor: Kasper Malmberg)

Aflatoxiny jsou produkované toxigenními kmeny *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* a *Aspergillus nominus*. Přirozené aflatoxiny se označují pomocí číslic a písmen B („blue“) nebo G („green“) podle vykazující fluorescence při osvětlení UV zářením. Dalšími písmeny M či Q se označují metabolické produkty. Písmenem M se označují metabolity aflatoxinů B1 a B2 poprvé izolovaného z kravského mléka („milk“). Aflatoxiny mohou vykazovat karcinogenitu,

teratogenitu a mutagenitu. Pořadí toxicity je $AFB1 > AFG1 > AFB2 > AFG2$. Aflatoxiny působí především na játra a ledviny (McGachy a kol., 2021). Dlouhodobé vystavení dětí aflatoxikóze může vést k malignitě, oslabené imunitní funkci, zpožděnému vývoji, podvýživě a cirhóze. Akutní aflatoxikóza u zvířat se může projevit jako deprese, ztráta hmotnosti, poškození jater a gastrointestinální krvácení. V závažných případech to může vést ke smrti. Kontaminace AF byla pozorována po celém světě s různými faktory (např. sezónní výkyvy, postupy po sklizni, hospodaření, druhy potravin, geografická poloha) ovlivňujícími její výskyt (Okechukwu a kol., 2024). Hrdina a kol. (2004) ve své publikaci uvádí, že za určitých podmínek (vlhkost, teplota) jsou *A. flavus* a *A. parasiticus* schopny růst a tvořit aflatoxiny na téměř každém organickém substrátu (včetně všech zemědělských komodit).

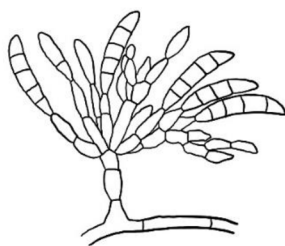
Ochratoxiny jsou produkovány rody *Aspergillus* (kropidlák) a *Penicillium* (štětíčkovec) (viz obrázek č. 12). Běžně se vyskytují na obilovinách, rýži a kukuřici, dále se mohou vyskytovat např. na kávových zrnech. Sekundárně se vyskytují v živočišném mase a krvi u zvířat, která byla kontaminovaným obilím krmena, neboť ochratoxin se pevně váže na albumin v krevním séru. Nejvýznamnějším a nejběžnějším zástupcem je **ochratoxin A** (OTA). Jedná se o nebezpečnou látku s imunotoxickými, teratogenními a karcinogenními účinky (viz 1.3.3. Toxické účinky). Nejvyšší citlivost na OTA vykazují ledviny a játra, ale může se kumulovat dokonce i v mozku. Základní mechanismus odpovědný za poškození hepatocytů (včetně aktivace apoptózy, poruch biochemických drah a mitochondrií, poškození DNA) souvisí s indukci oxidačního stresu (Hrdina a kol. 2004, McGachy 2021, Więckowska a kol. 2023).



Obrázek 12 - *Aspergillus* (vlevo) a *Penicillium* (vpravo) (vlastní tvorba autorů)

Mezi nejvýznamnější **trichotheceny** patří nivalenol, deoxynivalenol, T-2 toxin a diacetoxyscirpenol. Trichotheceny jsou produkovány především houbami rodu *Fusarium* (viz obrázek č. 13). Hostitelskými substráty jsou opět hlavně obiloviny a výrobky z nich. Obecně vykazují genotoxicitu, hematotoxicitu, imunotoxicitu, nefrotoxicitu, neurotoxicitu, dermatotoxicitu, kardiotoxicitu a toxicitu gastrointestinálního traktu. Z běžně se vyskytujících trichotecenů vykazuje T-2 toxin nejvyšší akutní toxicitu. K hlavním toxickým účinkům

T-2 toxinu patří postižení GIT (nauzea, zvracení, krvavý průjem), závratě, bolesti hlavy, dermatotoxicita, leukopenie, hemorrhagie a celková sepe. Inhibuje syntézu nukleových kyselin a proteinů, poškozují strukturu i funkci buněčné membrány (inaktivací různých enzymů a inhibicí funkce mitochondrií) a navozuje apoptózu. Z celé řady mykotoxinů jsou právě trichotheceny (T-2 toxin) uváděny jako možné biologické agens, neboť jsou netěkavé, neztrácejí toxicitu ani po zahřátí na 100 °C, jsou špatně rozpustné ve vodě, jsou radiomimetické (mohou zesilovat následky působení ionizujícího záření) a lze je snadno vyrobit v laboratorních podmínkách (Vacková a kol. 2005, Malíř a kol. 2013, McGachy 2021).



Obrázek 13 - *Fusarium* (vlastní tvorba autorky)

1.4.3.2 Toxiny makrostélkatých hub

Vyvolané účinky při otravě mohou být: hepatonefrotické (např. muchomůrka zelená), nefrotické (např. pavučinec plyšový), neurotoxicke (např. muchomůrka červená, muchomůrka tygrovaná), psychotropní (např. lysohlávky), gastroenterodyspeptický syndrom (např. hřib satan) a antabusový syndrom (např. hnojník inkoustový) (Balíková 2017, McGachy a kol. 2021). Hrdina a kol. (2004) rozlišují osm základních typů houbových jedů: **amatoxiny, orelanin, muscimol/kyselina ibotenová, monomethylhydrazin, muskarin, koprin, psilocybin a gastrointestinální iritanty.**

K otravám s největší úmrtností patří otravy **amatoxiny a falotoxiny**, které jsou obsažené především v muchomůrce zelené (*Amanita phalloides*) a muchomůrce jízlivé (*Amanita virosa*). Jedná se o cyklické peptidy, které jsou relativně rozpustné ve vodě a termostabilní. Jsou také odolné vůči degradaci enzymů a kyselin, a proto nebudou při požití inaktivovány v GIT. Tyto toxiny se rychle vstřebávají a dostávají ke svým cílovým orgánům – játra a ledviny. Amatoxiny jsou toxickejší než falotoxiny. Mechanismus jejich účinku spočívá v inhibici transkripci a proteosyntézy. Mezi první příznaky intoxikace patří GIT potíže (nevolnost, bolesti žaludku, zvracení, průjem), malátnost, závratě a bolesti hlavy. Ve druhé fázi dochází k poruše či selhání jater a ledvin. Otrava bývá smrtelná v 50 % případů, přičemž k smrtelné otravě stačí cca 50 g houby (jedna plodnice váží cca 30-40 g). Z muchomůrky jízlivé byly navíc izolovány ještě tzv. **virotoxiny** (Malíř, Ostrý 2012; Vlach, Chocholoušková 2014; Garcia a kol. 2015).

Hlavní toxickou látkou pavučince plyšového (*Cortinarius orellanus*) je **orelanin**. Pavučinec plyšový je naše nejjedovatější houba, smrtelná dávka je cca 30 g čerstvé houby. Orelanin je termostabilní a zůstává i v sušené houbě. Působí selektivně na ledviny (inhibuje syntézu RNA a DNA ledvinových buněk a poškozuje ledvinové tubuly). Pro průběh otravy je charakteristická velmi dlouhá doba latence, nejčastěji týden. Mezi příznaky patří např. žízeň, nutkání k močení, bolesti hlavy, břicha a zad a nevolnost. Diagnóza je velmi obtížná. U nás se tato otrava prakticky nevyskytuje, neboť pavučinec plyšový je v České republice poměrně vzácný, ale např. v Polsku odborníci diagnostikují až několik desítek případů ročně (Malíř, Ostrý 2012; Vlach, Chocholoušková 2014).

Ibotenová kyselina a **muscimol** jsou toxiny obsažené v muchomůrce červené (*Amanita muscaria*) a muchomůrce panterové (*A. pantherina*). Ibotenová kyselina je derivát kyseliny glutamové a muscimol derivát kyseliny γ -aminomáslené. Po požití se kyselina ibotenová a muscimol rychle vstřebávají z gastrointestinálního traktu, snadno procházejí hematoencefalickou bariérou a působí především na centrální nervový systém, kde působí jako antagonisté neurotransmiterů. Kyselina ibotenová působí jako excitační aminokyselina na glutamátových receptorech a muscimol je agonista receptoru GABA (má tlumivý účinek na CNS). Excitační kyselina ibotenová se spontánně přeměňuje na tlumivý muscimol dekarboxylací. Otravy se projevují halucinacemi, zmateností, neklidem, záchvaty a kómatem. Tento ibotenický (či pantherina-muscaria) syndrom lze rozdělit do dvou podtypů. *A. muscaria* obsahuje více excitační kyseliny ibotenové, a proto vede častěji ke zmatenosti a neklidu, zatímco *A. pantherina* obsahující více inhibičního muscimolu způsobuje častěji kóma (Hrdina a kol. 2004; Vendramin, Brvar 2014).

Otravy **gyromitriem**, který se vyskytuje zejména u ucháče obecného (*Gyromitra esculenta*), jsou svým průběhem podobné otravám muchomůrkou zelenou (ovšem s nižší smrtelností). Gyromitrin se v těle hydrolyzuje na karcinogenní a teratogenní **metylhdyrazin**. Otravy ucháčem jsou relativně časté, neboť patří k prvním jarním houbám a často se zaměňuje za smrže. Dochází k poškození ledvin, jater a myokardu (Malíř, Ostrý 2012; Vlach, Chocholoušková 2014).

Prvním izolovaným houbovým jedem byl **muskarin**. Obsah muskarinu je vyšší u druhů rodu *Inocybe* (vláknice) než např. u muchomůrky červené (*Amanita muscaria*). Muskarin stimuluje periferní muskarinové receptory, působí jako acetylcholin, ale není degradován cholinesterázou, a proto má delší dobu účinku. Symptomy otravy zahrnují např. miózu

(viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázek č. 23), nejasné vidění, zvýšenou perspiraci, salivaci a lakrimaci (PSL syndrom) či bronchospasmus. Může se objevit bradykardie nebo tachykardie a hypotenze nebo hypertenze (viz 1.3.3. Toxické účinky). Specifickým antidotem je atropin (viz 1.4.4.3.2 Tropanové alkaloidy) (Hrdina a kol. 2004, Graeme 2014).

Koprin, látka obsažená v hnojníku inkoustovém (*Coprinus aramentarius*) (viz obrázek č. 14), je nebezpečná po následné konzumaci alkoholu, neboť je příčinou disulfiramového (antabusového) syndromu. Mechanismus účinku koprinu je stejný jako u disulfiramu (syntetická organická látka, která se používala při léčbě osob těžce závislých na alkoholu) a spočívá v inhibici acetaldehyddehydrogenázy. Požití alkoholu během 30 minut až 3 dnů po požití houby způsobí akumulaci acetaldehydu, která je příčinou projevů opilsti, bolesti hlavy, nevolnosti, návalům horkosti, závratí a dušnosti. Příznaky obvykle vymizí do 6 hodin po konzumaci ethanolu, ale mohou se při opakované konzumaci alkoholu vracet (Hrdina a kol. 2004, Graeme 2017, McGachy 2021).



Obrázek 14 - Hnojník inkoustový (autor: Dan Molter)

Lysohlávky (*Psilocybe*) jsou populární především mezi toxikomany. Naše lysohlávky *P. semilanceata* a *P. coprinifacies* mají nižší obsah toxinů než *P. mexicana*, kterou používají indiáni ke kultovním obřadům. Lysohlávky obsahují psilocin a psilocybin. Psilocybin je fosfátový ester psilocinu, po požití je psilocybin rychle defosforylován na psilocin. Jejich aktivita je odvozena ze strukturní podobnosti se serotoninem a dopaminem. Působí na periferní serotoninergní receptory, mají halucinogenní účinky a chovají se podobně jako LSD, meskalin (viz 1.4.4.3.4 Protoalkaloidy) nebo amfetaminy. Objevuje se zkreslené vnímání prostoru a času, změny vědomí či iluze. Povahu vyvolaných euforických stavů nelze předvídat, někdy se dostaví „good trip“ a někdy „bad trip“. Tyto halucinogenní stavy mohou ohrožovat pacientův život, např. při pokusech létání (Hrdina a kol. 2004, Balíková 2017).

1.4.4 Rostlinné toxiny

Rostlinné jedy dělíme podle chemické struktury na: **alkaloidy, glykosidy, terpeny, rostlinné kyseliny, toxické aminokyseliny, furanokumariny, saponiny a polyacetylenové sloučeniny**. Nejvýznamnější a nejrozsáhlejší skupinou jsou alkaloidy (McGachy a kol., 2021).

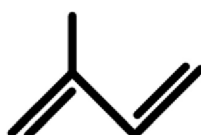
Rostlinné toxiny vhodné pro výuku na středních školách shrnuje tabulka č. 4.

Tabulka 4 - Vybrané rostlinné toxiny pro výuku na středních školách (vlastní tvorba autorky)

SKUPINA DLE CHEM. STRUKTURY	KONKRÉTNÍ TOXIN	ZDROJ TOXINU
TERPENY (monoterpeny)	KAFR	kafrovník lékařský
	MENTHOL	máta peprná
	THUJON	zerav západní, vratič obecný, pelyněk pravý
TERPENY (diterpen)	TAXOL (PACLITAXEL)	tis západoamerický, tis japonský
KYANOGENNÍ GLYKOSIDY	AMYGDALIN	čeleď růžovité
	LINAMARIN	čeleď bobovité, len setý
KARDIOAKTIVNÍ GLYKOSIDY	DIGITALIN, DIGITOXIN A DIOXIN KONVALATOXIN A KONVALOSID	konvalinka, náprstník
PIPERIDINOVÉ A PYRIDINOVÉ ALKALOIDY	NIKOTIN	tabák virginský
	AREKOLIN	areka obecná
	KONIIN	bolehlav plamatý
TROPANOVÉ ALKALOIDY	ATROPIN	rulík zlomocný, durman obecný, blín černý, mandragora lékařská
	KOKAIN	rudodřev koka (kokainovník pravý)
ISOCHINOLINOVÉ ALKALOIDY	MORFIN	mák setý
	TUBOKURARIN	rostlina <i>Chondrodendron tomentosum</i>
	GALANTAMIN	čeleď amarylkovité
PROTOALKALOIDY	EFEDRIN	chvojník
	MESKALIN	rostliny <i>Lophophora williamsii</i> , <i>Opuntia cylindrica</i>
	KOLCHICIN	ocún jesenní
INDOLOVÉ ALKALOIDY	FYSOSTIGMIN	puchýřnatec jedovatý
	STRYCHNIN	kuřičba dávivá
	KRATOM	rostlina <i>Mitragyna speciosa</i>
IMIDAZOLOVÉ ALKALOIDY	PILOKARPIN	mrštnoplod
CHINOLINOVÉ ALKALOIDY	CHININ	chinovník
PSEUDOALKALOIDY	AKONITIN	rod oměj (např. oměj vlčí mor, oměj šalamounek)
TOXICKÉ AMINY	KHATINON	kata jedlá
TOXICKÉ PROTEINY	RICIN	skočec obecný
	VISKOTOXINY	jmelí bílé
DALŠÍ JEDOVATÉ METABOLITY	KANNABINOIDY	čeleď konopovité

1.4.4.1 Terpeny

Terpeny představují největší známou skupinu sekundárních metabolitů a jsou typické především pro rostliny (i když jsou známy i u jiných forem života). Všechny terpeny lze formálně odvodit ze základní stavební jednotky, kterou je pětiuhlíkatý 2-methylbutadien (tzv. izopren) (viz obrázek č. 15). Podle počtu těchto jednotek se terpeny dělí na hemiterpeny (C_5), monoterpeny (C_{10}), seskviterpeny (C_{15}), diterpeny (C_{20}), sesterpeny (C_{25}), triterpeny (C_{30}) a karoteny (C_{40}) (Hrdina a kol., 2004).



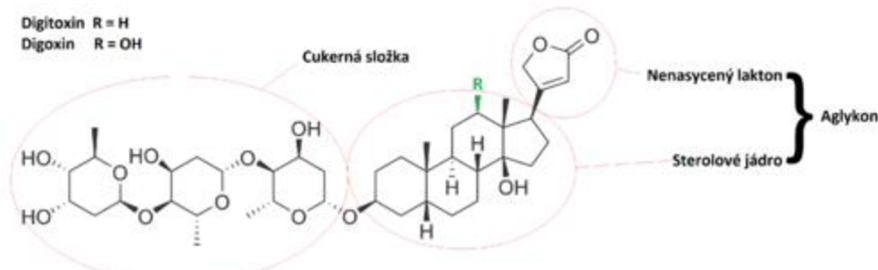
Obrázek 15 – Isopren (vlastní tvorba autorky)

Mezi **monoterpeny** se řadí např. kafr, menthol či thujon. Zdrojem **kafru** je kafrovník lékařský (*Cinnamomum camphora*). Po požití excituje CNS, způsobuje klonické křeče a na srdce působí podobně jako kofein. Může způsobit i smrt zástavou dechu. Na pokožku působí dráždivě, vyvolává lokální překrvení. **Menthol** se vyskytuje v silicích *Mentha* spp, zejména v mátě pepřné (*M. piperita*). Využívá se ve farmacii, kosmetice, tabákovém a potravinářském průmyslu. Perorální užití větších dávek však může vést k bolestem břicha, nevolnosti, zvracení, závratím, ataxii a ospalosti až kómatu. **Thujon** se vyskytuje jako směs stereoizomerů α , β v mnoha silicích, především v zeravu západním (*Thuja occidentalis*), vratiči obecném (*Tanacetum vulgare*), pelyňku pravém (*Artemisa absinthium*) a dalších druzích rodu *Artemisia*. Kontakt pokožky se silicí obsahující thujon může způsobit podráždění, svědění až ekzémy. Po požití dochází k poškození GIT, jater a ledvin. Thujon je uváděn také jako abortifaciens. Výrobci se snaží thujon z absintu odstranit, neboť opakované dávky mohou také vyvolat trvalé poškození CNS (Hrdina a kol., 2004).

Známým **diterpenem** je **taxol (paclitaxel)**, jehož zdroji jsou tis západoamerický (*Taxus brevifolia*), tis japonský (*T. cuspidata*) a stopově se vyskytuje i v jiných druzích *Taxus* spp. Jedná se o mitotický vřeténkový jed se specifickým působením, který podporuje tvorbu mikrotubulů a inhibici jejich rozpadu na tubulin, což způsobuje zpomalení dělení buněk. Tato látka se proto využívá v terapii některých typů rakoviny (Hrdina a kol., 2004).

1.4.4.2 Glykosidy

Chemická struktura glykosidů zahrnuje cukernou a necukernou (aglykon) část, které jsou navzájem spojené glykosidovou vazbou (viz obrázek č. 16). Prakticky všechny přírodní glykosidy obsahují D-cukr v konfiguraci β , nejčastěji glukosu a arabinosu. Některé L-cukry, např. L-rhamnosa, jsou vázány α -glykosidicky. Metabolická hydrolýza glykosidní vazby bývá podmínkou bioaktivace uvolněného aglykonu, někdy však mohou působit deaktivačně (glykosidy s polycyklickými aglykony) (Hrdina a kol., 2004).

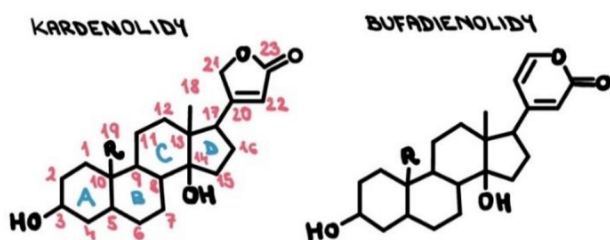


Obrázek 16 - Struktura glykosidů (autor: Martin Král)

Kyanogenní glykosidy poskytují hydrolýzou kyanovodík (kromě něho také aceton, 2-butanon, benzaldehyd apod.), který je účinným jedem. Perorální příjem kyanogenní rostliny však nemusí vést k výrazné intoxikaci, neboť není jednoduché dosáhnout nebezpečné koncentrace, glykosid musí být hydrolyzován v trávicím ústrojí a lidský organismus dokáže kyanidy rychle detoxikovat přeměnou na thiokyanáty. Mezi kyanogenní glykosidy patří např. amygdalin či linamarin. Zdrojem **amygdalinu** jsou semena a plody rostlin čeledi růžovitých (Rosacee). Menší množství amygdalinu obsahují i semena šlechtěných ovocných druhů. Mírné intoxikace jsou zaznamenány po neúměrné konzumaci broskvových či meruňkových semen či hořkých mandlí. Mezi příznaky mírné otravy se řadí bolest hlavy, zvracení, svalová bolest či dyspnoe. Látka experimentálně prokázala teratogenitu. **Linamarin** je obsažen v čeledi bobovitých (Fabaceae) a ve lnu setém (*Linum usitatissimum*). Pravděpodobně inhibuje Na^+/K^+ -ATPasu. Dochází tak ke ztrátě draslíku a elektrolytové nerovnováze (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018).

Všechny aglykony **kardioaktivních** glykosidů mají tetracyklické steroidní jádro a na C-17 navázaný α , β -nenasycený lakton. Dle velikosti laktanového kruhu se tyto glykosidy rozdělují na **kardenolidy** (C_{23} , s α , β -nenasyceným γ -laktonem) a **bufadienolidy** (C_{24} , s α , β -nenasyceným δ -laktonem) (viz obrázek č. 17). Kardioaktivní glykosidy mají značné omezené rozšíření, vyskytují se v několika čeledích a rodech, např. u konvalinky (*Convallaria*) či náprstníku (*Digitalis*). Aglykon zajišťuje účinek na srdce, cukerná část zajišťuje fyzikálně-chemické vlastnosti. Účinek na činnost srdce se projevuje zvýšenou kontraktibilitou srdečního svalu, zpomalením srdečního rytmu a zpomalením přenosu akčního potenciálu

atrioventrikulárním uzlem. Působí jako blokátory Na^+/K^+ -ATPázy, výsledkem je zvyšování nitrobuňkové koncentrace sodíku a pokles koncentrace draslíku. Mezi symptomy intoxikace patří poruchy srdečního rytmu, nevolnost doprovázená zvracením, bolest hlavy, slabost, únava a křeče. Některé kardioaktivní glykosidy jsou kumulativní a z organismu se vylučují velmi pomalu. Náprstník obsahuje např. **digitalin, digitoxin a dioxin** a konvalinka **konvalatoxin a konvalosid** (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018).



Obrázek 17 – Kardioaktivní glykosidy (vlastní tvorba autorky)

1.4.4.3 Alkaloidy

Alkaloidy jsou dusíkaté látky vznikající metabolickou přeměnou aminokyselin, popř. i jiných prekurzorů (pseudoalkaloidy). Řada z nich se používá v lékařství a některé jsou významné jedy. Dělíme je na: **protoalkaloidy, chinolizidinové, tropanové, piperidinové a pyridinové, pyrrolizidinové, izochinolonové, indolové, chinolinové, imidazolové, terpenové a steroidní** (Hrdina a kol., 2004).

1.4.4.3.1 Piperidinové a pyridinové alkaloidy

V tabáku virginském (*Nicotiana tabacum*) a dalších druzích *Nicotiana* se vyskytuje **nikotin**. Tato látka je absorbována extrémně rychle (sekundy) z mnoha míst, neboť velmi lehce penetruje membránami všech typů. Akutní toxický efekt je podmíněn interakcí s nikotinovými receptory acetylcholinu v periferním a centrálním nervovém systému. Látka je v organismu velmi rychle enzymaticky odbourávána v játrech a eliminována ledvinami. Určité množství nezměněného nikotinu se ukládá v játrech a je vylučováno močí nebo mateřským mlékem, a tak může docházet k otravě kojenců kouřícími matkami či otravě mlékem od zvířat rezistentních vůči nikotinu (koza). Velké dávky nikotinu způsobí poruchu vědomí, cirkulační kolaps a tonicko-klonické křeče. Smrt nastává respirační paralýzou a zástavou srdce (Hrdina a kol., 2004, Jahodář 2018).

Arekolin, který je obsažen v arece obecné (*Areca catechu*), je hlavním alkaloidem betelových oříšků (viz obrázek č. 18). Má muskarinový účinek a ve vyšších dávkách působí také na nikotinové receptory. Žvýkání betelu se projevuje zvýšenou salivací, perspirací a miózou (viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázek č. 23). Arekolin u toxikomana navozuje dobrou náladu, podněcuje myšlení, povzbuzuje k práci a tiší hlad i žízeň. Trvalé poškození organismu je menší než po alkoholu či nikotinu (viz 1.4.4.3.1 Piperidinové a pyridinové alkaloidy), avšak závislost je daleko silnější. Dochází k poškození ústní sliznice, zuby zčernají a dochází k jejich uvolňování, což je způsobeno nejen mechanickým poškozením tvrdými součástmi betelového sousta, ale i nehašeným vápnem, které naleptává sliznici. Žvýkání betelu tak může vést až ke tvorbě karcinomu (Valíček 2003, Hrdina a kol. 2004).



Obrázek 18 - Betelový list a arekový ořech (autor: Vjačeslav Argenberg)

Zdrojem **koniinu** je zejména bolehlav plamatý (*Conium maculatum*), který byl dříve používán k popravám. K trestu touto smrtí byl odsouzen např. athénský filosof Sokrates. Mechanismus působení lze přirovnat k působení nikotinu. Blokuje smyslové a motorické neurony. Otrava má charakter vzestupné obrny kosterního svalstva a končí zástavou dechu při plném a jasném vědomí a za plné srdeční činnosti. Při otravě pociťuje postižený nejprve chlad a brnění v končetinách, které se stávají postupně necitelné a bezvládné (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018, McGachy 2021).

1.4.4.3.2 Tropanové alkaloidy

Atropin je směs (-) a (+) hyoscyaminu, jehož zdrojem jsou lilkovité rostliny (*Solanaceae*): rulík zlomocný (*Atropa bella-donna*), durman obecný (*Datura stramonium*), blín černý (*Hyoscyamus niger*), mandragora lékařská (*Mandragora officinarum*) a další. Atropin patří do skupiny tzv. parasymptolytik (antimuskarinika, anticholinergika), které kompetitivně inhibují účinek acetylcholinu tím, že se váží místo něj na muskarinové receptory. Semena a tobolky durmanu jsou zneužívány k navození stavu vzrušení, dezorientace a halucinace. Při nízké dávce atropin inhibuje žláзовou sekreci, vyvolává relaxaci hladkého svalstva a zrychluje srdeční činnost. Mezi typické projevy mírné intoxikace patří vzrušení, sklon

k mnohmluvnosti a nemotivovanému smíchu, zčervenání tváří, tachykardie a mydriáza (viz 1.3.3 Toxické účinky, viz obrázek č. 19). Při vysokých dávkách se objevuje hypertermie, centrální excitace, halucinace a klonické spasmy následované hlubokým kómatem. Smrt nastává respirační paralýzou (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018, McGachy 2021).



Obrázek 19 - Mydriáza (autor: Nutschig)

Zdrojem **kokainu** jsou druhy rodu *Erythroxylum*, zejména rudodřev koka (kokainovník pravý, *Erythroxylum coca*). Pokud jde o koku, je třeba rozlišovat tradiční žvýkání listů koky a vlastní kokainismus (forma toxikomanie). Mírné používání kokainu, kdy žvýkači používají denně asi 25-50 g čerstvých listů denně (což odpovídá asi 0,05-0,1 g kokainu), povzbuzuje tělesnou sílu a odstraňuje pocit hladu i žízně. Jen výjimečně se u žvýkačů objevuje agresivní chování. Kokain blokuje iontové kanály v membránách neuronů a přerušuje šíření akčních potenciálů. Blokuje zpětné vychytávání noradrenalinu na zakončení sympatických vláken (nepřímé sympatomimetikum) a působí jako adrenergní stimulátor. Periferně způsobuje hypertermii, mydriázu (viz 1.3.3 Toxické účinky, viz obrázek č. 19) a vazokonstrikci vedoucí ke zvýšení krevního tlaku. Nízké dávky zvyšují srdeční frekvenci, vyšší dávky vyvolávají srdeční zástavu. Centrální stimulace se projevuje jako euforický stav spojený s vyčerpáním katecholaminů a následným krátkým depresivním efektem. Kokain nevyvolává fyzickou závislost, ale rychle se rozvíjí závislost psychická. Pro praktické použití bývá kokain chemicky upraven na chlorid kokainu. Látka se podává buď šňupáním, rozpuštěním a poté podáním i. v., nebo je převáděna na lipofilnější a inhalována kouřením. Intoxikace se projevuje euforií, intelektuální stimulací, hyperaktivitou, pocitem hyperlucidity a snadností řešení každého problému. Delší užívání vede k sebeklamu a halucinacím připomínajícím vážné paranoidní psychózy. Kokainista hubne a chátrá (Valíček 2003, Hrdina a kol. 2004).

1.4.4.3 Isochinolinové alkaloidy

Morfin je tvořen v máku setém (*Papaver somniferum*). V průměru kvalitní opium (sušený latex) obsahuje: 15 % morfinu, 5 % narkotinu, 1 % kodeinu, 1 % papaverinu a 0,5 % thebainu. Morfin se stereospecificky, reverzibilně a s velkou afinitou váže na specifické opioidní

receptory na různých úrovních CNS a tlumí tak bolest. Útlumem dechového centra v CNS ovlivňuje respiraci a tlumí centrum pro kašel. Způsobuje miózu (viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázek č. 23). Působí na vlákna hladké svaloviny, výsledkem jsou trvající zácpy a retence moči. Vysoká dávka může způsobit okamžitou depresi CNS. Mezi abstinenci příznaky po náhlém odebrání látky u chronických uživatelů patří nosní krvácení, pocení, slzení, neklid, mydriáza (viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázek č. 19), bolest kloubů a svalů, úzkost, nespavost, tachykardie, polypnoe, nauzea a průjem (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018).

Zdrojem **tubokurarinu** jsou druhy rodu *Chondrodendron*, především *Ch. tomentosum*. Tento alkaloid je součástí jihoamerického šípového jedu kurare (viz obrázek č. 20). Jedná se o antagonistu nikotinových acetylcholinergních receptorů, který blokuje přenos signálu mezi nervy a svaly. Účinek kurare alkaloidů se projevuje snížením svalového napětí, postupně pak atonií se ztrátou svalového napětí až svalovou paralýzou. Paralýza nejdříve postihuje svalovinu tváře, krku a končetin, poté se rozšiřuje na břišní a dýchací mezižeberní svaly a nakonec postihuje bránici. Kurare efekt je dočasný. Je-li zajištěna podpora dýchání, stav se postupně upraví. Účinek lze odstranit inhibitory cholinesterázy. Z tubokurarinu bylo vyvinuto atrakurium, které se používá jako relaxant periferního svalstva při chirurgických zákrocích (Hrdina a kol. 2004; Daunceyová, Larsson 2019).



Obrázek 10 - Šípové jedy (autor: Tropenmuseum)

Galantamin má původ v zástupcích čeledi amarylkovitých (Amaryllidaceae) – sněžěnka (*Galanthus* spp.), narcis (*Narcissus* spp.) a bledule (*Leucojum* spp.). Tato látka reverzibilně inhibuje acetylcholinesterázu v centrálním i periferním nervovém systému. Mezi symptomy otravy se řadí pocení, zpomalený srdeční tep a arytmie, nevolnost, zvracení, svalová ochablost a křeče. Galantamin snadno projde hematoencefalickou bariérou a efektivně stimuluje nikotinové receptory, a proto se od 90. let klinicky testuje pro výrobu léku na Alzheimerovu chorobu. Avšak míra jeho účinku je poměrně nízká (Hrdina a kol. 2004; Daunceyová, Larsson 2019).

1.4.4.3.4 Protoalkaloidy

Zdrojem **efedrinu** jsou *Ephedra* spp. Používá se jako antiasmaticum (lokálně jako nosní dekongescens). Efedrin vykazuje nepřímou sympatomimetickou aktivitu (zvýšením uvolňování noradrenalinu z noradrenergických synapsí a inhibicí jeho zpětného vychytávání stimuluje adrenergické receptory) s periferní vazokonstrikcí a zvýšením krevního tlaku. Působí stimulačně na CNS. Akutní otrava, která je způsobena nejčastěji předávkováním léky, se projevuje silným pocením, bolestí hlavy, neklidem, svalovou slabostí a třesem, rozšířením průdušek a zornic, nespavostí, bušením srdce a zvracením. Toxicitu efedrinu zvyšuje spolupůsobení kofeinu (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018).

Meskalin je neaktivnější látkou peyotle (název indiánských kmenů pro směs halucinogenních alkaloidů získaných z kaktusů). Zdrojem je např. *Lophophora williamsii* (viz obrázek č. 21) či *Opuntia cylindrica*. Účinek drogy probíhá ve dvou fázích. Po požití či po injekční aplikaci mezkalinu se velmi brzy dostavuje nevolnost, bolest hlavy, závratě a zvracení. Po 1-2 hodinách tyto příznaky mizí a nastupuje zvláštní euforické opojení (v některých případech i deprese) spojené s vidinami a halucinacemi. Podobně jako i u jiných halucinogenů je pro projevy intoxikace rozhodující osobnost intoxikovaného. Intoxikace připomíná intoxikaci LSD (viz 1.4.3.1 Toxiny mikrostelekatých hub). Dochází ke zkreslenému vnímání tvaru a intenzity barev, sluchovým halucinacím a zpomalenému vnímání času. Mechanismus účinku spočívá v inhibičním působení na monoaminoxidázu, uvolňování katecholaminů z nervových zakončení, inhibiční působení na zpětné vychytávání katecholaminů v neuronech a přímé působení na adrenergické receptorová místa. Při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti, hypertenzní encefalopatii a intrakraniální hemoragii (Valíček 2003, Hrdina a kol. 2004).



