



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Podpora talentovaných žáků v Plzeňském kraji
registrační číslo: CZ.1.07/1.2.03/02.0001**

SBORNÍK ODBORNÝ PŘÍRODOVĚDNÝ KEMP

22. - 26. SRPNA 2016

WWW.PODPORATALENTU.CZ

TENTO PROJEKT JE FINANCOVÁN Z PROSTŘEDKŮ PLZEŇSKÉHO KRAJE.

Obsah:

ODBORNÝ BIOLOGICKÝ KEMP	str. 2
ODBORNÝ CHEMICKÝ KEMP	str. 60

ODBORNÝ BIOLOGICKÝ KEMP

udržitelnost projektu PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

Odborný kemp biologie

Jedovaté druhy rostlin běžné v městském prostředí

Zdeňka CHOCHOLOUŠKOVÁ

1 Úvod

Pod označením jedovaté rostliny si představíme rostlinné druhy, které mají fyziologický vliv na člověka, způsobují mu nějaké obtíže či dokonce smrt. Věda zabývající se jedy a jejich působením na lidský organismus se nazývá toxikologie. Jedovaté rostliny můžeme v městském prostředí potkat jednak vysazené v městské zeleni, jednak planě rostoucí, ale v neposlední řadě i v interiérech, ať už se jedná o kanceláře, čekárny u lékaře, ordinace, naše byty, či supermarkety, kde je prodávají nevyjímaje. Člověk se jich buď dotkne a vyvolají alergickou reakci nebo je sní a otráví se jimi. Ale je to všechno, mohou být rostliny opravdu jedovaté, aniž by se člověk takto přičinil a aktivně je kontaktoval? Vždyť jed je obsažen buď v celé rostlině, nebo jen v některých částech.

2 Jedovaté dřeviny v městské zeleni

Tis červený (*Taxus baccata*) – jehličnatý strom z čeledi tisovcovitých (*Taxaceae*), který je velmi často pěstován jako okrasná rostlina v parcích i v zahradách. V České republice se vyskytuje vzácně i ve volné přírodě, v bučinách. Rostlina je celá jedovatá, vyjma červených dužnatých epimatíí obalujících semena. Červený obal semene lze bez problémů sníst. Jeho účelem je lákat ptáky nebo jiné živočichy, aby semeno s obalem snědli, a to pak v kyselém a teplém prostředí uvnitř živočicha získá schopnost klíčit. Zbytek rostliny obsahuje jedovatý alkaloid taxin a kyanogenní glykosid taxatin.. Po požití nastává zvracení, bolesti břicha, zrychlené a poté mělké dýchání a může následovat smrt.

Zeravec východní (*Platycladus orientalis*) – jehličnatý strom z čeledi cypřišovitých (*Cupressaceae*) pěstovaný zejména v živých plotech, protože z rostlin rodu *Thuja* (lidově „tůjky“) roste nejpomaleji a tvoří pravidelnou, hustou korunu. Původní je ve východní Asii. Obsahuje silice thujon, pinen a fenchon, které dráždí sliznice, poškozují ledviny a dříve byly využívány jako velmi nebezpečné abortivum. Dodnes je rostlina používána v homeopatii.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ruj vlasatá (*Cotinus coggygria*) – listnatý keř vysoký až 3 m z čeledi ledvinovnickovitých (*Anacardiaceae*). Pro svůj dekorativní habitus je často pěstována v parcích a zahradách. Jedovatá je celá rostlina. Potřísnění latexem způsobuje dermatitidy.

Škumpa očetná (*Rhus typhina*) – invazní keř nebo nízký strom z čeledi ledvinovnickovitých (*Anacardiaceae*) s nápadně plstnatými větvemi a plody, které skládají palicovitá plodenství. Druh je velmi často pěstován a nekontrolovatelně se rozšiřuje převážně kořenovými výmladky. Jedovatá je opět celá rostlina, která obsahuje silice a pryskyřice.



Obr. 1 Škumpa očetná (*Rhus typhina*) (Foto: Zdeňka Chocholoušková)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3 Jedovaté druhy rostlin planě rostoucí ve městech

Čičorka pestrá (*Securigera varia*) – běžná růžovo-bíle kvetoucí bylina z čeledi bobovitých (*Fabaceae*), která roste na sušších místech. Obsahuje srdeční glykosid koronilin, který v malém množství působí projímavě a ve větším množství ovlivňuje srdeční sval. Dříve byl používán odvar z natě k posílení srdce, což je velmi nebezpečné.

Vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) – běžná, žlutě kvetoucí vytrvalá bylina slunnějších míst ve městech z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Jedovatá je celá rostlina. Obsahuje thujon (ten místně dráždí, vyvolává zvracení, průjem, brachykardii a zpomalení dechu, zúžení zorniček a zmatení smyslů).



Obr. 2 Vratič obecný (*Tanacetum vulgare*) (Foto: Z. Chocholoušková)

Blín černý (*Hyoscyamus niger*) – teplomilný druh z čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) původní v přední Asii, dnes rozšířený v celé Evropě. Roste na neudržovaných místech. Jedovatá je celá rostlina, zvláště semena. Nadzemní části obsahují 0,2 – 1 % tropanových alkaloidů, kořen až 1,5 %, nejvíce L-hyoscyamin, pak skopolamin a atropin.



Obr. 3 Blín černý (*Hyoscyamus niger*) (Foto: Z. Chocholoušková)

4 Jedovaté druhy rostlin pěstované v interiérech

Oleandr obecný (*Nerium oleander*) – keř z čeledi toješťovitých (*Apocyanaceae*) původní ve Středozeří, u nás pěstovaný v interiérech, v létě i na zahradách či balkonech. Jedovatá je celá rostlina, zvláště listy, vůně květů působí omamně. V listech obsahuje až 1,5 % kardioaktivních glykosidů (oleandrin, deacetyloleandrin a štěpné produkty strofantinu: neriin a neriantin). Otrava se projevuje zvracením, rozšířením zorniček, studeným potem. Později horečkami až 40°C, průjmami, krví v moči. Při potřísnění šťávou z listů vznikají dermatitidy. V domovině se listy používaly jako jed proti hlodavcům a dávaly se do dřev. Byly zaznamenány otravy u zvířat (skot a koně), zvláště citlivé jsou husy. Jedovaný je i med.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Brambořík obecný (*Cyclamen europaeum*) – bylina z čeledi prvosenkovitých (*Primulaceae*). V zemi má jedovatou hlízu, která obsahuje glykosidy a saponin cyclamin s hemolytickým účinkem. Otravy nastávaly po požití syrových hlíz, což se projevvalo průjmy provázenými křečemi. Cyclamin je termolabilní. Zajímavostí je, že černá zvěř je vůči cyclaminu imunní.



Obr. 4 Brambořík (*Cyclamen*) (Foto: Z. Chocholoušková)

„Vánoční hvězda“, Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) – bylina dekorativní barevnými listeny z čeledi pryšcovitých (*Euphorbiaceae*), která je oblíbenou dekorací v době Adventu. Latex rostliny obsahuje dráždivé látky (euforbon, kyselinu euforbiovou), silice. Nebezpečné je vniknutí latexu do oka, podráždění pokožky vyvolává u citlivějších lidí puchýře a vředy.



Obr. 5 Vánoční hvězda (*Euphorbia pulcherrima*), nejčastější červená forma listenů vyskytující se i v přírodě (Foto: Z. Chocholoušková)

5 Závěr

Jedovaté rostliny jsou běžnou součástí přírody, řada z nich se využívá i jako léčiva, pouze v jiném dávkování. Některé z nich, zvláště ty, které se prodávají v různých zahradnictvích, či supermarketech by zasloužily označení jedovatosti.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6 Použitá literatura

JIRÁSEK, V., ZADINA, V. et BLAŽEK, R. (1958): Naše jedovaté rostliny. Nakladatelství ČSAV Praha, 384 s.

LAUTEREROVÁ, M. (1962): Nebezpečné rostliny. SZN, Praha. 61 s.

NOVÁK, J., NOVÁKOVÁ, H. (2010): Alergenní rostliny. Knižní klub, Praha. 264 s. ISBN 978-80-242-2591-3.

5 Kontakt na autora

RNDr. Mgr. Zdeňka Chocholoušková, Ph.D.

Centrum biologie, geověd a envigogiky, FPE, ZČU v Plzni

chochol@cbg.zcu.cz

udržitelnost projektu PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

BIOLOGICKÝ KEMP

Ploštice obyčejné i neobyčejné

Michal MERGL

1 Úvod

Ploštice (Heteroptera) jsou velmi početnou a různorodou skupinou hmyzu. V současnosti je popsáno asi 40 tis. druhů ploštic. Jsou řazeny asi 90 čeledí. Kromě Antarktidy jsou rozšířeny na všech kontinentech. Obecně preferují teplé klima, ale i ve střední Evropě se vyskytuje asi 900 druhů.

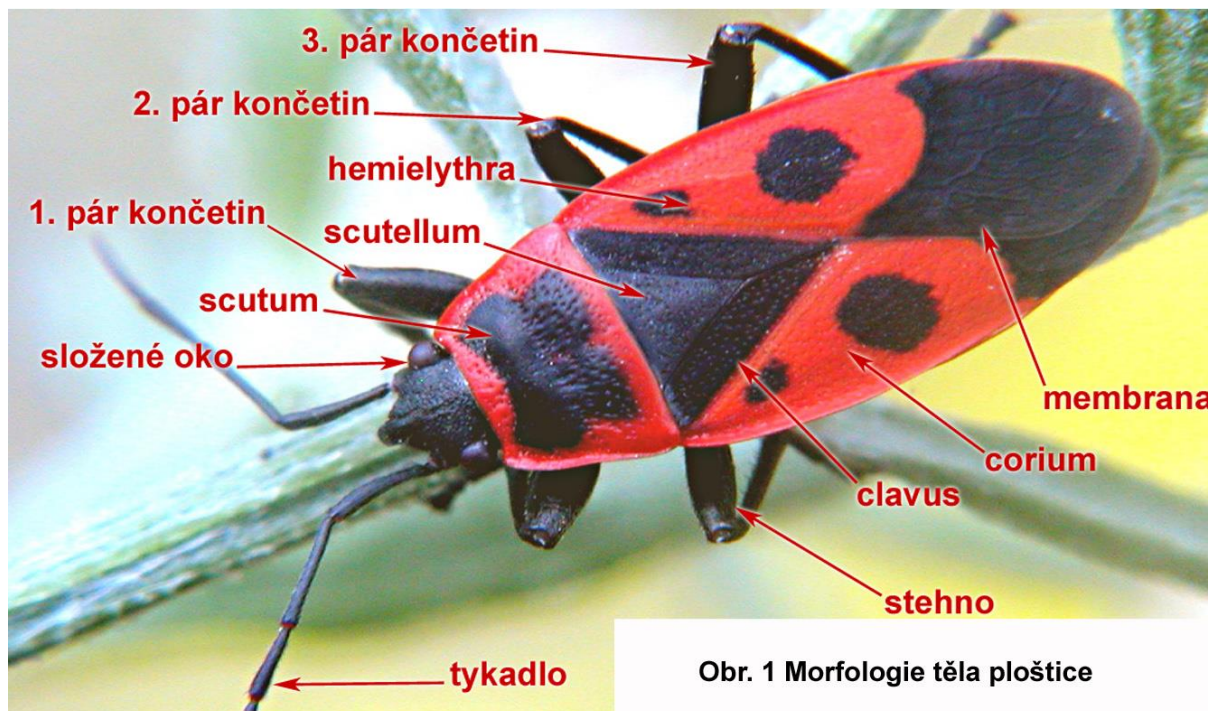
2 Ploštice známé a neznámé

Znáte ploštice? Kromě obecných znaků je na plošticích možno demonstrovat řadu zajímavostí. Řadu cenných informací uvádějí Javorek (1978) a Hudec et al. (2007).

2.1 Charakteristika ploštic

K charakteristickým znakům ploštic patří bodavě sací ústní ústrojí, které je v klidu u mnoha druhů složeno na břišní straně těla (Obr. 2A). Hlava nese složené oči a většinou mezi nimi ležící jednoduchá očka (Obr. 2B). Tykadla jsou válcovitá, obvykle ze čtyř až pěti článků. Na hlavě je vpředu drobný sklerit klypeus (Obr. 3A). Jeho tvar je důležitým systematickým znakem. Zevnitř se na něj upínají svaly ústního ústrojí. Na hrudi je nápadný štít (pronotum) a za ním ležící trojúhelníkovitý štítek (scutellum). Křídla jsou ve dvou párech, v klidu jsou naplocho a částečně přes sebe položená na hrudi a zadečku. První pár křídel se označuje jako polokrovky (hemelythry), druhý pár je blanitý. Polokrovky jsou členěny na políčka označovaná jako klavus, korium a někdy je dobře patrná i zadní část, tzv. kuneus. Konec prvního páru je blanitý a tvoří tzv. membránu. Křídla mohou být redukována (tzv. brachypterní formy ploštic) nebo mohou i chybět (apterní formy ploštic).

Nohy ploštic mají různou funkci. Nejčastěji jsou kráčivé, ale najdeme i nohy přizpůsobené různým jiným funkcím: nohy loupeživé umožňují zachycení kořisti (např. splešťule), dlouhé zadní nohy slouží ke skoku (klopušky), rozšířené nohy slouží k plavání (klešťanky), nebo, u suchozemských ploštic, slouží k hrabání (hrabulky). Na posledním článku hrudi mají ploštice pachové žlázy, které mají ochranou funkci, ale některé ploštice je využívají i k lovu.



Obr. 1 Morfologie těla ploštice

2.2 Tečkování

Povrch kutikuly u ploštic je často pokryt mēlkými tmavě pigmentovanými jamkami, tzv. tečkami. Tyto tečky vytváří barevný vzor na plošticích. Je to jako u tištěné barevné fotografie: celkový barevný odstín nebo vzor je tvořen drobnými barevnými skvrnami na jednobarevném podkladu. Zejména u některých velkých štítovek a kněžic (např. rody *Eurygaster*, *Odontotarsus*, *Aelia*) jsou tečky patrné i slabou lupou. V jamkách teček vybíhají smyslové brvy (senzily) (Obr. 3C). Jsou tak částečně chráněny proti oteru.

2.3 Oči

Ploštice mají po stranách hlavy složené oči, u některých ploštic i velmi velké (Obr. 3A,B). Mezi nimi jsou jednoduchá očka (ocelli), která u některých ploštic i chybí. U vodních ploštic mají oči dokonalý hydrodynamický tvar (Obr. 4). Jejich povrch je hladký. U suchozemských ploštic jsou oči polokulovité a často vyčnívají vysoko nad povrch hlavy (Obr. 12, 26).

2.4 Dýchání

Jako každý hmyz, i ploštice dýchají pomocí vzdušnic. Jejich ústí jsou dobře patrná na spodní straně zadečku. Vodní ploštice mají různá dýchací zařízení na zadečku. U splešťule za zadečku vybíhá dýchací trubička, u znakoplavky je na konci zadečku vějířek drobných chloupků, které při vysunutí zadečku nad vodu přivedou vzduch mezi jemné chloupky na povrchu těla. Ploštice pak vypadá pod vodou jako velká bublina, resp. má „skafandr“ ze vzduchu obtékajícího celé tělo. U hlubenky je vyvinuto tzv. plastronové dýchání, při kterém kyslík proniká tenkou kutikulou z vody přímo; ploštice se nemusí nadechovat nad hladinou.

2.5 Přenašeči nemocí

Ve střední a jižní Americe jsou významnými přenašeči Chagasovy nemoci velké ploštice z čeledi zákeřnicovitých (Reduviidae). Typickým přenašečem je zákeřnice *Rhodnius prolixus*.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nemoc se projevuje horečkami, zvětšením mízních uzlin, bolestmi hlavy a zduřením místa, kde ploštice bodala. Po 8-12 týdnech nemoc přechází do chronické fáze a z velké části se nijak zevně neprojevuje. Problémy nastávají u asi třetiny nakažených pacientů po dalších 10 až 30 letech. Dochází k poškození srdce a k srdečnímu selhání. Původcem nemoci je prvek se skupiny bičíkvců, trypanosoma *Trypanosoma cruzi*. Je přenášena zákeřnicemi, které se vyskytují od Argentiny, Chile a Brazílie do Střední Ameriky. Vyhýbají se však oblastem se souvislým porostem tropického deštného pralesa. Odhaduje se, že touto nemocí bylo v roce 2013 postiženo asi 7-8 mil obyvatel Mexika, Střední a Jižní Ameriky.

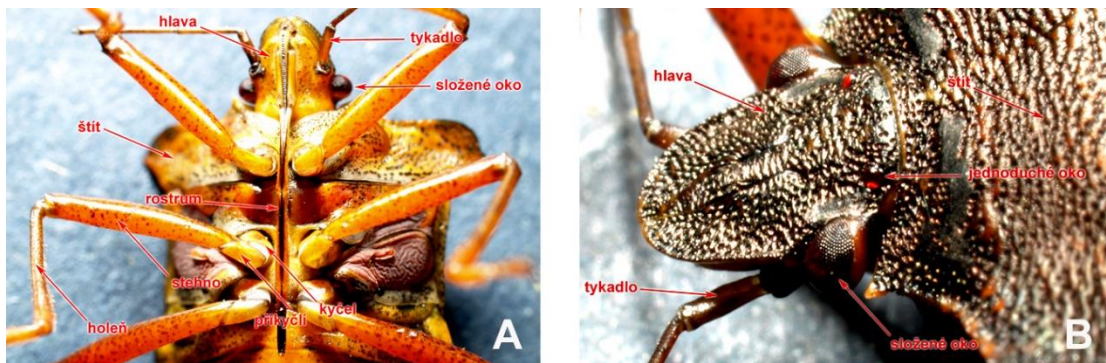
Ploštice šířící tuto nemoc jsou aktivní v noci. Sají krev a často útočí na obličej. Nákaza se šíří z trusu, který ploštice ponechává v blízkosti místa vpichu. Ploštice se vyskytují především v místech odlesněných a zemědělsky využívaných. V tropickém deštném pralesu nebo silně urbanizovaných místech jsou tyto ploštice vzácné. V současnosti se Chagasova nemoc šíří a vyskytuje se i v USA a v některých evropských zemích. Dosud neexistuje vakcína proti této nemoci.

2.6 Parazitární a dravé ploštice

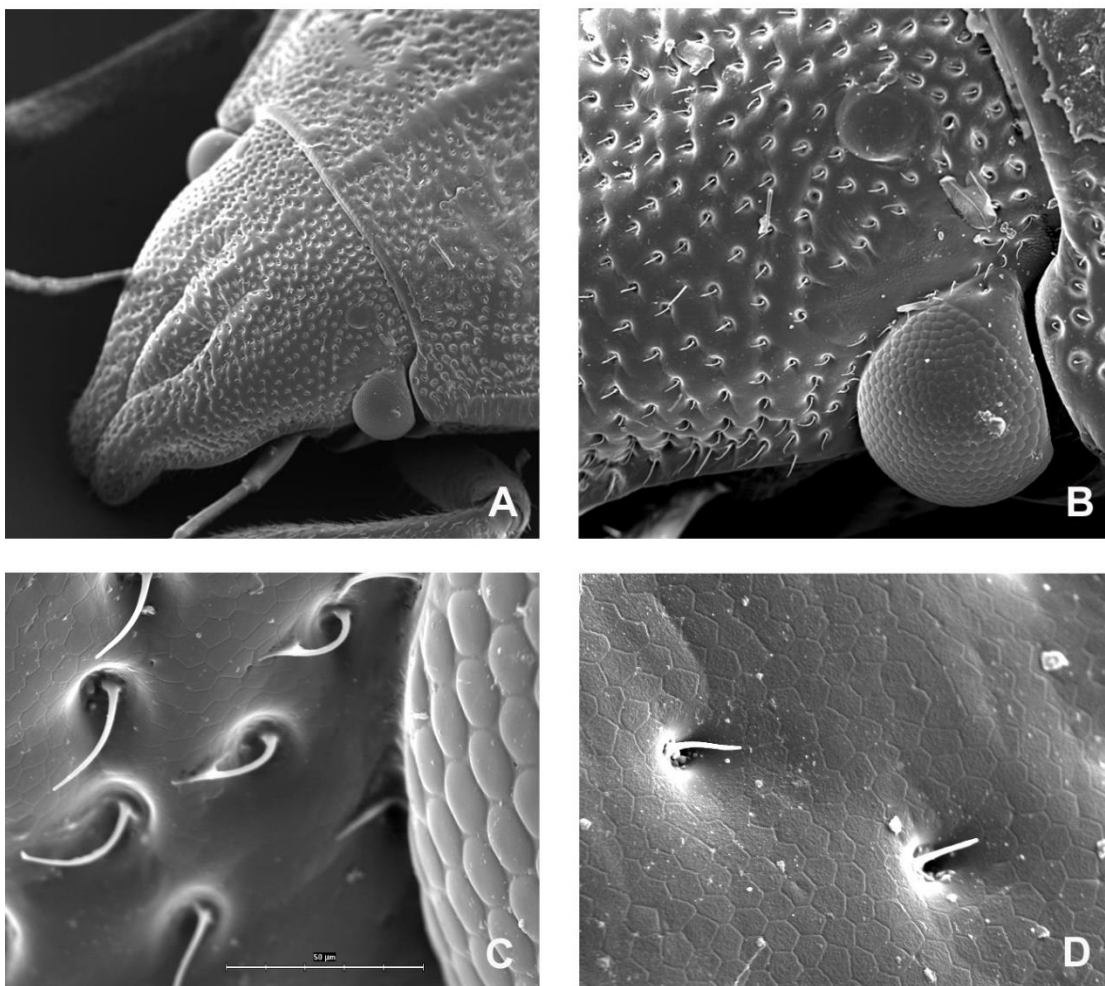
Klasickými parazitickými plošticemi jsou štěnice (čeled' Cimicidae). Jsou to apterní ploštice, které se živí výhradně krví. Typickým zástupcem je štěnice obecná (*Cimex lectularius*), asi 4-5 mm velká plochá ploštice hnědočervené barvy, která napadá i člověka. Původně sála na netopýrech. Dává přednost mírnému klimatu, avšak v tropech jsou i další druhy napadající člověka (*Cimex hemipterus*). Štěnice jsou také časté na netopýrech. Vylíhlé larvy jsou bezbarvé, a stávají se sytější hnědé s každým svlékáním. Larvy i dospělci útočí v noci na nechráněné části těla, především na obličej, záda a ramena. Aktivní jsou v noci a orientují se podle tepla těla a produkce oxidu uhličitého, vydechovaného hostitelem. Ve dne se štěnice ukrývají ve štěrbinách zdí, v nábytku, pod tapetami, v zásuvkách a v počítačích. Vydávají typický pach po zahnívajících malinách. Štěnice nasává až 20 minut a po nasátí již člověka nenapadá, až do nového svlékání. Oploštěná samice klade až 500 vajíček. Přírozenými nepřáteli jsou pavouci, švábi, roztoči a stonožky, jejich význam však je pro potlačení lokální populace štěnic nepodstatný. Postupné ustupování štěnic v domácnostech souvisí se změnami ve stylu nábytku (omezení čalouněného nábytku), s používáním insekticidů a v neposlední řadě i s úklidem pomocí vysavače.

V domácnostech se můžeme setkat i se zákeřnicí obecnou (*Reduvius personatus*). Je to velká černá ploštice, která loví pavouky a hmyz v domácnostech. Člověka nenapadá, může se však bránit a její bodnutí je poměrně bolestivé. Nápadné jsou její larvy, které vypadají jako malý chomáček detritu pohybuující se po podlaze.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 2 Morfologie končetin a spodní části hlavy (A) a morfologie hlavy (B) u kněžice



Obr. 3 Morfologie hlavy kněžice v elektronovém mikroskopu. A - hlava s viditelnými složenými očima a rýhou na klypeu, B - složené (dole) a jednoduché (nahore) oko na hlavě. C - okraj složeného oka a jamky (tečky) se senzily, D - povrch kutikuly se šestibokými políčky a jamkami se senzily.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.7 Invazivní druhy

V naší fauně se v posledním desetiletí objevilo několik nových druhů invazních ploštic. Vroubenka americká (*Leptoglossus occidentalis*) je velká hnědá ploštice, která se od roku 2007 vyskytuje i na našem území. Je typická protaženým tělem, dlouhýma zadníma nohama s rozšířenými holeněmi a pestrou kresbou na těle, která připomíná blanokřídlý hmyz a má výstražnou funkci. Nejčastěji ji nalezneme na jehličnatých stromech a jejich šíškách, zejména na douglasce. Vysává semena, proto se často stává, že ploštice vylezou až po zanesení šišek do teplé domácnosti. Původně se tato ploštice vyskytovala v Kanadě, kde byla považována se škůdce na borovicích. Je schopna odolávat velkému mrazu, přesto se v zimě stěhuje do lidských příbytků.

Kněžice mlhovitá (*Rhaphigaster nebulosa*) je také uváděna jako nepůvodní druh. Je to větší středomořská ploštice, která má na světlém podkladu drobné černé skvrnky. Na území ČR se začala ve větším míře vyskytovat od počátku 90. let minulého století. Preferuje ovocné stromy a keře. Přezimuje jako dospělec, proto se na zimu uchyluje do budov ve městech.

Od roku 2004 se na našem území vyskytuje menší ploštice blánatka lipová (*Oxycaenus lavaterus*) z čeledi Lygaeidae. Je to asi 6 mm dlouhá ploštice s nápadně lesklou membránou polokrovek. Často vytváří početné skupiny na lipách. Je to původně středomořský druh, který se od roku 1970 šíří na sever. První výskyt na našem území byl popsán z jižní Moravy, kde dnes náleží k běžným druhům. Nejsevernější výskyty jsou u Olomouce. Z Čech je blánatka známá z okolí Českých Budějovic.

Možným invazivním druhem je zeleně zbarvená kněžice *Nezara viridula*. Její výskyt lze očekávat v teplejších oblastech republiky. Potencionálně se může stát významným škůdcem na zemědělských plodinách.

2.8 Výstražné zbarvení

Ploštice jsou skupinou, u které lze nalézt dokonalé příklady výstražného zbarvení. I když většina ploštic má spíše kryptický vzhled, některé výstrahu používají v případě napadení. Pod křídly mají na svrchní straně nápadně zbarvený zadeček, které má červenou nebo oranžovou barvu, nebo je černo-žlutě skvrnitý a připomíná tak výstražný vzhled blanokřídlého hmyzu (Obr. 42). Tento žlutočerný vzor je i u některých klopušek (Obr. 18). Četné druhy ploštic kombinují červenočerný vzor (Obr. 28, 46, 47, 71), nebo mají alespoň červené skvrny (Obr. 16, 17). Kněžice páskovaná je po slunéčku asi neznámější hmyz s výrazným červenočerným zbarvením (Obr. 52, 53) a tento vzor sdílí s dalšími druhy (Obr. 54). Dávají najevo svoji jedovatost nebo nechutnost nebo alespoň napodobují vzhled jiných, jedovatých nebo jinak nebezpečných druhů. Signál může být ještě zesílen, pokud je jedinců stejného druhu více. Agregace stovek a tisíců ruměnic na kmenech stromů vytváří už na dálku patrnou velkou rudou skvrnu, které se každý rozumný predátor vyhne (Obr. 29, 30).

Výhoda výstražného zbarvení, kromě vlastní ochrany, je i v potlačení potravních konkurentů. Ti, kteří výstražný vzhled nemají, mohou jen obtížně využívat potravní zdroje chráněných a nebezpečně vypadajících druhů. Běžným příkladem jsou skupinky kněžic páskovaných na složených okolících mrkvovitých rostlin.

2.9 Pachové žlázy

Účinnou obranou proti predátorům jsou pachové žlázy ploštic. Jejich vývody leží na břišní straně třetího hrudního článku a u některých ploštic k nim přiléhá i odpařovací ploška.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pach je velmi pronikavý a obecně je pro člověka nepříjemný. Produktem mohou být i pachy příjemné, u vroubenky červené (Obr. 34) voní po skořici.