Obrázek 21 - *Lophophora williamsii* (autor: Dav Hir)

Kolchicin se vyskytuje v *Colchicum* spp., především v ocúnu jesenním (*Colchicum autumnale*). Používá se jako prostředek proti dně a proti akutnímu svalovému a kloubnímu revmatismu. Jedná se o kapilární, buněčný a mitotický jed. Inhibicí tvorby dělicího vřeténka při dělení jádra v metafázi zastavuje regeneraci všech orgánů s vysokou rychlostí dělení buněk (kostní dřeň, epitelu trávicího ústrojí, nádorové tkáně). Jeho vysoká toxicita však neumožňuje využít ho jako antineoplastikum. Symptomy provázející intoxikaci u člověka připomínají otravu arzenem: pálení sliznic, nauzea, vomitus, bolesti břicha, koliky, křečovitě močení a krev v moči, krvavá stolice způsobená krvácením v GIT, ztráta tekutin, plazmy a elektrolytů, poruchy cirkulace, hypotenze (viz 1.3.3. Toxické účinky), tachykardie a toniccko-klonické křeče (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018).

1.4.4.3.5 Indolové alkaloidy

Vysoce toxický **fysostigmin** je obsažen v puchýřnatci jedovatém (*Physostigma venenosum*) zvaném kalabarský bob. Působí jako kompetitivní, reverzibilní inhibitor acetylcholinesterázy. Symptomy intoxikace zahrnují zvracení, koliky, slinění, průjem, pocení, dyspnoe, pomalý puls, závratě, miózu (viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázek č. 23), celkové vyčerpání a respirační paralýzu. Fysostigmin se dnes používá jako anticholinergický protijed. V případě nemoci myasthenia gravis, tedy autoimunitní choroby způsobující svalovou ochablost, dostatečně nereagují acetylcholinové receptory. Fysostigmin, který dokáže zabránit rozkládání acetylcholinu a zvýší tak jeho koncentraci, napomůže nervové stimulaci. Jeho derivát rivastigmin se používá k symptomatické léčbě Alzheimerově nemoci. Fysostigmin se také společně s pilokarpinem (viz 1.4.4.3.6 Imidazolové alkaloidy) používá k léčbě glaukomu (zelenému zákalu) (Hrdina a kol. 2004; Daunceyová, Larsson 2019).

Strychnin se nachází v semenech kulčiby dávivé (*Strychnos nux-vomica*). Tento alkaloid stimuluje respirační a vazomotorické centrum v prodloužené míše blokováním postsynaptické inhibiční aktivity glycinu a je také silným spinálním konvulzantem. Jeho působením se na velmi dlouho dobu stáhne kosterní svalstvo a nastanou silné křeče s agonizující bolestí. Dochází ke stavu zvanému opisthotonus, kdy se tělo obloukovitě prohne dozadu (viz obrázek č. 22). Zároveň se obličejové svaly zkříví do zvláštního výrazu nazývaného *risus sardonicus* a jsou cyanotické. Strychnin účinkuje tak, že zvyšuje dráždivost celého nervového systému a prodlužuje periodu hyperexcitability po normálních podnětech. Opakované křeče vedou ke smrti udušením nebo vyčerpáním. Intoxikovaný je po celou dobu plně při vědomí a má

zesílené smyslové vnímání (Hrdina a kol. 2004; Daunceyová, Larsson 2019; McGachy a kol. 2021).

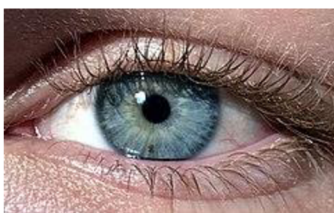


Obrázek 22 – Opisthotomus (vlastní tvorba autorky)

Mitragyna speciosa je rostlina známá pod obchodním názvem **kratom**, která obsahuje více než 40 různých druhů alkaloidů, zejména **mitragynin** (66,2 %) a jeho deriváty: paynanthein (8,6 %), speciogynin (6,6 %), 7-hydroxymitragynin (2 %) a speciociliatin (0,8 %), které mají agonistické účinky podobné morfinu na opioidní receptory. Mitragynin má přibližně 13krát vyšší účinnost než morfin (viz 1.4.4.3.3 Isochinolinové alkaloidy). Kratom je v některých zemích nelegální, i když v jiných zemích byl legalizován. Dostupné produkty této rostliny jsou v tekuté, práškové a extraktové formě. Mnoho publikací uvádí zneužívání a návykové účinky. V lidovém léčitelství se používá např. v Thajsku, Malajsii či Indonésii pro léčení bolesti, revmatismu, hypertenze, cukrovky a dalších. Hlavními důvody pro použití *M. speciosa* jsou výdrž a vytrvalost, euforické účinky, zlepšení sexuální výkonnosti, usnadnění spánku a ke snížení abstinčních příznaků opioidů. Dlouhodobá konzumace by mohla vést k úzkosti, podrážděnosti a zvýšené agresivitě. Uživatelé, kteří tuto látku konzumují opakovaně, uvádějí třes, ztrátu hmotnosti, záchvaty a psychózy. U krys byly testovány a popsány letální účinky (Ahmad a kol., 2022).

1.4.4.3.6 Imidazolové alkaloidy

Pilokarpin, látka izolovaná z listů mrštnoplodu (*Pilocarpus* spp.), má opačný účinek než atropin (viz 1.4.4.3.2 Tropanové alkaloidy). Působí na stejné acetylcholinové receptory jako atropin, ale namísto deaktivace je naopak stimuluje. Indukuje cholinergní syndrom (salivace, lakrimace, zvýšená žaludeční sekrece a zvýšená motilita střev, bronchokonstrikce), který se může rozvinout až do epileptického stavu. Způsobuje také miózu (viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázek č. 23) kontrakcí sfinkteru duhovky, a proto se stejně jako fysostigmin používá k léčbě glaukomu. Při glaukomu (zelenému zákalu) dochází k hromadění tekutiny v oku, která tlačí na oční nerv. Pilokarpin (stejně tak fysostigmin, viz 1.4.4.3.5 Indolové alkaloidy) způsobí zúžení zornic a usnadňuje tak odtok komorové tekutiny (Hrdina a kol. 2004; Daunceyová, Larsson 2019).



Obrázek 23 - Mióza (autor: Lucashawranke)

1.4.4.3.7 Chinolinové alkaloidy

Chinin je hlavním alkaloidem chinovníku (*Cinchona* spp.), ale obsahuje také další chinolinové alkaloidy, např. chinidin. Chinin je známým antimalarikem, antipyretikem a je spermicidní. Používá se při léčbě akutní malárie. Předávkování chininem může vést ke gastrointestinálnímu podráždění, neurologickým reakcím, arytmiím, hypotenzi (viz 1.3.3. Toxické účinky), hemoglobinurii a oligurii. Smrt může nastat paralýzou dýchání nebo srdeční zástavou. Chinin dává typickou nahořklou příchut' toniku. **Chinidin**, stereoizomer chininu, se dnes podává pacientům se srdečními obtížemi, jako je např. arytmie (Hrdina a kol. 2004; Daunceyová, Larsson 2019).

1.4.4.3.8 Pseudoalkaloidy

Akonitin je vysoce toxický alkaloid získávaný z druhů rodu oměj (*Aconitum*), z nichž nejznámější jsou oměj vlčí mor (*Aconitum vulparia*) či oměj šalamounek (*Aconitum napellus*). Jedná se o jeden z nejprudších a nejrychleji účinkujících známých jedů. Působí na nervové axony otevřením sodíkového kanálu, a tím brání repolarizaci membrány. Po požití se dostavuje anestézie jazyka a ústní dutiny, nevolnost, zvracení, arytmie, svalová slabost a posléze bolestivé znecitlivění končetin vedoucí až k ochrnutí. Mydriáza se střídá s miózou (viz 1.3.3. Toxické účinky, viz obrázky č. 19 a 23). Dýchání je zpočátku zrychlené, později zpomalené. Smrt nastává poškozením srdce a zástavou dechu (Hrdina a kol. 2004, McGachy a kol. 2021).

1.4.4.4 Toxické aminy

Khatinon je alkaloid obsažený v katě jedlé (*Catha edulis*) (viz obrázek č. 24). Má farmakologické vlastnosti podobné (+)-amfetaminu. Během sušení přechází khatinon na směs (+)-norpseudoefedrinu a (-)-norefedrinu. Listy byly používány mnohem dříve než káva, domorodci v Africe je žvýkají k potlačení apetitu, únavy a spánku. Při vyšších dávkách drogy je člověk družnější a hovornější. Chroničtí uživatelé bývají naopak apatičtí a neschopní

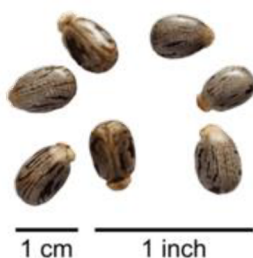
koncentrace a jakéhokoliv pracovního výkonu. Nadměrná konzumace se může projevit i zvýšenou agresivitou a psychózami. Khatinon způsobuje hypertermii, hypertenzi, arytmií, stimulaci dechu a mydriázu (viz 1.3.3. Toxické účinky). Žvýkání katy může také vést k poruchám GIT a impotenci (Valíček 2003, Hrdina a kol. 2004).



Obrázek 24 - Kata jedlá (autor: Luigi Balugani)

1.4.4.5 Toxické proteiny

Ricin je obsažený v semenech skočce obecného (*Ricinus communis*, viz obrázek č. 25). Pro jeho extrémní toxicitu se o něm přemýšlelo jako o možné chemické zbraně, proto je na seznamu nebezpečných látek. Ricin je ribosomální jed inhibující syntézu bílkovin. Mechanismus účinku spočívá ve vazbě na ribosomy a blokaci jejich fyziologické funkce, kterou je proteosyntéza a syntéza bílkovin. Buňka tak hyne. Průběh otravy ricinem je relativně pomalý a v počátcích připomíná chřipku. Je doprovázen teplotou, bolestmi svalů, bolestí břicha, průjmem a obtížným dýcháním až dušením. Postupně dochází k poškození jater, ledvin a sleziny. Smrt nastává v důsledku selhání orgánů. Pro člověka může být letální již jedno semeno, které obsahuje 1 mg jedu. Kromě toxického ricinu obsahují semena také olej, ve kterém není ricin rozpustný. Aby ale bylo zaručeno, že komerčně vyráběný olej neobsahuje žádný toxin, po vylisování se zahřívá, aby došlo k denaturaci i sebemenších stop. Tento olej je nejvíce znám jako projímadlo, ale používá se také pro výrobu leteckého paliva a bionafty (Daunceyová, Larsson 2019; McGachy a kol. 2021).



Obrázek 25 - Semena skočce obecného (autor: Andel)

Zdrojem **viskotoxinů** je poloparazitické jmelí bílé (*Viscum album*). Aktivita těchto látek je závislá na charakteru hostitelské rostliny, kdy nejtoxičtější by mělo být jmelí parazitující na javoru, lípě, ořešáku, topolu a akátu, nejméně jedovaté pak z jabloně. Viskotoxiny jsou cytotoxické, toxické pro myokard a hepatotoxické. Inhibují syntézu DNA. Akutní otrava se projevuje zvracením, průjmem a žaludečními křečemi (Hrdina a kol. 2004, Jahodář 2018).

1.4.4.6 Další jedovaté metabolity

Kannabinoidy produkované rostlinami čeledi konopovitých (Cannabaceae) tvoří velmi bohatou skupinu látek terpenoidního charakteru. Jsou popsány tři druhy konopí: konopí seté (*Cannabis sativa*), konopí indické (*Cannabis indica*) a konopí rumištní (*Cannabis ruderalis*), které se od sebe liší nejen morfologií (větvení, vzrůst), ale i obsahem psychoaktivních kannabinoidních látek. Nejvyšší obsah psychoaktivních látek má konopí indické. Nejrozšířenější a pro průmyslové účely nejvíce využívané je konopí seté. Konopí je dvoudomá rostlina a pro využití psychoaktivní látek jsou nejvhodnější samičí neoplozené květy (látky jsou obsažené ale v celé rostlině). Žlutá pryskyřice produkovaná žláznatými trichomy na samičích rostlinách se nazývá hašiš. Sušeným listům a samičím květenstvím se říká marihuana.

Významnými kannabinoidy jsou např. **kannabinol (CNB)**, **kannabidiol (CBD)**, **tetrahydrokannabinol (THC) a další**, přičemž toxikologicky nejvýznamnější je THC. THC má euforizující a halucinogenní aktivitu, ostatní složky mají spíše sedativní účinky. Kouření je nejúčinnější způsob užití, vstřebávání z GIT je pomalé a nepravidelné.

THC pravděpodobně zvyšuje hladinu neurotransmiterů (adrenalinu, dopaminu a serotoninu) a váže se na receptory (CB1a CB2), které regulují koordinaci pohybů, paměť, vnímání bolesti a chuť. Po podání dochází k euforii, relaxaci, rozšíření zornic, zvýšení pulsu, bronchodilataci, hypotenzi, ztrátě koordinace, poruchám řeči a halucinacím. Halucinogenní efekt nedosahuje účinku typu LSD (pouze výjimečně ve vysokých dávkách). Mírná euforie je podobná alkoholové intoxikaci. Chronické zneužívání drogy může vést k hlubokým změnám v lidském organismu: chromozomální poškození; poruchy buněčného organismu (syntézy DNA) – působení karcinogenní, mutagenní a teratogenní; poškození imunitního systému; trvalé poškození mozku; změny v psychice (poškození osobnosti, ztráta motivace, koncentrace a paměti, psychóza až schizofrenie); impotence a další (nemluvě o vzniku drogové závislosti a silnému dráždění dýchacího ústrojí při kouření). Konopí a jeho produkty podléhají zákonným ustanovením o návykových látkách (Malíř, Ostrý 2012; Gucký 2015; Jahodář 2018).

1.4.5 Toxiny živočichů

Jedovaté druhy živočichů jsou schopny produkovat, případně ve svém těle hromadit jedovaté substance. Podle původu toxinu, existence a typu jedových žláz a jedového aparátu se jedovatí živočichové dělí do dvou hlavních skupin: **kryptotoxičtí živočichové** (nemají speciální orgán pro tvorbu jedu), **fanerotoxičtí živočichové** (mají specializovaný orgán pro tvorbu jedu). Jedovatých živočichů je na planetě obrovské množství, ale ve většině případů je toxicita pro člověka zanedbatelná, nebo se omezuje jen na nevýznamné místní podráždění. Pro klasifikaci živočišných jedů se používá **zoologická klasifikace**, protože se často jedná o složité směsi chemických látek s charakteristickým velmi komplexním účinkem (Klusoň 2014, McGachy a kol. 2021).

1.4.5.1 Žahavci (Cnidaria)

Žahavci (Cnidaria) jsou vodní, převážně mořští živočichové, kteří jsou schopní poraněním (hroty žahavých vláken nebo kousnutím) vyvolat bolestivou a v některých případech i život ohrožující reakci. K poranění žahavci dojde tehdy, když se člověk dostane do kontaktu s chapadly či jinými orgány těchto živočichů, které mohou být vybaveny miliony malých žahavých buněk, tzv. nematocystů s mikroskopickými bodci. Poranění můžou být velmi variabilní, od pálení a zčervenání pokožky až po nesnesitelnou bolest a těžké puchýře se známkami celkového onemocnění. Toxiny žahavců tvoří vesměs nízkomolekulární peptidy nebo glykoproteiny. Hlavní příčinou otrav u lidí jsou však látky uvolňující histamin a histaminu podobné látky, především serotonin (Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004).

Jed australské čtyřhranky *Chironex fleckeri* (viz obrázek č. 26) je pro člověka supertoxický a postižené osoby mohou po poranění v krátké době zemřít. Chirotoxin obsažený v chapadlech vykazuje neurotoxické, hemolytické, dermatonekrotizační, kardiotoxické a cytolytické účinky. Bezprostřední odezvou na poranění je intenzivní bolest a dýchací obtíže, což může způsobit utonutí. První pomoc spočívá v odstranění zbytků chapadel, omytí octem, a když dojde k zástavě respirace, je nezbytné provést resuscitaci. V některých regionech Austrálie jsou záchranáři vybaveni protijedem, který se podává do svalů. Mimořádně bolestivé je také poranění **měchýřovkou portugalskou** (*Physalia physalis*), které bývá často doprovázeno horečkou, šokem, poruchami srdeční činnosti a poruchami dýchání. Jedové žlázy tohoto živočicha obsahují physalitoxin s hemolytickou aktivitou (Hrdina a kol., 2004).



Obrázek 26 - *Chironex fleckeri* (autor: Guido Gautsch)

1.4.5.2 Měkkýši (Mollusca)

Většina jedovatých druhů z kmene měkkýšů (Mollusca) patří mezi **plže** (*Gastropoda*), **mlže** (*Bivalvia*) a **hlavonožce** (*Cephalopoda*), přičemž aktivně jedovatí jsou jen plži a hlavonožci, mlži se stávají toxickými sekundárně, když jejich potravu tvoří toxičtí prvoci. Pro člověka jsou nebezpečné především mořské **homolice** (*Conidae*) patřící mezi plže. Jedná se většinou o noční zvířata žijící hlavně na korálových útesech. Jedový aparát jim slouží převážně k získávání potravy, není používán k obraně. Jejich jed je ale velmi účinný a poranění člověka homolicí může být i smrtelné. Obsahuje **conotoxiny**, peptidy s dobrou rozpustností ve vodě. Mechanismus toxického účinku spočívá ve vazbě na různé iontové kanály neuronálních membrán a jejich receptory. Dochází tak k bloádě nervosvalového přenosu. Průběh intoxikace je charakterizován postupným ochrnutím svalstva. Člověk umírá v důsledku udušení (po ochrnutí dýchacího svalstva) (Kornalík 1967; Kůrka, Pfleger 1984; Malíř, Ostrý, 2012).

Mezi nebezpečné zástupce ze skupiny **hlavonožců** (*Cephalopoda*) řadíme např. **chobotnici modrokroužkovanou** (*Hapalochlaena maculosa*), která se vyskytuje ve vodách okolo Austrálie. V jejím toxinu byl prokázán neurotoxin **tetrodotoxin** a řada dalších nízkomolekulárních látek, o kterých se dříve soudilo, že jsou hlavními účinnými složkami toxinu (např. tyramin, oktopamin). Tetrodotoxin blokuje nervosvalové synapse, a tím dochází k paralýze dýchacích svalů. Toxin je vylučován dvěma zadními slinnými žlázami, ale bylo zjištěno, že je přítomen ve všech částech těla dospělého. Do těla člověka je vpraven přes kůži při kousnutí chobotnicí. V akváriích bylo pozorováno, že chobotnice paralyzuje svou kořist vylučováním toxinu do vody (Kornalík 1967, Yotsu-Yamashita a kol. 2007).

1.4.5.3 Pavoukovci (Arachnida)

Toxiny **pavouků** (Araneida) působí především na bezobratlé živočichy (hlavní kořist). Jejich jed slouží nejen k ochromení a usmrcení kořisti, ale i k jejímu trávení. Jedovým aparátem pavouků jsou dvoučlenné chelicery. Pro člověka jsou nebezpečné např. rody *Loxosceles* (koutník), *Latrodectus* (snovačka), *Atrax* (sklípkanec) a *Phoneutria* (palovčík). Většina druhů rodu *Loxosceles* (**koutník**) má na svrchní straně hlavohrudi charakteristickou kresbu ve tvaru houslí (tzv. violin spider). Na rozdíl od ostatních pavouků mají jen šest očí (většina pavouků má očí osm). Pavouci tohoto rodu nejsou útoční, kousnou jen v sebeobraně (např. při nevědomém uchopení pavouka). Závažné příznaky intoxikace po kousnutí byly zaznamenány především v Americe u koutníka zavlečeného (*Loxosceles laeta*). Snad nejvíce neblaze proslulá je **snovačka jedovatá** („černá vdova“, *Latrodectus mactans*, viz obrázek č. 27), jejíž jed obsahuje hlavně neurotoxiny (nejúčinnější α -latrotoxin). K dispozici je účinné antisérum. Většina sklípkanovitých je pro člověka neškodná, ale např. **sklípkanec jedovatý** (*Atrax robustus*) může u člověka vyvolat vážné onemocnění. Tento druh pavouka je velmi agresivní, cítí-li se v ohrožení, zaujme ihned útočnou pozici (zvedne přední část těla, o podklad se opře jen zadním párem nohou, široce rozevře chelicery a kolébá tělem). Na oběť poté doslova skočí a velmi účinně ji kousne. Jed těchto pavouků je velmi silný a neurotoxický, přičemž jed samečka je pětikrát účinnější než jed samiček. Pavouci rodu *Atrax* (sklípkan) jsou v některých místech Austrálie obávanější než jedovatí hadi. Účinnými látkami v jedech sklípkanů jsou acylpolyaminové toxiny (rychlá paralýza kořisti) a polypeptidové toxiny (usmrcení kořisti). Za toxicitu sklípkance jedovatého je zodpovědný tzv. robustoxin, jehož účinek spočívá ve vazbě na napěťově řízené sodné kanály. Jed obsahuje také některé enzymy, jako je např. hyaluronidáza či fosfodiesteráza, které způsobují neurotoxicitu a zajišťují pronikání jedu do organismu. Jeho kousnutí má za následek dušnost a kardiovaskulární potíže. Mortalita je nízká (Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004; Klusoň 2014).



Obrázek 27 - Snovačka jedovatá (autor: Shenrich91)

Ze všech bezobratlých jsou člověku nejnebezpečnější **štíři** (Scorpiones). Jedový aparát je představován telsonem (bodcem na konci posledního ocasního článku). Podobně jako u pavouků slouží jedový aparát především k získávání potravy a k obraně. Mají dvě jedové žlázy, které jsou vybavené svaly (obklopující každou žlázu zvlášť), jejichž kontrakcí je jed vypuzován do vývodů poblíž hrotu. Řada druhů štírů může svým bodnutím vyvolat u člověka vážné zdravotní problémy, a někdy dokonce i smrt. Jed štírů má charakter bílkoviny, nejúčinnější složkou jsou neurotoxiny, dále např. fosfolipáza a hyaluronidáza. Účinky jedu různých druhů štírů a příznaky otravy jsou variabilní, a proto není možné je zobecnit. Nebezpečný pro turisty je např. **štír smrtonoš** (*Leiurus quinquestriatus*) (Egypt a Libye), jehož bodnutí je velmi bolestivé, ale není smrtelné. Účinná složka jeho jedu je leiurotoxin. Na americkém kontinentě jsou nebezpečné rody *Centruroides*, např. **štír štíhloocasý** (*C. exilicauda*, *C. sculpturatus*). Jeho bodnutí je většinou málo bolestivé. V místě bodnutí štírů se objevuje otok. Výrazným symptomem je bolest (silná u smrtelných druhů), někteří postižení udávají pocit zdřevěnění končetiny. Celkové příznaky se objevují v případě, že toxin pronikl do krevního oběhu. Nemocný pociťuje neklid a podrážděnost. Zvyšuje se sekrece žláz projevující se sliněním (někdy až ve formě pěny kolem úst). Velmi typické je silné pocení. Dále dochází např. k hypertenzi (viz 1.3.3. Toxické účinky), svalovým záškubům a křečím. Smrt nastává zástavou dechu při obrně dýchacího centra (Kornalík, 1967; Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004).

1.4.5.4 Mnohonozí (Myriapoda)

Stonožky (Chilopoda) jsou fanerotoxičtí živočichové, jejichž jedový aparát, umístěný na břišní straně prvního trupového článku, je tvořen kusadlovými nožkami a jedovou žlázou. Kusadlové nožky slouží k uchopení kořisti a k dopravení jedu do jejího těla. Žádná naše stonožka není člověku nebezpečná, snad jen strašník dalmatský (*Scutigera coleoptrata*) může kousnutím vyvolat silnější bolest. Pro člověka jsou nebezpečné stonožky rodu *Scolopendra*. Mezi příznaky otravy se kromě intenzivní bolesti, velkého otoku a zarudnutí v místě kousnutí řadí také nevolnost a zvýšení teploty. Kousnutí zanechává často dvojitý vpich se slabým krvácením. Složení jedu této stonožky nebylo ještě zcela prozkoumáno, ale pravděpodobně je podobné jedu blanokřídlých (Hymenoptera) a skládá se ze serotoninu, histaminu, acetylcholinu, hyaluronidázy atd. Jed má antibakteriální složky. Iovcheva a kol. (2008) se domnívají, že

všechny případy kousnutí rodem *Scolopendra* by měl konzultovat lékař (Kůrka, Pflieger 1984; Iovcheva a kol. 2008).

Mnohonožky (Diplopoda) nemají sdělný aparát, nemohou toxickou látku aktivně vpravit do těla jiného živočicha či člověka. Sekrety jejich obranných žláz mají velmi rozmanité složení, např. kyanovodík, benzochinony, fenoly, terpenoidy, chinazoliny a další. Evropské mnohonožky nezpůsobují lidem žádné potíže, lokální záněty na kůži mohou vyvolat jen některé velké tropické mnohonožky (Kůrka, Pflieger 1984; Forthman, Weirauch 2012).

1.4.5.5 Hmyz (Insecta)

Nejznámější a jistě nejpůvodnější zástupci jedovatého **blanokřídlého hmyzu** (Hymenoptera) jsou včely (Apoidea), vosy (Vespoidea) a mravenci (Formicidae). Jedový aparát je umístěn pod análním otvorem a skládá se ze tří částí: jedových žláz, jedového váčku a žihadla (přeměněné kladélko). Toxiny blanokřídlého hmyzu slouží k ochromení hostitele (u larev, které se vyvíjejí na povrchu nebo uvnitř těla jiného hmyzu) anebo k obraně, popř. útoku. Celý aparát je uváděn v činnost vzájemně koordinovaným systémem příčně pruhovaného svalstva. U včel je aparát opatřený zpětnými zahnutými zoubky, kterými se žihadlo zatne při bodnutí do tkáně a při prudkém odletu si pak včela vytrhává i vnitřní jedové ústrojí. Většinou na toto zranění hyne. Ostatní blanokřídli (vosy, včely, čmeláci, sršně) nemají zpětné háčky a žihadlo mohou použít několikrát. Jedové žlázy jsou dvě: jedna produkuje jed s kyselou reakcí a druhá s alkalickou. Méně známá je také skutečnost, že i čmeláci (*Bombini*) mají stejný jedový aparát jako včely, případů bodnutí člověka je však velmi málo. Člověk je nejčastěji bodnut včelou (Kornalík 1967; Kůrka, Pflieger, 1984; Klusoň 2014).

Chemické složení jedů se liší. U mravenců to bývá kyselina mravenčí, histamin, fosfolipáza a piperidinové alkaloidy. V produktech jedových žláz sršňovitých byl nalezen acetylcholin, histamin, serotonin, adrenalin a řada enzymů. Včelí jed je směsí velkého množství složek, z nichž nejvýznamnější jsou enzymy fosfolipáza A a hyaluronidáza, dále peptidy mellitiny (hemolytická aktivita), peptid apamin (neurotoxický) a také histamin. Toxiny blanokřídlých jsou ze všech živočišných jedů nejsilnějšími alergeny. Klinické příznaky vyvolané bodnutím blanokřídlého hmyzu jsou více méně stejné. Lokálně se v místě vpichu objevuje anemický pupenec s hyperemickým lemem. Odtud se rozšiřuje edém, nad nímž bývá kůže zarudlá. Pacient pociťuje různě intenzivní bolest. Nebezpečný je otok při bodnutí do sliznice dutiny

ústní. Dvě až tři žihadla mohou vyvolat zvýšení teploty, bolesti hlavy, nauzeu, závratě a zvracení. U člověka, který není citlivý na jed, může smrt způsobit dávka přibližně 500 žihadel, ale již 30 žihadel vyvolá závažnou celkovou intoxikaci (Kornalík 1967; Kůrka, Pflieger, 1984; Klusoň 2014).

Jedovatí **brouci** (Coleoptera) nemají jedový aparát, kterým by dopravovali jed aktivně do těla jiného živočicha, jedovaté látky jsou buď součástí biochemické struktury orgánů, nebo jsou obsažené v hemolymfě anebo mají brouci žlázy, které produkují páchnoucí látky s odpuzujícím či leptavým účinkem. Toxické látky brouků mají zřejmě pouze funkci obrannou. Zřejmě nejznámějšími jedovatými zástupci jsou brouci z čeledi **majkovitých** (Meloidae) produkující toxin kantharidin. Tento hmyz vylučuje leptavou tekutinu odporného zápachu, který způsobuje hnisající puchýř. V České republice žije kolem 30 druhů majkovitých brouků, nejhojnější je majka fialová (*Meloe violaceus*) nebo puchýřník lékařský (*Lytta vesicatoria*) (viz obrázek č. 28). Pro člověka je kantharidin nebezpečný. Je neurotoxický, nefrotoxický, vyvolává rozsáhlé dermatitidy a záněty sliznic, působí též jako abortivum a vyvolává bolestivé erekce. Ptáci jsou vůči kantharidinu zcela odolní. Dříve se používal jako afrodiziakum (španělská muška) a svoji roli sehrál také v historii travičství (Kůrka, Pflieger 1984; Klusoň 2014; McGachy a kol. 2021).



Obrázek 28 - Puchýřník lékařský (autor: Siga)

1.4.5.6 Ryby (Osteichthyes)

Ryby aktivně jedovaté mají jedový orgán, zatímco u pasivně jedovatých ryb je toxicita vázaná na specifické látky přítomné v mase a vnitřnostech. Nejdokonalejší jedový aparát se vyskytuje u druhů z čeledi Synancejidae a Batrachoididae, jejichž jedové ostny jsou opatřeny kanálkem podobně jako zub jedovatých hadů. Všechna jedová zařízení slouží výhradně k obraně. Otravy u člověka jsou vyvolány především vniknutím jedu poraněnou kůží do krve, charakter toxinů i jejich účinky jsou různé (Kůrka, Pflieger, 1984). Mezi **aktivně jedovaté** mořské ryby patří **d'as mořský** (*Lophius piscatorius*), **vranka mořská** (*Myxocephalus scorpius*) či **ropušnice skvrnitá** (*Scorpaena scrofa*) (Klusoň, 2014).

Z hlediska lidské patologie jsou daleko důležitější ryby pasivně jedovaté (Kornalík, 1967). Otrava rybím masem se označuje jako **ichtyosarkotoxismus**. Typické pro tyto jedy je vysoká termická stabilita, což znamená, že se při běžné úpravě pokrmů nerozloží. Mezi pasivně jedovaté sladkovodní ryby se řadí **parmy** (*Barbus barbus*). Otrava cyprinidinem, který je přítomen v jejich jikrách, se nazývá parmová cholera. Krátce po konzumaci se mohou dostavit bolesti břicha, průjem a zvracení (Klusoň 2014, McGachy a kol. 2021).

Další charakteristickou otravu vyvolávají **čtverzubcovití** (Tetraodontiadae), kteří jsou všeobecně známí pro svou obrannou taktiku: naberou do sebe velké množství vody a nafouknou se jako balón. Proto jsou v anglické literatuře nazývány jako „Pufferfishes“. V některých zemích, např. v Japonsku, jsou vyhlášenou pochoutkou (Fugu, viz obrázek č. 29). Příprava je ovšem složitá a nepozornost může vést ke smrti konzumenta, neboť jejich jed obsahuje tetrodotoxin. Toxické jsou především vaječníky a játra. Tetrodotoxin je jedním z nejúčinnějších neurotoxických přírodních jedů. Často vyvolává únavu, závratě, parastézie obličeje a končetin a zvracení. Smrt nastává při silné intoxikaci obrnou dýchacího centra. TTX se váže na napěťově řízené sodné kanály, čímž inhibuje příliv sodných iontů a zastavuje vedení impulsů změnou šíření akčního potenciálu. Pro otravu TTX není k dispozici žádné specifické antidotum (McGachy a kol. 2021; Al Dhuhaihat, Zarzour 2023).



Obrázek 29 - Fugu (autor: Chris)

1.4.5.7 Obojživelníci (Amphibia)

Obojživelníci (Amphibia) jsou pasivně fenerotoxičtí živočichové (viz 1.4.5 Toxiny živočichů), kteří nejsou vybaveni na to, aby mohli vpravit jed do těla jiného organismu, proto mohou být jejich jedy absorbovány pouze trávicím ústrojím. Jedovým aparátem jsou kožní žlázy. Obsah jedových žláz je vypuzován kontrakcí drobných svalů. Kožní sekrety slouží obojživelníkům především jako ochrana proti mikrobiální infekci, před parazity a plísněmi. Z toxikologického hlediska jsou významní především **mloci** (Gaudata) a **žáby** (Ecaudata). Toxiny a další toxické složky jedu lze rozdělit do čtyř hlavních kategorií: biogenní aminy, peptidy, bufodienolidiny (resp. bufogeniny) a alkaloidy (Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004; McGachy a kol. 2021).

Hlavní složkou sekretu **mloka skvrnitého** (*Salamandra salamandra*) je alkaloid samandarin, což je neurotoxin působící na dýchací centrum. Co se týče toxikologie žab, dobře jsou probádány jedy **ropuch** (Bufonidae) rozdělovaných do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny. Bufogenidy a bufotoxiny působí především toxicky a při dotyku vyvolávají podráždění a záněty pokožky a alergické reakce. Bufoteniny vykazují mírné halucinogenní účinky a mají přímý vliv na dýchací centrum. Vysoce toxické sekrety uvolňuje také velké množství tropických žab, zejména z jihoamerické čeledi **pralesničkovitých** (Dendrobatidae). Jedním z nejučinnějších jedů vůbec je batrachotoxin, který se nachází u pralesničky strašné (*Phyllobates terribilis*), pralesničky zlatopruhové (*Phyllobates aurotaenia*) a pralesničky dvoubarevné (*Phyllobates bicolor*). Nejjedovatější je pralesnička strašná (viz obrázek č. 30). Samotné jedovaté žáby ale jed neprodukují. Předpokládá se, že žáby získávají jed po jídání mravenců a ostatního hmyzu, kteří jed získávají z rostlin (McGachy, 2021). Batrachotoxin působí jako aktivátor a ligand sodíkových kanálů, způsobuje paralýzu nervových center a je to velmi účinný kardiotoxin (Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004). Toxické sekrety z pralesniček se používají do šípových jedů (Kornalík, 1967).