2. 10 Kryptický vzhled

Ploštice jsou mistři ve využití kryptického vzhledu. Většina ploštic má hnědavou nebo hnědozelenou barvu, podle toho, zde se pohybují v suché nebo zelené vegetaci (Obr. 55, 61, 63). Stromové druhy dokonale napodobují povrch kůry stromů (Obr. 70). Ploštice žijící na travinách mají silně protažené tělo (Obr. 27, 69). K přežití ploštic napomáhají i další znaky. Patří k nim schopnost skákat u některých klopušek, obalování těla detritem (u zákeřnic), rozbití obrysu těla pomocí tmavých skvrn (hrabulky) (Obr. 15). Podélné pruhy rozbíjejí známé obrysy těla u mnoha klopušek (Obr. 25, 26). Na povrchu těla mají ploštice různé výrůstky, které připomínají suchá semena rostlin nebo uschlé a rozpadlé části květů (Obr. 49, 50, 51). Kropenatý povrch otevřené půdy také napodobují některé zemní ploštice barvou a rozptýlenými skvrnami na těle (Obr. 56, 59).

2.11 Typické biotopy

I když ploštice obývají nejrůznější typy biotopů, některé si přeci jenom zaslouží větší pozornost. Pro vodní ploštice jsou ideálním místem stojaté zarostlé vody, pokud možno bez ryb. Ideální jsou zatopené pískovny, lomy, požární nádrže, ale také koupaliště nebo příkopy. Řada druhů se zdržuje v blízkosti vod, na písčitých náplavech nebo mezi detritem napadaným do vody. I na samotné hladině nalezneme četné druhy ploštic, navíc nápadné rychlými pohyby.

Velké druhy kněžic nalezneme na ruderalní vegetaci výsypek, rumišť a opuštěných polí. Zahrady jsou rovněž dobrým místem pro výskyt ploštic, spíše menších, zejména klopušek a kněžic. Na úbořích hvězdnicovitých rostlin nalezneme mnohé druhy menších ploštic, zejména klopušek.

Ve volné přírodě jsou bohatými místy spíše xerothermní, tj. sušší a teplejší stanoviště. Na suchých stráních a skalních stepích se vyskytují mnohé druhy, které bychom jinde nenalezli.

Některé větší druhy ploštic nalezneme i na listnatých stromech, jejich listech nebo na kůře, případně i pod ní. Naproti tomu jehličnanové monokultury jsou na ploštice chudé, i když můžeme narazit na druhy specializované na život v šiškách.

Pokud chceme blíže poznat ploštice, neobejdeme se bez botanických znalostí. Mnoho druhů je vázáno na konkrétní živnou rostlinu. Pokud takovou rostlinu objevíme, stojí za to ji důkladně prohlédnout. Nalezneme tak druhy malé, ale to zajímavější, zejména síťnatky, klopušky, podkornice a mnoho dalších. Mnoho druhů drobných ploštic nalezneme i v mechu a v detritu listnatých lesů.

3 Přehled vybraných ploštic

Infrařád Nepomorpha

S výjimkou klešťanek (*Corixidae*) dravé ploštice žijící ve vodě. Tykadla jsou krátká, kratší než hlava, uložena na ventrální ploše hlavy. U nás pět čeledí s asi 40 druhy.

ČELEĎ CORIXIDAE - KLEŠŤANKOVITÍ

Asi 30 býložravých druhů ve stojatých vodách. Klešťanka (*Sigara falleni*) (Obr. 11) a více druhů tohoto a dalších rodů je hojně rozšířeno ve stojatých vodách.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ČELEĎ NOTONECTIDAE - ZNAKOPLAVKOVITÍ

Asi 6 druhů, mají silně klenuté tělo. Znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*) (Obr. 4) je hojný druh ve stojatých vodách na celém území České republiky.

ČELEĎ NEPIDAE - SPLEŠŤULOVITÍ

Naše největší plošnice, u nás jen dva druhy. Osmý segment abdomenu je protažen ve dva dýchací sifony. Splešťule blátivá (*Nepa cinerea*) je velmi hojná na okrajích vod. Podobný štíhlý druh jehlanka válcovitá (*Ranatra linearis*) žije ve spleti vodních rostlin v tůňkách a rybnících, vyskytuje se roztroušeně. Dožívá se dvou let.

ČELEĎ NAUCORIDAE - BODULOVITÍ

U nás jen jeden druh, bodule obecná (*Ilyocoris cimicoides*) (Obr. 5). Citelně bodá. Žije v čistých zarostlých vodách v nižších polohách.

ČELEĎ APHELOCHEIRIDAE - HLUBENKOVITÍ

U nás jediný vzácný druh žijící na dně mělkých proudících vod, hlubenka skrytá (*Aphelocheirus aestivalis*) (Obr. 6), uváděný i v "Červené knize" fauny České republiky.

Infrařád Gerromorpha

Dravé plošnice, obývající hladinu vod nebo rozhraní vody a země. První pár křídel nevytváří polokrovky, ale má charakter krytek (tegmina). Tykadla delší než hlava.

ČELEĎ HYDROMETRIDAE - VODOMĚRKOVITÍ

U nás dva druhy. Hlava je nápadně protáhlá. Vodoměrka štíhlá (*Hydrometra stagnorum*) (Obr. 10) je zoosugní, kráčivě se pohybuje na hladině stojatých vod a při lovu nepoužívá končetiny.

ČELEĎ GERRIDAE - BRUSLAŘKOVITÍ

U nás je několik druhů, pohybujících se po hladině stojatých vod odrazy druhého a třetího páru noh. Bruslařka obecná (*Gerris lacustris*) je zoosugní, s krátkýma předníma nohama, která využívá při lovu (Obr. 7, 8).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 4 Znakoplavka obecná
Notonecta glauca



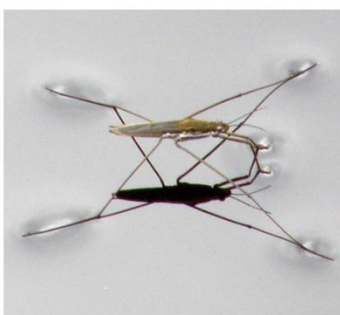
Obr. 5 Bodule obecná
Ilyocoris cimicoides



Obr. 6 Hlubenka skrytá
Aphelocheirus aestivalis



Obr. 7 Bruslařka obecná
Gerris lacustris



Obr. 8 Bruslařka obecná
Gerris lacustris



Obr. 9 Hladinatka člunohřbetá
Velia caprai



Obr. 10 Vodoměrka štíhlá
Hydrometra stagnorum



Obr. 11 Klešťanka obecná
Sigara falleni



Obr. 12 Pobřežnice obecná
Saldula saltatoria



Obr. 13 Lovčice velká
Himacerus apterus



Obr. 14 Hladěnka hajní
Anthocoris nemorum



Obr. 15 Hrabulka jižní
Tritomegas sexmaculatus

Infrařád Leptodomorpha

ČELEĎ SALDIDAE - POBŘEŽNICOVITÍ

U nás 22 druhů, žijících převážně na okraji vod. Mají obrovské oči. Pobřežnice obecná (*Saldula saltatoria*) rychle běhá a skáče (Obr. 12).

Infrařád Cimicomorpha

U nás sedm čeledí s více než 480 druhy. Jediný znak odlišující tento infrařád od infrařádu Pentatomomorpha je nepřítomnost trichobotrií na ventrální straně zadečku.

ČELEĎ NABIIDAE - LOVČICOVITÍ

Dlouhý obloukový sosák, který nepřiléhá k tělu. Dravé, zoosugní. Lovčice (*Himacerus apterus*) žije na okraji lesů na bylinách (Obr. 13).

ČELEĎ CIMICIDAE - ŠTĚNICOVITÍ

Mikropterní proštica, tělo je hustě ochlupeno. Parazit. Štěnice domácí (*Cimex lectuarius*) je parazit člověka s noční aktivitou, saje krev. Synantropní.

ČELEĎ ANTHOCORIDAE - HLADĚNKOVITÍ

Zoosugní, drobné rozměry, prognátní hlava. Hladěnka hajní (*Anthocoris nemorum*) je na bylinách, dravá, živí se svluškami a drobným hmyzem (Obr. 14).

ČELEĎ MIRIDAE - KLOPUŠKOVITÍ

Většinou chybí ocelli, jsou zoo- i fyto-sugní. Většinou mají malou velikost, slabě sklerotizované tělo, dlouhá tykadla, dlouhé nohy a pestré zbarvení. Naletují na světlo. U nás desítky rodů, především na bylinách (Obr. 13-27).

ČELEĎ TINGIDAE - SÍŤNATKOVITÍ

Velmi drobné ploštice, štít mají protažený, překrývající celý štítek, polokrovky jsou bez klavu, membrána je celá mřížovitá. Jsou fyto-sugní. Síťnatka (*Derephysia foliacea*) žije na písčitém podkladě, na mateřídoušce a pelyňku. Síťnatka bodláková (*Tingis cardui*) se vyskytuje na bodlácích a pcháčích, síťnatka průhledná (*Dictyla echii*) žije na hadinci a kostivalu a síťnatka mechová (*Acalypta musci*) v lesích pod mechem (Obr. 49-51).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 16 Klopuška trojskvrnná
Capsodes gothicus



Obr. 17 Klopuška trojskvrnná
Capsodes gothicus



Obr. 18 Klopuška kulatohlavá
Globiceps flavomaculatus



Obr. 19 Klopuška obecná
Plagiognathus arbustorum



Obr. 20 Klopuška červená
Lygus pratensis



Obr. 21 Klopuška červená
Lygus pratensis



Obr. 22 Klopuška bramborová
Lygicoris pubulinus



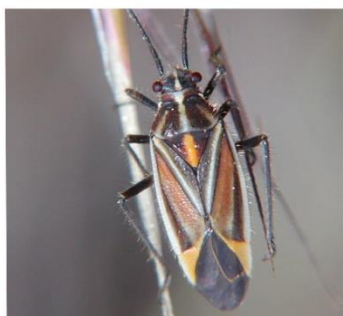
Obr. 23 Klopuška polní
Plagiognathus chrysanthemi



Obr. 24 Klopuška světlá
Adelphocoris lineolatus



Obr. 25 Klopuška velká
Miris striatus



Obr. 26 Klopuška pestrá
Horistus orientalis



Obr. 27 Klopuška stehnatá
Stenodema laevigata

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 28 Ruměnice
Scantius aegyptius



Obr. 29 Ruměnice pospolná
Pyrrhocoris apterus



Obr. 30 Ruměnice pospolná
Pyrrhocoris apterus



Obr. 31 Zákeřnice červená
Rhynocoris iracundus



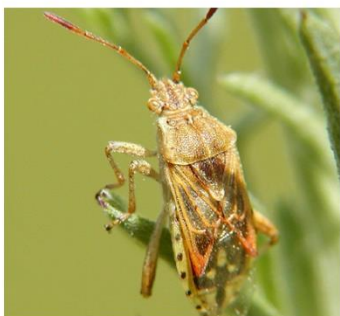
Obr. 32 Zákeřnice červená
Rhynocoris iracundus



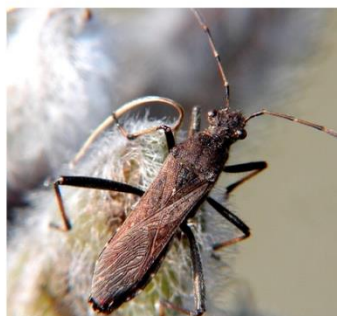
Obr. 33 Zákeřnice červená
Rhynocoris iracundus



Obr. 34 Vroubenka červená
Corizus hyoscyami



Obr. 35 Vroubenkovka obecná
Sticnopleurus punctatonevrosus



Obr. 36 Nohatěnka obecná
Alydus calcaratus



Obr. 37 Vroubenka keřová
Gonocerus ancuteangulatus



Obr. 38 Vroubenka kosočtverečná
Syromastus rhombeus



Obr. 39 Vroubenka trnohná
Coriomeris denticulatus

ČELEĎ REDUVIIDAE - ZÁKEŘNICOVITÍ

Větší druhy různého tvaru, po celém světě. Ocelli na hrbolku nebo chybí. Štít rozšířený, štítek prodloužený, přední nohy jsou loupeživé. Zákeřnice červená (*Rhynocoris iracundus*) (Obr.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

31-33) na stepních stanovištích a v nížinách. Zákeřnice domácí (*Reduvius personatus*) je synantropní, loví pavouky a je častá v domácnostech.

Infrařád Pentatomomorpha**ČELEĎ CYDNIDAE - HRABULKOVITÍ**

Druhově bohatá čeleď, zahrnuje prostředně velké druhy. Mají krátký štítek a holeně se silnými hustými trny. Žijí na nízkých rostlinách nebo na zemi. Fytosugní. U nás 16 druhů z nichž rod *Tritomegas* žije na hluchavce (Obr. 15) a v křovinách, a to i ve vyšších polohách.

ČELEĎ SCUTERELLIDAE - ŠTÍTOVKOVITÍ

Větší druhy, scutellum kryje celý abdomen. Několik druhů u nás. Kněžice obilná (*Eurygaster maura*) je hojná na teplých stanovištích, na travinách. Od nížin do hor. Fytosugní, na obilninách škodí (Obr. 55, 57).

ČELEĎ PENTATOMIDAE - KNĚŽICOVITÍ

Větší druhy, hlava z patrným klypeem a jugou, bodec je čtyřčlenný, tykadla pětičlenná, často velmi dlouhá, jednoduchá očka jsou zřetelná. Chodidla jsou tříčlenná. Čeleď je rozšířena po celém světě, zvláště v teplých oblastech. U nás mnoho desítek druhů, často nápadných velikostí a pestrým zbarvením. Kněžice páskovaná (*Graphosoma lineatum*) (Obr. 52, 53), obývá stepní lokality, nížiny a pahorkatiny. Je fytosugní na miříkovitých. Podobný druh ve žije ve Středomoří (Obr. 54). Kněžice (*Sciocoris cursitans*) (Obr. 56) žije v bylinném patru, na písčitých lokalitách. Kněžice kuželovitá (*Aelia acuminata*) (Obr. 69) obývá suché slunné lokality od nížin do hor, je fytosugní na travinách. Kněžice čistcová (*Eysarcoris venustissimus*) je na hluchavkovitých, na vlhkých lokalitách, od nížin do hor, fytosugní. Kněžice chlupatá (*Dolycoris baccarum*) žije na bylinách a křovinách, je nenáročná na teplo, přítomná i na vlhkých lokalitách od nížin do hor. Kněžice *Carpocoris pudicus*, *Carpocoris fuscispinus* a *Carpocoris purpureipennis* žijí na suchých i vlhkých, spíše teplých lokalitách, spíše v nižších polohách (Obr. 65-68). Podobný druh *C. mediterraneus* je ve Středomoří (Obr. 64). Četné druhy patří rodům *Pitedia*, *Palomena*, *Eurydema*, *Picromerus*, *Rhaphigaster* a dalším (Obr. 59-63). Naše největší kněžice rudonohá (*Pentatoma rufipes*) (Obr. 70) je zástupcem stromových ploštic, žijících na listnáčích, často leze po kmenech.

ČELEĎ ACANTHOSOMIDAE - KNĚZOVITÍ

Větší druhy, fytosugní. Chodidla mají dvoučlanková, třetí břišní článek je uprostřed trnovitě protažen, středohrud' uprostřed nese tenký kýl. Tykadla u nás žijících druhů jsou pětičlenná. Pečují o vajíčka a mláďata. Kněz velký (*Acanthosoma haemorrhoidale*) (Obr. 74) žije na jeřábu. Je to nehojný druh. Kněz mateřský (*Elasmucha grisea*) (Obr. 75) žije na bříze, pečuje o mláďata. Kněz rohatý (*Elasmucha ferrugata*) (Obr. 73) je běžný na borůvkách v borových lesích.

ČELEĎ COREIDAE - VROUBENKOVITÍ

Rozsáhlá čeleď, většinou v tropech. Fytosugní. Tykadla leží při straně hlavy, jsou čtyřčlenná, ústí pachových žláz velmi zřetelná. Čeleď Coreidae se dnes rozpadla na více čeledí: Coreidae, Alydidae, Stenocephalidae, Rhopalidae. Zahrnuje druhy hnědavé, často nápadného tvaru. Vroubenka keřová (*Gonocephalus acuteangulatus*) (Obr. 37, 43) žije na různých druzích keřů. Vroubenka kosočtverečná (*Syromastus rhombeus*) (Obr. 38) žije na bylinách xerothermních

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

stanovišť. Vroubenka smrdutá (*Coreus marginatus*) (Obr. 44, 45) je v bylinném patru, často v zahradách a silně páchne. Nohatěnka obecná (*Alydus calcaratus*) (Obr. 36) žije v bylinném patru, často na lupinách, v blízkosti hnízd mravenců. Vroubenka červená (*Corizus hyosciami*) (Obr. 34) žije na hvězdicovitých rostlinách na slunných lokalitách. Vroubenka americká (*Leptoglossus accidentalis*) je invazivní druh (Obr. 40-42).

ČELEĎ LYGAENIDAE - PLOŠTIČKOVITÍ

Velmi početná čeleď, druhy většinou tmavě zbarvené. Membrána z 4-5 žilek, chodidla jsou tříčlenná, přední stehna někdy ztloustlá s ostny. Tykadla vyrůstají pod spodním okrajem očí. Ploštička luční (*Spilostethus saxatilis*) (Obr. 46) žije na vratiči, řebříčku i ocínu. Ploštička pestrá (*Lygaeus equestris*) (Obr. 47) obývá suché slunné lokality, často na tolitě lékařské.

ČELEĎ PYRRHOCORIDAE - RUMĚNICOVITÍ

Středně velké druhy, rozšířené po celém světě. Nemají vedlejší očka, tykadla jsou čtyřčlenná, štítek je malý, polokrovky s klaviem, koriem a membránou, chodidla tříčlenná. Ruměnice pospolná (*Pyrrhocoris apterus*) (Obr. 29, 30) se vyskytuje na kmenech stromů, zvláště lip a javorů, od února, často v obrovském počtu. Je fyto- i zoosugní, od nížin do hor. Podobný druh je ve Středomoří (Obr. 28).

4 Použitá literatura

- HUDEC, K., KOLIBÁČ, J., LAŠTŮVKA, Z., PEŇÁZ, M. a kol. Příroda České republiky. Průvodce faunou. Praha. Academia, 2007. 439 s. ISBN 978-80-200-1569-3.
- JAVOREK, J. Kapesní atlas ploštic a kříšů. Praha Státní pedagogické nakladatelství, 1978. 400 s.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 40 Vroubenka americká
Leptoglossus occidentalis



Obr. 41 Vroubenka americká
Leptoglossus occidentalis



Obr. 42 Vroubenka americká
Leptoglossus occidentalis



Obr. 43 Vroubenka keřová
Gonocerus acuteangulatus



Obr. 44 Vroubenka smrdutá
Coreus marginatus



Obr. 45 Vroubenka smrdutá
Coreus marginatus



Obr. 46 Ploštička luční
Spilostethus saxatilis



Obr. 47 Ploštička pestrá
Lygaeus equestris



Obr. 48 Pozemka obecná
Rhypachromus vulgaris



Obr. 49 Siťnatka bodláková
Tingis cardui



Obr. 50 Siťnatka kostivalová
Dictyla humuli



Obr. 51 Siťnatka průhledná
Derephysia foliacea

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 52 Kněžice páskovaná
Graphosoma lineatum



Obr. 53 Kněžice páskovaná
Graphosoma lineatum



Obr. 54 Kněžice
Graphosoma semipunctatum



Obr. 55 Štítovka obilní
Eurygaster maura



Obr. 56 Kněžice
Sciocoris cursitans



Obr. 57 Štítovka rudopásá
Odontotarsus purpureolineatus



Obr. 58 Kněžice čistcová
Eysarcoris venustissimus



Obr. 59 Kněžice mlhovitá
Rhaphigaster nebulosa



Obr. 60 Kněžice borová
Pitedia pinicola



Obr. 61 Kněžice zelená
Palomena viridissima



Obr. 62 Kněžice zeleninová
Nezara viridula



Obr. 63 Kněžice
Piezodorus lituratus

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 64 Kněžice
Carpocoris mediterraneus



Obr. 65 Kněžice obecná
Carpocoris purpureipennis



Obr. 66 Kněžice měnlivá
Carpocoris pudicus



Obr. 67 Kněžice rohatá
Carpocoris fuscispinus



Obr. 68 Kněžice chlupatá
Dolycoris baccarum



Obr. 69 Kněžice kuželovitá
Aelia acuminata



Obr. 70 Kněžice rudonohá
Pentatoma rufipes



Obr. 71 Kněžice červená
Eurydema dominulus



Obr. 72 Kněžice zrnitá
Troilus luridus



Obr. 73 Kněz rohatý
Elasmucha ferrugata



Obr. 74 Kněz velký
Acanthosoma haemorrhoidale



Obr. 75 Kněz mateřský
Elasmucha grisea



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5 Kontakt na autora

doc. RNDr. Michal Mergl, CSc.

Západočeské univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Centrum biologie, geověd a
envigogiky, Klatovská 51, 30619, Plzeň

mmergl@cbg.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

ODBORNÝ KEMP PŘÍRODOVĚDNÝCH OBORŮ – BIOLOGICKÝ KEMP

MAKROZOOBENTOS NA SOUTOKU MŽE A RADBUZY

Luboš ZELENÝ

1 Úvod

Město Plzeň leží na soutoku čtyř velkých řek: Úhlavy, Radbuzy, Mže a Úslavy. Jejich soutokem pak vzniká naše snad nejkrásnější řeka Berounka, řeka bez pramene, jejíž hlavní zdrojnicí je řeka Mže. Budeme-li pátrat v historii, zjistíme, že pojmenování Berounka se prvně objevuje až v 17. Století, a to pro dolní tok řeky Mže v oblasti Berouna. Název Mže se používal pro část toku od Plzně až po Křivoklát až do 19. století (Kopp 2011, s. 3). Ve 20. století pak úředníci na základě vodohospodářské dokumentace i místopisného názvosloví označili Berounkou řeku vzniklou soutokem Radbuzy a Mže u Plzeňského pivovaru Prazdroj. V dnešní době se však setkáme i s názory, že Berounka vzniká až po soutoku s řekou Úslavou u kostela Sv. Jiří v Plzni na Doubravce.



Obr. 1: Soutok Radbuzy a Mže – Berounka



Obr. 2: Soutok Úslavy a Berounky u Sv. Jiří

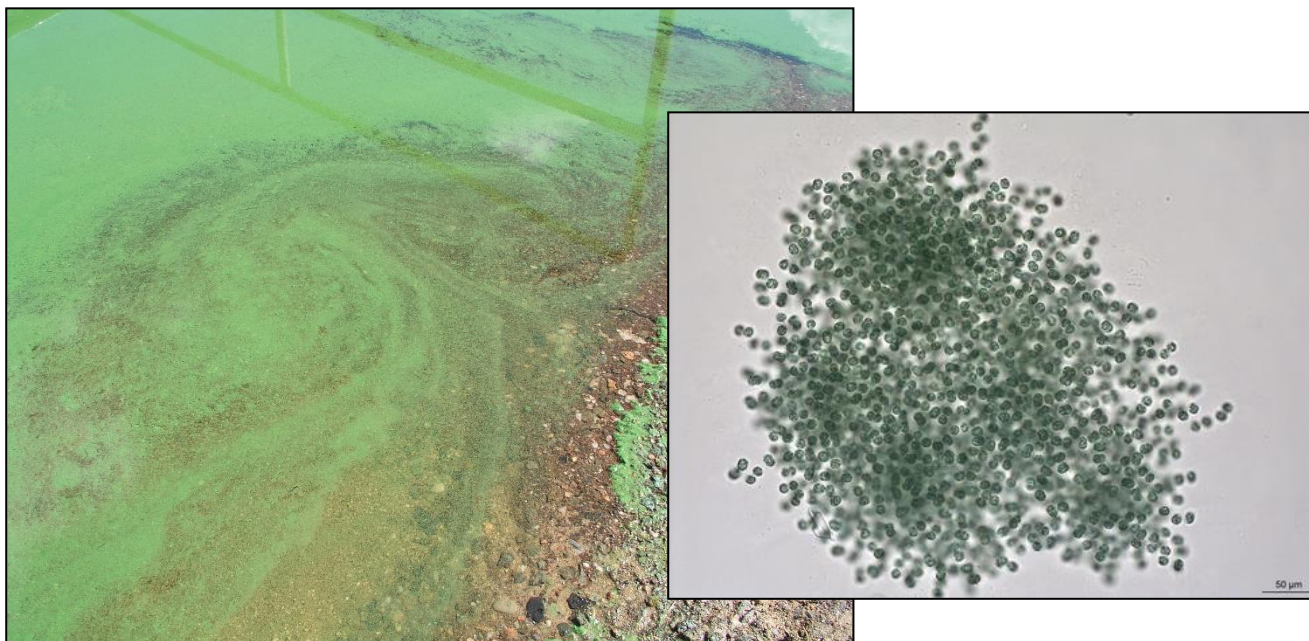
2 Řeka Radbuza

Radbuza pramení na území Českého lesa v oblasti Pivoňských hor na úpatí Lysé hory v nadmořské výšce 689 m. Do soutoku se Mží urazila úctyhodných 111,5 km, plochou povodí (2188 km²) je největší, ale i nejdelší „plzeňskou“ řekou. Protéká většími městy jako je Horšovský Týn, Staňkov, Holýšov, Stod, Chotěšov, Dobřany a Plzeň. Nejvýznamnějšími přítoky jsou Černý potok, Zubřina, Merklínka a Úhlava.

Radbuza protéká zemědělskou oblastí, což se výrazně podepisuje na kvalitě vody. Zejména v období srážek a s tím spojených zvýšených průtoků je Radbuzou unášeno značné množství splavených živin z polí. Nejsou to jen na první pohled viditelné splaveniny včetně zemědělské půdy, ale i nejrůznější látky, které nejsou ve vodě vidět (pesticidy, léčiva, hormony...). Kvalita vody na dolním toku Radbuzy je však daleko více ovlivněna předhradní nádrží České údolí situované mezi obcemi Litice, Valcha a Plzeň. Výstavba přehrady proběhla na začátku 70. let 20. století, hlavní funkcí nádrže je zejména regulace průtoku Radbuzy. Díky znečištění, které Radbuza přináší, se přehrada příliš nevyužívá k rekreaci (snad kromě rybolovu a vodních sportů). Nádrž je silně průtočná, průměrná doba zdržení vody je 2-3 týdny. Znečištění (především vodní květy sinic) je patrné na první pohled zejména v letních měsících, kdy se průhlednost vody pohybuje kolem 50 cm. Pro srovnání, údolní nádrž Nýrsko na Šumavě má ve stejném období průhlednost přesahující 5 m.



Obr. 3: Vodní nádrž České údolí (2007) – zdroj archiv Povodí Vltavy, státní podnik



Obr. 4 (vlevo) a 5 (vpravo):

Masivní rozvoj vodního květu sinic

Sinice rodu *Microcystis* pod mikroskopem (zdroj: <http://cyanobacteria.myspecies.info/>)

2.1 Makrozoobentos řeky Radbuzy

Zhoršená kvalita vody výrazně ovlivňuje složení makrozoobentosu, a to především druhů závislých na teplotě vody a množství rozpuštěného kyslíku. Ve složení převažují druhy „tolerující“ vyšší úroveň organického znečištění, vyšší teplotu vody, spíše nižší hodnoty rozpuštěného kyslíku a zejména s rozvojem vodních květů sinic i vyšší hodnotu pH. Společenstvo v Radbuze je tedy tzv. euryekní. Zcela však postrádáme druhy bioindikační. Jako bioindikátory označuje organismy, jejichž činnost, populace nebo stav může být použita k posouzení kvality životního prostředí. Makrozoobentos je obecně považován za nejvhodnější společenstvo pro bioindikaci. Nejvýznamnějšími skupinami jsou jepice, pošvatky, chrostíci, vážky, ale i zástupci koryšů, ploštic nebo některých měkkýšů.