Obrázek 30 - Pralesnička strašná (autor: Wilfried Berns)

1.4.5.8 Ještěři (Sauria)

Korovcovití (Helodermatidae) jsou pomalí a neútoční ještěři Severní a Střední Ameriky, kteří uštknou člověka opravdu jen výjimečně. Jedové žlázy jsou (na rozdíl od hadů) umístěny na zadním okraji dolní čelisti. Kousnutí korovce připomíná uštknutí kobrou. Jed působí především neurotoxicky a obsahuje proteázy a fosfolipázy. Mezi příznaky otravy patří kromě poškození měkkých tkání, lokálního edému a silného krvácení také celkové příznaky jako hypotenze, slabost, závrať a zvýšené pocení. Mortalita je nízká (Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004).

Varan komodský (*Varanus komodoensis*) je největší a nejnebezpečnější zástupce žijících druhů varanů. Stisk jeho čelistí je ve srovnání s jinými ještěry relativně malý, což přimělo vědce přemýšlet nad možností, že jeho schopnost lovu musí být umožněna něčím jiným. Postupně

přibývalo důkazů o tom, že varan komodský opravdu při lovu kořisti používá jed, avšak ze začátku se myslelo, že ještěřům pomáhají vyrábět jed bakterie, které žijí v jejich tlamách (tudíž že je varan sekundárně jedovatý). Fry a kol. (2009) však uvádí, že varan komodský je aktivně jedovatý díky jedové žláze v dolní čelisti. Dále naráží na podobnost jedu mezi korovcovitými a varanovitými z hlediska prodlouženého krvácení a celkového šoku. Chemický rozbor jedu odhalil mimo jiné látky bránící srážení krve a látky vyvolávající prudký pokles krevního tlaku. O detailnější povaze jedu ale bohužel není dosud moc známo (Fry a kol. 2009, Patočka 2011).

1.4.5.9 Hadi (Ophidia)

Jedovatých hadů (Ophidia) je nepřehledné množství a složení a účinek jejich jedů se může velmi lišit. Jedový aparát je tvořen jedovou žlázou a jedovými zuby a je součástí trávicího ústrojí. Jedové zuby jsou umístěny v horní čelisti. Podle polohy a tvaru zubů se hadi rozdělují do čtyř skupin: Aglyfa – plné zuby, které nejsou napojené na jedové žlázy; Opisthoglyfa – na jedovou žlázu jsou napojeny zadní horní zuby; Proteroglyfa – na jedovou žlázu jsou napojeny zuby v přední části horní čelisti; Solenoglyfa – nejvíce specializovaný chrup se dvěma velmi dlouhými předními jedovými zuby, které jsou sklopené dozadu a při otevření tlamy se pak automaticky vztyčí. Člověku jsou nebezpeční hlavně hadi s proteroglyfními a solenoglyfními zuby (Kůrka, Pflieger 1984; Gaisler, Zima 2018).

Hadí jedy jsou složité směsi biologicky aktivních sloučenin. Některé složky mohou být z hlediska svého účinku v převaze, jiné mohou být potlačeny a působit jen jako pomocné. Hlavní složky hadích jedů jsou: neurotoxiny, kardiotoxiny, hemorrhaginy, hemolysiny a cirkulační toxiny. **Neurotoxiny** převládají u korálovcovitých a vodnářovitých (čeleď Elapidae), působí na CNS a smrt nastává obvykle zástavou dechu. **Kardiotoxiny** byly prokázány v jedu kober (čeleď Elapidae), působí přímo na vlákna srdečního svalu a vyvolávají zástavu srdce. **Hemorrhaginy** se vyskytují především u zmijovitých a chřestýšovitých (čeleď Viperidae), rozrušují stěny cév a vyvolávají podkožní, vnější nebo vnitřní krvácení. **Hemolysiny** se vyskytují např. u korálovcovitých (čeleď Elapidae), uvolňují krevní barvivo z červených krvinek. **Cirkulační toxiny** se vyskytují téměř u všech jedovatých hadů, vyvolávají prudký pokles krevního tlaku. U všech jedovatých hadů se vyskytují **koagulačně aktivní složky**, které buď snižují, nebo naopak zvyšují srážlivost krve. Poslední charakteristickou skupinou jsou **enzymy s různým účinkem**. K nejznámějším patří

proteolytické enzymy, které jsou hlavní příčinou rozsáhlých nekrotéz (Kůrka, Pflieger 1984; McGachy a kol. 2021).

Klinické projevy po uštknutí a jejich závažnost jsou závislé na velikosti a na druhu hada, na množství vstříknutého jedu a na lokalizaci a hloubce kousnutí. Většina hadích kousnutí je lokalizovaná na dolních končetinách, kousnutí na hlavě nebo na hrudníku je daleko závažnější. Dále je třeba brát v úvahu i věk, hmotnost a zdravotní stav oběti, jeho citlivosti na jed a dobu, která uplynula od uštknutí do poskytnutí lékařské pomoci (Hrdina a kol., 2004).

Jedovatí hadi žijí na souši i v moři. Mezi nejznámější jedovaté hady patří např. kobra indická (*Naja naja*) s charakteristickými „brýlemi“ na hřbetní straně krku, velmi rychlá a útočná mamba černá (*Dendroaspis polylepis*) či taipan menší (*Oxyuranus microlepidotus*), který je označován za nejjedovatějšího hada na světě. Mezi významné jedovaté hady patří také chřestýši (čeleď Viperidae), korálovci, bungaři či vodnáři (čeleď Elapidae). V České republice žije pouze jeden jedovatý had a tím je zmije obecná (*Vipera berus*, viz obrázek č. 31). Zmije obecná je neútočný had, který uštkne jen v ohrožení. V našich podmínkách však zmije nikdy nemá takové množství jedu v zásobě, aby dosáhla smrtelné úrovně. Nebezpečné jsou ale šokové a alergické stavy, jejichž projevy mohou být ve výsledku vážnější než samotná intoxikace. Antisérum se získává z krve koní imunizovaných jedem zmije růžkaté (*Vipera ammodytes*) a zmije obecné (Kůrka, Pflieger 1984; Hrdina a kol. 2004; McGachy a kol. 2021).



Obrázek 11 - Zmije obecná (autor: Guntram Deichsel)

2 Metodika

2.1 Tvorba materiálů do hodin biologie na SŠ

Prvním cílem diplomové práce bylo **vytvoření materiálů do hodin biologie na středních školách na téma Toxikologie přírodních látek s využitím mezipředmětových vztahů biologie-chemie**. Za tímto účelem jsem v softwaru Microsoft Word vytvořila příručku.

Při tvorbě příručky jsem **čerpala informace** z teoretické části své práce. Zaměřila jsem se především na publikace, jejichž autoři jsou toxikologičtí odborníci z praxe. Často se jednalo o vysokoškolská skripta či knihy vydané univerzitami, např. Horák a kol. (2004); Hrdina a kol. (2004); Klusoň (2014); Malíř, Ostrý (2012) či McGachy a kol. (2021) atd. Získanou základní strukturu jsem rozšiřovala o odborné knihy zaměřené vždy na konkrétní typ organismu, např. Daunceyová, Larsson (2019); Jahodář (2018); Kornalík (1967); Kůrka, Pflieger (1984); Patočka a kol. (2004); Podstatová (2001) či Valíček (2003) atd. A v neposlední řadě jsem výzkumy a zajímavé informace dohledávala v českých a zahraničních odborných člancích, např. Ahmad a kol. (2022); Garcia a kol. (2015); Hrdina a kol. (2005, 2008); Malíř a kol. (2013); Vendramin, Brvar (2014) atd.

Spektrum toxinů je široké. **Vybrala jsem** proto pouze ty producenty toxinů (či samotné toxiny), kteří jsou všeobecně známí, něčím zajímaví a mohli by být dle mého názoru vhodným zpestřením výuky. Zaměřila jsem se také na to, aby většina mnou vybraných organismů byla **uváděná v učebnicích SŠ**. Při tvorbě příručky jsem k tomu využívala především nově vydanou učebnici Biologie v souvislostech pro gymnázia 1 (Šíma, 2003), neboť tato učebnice obsahuje největší rozsah informací o toxikologii přírodních látek (viz kapitola 1.2.2. Analýza učebnic).

Příručku (viz příloha č. 1) jsem rozdělila do 14 krátkých **kapitol**, které jsem seřadila v takovém pořadí, ve kterém bývají tyto skupiny organismů uváděny v učebnicích – bakteriální toxiny, toxiny sinic a řas, toxiny mikrostélkatých hub, toxiny makrostélkatých hub, rostlinné toxiny, toxiny živočichů (žahavci, měkkýši, pavoukovci, mnohonoží, hmyz, ryby, obojživelníci, ještěři, hadi). Kapitoly s toxiny jsem rozčlenila (s výjimkou kapitol: sinice a řasy, živočichové) dle toxikologických zvyklostí, tzn. podle jednotlivých skupin toxinů a ne podle jednotlivých organismů. Kapitulu se sinicemi a řasami jsem rozdělila podle organismů z toho důvodu, že jsou sinice a řasy v učebnicích uváděny zvlášť. Pro klasifikaci živočišných jedů jsem použila zoologickou klasifikaci, neboť se často jedná o složité směsi chemických látek a toto členění je

běžné i v samotném oboru toxikologie. Za každou kapitolu jsem zařadila stránku s **informacemi pro pedagogy**, ve které jsem uvedla zařazení tématu, očekávané výstupy a otázky k textu. Ke každé kapitole jsem vymyslela krátkou aktivitu pro žáky a nezapomněla jsem samozřejmě uvést i řešení. Celou příručku jsem doplnila o obrázky, vysvětlivky a zajímavosti. K příručce jsem vytvořila **také tabulku**, která shrnuje všechny uvedené organismy a jejich toxiny a nachystala jsem pro učitele všechny vymyšlené **aktivity k tisku**.

2.2 Zpětná vazba k vytvořeným materiálům

Druhým cílem bylo **získat zpětnou vazbu** na vytvořené materiály. Za tímto účelem jsem si zvolila dvě skupiny recenzentů: pedagogy i odborníky. Pomocí softwaru Microsoft Word jsem pro recenzenty vytvořila **hodnoticí arch** (viz dále). Před odesláním recenzentům byla příručka po jazykové stránce zkontrolována, aby se v materiálech nevyskytly gramatické chyby. Příručku a hodnoticí arch jsem pomocí e-mailu rozeslala **3 odborníkům** (na stélkaté organismy, vyšší rostliny a zoologii), **6 vyučujícím biologie na středních školách** (3 z gymnázií, 3 z odborných SŠ) a **3 studentům vysokých škol učitelských oborů**.

Příručku jsem následně po zhodnocení od obou cílových skupin dle obdržených doporučení upravila následovně:

- Přidala jsem odkazy k obrázkům, aby u příkladů, kde je více zástupců, bylo patrné, k jakému druhu se obrázek vztahuje.
- Opravila drobné nedostatky, např. překlepy ve slovech, přeformulování vět apod.
- V rámci zoologické části jsem opravila některé faktické chyby, na které mě upozornil recenzent odborník (viz příloha č. 2).
- Rozvinula jsem informace o chobotnici modrokroužkované, pavoucích, hadech.
- Doplnila kapitoly s mnohonohými (stonohy, mnohonožky) a ještěry (korovci, varani).

Do hodnoticího archu jsem začlenila tabulku s 10 kritérii hodnocení. Ke každému kritériu jsem do tabulky uvedla jeho přiblížení, upřesnění a přidala místo pro jeho ohodnocení 0-5 body (přičemž hodnocení 5 body je nejlepší). Následně jsem pod nadpisy *Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce*, *Konkrétní doporučení úprav* nechala recenzentům prostor pro jejich konkrétní, slovní vyjádření. Arch byl zakončen odstavcem s *Celkovým zhodnocením*, kde hodnotící své připomínky shrnuli do 4 bodů. **Vytvořený arch vypadal následovně:**

**Doporučení úprav pedagogické příručky při vypracování diplomové práce
(PřF, Univerzita Hradec Králové)**

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilita	První dojem, dvojitá využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

Celkové zhodnocení:

1. Využil(a) bych/Nevyužil(a) bych, protože....
2. Změnil(a) bych..... , protože....
3. Doplnil(a) bych....., protože....
4. Smazal(a) bych....., protože...

Jméno (vč. titulu), instituce (vč. profesního zařazení) a datum, kdo úpravy doporučuje:

3 Výsledky

3.1 Tvorba materiálů do hodin biologie na SŠ

Hlavním výsledkem práce je vypracovaná příručka na téma Toxikologie přírodních látek s využitím mezipředmětových vztahů biologie-chemie, která je kvůli její obsáhlosti zařazena do příloh (příloha č. 1). Příručka obsahuje 14 krátkých kapitol s teorií, vysvětlivkami a zajímavostmi. Kapitoly s toxiny jsou členěny (s výjimkou kapitol: sinice a řasy, živočichové) dle toxikologických zvyklostí, tzn. podle jednotlivých skupin toxinů a ne podle jednotlivých organismů. Pro rychlejší zorientování je na konci příručky uveden rejstřík s abecedně seřazenými organismy a jejich toxiny vyskytujícími se v příručce. Za každou kapitolou se nachází stránka s informacemi pro pedagogy, kde je uvedené zařazení tématu, očekávané výstupy, otázky k textu, krátká aktivita pro žáky a samozřejmě i řešení. K příručce jsou přiloženy také dvě přílohy: tabulka, která shrnuje celou příručku a může sloužit např. při hledání shod či rozdílů, a také aktivity nachystané pro tisk. Příručka je doplněna o obrázky, které nejsou odborné, ale slouží pouze k ilustraci a ozvláštění práce. Je flexibilní. Učitelé si mohou vybrat mezi barevnou i černobílou verzí. Lze ji vytisknout ve formátu A4 nebo A5. A informace mohou vyučující využít pro svoji přípravu a zařadit je do výuky, anebo mohou žáci s kapitolami pracovat sami. Příručku jsem **pro lepší přístup také vyvěsila na internetovém odkaze: https://drive.google.com/drive/folders/1FYXQ_Oh1sAmvDC-qSzkki0IuwaJ5uJrQ?usp=sharing**, kde je **volně přístupná ke stažení**.

3.2 Zpětná vazba k vytvořeným materiálům

Pro shrnutí **zhodnocení od všech 12 oslovených recenzentů** (3 odborníci – stélkaté organismy, vyšší rostliny, zoologie; 6 vyučujících biologie – 3 z gymnázií, 3 z odborných SŠ; 3 studenti VŠ učitelských oborů) jsem vytvořila následující průměrné bodové hodnocení (viz tabulka č. 5). Některé vybrané vyplněné hodnoticí archy (od všech odborníků a dále nejobsáhlejší zhodnocení od jednoho vyučujícího z gymnázia, jednoho z odborné SŠ a jednoho studenta VŠ) jsem přidala do příloh (viz příloha č. 2).

Tabulka 5 - Hodnoticí arch s průměrným hodnocením recenzentů

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	4,6
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilita	První dojem, dvojitá využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	4,8
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	4,7
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	4,5
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	4,8
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	4,5
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	4,8
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	4,7
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	4,5
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	4,7

Následně uvádím **vybrané citace hodnocení ze skupiny pedagogů** z jednotlivých archů, která se opakovala nejčastěji:

- „Téma toxikologie přírodních látek bylo určitě potřeba zpracovat, látka je zajímavá, důležitá, ale ve většině učebnic biologie by člověk mnohé informace nenašel.“
- „Téma je velmi poutavé, propojuje poznatky z běžného života, a tak jistě zaujme i ty žáky, kteří obecně o biologii zájem nejeví.“
- „Příručka je srozumitelná, přehledná a je v ní vypíchnuto to podstatné z daného tématu.“

- „Vyhovuje mi, že se příručka nezabývá jen jednou konkrétní skupinou organismů, ale že se věnuje různým skupinám. Dá se tedy využít v různých ročnících včetně seminářů pro maturanty.“
- „Oceňuji moc hezké názorné ilustrace, tučně zvýrazněné klíčové informace, postranní lištu s vysvětlivkami a informace pro pedagogy graficky připomínající RVP.“
- „Otázky jsou nápadité, praktické a rozvíjejí u žáka myšlení a práci s textem.“
- „Aktivity nepostrádají hravost a dají se snadno a levně pro žáky připravit.“
- „S publikací by mohl bez problému pracovat jak začínající učitel, tak i učitel s delší praxí. Bude záležet na každém učiteli, jak tyto informace využije.“
- „Problematika je dostatečně popsána i pro „nechemika“.“
- „Dokážu si představit, že po dobrání určitých celků (bakterie, houby, rostliny, živočichové) věnuji část výuky toxinům.“
- „Příručka je vhodná nejen pro rozvoj mezipředmětových vztahů, ale také pro rozvoj čtenářské gramotnosti.“

Ráda bych na tomto místě také zmínila **některá konkrétní doporučení pro rozšíření, vylepšení**, která se v hodnocení objevila:

- příručku více provázat s učebnicemi (odborník – stélkaté organismy),
- začlenit informace o sbírání a záměnách hub (odborník – stélkaté organismy),
- rozšířit zoologickou část příručky o další organismy (odborník – zoologie),
- uplatnit i jiné mezipředmětové vztahy, např. dějepis, základy společenských věd (dvě studentky VŠ),
- doplnit o praktické úkoly, např. mikroskopování (vyučující na odborné SŠ),
- vytvořit kartičky s jednotlivými organismy a jejich toxiny (vyučující na gymnáziu),
- zjednodušit a přetvořit na verzi použitelnou pro žáky nižšího gymnázia a 2. stupeň ZŠ (vyučující na gymnáziu).

Mezi **negativa** recenzentů (**co by v příručce změnili**) patří:

- zaměřit se pouze na konkrétní geografickou oblast – ČR/Evropa (odborník – vyšší rostliny, odborník – zoologie),
- vytvořit publikaci primárně pro žáka, ne pro učitele (vyučující na odborné SŠ).

4 Diskuze

Plná **integrace přírodovědných oborů** ve smyslu „Science“ je v ČR (a i ostatních zemích) poměrně obtížná. Výuka od vyučujícího vyžaduje pedagogickou znalost obsahu všech integrovaných oborů, na což český systém přípravy učitelů necílí a takoví učitelé se vyskytují pouze ojediněle (Starý, Rusek, 2019). V **České republice**, kde mají integrované předměty „Prvouka“ (1. – 3. ročník) a „Přírodověda“ (4. – 5. ročník) tradici pouze na primárním stupni základní školy, je přírodovědné vzdělání děleno do samostatných předmětů od druhého stupně ZŠ. Naproti tomu v některých zemích, jako jsou např. **anglosaské země**, je integrace přírodovědných předmětů v předmětu „Science“ přirozená i v dalších stupních vzdělávání (Bílek a kol., 2008). Chvályhodné je, že na **stav požadavku integrace přírodovědných předmětů reagují** již některé vysoké školy, např. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích (pro akademický rok 2024/2025 otvírá nový studijní obor Učitelství Science pro SŠ) či Univerzita Karlova v Praze (pro akademický rok 2024/2025 otvírá nový studijní program Science v anglickém jazyce). Dokonce se v současnosti (rok 2024) předmět Science již vyučuje na některých soukromých gymnáziích (např. Nový PORG Praha).

Toxikologie je interdisciplinárním oborem, který využívá biologických a chemických poznatků, a proto se nabízí pro využití v **mezipředmětových vztazích**. Současně tento obor přesahuje **do praktického života**, přičemž tento požadavek je zahrnut v rámci kurikulárních dokumentů a učitelům také nabízí možnost aktivizovat žáky. Ale je toxikologie opravdu využívána pro ztraktivnění výuky biologie na SŠ? Tomu se bohužel žádné literární zdroje nevěnují. Nicméně mé zkušenosti z pozice žáka SŠ i studenta VŠ potvrzují fakt, že toxikologie přírodních látek je ve výuce opomíjena. Avšak větší tendenci k využití tématu toxikologie přírodních látek vidíme v nové učebnici Biologie v souvislostech pro gymnázia 1 (Šíma, 2023). Na Gymnáziu Botičská v Praze, kde autor učebnice Mgr. Petr Šíma působí, svým žákům toxikologii nabízí v samostatném předmětu v rámci volitelných seminářů pro třetí ročník. Volitelné semináře se mi jeví jako nejlepší volba pro účinné komplexnější propojení (nejen) přírodovědných předmětů. Zároveň by dle mého názoru mohla být tato forma prvním krokem pro plnou integraci přírodovědných oborů ve smyslu „Science“ jako předmět na gymnáziích či různě zaměřených lyceích pro žáky, kteří se rozhodli vydat humanitním zaměřením, ale stále by chtěli získat kvalitní základy z přírodovědných předmětů.

Tento můj názor potvrdili recenzenti mnou vytvořené příručky na téma toxikologie přírodních látek, kteří se z velké většiny shodli na tom, že toto téma by bylo opravdu potřeba zpracovat, neboť bývá v nejčastěji používaných učebnicích opomenuto. Někteří recenzenti příručky napsali, že si dokážou představit do své výuky toxikologické téma zařadit a po probrání určitých celků (bakterie, houby, rostliny, živočichové) věnovat část výuky toxinům. Většina se shodla na tom, že je to téma, které má velký potenciál ve farmacii, medicíně a dalších oborech, a mohlo by tedy žáky nejen zaujmout, ale být jim i přínosem.

Na druhou stranu se v hodnocení objevovaly oprávněné obavy (zejména od odborníků), aby nedošlo k tomu, že se tématem žáci přesytí. Mým záměrem bylo vytvořit flexibilní příručku, ve které by si každý vyučující našel to „své“. Rozhodně jsem nezamýšlela, aby všechna teorie v příručce byla po žácích vyžadována. Pokud by se středním školám zamlouvala myšlenka zavedení nového volitelného předmětu Toxikologie (např. pro budoucí studenty přírodovědných či lékařských oborů), myslím si, že mé materiály by byly také dostačující.

Jelikož souhlasím s myšlenkou Kotvaltové Sezemské (2019), která ve své práci zmiňuje důležitou **otázku dostupnosti zpracovaných materiálů** v rámci kvalifikačních prací a domnívá se, že materiály nebývají publikovány, popř. jsou publikovány pro učitele špatně dostupnými formami (např. sborníky z konferencí), rozhodla jsem se výstup svoji diplomové práce – příručku na téma *Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ* vyvěsit na internet. Učitelům bude volně dostupná ke stažení a zároveň budu mít možnost materiály v průběhu své pedagogické praxe doplňovat. Do budoucna by možná stálo za úvahu vytvoření stránek, kde by byly materiály z vytvořených kvalifikačních prací shromažďovány a mohly by se volně stáhnout. Učitel by pak získal materiály, které jsou nové, originální, reagují na nové poznatky či trendy ve školství a zároveň má jistotu, že jsou bez faktických chyb a zrecenzované odborníky a jinými pedagogy.

Závěr

V rámci **teoretické části práce** jsem se zabývala shrnutím tématu toxikologie přírodních látek, přiblížením mezipředmětových vztahů a analýzou tématu toxikologie přírodních látek ve výuce na SŠ.

Toxikologie je interdisciplinárním oborem, který využívá biologických a chemických poznatků, a proto se nabízí pro využití v mezipředmětových vztazích. Současně tento obor přesahuje do praktického života, což je nejen požadováno v rámci kurikulárních dokumentů, ale je to i možnost žáky zaktivizovat a jejich výuku jim ztraktivnit.

Z **analýzy** tématu toxikologie přírodních látek **ve výuce na SŠ** vyplývá, že toto téma se týká poloviny tematických okruhů v **RVP-G**, a to konkrétně: biologie bakterií, biologie hub, biologie rostlin, biologie živočichů a biologie člověka. Z deseti náhodně vybraných **ŠVP** se tato látka objevuje v šesti z nich. Nejčastěji mají školy do svého vzdělávacího oboru biologie zařazená tato učiva: vodní květ sinic a jeho vliv na lidské zdraví, mykotoxiny ohrožující lidské zdraví, nebezpečí otravy u hub, jedovaté rostliny a návykové látky. Na Gymnáziu Botičská v Praze svým žákům nabízí **předmět Toxikologie** v rámci volitelných seminářů pro třetí ročník. Ve všech 8 mnou **vybraných učebnicích** je toxikologie přírodních látek zmiňována, přičemž největší rozsah informací je obsažen v učebnici Biologie v souvislostech pro gymnázia 1 (Šíma, 2023), naopak minimální množství toxikologických pojmů lze nalézt v učebnicích Biologie v kostce pro SŠ (Hančová, Vlková 2008) a Biologie pro gymnázia (Jelínek, Zicháček 2014).

V rámci **praktické části** jsem vytvořila příručku „*Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ*“ pro učitele biologie na SŠ a získala zpětnou vazbu na vytvořené materiály od odborníků i pedagogů.

Vytvořená **příručka** se věnuje organismům napříč celým obsahem výuky biologie (bakterie, sinice, řasy, mikroskopické a makroskopické houby, rostliny, živočichové). Kromě samotných 14 kapitol obsahuje příručka také aktivity a úkoly pro aktivizaci žáků a informace pro pedagogy. Pro lepší přístup jsem příručku vyvěsila na internetovém odkaze: https://drive.google.com/drive/folders/1FYXQ_Oh1sAmvDC-qSzkki0IuwaJ5uJrQ?usp=sharing, kde je volně dostupná ke stažení.

Seznam použité literatury

AHMAD I. a kol. (2022): *Mitragyna* Species as Pharmacological Agents: From Abuse to Promising Pharmaceutical Products. *Life* 12(2), 193. ISSN 2075-1729

AL DHUHAIBAT Z. K., ZARZOUR T. (2023): Tetrodotoxin Poisoning Due to Pufferfish Ingestion in the United Arab Emirates. *Cureus* 15(1). e33627. ISSN 2168-8184

AUTORSKÝ KOLEKTIV (2021): Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. Praha: MŠMT. Dostupné z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/09/001_RVP_GYM_-_vyznacene_zmeny.pdf [cit.2024-02-15]

BABICA, P. a kol. (2005): Microcystiny – cyklické heptapeptidy sinic. Brno: Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny. Dostupné z: <http://www.sinice.cz/res/file/popular/microcystiny.pdf> [cit.2024-03-12]

BALÍKOVÁ, M. (2017): Forezní a klinická toxikologie. *Laboratorní toxikologická vyšetření*. Druhé, doplněné vydání. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-304-3

BÍLEK M., RYCHTERA J., SLABÝ A. (2008): Integrovaná výuka přírodovědných předmětů. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-1881-0

DAUNCEYOVÁ E. A., LARSSON S. (2019): Smrtící rostliny. *Přírodní historie nejjedovatějších rostlin světa*. Praha: Volvox Globator. ISBN 978-80-7511-463-1

FORTHMAN M., WEIRAUCH CH. (2012): Toxic associations: A review of the predatory behaviors of millipede assassin bugs (Hemiptera: Reduviidae: Ectrichodiinae). *European Journal of Entomology*. 109(2). str. 147-153. ISSN 1210-5759

FRY, B. G. a kol. (2009): A central role for venom in predation by *Varanus komodoensis* (Komodo Dragon) and the extinct giant *Varanus (Megalania) priscus*. *PNAS*. 106 (22). str. 8969–8974. ISSN 0027-8424

GAISLER J., ZIMA J. (2018): Zoologie obratlovců – 3. přepracované vydání. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2702-3

GARCIA, J. a kol. (2015): *Amanita phalloides* poisoning: Mechanisms of toxicity and treatment. *Food and Chemical Toxicology*. 86. str. 41-55. ISSN 0278-6915

GRAEME, K. (2014): Mycetism: A Review of the Recent Literature. *Journal of Medical Toxicology*. 10 (2). str. 173-189. ISSN 1937-6995

GUCKÝ, T. (2015): *Toxikologie omamných a psychotropních látek*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4537-3

HORÁK J., LINHART I., KLUSOŇ P. (2004): *Úvod do toxikologie a ekotoxikologie pro chemiky*. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-548-X

HRDINA, V. a kol. (2004): *Přírodní toxiny a jedy*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Galén. ISBN 80-7262-256-0

HRDINA, V. a kol. (2005): Kyselina domoová, nebezpečný neurotoxin. *Vojenské zdravotnické listy*. Ročník LXXIV, č. 2. str. 53-59. ISSN 0372-7025

HRDINA, V. a kol. (2008): Fykotoxiny a některé méně známé toxiny mořského typu. *Vojenské zdravotnické listy*. Ročník LXXVII, č. 3. str. 110-122. ISSN 0372-7025

HUVAROVÁ, M. (2010): *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. Olomouc: Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra anorganické chemie. Vedoucí práce doc. RNDr. Marta Klečková, CSc.

CHROBÁKOVÁ, M. a kol. (2021): *Metodická příručka Přírodovědné vzdělávání*. NPI: Systém podpory profesního rozvoje učitelů a ředitelů. Dostupné z: <https://prirodovedne-vzdelavani.projektsypo.cz/> [cit.2024-02-15]

IGWARAN A. a kol. (2024): Cyanobacteria Harmful Algae Blooms: Causes, Impacts, and Risk Management. *Water, Air, & Soil Pollution*. Volume 235. Article number 71. ISSN 0049-6979

IOVCHEVA, M. a kol. (2008): Toxoallergic reactions after a bite from Myriapoda, genus Scolopendra in Varna region during the period 2003-2007. *Journal of IMAB*. 14(1). str. 79-82. ISSN 1312-773X

JAHODÁŘ, L. (2018): *Rostliny způsobující otravy*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4050-1

KLUSOŇ, P. (2014): *Toxikologie*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně. ISBN 978-80-7414-834-7

KOČÍ V., MOCO VÁ K. (2009): *Ekotoxikologie pro chemiky*. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-699-9

KOLÁŘ, Z. a kol. (2012): Výkladový slovník z pedagogiky. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3710-2

KORNALÍK, F. (1967): Živočišné toxiny. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.

KOTVALTOVÁ SEZEMSKÁ, K. *Integrovaná výuka a interdisciplinární přístup v chemii a biologii v prostředí českých škol*. Praha, 2019. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Vedoucí diplomové práce RNDr. Simona Petrželová, PhD. 198 s.

KŮRKA A., PFLEGER V. (1984): Jedovatí živočichové. Praha: Academia.

LINHART, I. (2014): Toxikologie: Interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky – 2. vydání. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-877-1

LINHART, I. (2019): Základní pojmy v toxikologii, ekologii a ekotoxikologii. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7592-040-9

MALÍŘ F., OSTRÝ V. (2012): Přírodní toxiny. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Projekt OP VK „Inovace studijních oborů zajišťovaných katedrami PřF UHK“. Registrační číslo: CZ.1.07/2.2.00/28.0118

MALÍŘ, F. a kol. (2013): Toxické účinky vybraných trichotecenových (epoxytrichotecenových) mykotoxinů u člověka. Kontakt. XV/1. str. 89-99. ISSN 1804-7122

MASARYKOVA UNIVERZITA (2015): Struktury vybraných bakteriálních toxinů – přednáška. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/podzim2018/Bi7330/um/5_Struktury_toxiny_29.10..pdf [cit.2024-03-13]

McGACHY, L. a kol (2021): Toxikologie a ekotoxikologie I. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7592-097-3

OKECHUKWU, VO. a kol. (2024): Aflatoxins: Occurrence, biosynthesis, mechanism of action and effects, conventional/emerging detection techniques. Food Chemistry. 137775/436. ISSN 0308-8146.

PATOČKA, J. a kol. (2004): Vojenská toxikologie. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-0608-3

- PATOČKA, J. (2011): Komodský drak neplivá oheň, ale kořist přemůže jedem. Toxicology. Dostupné z: <https://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=405> [cit.2024-04-30]
- PÍCHOVÁ, K. (2017): Námel známý i neznámý. Živa. 5/2017. str. 266. ISSN 0044-4812
- PODSTATOVÁ, H. (2001): Mikrobiologie, epidemiologie, hygiena. Olomouc: EPAVA. ISBN 80-86297-07-1
- SOUKUPOVÁ, P. a kol. (2020): Mezipředmětovost ve vybraných vzdělávacích oblastech RVP. *Metodika transdisciplinárního inovativního kurzu a studijní text pro přípravu studentů na integraci mezipředmětových vztahů do výuky*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-261-0979-2
- STARÝ K., RUSEK M. (2019): Rozvoj mezipředmětových vztahů ve škole. *Metodický materiál pro učitele*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. ISBN 978-80-7603-100-5
- VACKOVÁ, M. a kol. (2005): T-2 toxin a jeho možné zneužití. Vojenské zdravotnické listy. Ročník LXXIV, č. 2. 60-62. ISSN 0372-7025
- VALÍČEK, P. (2003): Léčivé rostliny a omamné drogy. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-725-1
- VENDRAMIN A., BRVAR M. (2014): *Amanita muscaria* and *Amanita pantherina* poisoning: Two syndromes. Toxicon. 90. str. 269-272. ISSN 0041-0101
- VLACH P., CHOCHOLOUŠKOVÁ Z. (2014): Biologie všedního dne. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-261-0415-5
- VODRÁŽKOVÁ, A. (2022): *Noctiluca miliaris* jako baterka mořská? Aneb jak je to s českým názvoslovím v algologii a mykologii. Hradec Králové: Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie. Vedoucí práce RNDr. Lenka Šejnohová, Ph.D.
- VRZAL, R. (2014): Základy toxikologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4103-0

WIĘCKOWSKA, M. a kol. (2023): Ochratoxin A – The Current Knowledge Concerning Hepatotoxicity, Mode of Action and Possible Prevention. *Molecules* 28 (18), 6617. ISSN 1420-3049

YOTSU-YAMASHITA, M. a kol. (2007): Distribution of tetrodotoxin in the body of the blue-ringed octopus (*Hapalochlaena maculosa*). *Toxicon*. 49 (3). str. 410-412. ISSN 0041-0101

ANALYZOVANÉ VÝUKOVÉ MATERIÁLY

BENEŠOVÁ M., SATRAPOVÁ H. (2002): Odmaturuj z chemie. Brno: Nakladatelství DIDAKTIS. ISBN 80-86285-56-1

BENEŠOVÁ, M. a kol. (2013): Odmaturuj z biologie – druhé, přepracované vydání. Brno: Nakladatelství DIDAKTIS. ISBN 978-80-7358-231-9

BLAŽEJOVÁ, M. (2016): Výuka fytotoxikologie na středních školách. Hradec Králové: Diplomová práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie. Vedoucí práce doc. RNDr. František Malíř, Ph.D.