2.1.1 Výběr ze seznamu nalezených a determinovaných zástupců makrozoobentosu řeky Radbuzy

Oligochaeta (máloštětinatci)

Obr. 6: *Eiseniella tetraedra* (žížala pobřežní)

Jediný vodní druh žížaly.

Žije ve vlhké půdě, močálech, na břehu řek i přímo ve vodě.

Jedna z našich nejmenších žížal.

Tělo je v zadní polovině na průřezu čtyřhranné.



Mollusca (měkkýši)

Obr. 7: *Sphaerium corneum* (okružanka rohovitá)

Velice hojný mlž, na některých lokalitách vytváří silné populace. Snáší živinami bohatší lokality, tůně, rybníky.

Pravidelné lastury peckovitého tvaru.

Živí se filtrací detritu a planktonu.



Pisidium sp. (hrachovka)

Drobný, velmi hojný druh vodního mlže. Snáší dobře živinami bohatší lokality.

Vrcholy lastur jsou posunuty směrem k zadní části lastury.

Živí se filtrací planktonu a detritu.

Obr. 8: *Anodonta cygnea* (škeble rybničná)

Náš největší mlž, dorůstající délky až 250 mm.

Obývá převážně stojaté vody. Jedinci žijící v mírně tekoucích vodách jsou podobní škeblí říční. Lišty ve vrcholku lastur jsou koncentricky uspořádané.

Živí se filtrací planktonu z vody.

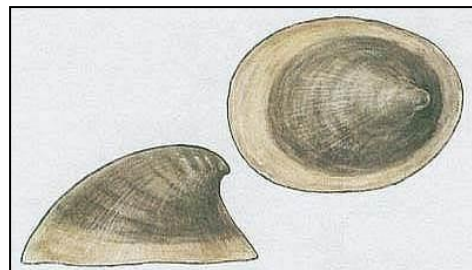
Červený seznam měkkýšů ČR - kategorie VU (zranitelný).



Velmi hojný druh plže. Žije zejména v nižších polohách v nivách větších řek. Ústí ulity je opatřeno trvalým víčkem.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Živí se nárosty, odumřelými i živými částmi rostlin a detritem (Beran 1998, str. 55).



Obr. 9: *Bithynia tentaculata* (bahňivka rmutná) **Obr. 10:** *Ancylus fluviatilis* (kamomil říční)

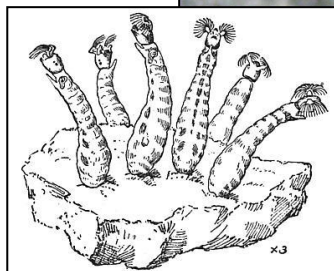
Typický obyvatel rychle tekoucích vod. Živí se seškrabáváním nárostů z povrchu kamenů. Nejčastěji jej nalezneme na svrchní části kamenů. Hojný plž s čepičkovitým tvarem ulity.

Diptera (dvoukřídli)

Obr. 11: Larva muchničky *Simulium* sp.

Žijí často v koloniích v tekoucích vodách, pomocí lepivých žláz jsou přichyceny na rostlinstvu, kamenech, na úlomcích větví atd. Živí se detritem, řasami, bakteriemi, ale i prvoky a drobnými živočichy (Rozkošný 1980, str. 394).

V dospělosti velmi nepříjemný bodavý hmyz (samice), samci se živí rostlinnými šťávami. Mnohé druhy jsou citlivé na kvalitu vody.



Obr. 12: Dospělec a larva čeledi Chironomidae gen. sp. (pakomáři)

Velmi početná skupina druhů s obtížnou determinací. Larvy požírají bakterie, akvaristy jsou nazývané patentky. Dospělci podobní komárům, nesají krev, živí se rostlinnou šťávou. Oblíbená potrava ryb. Snesou vyšší míru znečištění. Podílejí se na samočisticích procesech a mineralizaci organických látek, které jsou rozpuštěné ve vodě.



Obr. 13: Dospělec a larva tiplice *Tipula sp.*

Larvy žijí ve vodě zahrabány mezi zahnívajícím listím a vodními rostlinami ve stojatých i v tekoucích vodách.



Larvy požírají rozkládající se zbytky rostlin. Dospělci mají dlouhé a křehké nohy, které v případě nebezpečí odlamují. Přijímají pouze tekutou stravu, vodu a nektar.

Trichoptera (chrostíci)

Velmi početná a rozmanitá skupina vodních živočichů, žijí ve všech typech tekoucích i stojatých vod, kde vyhledávají nejrůznější biotopy (rostliny, kameny, bahno, písek...). Většina druhů si vytváří přenosné schránky. Mnohé druhy jsou citlivé na kvalitu životního prostředí (bioindikátory). Jsou vyhledávanou potravou ryb.

Obr. 14: *Hydropsyche pellucidula*

Velmi běžný druh bezschránkatého chrostíka. Vytváří sítě v proudných úsecích toku, do kterých chytá potravu (organický detrit, řasy, bakterie...).

Přispívá k procesu samočištění, podílí se na destrukci organické hmoty v prostředí.





Obr. 15: Lapací síť chrostíka rodu *Hydropsyche*

Ephemeroptera (jepice)

Početná skupina vodních bezobratlých živočichů.

Žijí ve všech typech tekoucích i stojatých vod. Nalezneme je pod kameny, na vodní vegetaci, v písku či bahně. Velmi citliví na kvalitu vody, zejména na její teplotu a množství rozpuštěného kyslíku. Významní bioindikátoři.

Larvy se živí zejména seškrabáváním nárostů. V dospělosti potravu nepřijímají, žijí jen několik dnů, odtud známé rčení „jepičí život“.



Obr. 16: larva a dospělec jepice rodu *Baetis*

Běžný druh pod kameny v tekoucích vodách.
Na zadečku tři charakteristické štěty.
Žábra ve tvaru vejčitých lístků.
Snese větší míru organického znečištění.
Oblíbená potrava ryb, zejména pstruhů.



Obr. 17: Larva jepice *Potamanthus luteus* (j. žlutá) a detail žaberních lupínek

Hojný druh jepice, vyskytující se především
v parmových úsecích řek. Žije pod kameny.
Charakteristické keříčkovité žaberní lupínky.
Živí se seškrabáváním nárostů.



Obr. 18: Larva jepice *Ephemerella ignita*



Velmi hojný druh jepice tekoucích vod.
Vyskytuje se zejména na kamenech
v proudící vodě.
Živí se seškrabáváním nárostů.
Zřetelně tmavě kroužkované štěty.

3 Řeka Mže

Mže pramení na území Německa
v Griesbašském lese v nadmořské výšce 725
m. Do soutoku s Radbuzou v Plzni měří 106,5
km a zaujímá 1 824 km² plochy povodí. Protéká většími městy, jako je Tachov, Stříbro, Město
Touškov a Plzeň. Nejvýznamnějšími přítoky jsou Hamerský potok, Kosový potok, Úhlavka,
Úterský potok či Vejprnický potok.

Na Mži se nacházejí dvě významné vodní nádrže, Lučina a Hracholusky. Přehrada Lučina
u Tachova byla vystavěna v letech 1971-1974 na ploše kolem 73 ha. Kamenná sypaná hráz je
vysoká 21 m a dlouhá 173 m. Přehrada slouží jako zásobárna pitné vody pro Tachov a okolí,
zároveň plní funkci ochrany před povodněmi. Potíže při úpravě vody způsobuje zejména hnědé
zbarvení vody, které je zapříčiněné vyluhovanými huminovými látkami z okolních pramenišť

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

a rašelinišť. Ve vegetační sezóně bývá mnohdy problém s bujným rozvojem vodního květu sinic.

Obr. 19: Sinicový vodní květ na nádrži Lučina u Tachova (1. srpen 2007)



Zhruba o 70 říčních km níže po proudu byla v letech 1959-1964 vybudována přehrazením řeky Mže vodní nádrž Hracholusky s celkovou plochou kolem 470 ha. Sypaná hráz je dlouhá 270 m a vysoká cca 27 m. Na rozdíl od Lučiny neslouží jako zásobárna pitné vody, plní zejména funkci rekreační a ochrany před povodněmi. Na hrázi je malá vodní elektrárna s instalovaným výkonem generátoru 2,55 MW.

Obr. 20: Povodně na nádrži Hracholusky 5. ledna 2003



Stejně jako na Lučině, tak i na Hracholuskách dochází ve vegetační sezóně k rozvoji vodního květu sinic. Patrné je to zejména v horních částech nádrže (Butov, železniční most a v okolí silničního mostu). V některých letech jsou zasaženy i níže položené profily jako je Radost či okolí hráze. Obecně lze říci, že k rozvoji vodního květu sinic přispívá člověk zejména nevhodným hospodařením s odpadními vodami. Hracholusky jsou vyhlášenou rekreační oblastí s nespočtem chat, chalup a rekreačních zařízení. Nečištěné odpadní vody jsou bohatým zdrojem fosforu, což je hlavní „potrava“ a spouštěč rozvoje planktonních sinic. Stejný problém způsobuje kupř. nevhodné zemědělské či lesnické hospodaření v okolí nádrže, ale i v celém povodí.

3.1 Makrozoobentos řeky Mže

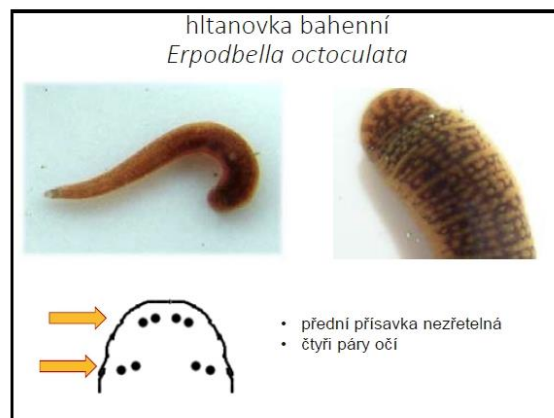
Zejména díky vodní elektrárně vypouštějí Hracholusky spodní vodu, která významně ovlivňuje složení makrozoobentosu v řece Mži. Spodní voda je často velmi chudá na rozpuštěný kyslík, má odlišný chemismus než voda přitékající do přehrady a daleko nižší teplotu než u hladiny nádrže. Společně s kolísáním průtoků během roku je teplota vody hlavním faktorem ovlivňujícím společenstva bentosu. Převažují zejména chladnomilné druhy a druhy, které se dokázaly vyrovnat s extrémními hydrologickými výkyvy (snížení průtoků, špičkování...). Mnohdy se v takové úseku řeky vyskytují druhy, které by se zde jinak neuplatnily (vranka obecná – *Cottus gobio*).

3.1.1 Výběr ze seznamu nalezených a determinovaných zástupců makrozoobentosu řeky Mže

Hirudinea (pijavice)

Obr. 21: *Erpobdella octoculata* (hltanovka bahenní)

Velmi hojný druh pijavice. Vyskytuje se ve všech typech tekoucích i stojatých vod. Žije na dně pod kameny. Dravec, který se specializuje na máloštětinaté červy. Výskyt pijavic bývá zpravidla spojován se zhoršenou kvalitou vody. O míře zatížení prostředí organickými látkami neinformuje ani tak přítomnost druhu, jako jeho četnost.



Acari (roztocí)

Obr. 22: Hydracarina (vodule)

Početná skupina vodních roztoců, žijí na dně a na vodních rostlinách. Složitý vývojový cyklus.

Dravci, parazitují na létajícím hmyzu a na vodních bezobratlých živočiších.

Často bývají pestře zbarvené.



Mollusca (měkkýši)

Obr. 23: *Potamopyrgus antipodarum* (písečník novozélandský)

Invazivní druh drobného plže, který se k nám do volné přírody dostal vlivem neukázněného chování některých akvaristů.

Ulita je opatřena trvalým víčkem.

Rozmnožuje se partenogeneticky, na příhodných lokalitách vytváří velmi husté populace, čímž vytlačuje původní druhy měkkýšů. Přenašeč nejrůznějších parazitů.



Plecoptera (pošvatky)

Obr. 24: *Leuctra geniculata*

Zajímavý druh pošvatky, který se na naše území rozšířil z jihozápadní Evropy. První nález v ČR pochází z roku 2003 z řeky Střely v Nebřezinách. V současné době se jedná o velmi hojný druh na Mži a spodní Úhlavě. Postupně se šíří dále po Berounce (Nižbor).

Poznatelná podle typických výrůstků na tykadlech. Je tolerantní vůči znečištění.



Trichoptera (Chrostíci)

Obr. 25: *Rhyacophila nubila* (chrostík potoční)

Celkem běžný druh chrostíka, který si nestaví přenosné schránky. Obývá větší toky pahorkatin a nížin, preferuje rychleji proudící úseky toku. Na rozdíl od ostatních druhů svého rodu snese i poměrně větší znečištění. Má typicky uskupené tracheální žábry. Larvy jsou predátoři, živí se aktivním lovem jiných bezobratlých živočichů.



Coleoptera (brouci)

Obr. 26: Larva a dospělec brouka rodu *Elmis* (vodnář)

Celkem běžný druh brouka, obývající chladnější tekoucí vody s dostatečným množstvím rozpuštěného kyslíku. Žijí pod kameny nebo na vodní vegetaci. Živí se seškrabáváním mikroskopických nárostů řas a bakterií. Patří mezi bioindikátory kvality vody. V ČR 5 druhů.



Obr. 27: Larva a dospělec brouka rodu *Limnius*

Obývá podobné biotopy jako předešlý druh, často jsou na jedné lokalitě společně. Larvy mají rovnoměrně válcovité tělo. Dospělci jsou silně sklerotizovaní a tmaví. Neplavci, mají silné nohy s drápkami. Patří mezi bioindikátory kvality vody. V ČR dva druhy.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4 Závěr

Makrozoobentos byl odebrán pomocí ruční bentosové sítě, metodou *kick sampling*. Metoda je založena na tzv. multihabitatovém odběru, při kterém jsou jednotlivé habitaty v toku (kupř. mělčina, proudící voda, vodní rostliny, břehová hrana) vzorkovány úměrně podle jejich výskytu v odběrovém úseku. Při odlovu se postupuje směrem proti proudu řeky, aby se nenarušovala ještě neprozkoumaná plocha. Uvolněné organismy jsou splavovány proudem vody do sítě. Do sítě jsou rovněž opírány ponořené vodní rostliny, listy suchozemských rostlin splývající do vody, kořeny stromů, větve apod. Výskyt přisedlých organismů je třeba dodatečně kontrolovat prohlížením kamenů a jejich případným omytím rukou.

Obr. 28: Třídění vzorku makrozoobentosu v terénu



5 Použitá literatura

CAIS, J. a VOLDŘICH L. Průvodce naučnou stezkou údolím Radbuzy. 1. Vyd. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2011. 64 s. ISBN 978-80-260-0199-7.

KOPP, J. Průvodce naučnou stezkou Údolím Mže a Berounky. 1. vyd. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2011. 80 s. ISBN 978-80-260-0198-0.

ROZKOŠNÝ, R. (red.). Klíč vodních larev hmyzu. 1. vyd. Praha: Československá akademie věd, 1980. 524 s.

6 Kontakt na autora

Mgr. Luboš Zelený
Povodí Vltavy, státní podnik
Vodohospodářská laboratoř Plzeň
lubos.zeleny@pvl.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

ODBORNÝ KEMP PŘÍRODOVĚDNÝCH OBORŮ – BIOLOGICKÝ KEMP

PARKOVÉ JEZÍRKO JAKO ZAJÍMAVÝ VODNÍ EKOSYSTÉM: SNAHA O ŘÍZENÍ KVALITY VODY BIOMANIPULACÍ

Jindřich DURAS

1 Úvod

Parková jezírka mají velmi zvláštní postavení. Mají dotvářet park svou atraktivní čistou vodou, nejlépe také bohatě kvetoucí vodní vegetací, čile by v průzračné vodě měly rejdit „zlaté rybky“ a dojem by měla dotvářet sem tam nějaká labuť či kačenka. Zdánlivě jednoduché zadání - otázka ale je, jak takového malého zázraku docílit. V čem je problém?

Jak udržet čistou – myslí se hezky průhlednou – vodu? Základní podmínkou je co nejvíce omezit obsah živin. Tou nejdůležitější živinou je v naprosté většině sladkých vod na světě FOSFOR, bez něhož se neobejde žádný živý organismus. Když je málo fosforu, bude i malá biomasa vodních organismů – řas, sinic, zooplanktonu i ryb. Výjimečně může hrát významnou roli i dusík, ale to jen opravdu výjimečně. Jednak je dnes dusíku dostupného vodním organismům v našem životním prostředí poměrně hodně (například dusičnanové a amonné ionty v dešťové vodě) a jednak sinice si dokážou dusík brát přímo ze vzduchu (fixace N).

Musíme tedy jezírko napustit čistou, neznečištěnou vodou. Vodu s tak nízkým obsahem fosforu, jaký bychom potřebovali, ovšem máme k dispozici pouze v čistých horských (třeba šumavských) potocích. Můžeme si ale pomoci tím, že napouštěnou vodu ošetříme nějakou hlinitou solí – síranem hlinitým nebo polyaluminiumchloridem (PAX). Hlinitý preparát přejde ve vodě rychle na bělavou sraženinu hydroxidu hlinitého, která má schopnost pevně na sebe vázat rozpustné sloučeniny fosforu (fosforečnany), které pak nemůže pro svůj růst využívat fytoplankton. Nevznikne tedy vegetační zákal a voda zůstane čirá.

Jak prosté. Potíž je, že fytoplanktonní řasy jsou velmi skromné, takže už nepatrný vstup živin (spadané listy, splaveniny za deště) dokáže podpořit jejich růst. A co teprve zlaté rybky! Zlatý jesen, zlatý karas a koi kapr. Vše, co projde jejich zaživačím traktem, se přemění na rozpuštěné – tedy výborně dále využitelné – živiny. Zcela stejně fungují i kachny a labuť, které jsou navíc i hygienickým rizikem, protože jejich trus zhusta obsahuje patogenní (choroboplodné) bakterie (*Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*...). Návštěvníci parku se navíc vyznačují velkou chutí ryby a kachny krmit pečivem, přičemž si nezvládají uvědomit, že takových jako oni projdou kolem minimálně stovky denně a do vody se dostanou desítky kilogramů pečiva. Vodním ptákům ani rybám tato nepřírozená potrava bez vitamínů a dalších potřebných látek nedělá vůbec dobře, trpí podvýživou (avitaminózy), sníženou obranyschopností vůči nemocem a někdy dochází až k úhynu. Prostě ani zvířata nemají rozum a dokážou se cpát nezdravými věcmi. Ale zpět k čisté vodě. Zkrmené pečivo se při zažívání kachen také mění na živiny využitelné organismy vodního ekosystému. Snaha o co nejnižší obsah živin se tak posunuje do úrovně zbožných přání, protože dávkovat hlinité koagulanty do vody průběžně není možné, aby se nenarušil celkový chemismus vody.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zmínil jsem „nezbytnost“ bohatě kvetoucí vodní či mokřadní vegetace. Zahradnické firmy dodávají řadu druhů, obvykle exotických, neboť naše domácí rostliny jim nepřijdou dostatečně poutavé. A máme další problém. Aby tyto náročné rostliny byly tak krásné a bohatě rostly a kvetly, potřebují také bohaté zásobení živinami. Proto se sázejí do speciálních zahradnických substrátů. Je zřejmé, že právě odtud se pak do vody dostává další silná dávka živin. Snaha o čistou vodu bez živin tak dostává další ránu. Jak tedy dostat požadavku na tu čistou vodu?! Cesty jsou dvě: kombinace vyspělých technologií a biomanipulace.

V současnosti není problém vybudovat vedle jezírka domek se „strojovnou“. Z jezírka se nepřetržitě čerpá voda do technologické linky, kde dochází k řadě procesů. Hrubá filtrace odstraňuje listí apod., ozonizace je proti zápachu a také štípe delší organické molekuly, vícenásobná písková filtrace zachycuje jemné částičky, trubice s UV lampami zabijí ve vodě vše živé (tzv. germicidní účinek), intenzivní provzdušnění odvětrává některé produkty čištění či přidávaný ozón. Zařadit se může i poměrně drahá filtrace přes aktivní uhlí, nebo chlorace následovaná ale někde dále i dechlorací, aby jezírko nepáchlo chlórem a zlaté rybky neuhynuly. Ano, je to složité, ale řada firem to zvládá. Pouze je tento postup dost drahý nejen na pořízení (investice), ale také na provoz a spotřebu energií. A najednou už se nejedná o ekologické přírodní jezírko, ale naopak o umělé a dost neekologické zařízení.

Biomanipulace je postup, kdy na základě znalosti vztahů mezi jednotlivými skupinami organismů a také mezi organismy a jejich prostředím se snažíme ovlivnit celý ekosystém. V případě jezírka využíváme úpravy potravního (trofického) řetězce, abychom docílili právě té tolik žádané průhledné vody. Na příkladu plzeňské Mlýnské strouhy si ukážeme, jak zajímavá taková biomanipulace je a jak i jednoduché jezírko může hydrobiologům dělat těžkou hlavu.

Pro úplnost je ještě třeba dodat, že máme ještě možnost prostě nechat jezírko jeho vlastnímu vývoji a do ničeho nezasahovat. To je ideální a neekologičtější přístup - jenže v hustě přelidněném parku nikdy neuspěje. Stížnosti lidí na zákal, vláknité řasy a vodní vegetaci – což městská veřejnost vnímá jako nepořádek, nakonec vždycky donutí správce k jednomu z výše popsaných postupů, tedy buď k instalaci „strojovny“ nebo k pokusu o biomanipulaci.

2 Jednoduchá biomanipulace na příkladu městské nádrže Mlýnská strouha v Plzni

Jezírko Mlýnská strouha (2000 m²) bylo napuštěno v dubnu 2010, aby dotvářelo charakter parkové úpravy ve středu města Plzně. Požadavek na kvalitu vody byl zásadní – čistá voda působí psychologicky velmi příznivě, a tak výrazně zvyšuje atraktivitu území pro lidi. Úkol byl dosáhnout čisté vody pokud možno bez použití složitých technologií a chemických látek. V historické části Plzně ani nebylo, kam „strojovnu“ s jezírkovými technologiemi umístit.

Mlýnská strouha je oproti běžným rybníkům velmi zjednodušeným ekosystémem, kde je možné striktně regulovat rybí obsádku i množství přitékající vody a kde také nejsou bohaté vrstvy bahna. Proto zde byla uplatněna biomanipulace tzv. „klasická“ neboli hrbáčkovská (dle dr. Hrbáčka, jednoho ze zakladatelů české hydrobiologie). Klasická biomanipulace využívá vztahu:

živiny (fosfor) ⇒ fytoplankton ⇒ filtrující zooplankton (perloočky) ⇒ planktonožravé ryby ⇒ dravé ryby

Uvedené schéma je typický příklad tzv. „bottom up“ (zdola) regulace. Omezením dostupnosti fosforu se zastaví růst fytoplanktonu, zooplankton strádá nedostatkem potravy a ani ryby pak nemají co žrát. Jak již bylo řečeno: Množství fosforu určuje rozvoj řas, zooplanktonu i rybí obsádky.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V praxi ovšem působí v uvedeném schématu místo šipek jednosměrných (\Rightarrow) vždy šipky obousměrné (\Leftrightarrow), neboť ovlivňování je u všech článků tohoto potravního řetězce vzájemné. V praxi se setkáváme zejména s tím, že planktonožravé ryby se dokážou ve stojatých vodách rychle rozmnožit a zdecimovat svým predacním (vyžíracím) tlakem velké druhy zooplanktonu. Tím je ovšem zásadně oslaben i filtrační tlak zooplanktonu a dochází k rozvoji fytoplanktonu, který se rychle vymkne kontrole, zvláště když je podporován přísunem živin z exkrementů planktonožravých ryb. Pak lze ve vodě pozorovat hustý vegetační zákal: hnědý (rozsivky), zelený (zelené řasy).

Cílem klasické biomanipulace je čirá voda bez fytoplanktonu, která je vhodná ke koupání, k vodárenskému využití – a například také k pěknému vzhledu parkového jezírka. Zde využíváme ale opačného směru regulace, tzv. „top-down“ (shora):

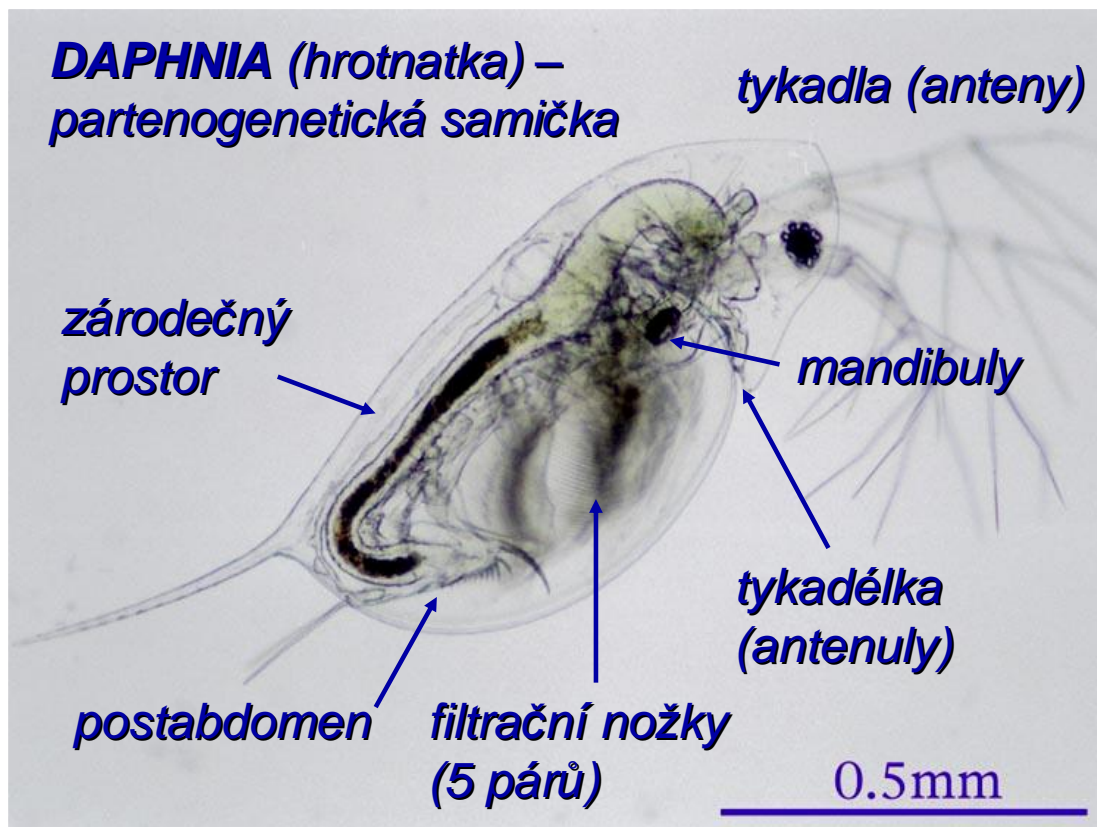
živiny (fosfor) \Leftrightarrow fytoplankton \Leftrightarrow filtrující zooplankton (perloočky) \Leftrightarrow planktonožravé ryby \Leftrightarrow dravé ryby

V praxi se snažíme prostřednictvím vysazování dravců nebo odlovem udržet na uzdě rozvoj planktonožravých ryb tak, aby byla umožněna existence bohatého velkého perloočkového zooplanktonu, který odfiltruje vegetační zákal a voda zůstane čirá. Skoro by se chtělo říci spolu se Sherlockem Holmesem: „Jak prosté, Watsone!“ Uvidíme ale, že v praxi to tak jednoduché zase není.

Do jezírka Mlýnská strouha byly hned po napuštění nasazeny velké perloočky: hrotnatky *Daphnia pulicaria* a *Daphnia galeata*, které se vyznačují vysokým filtračním tlakem na fytoplankton. Dokážou tedy zajistit dlouhodobě průhlednou vodu. Je to vlastně tak, jako bychom místo jednoho velkého filtračního zařízení, které pracuje za vysoké spotřeby elektrické energie na břehu, nasadili do vody spoustu malinkých živých filtříků, které se samy rozmnožují a samy regulují svoji početnost a fyziologickou aktivitu podle dostupnosti potravy. To vše zcela zadarmo a ekologicky. Navíc si do jezírka mohou chodit pro dafnie akvaristi.

Úkolem pro hydrobiologa je odhadnout, kolik ryb se do takového jezírka může dát, aby nestačily vyžrat velké perloočky. Pak by se živin ve vodě (z exkrementů ryb) chopil fytoplankton a následující vegetační zákal by pak byl řešitelný pouze odlovem větší části rybí obsádky, aby mohly dafnie obnovit svou populaci a fytoplankton znovu odfiltrovat.

Ukázalo se, že zhruba 10 větších koi kaprů a několik dalších ryb (zlatá forma jelce jesena) jezírko „unesé“ a perloočky udrží svou populaci, a tím i čistou vodu. A tady se objevilo první riziko. Koi kapři mají tendenci se v mělké prohřáté vodě jezírka někdy koncem května vytřířit. Stejně tak i zlatí jeseni - a pokud nám nějaký dobrodinec vhodí do jezírka také zlaté karásky, kteří se v potravou výborně zásobeném jezírku vytřou za sezónu třeba 6x-7x, je pohroma zajištěna. Potěr se krmí dafniemi a rychle roste. Roste také jeho spotřeba perlooček. Během měsíce až dvou je pečlivě rozmyšlená a naplánovaná rovnováha pryč: velké perloočky zmizí a voda zezelená. Lidé jsou nespokojení. Pokud se tedy ryby vytřou, musíme – dle biomanipulačního schématu výše – nasadit do boje dravce. Nejlepší proti potěru jsou menší okouni, kteří jsou velmi aktivní predátoři. Kapři plůdek jim ale rychle uroste, a pak zbývá buď vysadit menší štika nebo se pustit do odlovů plůdkovou sítí, tzv. vatkou.



Obr. 1.: Perloočka rodu hrotnatka (*Daphnia*), jako zástupce filtrujícího zooplanktonu.

Vodní rostliny byly původně zasazeny do bohatých výživných substrátů. Nahradili jsme tedy cizokrajné druhy našimi domácími (např. šmel okoličnatý, skřípinec jezerní, kosatec sibiřský a kosatec žlutý...), které dokážou dobře růst i v chudém substrátu (štěrkořísek). Pak teprve se může příbřežní vegetace uplatnit při odčerpávání části živin kořeny.

Důležitou roli hraje asi 5-10 cm silná vrstva malých kamínků (kačírku) na dně jezírka. V této vrstvě pracují v organickém detritu různé bakterie (rozklad organického materiálu), ale také biofilmy rozsivek, a dokonce i husté populace větších organismů, jako jsou larvy pakomárů, máloštětinatí červi, berušky vodní či larvy jepic, vážek a motýlic. Celkově se činnost těchto organismů dá shrnout jako samočištění – rozkládají znečišťující látky. To se v důsledku projevuje tím, že z vody mizí i sloučeniny fosforu.

Mohlo by se zdát, že už vše bude fungovat, jak bychom chtěli, a další komplikace nehrozí. Opak je pravdou. V čiré vodě s dostatkem slunečního světla musí dříve či později dojít k rozvoji zelených vláknitých řas. Ty mají snahu zarůst naprosto celé jezírko a vytvářejí zelenou biomasu, které kolemjdoucí odborně říkají „žabinec“. Zelené řasy jsou podle chemismu vody zastoupeny obvykle buď tzv. žabím vlasem (rod *Cladophora* a *Rhizoclonium*) nebo spájivkami, zejména šroubatkou (*Spirogyra*). Z praktického hlediska je rozdíl v tom, že zatímco žabí vlas lze uchopit a z vody vyhodit, spájivky se trhají, zalepují sítě – prostě ručně moc kontrolovat nejdou. Vzduchují dobře i chemickým prostředkům – navíc s chemií musíme v biomanipulovaném jezírku opatrně. Chemickým zásahem si můžeme sice na jedné straně (krátkodobě) pomoci, ale na druhé straně můžeme narušit vztahy uvnitř ekosystému a přidělat si tak jiné starosti. Nakonec jsme se rozhodli využít schopnosti ryb ostroretěk stěhovavých (*Chondrostoma nasus*).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ostroretky mají spodní příčná ústa uzpůsobená k seškrabování nárostů z kamenů pod vodou. S nárosty rozsivek a jiných řas spasou ostroretky také různé drobné živočichy, takže se vlastně ani moc vegetariánsky neživí. Tím, že mají ostroretky velmi specializovaný tvar úst, nejsou schopné příliš účinně lovit zooplankton. Nejsou tedy zásadní hrozbou pro filtrující perločky, které nám zajišťují průhlednou vodu. To je důležité.

Ukázalo se, že ostroretky, pokud se jich nasadí dostatečně velké množství, dokážou prakticky celou sezónu bránit zeleným vláknitým řasám v rozvoji. Ruční práce by tak byla třeba jen v místech, kam se rybky nedostaly. Do hry nám ovšem vstoupil další nepříjemný faktor – lidé. Tím, že lidé zásobují jezírko pečivem, se voda obohacuje živinami (trávení kaprů a kachen), ale také se ostroretky nakrmí pro ně naprosto nevhodnou potravou a nevěnují se tolik nárostům – navíc si narušují trávení a zdravotní stav. Výsledkem je zvýšený přísun fosforu do vody, což znamená i silnou podporu pro růst vláknitých řas, ale na druhé straně máme sníženou účinnost ostroretok. Vlákničky se tak snadno vymknou kontrole - jakmile biomasa šroubatek převládne, už se velmi těžko zvládá a máme problém až do konce sezóny.

Biomanipulace je poměrně komplikovaná záležitost, protože i polopřírodní ekosystém dokáže hydrobiologům přinášet stále nová překvapení. Jedná se ovšem o přístup ekologický. Pokud se vyskytne situace, kdy jezírko neodpovídá nějakou dobu představám návštěvníků, je třeba poukázat na skutečnost, že Příroda není nějaké zařízení „na knoflík“ a například rozvoj zelených řas je zcela přirozený a nejedná se o žádnou přírodní katastrofu.

V rámci exkurze byly demonstrovány:

~ Zelené vláknité řasy – jejich chomáče mají pozitivní vliv na kvalitu vody, protože odnímají z vody fosfor. Zároveň, pokud by se rozrostly příliš, jsou hrozbou pro estetické působení jezírka. V rámci mikroskopování byla pozorována vlákna šroubatek rodu *Spirogyra*.

~ Zooplankton – perločky, zejména rod *Daphnia*, buchanky a vznášivky. Odlov byl proveden planktonní sítí, část vzorky byl nafixována líhem, část ponechána živá pro mikroskopování v laboratoři.

3 Závěr

V průběhu exkurze a její laboratorního pokračování byly předvedeny nejen jednotliví důležití zástupci vodních živočichů a rostlin, ale zejména jsme se věnovali otázkám, jak ekosystémy stojatých vod vlastně fungují. Tuto funkci jsme sledovali na příkladu biomanipulačních zásahů do polopřirozeného ekosystému jezírka Mlýnská strouha v Plzni. Nejdůležitějším cílem tedy bylo přemýšlet o chování přírodních systémů.

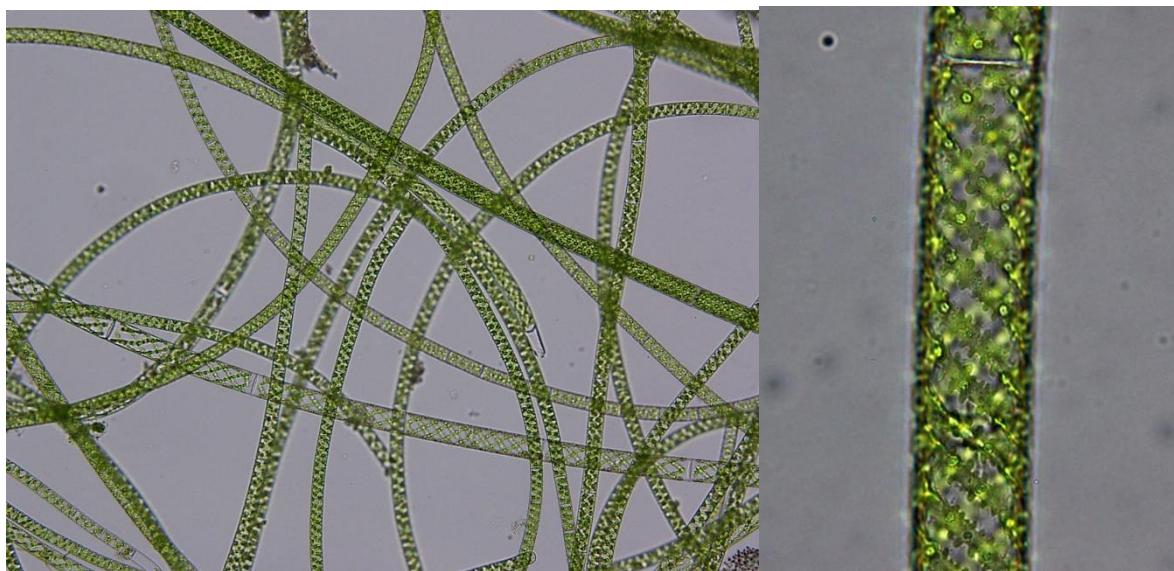
4 Kontakt na autora

RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.
Povodí Vltavy, státní podnik
durasj@seznam.cz

5 Fotografická příloha



Obr. 1: Jezírko Mlýnská strouha. Dobře je vidět vysoce průhledná voda, ve které začínají převažovat zelené vláknité řasy šroubatky (*Spirogyra sp.*).



Obr. 2: Šroubatka (*Spirogyra sp.*), mikrofotografie.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 3: Manuální sběr biomasy zelených vláknitých řas, které se už vymkly kontrole ostroretěk.



Obr. 4: Odlov kapřího plůdku speciální sítí, tzv. vatkou a stovky odlovených rybek.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr 5: Filtrující perloočky – vlevo: *Daphnia pulex*, vpravo: *Ceriodaphnia sp.* Dobře jsou patrná embrya a vajíčka v zárodečném prostoru perlooček – důkaz, že populaci se daří a roste.



Obr. 6: Vlevo: nauplius – první vývojové stádium buchanek a vznášivek, které se živí fytoplanktonem; vpravo: vířník rodu *Keratella*, běžný mikrofiltrátor stojatých vod.

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

ODBORNÝ PŘÍRODOVĚDNÝ KEMP

Mineralogická exkurze do Krušných hor

Kateřina CAISOVÁ

1 Úvod

Každoročně je součástí přírodovědného kempu i jedna společná exkurze pro účastníky kempu biologie a chemie. V letošním roce to byla exkurze do Krušných hor, konkrétně do okolí Klášterce nad Ohří, jejímž cílem bylo poznávání nalezišť krušnohorských polodrahokamů, které již za Karla IV. posloužily k výzdobě kaple sv. Kateřiny a sv. Kříže na Karlštejně a kaple sv. Václava v chrámu sv. Víta v Praze. Exkurzi vedli Jiří Cais, Kateřina Caisová a místní znalec pan Mojmír Hřích. Ten nabídl účastníkům prohlídku vlastní velkolepé sbírky broušených kamenů včetně výkladu o nalezištích. Dále nás zavedl na několik lokalit, a to i na Ciboušov, odkud pocházejí kameny výše jmenovaných kaplí.

Po prohlédnutí sbírky pana M. Hřícha jsme odjeli do obce Měděnec a na vrch Mědník. Na svazích Mědníku (ale i Měděnce) jsou dodnes patrné pozůstatky po středověkém dolování. Na vrcholu dal vévoda Julius František Sasko-Lauenburský v roce 1674 postavit kapli Neposkvrněného početí Panny Marie. Na jihozápadním svahu pod vrcholem stojí i kaple Srdce Ježíšova, postavená v roce 1935. V roce 1910 byla pro turisty zpřístupněna štola Marie Pomocné s malachitovým pokryvem stěn. Po první světové válce však už nebyla přístupná. V devadesátých letech 20. století se nadace Garmica provozující nedaleký důl rozhodla zpřístupnit jednu ze štol na jižním úpatí. Se zánikem nadace po třech letech však byly prostory opět uzavřeny. V roce 2006 byly štoly rekonstruované a v květnu roku 2007 byly štoly znovu zpřístupněné veřejnosti. Z důvodu neshod mezi majiteli štoly a majitelem přístupových pozemků byla od roku 2012 štola Marie Pomocné pro návštěvníky uzavřena. Dalším z historických důlních děl je štola Země zaslíbená, která byla v roce 2013 prohlášena kulturní památkou a zpřístupněna veřejnosti. A tu jsme také navštívili.

2 Obec Měděnec a jeho historie

Vznik osady "Mědník", později přejmenované na Měděnec byl úzce spojen s důlní činností, která na zdejším stejnojmenném pahorku probíhala pravděpodobně již od 10. století. První doložené zprávy o těžbě pochází až z roku 1449. V této době se zde dobývaly hlavně stříbrnosné měděné rudy. Od roku 1520 byl již Měděnec městečkem s privilegiem svobodného výkupu stříbra. Roku 1543 prodal Hanuš z Fictumu - tehdejší majitel Měděnce - většinu své části šumburského panství a ponechal si pouze Měděnec s okolními vesnicemi. Ten se tak stal centrem tohoto malého panství. V polovině 16. století zde byla zahájena také těžba chalkopyritu a pyritu pro vitriolovou huť v Horní Halži, bohaté výnosy zdejších dolů začaly lákat nové obyvatele. Z Měděnce se stala velice prosperující obec.

Dalším majitelem obce byla od roku 1568 vdova Uršula z Fictumu. V roce 1581 zde byl postaven dřevěný kostel. V této době však prosperita Měděnce začala opět klesat,



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

pravděpodobně z důvodu poklesu cen stříbra či zmenšení vydatnosti rud. Aby byl zachován jeho význam, byl Měděnec Kašparem z Fictumu roku 1588 povýšen na horní město. To Měděnci a jeho obyvatelům přinášelo řadu výhod - horní svobody a řád, společný výsek masa, pekařský krám, právo vařit a čepovat pivo a víno, obecní lázně a obecní solnou komoru, směly zde být pořádány týdenní trhy a lidé dostali právo svobodně se stěhovat a převádět jinam svůj majetek. Dalším majitelem města byl Kryštof Taubenreuther z Taubenreuthu, císařský major a pozdější horní rada v Čechách. Ten Měděnci roku 1605 potvrdil všechna městská privilegia, připojil k nim však ještě dodatek, který měděnecké měšťany zavazoval k nákupu sladu pouze v panské sladovně a zakazoval jim vařit více než 7 várek piva ročně, ostatní pivo museli nakupovat v panském pivovaru. Jeho vdova Uršula, rozená ze Zettelbergu, roku 1628 prodala měděnecké panství Šlikům. Ti jej následně připojili ke svému panství Hauenstein.

V této době již ale zuřila třicetiletá válka. Ta se na Měděnci velice podepsala. Nejen že zastavila jeho rozvoj, lidé během ní také nepředstavitelně strádali, sužoval je hlad a bída. V roce 1640 byl Měděnec vypálen a dostal se až na úroveň pouhé vsi. Mnoho lidí se odsud vystěhovalo do Saska, za lepšími možnostmi obživy a náboženskou ochranou. Proběhla zde totiž tvrdá rekatolizace - Měděnec byl již od poloviny 16. století protestantský. Během války došlo také k některým pozitivním věcem. Nový majitel panství hrabě Šlik Měděnci v roce 1644 potvrdil jeho privilegia. S uskutečněním tohoto kroku váhal celých 16 let. I přes nepříznivý vliv války zůstaly některé zdejší doly v činnosti, v roce 1646 dostal hrabě Šlik od Ferdinanda III. horní a mincovní právo.

Následky třicetileté války byly pro Měděnec opravdu ničující. Již nebyl prosperujícím, rozvíjejícím se městem, nabývajícím stále většího významu. Řada usedlostí zde byla pustých, o horním městu nemohla být řeč - většina obyvatel se zde živila pouze zemědělstvím, případně řemeslnou výrobou. Nejzávažnější problém však představoval velký odsun obyvatelstva, pokračující i po válce. Aby jej nějak zastavil, připojil další majitel panství František Arnošt Šlik roku 1656 k potvrzeným privilegiím další body, podstatně omezující práva. Bylo jimi zakázáno čepovat vlastní pivo, odebírat sůl odjinud než od vrchnosti apod. Nejvýznamnějším bylo omezení týkající se zákazu převedení majetku z města bez výslovného povolení vrchnosti, nikdo se také nesměl vystěhovat. O dva roky později ale hrabě Šlik nakonec body privilegia, týkající se vystěhování, zmírnil, aby Měděnci v roce 1660 stará privilegia potvrdil v plném znění, pouze s podmínkou, že Měděnečtí budou po věčné časy odebírat od vrchnosti 4 várky piva ročně. Tato povinnost opravdu platila až do počátku 20. století.

Po polovině 17. století bylo panství hrabětem Šlikem prodáno vévodovi ze Sachsen-Lauenburgu, který ho spojil s panstvím Schlackenwerth (Ostrov n. O.). Jeho syn František Julius nechal na Mědníku postavit kapličku. Zdejší doly začaly opět poskytovat bohaté výnosy, i když byly rudy používány jen na výrobu skalice. Vévoda Měděnci přinesl mnoho dobrého. V roce 1674 mu potvrdil stará privilegia a navíc i plné využívání pivovaru a prodávání piva i do okolních vesnic. Když pak v roce 1689 zemřel, panství připadlo princezně Františce Sibyle Augustě, provdané za markraběte z Badenu. Dalšími majiteli byli v r. 1734 syn Ludvík Jiří, r. 1764 August Jiří a po něm Alžběta z Badenu. Nikdo z nich však Měděnci již nikdy stará privilegia nepotvrdil.

Po rodině Badenu přešlo panství na královskou a císařskou komoru. Ta je pronajala nejdříve knížeti Schwarzenberkovi, pak roku 1799 převzal správu c. k. administrace státních statků v Praze a nakonec bylo panství roku 1839 prodáno hraběnce Gabriele Buquoyové, tehdejší majitelce panství Červený Hrádek a Přísečnice. V roce 1850 se obce staly

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

samostatnými správními jednotkami, velkostatek Měděnec však ve správě rodiny Buquoyů zůstal až do konfiskace v roce 1945.

Kolem poloviny 18. století došlo k dalšímu úpadku zdejšího hornictví. Doly přestaly vynášet a pro nedostatek dříví byly práce zastaveny, stejně jako i v hamrech. Hornictví však pro velkou část zdejších lidí představovalo hlavní zdroj obživy, tito lidé si tedy museli hledat novou práci. Od roku 1817 do r. 1822 byla v Měděnci krajkářská škola a rozšířilo se paličkování krajek. Ve 40. letech 19. století zde začala také výroba hraček a dřevěných hodin, v r. 1844 sem byla z Vejprt částečně přenesena výroba pozamentů (zdobnické zboží). Nic z toho se však neuchytilo příliš dlouho a obec upadala stále víc.

Na počátku 19. století byl zdejší kostelík v natolik špatném stavu, že musel být zbourán. S výstavbou nového se začalo v roce 1803, pro nedostatek peněz byl ale dokončen až v roce 1819. Ze staré fary byla zřízena škola.

Dne 3. 7. 1856 obec postihla katastrofa. Byl jí obrovský požár, největší od třicetileté války. Vypukl u pekaře Schmiedla a během čtvrt hodiny zachvátil celou ulici. Bylo při něm zničeno na 19 domů s kůlnami a stájemi, pivovar, kostel a radnice, v níž shořely mnohé listiny a zápisy.

Koncem 19. století se ekonomická situace Měděnce začala opět zlepšovat. Za 1. republiky zde již byla továrna na pletené zboží a 24 výroben prýmků, ozdobných předmětů a pletených nebo perlových tašek. Pak ale přišla velká hospodářská krize třicátých let, která pro řadu z nich znamenala krach. Šest z těch, které krizi překonaly, se v roce 1946 začlenilo do Spojených závodů prýmkářských v Měděnci. O dva roky později ale zanikly. V roce 1948 zanikla také továrna na výrobu nití E. Altmanna, zaměstnávající 260 lidí a v roce 1950 byla zrušena i výroba pletených tašek. Ve čtyřicátých letech zde byl ještě uveden do provozu kamenolom, v roce 1945 však byly práce pro nedostatek dělnictva ukončeny.

V roce 1967 byla v Měděnci Železorudnými doly a hrudkovny Ejpovice obnovena těžba a úprava magnetitu. Později to byly Rudné doly Příbram, závod Václava Řezáče. Tento důl byl v provozu až do roku 1992, kdy byl pro vyčerpání ložiska uzavřen, těžba jako taková zde však neskončila. V roce 1994 zahájil svou činnost soukromý hlubinný důl GARMICA, zabývající se těžbou a zpracováním muskovitických svorů. O dva roky později však byl provoz také ukončen - pro odbytové problémy. Dne 31. 7. 1998 došlo k ukončení všech prací a přerušování odčerpávání důlních vod z podzemí, následkem čeho došlo k postupnému zatopení dolu. V současnosti probíhají jednání s různými partnery o obnově provozu.

Kvůli zastavení důlních prací a také nepříliš šťastné privatizaci státního statku se v Měděnci zvýšila nezaměstnanost. Je zde málo pracovních příležitostí, pár lidí pracuje na soukromé zemědělské farmě EKOCHOV, několik dalších v místních dvou restauracích a penzionech.

Obec má i své vlastní muzeum. Pro svou polohu je navíc předurčena k tomu, aby se stala střediskem zimních sportů. Jsou zde dobré lyžařské terény - jak pro sjezdové lyžování, tak i pro lyžaře na běžkách. K Měděnci dnes patří také Kamenné, Kotlina, Mýtinka, Horní Halže a území bývalé Dolní Halže. Do roku 1986 k němu patřil také Vykmanov, ten je dnes ale součástí Perštejna.

2.1 Rozhled z vrcholu Měděnce na okolní hory

Po výstupu na vrch Měděnec jsme měli nádherný výhled do krajiny, a to z jedné strany na České středohoří a z druhé strany na hřebeny Krušných hor. Co všechno jsme viděli? Například několik nejvyšších hor.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Milešovka (německy Milleschauer, Donnersberg) je nejvyšší hora Českého středohoří. Její vrchol leží ve výšce 836,5 metrů nad mořem. Jméno získala podle nedalekého Milešova (2 km). Byla zde zřízena národní přírodní rezervace (51,3 ha, od roku 1951). Z vrcholu hory je kruhový rozhled do dalekého okolí, Milešovka totiž všechny ostatní vrchy v Českém středohoří výrazně převyšuje. Také proto se jedná o místo s nejdrsnějším podnebím v Čechách. Milešovka je považována za největrnější horu Česka, bezvětří je tu jen osm dní v roce.

V roce 2013 došlo k opětovnému vyhlášení národní přírodní rezervace ve vrcholové partii Milešovky. Nové vyhlášení odstranilo rozdíly mezi historickými údaji a současnou rozlohou území, které vyžaduje ochranu.

Na příkrých stránkách roste především dub, občas buk, javor nebo smrk. Na sutích rozpadávající se skály lze najít celou řadu vzácných chráněných rostlin. Významnou lokalitou jsou Výří skály, asi 30 metrů vysoká skalní stěna bez lesnatého porostu. Kvete zde lilie zlatohlavá, kosatec bezlistý, plicník lékařský. Dále se tu vyskytuje kapradinka skalní a medvědice lékařská.

Na vrcholu Milešovky vznikla ve 20. letech 19. století jedna z prvních horských restaurací v Čechách. V roce 1905 byla na vrcholu zřízena meteorologická stanice a u ní pak 19 metrů vysoká rozhledna. Dnes je na vrcholu hory umístěno stálé meteorologické pracoviště Ústavu fyziky atmosféry, který je součástí Akademie věd ČR. Za příznivého počasí je rozhledna přístupná veřejnosti, ve věži je umístěna stálá expozice, výstup je obvykle provázen odborným výkladem o historii a výsledcích meteorologických pozorování. Nachází se zde také významný telekomunikační bod užívaný zejména pro dálkový přenos dat (mimo jiné též užívaný pro komunikaci mezi Prahou a některými městy v severních Čechách). Na vrcholku hory je stálá meteorologická a telekomunikační služba, pro zajištění provozu na vrcholku hory byla od severu zřízena malá nákladní lanová dráha.

Klínovec (německy Keilberg), 1244 metrů nad mořem, je nejvyšším vrcholem Krušných hor, nejvyšším bodem okresů Karlovy Vary a Chomutov a také Karlovarského a Ústeckého kraje. Jde o čtvrtou nejprominentnější a druhou nejizolovanější českou horu.

Na vrcholové plošině se nachází v současnosti uzavřený hotel s 24 metrů vysokou rozhlednou (nově opravenou a zprovozněnou) a telekomunikační věž vysoká 80 metrů. Z Jáchymova vede k vrcholu lanovka. Rozhledna i hotel jsou nejstaršími a nejvýše položenými budovami v Krušných horách. Severní svahy hory jsou oblíbeným lyžařským střediskem.

Nachází se poblíž Božího Daru, 4 km severovýchodně od Jáchymova v okrese Karlovy Vary na hřebeni Krušných hor. Asi 2 kilometry severozápadně leží hraniční přechod s Německem a město Boží Dar. Pod severními svahy se rozkládá německé lázeňské město Oberwiesenthal, nad ním se tyčí masiv hory Fichtelberg, která je jen o 30 metrů nižší než Klínovec. Východně, podél hraničního potoka Polava, který pramení na svazích Klínovce v Německu, leží české město Loučná pod Klínovcem a ještě východněji za holým a plochým hřebenem Háj u Loučné.

V 16. století se o Klínovci se zmínil Johannes Mathesius i v souvislosti s lavinami, které měly za následek zničení lesů, poškození několika domů a dokonce několik lidských obětí. V historii nesla oblast Klínovce jméno Bartum, jako zkomolenina od Bartholomäusberg, vyskytoval se i název Sonnenwirbel. V roce 1817 postavilo město Jáchymov na vrcholu vyhlídkovou věž, která v roce 1868 shořela. Tuto první vyhlídkovou věž navštěvovali často i lázeňští hosté z Karlových Varů, odkud přijížděli kočáry taženými koňmi. V roce 1883 začal krušnohorský spolek z Jáchymova se stavbou kamenné rozhledny. Ta byla v srpnu následujícího roku pod názvem „Kaiser-Franz-Josephs-Turm“ / „Věž císaře Františka Josefa“ slavnostně otevřena. Věž vysoká 24 metrů stojí na vrcholu dodnes, je však ve špatném



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

technickém stavu a je s hotelem v současné době v rekonstrukci. Na její vrchol vede 75 schodů. Počet návštěvníků rychle vzrůstal, a tak například v roce 1885 vrchol navštívilo 6000 lidí, z toho však jen 4623 vystoupilo na věž, důvodem, jak popsal jeden ze současníků, byla především fyzická náročnost výstupu a velmi úzký prostor schodiště.

Kvůli silnému větru panujícímu téměř celoročně byla vrchní plošina rozhledny zastřešena, od roku 1888 ji kryla skleněná střecha. Vstupné v té době bylo 10 krejcarů. S rozvojem turistiky bylo rozhodnuto o přístavbě sloužící k ubytování. Ta byla otevřena 18. srpna 1893. V provozu byla každoročně od 1. května do 30. září a mimo provizorního ubytování pro deset osob poskytovala i teplá a studená jídla. Spolu s přístavbou to byla zřízena i stáj pro osm koní.