DOBROUKOVÁ, J. a kol. (2015): Laboratorní a terénní cvičení BIOLOGIE. EDICE: Badatelsky orientovaná výuka. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4592-2

FANTOVÁ, A. (2016): Alkaloidy – výukové materiály pro SŠ. Praha: Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra učitelství a didaktiky chemie. Vedoucí práce RNDr. Simona Hybelbauerová, Ph.D.

HANČOVÁ H., VLKOVÁ M. (2008): Biologie v kostce pro SŠ. Praha: Nakladatelství Fragment. ISBN 978-80-253-0606-2

JELÍNEK J., ZICHÁČEK V. (2014): Biologie pro gymnázia (teoretická a praktická část). Olomouc: Nakladatelství Olomouc. ISBN 978-80-7182-338-4

KINCL L., KINCL M., JAKRLOVÁ J. (2008): Biologie rostlin pro gymnázia – čtvrté, přepracované vydání. Praha: Nakladatelství Fortuna. ISBN 80-7168-947-5

KOLÁŘ K., KODÍČEK M., POSPÍŠIL J. (2005): Chemie II pro gymnázia – organická a biochemie. Praha: SPN. ISBN 80-7235-283-0

KUBIENOVÁ L., VINTER V. (2013): Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: Rostliny, léčivé látky, drogy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3619-7

KUBIŠTA, V. (2000): Obecná biologie pro gymnázia – úvodní učební text biologie pro 1. ročník gymnázií. Praha: Nakladatelství Fortuna. ISBN 80-7168-714-6

MAREČEK A., HONZA J. (2014): Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl – 2. vydání. Brno: Proton. ISBN 978-80-902402-6-1

NOVOTNÝ I., HRUŠKA M. (2015): Biologie člověka pro gymnázia – 5., rozšířené a upravené vydání. Praha: Nakladatelství Fortuna. ISBN 978-80-7373-128-1

ROZSYPAL, S. a kol. (2003): Nový přehled biologie. Praha: Nakladatelství Scientia. ISBN 978-80-86960-23-4

SMRŽ J., HORÁČEK I., ŠVÁTORA M. (2004): Biologie živočichů pro gymnázia. Praha: Nakladatelství Fortuna. ISBN 80-7168-909-2

ŠÍMA, P. (2023): Biologie v souvislostech pro gymnázia 1. Praha: EDUKO nakladatelství. ISBN 978-80-88473-13-8

VACÍK, J. a kol. (1999): Přehled středoškolské chemie. Praha: SPN. ISBN 80-7235-108-7

ZAJONCOVÁ L., VINTER V. (2013): Praktická cvičení z chemie a biologie pro středoškolské studenty. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3650-0

POSUZOVANÁ ŠVP

1. Školní vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání: Poznáním a láskou k moudrosti. Biskupské gymnázium Hradec Králové. Dostupné z: https://www.bisgymbb.cz/sites/default/files/dokumenty/svp_vg_a_ng_01_09_23_na_web.pdf [cit.2024-02-15]
2. Školní vzdělávací program pro 4leté gymnázium: Tvořivé a radostné učení pro život. Moravské gymnázium Brno s.r.o. Dostupné z: <https://www.mgbrno.cz/wp-content/uploads/2021/02/SVP-G4-klasicka.pdf> [cit.2024-02-15]
3. Školní vzdělávací program: Poznáváme svět s EDUCAnetem. Gymnázium EDUCAnet. Dostupné z: <https://ceskebudejovice.educanet.cz/wp-content/uploads/2023/02/SVP-EDUCAnetGymnazium2022.pdf> [cit.2024-02-15]
4. Školní vzdělávací program: Úspěšná příprava pro VŠ. Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083. Dostupné z: https://old.gypce.cz/files/dokumenty/SVP_4lete.pdf [cit.2024-02-15]
5. Školní vzdělávací program pro vyšší stupeň gymnázia se zaměřením matematika a přírodní vědy: Vzdělávání – brána do života. Gymnázium, Plzeň, Mikulášské náměstí 23. Dostupné z: https://www.mikulasske.cz/wp-content/uploads/2020/10/SVP1718v_mpr.pdf [cit.2024-02-15]
6. Školní vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání. Gymnázium, Olomouc – Hejčín, Tomkova 45, 779 00 Olomouc. Dostupné z: <https://www.gytool.cz/soubory/skolni-vzdelavaci-program.pdf> [cit.2024-02-15]
7. Školní vzdělávací program: švp-G_2020. Gymnázium Jihlava. Dostupné z: https://www.gymnaziumjihlava.cz/wp-content/uploads/2020/09/svp-g_2020.pdf [cit.2024-02-15]
8. Školní vzdělávací program pro čtyřleté gymnázium. Gymnázium U Balvanu Jablonec nad Nisou. Dostupné z: https://www.gymjbc.cz/wp-content/uploads/2020/11/SVP_4G.pdf [cit.2024-02-15]
9. Školní vzdělávací program: Učební osnovy pro vyšší stupeň osmiletého gymnázia a čtyřleté gymnázium. První české gymnázium v Karlových Varech. Dostupné z: <https://gymkvary.cz/cs/skolni-vzdelavaci-program> [cit.2024-02-15]
10. Školní vzdělávací program. Gymnázium Praha Botičská. Dostupné z: <https://www.gybot.cz/wp-content/uploads/2022/12/09-Biologie.pdf> [cit.2024-02-15]

Zdroje obrázků

Obrázek č. 1 – Mezipředmětové vztahy: vlastní tvorba autorky

Obrázek č. 2 – Švarcová, I. (2005): *Základy pedagogiky pro učitelské studium*. Praha: VŠCHT v Praze. ISBN 80-7080-573-0

Obrázek č. 3 - Očekávané výstupy a učivo předmětu Toxikologie v rámci ŠVP Gymnázia Botičská v Praze: Dostupné z: <https://www.gybot.cz/wp-content/uploads/2022/12/09-Biologie.pdf> [cit.2024-02-15]

Obrázek č. 4 – Analyzované učebnice biologie: vlastní foto autorky

Obrázek č. 5 – Analyzované učebnice chemie: vlastní foto autorky

Obrázek č. 6 – Toxokinetika: vlastní tvorba autorky na základě přednášky z předmětu Toxikologie anorganických a organických sloučenin přednášené PharmDr. Ondřejem Benkem, Ph.D. z ak. roku 2023/2024

Obrázek č. 7 – Exotoxiny a endotoxiny: SHEEHAN J. R., SADLIER C., O'BRIEN B. (2022): *Bacterial endotoxins and exotoxins in intensive care medicine*. BJA Education. 22(6). str. 224-230. ISSN 2058-5349

Obrázek č. 8 – Vodní květ: ANDREWS FELIX [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:River_algae_Sichuan.jpg

Obrázek č. 9 - Červený příliv: SCHUMANN KAI [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/red-tide>

Obrázek č. 10 – Obmněnky: HAECKEL ERNST [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haeckel_Peridinea.jpg

Obrázek č. 11 – Žitný námel: MALMBERG KASPER [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Claviceps_purpurea_47424140.jpg

Obrázek č. 12 – *Aspergillus* (vlevo) a *Penicillium* (vpravo): vlastní tvorba autorky

Obrázek č. 13 – *Fusarium*: vlastní tvorba autorky

Obrázek č. 14 – Hnojník inkoustový: MOLTER DAN [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coprinopsis_atramentaria_114645.jpg

Obrázek č. 15 – Isopren: vlastní tvorba autorky

Obrázek č. 16 – Struktura glykosidů: KRÁL MARTIN [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://www.wikiskripta.eu/w/Srde%C4%8Dn%C3%AD_glykosidy

Obrázek č. 17 – Kardioaktivní glykosidy: vlastní tvorba autorky na základě přednášky z předmětu Toxikologie rostlinných a živočišných jedů přednášené PharmDr. Ondřejem Benkem, Ph.D. z ak. roku 2022/2023

Obrázek č. 18 – Betelový list a arekový ořech: ARGENBERG VJAČESLAV [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Old_Bagan,_Myanmar,_Paan,_the_betel_leaf_and_areca_nut.jpg

Obrázek č. 19 – Mydriáza: NUTSCHIG [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dilated_pupils_2006_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dilated_pupils_2006_(cropped).jpg)

Obrázek č. 20 – Šípové jedy: TROPENMUSEUM [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0%C3%ADpov%C3%BD_jed#/media/Soubor:COLLECTIE_TROPENMUSEUM_Dajak_met_blaasroer_TMnr_10013424.jpg

Obrázek č. 21 – *Lophophora williamsii* HIR DAV [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lophophora_williamsii_BI%C3%BCte.JPG

Obrázek č. 22 – Opisthotonus: vlastní tvorba autorky

Obrázek č. 23 – Mióza: LUCASHAWRANKE [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blue-Green_Eye_miosis.jpg

Obrázek č. 24 – Kata jedlá: BALUGANI LUIGI [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Luigi_Balugani_-_Catha_edulis_Forssk_\(Khath\),_finished_drawing_-_B1977.14.6467a_-_Yale_Center_for_British_Art.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Luigi_Balugani_-_Catha_edulis_Forssk_(Khath),_finished_drawing_-_B1977.14.6467a_-_Yale_Center_for_British_Art.jpg)

Obrázek č. 25 – Semena skočce obecného: ANDEL [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ricinus_communis_semen.png

Obrázek č. 26 – *Chironex fleckeri*: GAUTSCH GUIDO [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Avispa_marina_cropped.png

Obrázek č. 27 – Snovačka jedovatá: SHENRICH91 [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adult_Female_Black_Widow.jpg

Obrázek č. 28 – Puchýřník lékařský: SIGA [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lytta_vesicatoria_up.JPG

Obrázek č. 29 – Fugu: CHRIS [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fugu.Tsukiji.CR.jpg>

Obrázek č. 30 – Pralesnička strašná: BERNS WILFRIED [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schrecklicherpfeilgiftfrosch-01.jpg>

Obrázek č. 31 – Zmije obecná: DEISCHSEL GUNTRAM [cit.2024-02-15]. Dostupné pod licencí Creative Commons z:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kreuzotter_Vipera_berus_weibl_Dornacher_Ried_Bad-Wuertt_2011.jpg

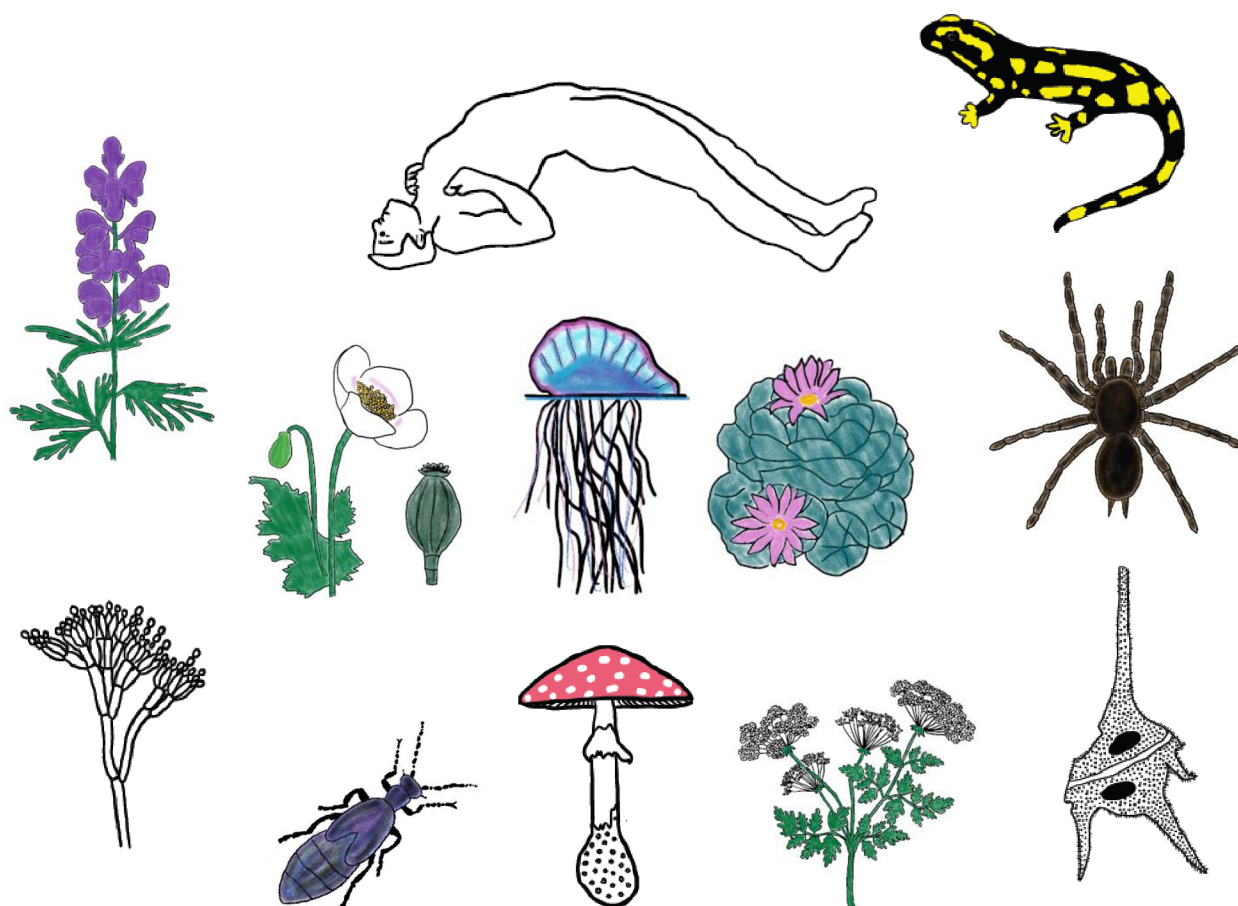
Přílohy

PŘÍLOHA č. 1 – PŘÍRUČKA (str. 81-145)

PŘÍLOHA č. 2 – UKÁZKY VYBRANÝCH VYPLNĚNÝCH HODNOTICÍCH ARCHŮ
(str. 146-162)

TOXIKOLOGIE PŘÍRODNÍCH LÁTEK

MATERIÁLY PRO
MEZIPŘEDMĚTOVOU VÝUKU
BIOLOGIE A CHEMIE NA SŠ



Bc. Tereza Fialová

ÚVODNÍ SLOVO:

Tato publikace vznikla v rámci praktické části diplomové práce (volně ke stažení na theses.cz, citace viz níže) a je určena především pro vyučující biologie, kteří ve svých hodinách chtějí využít mezipředmětové vztahy s chemií.

FIALOVÁ, T. *Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Lenka Šejnohová, PhD.

OBSAH UČIVA

Spektrum přírodních toxinů je široké. V kapitolách (str. 4-51) jsou proto zmíněni pouze producenti toxinů/toxiny, kteří jsou všeobecně známi, něčím zajímaví a mohli by být dle mého názoru vhodným zpestřením výuky. Většina zmíněných producentů bývá uvedena v učebnicích SŠ. Informace mohou vyučující využít pro svoji přípravu a zařadit je do výuky anebo mohou žáci pracovat s kapitolami sami.

Kapitoly s toxiny jsou členěny (s výjimkou kapitol: sinice a řasy, živočichové) dle toxikologických zvyklostí, tzn. podle jednotlivých skupin toxinů a ne podle jednotlivých organismů. Pro rychlejší zorientování je na konci příručky uveden rejstřík (str. 61-63) s abecedně seřazenými organismy a jejich toxiny vyskytujícími se v publikaci.

Obrázky jsem nakreslila sama, nejsou odborné a slouží pouze k ilustraci a ozvláštění práce.

LIŠTA UČEBNICE

Na lištách jsou uvedeny vysvětlivky či další zajímavosti k tématu.

INFORMACE PRO PEDAGOGY

Za každou kapitolou se nachází stránka s informacemi pro pedagogy, které obsahují zařazení tématu, očekávané výstupy, otázky k textu, krátkou aktivitu pro žáky a samozřejmě i řešení. Publikaci lze kromě příloh (str. 52-60) tisknout i ve formátu A5.

PŘÍLOHY

K publikaci jsou přiloženy také dvě přílohy: tabulka, která shrnuje celou příručku a může sloužit např. při hledání shod či rozdílů (str. 52), a také aktivity z každé kapitoly nachystané pro tisk pro žáky (str. 53-60).

OBSAH:

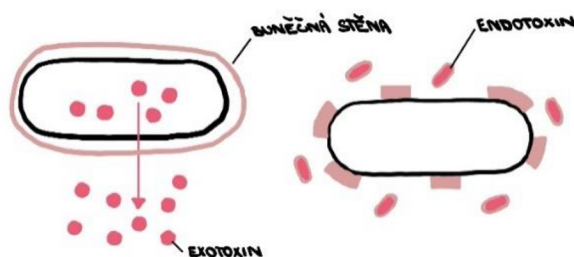
BAKTERIÁLNÍ TOXINY	4
TOXINY SINIC A ŘAS	7
TOXINY MIKROSTÉLKATÝCH HUB	11
TOXINY MAKROSTÉLKATÝCH HUB	14
ROSTLINNÉ TOXINY	19
TOXINY ŽIVOČICHŮ	31
ŽAHAVCI.....	32
MĚKKÝŠI	34
PAVOUKOVCI	36
MNOHONOŽÍ.....	39
HMYZ	41
RYBY	43
OBOJŽIVELNÍCI	45
JEŠTĚŘI.....	47
HADI	49
PŘÍLOHA 1: SHRNUJÍCÍ TABULKA	52
PŘÍLOHA 2: AKTIVITY PRO TISK.....	53
REJSTŘÍK	61
SEZNAM LITERATURY	64

BAKTERIÁLNÍ TOXINY

Převážná část bakterií je pro člověka neškodná (či dokonce prospěšná), reálné riziko představuje asi 10 % mikroorganismů, které se označují jako **patogenní**. Pod pojmem patogenita se rozumí schopnost bakterie **vyvolat infekční onemocnění**. Bakteriální toxiny se obecně dělí na dvě skupiny: exotoxiny a endotoxiny, přičemž toxicita exotoxinů je vyšší než toxicita endotoxinů.

Endotoxin je lipopolysacharidový komplex gramnegativních bakterií¹. K jeho uvolnění dochází **až po zániku bakterie** a jejím rozkladu. Vůči teplotě jsou endotoxiny odolné, nelze je zbavit toxicity. Již v nízkých koncentracích způsobují **horečku** a větší množství těchto toxinů může vést **až k toxickému šoku**. Nacházíme je především u gramnegativních střevních bakterií. Průnik endotoxinu a jeho uplatnění umožňuje porušená střevní bariéra. Mezi bakterie obsahující endotoxiny řadíme např. *Escherichia* (průjmy, infekce močových cest), *Salmonella* (salmonelóza, břišní tyfus), *Shigella* (úplavice) či *Neisseria* (kapavka, meningitida).

Exotoxin je silně jedovatý proteinový toxin, který vylučuje **živá bakterie** do okolí. Jeho strukturu dokáže hostitelský organismus rozpoznat a vytvořit proti němu protilátku, jedná se tedy o antigenní látku. Exotoxiny mohou vlivem tepla nebo chemických látek svoji toxicitu ztratit. Tyto toxické bakteriální proteiny lze přeměnit na tzv. **toxoidy**, uměle upravené toxiny bakterií využívané k očkování. Mezi onemocnění způsobená exotoxiny patří např. **záškrt** (*Corynebacterium diphtheriae*), **spála** (*Streptococcus pyogenes*), **tetanus** (*Clostridium tetani*), **botulismus** (*Clostridium botulinum*), **antrax** (*Bacillus anthracis*), **černý kašel** (*Bordetella pertussis*) a další.



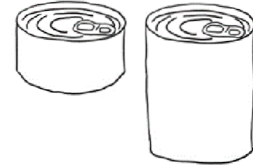
¹ Gramnegativní bakterie mají na rozdíl od grampozitivních kromě cytoplazmatické membrány ještě vnější membránu. Mezi nimi je tenká vrstva peptidoglykanu buněčné stěny a tím i dva periplazmatické prostory. G- buňky jsou tak chemicky odolnější.

Rozdíly ve stavbě buněčných stěn G- a G+ bakterií se využívají v rámci Gramova barvení. U gramnegativních buněk odbarvovací činidlo rozpustí vnější lipopolysacharidovou vrstvu, komplex krystalové violeti s jódem se vymyje přes tenkou vrstvu peptidoglykanu a buňky se odbarví, naopak grampozitivní bakterie si zbarvení ponechávají.

²LD₅₀ (letální dávka 50) je dávka, která po jednorázovém podání způsobí smrt 50 % testovaných jedinců.

BOTULOTOXIN

- zařazení: **exotoxin**
- původce: *Clostridium botulinum*
- onemocnění: **botulismus**
- cesta vstupu: požitím nedostatečně sterilizovaných masových a zeleninových konzerv, nedostatečně tepelně upraveného masa
- mechanismus účinku: blokuje nervosvalový přenos
- příznaky: bolest hlavy, závratě, svalová ochablost až paralýza, řada neurologických poruch, smrt nastává v důsledku paralýzy dýchacího svalstva
- využití: odstraňování vrásek
- zajímavosti: LD₅₀ pro člověka² 10 ng/kg



TETANOTOXIN

- zařazení: **exotoxin**
- původce: *Clostridium tetani*
- onemocnění: **tetanus**
- cesta vstupu: při poranění kůže, při kterém se do rány dostane kontaminované těleso (např. tříska, hlína)
- 2 složky: neurotoxický **tetanospasmin** (vyvolává onemocnění), hemolytický **tetanolysin** (pouze hemolytické vlastnosti³)
- mechanismus účinku: trvalá svalová kontrakce
- příznaky: křeče, pocení, změny srdečního rytmu, hypertenze⁴ na začátku a hypotenze⁵ na konci onemocnění, smrt nastává zástavou dechu
- zajímavosti: v ČR existuje **očkování**



³ Hemolytický = způsobující hemolýzu (rozpad erytrocytů)

⁴ Hypertenze = dlouhodobě vysoká hodnota krevního tlaku

⁵ Hypotenze = dlouhodobě nízká hodnota krevního tlaku

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 1. ročník, 1. pololetí

TÉMA: Bakterie – patogenní bakterie

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák definuje pojmy patogenita a toxoid.
- Žák vysvětlí rozdíl mezi endotoxinem a exotoxinem.
- Žák podrobněji popíše botulotoxin A a tetanotoxin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Šlápł jsi na rezavý hřebík, jaký toxin se ti mohl dostat do těla?
2. Dá se k něčemu využít jedovatý botulotoxin v kosmetice? Pokud ano, uveď k čemu.
3. Můžeš se nakazit endotoxiny, i když vodu či potraviny povaříš?

AKTIVITA – DOPLNĚNÍ TABULKY:

SKUPINA TOXINŮ		ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU		toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	
ODOLNOST PROTI TEPLOTĚ		termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	
VAKCINACE		ne

ŘEŠENÍ:

1. **tetanotoxin**
2. **ano, k odstranění vrásek**
3. **ano, vůči teplotě jsou odolné, nelze je zbavit toxicity**

SKUPINA TOXINŮ	EXOTOXINY	ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	G- bakterie
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU	toxin vylučují živé bakterie	toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	lipopolysacharid
ODOLNOST PROTI TEPLOTĚ	termolabilní	termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	vyvolávají horečku
VAKCINACE	ano	ne

⁶ Vodní květ sinic je zpravidla masové rozmnožení sinic ve stojatých vodách (sladké vody i moře) bohatých na živiny. Tento jev je nejvíce viditelný v letních měsících. Jedná se o (modro)zelený povlak viditelný na hladině pouhým okem (sinice tvořící vodní květ se umí vznášet, protože mají v buňkách plynové měchýřky tzv. aerotopy).

⁷ Červený příliv (tzv. red tide) je červené zbarvení vody v mořích, které způsobují obrněnky obsahující velké množství karotenoidů (žluté až červené zbarvení).

TOXINY SINIC A ŘAS

Producentů tzv. **fykotoxinů** (toxiny sinic a řas) je sice jen nepatrný zlomek druhů, avšak jejich význam spočívá ve schopnosti pronikat potravním řetězcem. Nejvyšší koncentrace těchto látek v moři nebo sladkých vodách je během intenzivního nárůstu **vodního květu sinic**⁶ a v přímořských oblastech **červeného přílivu řas**⁷. Toxiny sinic a řas se obvykle dělí podle mechanismu působení: **paralytické jedy** (např. saxitoxin), **průjmové jedy** (např. okadová kyselina), **neurotoxiny** (např. brevetoxin), **amnestické jedy** (např. domoová kyselina) a tzv. **ciguatera toxiny** (např. ciguatoxin). Nejrozšířenější a nejvíce studovanou skupinou **cyanotoxinů** (toxiny sinic) jsou **hepatotoxické microcystiny**.

SINICE VODNÍHO KVĚTU

ROD *MICROCYSTIS*

- **sinice** rodu *Microcystis* je nejčastější zástupce vodního květu sinic⁶
- **toxin: microcystin**
- **výskyt:** stojaté sladké vody bohaté na živiny – rekreační nádrže, rybníky i vodárenské nádrže
- **cesta vstupu:** perorální cestou⁸ nebo inhalačně, sladké vody
- **příznaky:** hepatotoxické⁹, gastrointestinální příznaky, vyrážky, respirační potíže
- **zajímavosti:**
 - nejnebezpečnější a nejrozšířenější toxin sinic
 - je stabilní, obtížně se odstraňuje, v pitných vodách proto představuje vážné riziko pro lidské zdraví (jeho množství je ve vodárnách ČR kontrolováno)

⁸ Perorálně = požitím

⁹ Hepatotoxické = toxické pro játra

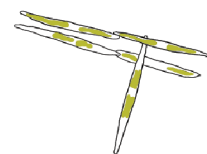


- doporučení:
 - před plánovaným koupáním sledovat kvalitu rekreačních vod (www.koupacivody.cz)
 - zdržet se koupání ve vodách, kde je na hladině vidět rozvoj sinic (na pozoru by měli být především alergici a astmatici)
 - v případě vykoupání: před otřením ručníkem se opláchnout vodou (nedojde k vylití toxinů z buněk na pokožku)

HNĚDÉ ŘASY

ROZSIVKA RODU *PSEUDO-NITZSCHIA*

- ve skupině hnědých řas (Chromophyta) najdeme toxické zástupce jen výjimečně, toxická je např. mořská *rozsivka* rodu *Pseudo-nitzschia*
- toxin: **kyselina domoová**
- výskyt: moře
- cesta vstupu: požití mořských měkkýšů
- příznaky: žaludeční křeče, zvracení, průjem, bolesti hlavy, nápadné zhoršení krátkodobé paměti (připomínající např. Alzheimerovu chorobu)
- zajímavosti: v roce 1987 došlo v jedné restauraci v Kanadě k intoxikaci více než 250 lidí po konzumaci slávky jedlé



O tom, zda jsou přírodní koupaliště vhodná či nevhodná ke koupání z hlediska výskytu sinic, se můžeš lehce přesvědčit i ty sám. Vezmeš si průhlednou láhev, naplníš ji vodou a necháš ji cca hodinu stát na světle. Pokud se na hladině vytvoří zelený kroužek a zbytek vody zůstal čirý, je pravděpodobné, že voda obsahuje sinice vodního květu. Klesne-li zelený zákal ke dnu nebo zůstane-li ve vodním sloupci, jedná se o netoxické mikrořasy

OBRNĚNKY

Ve sladkých vodách se vyskytují pouze netoxičtí zástupci obrněnek. V mořích se ale můžeme setkat se zástupci, kteří způsobují vážně otravy celého potravního řetězce. Za toxické jsou považovány např. mořské obrněnky rodu *Gymnodinium* (produkující **brevetoxiny**), které tvoří **červený příliv** (tzv. red tide)⁷ a mají neurotoxické účinky. Dalšími významnými toxiny, které mořské obrněnky produkují, jsou níže zmíněné **ciguatoxiny** a **saxitoxin**.

¹⁰ Tamější obyvatelé znají jednoduchý test, jak zjistit, jestli je v rybách ciguatoxin obsažen. Odříznou kousek masa, vhodí ho do mraveniště, a pokud je rybí maso nezávadné, mravenci se k němu rychle seběhnou a začnou ho konzumovat.

¹¹ Gastrointestinální = týkající se žaludku a střev

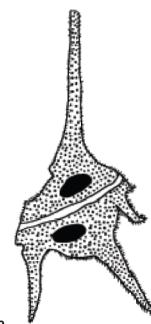
¹² Kardiovaskulární = týkající se srdce a cév

MOŘSKÉ OBRNĚNKY – CIGUATOXINY

- původce: obrněnky (Dinophyta)
- toxin: ciguatoxin
- výskyt: moře (nejčastěji v tropických a subtropických oblastech Indického a Tichého oceánu a v Karibském moři¹⁰)
- cesta vstupu: požitím kontaminovaných ryb (ve svalech a vnitřních orgánech)
- příznaky: odlišné vnímání pocitu tepla a chladu (teplé je vnímáno jako studené a studené jako horké), gastrointestinální¹¹ a kardiovaskulární¹² potíže, k úmrtí dochází jen zřídka
- zajímavosti: ciguatoxin nemá vliv na vzhled, vůni či chuť ryby

MOŘSKÉ OBRNĚNKY – SAXITOXIN

- původce: obrněnky (Dinophyta)
- toxin: saxitoxin
- výskyt: moře
- cesta vstupu: požitím korýšů a jiných vodních živočichů
- příznaky: paralýza dýchacích cest, smrt nastává v důsledku udušení
- zajímavosti: saxitoxin je řazen mezi potenciální bojové biologické prostředky



INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 1. ročník

TÉMA: Sinice, Rozsivky, Obrněnky (přesahuje přes několik témat)

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák definuje pojem fykotoxiny.
- Žák odvodí nejvyšší koncentraci toxinů sinic a řas v moři a sladkých vodách.
- Žák podrobněji popíše kyselinu domoovou, ciguatoxiny a microcystin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Je léto a teplo, na rybnících a nádržích s vysokým podílem živin se objevila vrstva zeleného povlaku vzplývajícího na hladině. O jaké organismy se pravděpodobně jedná a jak se zachováš?
2. Neurotoxické brevetoxiny, které jsou produkovány mořskými obrněnkami, vytvářejí na hladině červený makroskopický útvar, jak se mu říká?
3. Který toxin sinic by mohl být obsažen v ČR v pitných vodách, kdyby nebyl sledován a odstraňován vodárnou?

AKTIVITA – KAZUISTIKA: Dle následující kazuistiky urči, o jakou otravu se jedná.

Viděl jsi úryvek z amerického seriálu z lékařského prostředí. Dva lékaři sedí v letadle z Karibiku, povídají si a najednou prochází letuška, která se ptá, jestli není v letadle nějaký doktor. V letadle se totiž objevilo několik pasažérů, kteří měli gastrointestinální potíže. Těsně před odletem si na večeři dali tzv. sea food s velkým podílem slávek. Jeden pacient pociťuje bolest na hrudi. Lékaři s letuškami prochází letadlo, zjišťují další informace a podávají pasažérům pytlíkové sáčky na zvracení. Letuška jednomu pasažérovi pokládá studený obklad na čelo. „Horké, je to horké,“ zakřičí pasažér. Kolemjdoucí lékař se zastaví, zamyslí se a pak zavolá na svého kolegu. Už ví, co se děje.

(Kazuistika je detailní popis příznaků, diagnózy, průběhu a léčby nějakého onemocnění u jednoho pacienta.)

ŘEŠENÍ:

1. **sinice, podívám se na stránky, které sledují kvalitu vody, nebudu se tam koupat, příp. se po koupání před utřením ručníkem opláchnu čistou vodou**
2. **červený příliv (tzv. red tide)**
3. **microcystin**

Kazuistika: **otrava ciguatoxinem**

Mezi nejčastější lidské mykózy patří mykózy kůže. Vyskytují se většinou na místech, kde kůže zůstává vlhká, např. v mezprstních prostorech. Záněty, pálení a výtoky způsobují kvasinky rodu *Candida*.

¹³ Vazokonstrikce = stažení cév (opak: rozšíření cév = vazodilatace)

¹⁴ LSD je druh halucinogenní drogy. Nejčastější je perorální užití, a to postupným rozpouštěním papírku napuštěného LSD v ústech.

TOXINY MIKROSTÉLKY HUB

Vláknité houby (tvořící mikrostélku, tzv. mikromycety) působí na lidský organismus v podobě **mykóz** (napadení živé tkáně houbou), alergií a **mykotoxikóz** (onemocnění vyvolané produkty specializovaného metabolismu, tzv. **mykotoxiny**). Ne všechny mikromycety tvoří mykotoxiny, závisí to na teplotě, vlhkosti a typu substrátu. Nejrozšířenějšími a celosvětově nejsledovanějšími mykotoxiny jsou **ergotové (námelové) alkaloidy, aflatoxiny, ochratoxiny, trichotheceny, zearalenony a patulin** produkované zástupci **vřeckovýtrusných hub** (Ascomycota). Až 25 % světové produkce potravin může být kontaminováno mykotoxiny.



NÁMELOVÉ ALKALOIDY

- původce: **paličkovice nachová** (*Claviceps purpurea*)
- cesta vstupu: požitím kontaminovaných potravin (např. žito)
- dvě formy ergotismu:
 - **gangrenózní**: vazokonstrikce¹³ cév, až odumření koncových částí těla, např. prstů
 - **konvulzivní**: závratě, nevolnost, bolestivé křeče
- využití v medicíně:
 - **ergometrin** – zastavení poporodního krvácení
 - **ergotamin** – léčba migrény
 - **LSD**¹⁴ – dříve v psychiatrii (schizofrenie, úzkosti, deprese), dnes zneužíván ve formě drogy
- zajímavosti:
 - v současnosti otrava nepředstavuje nebezpečí pro člověka
 - ergotismus mohl sehrát významnou roli ve známých čarodějnických procesech v Salemu

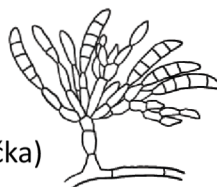
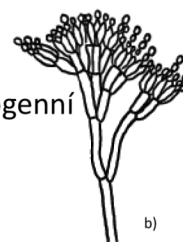
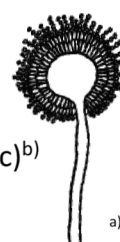
AFLATOXINY

- původce: rod *Aspergillus* (kropidlák)
- cesta vstupu: požitím kontaminovaných potravin (téměř na každém organickém substrátu)
- toxická: působí především na játra a ledviny
- mechanismus účinku: mohou vykazovat karcinogenitu¹⁵, teratogenitu¹⁶ a mutagenitu¹⁷



OCHRATOXINY

- původce: rody *Aspergillus* (kropidlák)^{a)} a *Penicillium* (štětičkovce)^{b)}
- nejvýznamnější a nejběžnější je **ochratoxin A** (OTA)
- cesta vstupu: požitím kontaminovaných potravin (např. obilovin, rýže, kukuřice, kávových zrn, sekundárně v živočišném mase a krvi)
- toxická: cílovými orgány jsou ledviny a játra, může se kumulovat i v mozku
- mechanismus účinku: imunotoxické¹⁸, teratogenní a karcinogenní účinky



TRICHOHECENY

- původce: především rod *Fusarium* (srpovnička)
- mezi nejvýznamnější patří např. **nivalenol**, **deoxynivalenol**, **T-2 toxin** (nejvyšší akutní toxicita¹⁹)
- cesta vstupu: požití obilovin a výrobků z nich
- příznaky: postižení GIT (nevolnost, zvracení, krvavý průjem), závratě, bolesti hlavy, dermatotoxicita, krvácení, celková sepe²⁰
- mechanismus účinku: inhibuje syntézu nukleových kyselin a proteinů, poškozují strukturu i funkci buněčné membrány, navozují apoptózu²¹
- zájímavost: uváděné jako možné **biologické agens**²²

Přírodní aflatoxiny se označují pomocí číslic a písmen B („blue“) nebo G („green“) podle vykazující fluorescence při osvětlení UV zářením. Dalšími písmeny M či Q se označují metabolické produkty.

¹⁵ Karcinogenní = podporující vznik zhoubných nádorů

¹⁶ Teratogenní = způsobující vznik vrozených vývojových vad a defektů plodu

¹⁷ Mutagenní = způsobující mutace, tedy změny genetické informace

¹⁸ Imunotoxický = poškozující imunitní systém

¹⁹ Při akutní toxicitě se účinek projevuje velmi rychle, řádově po několika hodinách i minutách. Při chronické toxicitě se účinek projevuje po týdnech, měsících.

²⁰ Sepe = celková nepřiměřená reakce organismu na infekci, jedná se o život ohrožující stav

²¹ Apoptóza = programovaná buněčná smrt

²² Biologické agens = choroboplodný mikroorganismus, který může být použit jako biologická zbraň

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 1. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Houby – Vřeckovýtrusné

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák definuje pojem mykotoxiny.
- Žák vysvětlí rozdíl mezi mykózou a mykotoxikózou.
- Žák podrobněji popíše námelové alkaloidy, aflatoxiny, ochratoxiny a trichotheceny.

OTÁZKY K TEXTU:

1. **Otrava jakou konkrétní houbou (či jejími toxiny) mohla sehrát významnou roli ve známých čarodějnických procesech v Salemu?**
2. **Toxiny které mikroskopické houby mohou být zneužity jako biologické zbraně (toxiny trichotheceny)?**
3. **Když se otrávíš aflatoxiny či ochratoxiny, které dva orgány budou nejvíce postiženy?**

AKTIVITA – DOPLŇ VĚTY:

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. se používá k zastavení poporodního krvácení a je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

(slova na doplnění: LSD, ergometrin, ergotamin, ochratoxin A, T-2 toxin)

ŘEŠENÍ:

1. **otrava paličkovcí nachovou (námelovými alkaloidy)**
2. **rod Fusarium**
3. **ledviny a játra**

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. **Ergometrin** se používá k zastavení poporodního krvácení a **ergotamin** je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli **LSD**, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostem či depresím. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

TOXINY MAKROSTÉLKATÝCH HUB

Toxické metabolity hub vytvářející plodnice (houby s makrostélkou, Basidiomycota) nejsou označovány jako mykotoxiny, nýbrž jako **houbové jedy**. **Otravy** bývají způsobovány **následkem záměny** totožnosti sbírané houby. Rozlišujeme 8 základních typů houbových jedů: **amatoxiny, orelanin, muscimol/kyselina ibotenová, gyromitrin/metylhydrazin, muskarin, koprin, psilocybin/psilocin a gastrointestinální iritanty**.

AMATOXINY A FALOTOXINY

- původce: **muchomůrka zelená** (*Amanita phalloides*)^{a)}, **muchomůrka jízlivá**²³ (*Amanita virosa*)^{b)}
- cesta vstupu: požitím
- toxická: kumulují se v játrech a ledvinách, amatoxiny jsou toxičtější než falotoxiny, otravy **bývají smrtelné v 50 % případů** (cca 50 g houby)²⁴
- mechanismus: inhibice transkripce²⁵ a proteosyntézy²⁶
- zajímavosti: jsou odolné vůči degradaci enzymů a kyselin, a proto nebudou při požití inaktivovány v GIT



²³ Z muchomůrky jízlivé byly navíc izolovány ještě tzv. virotoxiny.

²⁴ Jedna plodnice váží cca 30-40 g.

²⁵ Transkripce = přepis genetické informace z DNA do molekuly RNA

²⁶ Proteosyntéza = tvorba bílkovin

ORELANIN

- původce: **pavučinec plyšový** (*Cortinarius orellanus*)
 - naše nejjedovatější houba (smrtelná dávka je 30 g čerstvé houby)
- cesta vstupu: požitím
- toxická: působí selektivně na ledviny
 - orelanin je termostabilní a zůstává i v sušené houbě
- příznaky: dlouhá **latence**²⁷ (nejčastěji týden), žízeň, nutkání k močení, bolesti hlavy, břicha a zad, nevolnost, diagnóza je velmi obtížná
- zajímavosti: u nás se tato otrava prakticky nevyskytuje (pavučinec plyšový je v ČR poměrně vzácný), ale v Polsku až několik desítek případů ročně



²⁷ Latence = doba mezi nakažením a projevem prvních příznaků

²⁸ Dekarboxylace =
odštěpení -COOH

²⁹ Hematoencefalická bariéra
= bariéra, která odděluje
krev a mozkovou tkáň
a zabraňuje tak prostupu
některých látek do CNS

³⁰ Antagonista = látka
působící proti efektu jiné
látky

³¹ Neurotransmitter
(neuromediátor) je látka,
která slouží k přenášení
vzruchů v nervové
soustavě.

³² Kyselina glutamová
a kyselina γ -aminomáslená
(neboli GABA) jsou
neurotransmitery.

³³ Excitační = stimulující

³⁴ Agonista = látka, která
připomíná svým působením
přírozenou látku
(např. hormon nebo
neurotransmitter) tím, že se
váže na specifický buněčný
receptor a aktivuje jeho
funkci

³⁵ Karcinogenní =
podporující vznik
zhoubných nádorů

³⁶ Teratogenní = způsobující
vznik vrožených vývojových
vad a defektů plodu

KYSELINA IBOTENOVÁ A MUSCIMOL



- původce: **muchomůrka červená** (*Amanita muscaria*)^{c)},
muchomůrka panterová (*Amanita pantherina*)^{d)}
- cesta vstupu: požitím
- kyselina ibotenová se spontánně přeměňuje na muscimol dekarboxylací²⁸
- mechanismus účinku: snadno procházejí hematoencefalickou bariérou²⁹, působí jako antagonisté³⁰ neurotransmiterů³¹
 - ibotenová kyselina je derivát kyseliny glutamové, muscimol je derivát kyseliny γ -aminomáslené (GABA)³²
 - kyselina ibotenová působí jako **excitační**³³ aminokyselina na glutamátových receptorech
 - muscimol je agonista³⁴ receptoru GABA (**tlumivý** účinek na CNS)
- zajímavosti: dva podtypy otrav
 - muchomůrka červená obsahující více excitační kyseliny ibotenové vede častěji ke zmatenosti a neklidu
 - muchomůrka panterová obsahující více inhibičního muscimolu způsobuje častěji kóma



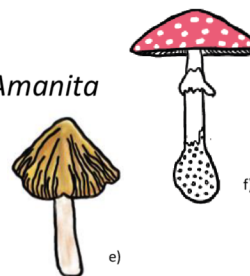
GYROMITRIN

- původce: **ucháč obecný** (*Gyromitra esculenta*)
- gyromitrin se v těle hydrolyzuje na karcinogenní³⁵ a teratogenní³⁶
metylhrazin
- toxická: poškození ledvin, jater a myokardu
- příznaky: svým průběhem je otrava podobná otravě muchomůrkou zelenou (ovšem s nižší smrtelností)
- zajímavosti: otravy ucháčem jsou relativně časté, neboť patří k prvním jarním houbám a často se zaměňuje za smrž



MUSKARIN

- původce: vláknice (*Inocybe*)^{e)}, muchomůrka červená (*Amanita muscaria*)^{f)}
- cesta vstupu: požitím
- mechanismus účinku: působí jako acetylcholin³⁷
- příznaky: **PSL syndrom** (zvýšená perspirace³⁸, salivace³⁹ a lakrimace⁴⁰), mióza, obtížné dýchání
- zájímavosti: specifickým **antidotem**⁴¹ je atropin⁴²



KOPRIN

- původce: hnojník inkoustový (*Coprinus aramentarius*)
- cesta vstupu: požitím
- mechanismus účinku: inhibice acetaldehyddehydrogenázy⁴³
- příznaky: nebezpečný po konzumaci alkoholu, neboť je příčinou **disulfiramového (antabusového) syndromu**
 - konzumace alkoholu po požití houby způsobí akumulaci acetaldehydu
 - acetaldehyd je příčinou projevů opilosti
- zájímavost: disulfiram (syntetická organická látka) se používala při léčbě alkoholismu



³⁷ Acetylcholin = neurotransmitter, který se uplatňuje v synapsích mezi neurony a svalovými buňkami

³⁸ Perspirace = pocení

³⁹ Salivace = slinění

⁴⁰ Lakrimace = slzení

⁴¹ Antidotum = látka působící jako protijed, tzn. přerušuje působení toxické látky nebo odstraní její účinek

⁴² Atropin kompetitivně inhibuje účinek acetylcholinu tím, že se váže místo něj na muskarinové receptory.

⁴³ Ethanol (alkohol) podléhá v těle metabolizaci za přítomnosti dvou enzymů: alkoholdehydrogenázy (mění ethanol na acetaldehyd) a aldehyddehydrogenázy (mění acetaldehyd na kyselinu octovou). Když koprin inhibuje acetaldehyddehydrogenázu, začne se v těle kumulovat acetaldehyd, který je příčinou projevů opilosti.

PSILOCIN A PSILOCYBIN

- původce: lysohlávky (*Psilocybe*) (naše lysohlávky mají nižší obsah toxinů než např. *P. mexicana*, kterou používají indiáni ke kultovním obřadům)
- psilocybin je fosfátový ester psilocinu, po požití je psilocybin rychle defosforylován na psilocin
- mechanismus účinku: jejich aktivita je odvozena od strukturní podobnosti se serotoninem⁴⁴ a dopaminem⁴⁵
- příznaky: halucinogenní, zkreslené vnímání prostoru a času, změny ve vnímání, iluze
- zajímavosti: Povahu vyvolaných euforických stavů nelze předvídat, někdy se dostaví „**good trip**“ a někdy „**bad trip**“. Tyto halucinogenní stavy mohou ohrožovat pacientův život, např. při pokusech létání.



⁴⁴ Serotonin = hormon a neurotransmitter, který mimo jiné ovlivňuje náladu (s nedostatkem serotoninu je spojována deprese)

⁴⁵ Dopamin = hormon a neurotransmitter, díky jehož vyplavení se cítíme dobře a motivuje nás k další činnosti

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 1. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Houby – Stopkovýtrusé

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák definuje pojem houbové jedy.
- Žák vysvětlí, jak dochází k otravám houbami a s jakými zástupci se otravy nejčastěji spojují.
- Žák podrobněji popíše amatoxiny a falotoxiny, orelanin, kyselinu ibotenovou a muscimol, gyromitrin, muskarin, koprin, psilocin a psilocybin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Co znamenají písmena v PSL syndromu a kterého toxinu se tento syndrom týká?
2. Když sníš hnojník, co bys potom neměl vypít a proč?
3. Které houby jsou vyhledávány toxikomany pro své halucinogenní účinky?

AKTIVITA – OSMISMĚRKA: Najdi 6 názvů toxinů makrostélkatých hub a zkus si vzpomenout, kteří zástupci stopkovýtrusých hub je produkují.

P U W H K S A O T W
S M C E O D M E K Z
I U K K P J A X H K
L S Z D R N T B J I
O K P S I L O C I N
C A R T N C X F Q P
Y R M U S C I M O L
B I W A P A N B T H
I N Y Z Q M Y Q H Z
N W O T O L S U Z E

psilocin, psilocybin, koprin, muskarin, muscimol, amatoxiny

ŘEŠENÍ:

1. **perspirace (pocení), salivace (slinění) a lakrimace (slzení), muskarinu**
2. **alkohol, kumuloval by se mi v těle acetaldehyd a cítil bych se opilý kvůli antabusovému syndromu**
3. **lysohlávky**

AKTIVITA: psilocin a psilocybin – **lysohlávky**, koprin – **hnojník inkoustový**, muskarin – **vláknice, muchomůrka červená**, muscimol – **muchomůrka červená a panterová**, amatoxiny – **muchomůrka zelená a jízlivá**

Sekundární metabolity (látky, které se přímo nepodílejí na růstu, vývoji nebo rozmnožování, ale slouží např. k obraně proti býložravcům) si rostlina syntetizuje z univerzálního zdroje (většinou se jedná o glukózu). Když bychom herbicidem zablokovali jednu z metabolických cest, tak rostlina si sekundární metabolit dovede opatřit další cestou. Má totiž více možností, více cest, jak se k němu dostat.

⁴⁶ Karoteny jsou žlutá, oranžová či červená barviva, které najdeme např. v mrkvi, rajčeti či krevetách.

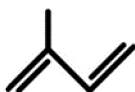
⁴⁷ Klonické křeče = prudké záškuby svalstva celého těla

⁴⁸ Ataxie = porucha hybnosti způsobená onemocněním nervového systému, projevuje se nesouměrností pohybů a jejich špatnou koordinací

ROSTLINNÉ TOXINY

Rostlinné jedy dělíme podle chemické struktury na: **terpeny**, **glykosidy**, **alkaloidy**, **rostlinné kyseliny**, **toxické aminokyseliny**, **furanokumariny**, **saponiny** a **polyacethylenové sloučeniny**. Nejvýznamnější a nejrozsáhlejší skupinou jsou alkaloidy.

TERPENY



Všechny terpeny lze formálně odvodit ze základní stavební jednotky, kterou je pětiuhlíkatý 2-methylbutadien (tzv. **izopren**). Podle počtu těchto jednotek se terpeny dělí na **hemiterpeny** (C₅), **monoterpeny** (C₁₀), **seskviterpeny** (C₁₅), **diterpeny** (C₂₀), **sesterpeny** (C₂₅), **triterpeny** (C₃₀) a **karoteny**⁴⁶ (C₄₀).

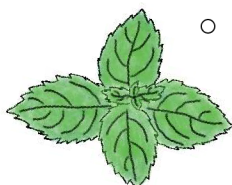
MONOTERPENY

• KAFR



- zdroj: **kafrovník lékařský** (*Cinnamomum camphora*)
- na pokožku působí dráždivě, vyvolává lokální překrvení (hřejivý pocit)
- příznaky: po požití excituje CNS, způsobuje klonické křeče⁴⁷, na srdce působí podobně jako kofein, může způsobit i smrt zástavou dechu
- využití: léčivá kosmetika, repelenty

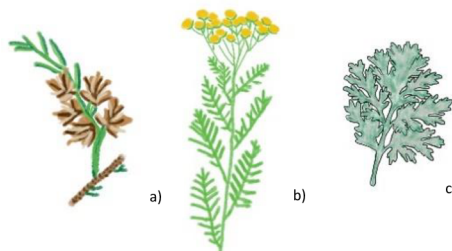
• MENTHOL



- zdroj: silice *Mentha* spp., zejména v **mátě peprné** (*M. piperita*)
- příznaky: perorální užití větších dávek však může vést k bolestem břicha, nevolnosti, zvracení, závratím, ataxii⁴⁸ a ospalosti až kómatu
- využití: farmacie, kosmetika, tabákový a potravinářský průmysl

• THUJON

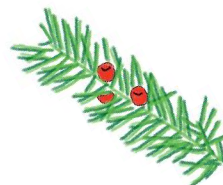
- zdroj: zerav západní (*Thuja occidentalis*)^{a)}, vratič obecný (*Tanacetum vulgare*)^{b)}, pelyněk pravý (*Artemisa absinthium*)^{c)}
- příznaky: dráždivé účinky na pokožku, poškození GIT, jater a ledvin, abortivum⁴⁹
- zajímavosti: obsažen v absintu



DITERPENY

• TAXOL (PACLITAXEL)

- zdroj: tis západnoamerický (*Taxus brevifolia*), tis japonský (*T. cuspidata*)
- mechanismus účinku: mitotický jed⁵⁰
- využití: terapie některých typů rakoviny



GLYKOSIDY

Chemická struktura glykosidů **zahrnuje cukernou a necukernou (aglykon) část**, které jsou navzájem spojené **glykosidovou vazbou**. Metabolická hydrolýza glykosidní vazby bývá **podmínkou bioaktivace** uvolněného aglykonu (někdy však můžou působit deaktivačně).

KARDIOAKTIVNÍ GLYKOSIDY

- zdroj: např. u konvalinky (*Convallaria*)^{d)} či náprstníku (*Digitalis*)^{e)}
- podle struktury se dělí na **kardenolidy** a **bufadienolidy**
- náprstník obsahuje např. **digitalin, digitoxin a dioxin**
- konvalinka obsahuje např. **konvalatoxin a konvalosid**
- aglykon zajišťuje účinek na srdce, cukerná část zajišťuje fyzikálně-chemické vlastnosti
- mechanismus účinku: blokují Na^+/K^+ -ATPasu⁵¹



⁴⁹ Abortivum = látka vyvolávající potrat

Jediný nejedovatý na celé rostlině je červený míšek. Jedovaté je i semeno uvnitř míšku.

⁵⁰ Mitotické jedy = látky brzdící mitotické dělení v buňce

Jedovatá je dokonce i voda ve váze, ve které stojí kytice konvalinek.

⁵¹ Na^+/K^+ -ATPasa neboli sodno-draselná pumpa se nachází v buněčné membráně většiny buněk lidského těla. Čerpá sodík z vnitrobuněčného prostoru do mimobuněčného a draslík z mimobuněčného prostoru do vnitrobuněčného. Má zásadní význam pro vznik a šíření elektrického signálu v nervových a svalových buňkách

- příznaky: poruchy srdečního rytmu, nevolnost doprovázená zvracením, bolest hlavy, slabost, únava a křeče
- zajímavosti: některé z látek mají kumulativní účinky, vylučují se z těla pomalu

KYANOGENNÍ GLYKOSIDY

- toxická: není jednoduché dosáhnout nebezpečné koncentrace, protože:
 - požitý glykosid musí být hydrolyzován⁵² v trávicím ústrojí (hydrolyzou poskytují toxický kyanovodík)
 - lidský organismus dokáže kyanidy⁵³ rychle detoxikovat
- mezi kyanogenní glykosidy patří např. amygdalin či linamarin

• AMYGDALIN



- zdroj: semena a plody rostlin **čeledi růžovitých** (Rosacee)
- menší množství amygdalinu obsahují i semena šlechtěných ovocných druhů
- mírnou intoxikaci může způsobit např. nadměrná konzumace hořkých mandlí
- příznaky: bolest hlavy, zvracení, svalová bolest či dušnost

• LINAMARIN

- zdroj: **čeleď bobovitých** (Fabaceae), **len setý** (*Linum usitatissimum*)^{f)} z čeledi **lnovité** (Linaceae)
- tepelně upravená lněná semínka obsahují minimum linamarinu
- příznaky: ztráta draslíku a elektrolytická nerovnováha



Kyanovodík je silný jed, ale k vytvoření toxické koncentrace je zapotřebí pozřít velké množství rostliny.

⁵² Hydrolyza = reakce látky s vodou (rozkladná reakce)

⁵³ Kyanidy způsobují vznik tzv. kyanhemoglobinu, který omezuje přenos kyslíku a inhibuje dýchací řetězec v mitochondriích.

ALKALOIDY

Alkaloidy jsou dusíkaté látky vznikající **metabolickou přeměnou aminokyselin**, popř. i jiných prekurzorů (pseudoalkaloidy). Řada z nich se používá v lékařství a některé jsou významné jedy. Dělíme je na: **protoalkaloidy, chinolizidinové, tropanové, piperidinové a pyridinové, pyrrolizidinové, izochinolonové, indolové, chinolinové, imidazolové, terpenové a steroidní.**

PIPERIDINOVÉ A PYRIDINOVÉ ALKALOIDY

NIKOTIN

- zdroj: **tabák virginský** (*Nicotiana tabacum*)
- cesty vstupu: je absorbována extrémně rychle (sekundy) z mnoha míst, neboť velmi lehce penetruje membránami všech typů
- příznaky: velké dávky nikotinu způsobí poruchu vědomí, cirkulační kolaps a tonicko-klonické křeče⁵⁴, smrt nastává respirační paralýzou a zástavou srdce
- zajímavosti: určité množství nezměněného nikotinu se ukládá v játrech a je vylučováno mateřským mlékem, a tak může docházet k otravě kojenců kouřícími matkami



⁵⁴ Tonicko-klonické křeče = tonická fáze, která přichází jako první, způsobí ztuhnutí všech svalů, po ní následuje klonická fáze, která se projevuje rychlými a rytmickými záškuby svalů

AREKOLIN

- zdroj: **areka obecná** (*Areca catechu*), hlavní alkaloid **betelových oříšků**⁵⁵
- příznaky: žvýkání betelu se projevuje zvýšenou salivací⁵⁶, perspirací⁵⁷ a miózou⁵⁸, navozuje dobrou náladu, podněcuje myšlení, povzbuzuje k práci a tiší hlad i žízeň
- zajímavosti: trvalé poškození organismu je menší než po alkoholu či nikotinu, avšak závislost je daleko silnější



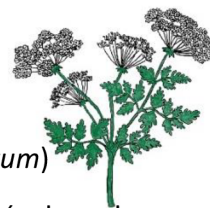
⁵⁵ Při žvýkání betelu se barví sliny do červena. Žvýkači mívají černý a prořídlý chrup, neboť plody areky a listy betelu se ještě posypávají vápencem.

⁵⁶ Salivace = slinění

⁵⁷ Perspirace = pocení

⁵⁸ Mióza = zúžení zornice oka

KONIIN



- zdroj: **bolehlav plamatý** (*Conium maculatum*)
- příznaky: otrava má charakter vzestupné obrny kosterního svalstva a končí zástavou dechu při plném a jasném vědomí a za plné srdeční činnosti
- zajímavosti: dříve byl používán k popravám, např. Sokrata

TROPANOVÉ ALKALOIDY

ATROPIN

- zdroj: **rulík zlomocný** (*Atropa bella-donna*)⁶⁾, **durman obecný** (*Datura stramonium*), **blín černý** (*Hyoscyamus niger*), **mandragora lékařská** (*Mandragora officinarum*) a další
- semena a tobolky durmanu jsou zneužívány k navození stavu vzrušení, způsobují dezorientaci a halucinace
- zajímavosti: používá se jako **antidotum**⁵⁹ (např. při otravě organofosfáty)



KOKAIN

- zdroj: **rudodřev koka** (kokainovník pravý, *Erythroxylum coca*)
- mechanismus účinku: kokain stimuluje CNS, nejdříve dochází k euforickému stavu a po odeznění bezprostředního účinku nastává silná deprese až vyčerpání
- příznaky: způsobuje hypertermii⁶⁰, mydriázu⁶¹ a periferní vazokonstrikci⁶² vedoucí ke zvýšení krevního tlaku
- zajímavosti:
 - kokain nevyvolává fyzickou závislost, ale rychle se rozvíjí závislost psychická⁶³
 - pro praktické použití bývá kokain chemicky upraven na chlorid kokainu, podává se buď šňupáním, rozpuštěním a poté podáním i. v.⁶⁴ nebo je převáděn na lipofilnější a inhalován kouřením



⁵⁹ Antidotum = látka působící jako protijed, tzn. přerušuje působení toxické látky nebo odstraní její účinek

⁶⁰ Hypertermie = „přehřátí“

⁶¹ Mydriáza = rozšíření zornice oka

⁶² Vazokonstrikce = stažení cév (opak: rozšíření cév = vazodilatace)

⁶³ Fyzická závislost = závislost na dávce drogy: jedinec musí dávku postupně zvyšovat, aby dosáhl stejného pocitu uspokojení jako na začátku užívání, pokud ji přestane užívat, pociťuje nepříjemné abstinenční příznaky

⁶³ Psychická závislost = závislost na aplikaci drogy: jedinec má pocit, že bez této činnosti nevládá každodenní život

⁶⁴ i. v. = intravenózní = nitrožilní

ISOCHINOLINOVÉ ALKALOIDY

MORFIN



- zdroj: mák setý (*Papaver somniferum*)
- v průměru kvalitní **opium** (sušený latex) obsahuje: 15 % **morfinu**, 5 % **narkotinu**, 1 % **kodeinu**, 1 % **papaverinu** a 0,5 % **thebainu**
- mechanismus účinku: váže se na opioidní receptory na různých úrovních CNS a tlumí tak bolest
- příznaky: útlumem dechového centra v CNS ovlivňuje respiraci a tlumí centrum pro kašel, způsobuje miózu, způsobuje zácpu a retenci moči⁶⁵ (působí na vlákna hladké svaloviny)

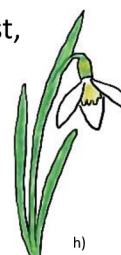
TUBOKURARIN



- zdroj: *Chondrodendron tomentosum*
- součástí jihoamerického šípového jedu **kurare**⁶⁶
- mechanismus účinku: blokuje přenos signálu mezi nervy a svaly
- příznaky: svalová paralýza
- kurare efekt je dočasný, je-li zajištěna podpora dýchání, stav se postupně upraví
- zajímavosti: z tubokurarinu bylo vyvinuto **atrakurium**, které se používá jako relaxant periferního svalstva⁶⁷ při chirurgických zákrocích

GALANTAMIN

- zdroj: zástupci **čeledi amarylkovitých** (Amaryllidaceae) – **sněžinka** (*Galanthus* spp.)^{h)}, **narcis** (*Narcissus* spp.) a **bledule** (*Leucojum* spp.)
- mechanismus účinku: reverzibilně inhibuje acetylcholinesterázu⁶⁸ v centrálním i periferním nervovém systému
- příznaky: pocení, zpomalený srdeční tep a arytmie, nevolnost, zvracení, svalová ochablost a křeče
- zajímavosti: od 90. let se klinicky testuje pro výrobu léku na Alzheimerovou chorobu, avšak míra jeho účinku je poměrně nízká



⁶⁵ Retence moči = zadržetí moči

Z morfinu se vyrábí heroin (diacetylmorfin), který se zneužívá jako droga patřící do tzv. opiátů (podle opia). V 19. století se heroin používal jako lék proti bolesti místo morfia.

⁶⁶ Kurare obsahuje několik různých druhů jedů. Jed byl často nazýván podle nádoby, v níž se tradičně přepravoval: tubokurare (bambusové lodyhy), kalebasové kurare (rostlinné tykve), pot kurare (hliněné hrnce).

⁶⁷ Periferní myorelaxant = způsobuje celkové ochrnutí (opakem je centrální, který pouze snižuje napětí svalstva)

⁶⁸ Acetylcholinesteráza je enzym, který rozkládá neurotransmitter acetylcholin

U Alzheimerovy choroby je narušena tvorba acetylcholinu.

⁶⁹ Dekongescens = lék určený k odstranění zduření

Z efedrinu a dalších alkaloidů chvojníku (např. z pseudoefedrinu) lze relativně jednoduše připravit metamfetamin neboli pervitin. Jedná se o ilegální stimulační drogu, jejíž výroba je trestná.

⁷⁰ Růžové květy *Lophophora williamsii* vyrůstají ze středu temene z husté vlny.

⁷¹ Hypertenzní encefalopatie = postižení mozku z důvodu zvýšeného krevního tlaku

⁷² Intrakraniální hemoragie = nitrolebeční krvácení

⁷³ Mitotický jed = látky brzdící mitotické dělení v buňce

⁷⁴ Vomitus = zvracení

⁷⁵ Koliky = křečovitě silné bolesti především v oblasti břicha

⁷⁶ Tonicko-klonické křeče = tonická fáze, která přichází jako první, způsobí ztuhnutí všech svalů, po ní následuje klonická fáze, která se projevuje rychlými a rytmickými záškuby svalů

PROTOALKALOIDY

EFEDRIN

- zdroj: chvojník (*Ephedra* spp.)
- mechanismus účinku: působí stimulačně na CNS
- příznaky: pocení, bolest hlavy, třes, svalová slabost, mydriáza, bušení srdce
- využití: antiastmatikum (jako nosní dekonescens⁶⁹)
- zajímavosti: toxicitu efedrinu zvyšuje spolupůsobení kofeinu



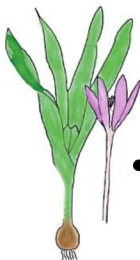
MESKALIN

- zdroj: např. *Lophophora williamsii*^{70, i)} či *Opuntia cylindrica*
- neaktivnější látka **peyote** (název indiánských kmenů pro směs halucinogenních alkaloidů získaných z kaktusů)
- mechanismus účinku: intoxikace připomíná intoxikaci LSD (zkreslené vnímání tvaru a intenzity barev, halucinace a zpomalené vnímání času)
- příznaky: při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti, hypertenzní encefalopatii⁷¹ a intrakraniální hemoragii⁷²



KOLCHICIN

- zdroj: ocún jesenní (*Colchicum autumnale*)
- mechanismus účinku: buněčný a mitotický jed⁷³
- příznaky: připomínají otravu arzenem (vomitus⁷⁴, bolesti břicha, koliky⁷⁵, křečovitě močení, krev v moči a stolici, tonicko-klonické křeče⁷⁶ a další)
- využití: proti dně a akutnímu svalovému a kloubnímu revmatismu



INDOLOVÉ ALKALOIDY

FYSOSTIGMIN

- zdroj: puchýřnatec jedovatý (*Physostigma venenosum*) zvaný kalabarský bob
- mechanismus účinku: reverzibilní inhibitor acetylcholinesterázy⁷⁷
- využití: anticholinergický protijed⁷⁸, léčba glaukomu (zeleného zákalu)
 - jeho derivát **rivastigmin** se používá k symptomatické léčbě Alzheimerově nemoci



STRYCHNIN

- zdroj: v semenech kulčiby dávivé (*Strychnos nux-vomica*)
- mechanismus účinku: jeho působením se na velmi dlouho dobu stáhne kosterní svalstvo a nastanou silné křeče s agonizující bolestí
- opakované křeče vedou ke smrti udušením nebo vyčerpáním
- zajímavosti: intoxikovaný je po celou dobu plně při vědomí a má zesílené smyslové vnímání



KRATOM

- zdroj: *Mitragyna speciosa*
- kratom je obchodní název rostliny, která obsahuje více než 40 různých alkaloidů, zejména **mitragynin** a jeho deriváty
- mechanismus účinku: stejně jako morfin působí na opioidní receptory (mitragynin má přibližně 13krát vyšší účinnost než morfin)
- návykové účinky
- příznaky: dlouhodobá konzumace by mohla vést k úzkosti, podrážděnosti a zvýšené agresivitě, dlouhodobí uživatelé uvádějí třes, ztrátu hmotnosti, záchvaty a psychózy
- zajímavosti: v některých zemích je nelegální, v jiných zemích byl legalizován



⁷⁷ Acetylcholinesteráza je enzym, který rozkládá neurotransmiter acetylcholin.

⁷⁸ V případě nemoci *mysthenia gravis*, tedy autoimunitní choroby způsobující svalovou ochablost, dostatečně nereagují acetylcholinové receptory. Fysostigmin napomůže nervové stimulaci tím, že zabrání rozkládání acetylcholinu a zvýší tak jeho koncentraci

Kratom má v malé dávce stimulační účinek, uživatel pociťuje zvýšený nárůst energie a euforii. Naopak vysoká dávka kratomu má sedativní účinky. Užívání této látky je spojováno s fyzickou a psychickou závislostí. Při užití vysoké dávky kratomu se výrazně nedoporučuje pít alkohol a velmi rizikové je jeho užívání s jinou psychoaktivní látkou (např. s marihuanou). Může totiž dojít k přetížení organismu vedoucí až ke smrti. Kratom lze řadit mezi látky podobné kokainu, pervitinu, morfiu či heroinu, tedy k tzv. tvrdým drogám. V České republice je zatím tato látka legální a její prodej není nijak regulován. Avšak v Polsku a na Slovensku je zařazen mezi nelegální drogy.

⁷⁹ Salivace = slinění

⁸⁰ Lakrimace = slzení

⁸¹ Bronchokonstrikce =
zúžení průdušek

⁸² Antimalarikum = látka
působící proti plasmodium
vyvolávajícím malárii

⁸³ Antipyretikum = lék
snižující horečku

⁸⁴ Stereoizomery =
sloučeniny se stejným
sumárním vzorcem, ale
jiným prostorovým
uspořádáním

⁸⁵ Arytmie = poruchy
srdečního rytmu

⁸⁶ Chinin vykazuje
fluorescenci. Může tedy
pohltit foton fialového
či ultrafialového světla
a následně místo něj
vyzářit modré světlo.