K červnu 1897 byla na Klínovci zřízena i poštovní stanice, která za první léto provozu odeslala do Božího Daru přes 7 000 zásilek. V roce 1907 byla přistavěna ještě jedna budova s prostornou halou se stylovým kazetovým stropem, zobrazujícím znaky českých krušnohorských měst. U příležitosti jubilejní výstavy pořádané na počest císaře Františka Josefa I. v ní byly vystaveny průmyslové a řemeslné výrobky z českého Krušnohoří.

Před vypuknutím první světové války byl hotel rozšířen a přistavěno bylo další patro. Současně byla dřívější stáj přestavěna na další ubytovací prostory a celý komplex byl opláštěn dřevem, které se na něm dochovalo dodnes. V roce 1913 měl hotel 40 ubytovacích místností pro 80 lidí. Vedle stájí pro 35 koní zde byly i garáže pro automobily.

Se vznikem Československa, ke kterému území připadlo, zmizela i dvojjazyčnost v názvu hory, nejprve byl vybrán a používal se název **Klín**. V druhé polovině dvacátých let se název ustálil na dnešní Klínovec.

Dříve byla na vrcholu i meteorologická stanice. Počet turistů prudce vzrůstal zejména díky výstavbě silnice přímo na vrchol a také proto, že z Karlových Varů sem pravidelně jezdil autobus. Koncem dvacátých let byl komplex opět rozšířen a počet lůžek se zvýšil na 100. Hostinec v té době provozovala rodina Wohlrab; měl tři velké místnosti: Dotzauerův sál, halu Sobitschka a Müllerův sál. Poslední byl pojmenován po okresním školním inspektorovi Antonu Müllerovi, dlouholetém předsedovi jáchymovského krušnohorského spolku.

Pro zimní sporty byly na svazích směrem k Jáchymovu vybudovány sjezdovky a sánkařská dráha. Směrem k Oberwiesenthalu byl od roku 1922 v provozu skokanský můstek; zdejší rekord ve skoku na lyžích 50 metrů vydržel mnoho let.

Před druhou světovou válkou měl hotel kapacitu 112 míst. Po válce nesla hora oficiální český název. Proud zejména německých turistů ustal a obnovil se až v roce 1972, po zrušení vízové povinnosti pro občany NDR.

Fichtelberg je s výškou 1214,6 metrů nejvyšší horou německé části Krušných hor, spolkové země Sasko i celé bývalé NDR. Společně s okolím blízkého českého Klínovce tvoří centrum zimních sportů v Krušných horách.

Na úpatí hory leží nejvýše položené město Německa, lázně Oberwiesenthal. Jihovýchodně se nachází menší z vrcholů hřbetu – *Kleiner Fichtelberg* (1206 m). Jižněji, už v Čechách za hraničním potokem Polavou leží Klínovec (*německy Keilberg*) 1244 m, nejvyšší vrchol celých Krušných hor.

Na Fichtelbergu pramení několik menších potoků, nejdůležitějším z nich je potok, přecházející na dolním toku v říčku Zschopau.

Na vrcholu stojí *Fichtelberghaus* s 31 metrů vysokou rozhlednou a meteorologickou stanicí. Na východní stranu hory vede z Oberwiesenthalu kabinková lanovka, nejstarší v Německu. Je v provozu už od roku 1924.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

První budova *turistické chaty* na vrcholu byla postavena v letech 1888 až 1889 podle projektu *Oskara Puschmanna*. Chata byla otevřena 21. července 1889. Už v roce 1899 se musela chata rozšiřovat, kvůli vysokému zájmu turistů. V roce 1910 začala další přestavba a rozšíření, ze stejného důvodu. S výstavbou lanovky v roce 1924 počty návštěvníků ještě vzrostly.

Večer 25. února 1963 vypukl v budově požár, ke kterému muselo být přivoláno 180 hasičů z celého okresu Annaberg. Díky velkým závějím na přístupových trasách museli hasiči všechny hasební prostředky dostat nahoru pomocí lanovky. Díky nedostatku vody nahoře však nebylo možno požár uhasit. Vedení z Oberwiesenthalu spojené z hasičských hadic při teplotě $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ neustále zamrzalo a tak původní *Fichtelberghaus* do základů vyhořel.

Základní kámen nové chaty byl položen 22. června 1965. Do roku 1967 vyrostla na nejvyšší hoře NDR moderní horská chata, kterou díky strohé, betonové architektuře poplatné tehdejšímu režimu nebylo možno přehlédnout. Do stavby byla integrována prostá, 42 metrů vysoká rozhledna.

Koncem 90. let byla připravována demolice stávající a stavba nové budovy v původním stylu. Byla zbourána i betonová rozhledna a nahrazena novou jen 31 metrů vysokou. Nová chata byla otevřena 18. července 1999. V třetím *Fichtelberghausu* je restaurace, samoobslužná jídelna, hotel a tradiční „krušnohorská jizba“.

Pravidelná měření v meteorologické stanici jsou na Fichtelbergu prováděna už od roku 1890. Od 1. ledna 1916 začali meteorologové měřit v nové stanici. Pozorovali tu i hvězdy (meteorolog Paul Schreiber), a v roce 1950 zde byla zřízena observatoř.

Z Fichtelbergu je vidět převážná část německého středního Krušnohoří. Na východě lze přes hřebeny českých hor pozorovat i České středohoří s Milešovkou. Několik málo dní v roce lze pozorovat bavorské pohoří Smrčiny, české Krkonoše a Šumavu i její nejvyšší horu Velký Javor.

2.2 Rozhled z vrcholu Měděnce na okolní přírodu

Viděli jsme ale i mnoho zajímavých výtvorů vzniklých činností člověka, např. dvě vodní nádrže.

Vodní nádrž Nechranice je s rozlohou 1338 ha pátá největší přehradní nádrž České republiky a také přehradní nádrž s nejdelsí sypanou přehradní hrází ve střední Evropě (3280 m). Leží v severních Čechách v okrese Chomutov, mezi městy Kadaň, Chomutov a Žatec. Levá (severní) část nádrže i celá hráz spadá do katastrálního území Březno u Chomutova (do nějž patří i vesnice Nechranice nacházející se bezprostředně pod hrází), jižní část nádrže je rozdělena do katastrálních území Vikletice, Vadkovice a Poláky (patřících k obci Chbany). Na západní a severozápadní straně končí u břehu nádrže katastrální území obce Rokle a kadaňské katastrální území Tušimice.

Byla vybudována na řece Ohři v letech 1961 až 1968, zejména jako zdroj vody pro nedaleké elektrárny v Tušimicích. V současnosti je především využívána k rekreaci. Její část byla vyhlášena Ptačí oblastí a je součástí soustavy Natura 2000.

Výstavba a zatopení byla příčinou zániku těchto obcí: Běšice, Chotěnice, Čermníky, Dolany, Drahonice a Lomazice.

Vodní elektrárna:

- typ turbíny = Kaplanova
- počet turbín = 2

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- hltnost = $2 \times 16 \text{ m}^3/\text{s}$
- výkon = $2 \times 5 \text{ MW}$

V roce 2015 odkryli archeologové na břehu přehrady 48 středověkých hrobů z 12. století. Průzkum raně středověkého pohřebiště v Polákách byl umožněn nízkou hladinou vody v nádrži. Odborníci předpokládají, že v lokalitě může být dalších až 200 hrobů a zbytky kostelíku.

Vodní nádrž Přísečnice je přehradní nádrž v okrese Chomutov, v nadmořské výšce 732,8 metrů, na náhorní planině středních Krušných hor. Má plochu 362 hektarů, průměrná hloubka je okolo 50 metrů. Nejvyšší hloubka je 57,6 metrů.

Nádrž slouží k zásobování měst a obcí okresů Chomutov, Most, Teplice a Louny v podkrušnohorské pánvi pitnou vodou. Přehradu napájí Přísečnický potok a přívodní štolou vedený potok *Černá voda*. Odtok z přehrady pokračuje na německé území a vlévá se do říčky Zschopau.

V zaplavené oblasti stálo staré krušnohorské hornické město Přísečnice, které bylo v letech 1973 až 1974 zbouráno. Kvůli zřízení 1. ochranného pásma musely být zbourány i obce Dolina, Kotlina a Rusová. Stavba 50 metrů vysoké sypané hráze začala v letech 1969 až 1970 a přehrada byla napuštěna v roce 1976. Projekt přehrady vypracoval *Hydroprojekt Praha*; provozovatelem je podnik Povodí Ohře v Chomutově.

Technická data

- Hráz – přímá, sypaná se středním zemním těsněním
- Kóta koruny hráze – 735,9 m n. m.
- Délka koruny hráze – 469,7 metrů
- Šířka koruny hráze – 6 metrů
- Maximální výška hráze nad terénem – 47,2 metrů

Protože je vodní dílo Přísečnice vodárenskou nádrží se stanoveným ochranným pásmem 1. stupně, je do okolí vodního díla zakázán vstup. Zakázán je i vstup na hráz a přístupovou komunikaci.

2.3 A také trochu ekologie z vrcholu Měděnce

Velice zajímavý byl pohled na naše hnědouhelné elektrárny, které jsme měli před sebou jako na dlani.

Elektrárna Tušimice II (ETU II) je tepelná elektrárna u obce Tušimice, zhruba 5 km východně od města Kadaň v okrese Chomutov. V blízkosti se nacházela elektrárna Tušimice I z roku 1964, jež byla uzavřena v roce 1998. Vlastníkem a provozovatelem elektrárny Tušimice II s výkonem $4 \times 200 \text{ MW}$ je společnost ČEZ.

Jako palivo se využívá hnědé uhlí z lomu Nástup Tušimice. Lom se nachází v těsné blízkosti elektrárny a uhlí je transportováno pásovými dopravníky, což minimalizuje cenu dopravy. Toto činí z elektrárny druhou nejefektivnější po jaderné elektrárně Temelín a ze stejného důvodu je také využívána přednostně.

V letech 2007–2012 procházela elektrárna Tušimice II komplexní obnovou, která byla rozdělena do dvou etap, tak aby mohly vždy dva bloky zůstat v provozu. Při rekonstrukci došlo k výměně 90 % technologických celků (turbíny, kotle, odsíření atd.). Současně probíhala i demolice 300 metrů vysokého komínu, který se po modernizaci technologií stal nepotřebným,

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

neboť spaliny jsou vedeny přímo do dvou ze čtyř chladících věží. Při modernizaci byl zachován výkon jednotlivých bloků, avšak narostla efektivita. Rekonstrukce byla dokončena v roce 2012 a stála asi 26 miliard Kč. Životnost elektrárny se tím prodloužila o 25 let, což je i předpokládaný termín vyčerpání uhelných zásob v přímém dosahu elektrárny.

Po rekonstrukci již elektrárna nepoužívá odkaliště pro plavení popílku, které se původně nalézalo jižně od elektrárny. Pro zásobování chladicí vodou je využívána čerpací stanice na Ohři.

Na místě dnešní elektrárny byly při její stavbě odkryty stopy po pravěké těžbě křemence. Šlo o desítky prehistorických těžebních objektů z mladší doby kamenné, první a unikátní nález tohoto druhu v tehdejší ČSSR.

Elektrárny Pruněřov, zkráceně **EPRU I** a **EPRU II**, jsou společně největší tepelné elektrárny v ČR. Elektrárnský komplex je situován v katastrálním území Pruněřova (Pruněřov), který je místní částí města Kadaň. Jedná se o uhelné elektrárny využívající hnědé uhlí z blízké hnědouhelné pánve. Název elektrárny získaly po obci Pruněřov, která prakticky celá padla za oběť při výstavbě EPRU I a přímé těžbě uhlí v 70. letech 20. století. Vlastníkem a provozovatelem elektráren je společnost ČEZ. Elektrárny Pruněřov patří k největším znečišťovatelům ovzduší v České republice i celé Evropě.

Elektrárna Pruněřov I (EPRU I) byla vystavěna na konci 60. let minulého století (1967) s instalovaným výkonem 660 MW. V devadesátých letech v rámci útlumového programu byl výkon snížen o třetinu. O 15 let později (1982) byla dostavěna EPRU II s celkovým výkonem 1050 MW. V polovině 90. let byly obě elektrárny vybaveny odsířováním zařízení poté, kdy v důsledku nekontrolovatelného vypouštění oxidů síry do ovzduší a následných kyselých dešťů docházelo k rozsáhlé likvidaci lesního porostu přilehlých Krušných hor. Následky této devastace přírody jsou patrné dodnes a návrat k normálu bude ještě dlouhý proces. V evropském žebříčku sledujícím nejvyšší emise oxidu uhličitého elektráren ve vztahu k vyrobenému množství elektrické energie skončily elektrárny na dvanáctém místě.^[1] V rámci České republiky jsou elektrárny největším zdrojem emisí oxidu uhličitého, v roce 2007 emitovaly 10,1 mil. tun. V rámci první vlny ekologizace provozu uhelných zdrojů byly v letech 1996–99 kompletně odsířeny veškeré elektrárny Skupiny ČEZ v severních Čechách. Došlo k snížení emisí (SO_x o 92 %, NO_x o 50 %, TZL o 93 %, CO o 77 %) a skokovému zlepšení kvality ovzduší v severních Čechách, které je dnes většinou svých parametrů lepší než např. situace v ostravské nebo pražské aglomeraci.

Hnědé uhlí, které do elektrárny vozí vlaky společnosti SD - Kolejová doprava po vlečce Tušimice – Pruněřov, dodávají Severočeské doly z lomu Nástup - Tušimice. Jedná se o nepřilíš kvalitní uhlí z hnědouhelné pánve severozápadních Čech mezi Chomutovem, Kadaní, Nechranickou nádrží a Březnem u Chomutova. Pro vylepšení spalované směsi je také v menším množství nakupováno uhlí z lomu ČSA nebo Vršany, které je s tušimickým před spálením smícháno.

Primárním produktem elektráren je elektrická energie. Druhotným produktem je teplo, které se využívá v Klášterci nad Ohří, Chomutově a Jirkově především k vytápění bytového fondu. V posledním desetiletí se také jako jedna ze složek stavebních materiálů využívá energosádrovec (produkt odsíření).

V září 2012 započala komplexní obnova Elektrárny Pruněřov II. Obnova spočívá v demontáži stávajících technologií a jejich nahrazení novými. Na místě původních kotlů vyrostou 3 nové, každý o výkonu 250 MW. Okolní technologie jako odsíření apod. projdou



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

rovněž rekonstrukcí. Spaliny budou zaústěny do chladicích věží, které projdou rekonstrukcí a úpravou. Po rekonstrukci byla elektrárna poprvé spuštěna na podzim roku 2015.

Elektrárna Komořany se nachází v Ústeckém kraji, okres Most, katastrální území Komořany. Areál se rozkládá mezi dopravními koridory. Severně se nachází silnice I/13 a jižně železniční trať 130 z Mostu do Chomutova. Zásobuje teplem města Most a Litvínov. Výstavba započala v roce 1943 ještě za druhé světové války, pokračovala i po roce 1945 a první kotel a turbogenerátor byl uveden do provozu v roce 1951. Během 50. let 20. století bylo uvedeno do provozu celkem 5 parních kotlů o výkonu 90 tun páry/hodinu. Zdroj uhlí je od počátku sousední úpravna uhlí. V roce 1955 započala výstavba Komořany II. a elektrárna tak do konce 50. let získala výkon 212 MW. V roce 1963 byl postaven první horkovod do starého města Most a také 180 m vysoký komín. Roku 1967 byla zavedena první technologická opatření k ochraně ovzduší, mechanické odlučování popílku (tzv. multiclony). V 70. letech započala výstavba horkovodů do měst Litvínov (dokončen 1978) a Chomutov (dokončen 1977). Od roku 1983 se provoz začíná přeorientovávat na výrobu elektrické energie. Díky horkovodu z Prunéřova již Chomutov od roku 1992 není zásobován z Komořan. V 90. letech přichází legislativní požadavky na "ekologizaci" a ochranu ovzduší při výrobě elektřiny. Od roku 1993 do roku 1999 prochází provoz postupnou rekonstrukcí a modernizací, v rámci které přibýlo i odsíření. Díky modernizaci klesly emise tuhých látek, oxidů dusíku a síry.

Hnědé uhlí bylo do elektrárny dodáváno z přilehlé úpravny, která má jako zdroj uhlí lom ČSA. V roce 2009 byla uvedena do provozu vlastní uhelná skládka, kde se skladuje uhlí od více dodavatelů.

Primárním produktem je výroba, rozvod a prodej tepelné energie a s tím spojená výroba elektrické energie a její obchodování. Vyrobena tepelná energie je distribuována prostřednictvím horkovodní soustavy centralizovaného zásobování teplem do města Most, Litvínov a přilehlých průmyslových areálů.

Krušnohorský větrný park

Na katastru obce Kryštofovy Hamry, na hřebenech Krušných hor v nadmořské výšce 800–850 m, zhruba v prostoru mezi železničními zastávkami Měděnec a Rusová na trati ČD č. 137 Chomutov – Vejprty, se nachází Farma větrných elektráren Kryštofovy Hamry. Komplex patří německé společnosti Ecoenerg Windkraft GmbH a v roce 2007, kdy byl uveden do provozu, byl s počtem 21 turbín největším větrným parkem na území České republiky (mají 78 metrů a jejich výkon je 42 MW, za rok dokáže zásobit až 30 000 domácností a úspora emisí CO₂ je cca. 70 000 t/rok). Investiční náklady se v té době pohybovaly okolo 80 milionů korun na jednu elektrárnu. Jen za první rok zkušebního provozu vyrobil park 94 tisíc megawatthodin, přestože je vítr v této oblasti velmi nestálý a plný výkon elektrárny podávaly jen asi ve 3 % provozní doby. Znamenalo to, že bez ohledu na nepříliš vhodné povětrnostní podmínky větrný park během prvního roku provozu vydělal svým majitelům (při tehdejších výkupních cenách elektřiny) zhruba 246 milionů korun. Tím by se návratnost investice snížila z odhadovaných 10–12 roků na sedm let. Později k tomuto komplexu přibýly ještě další 4 stroje v lokalitách Rusová a Dolina.

Výstavba větrných elektráren stále láká různé investory, jen v okrese Chomutov existují plány na výstavbu dalších 121 větrníků. Tyto záměry však nejsou vnímány jednoznačně pozitivně.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3 Závěr

Exkurze do Krušných hor za nalezišti drahocenných minerálů byla velmi zajímavá a někteří si kromě velkého množství nových poznatků odvezli i vlastnoručně nalezené ametysty z naleziště u Halže.

4 Použitá literatura

Dostupné na internetu:

<<http://infocentrum-mednik-mednec.webnode.cz/obec-mednec/>>

<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mile%C5%A1ovka>>

<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Kl%C3%ADnovec>>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elekt%C3%A1rny_Prun%C3%A9%C5%99ov>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elekt%C3%A1rna_Tu%C5%A1imice_II>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elekt%C3%A1rna_Komo%C5%99any>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Kry%C5%A1tofovy_Hamry>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%ADn%C3%A1dr%C5%BE_P%C5%99%C3%A1Dse%C4%8Dnice>

<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Fichtelberg>>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%ADn%C3%A1dr%C5%BE_Nechranice>

5 Kontakt na autora

Mgr. Kateřina Caisová

KCVJŠ Plzeň

caisova@kcvjs.cz

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

ODBORNÝ KEMP PŘÍRODOVĚDNÝCH OBORŮ – BIOLOGICKÝ KEMP

NOVINKY V PLZEŇSKÉ ZOO V ROCE 2016

Martin VOBRUBA

1 Úvod

Rok 2016 je pro Zoologickou a botanickou zahradu města Plzně rokem mnoha jubileí, zejména 90. výročí vzniku zoologické zahrady v západočeské metropoli. Neudály se převratné změny v expoziční činnosti v podobě vzniku velkých pavilonů nebo zoologických celků. Spíše byly ve formě úvah, črt, studií či projektů managementem promyšleny a připravovány změny do budoucna; došlo k opravám a rekonstrukcím některých provozních celků či doslouživších expozic (venkovní výběh šimpanzů, zimoviště vodního ptactva, část střechy Tropického pavilonu). Jde o rok botaniky s dokončením pěti nových botanických expozic, mnoho událostí se odehrálo na poli edukačním, kulturním. Významné jsou různé formy oslavy 90. výročí zoo, zejména bilanční fotografické výstavy. Mnoha úspěchů bylo dosaženo na poli chovatelském, v základní činnosti zoo.

2 Rok 2016 v Zoo Plzeň

Tradičně se chovatelům dařilo na poli chovu a odchovu plazů. Druhý rok po sobě se vylíhlo mládě dracény gujanské. Rovněž velkým úspěchem je 11 vylíhlých mláďat krokodýla čelnatého. Počtem 123 odchovaných krokodýlů je plzeňský pár nejúspěšnějšími rodiči svého druhu mezi zoo v ČR, chovná samice je s příchodem v roce 1974 druhým nejstarším obyvatelem zoo. Obě tyto události se odehrály v detašované expozici Akva Tera. V zoo došlo k novinkám například u varanů. Poprvé se rozmnožil australský varan Mertensův, novým druhem se stal vzácně chovaný varan „Cumingův“ z ostrova Mindanao. Ten je v Evropě chován pouze v devíti zoo. Estetických vylepšení v podobě umělých skal a přírodních dekorací se dočkaly právě terária varanů Mertensových a krajty mřížkované.

Na úseku savců stojí za pozornost zejména mláďata lemura černého a rudobřichého. Jde o první resp. druhý odchov tohoto druhu v Plzni. Čtyřčata přivedli na svět jak vlci evropští, tak vlci hřivnatí. U nich jde o odchov po osmi letech. Oboje šelmy čekal slavnostní křest. Mláďata se objevila také ve skupinách kudu velkého, zebry Chapmanovy, dikobrazů srstnatonosých, ovíječů filipínských atp. Dobře proběhla adaptace v prosinci přivezené šimpanzice Márii či tria čistokrevných pum kanadských z Tierparku Berlin. Mezi čerstvé přírůstky se zařadil nový samec vydry říční či dlouho čekáný samec makaka lvího. Podruhé se rozmnožil chovný pár zubrů evropských Arbo a Mže, čímž se stádo zvětšilo na 5 jedinců. Významnou událostí bylo definitivní potvrzení nové březosti samičky nosorožce indického Manjuly na jaře roku 2016.

Rok botaniky přinesl nejprve expoziční výstavu Rostliny a mravenci v pavilonu nosorožců. Největší rozsah má alpinum Rostliny evropských hor, které ukazuje evropská pohoří



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

v jejich pestrosti jednak geograficky od západu na východ, jednak od podhorských rostlinných pásem po alpský stupeň. V prostoru severně od pavilonů žiraf a nosorožců vznikla expozice Okénko do soukromí rostlin. Zde je na příkladech ukázáno a vysvětleno, jak rostliny získávají výživu, jak se stěhují a rozšiřují (různé druhy chorií) a jak se rozmnožují. V souladu s regiony a biogeografickými oblastmi se návštěvníci na několika místech areálu mohou seznámit s užitkovými rostlinami, poskytujícími lidem zejména potravu, ale i léčivkami nebo pěstovanými pro jiné účely.

Druhá nejstarší česká zoo slavila po celý rok 90. výročí. K této události vzniklo dokonce zdařilé logo. Důvodů k oslavám bylo však více. O 25 let starší než zahrada je samotný spolek Iris (1901), který ji založil a až do roku 1953 spravoval. V roce 1961, tedy před 55 lety se jednak uzavřely brány původní zoo v Plzni-Doudlevcích, jednak vznikla zahrada botanická. Také rok 1981 je velmi pozoruhodný. To došlo ke sloučení zoo a botanické zahrady a osamostatnění z Parku kultury a oddechu. Vznik unikátního společného celku tedy slaví 35 let. Pozoruhodná jsou i dvě zatím poměrně „mladá“ výročí. V roce 1996 přijala zahrada Generel rozvoje a začala se měnit v biogeografický park. V roce 2001 se do nové podoby změnila jak expozice Akva Tera, tak mj. unikátní historický viničný statek Lüftnerka s expozicemi hospodářských zvířat a životu venkova přelomu 19. a 20. století.

Za historií zahrady bylo možné v roce 2016 po tři neděle zavítat do mázhauzu plzeňské radnice; za současností po celý červen do Smetanových sadů. Výstava v mázhauzu přinesla na 20-ti panelech fotografický průřez 90-ti lety historie plzeňské zoo, ale ve vitrínách i sběratelské materiály, knihy a preparáty. Ve Smetanových sadech rovněž 20 panelů ukázalo portréty vzácných zvířat od světového fotografa Joela Sartoreho. A sice takových, které autora nadchly pro svou neobvyklost. Lev a gepard patřili ke známým, nechyběli ale vzácní malí savci, plazi či obojživelníci. K výročí vznikla pamětní publikace a samostatná kulturní a vzdělávací akce 3.9.

Za účasti mnoha hostů bylo 22.6. slavnostně zprovozněno nové hřiště v zoo. Jde o důležitý a dlouho chybějící prvek v návštěvnickém servisu. Umístěno je v porostu stříbrných smrků v sousedství amfiteátru nedaleko Tropickeho pavilonu. Dětem poskytuje v přírodní podobě mnoho prostoru k zábavě. Nechybí tobogán, provazové mosty mezi věžemi nebo skluzavka. Sdružení českých spotřebitelů udělilo hřišti Značku kvality pro bezpečnost na dětském hřišti. Při slavnostním otevření bylo také slavnostně předáno osvědčení o obdržení licence na používání této značky Zoologické a botanické zahradě města Plzeň, a to pro novostavbu dětského hřiště – lanové centrum.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3 Závěr

Jubilejní rok 2016 byl pro Zoo Plzeň mezidobím v přetváření areálu v souladu z Generellem rozvoje. Návštěvníkům slouží například Africké a asijské expozice z roku 2010, Svět v podzemí (2012), Stopy člověka v přírodě – Mediteraneum a Amazonie (2014) a Království jedu (2015). Jedna z největších kolekcí zvířat v Evropě a jeden z patnácti nejnavštěvovanějších turistických cílů ČR má tak dostatečnou a stále rostoucí nabídku jak pro vzdělání, poučení, rekreaci obyvatel i ochranu přírody ex-situ i in-situ.

4 Použitá literatura

Vlastní sdělení

5 Kontakt na autora

Mgr. Martin Vobruba

Zoologická a botanická zahrada města Plzně, příspěvková organizace

vobruba@plzen.eu

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

ODBORNÝ CHEMICKÝ KEMP

STANOVENÍ ADSORPČNÍ IZOTERMY

Jitka ŠTROFOVÁ

1 Úvod

Účastníci letošního ročníku chemického kempu v rámci praktických cvičení z fyzikální chemie sledovali změny, ke kterým dochází při adsorpci kyseliny octové na aktivní uhlí. V následujících kapitolách jsou vysvětleny základní pojmy týkající se adsorpce a uveden stručný návod k praktické úloze.

2 Adsorpce

Adsorpce je povrchový jev, při němž dochází k hromadění určité látky v tzv. fázovém rozhraní, což je přechodová oblast molekulárních rozměrů na rozhraní kterýchkoliv dvou fází. Tato přechodová oblast vzniká vlivem povrchových sil určených povahou a složením obou fází a má odlišné složení než obě fáze. V praxi se lze s adsorpcí setkat nejčastěji při styku plynu nebo roztoku s tuhou fází, která je označována jako adsorbent, látka adsorbovaná jako adsorbát. (Malijevský, 2000)

Jako adsorbent se používají látky pórovité nebo velmi jemně rozptýlené, jejichž povrch je relativně velký (např. aktivní uhlí, silikagel, kaolin, oxid hlinitý). Dalším činitelem, který ovlivňuje adsorpci, je teplota a tlak, resp. koncentrace adsorbátu. Při konstantní teplotě je množství látky a adsorbované jednotkou hmoty adsorbentu závislé na tlaku p nebo na koncentraci c .