⁸⁷ Oměj vlčí mor svůj název
dostal podle skutečnosti,
že se používal k hubení
vlků.

⁸⁸ Repolarizace = fáze
akčního potenciálu,
dochází k obnovení napětí
(polarizaci) na buněčné
membráně

IMIDAZOLOVÉ ALKALOIDY

PILOKARPIN



- zdroj: listy **mrštnoplo** (*Pilocarpus* spp.)
- příznaky: cholinergní syndrom (salivace⁷⁹, lakrimace⁸⁰, zvýšená žaludeční sekrece a zvýšená motilita střev, bronchokonstrikce⁸¹)
- využití: používá se k léčbě glaukomu (zelenému zákalu)
 - způsobí zúžení zornic a usnadňuje tak odtok komorové tekutiny

CHINOLINOVÉ ALKALOIDY

CHININ

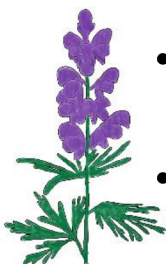


- zdroj: **chinovník** (*Cinchona* spp.)
- chinin: **antimalarikum**⁸², antipyretikum⁸³, spermicidní, používá se proto při léčbě malárie
- chinidin: **stereoizomer**⁸⁴ chininu a používá se jako léčivo pro pacienty s arytmií⁸⁵
- zajímavosti: chinin⁸⁶ dává typickou hořkou chuť toniku

PSEUDOALKALOIDY

AKONITIN

- zdroj: z druhů rodu oměj (*Aconitum*), z nichž nejznámější jsou **oměj vlčí mor**⁸⁷ (*Aconitum vulparia*) či **oměj šalamounek** (*Aconitum napellus*)
- mechanismus účinku: otevřením sodíkového kanálu brání repolarizaci⁸⁸ membrány
- toxická: kardiotoxický, neurotoxický, smrt nastává poškozením srdce a zástavou dechu
- zajímavosti: jeden z nejprudších a nejrychleji účinkujících známých jedů (letální dávka 2-5 mg)



TOXICKÉ AMINY

KHATINON



- zdroj: kata jedlá (*Catha edulis*)
- příznaky:
 - při vyšších dávkách drogy je člověk družnější a hovornější
 - chroničtí uživatelé bývají naopak apatičtí, neschopní koncentrace a jakéhokoliv pracovního výkonu, agresivní a mohou trpět psychózami
 - khatinon způsobuje hypertermii⁸⁹, hypertenzi⁹⁰, arytmií⁹¹ a mydriázu⁹²
 - žvýkání katy může vést k poruchám GIT a impotenci⁹³
- zajímavosti:
 - listy byly používány mnohem dříve než káva
 - domorodci v Africe je žvýkají k potlačení apetitu, únavy a spánku

⁸⁹ Hypertermie = „přehřátí“

⁹⁰ Hypertenze = dlouhodobě vysoká hodnota krevního tlaku

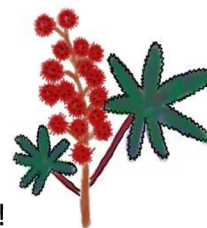
⁹¹ Arytmie = poruchy srdečního rytmu

⁹² Mydriáza = rozšíření zornice oka

⁹³ Impotence = erektilní dysfunkce = dlouhodobá nemožnost dosáhnout a udržet erekci penisu za účelem uspokojivého pohlavního styku

TOXICKÉ PROTEINY

RICIN



- zdroj: semena **skočce obecného** (*Ricinus communis*)
 - pro člověka může být letální⁹⁴ již jedno semeno!
- mechanismus účinku: inhibice syntézy bílkovin (vazbou na ribosomy)
- příznaky:
 - průběh otravy ricinem je relativně pomalý a v počátcích připomíná chřipku – je doprovázen teplotou, bolestmi svalů, bolestí břicha, průjmem, obtížným dýcháním až dušností
 - postupně dochází k poškození jater, ledvin a sleziny, smrt nastává v důsledku selhání orgánů
- zajímavosti: semena obsahují také olej, ve kterém není ricin rozpustný
 - tento olej je známý jako projímadlo, ale používá se také pro výrobu leteckého paliva a bionafty

⁹⁴ Letální = smrtící

⁹⁵ Cytotoxické =
poškozující buňky

⁹⁶ Myokard = srdeční sval

⁹⁷ Hepatotoxické = toxické
pro játra

Nejvyšší obsah
psychoaktivních látek má
konopí indické.

Nejrozšířenější a pro
průmyslové účely nejvíce
využívané je konopí seté.

⁹⁸ Neurotransmitter
(neuromediátor) je látka,
která slouží k přenášení
vzruchů v nervové
soustavě.

⁹⁹ Bronchodilatace =
rozšíření průdušek

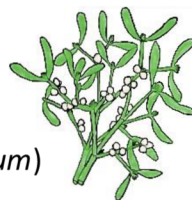
¹⁰⁰ Hypotenze =
dlouhodobě nízká hodnota
krevního tlaku

Konopí a jeho produkty
podléhají zákonným
ustanovením
o návykových látkách.

Žlutá pryskyřice
produkovaná žláznatými
trichomy na samičích
rostlinách se nazývá hašiš.

Sušeným listům a samičím
květenstvím se říká
marihuana.

VISKOTOXINY



- zdroj: **jmelí bílé** (*Viscum album*)
- toxická: cytotoxické⁹⁵, toxické pro myokard⁹⁶, hepatotoxické⁹⁷
- mechanismus účinku: inhibice syntézy DNA
- příznaky: zvracení, průjem, žaludeční křeče
- zajímavosti: aktivita těchto látek je závislá na charakteru hostitelské rostliny (nejtoxičtější by mělo být jmelí parazitující na javoru, lípě, ořešáku, topolu a akátu, nejméně jedovaté z jabloně)

DALŠÍ JEDOVATÉ METABOLITY

KANNABINOIDY



- zdroj: čeleď **konopovité** (*Cannabaceae*)
- významné kannabinoidy: **kannabinol (CNB), kannabidiol (CBD), tetrahydrokannabinol (THC)** a další
- cesta vstupu: kouření je nejúčinnější, vstřebávání z GIT je pomalé a nepravidelné
- mechanismus účinku: THC má euforizující a halucinogenní aktivitu (pravděpodobně zvyšuje hladinu neurotransmiterů⁹⁸), ostatní složky mají spíše sedativní účinky
- příznaky: euforie, relaxace, rozšíření zornic, zvýšení pulsu, bronchodilatace⁹⁹, hypotenze¹⁰⁰, halucinace
 - halucinogenní efekt nedosahuje účinku typu LSD (pouze výjimečně ve vysokých dávkách)
 - mírná euforie je podobná alkoholové intoxikaci
- chronické užívání: může vést k hlubokým změnám v lidském organismu, např. změny v psychice, trvalé poškození mozku, poškození imunitního systému a další

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 1. pololetí

TÉMA: Rostliny – Semenné rostliny

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák definuje pojem rostlinné toxiny.
- Žák nakreslí základní stavební jednotku terpenů.
- Žák podrobněji popíše vybrané zástupce rostlinných terpenů, glykosidů a alkaloidů.

OTÁZKY K TEXTU:

1. **Tvůj pes vypije vodu z vázy, ve které jsou konvalinky, jsou na místě obavy? Co se může stát a jak se to bude projevovat?**
2. **Jak poznáš na zornicích oka, že jsou lidé aktivními uživateli kokainu či pervitinu?**
3. **Jsi spisovatel a píšeš fantasy o vlkodlacích. Kterou rostlinu (s kardiotoxickým a neurotoxickým účinkem) v knize zmíníš?**

AKTIVITA – POZNEJ LÁTKU PODLE INDICIÍ:

1. Tento alkaloid způsobuje halucinace a zneužívá se k navození stavu vzrušení. Je významným antidotem např. při otravě organofosfáty. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, se objevila i ve 2. díle Harryho Pottera.
2. Tento alkaloid se využívá v lékařství proti dně a revmatismu, neboť se jedná o buněčný a mitotický jed. Příznaky otravy připomínají otravu arsenem. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, dostala svůj název podle ročního období, ve kterém kvete.
3. Tento alkaloid je součástí tzv. peyotle a je používán pro své halucinogenní účinky. Při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti a k poškození mozku. Je obsažen v kaktusech.

ŘEŠENÍ:

1. **otrava kardoaktivními glykosidy – poruchy srdečního rytmu, zvracení, bolest hlavy, slabost, únava, křeče**
2. **mydriáza = rozšíření zornice**
3. **oměj vlčí mor**

AKTIVITA: **1. atropin, 2. kolchicin, 3. meskalin**

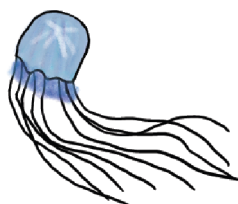
TOXINY ŽIVOČICHŮ

Jedovaté druhy živočichů jsou schopny produkovat, případně ve svém těle hromadit jedovaté substance. Podle původu toxinu, existence a typu jedových žláz a jedového aparátu se jedovatí živočichové dělí do dvou hlavních skupin: **kryptotoxičtí živočichové** (nemají speciální orgán pro tvorbu jedu), **fanerotoxičtí živočichové** (mají specializovaný orgán pro tvorbu jedu). Jedovatých živočichů je na planetě obrovské množství, ale ve většině případů je toxicita pro člověka zanedbatelná, nebo se omezuje jen na nevýznamné místní podráždění.

Pro klasifikaci živočišných jedů se používá **zoologická klasifikace**, protože se často jedná o složité směsi chemických látek s charakteristickým velmi komplexním účinkem.

ŽAHAVCI (Cnidaria)

K poranění žahavci dojde tehdy, když se člověk dostane do kontaktu s chapadly či jinými orgány těchto živočichů, které mohou být vybaveny miliony malých žahavých buněk, tzv. **nematocystů** s mikroskopickými bodci¹⁰¹. Poranění mohou být velmi variabilní, od pálení a zčervenání pokožky až po nesnesitelnou bolest a těžké puchýře se známkami celkového onemocnění.

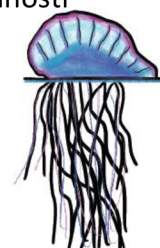


ČTYŘHRANKA *CHIRONEX FLECKERI*

- její jed **chirotoxin** je pro člověka supertoxický, postižené osoby mohou po poranění v krátké době zemřít (cca do 2 minut)
- příznaky: bezprostřední odezvou na poranění je intenzivní bolest a dýchací obtíže, což může způsobit utonutí
- první pomoc: odstranění zbytků chapadel, omytí octem, a když dojde k zástavě respirace, je nezbytné provést resuscitaci
 - chapadla čtyřhranky si ponechávají svoji extrémní toxicitu i po úmrtí živočicha a po oddělení chapadla od těla živočicha
→ záchránce na chapadla nesmí sahat holou rukou!
- zajímavost: v některých regionech Austrálie jsou záchranáři vybaveni protijedem, který se podává do svalů

MĚCHÝŘOVKA PORTUGALSKÁ (*Physalia physalis*)

- jedové žlázy obsahují **physalitoxin** s hemolytickou aktivitou¹⁰²
- příznaky: její poranění je také mimořádně bolestivé, často bývá doprovázeno horečkou, šokem, poruchami srdeční činnosti a poruchami dýchání



¹⁰¹ Když se žahavec dotkne kořisti (např. chapadlem), nematocysta se otevře, stočené kolagenové vlákno se vymrští a svým ostrým hrotem pronikne do těla kořisti.

Této čtyřhrance se přezdívá „mořská vosá“. Množství jedu v jednom zvířeti údajně vystačí na zabití 60 dospělých lidí.

¹⁰² Hemolytický = způsobující hemolýzu (rozpad erytrocytů)

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Žahavci

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák vysvětlí rozdíl mezi kryptotoxickými a fanerotoxickými živočichy.
- Žák definuje pojem nematocysty.
- Žák podrobněji popíše chirotoxin a physalitoxin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. **Jsi na dovolené v Austrálii a na některých plážích jsou výstražné cedule proti tzv. „mořskému vosám“. O jakého živočicha se jedná a jaký toxin obsahuje?**
2. **Jak poskytneš první pomoc někomu, kdo se dostal do kontaktu s jedovatými žahavci?**
3. **Jaké další nebezpečí (kromě typických příznaků) hrozí člověku při střetu s žahavci ve vodě?**

AKTIVITA – NAKRESLI OBRÁZEK:

Nakresli, jak by mohla vypadat výstražná cedule proti tzv. „mořskému vosám“ na některých plážích v Austrálii.

ŘEŠENÍ:

1. **čtyřhranka *Chironex fleckeri*, chirotoxin**
2. **odstraním zbytků chapadel (ale ne holou rukou!), omyju místo octem a když doje k zástavě respirace, zahájím resuscitaci**
3. **utonutí**

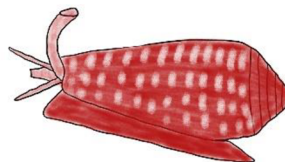
MĚKKÝŠI (Mollusca)

Většina jedovatých druhů patří mezi **plže** (Gastropoda), **mlže** (Bivalvia) a **hlavonožce** (Cephalopoda), přičemž aktivně jedovatí jsou jen plži a hlavonožci, mlži se stávají toxickými sekundárně, když jejich potravu tvoří toxičtí prvoci.

PLŽI (Gastropoda)

HOMOLICE (Conidae)

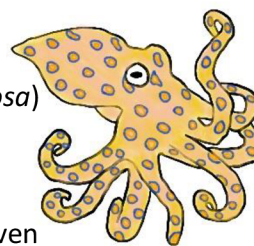
- většinou noční zvířata žijící hlavně na korálových útesech
- jedový aparát jim slouží převážně k získávání potravy, není používán k obraně
- jed je velmi účinný, obsahuje **conotoxiny**
- poranění člověka homolicí může být i smrtelné
- mechanismus účinku: blokáce nervosvalového přenosu
- příznaky: postupné ochrnutí svalstva, člověk umírá v důsledku udušení (po ochrnutí dýchacího svalstva)



HLAVONOŽCI (Cephalopoda)

CHOBOTNICE MODROKROUŽKOVANÁ (*Hapalochlaena maculosa*)

- vyskytuje se ve vodách okolo Austrálie
- jed je vylučován zadními slinnými žlázami (do těla vpraven při kousnutí), ale bylo zjištěno, že je přítomen ve všech částech těla dospělého
- hlavní složku jedu tvoří neurotoxický **tetrodotoxin**
- mechanismus účinku: blokáce nervosvalového přenosu
- příznaky: paralytické účinky – znečlivění rtů a jazyka, dušnost a selhání dýchání
- zajímavosti: v akváriích chobotnice paralyzuje kořist vylučováním toxinu do vody



U všech hlavonožců se na okrajích úst vyvinul rohovinový „zobák“. Je to jediná tvrdá část těla chobotnic.

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Měkkýši

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák vysvětlí rozdíl mezi jedovatostí jednotlivých skupin měkkýšů.
- Žák podrobněji popíše jedovatost homolic a chobotnice modrokroužkované.

OTÁZKY K TEXTU:

- 1. V jakém prostředí žijí jedovaté homolice?**
- 2. Co se stane, když tě kousne chobotnice modrokroužkovaná?**
- 3. K čemu používají homolice svůj jedový aparát?**

AKTIVITA – HLEDÁNÍ INFORMACÍ:

S pomocí internetu či dostupné literatury najdi, jakým způsobem loví homolice svoji kořist.

ŘEŠENÍ:

- 1. Žijí v mořích, na korálových útesech**
- 2. blokáce nervosvalového přenosu, paralytické účinky – znecitlivění rtů a jazyka, dušnost a selhání dýchání**
- 3. převážně k získávání potravy, není používán k obraně**

AKTIVITA: Homolice loví tak, že po kořisti (která se nachází dostatečně blízko) vystřelí svůj harpunovitý ostěn (přeměněné zuby raduly), kterým ji během několika sekund znehybní (je napojen na jedovou žlázu). Paralyzovanou či mrtvou kořist pak doslova vcucne.

PAVOUKOVCI (Arachnida)

PAVOUCI (Araneida)

Toxiny pavouků působí především na bezobratlé živočichy (hlavní kořist). Jejich jed slouží nejen k ochromení a usmrcení kořisti, ale i k jejímu trávení. Jedovým aparátem pavouků jsou dvoučlenné **chelicery**. Pro člověka jsou nebezpeční např. **koutník zavlečený** (*Loxosceles laeta*), **snovačka jedovatá** (*Latrodectus mactans*), **sklípkanec jedovatý** (*Atrax robustus*) a **palovčík** (*Phoneutria*).

- většina **koutníků** má na svrchní straně hlavohrudi charakteristickou kresbu ve tvaru houslí („violin spider“)
 - nejsou útoční, kousnou jen v sebeobraně
 - závažné příznaky intoxikace byly zaznamenány v Americe u koutníka zavlečeného
 - zajímavost: mají jen 6 očí
- snad nejvíce neblaze proslulá je **snovačka jedovatá** („černá vdova¹⁰³“)
 - jed obsahuje hlavně **neurotoxiny**
 - k dispozici je účinné **antisérum**¹⁰⁴
- většina sklípkanovitých je pro člověka neškodná, ale **sklípkanec jedovatý** může u člověka vyvolat vážné onemocnění
 - je velmi agresivní, cítí-li se v ohrožení, zaujme ihned útočnou pozici (zvedne přední část těla, o podklad se opře jen zadním párem nohou, široce rozevře chelicery a kolébá tělem), na oběť poté doslova skočí a velmi účinně ji kousne
 - jed tohoto pavouka je velmi silný a **neurotoxický**, přičemž jed samečka je pětikrát účinnější než jed samiček
 - jed obsahuje také některé enzymy, jako je např. **hyaluronidáza** **či fosfodiesteráza**, které zajišťují pronikání jedu do organismu
 - jeho kousnutí má za následek dušnost a kardiovaskulární¹⁰⁵ potíže



¹⁰³ Černě zbarvená samička snovačky jedovaté po kopulaci samce obvykle sežere, „ovdoví“.

¹⁰⁴ Antisérum = sérum obsahující protilátky („protijed“) proti určitým jedům, připraví se podáváním malých dávek jedu zvířatům (např. koním), která si vyrobí protilátky

¹⁰⁵ Kardiovaskulární = týkající se srdce a cév

Pokud jsou štíři vystaveni ultrafialovému záření, tak světélkují. Dají se díky tomu v noci chytat pomocí speciálních baterek.

ŠTÍŘI (Scorpionida)

Ze všech bezobratlých jsou člověku nejnebezpečnější štíři. Jedový aparát je představován **telsonem** (bodcem na konci posledního ocasního článku). Podobně jako u pavouků slouží jedový aparát především k získávání potravy a k obraně. Mají dvě jedové žlázy, které jsou vybavené svaly, jejichž kontrakcí je jed vypuzován do vývodů poblíž hrotu.

- jed štírů má charakter bílkoviny, nejúčinnější složkou jsou **neurotoxiny**, dále např. **fosfolipáza** a **hyaluronidáza**
- účinky jedu štírů a příznaky otravy jsou variabilní, není možné je zobecnit
- nebezpeční jsou pro člověka např. **štír smrtonoš** (*Leiurus quinquestriatus*, Egypt a Libye), **štír štíhloocasý** (Amerika, *C. exilicauda*, *C. sculpturatus*)
- příznaky:
 - výrazným symptomem je bolest (silná u smrtelných druhů)
 - **celkové příznaky** se objevují v případě, že toxin pronikl do krevního oběhu, zvyšuje se sekrece žláz projevující se sliněním (někdy až ve formě pěny kolem úst), velmi typické je silné pocení, dále dochází např. k hypertenzi¹⁰⁶, svalovým záškubům a křečím
 - smrt nastává zástavou dechu při obrně dýchacího centra



¹⁰⁶ Hypertenze = dlouhodobě vysoká hodnota krevního tlaku

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Členovci: Klepítkatci: Pavoukovci

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák porovná jedovatý aparát u pavouků a u štírů.
- Žák vyjmenuje a charakterizuje zástupce pavouků, kteří by mohli být člověku nebezpeční.
- Žák vysvětlí, v čem jsou člověku nebezpeční štíři.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Jaký je hlavní účel jedu u pavoukvců?
2. Porovnej jedový aparát u pavouků a u štírů.
3. Které látky zajišťují lepší průnik jedu do organismu? Mají je pavouci i štíři?

AKTIVITA – PŘESMYČKY:

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

ŘEŠENÍ:

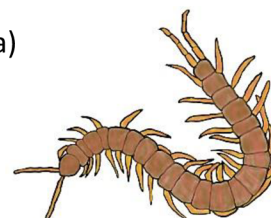
1. **získání potravy (u pavouků i natrávení kořisti) a obrana před predátory**
2. **u pavouků dvoučlenné chelicery; u štírů telson**
3. **enzymy (hyaluronidáza, fosfodiesteráza), ano mají**

AKTIVITA: **antisérum, černá vdova, telson, chelicery, sklípkani, neurotoxiny, hyaluronidáza, štír smrtonoš**

MNOHONOŽÍ (Myriapoda)

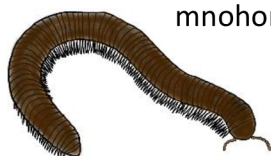
STONOŽKY (Chilopoda)

- jedový aparát je tvořen **kusadlovými nožkami a jedovou žlázou**
- **žádná naše stonožka** není člověku nebezpečná, snad jen **strašník dalmatský** (*Scutigera coleoptrata*) může kousnutím vyvolat silnější bolest
- pro člověka jsou nebezpečné stonožky **rodu *Scolopendra***
- příznaky: intenzivní bolest, velký otok, zarudnutí a slabé krvácení v místě kousnutí, nevolnost, zvýšení teploty
- složení jedu: nebylo ještě zcela prozkoumáno, ale pravděpodobně je podobné jedu blanokřídlých (Hymenoptera)
- zajímavosti: jed má antibakteriální složky



MNOHONOŽKY (Diplopoda)

- **nemají sdělný aparát**, nemohou toxickou látku aktivně vpravit do těla jiného živočicha či člověka
- sekrety jejich obranných žláz mají velmi rozmanité složení, např. kyanovodík, benzochinony, fenoly, terpenoidy, chinazoliny atd.
- evropské mnohonožky nezpůsobují lidem žádné potíže, lokální záněty na kůži mohou vyvolat jen některé velké tropické mnohonožky



Stonoha obrovská (*Scolopendra gigantea*) žijící v Jižní Americe je schopná ulovit i netopýra.

Náš strašník dalmatský (*Scutigera coleoptrata*) je stejně jako sekáč schopný v ohrožení odvrhnout své končetiny (schopnost autotomie).

Lemuři na Madagaskaru využívají mnohonožky jako repelent. Nakousnou je a potřou si jimi svoji srst. Nejen že vyloučené látky mnohonožek odpudí hmyz, ale také působí na lemury omamně.

Proti komárům používají naše menší mnohonožky také červenky, které si jimi potírají svá peří.

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Členovci: Mnohonoží

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák porovná jedovatost stonožek a mnohonožek.
- Žák vysvětlí, jak se projevuje kousnutí stonožkou rodu *Scolopendra*.
- Žák popíše využití mnohonožek madagaskarskými lemury a pěvci červenkami.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Která skupina živočichů má pravděpodobně podobné složení jedu jako stonožky?
2. Je pro tebe nebezpečné kousnutí strašníka dalmatského? Pokud ano, proč?
3. Která ze skupin mnohonožek má sdělný aparát (může vpravit jed do těla jiného živočicha či člověka)?

AKTIVITA – OTÁZKA:

Mnohonožky používají k obraně kromě vylučování zapáchajících, jedovatých a dráždivých látek také tzv. volvací. Co tento pojem znamená?

(Nápověda: Volvuji např. i svinky (stejnonožci), pásovci nebo ježci.)

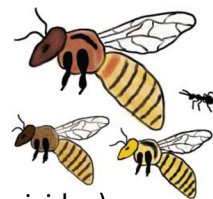
ŘEŠENÍ:

1. **blanokřídílí**
2. **ne není, může být jen bolestivé**
3. **stonožky**

AKTIVITA: **Volvace znamená stáčení se do kuličky.**

HMYZ (Insecta)

BLANOKŘÍDLÝ HMYZ (Hymenoptera)



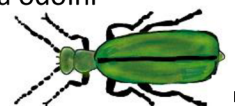
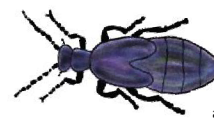
- **včely** (Apoidea), **vosy** (Vespoidea) a **mravenci** (Formicidae)
- jedový aparát je umístěn pod análním otvorem a skládá se ze tří částí: jedových žláz, jedového váčku a žihadla
- u včel je aparát opatřený zpětnými zahnutými zoubky, žihadlo zatne při bodnutí do tkáně a při prudkém odletu si vytrhává i vnitřní jedové ústrojí, většinou hyne
- jedové žlázy jsou dvě: jedna produkuje jed s kyselou reakcí a druhá s alkalickou, chemické složení jedů se liší¹⁰⁷
- příznaky bodnutím: v místě vpichu anemický pupenec s hyperemickým lemem, odtud se rozšiřuje edém¹⁰⁸, nad nímž bývá kůže zarudlá, různě intenzivní bolest
- nebezpečný je otok při bodnutí do sliznice dutiny ústní
- zajímavosti: u člověka, který není citlivý na jed, může smrt způsobit dávka přibližně 500 žihadel, ale již 30 žihadel vyvolá závažnou celkovou intoxikaci

¹⁰⁷ Včelí bodnutí a štípnutí mravence je způsobeno kyselinou, neutralizujeme ho proto zásaditým roztokem mýdla nebo jedlé sody. Vosí bodnutí je zásadité, neutralizujeme ho proto kyselinou citrónovou nebo octem.

¹⁰⁸ Edém = otok

BROUCI (Coleoptera)

- nejznámějšími jedovatými zástupci jsou brouci z čeledi **majkovitých** (Meloidae), nejhojnější je **majka fialová** (*Meloe violaceus*)^{a)} nebo **puchýřník lékařský** (*Lytta vesicatoria*)^{b)}
- produkují toxin **kantharidin**
- příznaky: neurotoxický, nefrotoxický¹⁰⁹, vyvolává rozsáhlé dermatitidy a záněty sliznic, působí jako abortivum¹¹⁰ a vyvolává bolestivé erekce
- dříve se používal jako afrodiziakum¹¹¹ („španělská muška“) a svoji roli sehrál také v historii travičství
- zajímavosti: ptáci jsou vůči kantharidinu zcela odolní



¹⁰⁹ Nefrotoxický = toxický pro ledviny

¹¹⁰ Abortivum = látka vyvolávající potrat

¹¹¹ Afrodiziakum = prostředek k povzbuzení sexuálního vzrušení a touhy po sexu

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Členovci: Šestinozí: Hmyz

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák charakterizuje jedový aparát blanokřídlého hmyzu.
- Žák objasní, jak je to s chemickým složením jedů ve spojitosti s produkcí jedu jedovými žlázami.
- Žák podrobněji popíše kantharidin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Co se stane, když muž pozře kantharidin? Jaký typický příznak se objeví?
2. Jak se liší první pomoc při včelím a vosím bodnutí?
3. Jakému broukovi se přezdívá španělská muška a k čemu se dříve používal?

AKTIVITA:

Napiš krátký slogan, který by mohl být použit k prodeji španělských mušek.

ŘEŠENÍ:

1. **bolestivá erekce**
2. **na včelí bodnutí přikládáme mýdlo nebo jedlou sodu a na vosí kyselinu citrónovou nebo ocet**
3. **puchýřník lékařský, dříve jako afrodiziakum a v travičství**

AKTIVITA: **"Španělské mušky: Puchýřník s kantaridinem - nejen bolestivé puchýře, ale i překvapivě vzrušující erekce!"**

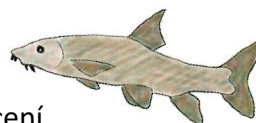
RYBY

Ryby aktivně jedovaté mají jedový orgán, zatímco u pasivně jedovatých ryb je toxicita vázaná na specifické látky přítomné v masě a vnitřnostech. Všechna jedová zařízení slouží výhradně k obraně. Mezi **aktivně jedovaté** mořské ryby patří **d'as mořský** (*Lophius piscatorius*)^{c)}, **vranka mořská** (*Myxocephalus scorpius*)^{d)} či **ropušnice skvrnitá** (*Scorpaena scrofa*)^{e)}. Otrava rybím masem se označuje jako **ichtyosarkotoxismus**. Typické pro tyto jedy je vysoká termická stabilita, což znamená, že se při běžné úpravě pokrmů nerozloží. Mezi **pasivně jedovaté ryby** se řadí např. **parmy** (*Barbus barbus*) a **čtverzubcovití** (Tetraodontiadae).



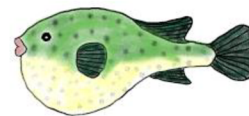
PARMY (rod *Barbus*)

- v jikrách je obsažen **cyprinidin**
- otrava se nazývá parmová cholera
- příznaky: bolesti břicha, průjem, zvracení



ČTVERZUBCOVITÍ (Tetraodontiadae)

- v některých zemích (např. v Japonsku) jsou vyhlášenou pochoutkou (Fugu)
- jejich jed obsahuje **tetrodotoxin (TTX)**
- toxické jsou především vaječníky a játra ryb
- TTX je jedním z nejúčinnějších **neurotoxických** přírodních jedů
- příznaky: únava, závratě, parastézie¹¹² obličeje a končetin, zvracení, smrt nastává při silné intoxikaci obrnou dýchacího centra
- mechanismus účinku: váže se na napětově řízené sodné kanály a tím je blokuje
- zajímavosti: pro otravu není k dispozici žádné specifické antidotum¹¹³



Aktivně jedovaté ryby mají jedový aparát složený z ostnů a jedových žláz. Ostny se vytvářejí z ploutevních paprsků nebo skřelových trnů.

Čtverzubcovití jsou všeobecně známí pro svou obrannou taktiku: naberou do sebe velké množství vody a nafouknou se jako balón („Pufferfishes“).

¹¹² Parastézie = porucha smyslového vnímání, která se projevuje brněním, mravenčením, svěděním či pálením kůže

¹¹³ Antidotum = látka působící jako protijed, tzn. přerušuje působení toxické látky nebo odstraní její účinek

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Obratlovci: Ryby

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák definuje pojem ichtyosarkotoxismus.
- Žák vysvětlí rozdíl mezi aktivně jedovatými a pasivně jedovatými rybami a uvede zástupce těchto dvou skupin.
- Žák podrobněji popíše cyprinidin a tetrodotoxin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Jsi v restauraci, která nabízí ropušnici skvrnitou, vranku mořskou a ďase mořského. Můžeš si tyto ryby objednat, i když je nebude připravovat vyškolený kuchař?
2. Co si myslíš, že se stane, když sníš jikry parmy, ve kterých je obsažen cyprinidin?
3. Které orgány by měl šéfkuchař rybě Fugu odstranit, aby nedošlo k otravě tetrodotoxinem?

AKTIVITA – SPOJOVAČKA:

JEDOVÝ ORGÁN

NEUROTOXIN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

PARMOVÁ CHOLERA

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

TETRODOTOXIN

CYPRINIDIN

ŘEŠENÍ:

1. **ano, ryby jsou aktivně jedovaté, ne pasivně**
2. **bolest břicha, průjem, zvracení**
3. **vaječníky, játra**

AKTIVITA: **jedový orgán-aktivně jedovaté ryby, toxické maso a vnitřnosti-pasivně jedovaté ryby, parmová cholera-cyprinidin, tetrodotoxin-neurotoxin**

OBOJŽIVELNÍCI (Amphibia)

Obojživelníci jsou pasivně **fenerotoxičtí** živočichové, kteří nejsou vybaveni na to, aby mohli vpravit jed do těla jiného organismu, proto mohou být jejich jedy absorbovány pouze trávicím ústrojím. Jedovým aparátem jsou **kožní žlázy**. Kožní sekrety slouží obojživelníkům především jako ochrana proti mikrobiální infekci, před parazity a plísněmi. Z toxikologického hlediska jsou významní především **mloci** (Gaudata) a **žáby** (Ecaudata).

Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z mloka. Jednou z možností je přidání živých mloků do sudu kvasícího ovoce. Další metodou je zavěšení mloka za zadní nohy pod proud brandy během procesu destilace.

Mlok bude v obou případech vylučovat své toxiny, protože bude zoufale bojovat o svůj život. Tento nápoj má údajně halucinogenní a afrodisiakální účinky.

MLOK SKVRNITÝ (*Salamandra salamandra*)



- hlavní složkou sekretu je alkaloid **samandarin**
- jedná se o **neurotoxin** působící na dýchací centrum

ROPUCHY (Bufonidae)



- jedy jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny
- **bufogenidy** a **bufotoxiny** působí především toxicky, při dotyku vyvolávají podráždění a záněty pokožky a alergické reakce
- **bufoteniny** vykazují mírné halucinogenní účinky a mají přímý vliv na dýchací centrum

PRALESNIČKOVITÍ (Dendrobatidae)



- jihoamerické tropické žáby, nejedovatější je **pralesnička strašná** (*Phyllobates terribilis*)
- uvolňují vysoce toxické sekrety, např. **batrachotoxin**
- batrachotoxin způsobuje paralýzu nervových center a je to velmi účinný kardiotoxin
- toxické sekrety pralesniček se používají do **šípových jedů**

Samotné jedovaté pralesničky jed neprodukují. Předpokládá se, že žáby získávají jed pojidáním mravenců a ostatního hmyzu, kteří jed získávají z rostlin.

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Obratlovci: Obojživelníci

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák popíše, k čemu především slouží kožní sekrety obojživelníků.
- Žák vysvětlí rozdíl mezi bufoteniny, bufogenidy a bufotoxiny.
- Žák podrobněji popíše batrachotoxin.

OTÁZKY K TEXTU:

1. **Co se stane, když Homer Simpson olízne ropuchu? (náповěda stejný účinek jako u LSD)**
2. **Proč se do šípových jedů používá právě batrachotoxin pralesniček?**
3. **U jakého obojživelníka bychom hledali samandarin?**

AKTIVITA – OPRAV CHYBNÁ TVRZENÍ:

1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

ŘEŠENÍ:

1. **bude mít halucinace**
2. **způsobuje paralýzu nervových center a je kardiotoxický**
3. **mlok skvrnitý**

AKTIVITA:

1. Jedy **ropuch** jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z **mloka**.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá **do šípových jedů**.

JEŠTĚŘI (Sauria)

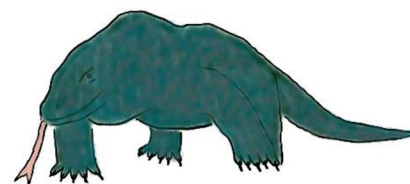
KOROVCOVITÍ (Helodermatidae)



- výskyt: Severní a Střední Amerika
- pomalí a neútoční, člověka kousnou opravdu jen výjimečně
 - kousnutí připomíná uštknutí kobrou
- jedové žlázy jsou (na rozdíl od hadů) umístěny **na zadním okraji dolní čelisti**
- jed působí především neurotoxicky, obsahuje proteázy a fosfolipázy
- příznaky: lokální otok, silné krvácení, hypotenze¹¹⁴, slabost, závrať, zvýšené pocení

VARANOVITÍ (Varanidae) – VARAN KOMODSKÝ (*Varanus komodoensis*)

- největší a nejnebezpečnější zástupce žijících druhů varanů
- ze začátku se myslelo, že varanům pomáhají vyrábět jed bakterie, které žijí v jejich tlamách (že je varan tzv. sekundárně jedovatý)
- varan komodský je aktivně jedovatý díky **jedové žláze v dolní čelisti**
- **chemický rozbor** jedu odhalil mimo jiné látky bránící srážení krve a látky vyvolávající prudký pokles krevního tlaku, o detailnější povaze jedu ale bohužel **není dosud moc známo**
- příznaky: prodloužení krvácení z rány, celkový šok



Korovcovití mají robustní ocasy, ve kterých si skladují tukové zásoby. Dobře šplhají.

¹¹⁴ Hypotenze = dlouhodobě nízká hodnota krevního tlaku

Varan komodský se živí především mršinami, které si dokáže také „nachystat“. Mršinu dokáže varan ucítit a najít na velké vzdálenosti. Je to výborný běžec a plavec.

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Obratlovci: Plazi (Ještěři)

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák charakterizuje jedový aparát uvedených ještěřů.
- Žák vysvětlí, jak se projevuje kousnutí korovce.
- Žák popíše jedovatost varana komodského.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Proč se dříve myslelo, že je varan sekundárně jedovatý?
2. Je pravda, že korovci jsou agresivní ještěři a že na člověka ihned útočí? Zdůvodni.
3. Z jakého důvodu (co je obsaženo v jedu) rána po kousnutí varanem silně a dlouho krvácí?

AKTIVITA – PRVNÍ POMOC:

Předved', jak bys poskytl první pomoc někomu, kdo byl pokousán ještěrem (korovcem nebo varanem).

(Nápověda: Soustřed' se hlavně na obecné principy PP a na to, co vidíš, tzn. silné krvácení.)

ŘEŠENÍ:

1. **myslelo se, že jed pomáhají varanovi vyrábět bakterie v jeho tlamě**
2. **ne není, korovci jsou neútoční, člověka kousnou opravdu jen výjimečně**
3. **v jedu je látka bránící srážení krve**

AKTIVITA:

1. Nejdříve zhodnotím situaci. Ujistím se, že ještěr už nepředstavuje nebezpečí. Chráním hlavně sebe.
2. Do první pomoci zapojím i další osoby, pokud je nás na místě více. Zavolám si pomoc (155).
3. Poskytnu první pomoc a řídím se pokyny ZZS → Postiženého posadím nebo položím, pokousanou končetinu znehybním a pevně stlačím krvácející ránu (moje ruka by při tom měla být chráněna rukavicí nebo něčím igelitovým či latexovým). Ránu nebudu zaškrcovat ani ji vysávat.
4. Komunikuju s postiženým, snažím se ho uklidnit a čekám na příjezd zdravotníků.

Jedové zuby hadů jsou umístěny v horní čelisti. Podle polohy a tvaru zubů se hadi rozdělují do 4 skupin:

AGLYFNÍ: chybí jim jedová žláza, jsou nejedovatí, např. hroznýš královský

OPISTOGLYFNÍ: sdělný aparát s jedovými zuby vzadu, např. boomslang africký

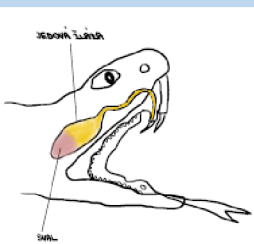
PROTEROGLYFNÍ: sdělný aparát s jedovými zuby vpředu, např. mamba zelená

SOLENOGLYFNÍ: jedové zuby v klidu podél patra, vzpřimují se při širokém otevření úst, např. zmije obecná

HADI (Ophidia)

Jedovatých hadů je nepřeborné množství a složení a účinek jejich jedů se může velmi lišit. Jedový aparát je tvořen jedovou žlázou a **jedovými zuby** a je součástí trávicího ústrojí. Hadí jedy jsou **složité směsi biologicky aktivních sloučenin**. Některé složky mohou být z hlediska svého účinku v převaze, jiné mohou být potlačeny a působit jen jako pomocné. Hlavní složky hadích jedů jsou: **neurotoxiny, kardiotoxiny, hemorrhaginy, hemolysiny** a **cirkulační toxiny**.

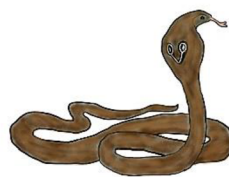
- **neurotoxiny:** převládají u korálovcovitých a vodnářovitých, působí na CNS, smrt nastává obvykle zástavou dechu
- **kardiotoxiny:** v jedu kober, působí přímo na vlákna srdečního svalu a vyvolávají zástavu srdce
- **hemorrhaginy:** především u zmijovitých a chřestýšovitých, rozrušují stěny cév a vyvolávají krvácení
- **hemolysiny:** např. u korálovcovitých, uvolňují krevní barvivo z červených krvinek
- **cirkulační toxiny:** téměř u všech jedovatých hadů, vyvolávají prudký pokles krevního tlaku
- **koagulačně aktivní složky:** u všech jedovatých hadů, buď snižují, nebo naopak zvyšují srážlivost krve
- **enzymy s různým účinkem:** např. proteolytické enzymy, které jsou hlavní příčinou rozsáhlých nekrot¹¹⁵



¹¹⁵ Nekróza = odumření buňky, tkáně či části orgánu za živa

Jedovatí hadi žijí na souši i v moři. Mezi nejznámější jedovaté hady patří např.:

- **kobra indická** (*Naja naja*)^{c)} – Indie, rychlá, nevydává žádné zvuky, výhrůžně se vztyčuje (některé druhy kober mohou plivat jed na velkou vzdálenost)
- **mamba černá** (*Dendroaspis polylepis*) – Subsaharská Afrika, velmi rychlá, velmi útočná, je schopna zdvihnout polovinu svého těla nad zem a vymrštit se, často útočí na obličej a krk
- **bungar modravý** (*Bungarus caeruleus*) – jižní Asie, noční aktivita, klidný a bojácný had, nesycí, ale vydává zvláštní pronikavý zvuk
- **korálovec žlutavý** (*Micrurus fulvius*)^{d)} – JV USA a Nové Mexiko, není útočný, kousnutí jsou vzácná (korálovci se často zaměňují s nejedovatými korálovkami¹¹⁶)
- **taipan menší** (*Oxyuranus microlepidotus*) – Austrálie, nejedovatější had, velmi agresivní
- **chřestýš brazilský** (*Crotalus durissus*) – Střední a Jižní Amerika, pro chřestýše je typický termosenzorický orgán a chřestidlo na konci ocasu, jsou to velmi rychlí hadi
- **vodnář dvoubarvý** (*Hydrophis platurus*) – teplé vody Indického a Tichého oceánu, velmi jedovatý, ne příliš agresivní



c)



d)

V ČR žije pouze jeden jedovatý had: **zmije obecná** (*Vipera berus*).

- neútočný had, uštkne jen v ohrožení
- v našich podmínkách nikdy nemá takové množství jedu v zásobě, aby dosáhla smrtelné úrovně¹¹⁷
- nebezpečné jsou ale **šokové a alergické stavy** (mohou být vážnější než samotná intoxikace)
- antisérum¹¹⁸ se získává z krve koní imunizovaných jedem zmijsů růžkaté (*Vipera ammodytes*) a zmijsů obecné



¹¹⁶ Korálovci upozorňují na svoji jedovatost výstražným zbarvením (černá, červená, žlutá barva). Podobně zbarvené bývají také nejedovaté korálovky, které zbarvení používají k ochraně. Jedná se tedy o tzv. mimikry.

¹¹⁷ Had do rány po uštknutí málokdy vypustí všechny jed, který má k dispozici, protože by pak musel investovat hodně chemické energie na jeho doplnění.

¹¹⁸ Antisérum = sérum obsahující protilátky („protijed“) proti určitým jedům, připraví se podáváním malých dávek jedu zvířatům (např. koním), která si vyrobí protilátky

INFORMACE PRO PEDAGOGY

ROČNÍK: 2. ročník, 2. pololetí

TÉMA: Živočichové – Obratlovci: Plazi (Hadi)

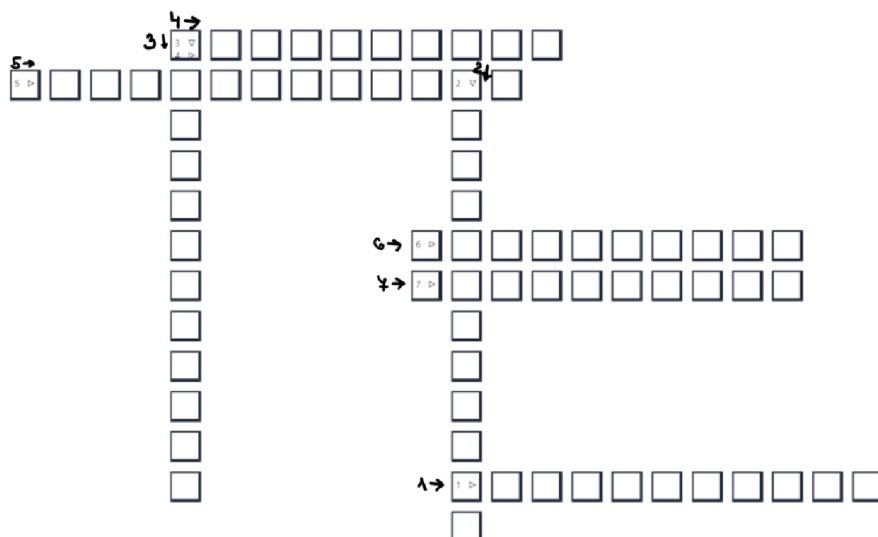
OČEKÁVANÉ VÝSTUPY:

- Žák charakterizuje jedový aparát hadů.
- Žák vyjmenuje a podrobněji popíše všechny složky hadích jedů.
- Žák popíše zmiji obecnou jakožto jediného jedovatého zástupce ČR a uvede další zástupce jedovatých hadů světa.

OTÁZKY K TEXTU:

1. Čím je tvořen jedový aparát hadů?
2. Při procházce v přírodě tě uštknul náš jediný jedovatý had. Který to byl?
3. Jaká složka hadího jedu způsobí prudký pokles krevního tlaku?

AKTIVITA – KŘÍŽOVKA:



1. Toxiny, které působí na CNS.
2. Toxiny, které působí přímo na vlákna srdečního svalu a vyvolávají zástavu srdce.
3. Složky hadího jedu, které rozrušují stěny cév a vyvolávají zástavu srdce.
4. Složky hadího jedu, které uvolňují krevní barvivo z červených krvinek.
5. Enzymy, které jsou hlavní příčinou rozsáhlých nekrotéz.
6. Toxiny, které vyvolávají prudký pokles krevního tlaku.
7. Aktivní složky, které buď snižují, nebo naopak zvyšují srážlivost krve.

ŘEŠENÍ:

1. **jedovou žlázou a jedovými zuby**
2. **zmije obecná**
3. **cirkulační toxiny**

AKTIVITA: **neurotoxiny, kardiotoxiny, hemorrhaginy, hemolysiny, proteolytické, cirkulační, koagulační**

TYP TOXINŮ	NÁZEV	PŮVODCE, ZDROJ	HLAVNÍ TOXICKÉ ÚČINKY, PŘÍZNAKY	VLASTNÍ POZNÁMKY
BAKTERIÁLNÍ TOXINY	BOTULOTOXIN A	<i>Clostridium botulinum</i>	blokace nervosvalového přenosu	
	TETANOTOXIN	<i>Clostridium tetani</i>	trvalá svalová kontrakce	
TOXINY SINIC A ŘAS	MICROCYSTIN	sinice rodu <i>Microcystis</i>	hepatotoxický, gastrointestinální potíže, vyrážky, respirační potíže	
	KYSELINA DOMOOVÁ	rozsivka <i>Pseudonitzschia multiseries</i>	gastrointestinální potíže, nápadné zhoršení krátkodobé paměti	
	CIGUATOXINY	obrněnky	odlišné vnímání pocitu tepla a chladu, gastrointestinální a kardiovaskulární potíže	
	SAXITOXIN	obrněnky	paralýza dýchacích cest, smrt nastává v důsledku udušení	
TOXINY MIKROSTÉLKAŤKÝCH HUB	NÁMELOVÉ ALKALOIDY	paličkovice nachová	2 formy: gangrenózní, konvulzivní	
	AFLATOXINY	rod <i>Aspergillus</i>	nefrotoxické, hepatotoxické	
	OCHRATOXINY	rody <i>Aspergillus</i> a <i>Penicillium</i>	nefrotoxické, hepatotoxické	
	TRICHOTHECENY	rod <i>Fusarium</i>	postižení GIT, bolesti hlavy a závratě, dermatotoxická, krvácení, sepse	
TOXINY MAKROSTÉLKAŤKÝCH HUB	AMATOXINY A FALOTOXINY	muchomůrka zelená, muchomůrka jízlivá	nefrotoxické, hepatotoxické	
	ORELANIN	pavučinec plyšový	působí selektivně na ledviny	
	KYSELINA IBOTENOVÁ, MUSCIMOL	muchomůrka červená, muchomůrka panterová	antagonisté neurotransmiterů, 2 podtypy otrav: zmatenost a neklid x kóma	
	GYROMITRIN	ucháč obecný	poškození ledvin, jater a myokardu	
	MUSKARIN	vláknice, muchomůrka červená	PSL syndrom	
	KOPRIN	hnojník inkoustový	antabusový syndrom	
	PSILOCIN, PSILOCYBIN	lysohlávky	halucinogenní	
ROSTLINNÉ TOXINY	KAFR	kafrovník lékařský	excitace CNS, klonické křeče	
	MENTHOL	máta peprná	gastrointestinální potíže, závratě, ataxie, až kóma	
	THUJON	zerav západní, vřatič obecný, pelyněk pravý	postižení GIT, jater, ledvin, abortivum	
	TAXOL (PACLITAXEL)	tis západooamerický, tis japonský	mitotický jed	
	KARDIOAKTIVNÍ GLYKOSIDY	konvalinka, náprstník	poruchy srdečního rytmu, nevolnost, bolest hlavy	
	KYANOGENNÍ GLYKOSIDY	růžovité (amygdalin) bobovité a len setý (linamarin)	hydrolyzá na velmi toxický kyanovodík	
	NIKOTIN	tabák virginský	cirkulační kolaps, tonicko-klonické křeče	
	AREKOLIN	areka obecná	zvýšená salivace, perspirace, mióza	
	KONIIN	bolehlav plamatý	vzestupná obrna kosterního svalstva	
	ATROPIN	rulík zlomocný, durman obecný, blín černý, mandragora lékařská	vzrušení, dezorientace, halucinace	
	KOKAIN	rudodřev koka (kokainovník pravý)	stimulace CNS, euforie následovaná silnou depresí, mydriáza, hypertermie	
	MORFIN	mák setý	působí na opioidní receptory, útlum bolesti, mióza	
	TUBOKURARIN	<i>Chondrodendron tomentosum</i>	svalová paralýza	
	GALANTAMIN	amarylkovité: sněženka, narcis, bledule	pocení, zpomalený srdeční tep a arytmie, nevolnost, zvracení, svalová ochablost a křeče	
	EFEDRIN	chvojník	pocení, třes, bolest hlavy, svalová slabost, mydriáza, bušení srdce	
	MESKALIN	<i>Lophophora williamsii</i> , <i>Opuntia cylindrica</i>	halucinace, zesílené vnímání	
	KOLCHICIN	ocún jesenní	buněčný a mitotický jed	
	FYSOSTIGMIN	puchýřnatec jedovatý	reverzibilní inhibitor acetylcholinesterázy	
	STRYCHNIN	kuřba dávná	silné křeče s agonizující bolestí	
	KRATOM	<i>Mitragyna speciosa</i>	působí na opioidní receptory	
	PILOKARPIN	mrštnoplod	cholinergní syndrom	
	CHININ	chinovník	antimalarikum, antipyretikum	
	AKONITIN	oměj vlčí mor, oměj šalamounek	kardiotoxický, neurotoxický	
	KHATINON	kata jedlá	družnost a hovornost, mydriáza, hypertermie, hypertenze, arytmie, mydriáza	
	RICIN	skočec obecný	průběh otravy připomíná chřipku, poškození jater, ledvin a sleziny	
	VISKOTOXINY	jmelí bílé	zvracení, průjem, žaludeční křeče	
	KANNABINOIDY	konopovitě	euforie, relaxace, rozšíření zornice a průdušek, zvýšení pulsu, hypotenze, halucinace	
TOXINY ŽIVOČICHŮ	CHIROTOXIN	čtyřhranka <i>Chironex fleckeri</i>	intenzivní bolest, dýchací obtíže	
	PHYSALITOXIN	měchyřovka portugalská	bolest, horečka, poruchy srdeční činnosti a dýchání	
	CONOTOXINY	homolice (mořští plži)	blokace nervosvalového přenosu	
	JED PAVOUKŮ	koutník zavlečený, snovačka jedovatá, sklípkanec jedovatý, palovčík	většinou neurotoxické, u sklípkance: dušnost, kardiovaskulární potíže	
	JED ŠTÍŘŮ	štíří např. štír smrtonoš, štír štíhloocasý	bolest, slinění (až pěna kolem úst), pocení, hypertenze, křeče	
	JEDY MNOHONOŽÝCH	stonožky a mnohonožky	rod <i>Scolopendra</i> (bolest, otok, krvácení, nevolnost, zvýšená teplota); tropické mnohonožky (záněty na kůži)	
	JED BLANOKŘÍDLÝCH	včely, vosy, sršně, mravenci	anemický pupenec s hyperemickým lemem, edém	
	KANTHARIDIN	majka fialová, puchýřník lékařský	dermatitidy, záněty sliznic, abortivum, bolestivé erekce, nefrotoxický, neurotoxický	
	CYPRINIDIN	parmy	bolesti břicha, průjem, zvracení	
	TETRODOTOXIN	čtverzubcovití, chobotnice modrokroužkovaná	neurotoxin, blokace nervosvalového přenosu, parastézie obličej a končetin, dušnost až selhání dýchání	
	SAMANDARIN	mlok skvrnitý	neurotoxin	
	BUFOGENIDY, BUFOTOXINY, BUFOTENINY	ropuchy	bufogenidy a bufotoxiny: podráždění a záněty pokožky, alergické reakce bufoteniny: halucinogenní	
	BATRACHOTOXIN	pralesničkovití	paralýza nervových center, kardiotoxin	
	JEDY JEŠTĚŘŮ	korovcovití a varanovití	silné krvácení z rány, celkový šok (hypotenze, slabost, závrať, zvýšené pocení)	
HADÍ JEDY	jedovatí hadi	neurotoxiny, kardiotoxiny, hemorrhaginy, hemolysiny, cirkulační toxiny, koagulačně aktivní složky, enzymy		

PŘÍLOHA 2: AKTIVITY PRO TISK

AKTIVITA – DOPLNĚNÍ TABULKY:

SKUPINA TOXINŮ		ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU		toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	
ODOLNOST PROTI TEPLITĚ		termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	
VAKCINACE		ne

SKUPINA TOXINŮ		ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU		toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	
ODOLNOST PROTI TEPLITĚ		termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	
VAKCINACE		ne

SKUPINA TOXINŮ		ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU		toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	
ODOLNOST PROTI TEPLITĚ		termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	
VAKCINACE		ne

SKUPINA TOXINŮ		ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU		toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	
ODOLNOST PROTI TEPLITĚ		termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	
VAKCINACE		ne

SKUPINA TOXINŮ		ENDOTOXINY
ZDROJ	G+ i G- bakterie	
ZPŮSOB VYLUČOVÁNÍ TOXINU		toxin je vylučován z mrtvých bakterií
CHEMICKÁ STRUKTURA	proteiny	
ODOLNOST PROTI TEPLITĚ		termostabilní
PYROGENITA	nezvyšují teplotu	
VAKCINACE		ne

AKTIVITA – DOPLŇ VĚTY:

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. se používá k zastavení poporodního krvácení a je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

(slova na doplnění: LSD, ergometrin, ergotamin, ochratoxin A, T-2 toxin)

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. se používá k zastavení poporodního krvácení a je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

(slova na doplnění: LSD, ergometrin, ergotamin, ochratoxin A, T-2 toxin)

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. se používá k zastavení poporodního krvácení a je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

(slova na doplnění: LSD, ergometrin, ergotamin, ochratoxin A, T-2 toxin)

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. se používá k zastavení poporodního krvácení a je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

(slova na doplnění: LSD, ergometrin, ergotamin, ochratoxin A, T-2 toxin)

Námelové alkaloidy se odnepaměti používají v medicíně. se používá k zastavení poporodního krvácení a je účinný při léčbě migrény. Z ergotaminu byl v roce 1938 nasyntetizován halucinogenní diethylamid kyseliny lysergové, neboli, který se používal v psychiatrii např. při léčbě schizofrenie, úzkostí či depresí. Zneužívání této látky ve formě rekreační drogy ale vedlo k zákazu jeho užívání (od roku 1966).

(slova na doplnění: LSD, ergometrin, ergotamin, ochratoxin A, T-2 toxin)

AKTIVITA – OSMISMĚRKA: Najdi 6 názvů toxinů makrostelekatých hub a zkus si vzpomenout, kteří

zástupci stopkovitřusých hub je produkuji.

F U W H K S A O T W
S M C E O D M E K Z
I U K K P J A X H K
T S Z D R N T B J I
O K P S I T O C I N
C A R T N C X F Ö P
Y R M U S C I M O T L
B I W A P A N B T H
I N Y Z Ö M Y Ö H Z
N W O T O T S U Z E

psilocin, psilocybin, koprin, muskarin, muscimol, amatoxiny

F U W H K S A O T W
S M C E O D M E K Z
I U K K P J A X H K
T S Z D R N T B J I
O K P S I T O C I N
C A R T N C X F Ö P
Y R M U S C I M O T L
B I W A P A N B T H
I N Y Z Ö M Y Ö H Z
N W O T O T S U Z E

psilocin, psilocybin, koprin, muskarin, muscimol, amatoxiny

F U W H K S A O T W
S M C E O D M E K Z
I U K K P J A X H K
T S Z D R N T B J I
O K P S I T O C I N
C A R T N C X F Ö P
Y R M U S C I M O T L
B I W A P A N B T H
I N Y Z Ö M Y Ö H Z
N W O T O T S U Z E

psilocin, psilocybin, koprin, muskarin, muscimol, amatoxiny

AKTIVITA – POZNEJ LÁTKU PODLE INDICIÍ:

1. Tento alkaloid způsobuje halucinace a zneužívá se k navození stavu vzrušení. Je významným antidotem např. při otravě organofosfáty. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, se objevila i v 2. díle Harryho Pottera.
 2. Tento alkaloid se využívá v lékařství proti dně a revmatismu, neboť se jedná o buněčný a mitotický jed. Příznaky otravy připomínají otravu arsenem. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, dostala svůj název podle ročního období, ve kterém kvete.
 3. Tento alkaloid je součástí tzv. peyotle a je používán pro své halucinogenní účinky. Při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti a k poškození mozku. Je obsažen v kaktusech.
-
1. Tento alkaloid způsobuje halucinace a zneužívá se k navození stavu vzrušení. Je významným antidotem např. při otravě organofosfáty. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, se objevila i v 2. díle Harryho Pottera.
 2. Tento alkaloid se využívá v lékařství proti dně a revmatismu, neboť se jedná o buněčný a mitotický jed. Příznaky otravy připomínají otravu arsenem. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, dostala svůj název podle ročního období, ve kterém kvete.
 3. Tento alkaloid je součástí tzv. peyotle a je používán pro své halucinogenní účinky. Při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti a k poškození mozku. Je obsažen v kaktusech.
-
1. Tento alkaloid způsobuje halucinace a zneužívá se k navození stavu vzrušení. Je významným antidotem např. při otravě organofosfáty. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, se objevila i v 2. díle Harryho Pottera.
 2. Tento alkaloid se využívá v lékařství proti dně a revmatismu, neboť se jedná o buněčný a mitotický jed. Příznaky otravy připomínají otravu arsenem. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, dostala svůj název podle ročního období, ve kterém kvete.
 3. Tento alkaloid je součástí tzv. peyotle a je používán pro své halucinogenní účinky. Při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti a k poškození mozku. Je obsažen v kaktusech.
-
1. Tento alkaloid způsobuje halucinace a zneužívá se k navození stavu vzrušení. Je významným antidotem např. při otravě organofosfáty. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, se objevila i v 2. díle Harryho Pottera.
 2. Tento alkaloid se využívá v lékařství proti dně a revmatismu, neboť se jedná o buněčný a mitotický jed. Příznaky otravy připomínají otravu arsenem. Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, dostala svůj název podle ročního období, ve kterém kvete.
 3. Tento alkaloid je součástí tzv. peyotle a je používán pro své halucinogenní účinky. Při vysokých dávkách může docházet ke ztrátě paměti a k poškození mozku. Je obsažen v kaktusech.

AKTIVITA – PŘESMYČKY:

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, , ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AMINRÉTUS, ČÁROVNAVED, LENOST, CELYHERCI, ROUNEXINYTO, DARILÁZAHYNOU, SMRŠTÍŠTORNO

(nápověda: štír smrtonoš, černá vdova, telson, antisérum, chelicery, neurotoxiny, hyaluronidáza)

AKTIVITA – SPOJOVAČKA:

JEDOVÝ ORGÁN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PARMOVÁ CHOLERA

TETRODOTOXIN

NEUROTOXIN

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

CYPRINIDIN

JEDOVÝ ORGÁN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PARMOVÁ CHOLERA

TETRODOTOXIN

NEUROTOXIN

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

CYPRINIDIN

JEDOVÝ ORGÁN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PARMOVÁ CHOLERA

TETRODOTOXIN

NEUROTOXIN

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

CYPRINIDIN

JEDOVÝ ORGÁN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PARMOVÁ CHOLERA

TETRODOTOXIN

NEUROTOXIN

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

CYPRINIDIN

JEDOVÝ ORGÁN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PARMOVÁ CHOLERA

TETRODOTOXIN

NEUROTOXIN

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

CYPRINIDIN

JEDOVÝ ORGÁN

TOXICKÉ MASO A VNITŘNOSTI

PARMOVÁ CHOLERA

TETRODOTOXIN

NEUROTOXIN

PASIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

AKTIVNĚ JEDOVATÉ RYBY

CYPRINIDIN

AKTIVITA – OPRAV CHYBNÁ TVRZENÍ:

1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

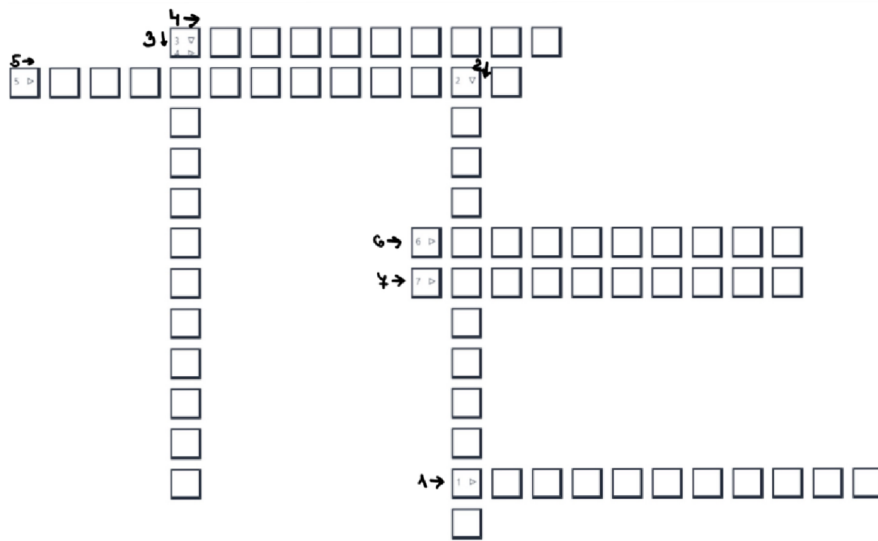
1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

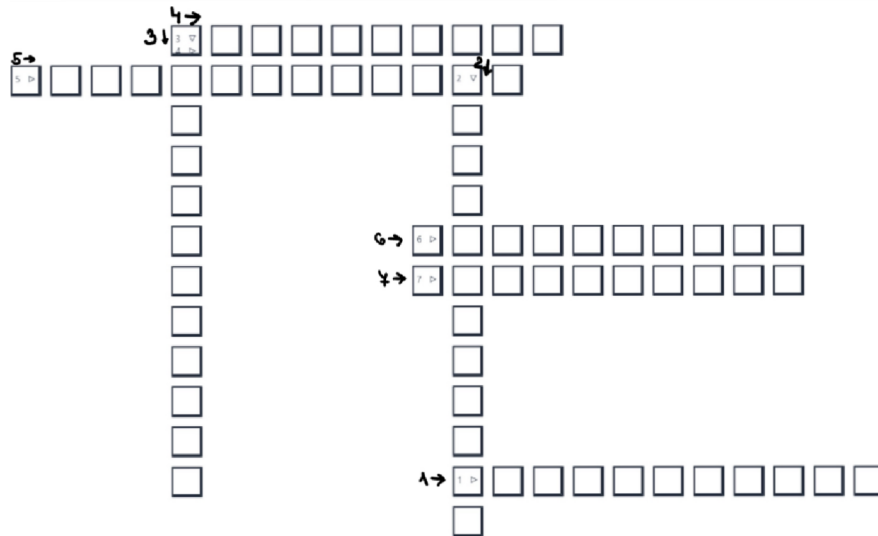
1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

1. Jedy skokanů jsou rozdělovány do tří hlavních skupin: bufogenidy, bufotoxiny, bufoteniny.
2. Tzv. Salamander brandy je slovinská pálenka, která se vyrábí z čolka.
3. Jed pralesniček, tzv. batrachotoxin, se používá jako přísada do léků na srdce.

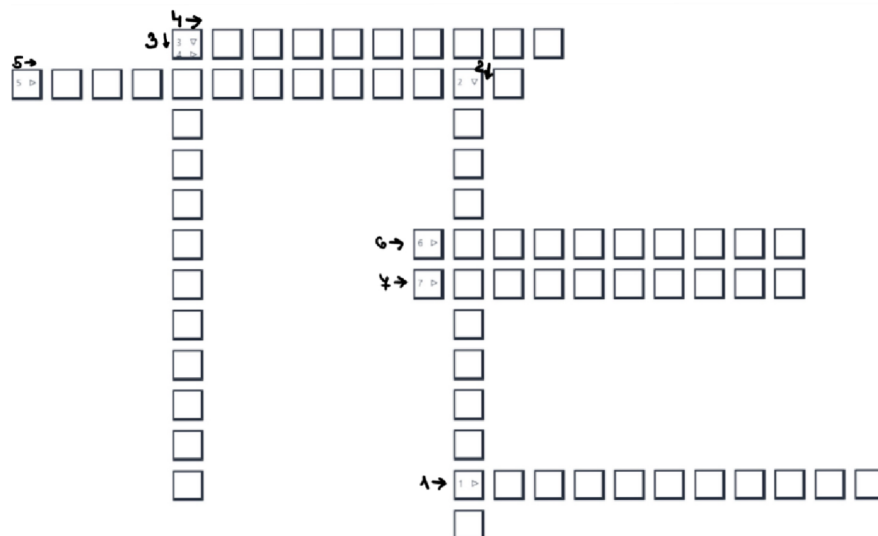
AKTIVITA – KŘÍŽOVKA:



1. Toxiny, které působí na CNS.
2. Toxiny, které působí přímo na vlákna srdečního svalu a vyvolávají zástavu srdce.
3. Složky hadího jedu, které rozrušují stěny cév a vyvolávají zástavu srdce.
4. Složky hadího jedu, které uvolňují krevní barvivo z červených krvinek.
5. Enzymy, které jsou hlavní příčinou rozsáhlých nekrot.
6. Toxiny, které vyvolávají prudký pokles krevního tlaku.
7. Aktivní složky, které buď snižují, nebo naopak zvyšují srážlivost krve.



1. Toxiny, které působí na CNS.
2. Toxiny, které působí přímo na vlákna srdečního svalu a vyvolávají zástavu srdce.
3. Složky hadího jedu, které rozrušují stěny cév a vyvolávají zástavu srdce.
4. Složky hadího jedu, které uvolňují krevní barvivo z červených krvinek.
5. Enzymy, které jsou hlavní příčinou rozsáhlých nekrot.
6. Toxiny, které vyvolávají prudký pokles krevního tlaku.
7. Aktivní složky, které buď snižují, nebo naopak zvyšují srážlivost krve.