2.1 Adsorpční izoterma

Rozborem rovnovážného stavu za konstantní teploty odvodil J. Langmuir (1916) rovnici tzv. adsorpční izotermy:

$$a = \frac{k_1 \cdot c}{1 + k_2 c} = \frac{k_1 \cdot p}{1 + k_2 p}$$

kde a je látkové množství adsorbátu adsorbovaného na 1 g adsorbentu, k_1 a k_2 jsou konstanty charakterizující adsorbent a adsorbát, c je rovnovážná koncentrace, resp. p rovnovážný tlak po adsorpci.

V některých případech, kdy dochází k adsorpci ve více vrstvách, vystihuje závislost adsorbovaného množství na koncentraci lépe empirická rovnice, kterou navrhl Freundlich:

$$a = k \cdot c^\alpha$$

kde k a $\alpha < 1$ jsou konstanty charakterizující adsorbent a adsorbát za dané teploty a c je koncentrace látky po dosažení adsorpční rovnováhy. (Novák, 2001)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3 Stanovení adsorpční izotermy kyseliny octové na aktivní uhlí

Úkolem účastníků chemického kempu bylo stanovit Freundlichovu adsorpční izotermu kyseliny octové na aktivní uhlí. Prakticky to znamená určit hodnoty konstant k a a ve Freundlichově rovnici.

3.1 Princip úlohy

Pro nalezení závislosti adsorbovaného množství kyseliny octové na její koncentrace je třeba mít k dispozici roztoky kyseliny octové minimálně o 4 různých koncentracích. Přesnou koncentraci jednotlivých roztoků zjistíme titrací hydroxidem sodným na fenolftalein. Dále z každého roztoku odpipetujeme dané množství kyseliny octové do baňky s předem naváženým aktivním uhlím. Po několika minutovém třepání, kdy se kyselina octová adsorbuje na aktivní uhlí, směs přefiltrujeme a titrací filtrátu hydroxidem sodným zjistíme koncentraci kyseliny octové po adsorpci. Adsorbované množství kyseliny octové na 1 g aktivního uhlí vypočteme s užitím vztahů uvedených v kap. 3.3.

Po zlogaritmování Freundlichovy rovnice získáme rovnici ve tvaru

$$\log a = \alpha \cdot \log c + \log k$$

Do grafu vyneseme hodnoty $\log a$ proti $\log c$, jednotlivé body proložíme přímkou a z její rovnice určíme konstanty Freundlichovy rovnice k a α .

3.2 Pracovní postup

1. Do čtyř očíslovaných odměrných baněk připravíme podle tabulky 1 roztoky kyseliny octové. Ze zásobního roztoku kyseliny octové ($c \approx 0,8 \text{ mol/dm}^3$) odpipetujeme objem uvedený v tabulce 1 a doplníme destilovanou vodou do 250 cm^3 .

Tabulka 1 Ředění roztoků a objemy použité k titracím

$c(\text{CH}_3\text{COOH}) [\text{mol/dm}^3]$	0,8	0,4	0,2	0,1
Objem odpipetovaný ze zásobního roztoku [cm^3]	250	125	62,5	31,5
Objem odpipetovaný k titraci [cm^3]	2,5	5	12,5	12,5

2. Přesnou koncentraci každého z takto připravených roztoků zjistíme titrací $0,1 \text{ mol/dm}^3$ roztokem NaOH na fenolftalein. K titraci odpipetujeme z každého roztoku objem udaný v tabulce 1, každý roztok titrujeme dvakrát. Koncentraci kyseliny octové v jednotlivých baňkách vyjádříme počtem cm^3 $0,1 \text{ mol/dm}^3$ roztoku NaOH, odpovídajících 100 cm^3 titrovaného roztoku.
3. Do čtyř očíslovaných, suchých Erlenmeyerových baněk navážíme aktivní uhlí ($1,95 \text{ g} - 2,05 \text{ g}$) a do každé baňky odpipetujeme po 100 cm^3 z připravených roztoků kyseliny octové. Obsahem každé z baněk důkladně asi 10 minut třepeme, pak každý roztok zfiltrujeme suchým filtrem do suché kádinky. První podíl filtrátu (asi 5 cm^3) jímáme do jiné nádoby, abychom vyloučili rušivý vliv adsorpce kyseliny octové na filtračním papíře.
4. Získaným filtrátem zamícháme a titrací zjistíme koncentraci kyseliny octové po adsorpci. Titrujeme $0,1 \text{ mol/dm}^3$ NaOH na fenolftalein stejně jako před adsorpcí objemy

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

uvedené v tabulce pro příslušnou koncentraci. Koncentraci určíme z objemu 0,1 mol/dm³ NaOH spotřebovaného k neutralizaci 100 cm³ roztoku kyseliny octové.

5. Navážku aktivního uhlí (m_C) a objem hydroxidu sodného spotřebovaného k titraci kyseliny octové ($V_0(\text{NaOH})$, $V_k(\text{NaOH})$) doplníme do tabulky 2, zbývající údaje vypočítáme s užitím vztahů uvedených v následující kapitole.

Tabulka 2 Tabulka pro záznam výsledků

Baňka	m_C [g]	V_p [cm ³]	$V_0(\text{NaOH})$ [cm ³]	Průměr	$V_k(\text{NaOH})$ [cm ³]	Průměr	$n_0(\text{CH}_3\text{COOH})$ [mol]	$n_k(\text{CH}_3\text{COOH})$ [mol]	$c_k(\text{CH}_3\text{COOH})$ [mol/dm ³]	a [mol/g]
1		2,5								
2		5								
3		12,5								
4		12,5								

m_C - navážka aktivního uhlí v [g], $c_0(\text{NaOH})$ - molární koncentrace použitého NaOH v [mol/dm³], V_p - objem roztoku odpipetovaného k titraci v [cm³], $V_0(\text{NaOH})$ - objem NaOH spotřebovaný na titraci roztoku CH₃COOH před adsorpcí v [cm³], $V_k(\text{NaOH})$ - objem NaOH spotřebovaný na titraci roztoku CH₃COOH po adsorpcí v [cm³], $n_0(\text{CH}_3\text{COOH})$ - počáteční látkové množství CH₃COOH obsažené ve 100 cm³ roztoku CH₃COOH (před adsorpcí), $n_k(\text{CH}_3\text{COOH})$ - konečné látkové množství CH₃COOH obsažené ve 100 cm³ roztoku CH₃COOH (po adsorpcí), $c_k(\text{CH}_3\text{COOH})$ - rovnovážná koncentrace CH₃COOH po adsorpcí, a - měrné látkové množství CH₃COOH adsorbované 1 g aktivního uhlí v [mol/g]

3.3 Výpočty

Z objemu hydroxidu sodného spotřebovaného k titraci kyseliny octové vypočítáme její látkové množství před adsorpcí

$$n_0(\text{CH}_3\text{COOH}) = c_0(\text{NaOH}) \cdot V_0(\text{NaOH}) \cdot \frac{100}{1000} \cdot \frac{1}{V_p} = c_0(\text{NaOH}) \cdot \frac{V_0(\text{NaOH})}{10V_p}$$

a po adsorpcí

$$n_k(\text{CH}_3\text{COOH}) = c_0(\text{NaOH}) \cdot V_k(\text{NaOH}) \cdot \frac{100}{1000} \cdot \frac{1}{V_p} = c_0(\text{NaOH}) \cdot \frac{V_k(\text{NaOH})}{10V_p}$$

Rovnovážná koncentrace kyseliny octové je dána vztahem

$$c_k(\text{CH}_3\text{COOH}) = 10 \cdot n_k(\text{CH}_3\text{COOH})$$

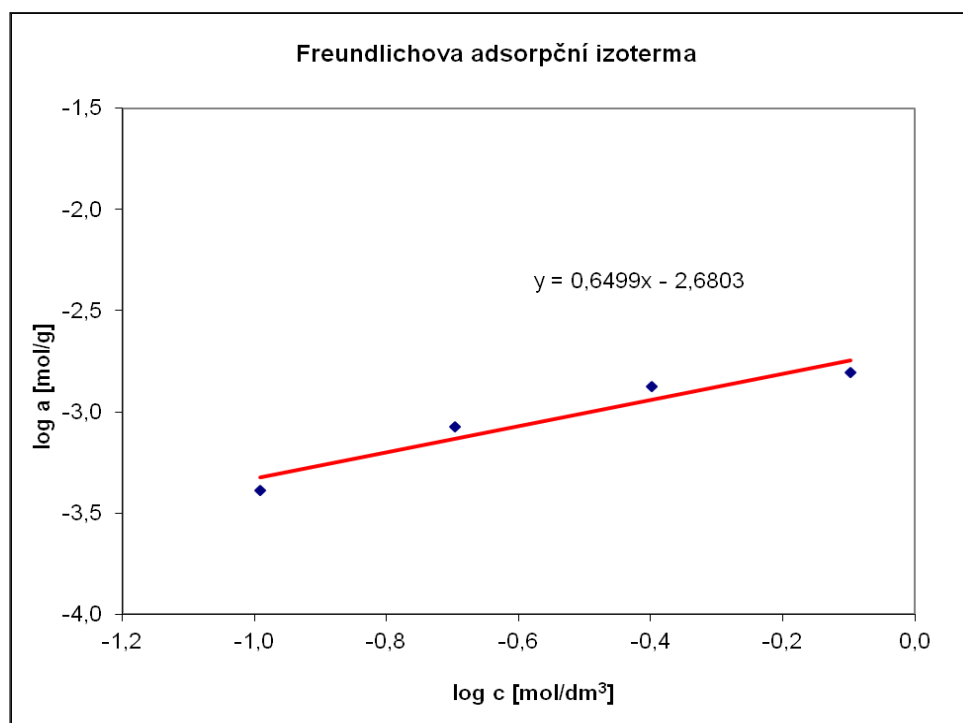
Hledané látkové množství kyseliny octové adsorbované na 1 g aktivního uhlí získáme z následujícího vztahu

$$a = \frac{n_0(\text{CH}_3\text{COOH}) - n_k(\text{CH}_3\text{COOH})}{m_C}$$

Význam jednotlivých symbolů je uveden pod tabulkou 2.

3.4 Grafické zpracování výsledků

Vypočtené hodnoty adsorbovaného množství vyneseme v logaritmickém měřítku do grafu proti rovnovážné koncentraci absorbátu tak, jak je uvedeno na obr. 1. Datové body proložíme přímkou a z její rovnice získáme hodnoty hledaných konstant Freundlichovy rovnice.



Obr. 1 Ukázka grafického zpracování výsledků (převzato z protokolu účastníků chemického kempu)

Konstanty Freundlichovy reakční izotermy na obr. 1 mají hodnoty: $a = 0,6499$ a $k = 0,0021$ ($\log k = -2,6803$).

4 Závěr

Účastníci kempu se prostřednictvím praktické úlohy seznámili s pojmem adsorpce. Sledovali průběh adsorpce kyseliny octové na aktivní uhlí a z výsledků vlastních měření sestrojili graf závislosti adsorbovaného množství kyseliny octové na její koncentraci. Tuto závislost vystihuje Freundlichova adsorpční izoterma (viz kap. 2.1), v níž vystupují konstanty α a k , které jsou charakteristické pro každou dvojici absorbát - adsorbent. Studenti zjistili, jakým způsobem se získávají experimentální data a jakým způsobem se s nimi dále pracuje.

5 Použitá literatura

MALIJEVSKÝ, A. a kol. Breviář z fyzikální chemie. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2000. 280 s. ISBN 80-7080-403-3.

NOVÁK, J. a kol. Fyzikální chemie II. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2001. 316 s. ISBN 80-7080-436-X.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5 Kontakt na autora

Mgr. Jitka Štrofová, Ph.D.

Katedra chemie, Fakulta pedagogická, ZČU

strofova@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

STANOVENÍ SLOŽENÍ ROZTOKŮ

Jan HRDLIČKA

1 Úvod

Titrace, jinak také odměrná analýza, je metoda kvantitativního stanovení látek založená na měření objemu roztoku činidla právě potřebného k úplnému zreagování stanovované složky ve známém objemu analyzovaného roztoku. Určíme-li přesnou látkovou koncentraci odměrného roztoku (tzv. titr), můžeme na základě stechiometrie reakce vypočítat množství nebo koncentraci stanovované složky v roztoku.

Titrace jsou také velmi častými úlohami v chemické olympiádě. Je to způsobeno několika faktory. Jednak se jedná většinou o úlohy nevyžadující velké množství speciálního vybavení, za druhé jsou při nich používány značně zředěné roztoky, takže obvykle snadno splní požadavky na bezpečnou práci žáků.

2 Odměrování objemů

Odměrné nádobí slouží k přesnému odměření potřebného objemu. Dělí se na dvě skupiny. Byreta a pipeta jsou odměrné nádobí kalibrované tzv. na vylití, na nádobí je nápis Ex. To znamená, že pokud naplníme nádobí přesně po rysku, pak to co vyteče je objem, který je určen popiskem na daném nádobí.

Odměrná baňka je oproti tomu odměrné nádobí kalibrované tzv. na dolití, na nádobí je nápis In. Znamená to, že pokud odměrnou baňku doplníme přesně po rysku, obsahuje objem určený popiskem na dané baňce.

Při odečítání hodnoty nebo doplňování kapaliny po rysku se díváme vždy vodorovně s hladinou vody a kolmo na skleněnou trubici. Protože v úzké trubici se výrazně projeví hydrofilita skla, hladina vodného roztoku v trubici má tvar misky. Zajímá nás nejnižší bod (tzv. meniskus) kapaliny. Ten je určující pro korektní odměření objemu.

V případě neprůhledného roztoku, což jsou například úlohy využívající jako titrační činidlo manganistan draselný, však tuto možnost nemáme. Proto se v tomto případě provádí odměřování objemu s využitím horní hrany roztoku. To má jednu nevýhodu, tato horní hrana se ustaluje poměrně delší dobu (řádově sekundy) než meniskus kapaliny a odečtení spotřeby odměrného roztoku manganistanu je pak nutné provést s dostatečným časovým odstupem od ukončení titrace.

3 Titrační stanovení

3.1 Titrace acidobazické

Pro modelová stanovení s využitím acidobazických reakcí bylo kromě obvyklého stanovení titru využito stanovení hydroxidových a uhličitanových iontů vedle sebe s využitím dvou různých indikátorů, které mají funkční oblast při různém pH.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Stanovení titru HCl na K₂CO₃

Přesnou koncentraci odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové určíme titrací standardního roztoku hydrogenuhličitanu draselného. Titrujeme na indikátor methyloranž alkalitu vytvořenou přítomností hydrogenuhličitanu. Protože při reakci vzniká CO₂, který zůstává částečně rozpuštěn v roztoku a ovlivňuje svou přítomností acidobazickou rovnováhu, je nutno těsně před koncem titrace roztok krátce povařit a tím oxid uhličitý z roztoku vypudit.

Stanovení veškeré alkality hydroxidu sodného

V roztoku hydroxidu sodného je alkalita roztoku způsobena jednak anionty hydroxidovými a pak také přítomností aniontů uhličitanových vzniklých pohlcením CO₂ ze vzduchu. Pokud titrujeme na methyloranž, resp. na methylovou žluť, u nichž je oblast barevné změny v kyselé oblasti, určíme bod ekvivalence odpovídající reakci všech uhličitanových i hydroxidových iontů s kyselinou. Spotřebu kyseliny přepočteme na NaOH, i když zahrnuje uhličitan a výsledek označujeme jako „celkovou alkalitu“, kterou udáváme v g NaOH ve vzorku.

Stanovení uhličitanu sodného vedle hydroxidu Winklerovou metodou

Stanovení celkového obsahu alkalicky reagujících iontů bylo provedeno v předchozím kroku. Ve druhém alikvotním podílu stanovovaného roztoku srazíme přidávkem chloridu barnatého přítomné uhličitanu jako BaCO₃ a zbylý NaOH titrujeme na fenolftalein (fenolftalein je velmi citlivý i na slabé kyseliny a ukáže nejmenší přebytek kyseliny, i když tato působí rozklad BaCO₃ a vystupuje jako H₂CO₃).

Pokud od spotřeby kyseliny chlorovodíkové na celkovou alkalitu (první stanovení) odečteme spotřebu kyseliny odpovídající jen hydroxidu sodnému (druhé stanovení), získáme hodnotu spotřeby kyseliny chlorovodíkové, která odpovídá Na₂CO₃ přítomnému v roztoku. Pokud takto vypočtenou hodnotu spotřeby HCl využijeme k výpočtu, určíme množství uhličitanu sodného obsaženého roztoku.

3.2 Titrace redoxní

Při redoxních reakcích využíváme jako odměrných roztoků obvykle silných oxidovadel nebo redukovadel. Jednou z nejpoužívanějších metod je manganometrie, kdy jako titrační činidlo využíváme manganistan draselný. Titrace jsou prováděny v prostředí silné minerální kyseliny, aby byl zajištěn jednoznačný průběh reakce za vzniku manganatých iontů.

Stanovení titru manganistanu draselného kyselinou šťavelovou

Jedná se o reakci



Odpipetujeme alikvotní podíl standardního roztoku (COOH)₂ do titrační baňky, naředíme jej vodou a přidáme H₂SO₄ k úpravě pH roztoku. Připravený roztok zahřejeme na 70°C a titrujeme odměrným roztokem KMnO₄ do prvního trvale růžového zbarvení. Vyšší teplota je klíčová pro dostatečně rychlý průběh reakce, nesmí však překročit asi 80°C, protože by mohlo docházet k vedlejší reakci mezi vznikajícími manganatými ionty a manganistanem za vylučování oxidu manganičitého.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Po přidání prvních podílů KMnO_4 roztok zůstává nejprve trvale zabarven a teprve po 10 – 20 vteřinách se začíná odbarvovat, odbarví se zcela a další přídavky se při míchání odbarvují ihned.

Je to důsledkem toho, že reakce mezi KMnO_4 a $(\text{COOH})_2$ je autokatalytická – její rychlý průběh vyžaduje přítomnost Mn^{2+} , které jsou reakčním produktem. Reakce probíhá rychle až po vytvoření dostatečné koncentrace Mn^{2+} .

Stanovení Fe^{2+} v síranu železnatém

Jedná se o reakci



Předem připravený vzorek železnatých iontů studenti doplní v odměrné baňce vodou do celkového objemu 100 cm^3 a po promíchání takto připravený roztok využívají k titraci. Alikvotní podíl tohoto roztoku odpipetujeme do titrační baňky, přidáme vodu a roztok H_2SO_4 . Pokud je roztok zakalen, lze jej zahřívát, až se vyčeří. Titruje se odměrným roztokem KMnO_4 do prvního trvale růžového zbarvení.

4 Závěr

Studenti si vyzkoušeli titrační stanovení, přičemž si prošli základy práce při odměřování roztoků pomocí pipety a byrety. Vzhledem k tomu, že při stanovení titru kyseliny chlorovodíkové i manganistanu draselného studenti používali stejné roztoky a odměřit měli i stejné množství standardu, bylo možné porovnávat mezi sebou přímo spotřeby při provedených titracích, kterých jednotliví studenti dosáhli. Z těchto hodnot pak byly po vyloučení odlehlých výsledků vypočteny průměrné hodnoty titru jednotlivých odměrných roztoků. Zároveň si při manganometrii otestovali i méně často používaný způsob odměřování objemů pro případ, kdy nelze při odečítání využít tzv. menisku kapaliny.

5 Použitá literatura

KRAITR M. Příručka pro laboratorní cvičení z analytické chemie. PF Plzeň, Plzeň 1965

6 Kontakt na autora

Ing. Jan Hrdlička, PhD.
Katedra chemie FPE ZČU v Plzni
hrdlicka@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

KVALITATIVNÍ ANALÝZA

Jan HRDLIČKA

1 Úvod

Pokud se budeme zajímat o složení libovolného vzorku, máme několik možností, jak k problému přistoupit. Buď nás bude zajímat množství některé ze složek vzorku (*analýza kvantitativní*) anebo to, z jakých součástí je vzorek složen (*analýza kvalitativní*). Dnes jsou tyto problémy obvykle řešeny s pomocí různých přístrojů. V dobách, kdy ještě chemie neměla takovéto možnosti, byly využívány především různé chemické reakce. Tyto postupy jsou samozřejmě využitelné i dnes.

Zadání tohoto tematického celku bylo zaměřeno na chemické reakce kationtů, které vedou k výrazným změnám barvy v průběhu reakce, v některých případech také ke vzniku sraženiny. Reakce byly zvoleny tak, aby barevné změny byly zřetelné a aby tyto reakce nebyly příliš citlivé na podmínky provedení.

2 Provádění důkazových reakcí

Důkazové reakce nejjednodušji provádíme ve zkumavkách, v případě malých množství roztoku vzorku je možné používat tzv. kapkovací destičku, nebo důkaz provádíme v kapce vzorku nanesené na filtračním papíru.

Obvykle postupujeme tak, že do zkumavky odlijeme opatrně asi 1 ml vzorku a k němu buď pomocí kapátka, nebo opatrným přiléváním postupně přidáváme roztok činidla. Přitom sledujeme, zda dochází v roztoku ke změnám, např. tvorbě sraženiny, nebo změně barvy roztoku. V některých případech může dojít k tomu, že vzniklá sraženina se dalšími přidávkami činidla opět rozpustí. Všechny pozorované změny pečlivě zapisujeme.

3 Dokazování kationtů

Studenti měli k dispozici stojánek se zkumavkami, které obsahovaly kationty Cu^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} . S každým z těchto kationtů studenti prováděli reakci s uhličitánem sodným, roztokem amoniaku, hydrogenfosforečnanem amonným, jodidem draselným a octanem sodným. Dále měli k dispozici roztok škrobu ke zvýraznění přítomnosti jodu, který vzniká při některých redoxních reakcích z jodidu.

Ke každé reakci si studenti zapisovali poznámky, zda reakce probíhala, respektive jaký byl její výsledek (zda se výrazně měnila barva roztoku, zda vznikala sraženina, jaké barvy atp.).

Každý ze studentů pak obdržel zkumavku s jedním z testovaných iontů. Jejich úkolem pak bylo s neznámým vzorkem provést podle svého uvážení vybrané reakce a na jejich základě pak jednoznačně potvrdit, o jaký kation ze zadaných se jedná.

3.1 Srážecí reakce

Všechny použité kationty poskytovaly sraženinu s roztokem uhličitanu i roztokem hydrogenfosforečnanu. Vzniklé sraženiny měly většinou výrazné barvy. V některých případech se výsledná barva sraženiny výrazně lišila od zbarvení kationtu v roztoku. Jako příklad takové změny lze uvést srážení Co^{2+} , kdy kation v roztoku má červenorůžovou barvu, zatímco sraženina fosforečnanu je zbarvena modrofialově, nebo Fe^{3+} , jehož fosforečnan je zbarven bíle, případně slabě nažloutle.

3.2 Komplexotvorné reakce

Při reakci s roztokem amoniaku vznikaly v první řadě sraženiny hydroxidů příslušných kationtů. Přídavkem nadbytku amoniaku ale v některých případech došlo k rozpouštění sraženiny hydroxidu za vzniku amminokomplexů daného iontu. Vzhledem k tomu, že se jedná o silné komplexy amoniaku s měďnatými, kobaltnatými či nikelnatými ionty, mají vzniklé komplexy výrazně odlišné zbarvení oproti iontu rozpuštěnému ve vodě. Stejně tak se výrazně mění zbarvení roztoku iontů železitých účinkem octanu sodného.

3.3 Redoxní reakce

S roztokem jodidu draselného reagují z tohoto výběru jen ionty s oxidačními účinky, což jsou Cu^{2+} a Fe^{3+} . Kation měďnatý se redukuje na měďný za současného vzniku bílé sraženiny jodidu měďného a hnědého jodu. Železitý kation oxiduje jodid na hnědý jod a žádná sraženina nevzniká. Hnědé zbarvení jodu lze zvýraznit reakcí se škrobem za vzniku velmi intenzivního modrého zbarvení.

4 Další zajímavé barevné reakce

Jako v předchozí úloze se jedná o typické barevné reakce vybraných kationtů s některými činidly.

Při prvním pokusu filtrační papír pokapeme malým množstvím roztoku Fe^{3+} a doprostřed kápneme směs roztoků hexakynoželeznanu draselného a thiokyanatanu draselného. Vzniká nám tmavě modrá skvrna sraženiny berlínské modři. Jak postupně roztok difunduje papírem, spotřebují se veškeré anionty hexakynoželeznanové. Pak se začne projevovat reakce aniontů thiokyanatanových se železem a okolo modré skvrny postupně vzniká červenohnědý okraj. Tento jev je umožněn díky tomu, že komplex berlínské modři je výrazně silnější než komplex železitého iontu s thiokyanatanem a proto vznik modři probíhá přednostně.

Na filtrační papír dáme několik krystalků $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ a opatrně je skleněnou tyčinkou rozmačkáme na drť. Na tuto drť opatrně kápneme několik kapek roztoku Co^{2+} . Na hranách krystalků dochází ke vzniku výrazného modrého zbarvení. To je někdy vysvětlováno jako důsledek vnikání iontů kobaltnatých do krystalové struktury thiosíranu sodného.

Na tabletku acylpyrinu kápneme jednu nebo dvě kapky roztoku Fe^{3+} . Tabletky se postupně zbarvuje poměrně intenzivní modrofialovou barvou. Probíhají zde v podstatě dvě následné reakce. Díky kyselému charakteru roztoku Fe^{3+} dochází postupně k rozkladu acetylsalicylové kyseliny na kyselinu salicylovou. Ta pak tvoří výrazně zbarvený komplex se železitými ionty.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

5 Závěr

Studenti se naučili pracovat s malými množstvími vzorku při provádění důkazů ve zkumavkách. Dále Zároveň si ve zjednodušené formě vyzkoušeli postup, který byl využíván v chemické analýze k jednoznačnému určení stanovovaného kationtu.

Jako doplněk pak bylo zařazeno několik vybraných reakcí s výraznými barevnými změnami. Zároveň bylo při provádění jednotlivých reakcí studentům vysvětlováno, jaký vliv má tvorba komplexních sloučenin na výslednou barvu roztoku, a proč dochází v některých případech k záměně ligandů doprovázené pozorovatelnou barevnou změnou.

6 Použitá literatura

KRAITR M. Příručka pro laboratorní cvičení z analytické chemie. PF Plzeň, 1965

TOMÍČEK O. Kvantitativní analýza. Ústřední svaz lékárníků, Praha 1947

OKÁČ A. Analytická chemie kvalitativní. Nakladatelství ČSAV, Praha 1956

KLIKORKA J., HÁJEK B., VOTINSKÝ Jiří. Obecná a anorganická chemie. SNTL, Praha 1985

7 Kontakt na autora

Ing. Jan Hrdlička, PhD.

Katedra chemie FPE ZČU v Plzni

hrdlicka@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

ROVNOVÁHY V ROZTOCÍCH ELEKTROLYTŮ

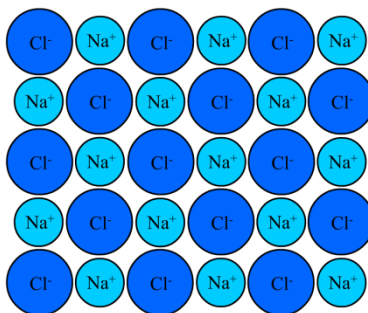
Jitka ŠTROFOVÁ

1 Úvod

V následujícím textu jsou vysvětleny základní pojmy týkající se teorie elektrolytů. V kapitole 3 je stručně uveden námět na praktickou úlohu – měření pH roztoku a sledování závislosti jeho hodnoty na koncentraci daného roztoku.

2 Elektrolyty a jejich vlastnosti

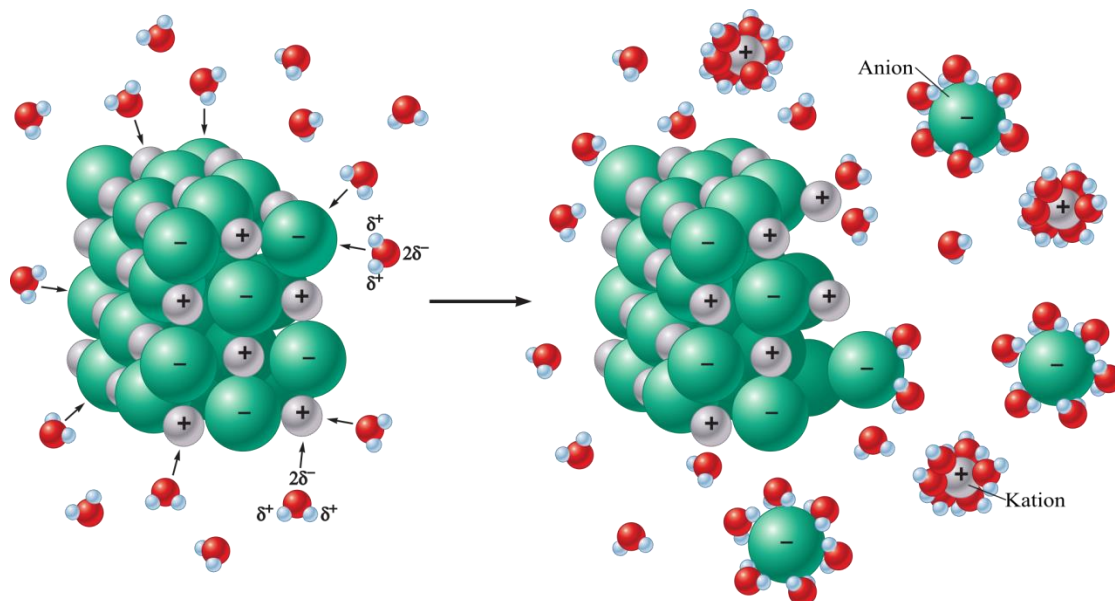
Pojmem elektrolyt lze označit jakoukoliv látku, která se v roztoku nebo tavenině štěpí na ionty. Jak takové štěpení probíhá, si můžeme představit na příkladu chloridu sodného NaCl. Ten tvoří v pevném stavu krystaly, v nichž jsou pravidelně uspořádány kationty Na^+ a anionty Cl^- (viz obr. 1).



Obr. 1 Uspořádání iontů v krystalu chloridu sodného
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NaCl_crystal_structure.png)

Budeme-li chlorid sodný zahřívat, budou se ionty vlivem dodaného tepla pohybovat mnohem rychleji a intenzivněji, tím se naruší krystalová mřížka a bude docházet k uvolňování iontů Na^+ a Cl^- do taveniny. Také při rozpouštění NaCl ve vodě bude docházet k uvolňování jednotlivých iontů do roztoku. V tomto případě jsou ionty „vytrhávány“ z krystalové mřížky molekulami vody, které jsou polární (mají kladný δ^+ a záporný pól δ^-). Molekuly H_2O obalí každý ion tak, že ke kationtu směřuje záporný pól a k aniontu kladný pól (viz obr. 2).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 2 Disociace chloridu sodného ve vodě

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dysocjacja_w_wodzie.png?uselang=cs)

Štěpení molekuly na ionty se označuje jako elektrolytická disociace, v případě chloridu sodného ji lze zapsat rovnicí



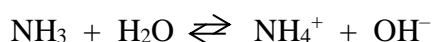
2.1 Disociace kyselin a zásad

Kromě anorganických solí mohou elektrolytické disociaci podléhat také kyseliny a zásady. Podle Brønstedovy-Lowryho teorie jsou kyseliny látky, které mohou odštěpovat proton ve formě vodíkového kationtu H^+ , a zásady látky, které jej mohou přijímat. Vodíkový kation nemůže existovat samostatně, pokud jej nějaká látka odštěpí, musí existovat jiná, která jej přijme. To znamená, že se daná látka může projevit jako kyselina jen v přítomnosti zásady a naopak. Látky, které se liší pouze o jeden H^+ tvoří tzv. konjugovaný pár. Disociaci kyseliny chlorovodíkové ve vodném roztoku lze vyjádřit rovnicí



Kyselina chlorovodíková se zde chová jako kyselina a voda jako zásada. Dochází-li v systému k disociaci, lze v něm najít vždy dva konjugované páry. V tomto případě jeden pár tvoří kyselina chlorovodíková (kyselina) a k ní konjugovaná zásada, kterou je chloridový anion Cl^- . Druhý pár tvoří voda (zásada) a k ní konjugovaná kyselina – oxoniový kation H_3O^+ .

Voda se může chovat také jako kyselina, například ve vodném roztoku amoniaku dochází k disociaci

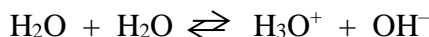


Látky, které se mohou chovat jako kyseliny i jako zásady, se označují jako amfotery.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.2 Autoprotolýza, iontový součin vody a pH

Amfoterní látky mohou podléhat autoprotolýze, kdy spolu reagují dvě molekuly téhož amfoteru, jedna molekula se chová jako kyselina (odštěpuje H^+) a druhá jako zásada (přijímá H^+). V případě vody se jedná o reakci



Mezi nedisociovanými a disociovanými molekulami se ustaví rovnováha, pro kterou je definována rovnovážná konstanta K

$$K = \frac{a_{H_3O^+} \cdot a_{OH^-}}{a_{H_2O}^2}$$

kde a_i je aktivita i -té látky.

Vzhledem k tomu, že disociaci podléhá jen velmi malá část z celkového počtu molekul vody, je aktivita vody rovna jedné a rovnovážná konstanta přechází na tzv. iontový součin vody K_V :

$$K_V = a_{H_3O^+} \cdot a_{OH^-}$$

Aktivity lze nahradit koncentracemi (c_i) a iontový součin vody lze zapsat ve tvaru

$$K_V = c_{H_3O^+} \cdot c_{OH^-}$$

Stejně jako hodnota rovnovážné konstanty je i hodnota iontového součinu vody závislá na teplotě. Při teplotě $25\text{ }^\circ\text{C}$ má hodnotu $K_V = 10^{-14}$. Z rovnice popisující autoprotolýzu vody plyne, že v čisté vodě je stejné množství H_3O^+ a OH^- . Z výše uvedených vztahů je možné určit koncentraci obou iontů při teplotě $25\text{ }^\circ\text{C}$.

$$c_{H_3O^+} = c_{OH^-}$$

$$c_{H_3O^+} \cdot c_{OH^-} = 10^{-14}$$

$$c_{H_3O^+} = 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$$

Pro zjednodušení výpočtů byl zaveden tzv. vodíkový exponent pH, který je definován:

$$\text{pH} = -\log a_{H_3O^+}$$

Nahradíme-li aktivitu koncentrací, lze pH definovat

$$\text{pH} = -\log c_{H_3O^+}$$

Analogicky lze definovat pOH

$$\text{pOH} = -\log c_{OH^-}$$

Pro iontový součin vody pak platí

$$\text{p}K_V = -\log K_V$$

$$\text{p}K_V = -\log(c_{H_3O^+} \cdot c_{OH^-})$$

$$\text{p}K_V = \text{pH} + \text{pOH}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pro teplotu 25 °C je $pK_V = 14$.

2.3 Roztoky kyselé, zásadité a neutrální

Podle obsahu iontů H_3O^+ a OH^- se roztoky rozdělují na roztoky kyselé, zásadité a neutrální. Jsou-li koncentrace obou iontů stejné, je roztok neutrální. Je-li $c(H_3O^+) > c(OH^-)$, je roztok kyselý. Bude-li naopak $c(H_3O^+) < c(OH^-)$, je roztok zásaditý. Při teplotě 25 °C pak pro pH jednotlivých roztoků platí:

- Je-li $pH = 7$, roztok je neutrální.
- Je-li $pH < 7$, je roztok kyselý.
- Je-li $pH > 7$, je roztok zásaditý.

Přibližnou hodnotu pH roztoku lze určit pomocí acidobazických indikátorů ve formě roztoků nebo indikátorových papírků, přesnou hodnotu měřením pH-metrem.

3 Měření pH

Úkolem účastníků chemického kempu bylo změřit pH roztoků kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové o různých koncentracích. Naměřené hodnoty pH měli vzájemně porovnat a sestrojit graf závislosti pH na koncentraci daného roztoku.

3.1 Pracovní postup

- **Příprava roztoků**

Postupným ředěním připravte do odměrných baněk o objemu 100 cm³ roztoky HCl a CH₃COOH o koncentracích 1; 0,5; 0,1; 0,01 a 0,001 mol dm⁻³.

- **Příprava pH-metru a jeho kalibrace**

Spust'te program Logger Pro. K notebooku připojte přes rozhraní Go! Link elektrodu pH-metru PH-BTA (Vernier). Software rozpozná připojené čidlo a na obrazovce se objeví základní rozvržení pracovní plochy pro měření pH. Podle instrukcí v pracovním návodu proveďte kalibraci pH-metru.

- **Příprava měření**

V nabídce *Experiment* zvolte *Sběr dat* a v dialogovém okně místo časové závislosti vyberte možnost *Události se vstupy*, doplňte *Název sloupce (koncentrace)*, *Značku (c)* a uložte tlačítkem *Hotovo*. Nyní je vše připraveno k měření.

- **Měření pH roztoků o různé koncentraci**

Z odměrných roztoků HCl o koncentracích 1; 0,1; 0,5; 0,01 a 0,001 mol dm⁻³ odlijte vzorky do předem označených zkumavek. Elektrodu opláchněte vodou, opatrně osušte čistým filtračním papírem a ponořte ji do měřeného vzorku. Na obrazovce se objeví okamžitá hodnota pH. *Spust'te měření* zeleným tlačítkem na horní nástrojové liště. Chvilí počkejte, až se hodnota ustálí, modrým tlačítkem na liště *hodnotu uchovejte*.

Do dialogového okna *Události a hodnoty* запиšte koncentraci roztoku, data se uloží do datové tabulky.

Elektrodu vyjměte, znovu důkladně opláchněte vodou, osušte a můžete měřit další vzorek. Měření ukončíte červeným tlačítkem *Ukončit měření*. Naměřená data uložíte příkazem *Soubor – Uložit jako*

Měření zopakujte pro CH₃COOH. Pro každou látku budou hodnoty pH uloženy jako samostatný soubor.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Po skončení měření elektrodu důkladně opláchněte vodou a uložte zpět do skladovacího roztoku.

3.2 Otázky a úkoly

1. Změřte pH-metrem hodnotu pH roztoků HCl a CH₃COOH o koncentracích 0,001; 0,01; 0,1; 0,5 a 1 mol.dm⁻³, výsledky zapište do tabulky.
2. Naměřená data exportujte do Excelu a sestrojte bodový graf závislosti pH na koncentraci daného roztoku. Pokuste se jednotlivé body proložit vhodnou křivkou (přímka, polynom, exponenciála, logaritmus). Která křivka nejlépe vyhovuje naměřeným hodnotám?
3. Vypočtete pH jednotlivých roztoků a porovnejte tyto hodnoty s naměřenými daty. Pokuste se vysvětlit případné rozdíly.
4. Porovnejte hodnoty pH kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové.

3.3 Výsledky měření

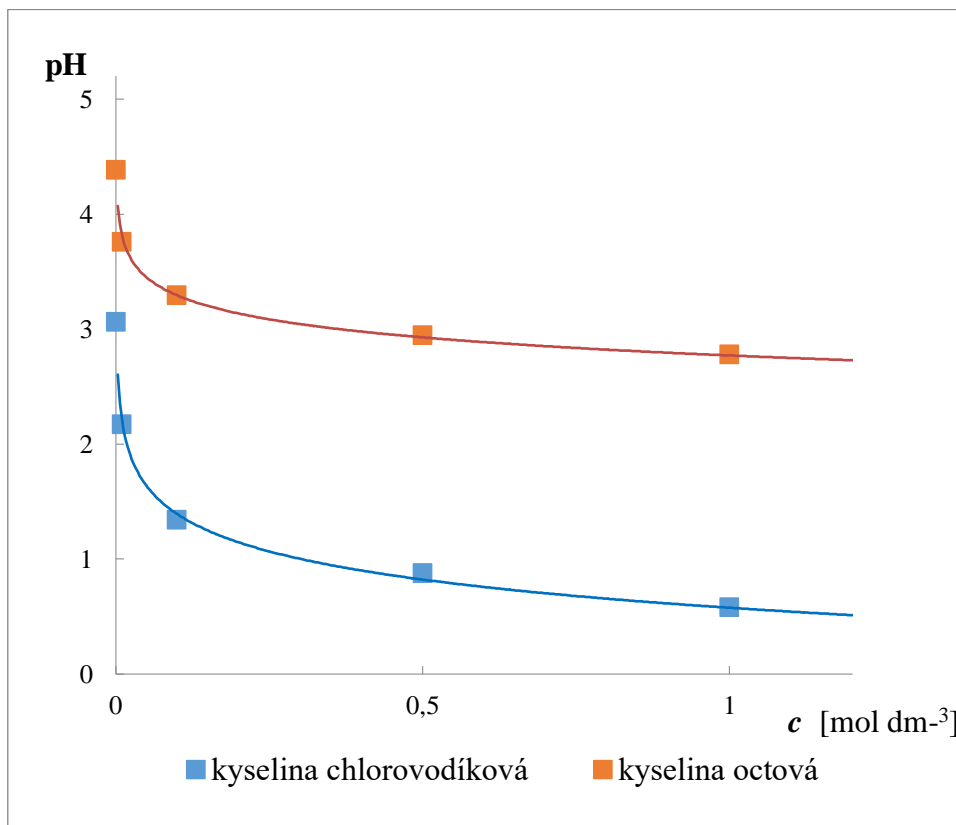
Naměřené hodnoty pH roztoku HCl a CH₃COOH jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1 Naměřené hodnoty pH roztoků kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové

Koncentrace [mol.dm ⁻³]	pH	
	HCl	CH ₃ COOH
0,001	3,06	4,38
0,01	2,17	3,75
0,1	1,34	3,29
0,5	0,88	2,94
1	0,57	2,78

Na základě naměřených dat byl sestroyen bodový graf (obr. 3), který vystihuje závislost hodnoty pH na koncentraci roztoku. Jednotlivé body jsou proloženy křivkou, nejlepší výsledek poskytuje logaritmická závislost, což je v souladu s definicí pH uvedené v kap. 2.2.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 3 Závislost pH roztoku na jeho koncentraci

V tabulce 2 jsou vypočtené hodnoty pH pro různé koncentrace. Výpočet byl proveden na základě vztahu $\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$. V případě silné kyseliny (HCl) je možné koncentraci H_3O^+ nahradit přímo koncentrací kyseliny. Porovnáním vypočtených a naměřených hodnot pH roztoku kyseliny chlorovodíkové je vidět, že se obě hodnoty shodují velmi dobře. V případě kyseliny octové jsou mezi vypočtenými a naměřenými hodnotami větší rozdíly, neboť kyselina octová je slabá kyselina, která disociuje jen částečně a koncentrace H_3O^+ je mnohem menší než koncentrace roztoku kyseliny. Přesnější výsledky výpočtu bychom získali, kdybychom znali stupeň disociace α . Potom by pro pH platilo:

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+) = -\log[c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot \alpha]$$

Tabulka 2 Vypočtené hodnoty pH

Koncentrace [mol.dm ⁻³]	pH = $-\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$
0,001	3,0
0,01	2,0
0,1	1,0
0,5	0,3
1	0,0

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hodnoty pH roztoku HCl jsou nižší než roztoku CH₃COOH, protože HCl je silná kyselina, v níž jsou téměř všechny molekuly disociovány. V roztoku CH₃COOH naopak zůstává značná část nedisociovaných molekul. Množství H₃O⁺ je proto nižší a pH nabývá vyšších hodnot než v roztoku HCl při stejné výchozí koncentraci.

4 Závěr

Účastníci kempu si při řešení této úlohy prakticky ověřili platnost definičního vztahu pH. Naučili se připravovat odměrné roztoky a pracovat s pH-metrem Vernier. Z měření jednotlivých pracovních skupin vytvořili soubor dat, na jehož základě byli schopni popsat závislost pH roztoku na jeho koncentraci a porovnat chování roztoků kyseliny chlorovodíkové a kyseliny octové.

5 Použitá literatura

NOVÁK, J. a kol. Fyzikální chemie II. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2001. 316 s. ISBN 80-7080-436-X.

6 Kontakt na autora

Mgr. Jitka Štrofová, Ph.D.
Katedra chemie, Fakulta pedagogická, ZČU
strofova@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

SPEKTROFOTOMETRICKÁ STANOVENÍ

1 Úvod

Pro stanovení obsahu látky jsou dnes prakticky výhradně využívány metody instrumentální. Jednou ze skupin metod jsou metody spektrální, při nichž je využíváno interakcí mezi zářením a hmotou. Pro mnoho různých stanovení jsou dodnes používány metody, kdy dochází k pohlcování záření ve viditelné oblasti. Intenzita zabarvení roztoku je přitom za určitých podmínek přímo úměrná koncentraci stanovované látky. Od původního prostého porovnávání intenzity zabarvení roztoku se standardy pouhým okem se postupem času tyto metody dostaly k objektivnímu přístrojovému měření množství roztokem pohlceného záření.

2 Lambert – Beerův zákon

Lambert-Beerův zákon vyjadřuje vztah mezi absorbancí světla určité vlnové délky a koncentrací analytu. Je vyjádřen rovnicí

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l,$$

kde A je absorbance při dané vlnové délce, ε je molární absorpční koeficient [$\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$] pro danou vlnovou délku a daný analyt, l je délka optické dráhy, na které dochází k absorpci (tloušťka kyvety) [cm] a c je molární koncentrace stanovovaného analytu [$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$]. Pro praktické aplikace se výše uvedený vztah redukuje na lineární rovnici

$$A = k_1 \cdot c + k_0$$

kde k_1 a k_0 jsou koeficienty zjištěné empiricky z naměřených dat kalibrační přímky.

Lambert – Beerův zákon je limitní, tzn. že platí pouze za určitých podmínek:

- pro přesně monochromatické záření
- pro dostatečně zředěné roztoky ($c \ll 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$)
- absorbující částice nepodléhají žádným změnám (interakcím)
- v měřeném systému existuje pouze jedna složka, jež absorbuje procházející záření (je-li v měřeném systému více složek absorbujících při dané λ , pak je absorbance soumou všech složek a jednotlivou složku nelze stanovit).

3 Stanovení obsahu látek ve vodě

Voda jako analyzovaný vzorek je velmi jednoduchou maticí. Pro běžná stanovení není obvykle nutné vzorek výrazně upravovat nebo z něj extrahovat stanovované analyty. Z těchto důvodů jsou fotometrická stanovení různých látek ve vodách vhodným modelem pro vysvětlení obecných principů instrumentální analýzy.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Železo a mangan nepatří v běžných koncentracích v pitné vodě mezi látky zdraví škodlivé. Ovšem vyšší koncentrace těchto kovů významně ovlivňují jiné vlastnosti pitné vody. Z hygienického hlediska je důležitý vliv na chuť a vzhled vody. Dále pak při vyšších koncentracích může docházet k významnému vylučování sloučenin železa a manganu ve formě různých povlaků, které pak mohou zhoršovat průchodnost potrubí a zvyšovat opotřebení ventilů. Zároveň jsou tyto povlaky živnou půdou pro určité typy bakterií, díky kterým pak voda získává i nepříjemný zápach.

4 Stanovení železa a manganu ve vodě spektrofotometricky

4.1 Měření na spektrofotometru Vernier

Spektrofotometr Vernier je zařízení, které je možno připojit k notebooku pomocí USB konektoru. Pak je řízen pomocí nainstalovaného software LoggerPro 3.1. Spektrofotometr je vybaven zdrojem záření, který umožňuje měření v oblasti vlnových délek od 380 nm do 950 nm. Detektorem záření je pak fotodiody. Přístroj je vyroben jako jednopaprskový.

V ovládacím programu je možné nastavit možnost měření závislosti absorbance na koncentraci při zvolené vlnové délce. Přímou v programu lze změřit libovolný počet standardů a naměřené údaje pak proložit kalibrační přímkou.

4.2 Měření na spektrofotometru Hitachi U-2010

Spektrofotometr Hitachi U-2010 je plně vybavený spektrofotometr pro měření v oblasti ultrafialového i viditelného záření v rozsahu od vlnové délky 195 nm do 1100 nm. Přístroj je dvouprskový, vybavený monochromátorem doplněným spektrálními filtry. Detektory záření jsou fotodiody.

V ovládacím programu je možné nastavit možnost měření závislosti absorbance na koncentraci při jedné nebo více zvolených vlnových délkách. Přímou v programu lze změřit libovolný počet standardů a naměřené údaje pak proložit kalibrační přímkou a na základě této přímky pak vyhodnocovat stanovované vzorky.

4.3 Příprava roztoků pro měření kalibrační křivky

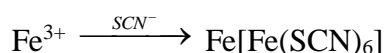
Pro přípravu kalibračních roztoků pro stanovení železnatých iontů byl připraven zásobní roztok $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, který obsahuje v 1 ml roztoku 0,1 mg Fe, tj. v 1 litru 100 mg Fe.

Pro přípravu kalibračních roztoků pro stanovení manganatých iontů byl připraven zásobní roztok KMnO_4 , který obsahuje v 1 ml roztoku 0,1 mg Mn, tj. v 1 litru 100 mg Mn.

Oba roztoky byly připraveny krátce před měřením čerstvé, aby nedošlo stárnutím roztoků ke změnám obsahu stanovovaných látek. Ze zásobních roztoků byly ředěním připraveny standardní roztoky o koncentracích 0; 2,5; 5; 7,5 a 10 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Takto připravené roztoky pak byly využity ke kalibraci příslušného spektrofotometru.

4.4 Stanovení Fe^{3+} thiokyanatanem

Trojmocné železo reaguje v kyselém prostředí s thiokyanatanem za vzniku červeného zbarvení.

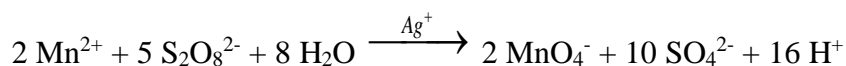


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Do 100 ml kádinky k 50 ml vzorku (objem je odměřen pipetou) se přidá 2,5 ml HCl (1:1) a zamíchá se. Potom se přidá 5 ml 20% roztoku KSCN a po promíchání se za 10 minut změří absorbance vzorku při vlnové délce 500 nm. Hmotnostní koncentrace Fe v mg.l^{-1} se určí z kalibrační křivky.

4.5 Stanovení Mn^{2+} oxidací na manganistan

Manganaté ionty jsou v kyselém prostředí oxidovány peroxodisíranem za katalýzy stříbrnými ionty za vzniku výrazně fialově zabarveného iontu manganistanového.



Do 100 ml kádinky k 50 ml vzorku se přidá 2,5 ml směsného činidla obsahující stříbrné ionty a 0,5 g peroxodisíranu draselného. Směs se pomalu ohřeje k varu a vaří se po dobu 10 min. Po ochlazení na teplotu laboratoře se přidá asi 0,1 g peroxosíranu draselného navíc a objem roztoku se doplní destilovanou vodou zpět na 50 ml. Po 10 minutách se změří absorbance vzorku při vlnové délce 525 nm. Hmotnostní koncentrace Mn v mg.l^{-1} se určí z kalibrační křivky.

5 Závěr

V rámci této úlohy si studenti při přípravě roztoků osvojili přípravu kalibrační řady s využitím odměřování roztoků pomocí pipet a odměrných baněk. Přesnost jejich práce pak bylo možné zhodnotit podle toho, jak přesně protínala kalibrační přímka jednotlivé body v kalibračním grafu.

Zároveň se seznámili s možnostmi přístrojových metod při stanoveních nízkých koncentrací vybraných analytů. Jako vzorek sloužil uměle připravený vzorek, protože koncentrace stanovovaných analytů ve vodovodní vodě jsou tak nízké, že použitými metodami není možno je spolehlivě změřit.

6 Použitá literatura

OPEKAR, F.; JELÍNEK, I.; RYCHLOVSKÝ P. Základní analytická chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem 1. vyd. Karolinum, Praha 2002.

HORÁKOVÁ, M. Analytika vody 2. vyd. VŠCHT, Praha 2003.

KOŽENÁ, L. Přímé stanovení dusičnanů ve vodě UV spektroskopii na přístroji HITACHI U-2010, Bakalářské práce, ZČU v Plzni, Plzeň 2007.

Měření koncentrace s Vernier SpectroVis Plus [online]. Dostupné na internetu <<http://www.vernier.cz/experimenty/gml/chemie/ch11.pdf>>

6 Kontakt na autora

Ing. Jan Hrdlička, PhD.

Katedra chemie FPE ZČU v Plzni

hrdlicka@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ ZÁKONŮ PRO IDEÁLNÍ PLYN

Vladimír SIROTEK

1 Úvod

Pro popis chování ideálního plynu byly odvozeny některé zákony, které pro skutečně reálné plyny platí jen za určitých mezních podmínek. Tyto zákony vystihují přesně chování tzv. *ideálního plynu* a jeho vlastnosti. Pro svou jednoduchost se dají použít i k přibližnému vystižení vlastností některých reálných plynů (Vacík 2007, s. 132).

2 Izotermický děj

Při konstantní teplotě (izotermický děj) ideálního plynu o stálé hmotnosti je tlak plynu nepřímo úměrný jeho objemu. $p \cdot V = konst.$ (*Boyle-Mariottův zákon*). Znamená to, že součin tlaku plynu a jeho objemu je pro dané množství plynu konstantní. Tuto závislost nazýváme *izotermou* ideálního plynu a jejím grafickým vyjádřením je rovnoosá hyperbola.

2.1 Ověření Boyle-Mariottova zákona

Ověření Boyle-Mariottova zákona lze provést s měřicím systémem Vernier. Pro realizaci je potřebné následující vybavení: senzor tlaku plynu GPS-BTA s příslušenstvím, rozhraní Go!Link, počítač (notebook) se softwarem Logger Pro nebo Logger Lite (Vernier). Sestavíme aparaturu dle schématu:



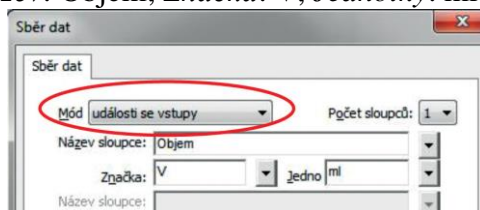
Obr. 1 Aparatura na ověření izotermického děje (podle www.vernier.cz)

2.2 Postup práce

Připojte senzor tlaku GPS-BTA do vstupu rozhraní Go!Link a rozhraní propojte s počítačem. Na injekční stříkačce z příslušenství senzoru nastavte objem 10 ml a našroubujte injekční stříkačku na závit senzoru.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V programu Logger Pro v základním menu *Experiment* zvolte *Sběr dat*. Nastavte *mód*: Události se vstupy; doplňte *Název*: Objem; *Značka*: V, *Jednotky*: ml. Potvrďte *Hotovo*.



Na obrazovce se objeví graf, ve kterém je na svislé ose je *tlak* a na vodorovné *objem*. V nastavení grafu upravte rozsah souřadnicové osy pro objem (osa x) od 0 do 20 ml a změňte nastavení grafu, aby se zobrazily jednotlivé body, které se nebudou spojovat.

Měření zahajte stisknutím tlačítka pro sběr dat (zelená ikona) v hlavním menu. Pro uchování změřené hodnoty stiskněte vedlejší tlačítko (Zachovat aktuální hodnotu) a objeví se nové okno pro vložení hodnoty – objemu. Napište hodnotu objem 10 ml.