1. Toxiny, které působí na CNS.
2. Toxiny, které působí přímo na vlákna srdečního svalu a vyvolávají zástavu srdce.
3. Složky hadího jedu, které rozrušují stěny cév a vyvolávají zástavu srdce.
4. Složky hadího jedu, které uvolňují krevní barvivo z červených krvinek.
5. Enzymy, které jsou hlavní příčinou rozsáhlých nekrot.
6. Toxiny, které vyvolávají prudký pokles krevního tlaku.
7. Aktivní složky, které buď snižují, nebo naopak zvyšují srážlivost krve.

REJSTŘÍK:

A

Aflatoxiny – 12
Akonitin – 27
Alkaloidy – 19
Amarylkovité (sněženka, narcis, bledule) – 24
Amatoxiny – 14
Amygdalin – 21
Areka obecná – 22
Arekolín – 22
Aspergillus – 12
Atropin – 23

B

Batrachotoxin – 45
Blanokřídlý hmyz – 41
Blín černý – 23
Bobovité – 21
Bolehlav plamatý – 23
Botulotoxin – 5
Brevetoxiny – 5
Bufogenidy – 45
Bufoteniny – 45
Bufotoxiny – 45
Bungar modravý – 50

C, Č

Ciguatoxin – 9
Clostridium botulinum – 5
Clostridium tetani – 5
Conotoxiny – 34
Cyprinidin – 43

Čtverzubcovití – 43

Čtyřhranka *Chironex fleckeri* – 32

D

Durman obecný – 23

E

Efedrin – 25
Endotoxin – 4
Exotoxin – 4

F

Falotoxiny – 14
Fusarium – 12
Fysostigmin – 26

G

Galantamin – 24
Glykosidy – 17
Gyromitrin – 15

H

Hadi – 42
Hnojník inkoustový – 16
Homolice – 34

CH

Chinin – 27
Chinidin – 27
Chinovník – 27
Chironex fleckeri – 32
Chirotoxin – 32
Chobotnice modrokroužkovaná – 34
Chondrodendron tomentosum – 24
Chřestýš brazilský – 50

Chvojník – 25

J

Jmelí bílé – 29

K

Kafr – 19

Kafrovník lékařský – 19

Kannabinoidy – 29

Kanthalidin – 41

Kardioaktivní glykosidy – 20

Kata jedlá – 28

Khatinon – 28

Kobra indická – 50

Kokain – 23

Kolchicin – 25

Koniin – 23

Konopovité – 29

Konvalinka – 20

Koprin – 16

Korálovec žlutavý – 50

Korovcovití – 47

Koutník zavlečený – 36

Kratom – 26

Kulčiba dávivá – 26

Kurare – 21

Kyanogenní glykosidy – 21

Kyselina domoová – 8

Kyselina ibotenová – 15

L

Len setý – 21

Linamarin – 21

Lophophora williamsii – 25

Lysohlávky – 17

M

Majka fialová – 41

Mák setý – 24

Mamba černá – 50

Mandragora lékařská – 23

Máta peprná – 19

Měchýřovka portugalská – 32

Menthol – 19

Meskalin – 25

Metylhydrazin - 12

Microcystin – 7

r. *Microcystis* (sinice) – 7

Mitragyna speciosa – 26

Mitragynin – 23

Mlok skvrnitý – 45

Mnohonožky – 39

Morfin – 24

Mrštnoplod – 27

Muchomůrka červená – 15, 16

Muchomůrka jízlivá – 14

Muchomůrka panterová – 15

Muchomůrka zelená – 14

Muscimol – 15

Muskarin – 16

N

Námelové alkaloidy – 11

Náprstník – 20

Nikotin – 22

O

Obrněnky – 8, 9

Ocún jesenní – 25

Ochratoxiny – 12

Oměj vlčí mor, oměj šalamounek – 27

Opuntia cylindrica – 25

Orelanin – 14

P

Paličkovice nachová – 11

Parmy – 43

Pavučinec plyšový – 14

Pelyněk pravý – 20

Physalitoxin – 32

Penicillium – 12

Pilokarpin – 27

Pralesničkovití – 45

Psilocin, psilocybin – 17

Puchýřnatec jedovatý – 26

Puchýřník lékařský – 41

r. *Pseudo-nitzschia* (rozsivka) – 8

R

Ricin – 28

Ropuchy – 45

Rudodřev koka (kokainovník pravý) – 23

Rulík zlomocný – 23

Růžovité – 21

S, Š

Samandarin – 45

Saxitoxin – 9

Sklípkanec jedovatý – 36

Skočec obecný – 28

Snovačka jedovatá – 36

Stonožky – 39

Strychnin – 26

Štíři – 37

T

Tabák virginský – 22

Taipan menší – 50

Taxol (paclitaxel) – 20

Terpeny – 16

Tetanotoxin – 5

Tetrodotoxin – 34, 43

Thujon – 20

Tis japonský, tis západomerický – 20

Trichotheceny – 12

Tubokurarin – 24

U

Ucháč obecný – 15

V

Varanovití – 47

Viskotoxiny – 29

Vláknice – 16

Vodnář dvoubarvý – 50

Vratič obecný – 20

Z

Zerav západní – 20

Zmije obecná – 50

SEZNAM LITERATURY:

Tato publikace vznikla v rámci diplomové práce:

FIALOVÁ, T. *Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Lenka Šejnohová, PhD.

Doporučení úprav pedagogické příručky „Toxikologie přírodních látek“ při vypracování diplomové práce (PřF, Univerzita Hradec Králové)

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Úpravy (část bakteriální toxiny, sinice, řasy, houby – přiložená příručka str. 1-15) doporučuje :

RNDr. Lenka Šejnohová, Ph. D., Masarykova univerzita, 22. 4. 2024

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	5
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilitnost	První dojem, dvojí využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	5
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	5
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	4
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	4
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	4
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	4
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	4
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	4
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	5

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

Příručka má velmi vhodně zvolené téma – toxikologie, které učitelé biologie mohou motivovat žáky SŠ k tématu učít se systémem prostřednictvím něčeho zajímavého, co je v nejčastěji používaných učebnicích opomenuto.

Pro vylepšení doporučuji příručku více provázat s učebnicemi

– přes úvod do tématu – např. v učebnicích jsou uváděny zpravidla netoxičtí zástupci ..., dva toxičtí u kterých však toxicita není zmíněna ..., z praxe navíc doplňuji ... protože

- původce toxinů přesněji uvádět, kde/jak daného zástupce najdu v učebnicích – Např. bakterie *Cl. tetanii* zařadit do morfologické skupiny apod.

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

- čísla stran – chybí čísla na str. úvod a obsah, viz. ostatní knihy, co se konvenčně čísluje (jen úvodní strana nebývá číslovaná)
- zápatí – rok 20024 – ubrat nulu
- Úvodní slovo: nečíslovaná strana

- *OBSAH UČIVA. Spektrum přírodních toxinů je široké. V kapitolách (str. 1-43) jsou proto zmíněni pouze producenti toxinů/toxiny, kteří jsou všeobecně známi, něčím zajímaví a mohli by být dle mého názoru vhodným zpestřením výuky. – nevychází primárně z učebnic?*

- *Kapitoly s toxiny jsou členěny (s výjimkou kapitol: sinice a řasy, živočichové) dle toxikologických zvyklostí, tzn. podle jednotlivých skupin toxinů a ne podle jednotlivých organismů – doporučuji nepoužívat zápor, ale výčet. Resp. Dvě kapitoly „sinice a řasy“, živočichové“ jsou řazeny dle organismů, kapitoly ... dle toxikologických zvyklostí*

- *Obrázky nejsou odborné a slouží pouze k ilustraci a ozvláštňení práce – obrázky jsou pouze ilustrační pocházející ze zdrojů..*

- *rejstřík: zde se jedná konkrétně o Seznam zástupců organismů produkujících toxiny použitých v příručce. Rejstřík je obsáhlejšího charakteru, resp. pak doporučuji včlenit ještě i seznam názvů toxinů*

- Ve všech kap. *OTÁZKY A ÚKOLY K TEXTU* – stačí krátce: Otázky

- *PŘÍLOHY K publikaci jsou přiloženy také dvě přílohy: tabulka, která shrnuje celou příručku a může sloužit např. při hledání shod či rozdílů (str. 44) a také aktivity z každé kapitoly nachystané pro tisk pro žáky (str. 45-52).*

- Bakteriální toxiny:

- chybí nejneznámější angína a tyfus uváděný v učebnicích

- str. 2: Dva vypsané toxiny uveďte větou: např. Následující dva toxiny jsou endotoxiny, které jsou obecně známé a v učebnicích je zpravidla najdete pod názvem nemoci:

- str. 2: oba toxiny
 - chybí odrážka „způsobené onemocnění“ (v učebnicích jsou uváděny jen názvy nemocí, ať má učitel 100 % šanci to správně přiřadit)
 - odrážka původci: latinské jméno např. Clostridium tetani rozšířit o morfologii – skupinu/typ bakterie dle tvaru, tak jak se učí na SŠ (pro větší průnik a návaznost na učebnice)

- str. 3: *Můžeš se nakazit endotoxiny, i když vodu či potraviny kontaminované některými bakteriemi považáš. O jaké bakterie se jedná a kde se vám otrava endotoxiny může stát? (Escherichia coli – studny s průsakem odpadních vod, třetí země (proto si kupujeme balenou vodu), Botu...)*

Toxiny sinic a řas

- *Str. 4: Producentů tzv. fykotoxinů (toxiny sinic a řas) je sice jen nepatrný zlomek druhů, avšak jejich význam spočívá ve schopnosti pronikat potravním řetězcem.* – ta věta je strašně krkolomná = podmět neodpovídá přísudku, změňte např. Jen nepatrný zlomek druhů sinic a řas je schopen produkovat toxiny, tzv. fykotoxiny, které však skýtají nebezpečí spojené se schopností pronikat potravním řetězcem.
- *Lišta: Sinice žijící ve stojatých vodách (sladké vody i moře) bohatých na živiny vytvářejí na hladině tzv. vodní květ. Tento jev je nejvíce viditelný v letních měsících. Jedná se o zelený povlak na hladině viditelný pouhým okem.* – v tomto odstavci máte vysvětlovat, co je vodní květ, resp. Vodní květ sinic je zpravidla masové rozmnožení sinic ve stojatých vodách (sladké vody i moře) bohatých na živiny. Tento jev je nejvíce viditelný v letních měsících. Jedná se o modro/zelený povlak viditelný na hladině pouhým okem (sinice tvořící vodní květ se umí vznášet = v buňkách mají plynové měchýřky tzv. aerotopy). (pozor Teri ve vodách bohatých na živiny jsou i jiné sinice, kterým se neříká vodní květ např. drkalka Oscillatoria)
-
- Červený příliv, tzv. red tide, je červené zbarvení vody v mořích, které způsobují řasy obrněnky obsahující velké množství karotenoidů (žluté až červené zbarvení).

SINICE

původce: rod Microcystis (tvořící tzv. vodní květ sinic⁶)
(koupaci vody.cz) – je to odkaz www, dohromady

CHROMOFYTY (Chromophyta)

původce: rozsivka rodu PSEUDO-NITZSCHIA
doplňte odrážku výskyt

OBRNĚNKY

MOŘSKÉ OBRNĚNKY

Dodržte stejnou úpravu, resp. toxin do odrážky
doplňte odrážku výskyt

á se ptá, jestli není v letadle nějaký doktor. V letadle se totiž objevilo několik pasažérů, kteří měli gastrointestinální potíže a těsně před odletem si na rozloučenou dali tzv. sea food s velkým podílem slávek. Současně na plážích byly pokácené nějaké tabule a moře mělo červenající barvu.

ŘEŠENÍ

1. sinice, podívám se na sledování kvality vody (koupacivody.cz nebo informace příslušné hygienické stanice), nebudu se tam koupat, příp. se po koupání před utřením ručníkem opláchnu čistou vodou
2. červený příliv (tzv red tide)
3. microcystin

Toxiny mikroslučkatých hub

Vláknité houby (tvořící mikroslučku, tzv. mikromycety—nejčastěji—Ascomycota) působí na lidský organismus—působí v podobě mykóz (napadení živé tkáně houbou), alergií a mykotoxikóz (onemocnění vyvolané produkty specializovaného metabolismu, tzv. mykotoxiny). V textu níže uvádím zástupce vřekovýtusných hub (Ascomycota), u kterých se s produkcí toxinů a jejich vlivem na člověka setkáváme nejčastěji. Další skupiny mikromycet např. spáživé houby (Zygomycota) — v učebnicích uváděný kropidlovec černavý (Rhizopus nigricans), který vytváří plíseň na chlebu a marmeládách a toxiny Může však způsobovat mykózy.

Malíř, F. a Ostrý, V. a kol. Vlákňité mikromycety (plísně), mykotoxiny a zdraví člověka. Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003. ISBN 80-7013-395-3.

TOXINY MAKROSTÉLKATÝCH HUB

- do úvodu vložte zásadní informace – na co si dát pozor při sbírání hub:
- V České republice je sběr hub velmi oblíbenou činností, proto je nutné houby nejenom dobře poznat, ale současně si být vědom, že některé jedlé druhy je nutné před konzumací důkladně povařit alespoň 20 min. Jedná se o skupinu oblíbených hub jako je např. václavka, která však obsahuje tzv. termolabilní toxiny..... Pozor někomu tyto toxiny mohou způsobovat gastro.. i po uvaření.
- Kohoutová, D. (2020): Péče o pacienta intoxikovaného houbami – příprava simulačních scénářů. – Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. <https://theses.cz/id/mdf4oj/39956031>
- v odrážce původce - přidat do závorky (pozor na záměnu s...)
- chybí zde běžně sbírání zástupci jako je václavka s termolabilními toxiny, doplnit – pro studenty považují jako nejzásadnější z celé příručky (viz. zprávy...) – alespoň tu václavku jako příklad + doplnit informaci, že to dělají i „modrající hříby“ (kovář, koloděj)
- chybí závojenka

OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

- Žák vysvětlí, jak dochází k otravám houbami a s jakými zástupci se otravy nejčastěji spojují.

OTÁZKY A ÚKOLY K TEXTU:

1. Co znamenají písmena v PSL syndromu a kterého toxinu se tento syndrom týká?
2. Když sníš hnojník, co bys potom neměl vypít a proč?
3. Které houby jsou vyhledávány toxikomany pro své halucinogenní účinky

- zařadte bych alespoň jednu otázku z praxe – např. Připravuji smaženici a spěchám (houby asi nestíhám podusit více jak 15 minut) – v košíku mám dle atlasu hub dobře určené jedlé houby: hřib dubový, hřib smrkový, klouzek, křemenáč, suchohřib, václavka – do smaženice raději nepoužiji jeden rod houby - proč? Václavka – obsahuje termolabilní toxin, který je nutný povařit alespoň 20minut (i více) – použiji ji do výborné omáčky

AKTIVITA – OSMISMĚRKA: najdi 6 názvů toxinů makroslučkatých hub – toxiny si vypiš a ke každému si zkus vzpomenout/najít jednoho zástupce hub, který daný toxin produkuje

Celkové zhodnocení:

1. Využil(a) bych využil(a) bych protože dané informace chybí v učebnicích.
2. Změnil(a), Doplnil(a) bych, Smazal(a) bych Viz. text výše., pro větší provázanost na praxi a na učebnice SŠ (Jelínek, Kincl).

Doporučení úprav pedagogické příručky „Toxikologie přírodních látek“ při vypracování diplomové práce (PřF, Univerzita Hradec Králové)

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Úpravy (část botanika – vyšší rostliny – přiložená příručka. 16-28) doporučuje :

RNDr. Romana Prausová, Ph. D., Univerzita Hradec Králové, 22. 4. 2024

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...některé části textu, zejména s rostlinami s areálem mimo Evropu, jsou náročnější na představivost a paměť. Čtenář si lépe informaci o obsažených látkách a jejich účincích spojí se známým druhem rostliny z českého (evropského) prostředí	4
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilita	První dojem, dvojitá využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ... první dojem velmi dobrý, ale u příkladů, kde je více zástupců rostlin, doporučuji uvést, k jakému druhu se obrázek vztahuje	5
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...osobně bych doporučovala užší výběr rostlin než jaký je zpracován (hodně nepůvodních druhů v ČR a Evropě)	5
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...výběr je vhodný, ale snížila bych zastoupení nepůvodních druhů	4
5. Členění textu	Odrážky/text, ...vhodné	5
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost, Některé části alespoň na první pohled příliš podrobné.	4
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost, Jednoznačné, originální.	5
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	4

pravděpodobně jen užší výběr, hodně specifické téma	
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ... pravděpodobně jen užší výběr, hodně specifické téma	4
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...ano, ale nelze studenty, žáky přesytit tématem	4

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

Vše je velmi pečlivě zpracované, logicky uspořádané, jednoznačné. Drobné chybičky jsem napsala do komentářů v textu.

Bodové hodnocení jsem snižovala jen z důvodu vysoké odborné náročnosti, která pravděpodobně nebude možná u cílové věkové skupiny žáků. Bude nutný užší výběr, zejména na taxony evropského původu nebo již známé na trhu nebo z médií.

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

Doporučuji doplnit odkazy na obrázky v situacích, kdy je uvedeno více příkladů (obrázků).

Celkové zhodnocení:

1. Využil(a) bych/Nevyužil(a) bych protože je to velmi zajímavý a přínosný materiál, který přináší poznatky dalšího, méně známého oboru u cílové skupiny žáků, který má velký potenciál ve farmacii, medicíně a dalších oborech.
2. Změnil(a) bych jen dílčí části (viz poznámky v textu), protože jsou příliš podrobné nebo se zabývají málo známými druhy
3. Doplnil(a) bych číslování obrázků v případě, že je uvedeno více příkladů taxonů obsahující nějakou látku, protože...je nutné zachovat jednoduchou orientaci v textu i na neodkazovaných obrázcích (grafy, fotodokumentace apod.)
4. Smazal(a) bych....., protože...spíš bych snížila Významnost bych spíš jen zjednodušila, zredukovala.....

Doporučení úprav pedagogické příručky „Toxikologie přírodních látek“ při vypracování diplomové práce (PřF, Univerzita Hradec Králové)

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Úpravy (část zoologie – přiložená příručka str. 28-42) doporučuje :

Mgr. Petr Šípek, Ph. D., Karlova univerzita, 22. 4. 2024

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	5
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilitnost	První dojem, dvojí využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	5
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	2,5
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	2,5
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	4
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	3
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	4,5
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	Neumím posoudit
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

Kromě zoologické části se mi ostatní části líbí, jsou vesměs členěny podle typů toxických látek. I když výber druhů, které danou látku obsahují bude asi velmi široký. Typnul bych si že kolchicin bude mít nejen ocún jesenní, ale i celý řada druhů rodu *Colchicum*

Zoologická část je oproti ostatním spíše stručná; je členěná taxonomicky a ne podle toxinů. Není přesně jasné podle čeho byly zástupci vybíráni. Doporučil bych alespoň ze zoo hlediska se spíše zaměřit na nějakou konkrétní geografickou oblast – třeba Evropu/ ČR či tak něco. I ve skupinách, kde existují dezpočet toxicky významných druhů jsou zmíněni jen jeden či dva (žagavci, hadi, žáby), bez zmínek že skupiny jsou univerzálně toxikologicky významné. U měkkýšů kromě homolice bych zmínil alespoň chobotnici modrokroužkovou. U hadů bych doplnil příručku o typech jedového aparátu a zmínil další toxické zástupce. U pavouků je toxicita černé vdovy evidentně nadsazena, i když lze najít údaj o její fatálních následcích vyšších než 10%, ten pochází z počátku minulého století. Poslední úmrtí na černou vdovu bylo v Austrálii zaznamenáno v roce 1955, ani v USA nejsou případy hlášeny. Naopak mi chybí další toxikologicky významné rody např. *Atrax*, *Loxosceles* (*Loxosceles laeta* má až 4% smrtelných kousnutí), *Missulena*, *Phoneutria*, *Sicarius*, *Hexophthalma*, *Macrothele* atp. Naopak zahrnutí sklípkanů jako skupiny je bezpředmětné, vyložení toxických druhů je málo.

Dále mi chybí další toxicky významné skupiny: sarančata čeledi Pyrgomorphidae, stonohy, mnohonožky, korovci, varani, z českých zástupců jsou to například kuňky a vřetenušky. Určitě jich bude více, jen sem si ted nevzpoměl.

Z blanokřídlých bude daleko více významných skupin (zástupci zástupce skupiny Aculeata (žahadloví)); toxicky významné budou i řady zástupců kodulek, kutilek, žirafíků, žahalek, mravenců se zachovaným žihadlem.... sršni patří dpo čeledi vosovitých, není potřeba je uvídnět zvláště. Mezi nejhojnější majkovité brouky patří i majka obecná, naopak puchýřník lékařský je poměrně vzácný.

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

Celkové zhodnocení:

1. Využil(a) bych/Nevyužil(a) bych protože....
2. Změnil(a) bych..... , protože....
3. Doplnil(a) bych....., protože....
4. Smazal(a) bych....., protože...

Doporučení úprav pedagogické příručky „Toxikologie přírodních látek“ při vypracování diplomové práce (PřF, Univerzita Hradec Králové)

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Úpravy doporučuje: vyučující na gymnáziu

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	5
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilita	První dojem, dvojí využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	5
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	5
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	5
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	5
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	5
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	5
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	5
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	5
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	5

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

1. Vhodnost výběru tématu

Toto téma bylo určitě potřeba zpracovat. Je to látka důležitá a zajímavá, ve většině učebnic biologie by člověk mnohé informace nenašel. Přitom se to hodí do praxe, pro žáky je to určitě zajímavé, bylo by to i zpestření hodin.

2. Celkový vzhled příručky a její flexibilitnost

Už na první dojem příručka zaujme, je přehledná, dá se v ní dobře orientovat a vyhledávat informace, úkoly, řešení atd.

3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat

Vyhovuje mi, že se příručka nezabývá jen jednou konkrétní skupinou organismů, ale že se věnuje různým skupinám. Dá se tedy využít v různých ročnících, včetně semináře pro maturanty.

4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců

Informací je zde přiměřené množství, text je srozumitelný, zástupci jsou vhodně zvoleni. Hezky se zde prolíná teorie s praxí.

5. Členění textu

Členění textu je vyhovující.

6. Informace pro pedagogy

Informace pro pedagogy jsou vhodně zpracovány. S publikací by mohl bez problémů pracovat jak začínající učitel, tak i učitel s delší praxí. Bude záležet na každém učiteli, jak tyto informace využije.

7. Otázky k textu

Otázky a úkoly k textu, pomáhají propojit teoretické poznatky s praktickým životem, rozvíjejí u žáka myšlení a práci s textem, vedou ho k zamyšlení.

8. Aktivity

Aktivity jsou zajímavé a nápadité, dobře využitelné ve výuce. Určitě se velmi dobře hodí do biologických praktik, na některé úlohy by se určitě našel čas i v běžné teoretické hodině.

9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka

Shrnující tabulka je využitelná nejen v hodinách, ale také jako příprava k různým soutěžím apod. Je přehledná, dá se v ní dobře orientovat.

10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk

Také aktivity pro tisk jsou určitě užitečné a budou se hodit.

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

K žádné kapitole nemám výhrady. Práce je opravdu hezky, přehledně a srozumitelně napsána, dá se v ní bez problémů orientovat.

Celkové zhodnocení:

1. Využil(a) bych nejen v normálních teoretických hodinách biologie, ale také v biologických praktikách. Mnohé věci by se mohly hodit i soutěžícím v různých přírodovědných soutěžích. Také např. v biologickém semináři maturantů, kam už chodí jen ti, kteří budou z biologie maturovat, popř. ji studovat na vysoké škole.
2. Nic bych neměnila, zpracování se mi líbí. V případě hlubšího zájmu si kdokoliv může další informace dohledat.
3. Nic bych nedoplňovala, obsah mi přijde dostačující.
4. Žádnou část práce bych nemazala, protože kdokoli bude mít zájem věnovat se např. jen konkrétní skupině organizmů, může využít jen určité kapitoly této práce.

Doporučení úprav pedagogické příručky „Toxikologie přírodních látek“ při vypracování diplomové práce (PřF, Univerzita Hradec Králové)

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Úpravy doporučuje: vyučující na odborné SŠ

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	3
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilita	První dojem, dvojitá využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	3
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	5
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	5
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	4
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	4
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	5
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	5
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	2
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	4

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

Osobně bych raději volila příručku „pro žáka“, tzn. vypracovala bych tak, aby byl vždy list s otázkami, úkoly atd. na jedné straně (dalo by se každému žákovi/do dvojice vytisknout a správné odpovědi pro učitele bych zařadila na konec (tzn. přehodila bych přílohu, kde jsou vždy jen tajenky, chybně napsané texty atd. za správné řešení pro učitele. Na druhou stranu chápu možný záměr šetření papírem a tištění žákům co nejmenšího množství textu. Proto mi možná ze začátku nebylo úplně jasné, jak je myšleno, že se má příručka používat (a vlastně doteď nevím, zda jsem to dobře pochopila).

Vítám, že se jedná o průřez všemi organismy a není to jen příručka k např. rostlinám.

Dozvěděla jsem se spoustu zajímavých informací a pro ozvláštnění hodin rozhodně vítaná forma. Navíc s využitím mezipředmětových vztahů, kde je vždy dostatečně popsána problematika chemie i pro nechemika.

Vtipné obrázky.

Oceňuji vysvětlení pojmů a rozšíření informací ve sloupci po stranách. Celkově rozložení příručky velmi logické a přehledné.

Aktivity pro žáky relativně krátké (což považuji za výhodu), myslím, že nápadité. Jen u tajenky hůř vidět čísla, kam který text patří (v elektronické podobě jsem si musela přibližovat, nevím, jak by to vypadalo v tisku).

Shrnující tabulka mě příliš neoslovila, ale znovu opakuji, nejsem chemik. Proto pro mě v tuto chvíli přehled chemických toxinů nemá úplně význam a pravděpodobně bych ho nevyužila (na rozdíl od nějakých informací a aktivit).

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

Uvítala bych více vysvětlit, jak bylo myšleno s příručkou pracovat.

Možná změna příloh, jak už je uvedeno výše.

Celkové zhodnocení:

Budu se opakovat.

1. Využil(a) bych/Nevyužil(a) bych protože....

Celou příručku bych využila k individuální či skupinové výuce. Minimálně nějaké kapitoly. Doplnila bych např. o mikroskopování a pak hodinu ozvláštnila i o problematiku chemie.

2. Změnil(a) bych..... , protože....

Udělala bych příručku pro žáky (bez možnosti výsledků), aby se dala vytisknout. Učitel by ji mohl mít v x vydáních, ty by nosil do hodin a žákům by kopíroval třeba jen přílohu s aktivitami, do kterých by psali. Jinak by příručka sloužila většímu počtu žáků a bylo by možné ji využívat si více let pro velké množství žáků.

3. Doplnil(a) bych....., protože....

Obsahově myslím optimální, krom úvodního návodu jak s příručkou pracovat bych nic nedoplňovala.

4. Smazal(a) bych....., protože...

Pro mě osobně Příloha 1 není využitelná. Snad jen jako základní přehled toxinů vhodný na nástěnku do třídy. Jinak si práci s ní či jiné využití neumím představit.

Doporučení úprav pedagogické příručky „Toxikologie přírodních látek“ při vypracování diplomové práce (PřF, Univerzita Hradec Králové)

Název diplomové práce: Toxikologie přírodních látek – materiály pro mezipředmětovou výuku biologie a chemie na SŠ

Autor: Bc. Tereza Fialová

Rok: 2023/2024

Úpravy doporučuje: studentka VŠ

Kritérium hodnocení	Přiblížení, upřesnění kritéria	Body (0-5) (5 je nejlepší)
1. Vhodnost výběru tématu	Bylo toto téma potřeba zpracovat?, Je toto téma vhodné pro mezipředmětové vztahy Bi-CH?, ...	5
2. Celkový vzhled příručky a její flexibilita	První dojem, dvojitá využitelnost (pro žáky/učitele, formát A4/A5, barevné, černobílé), ...	5
3. Délka příručky, výběr a rozvržení jednotlivých témat	Bylo vhodné příručku zpracovat na všechny organismy?, Měla by se příručka věnovat jen konkrétním organismům (např. pouze rostlinám)?, ...	5
4. Informace: množství, srozumitelnost, výběr zástupců	Málo/hodně informací, málo/hodně zástupců, srozumitelnost, samotný výběr zástupců, ...	5
5. Členění textu	Odrážky/text, ...	5
6. Informace pro pedagogy	Užitečnost, komplexnost,	5
7. Otázky k textu	Jednoznačnost, nápaditost,	5
8. Aktivity	Využití v hodinách, srozumitelnost, nápaditost,	5
9. Příloha č. 1: Shrnující tabulka	Využití v hodinách, srozumitelnost, celkový vzhled, ...	5
10. Příloha č. 2: Aktivity pro tisk	Užitečnost, ...	5

Slovní odůvodnění bodového hodnocení jednotlivých kritérií v tabulce:

1. Zvolené téma považuji za fantastické, výborné pro mezipředmětové vztahy biologie – chemie, dá se využít v obou předmětech. Myslím, že téma bude pro žáky hodně atraktivní.
2. Na první pohled vypadá příručka velmi pěkně, oceňuji moc hezké názorné ilustrace, tučně zvýrazněné klíčové informace i postranní lištu. Vhodné využívání modré barvy, působí to tak akorát, není to přeplácané. Líbí se mi informace pro pedagogy graficky připomínající RVP. Ekonomičnost – příručka není ochuzena o ilustrace, avšak vše působí tak, že danou školu případný tisk nezruinuje.
3. Myslím, že obě varianty (pouze jedna skupina organismů / všechny významné organismy) jsou v pořádku. Já bych to nechala tak, jak to je, byť ty rostliny jsou asi významnější (drogy, léčiva), živočichové jsou zase pro spoustu žáků atraktivnější.
4. Informací tam je hodně, závisí na tom, jak k práci s příručkou učitel přistupuje. Jako doplnění do hodin pro starší žáky s tím, že je to zdroj zajímavostí, prostředek k rozvoji čtenářské gramotnosti, motivaci a aktivizaci žáků atd., ale nemusí se naprostou většinu toho učit, naprosto super. Rozhodně bych k tomu ale nepřistupovala tak, že žáci musí informace z toho umět a budou pak hodnoceni, to mi přijde nereálné, přece jen jsou to vysokoškolské přednášky (mimo takové ty základní látky, co se stejně učí např. v rámci alkaloidů ve čtvrtáku – *aspoň tak to bylo u nás*).
5. Bez výhrad.
6. Zahrnutý jsou očekávané výstupy, doplňující informace, za mě zcela vyhovující. Na konci už jsou navíc v přílohách připravené materiály k tisku.
7. Otázky jsou nápadité, oceňuji, že jsou často do praxe. Důležitá je pro mě informace, zda žáci při vyplňování otázek mohou používat ty materiály a vyhledávat v nich zpětně informace? Pokud ano, ideál, pokud by je nemohli používat, některé otázky jsou podle mě dost složité, např. „Který toxin sinic by mohl být obsažen v ČR v pitných vodách, kdyby nebyl sledován a odstraňován vodárnou?“. Toto ale asi není ani tolik v tvých silách ovlivnit, je to na uvážení učitele.
8. Aktivity jsou super. Snadno a levně se dají připravit (tisknout), nevyžadují žádné zvláštní náročné organizační formy a dlouhou přípravu třídy.
- 9., 10. bez připomínek

Slovo závěrem: Příručka se mi velmi líbí (už jen vizuálně), vnímám ji jako užitečnou a nabitou zajímavostmi. A pokud bude v budoucnu příležitost a dostanu se někdy na ten gympl, s tvým svolením bych si ji moc ráda uložila a případně ji jednoho krásného dne zařadila do výuky.

Konkrétní doporučení úprav (prosím uveďte kapitolu a stranu):

V kapitole věnované trichothecenům (str. 9) bych do postranní lišty zahrnula vysvětlení pojmu „**nauzea**“ (pokud to není jinde v příručce vysvětleno a já to jen nepřehlédla).

Str. 10 námelové alkaloidy – aktivita, ve které se doplňují slova do textu: upravila bych „Ergometrin se používá k **zastavení poporodního krvácení**“, ať to nevytváří dojem, že to krvácení sám vyvolává (*pokud to tedy není ten případ*).

Kokain (str. 29) do postranní lišty bych zahrnula vysvětlení zkratky „**i. v.**“ (pokud to opět není zmíněno v jiné části příručky)

Str. 27: kolchicin: „Rostlina, ve které je alkaloid obsažen, dostala svůj název od podzimu.“ – trochu bych přeformulovala, co takhle napsat, že dostala název podle ročního období, ve kterém kvete? Případně změnit jen na „dostala svůj název **podle** podzimu / podle jiného výrazu pro podzim“?

Str. 35: Aktivita přesmyčky: zvažila bych, zda tam dávat nápovědu, žáci se pak nemusí vůbec snažit, hodně to tu práci zjednoduší.

Celkové zhodnocení:

1. Využila bych, protože příručku považuji za velmi zdařilou a přínosnou jak pro výuku biologie, tak chemie (viz výše).
2. Změnila bych pouze pár drobností, občas nějaká formulace otázky, protože na mě působily např. nejednoznačně. Jinak bych strukturu ani obsah znatelně neměnila, protože je za mě vše na svém místě.
3. Doplnila bych sem tam nějaké vysvětlení pojmů do postranní lišty. Taky mě původně napadlo vytvoření slovníčku pojmů hned na začátku, kde by byly všechny ty pojmy jako „hypertenze, perspirace, antidotum, ...“ vysvětlené pohromadě, ale nakonec jsem od té myšlenky upustila, protože takhle nemusí žáci hodinu hledat, mají to rovnou po ruce, a kdyby učitel vytiskl třeba jen jednu kapitolu, tak nejsou žáci o vysvětlení těchto termínů ochuzeni.
4. Smazal(a) bych....., protože... Nevím, jestli bych to přímo smazala, možná to je fajn na zamyšlení se, čeho jsou lidi schopni, a jako zajímavost, co rozhodně utkví v hlavě, ale mám ohromně smíšené pocity z té Salamandra brandy u mloka.