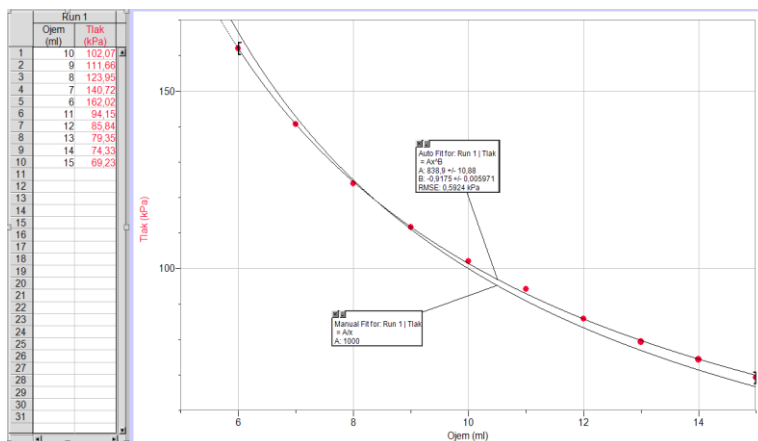
Posuňte píst injekční stříkačky na 9 ml a opakujte vložení hodnoty – tentokrát 9 ml. Pak postupně nastavujeme 8, 7, 6, 5, 11, 12, 13, 14 a 15 ml. Při nižších a vyšších hodnotách objemu, je třeba držet píst stříkačky pod tlakem přesně na dané hodnotě.

Pozor! Objem nesmí klesnout pod 5 ml, hrozí poškození přístroje!

Po posledním měření potvrďte stisknutím červené ikony ukončení sběru dat.

2.3 Otázky a úkoly pro studenty

V programu Logger Pro sestrojte graf závislosti tlaku na objemu. V menu *Analýza* zvolte *Proložit křivku* - *Tlak*. Vyberte typ rovnice *Mocninná*. Zvolte *Aproximovat*. Zapište rovnici funkce $p = f(V)$ i s koeficienty. Na základě tvaru křivky rozhodněte, zda se podařilo ověřit Boyle-Mariottův zákon.



Obr. 2 Izoterma ideálního plynu

3. Izochorický děj

Při konstantním objemu (izochorický děj) ideálního plynu o stálé hmotnosti je tlak plynu přímo úměrný jeho termodynamické teplotě $p/T = konst.$ (Charlesův zákon). Znamená to, že podíl tlaku a teploty je konstantní. Grafickým vyjádřením této závislosti je *izochora* (lineární závislost – přímka).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3.1 Ověření Charlesova zákona

Ověření Charlesova zákona lze provést s měřicím systémem 83erner. Pro realizaci je potřebné následující vybavení: senzor tlaku plynu GPS-BTA s příslušenstvím, rozhraní Go!Link, rozhraní Go!Temp, počítač (notebook) se softwarem Logger Pro nebo Logger Lite (83erner). Voda, varná konvice, skleněná nádobka (baňka), kádinky. Sestavíme aparaturu např. dle obrázku:



Obr. 3 Aparatura k ověření izochorického děje (podle www.vernier.cz)

3.2 Postup práce

Připojte senzor tlaku GPS-BTA do vstupu rozhraní Go!Link a rozhraní propojte s počítačem. Teploměr Go!Temp vsuňte do USB portu počítače. Připojte senzor tlaku GPS-BTA pomocí hadičky a zátky k nádobce (baňce). Zátka musí v hrdle nádobky držet pevně, aby vzduch nemohl zevnitř unikat. Do několika kádinek (5 – 6) připravte vodu o různé teplotě – do první přidejte led a u ostatních postupně více a více horké vody z varné konvice.

Spusťte program Logger Pro (Logger Lite) a v základním v základním menu *Experiment* zvolte *Sběr dat*. Nastavte *Mód: Vybrané události*.

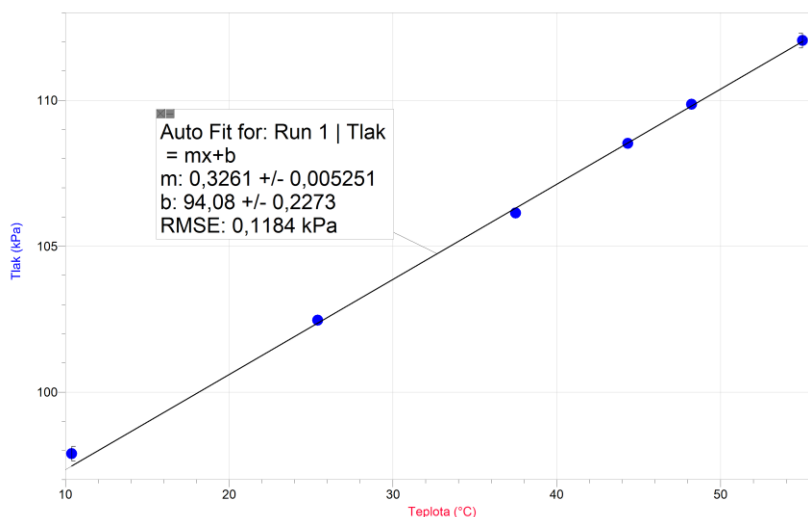
Na obrazovce se objeví dva grafy, v jednom je na svislé ose je *tlak* a ve druhém *teplota*. Vyberte si jeden z grafů a v nastavení grafu zadejte na svislou osu (y) *tlak* a na vodorovnou osu (x) *teplotu*. V nastavení grafu dále ještě upravte rozsah souřadnicové osy pro teplotu (osa x) od 0 do 90 °C a rozsah souřadnicové osy pro tlak (osa y) od 50 do 150 kPa. Dále změňte nastavení grafu tak, aby se zobrazovaly jednotlivé body, které se nebudou spojovat.

Měření zahajte stisknutím tlačítka pro sběr dat (zelená ikona) v hlavním menu. Vložte baňku i s teploměrem do nádoby s nejstudenější vodou. Počkejte, až nastane rovnovážný stav, pak stiskněte tlačítko pro zachování aktuální hodnoty. V levé části obrazovky se nám v tabulce objeví změřené hodnoty tlaku a teploty. Pokračujte postupně vložením baňky a teploměru do další kádinky s teplejší vodou a celý postup opakujte. Až budete mít údaje ze všech kádinek, tak ukončete měření. Po posledním měření potvrďte stisknutím červené ikony ukončení sběru dat.

3.3 Otázky a úkoly pro studenty

V programu Logger Pro sestrojte graf závislosti tlaku na teplotě. Proložte jej vhodnou křivkou. V menu *Analýza* zvolte *Proložit přímkou*. Zapište si rovnici funkce $p = f(T)$ i s koeficienty. Na základě grafu rozhodněte, zda jste ověřili Charlesův zákon.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 4 Izochora ideálního plynu

4 Závěr

V rámci této úlohy se studenti naučili pracovat s vybranými senzory od firmy Vernier a díky tomuto zařízení jednoduše a efektivně experimentálně ověřili dva zákony pro ideální plyny – izotermický a izochorický děj. Teoretické znalosti aplikovali na praktické úlohy a uvědomili si souvislosti mezi jednotlivými studovanými jevy.

5 Použitá literatura

VACÍK, J. Obecná chemie. 1. vyd. Praha: SPN 1986. 303 s.

<http://www.vernier.cz/experimenty/prehled/oblast/vyhledavani>

6 Kontakt na autora

PaedDr. Vladimír Sirotek, CSc.

Katedra chemie FPE ZČU v Plzni

sirotek@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

CHEMICKÉ REAKCE A ROVNICE

Vladimír SIROTEK

1 Úvod

Nedílnou součástí učiva chemie na základní škole a nižším stupni víceletých gymnázií je problematika chemických rovnic. Chemické rovnice jsou spolu s chemickým názvoslovím základním prostředkem dorozumění odborníků, ale i žáků a studentů chemie.

Řešení chemických rovnic patří mezi učivo, které nebývá často žáky dobře zvládnuto. Sestavení chemické rovnice vyžaduje nejen formální znalosti a dovednosti (názvosloví, algoritmus vyčíslování), ale i mnoho dalších vědomostí o vlastnostech látek a podmínek, za kterých spolu látky reagují. K dokonalému zvládnutí problematiky chemických rovnic je nutné postupně získávat znalosti obecných principů a zákonů, nejdůležitějších typů chemických reakcí, modelových situací a podle nich řešit další příklady (Sirotek 2004).

2 Zápis chemické reakce

V praxi dochází často k záměně pojmů *chemická reakce* a *chemická rovnice* a jejich nesprávnému používání.

Chemická reakce je děj, při kterém se původní látka (látky) mění na látku (látky) jinou (jiné). Neboli vazby mezi atomy původních látek zanikají a vytvářejí se vazby nové, které charakterizují vznikající látku. Látky, které spolu reagují, nazýváme *reaktanty*. Látky, které při reakci vznikají, nazýváme *produkty*. Chemickou reakci lze rovněž charakterizovat jako přeměnu reaktantů na produkty.

Chemická rovnice je zápis chemické reakce pomocí chemických vzorců sloučenin a značek prvků. Reaktanty (výchozí látky) zapisujeme na levou stranu a produkty (vznikající látky) na pravou stranu rovnice. Obě strany rovnice spojujeme šipkou ve směru probíhajícího děje nebo dvěma protisměrnými šipkami, zapisovanými nad sebou, v případě obousměrných reakcí. Pokud je rovnice správně vyčíslena, lze místo šipek psát rovnítko.

Zápis jednoduchých chemických reakcí můžeme provést jednou chemickou rovnicí. Složitější chemické reakce lze zapsat soustavou chemických rovnic (dvě a více) nebo reakčními schémata, které představují pouze naznačené reakční principy (Kosina, Šrámek 1996, Sirotek 2005).

2.1 Podmínky správného zápisu

Správně zapsaná chemická rovnice musí splňovat následující podmínky:

- *podmínka zachování druhu atomů* (nutno zapsat všechny reaktanty a produkty)
- *podmínka zachování počtu atomů určitého druhu* (počet atomů určitého druhu na levé straně se musí rovnat počtu atomů téhož druhu na pravé straně rovnice)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Uvedené podmínky plynou ze zákona zachování hmotnosti, který musí zápis chemické rovnice splňovat: Hmotnost všech reaktantů se musí rovnat hmotnosti všech produktů.

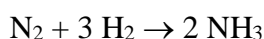
Úpravu chemických rovnic provádíme vyčíslením pomocí malých celých čísel tzv. *stechiometrickými koeficienty*, které zapisujeme před chemické vzorce a značky reaktantů a produktů (jednotkové koeficienty se neuvádějí).

Pro obecnou reakci



tedy platí $a \cdot x = c \cdot z$ a zároveň $b \cdot y = c \cdot u$

Pro konkrétní reakci



platí pro dusík N: $1 \cdot 2 = 2 \cdot 1$ a zároveň pro vodík H: $3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$

Pro jakoukoliv správně zapsanou chemickou rovnici dále platí, že poměr látkového množství reaktantů či produktů je roven poměru příslušných stechiometrických koeficientů, což lze výhodně uplatnit při řešení příkladů pomocí chemických výpočtů z rovnic.

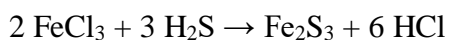
$$n(A_x) : n(B_y) : n(A_z B_u) = a : b : c$$

Pro redoxní reakce musí platit ještě podmínka *rovnosti vyměňovaných elektronů (RVE)* a pro iontové rovnice podmínka *elektroneutrality*, podle níž se musí rovnat součet nábojů reaktantů součtu nábojů produktů.

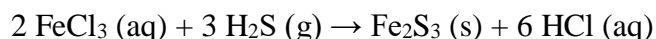
2.2 Způsoby zápisu chemické reakce

Můžeme určit několik způsobů zápisu chemické reakce podle toho, co máme v úmyslu chemickou rovnicí vyjádřit.

Stechiometrický zápis vyjadřuje poměry látkového množství mezi reaktanty a produkty, které odpovídají stechiometrii. Např.:



Stavový zápis vyjadřuje zároveň skupenský stav popř. stav rozpuštění reaktantů a produktů při reakci. Látky mohou reagovat ve skupenství pevném - značíme *s (solid)*, kapalném - značíme *l (liquid)*, plynném - *g (gas)* nebo ve formě vodného roztoku - *aq (aqua)*. V chemické rovnici uvádíme stav příslušným symbolem v závorce za vzorcem sloučeniny či značkou prvku. Např.:

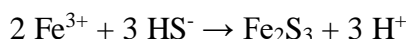


Iontový zápis vyjadřuje zápis chemické reakce, ve které se některé reaktanty či produkty mohou vyskytovat ve formě iontů. Důležité při tomto zápisu je správně určit ty látky, které se při reakci uplatňují jako ionty a které ne. Nejběžněji iontový zápis používáme při zápisu chemických reakcí, které probíhají v roztoku. Jako ionty lze zapsat ty látky, které jsou ve vodě velmi dobře rozpustné, zatímco ty látky, které se rozpouštějí velmi málo, jsou prakticky nerozpustné, musíme i při tomto zápisu zapsat jako molekuly. Můžeme použít tzv. *úplný iontový zápis* zahrnující všechny z reagujících látek, i když ne všechny se reakce zúčastní:



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V tomto případě chemická rovnice ani neodpovídá obecnému požadavku na rovnice, neboť na obou stranách rovnice se vyskytují stejné členy. Tento zápis bychom mohli užívat jen jako „*polotovár*“, z něhož úpravou (krácením) získáme zápis přehlednější, tzv. *zkrácený iontový zápis*, který vyjadřuje podstatu iontové chemické reakce. To znamená, že v chemické rovnici jsou uvedeny jen reagující ionty (popř. látky), které se účastní změny. Ionty, které zůstávají po reakci nezměněny v roztoku, ve zkráceném zápisu neuvádíme:



3 Zápis chemické reakce

Existuje celá řada různých hledisek, podle kterých lze třídit chemické reakce. Podle počtu fází můžeme hovořit o *reakcích homogenních* (probíhají v jedné fázi) a *heterogenních* (na styku alespoň dvou fází). Podle toho, jaké částice se reakce účastní rozlišujeme *reakce molekulové* (běžné reakce mezi molekulami), *iontové* (většina reakcí anorganických látek v roztocích), *radikálové* (vznik přechodně velmi reaktivní částice - radikálu u reakcí látek organických).

Dalším kritériem třídění chemických reakcí může být reakční mechanismus. Podle reakčního mechanismu můžeme chemické reakce rozdělit na:

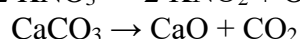
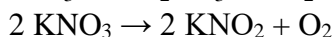
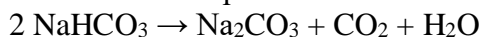
- *skladné reakce (slučování, syntéza, adice)* – dvě nebo více látek jednodušších se sloučí na jednu látku složitější, aniž se nějaké částice odštěpí. Např.:

slučování (syntéza) : $\text{Fe} + 2 \text{S} \rightarrow \text{FeS}_2$

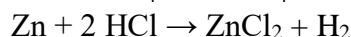
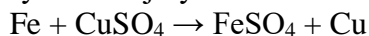


adice: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$

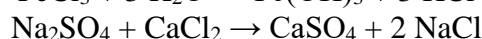
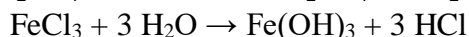
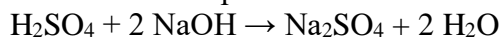
- *rozkladné reakce (rozklad, analýza, eliminace)* – jedna složitější látka se rozkládá na dvě nebo více jednodušších částic. Např.:



- *vytěšňovací reakce (substituce, nahrazování)* – atom nebo celá skupina atomů v molekule dané látky se vymění za jiný atom nebo skupinu atomů. Např.:



- *podvojně přeměny (konverze)* – tzv. zdvojená substituce, kdy dvě složitější látky si navzájem vymění některé své části. Např.:



Podle charakteru přenášené částice lze chemické reakce dělit na:

- *redoxní reakce (oxidačně-redukční)* – přenášené částice jsou elektrony (e^-)
- *acidobazické reakce (protolytické)* – přenášené částice jsou protony (H^+)
- *koordinační reakce (komplexotvorné)* – přenášené částice jsou atomy nebo atomové skupiny (ionty či molekuly jsou poutány k centrálnímu atomu mj. koordinačně kovalentní vazbou)

Zvláštním typem chemických reakcí jsou *srážecí reakce*, které se vyznačují tím, že alespoň jeden produkt je prakticky ve vodě nerozpustný. Mírou nerozpustnosti látek je součin

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

(produkt) rozpustnosti, který rozhoduje o tom, zda lze o látce hovořit jako o rozpustné či nerozpustné.

4 Postup při řešení chemických rovnic

Při vyčíslování chemických rovnic univerzální postup neexistuje, ale je vhodné dodržet určité postupné kroky, které mohou řešení usnadnit:

- zapsat správnými vzorci všechny známé reaktanty na levou stranu a produkty na pravou stranu rovnice
- uvědomit si, co by mohlo být pro řešení důležité (oxidační čísla atomů, skupenství reagujících látek, rozpustnost ve vodě, podmínky reakce – teplota, zda probíhá v roztoku apod.)
- určit zda se jedná o redoxní reakci (zda dochází ke změně oxidačního čísla u některých atomů)

Z hlediska správného vyčíslování chemických rovnic je užitečné rozdělit chemické reakce na ty, které probíhají *beze změny oxidačního čísla* a chemické reakce *se změnou oxidačního čísla* (redoxní reakce). Postupy při řešení chemických rovnic se u těchto typů trochu liší. Řešení redoxních rovnic je většinou složitější a je třeba použít další pravidla.

4.1 Chemické reakce beze změny oxidačního čísla

Mezi chemické reakce, které probíhají beze změny oxidačního čísla, patří zejména acidobazické reakce, koordinační reakce, tepelné rozklady a srážecí reakce.

Další postup při řešení chemických rovnic beze změny oxidačního čísla:

- zjistit zda je splněna 1. podmínka správného zápisu chemické reakce, tj. *podmínka zachování druhu atomů* – nutno zapsat všechny reaktanty a produkty, to znamená případně doplnit chybějící
- zjistit zda je splněna 2. podmínka správného zápisu chemické reakce, tj. *podmínka zachování počtu atomů určitého druhu*

Je-li tato druhá podmínka splněna, je chemická rovnice vyčíslená (správně zapsaná). Pokud není splněna, snažíme se chemickou rovnicí vyčíslit, nebo-li provádíme výpočet stechiometrických koeficientů (co nejmenší celá čísla). K tomu lze využít některých následujících metod a postupů.

4.1.1 Metoda zkoušek a omylů

Tato metoda se zdá sice poměrně jednoduchá, ale ne vždy vede k brzkému cíli. Lze použít u velmi jednoduchých rovnic. Postupujeme tak, že zkusmo postupně upravujeme stechiometrické koeficienty a kontrolujeme, zda souhlasí počet atomů daného prvku na levé a pravé straně rovnice.

4.1.2 Řešení úvahou

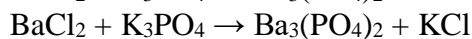
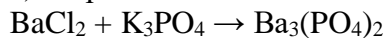
Při řešení chemických rovnic touto metodou postupujeme tak, že většinou začínáme bilancovat prvek s největším počtem atomů a postupujeme z jedné strany na druhou.

Příklad:

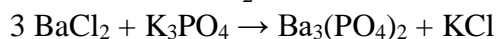
Zapište chemickou rovnicí a vyčíslete tvorbu nerozpustného fosforečnanu barnatého, který vzniká reakcí chloridu barnatého a fosforečnanu draselného.

Řešení:

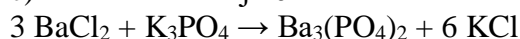
a) zapíšeme rovnici- známé rektanty a produkty a doplníme chybějící produkt KCl



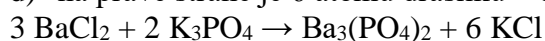
b) začneme bilancovat u barya – na pravé straně jsou 3 atomy, doplníme trojku i na levou stranu: 3 BaCl₂



c) na levé straně je 6 atomů chloru – doplníme na pravou stranu 6 KCl



d) na pravé straně je 6 atomů draslíku – doplníme na levou stranu 2 K₃PO₄

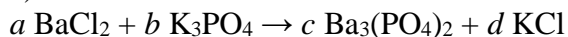


e) kontrola skupiny PO₄³⁻ – na levé straně 2 a na pravé straně také 2, rovnice je vyčíslená

4.1.3 Algebraická metoda

Tato metoda je poměrně zdlouhavá, ale vždy nás dovede k výsledku. Je vhodné ji použít, pokud není v rovnici velký počet reaktantů a produktů, protože pak její použití vede k řešení soustavy lineárních rovnic o velkém počtu neznámých. Použití této metody si ukážeme na předchozím příkladu:

a) označíme si hledané stechiometrické koeficienty proměnnými *a, b, c, d*



b) podle podmínky zachování počtu atomů na levé a pravé straně rovnice platí:

pro draslík (K): $3 \cdot b = d$

pro baryum (Ba): $a = 3 \cdot c$

pro chlor (Cl): $2 \cdot a = d$

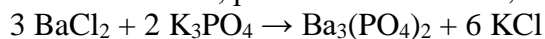
pro fosforečnan (PO₄³⁻): $b = 2 \cdot c$

c) do první rovnice dosadíme za $b = 2 \cdot c$, pak : $a = 3 \cdot c$

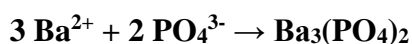
$$b = 2 \cdot c$$

$$d = 3 \cdot 2 \cdot c$$

zvolíme-li $c = 1$, pak dostáváme: $a = 3$, $b = 2$, $d = 6$ a správně vyčíslená rovnice:



Tuto rovnici lze zapsat i iontově:



U iontové rovnice musí navíc platit podmínka, že součet nábojů na pravé straně se rovná součtu nábojů na levé straně rovnice ($0 = 0$).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4.2 Chemické reakce se změnou oxidačního čísla (redoxní reakce)

Při redoxních reakcích dochází zároveň k *přijímání elektronů (redukce)* některými atomy a k *uvolňování elektronů (oxidace)* jinými atomy. Nutnou podmínkou při těchto dějích je *rovnost vyměňovaných elektronů (RVE)*. To znamená počet elektronů potřebných k redukci je roven počtu elektronů uvolněných při oxidaci. Redukce jedné látky může proběhnout pouze za současné oxidace látky jiné.

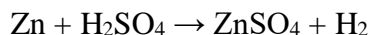
Při řešení redoxních rovnic je nutné znát pojmy oxidační a redukční činidlo. *Oxidační činidlo* je látka, která přijímá elektrony, sama se redukuje a napomáhá oxidaci jiné látky. Příklady oxidačních činidel: chlór, bróm, peroxid vodíku, kyslík, oxid měďnatý, manganistan, dichroman, oxid olovičitý, oxid manganičitý, jód, chlorečnan, konc. kyselina sírová, konc. kyselina dusičná aj.

Redukční činidlo je látka, která uvolňuje (odevzdává) elektrony, sama se oxiduje a napomáhá redukci jiné látky. Příklad redukčních činidel: kovy (Fe, Zn, Al, Na, Hg), uhlík, oxid uhelnatý, vodík, Fe^{2+} , Sn^{2+} , sulfan (sulfidy), siřičitany, jodidy, chloridy, bromidy aj.

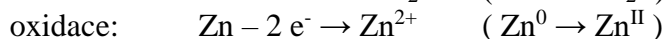
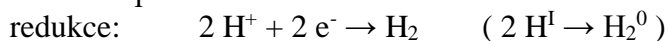
Oxidačně-redukční chování jedné látky závisí na redoxních vlastnostech ostatních přítomných látek. Např. peroxid vodíku uváděný jako oxidační činidlo se může k některým oxidovadlům (Cl_2 , BrO^- apod.) chovat jako látka redukující.

Redoxní reakce lze formálně rozdělit na dvě poloreakce, z nichž jedna představuje redukci (redukční děj) a druhá oxidaci (oxidační děj).

Například při redoxní reakci :



Příslušné poloreakce:



Důležitým pojmem, se kterým pracujeme při řešení chemických redoxních rovnic, je *oxidační číslo*. Oxidační číslo atomu prvku ve sloučenině je elektrický náboj, které by byl přítomen na atomu prvku, kdybychom elektrony v každé vazbě vycházející z tohoto atomu přidělili k elektronegativnějšímu atomu. Oxidační číslo je pojem formální a v některých případech neodpovídá skutečné elektronové konfiguraci v molekule. Oxidační číslo se značí římskou číslicí, píšeme ho vpravo nahoře u značky prvku a může být kladné, záporné nebo nula. U záporných oxidačních čísel píšeme před jeho hodnotu znaménko minus, kladná oxidační čísla uvádíme bez znaménka (plus většinou vynecháváme).

Pozor na záměnu pojmu a chybného zápisu oxidačního čísla a náboje iontu. Je nutné umět správně přečíst, zapsat a rozlišovat tyto pojmy, neboť se u nich často chybí. Např. Zn^{2+} je zápis zinečnatého kationtu, zatímco zápis Zn^{II} čteme jako zinek s oxidačním číslem dva (oxidační číslo zinku je dva), Cl^- je chloridový anion, zatímco $\text{Cl}^{-\text{I}}$ je chlor s oxidačním číslem mínus jedna.

Důsledkem oxidace je zvyšování oxidačního čísla, důsledkem redukce je snižování oxidačního čísla.

Pravidla určování oxidačních čísel

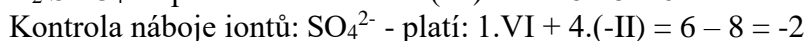
Pro určování oxidačních čísel platí tato základní pravidla:

- oxidační číslo volných atomů, atomů v molekule prvku je rovno nule (Zn^{0} , H_2^{0})
- oxidační číslo iontu tvořeného z jednoho prvku se rovná náboji iontu
- vodík má většinou ve sloučeninách oxidační číslo I (výjimkou jsou iontové hydridy, kde má ox. č. -I)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- kyslík má ve většině oxosloučenin oxidační číslo $-II$ (výjimkou jsou fluoridy kyslíku, peroxidy $-O_2^{-II}$, hyperoxidy $-O_2^{-I}$, ozonidy $-O_3^{-I}$)
- kladné oxidační číslo ve dvouprvkových (binárních) sloučeninách má atom s menší elektronegativitou a záporné oxidační číslo atom s větší elektronegativitou
- součet oxidačních čísel všech atomů prvků v elektroneutralní molekule se rovná nule, v iontu se rovná náboji

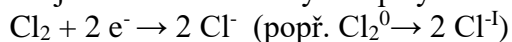
Např.: určíme oxidační čísla v molekule kyseliny sírové a síranového aniontu:



4.2.1 Metoda rovnosti vyměňovaných elektronů

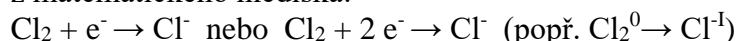
Vyčíslování stechiometrických koeficientů provádíme u redoxních reakcí na základě změn oxidačních čísel látek, které se zúčastňují reakce. Při tomto postupu využíváme metody rovnosti vyměňovaných elektronů (RVE). Pro úspěšné řešení chemických redoxních rovnic touto metodou je třeba přijmout následující pravidla:

- víceatomové molekuly (H_2 , O_2 , Cl_2 , P_4 aj.) pokládáme za celek, který přijímá (předává) počet elektronů odpovídající molekule, ne atomu
např. u chloru je třeba rozlišovat tyto zápisy:



nebo $Cl + e^- \rightarrow Cl^-$ (popř. $Cl^0 \rightarrow Cl^{-I}$)

Doporučujeme preferovat první zápis, který je správný z matematického i chemického hlediska. Druhý zápis je rovněž matematicky správný, ale neodpovídá chemické podstatě a jeho použití je méně vhodné, i když lze i pomocí něho dojít ke správnému řešení. Zcela nevhodné je použití zápisu, který je kombinací obou předchozích, neboť ten je nesprávný i z matematického hlediska:



- vyskytují-li se ve sloučenině atomy téhož prvku navzájem vázané, určujeme sumární oxidační číslo celé skupiny
Např. u peroxidu je vhodnější určit oxidační číslo $(O_2)^{-II}$ než O^{-I} , obdobně u disulfidu určíme spíše oxidační číslo $(S_2)^{-II}$ než S^{-I} , i když po matematické stránce i tento zápis je správný.
- oxidace i redukce může proběhnout i u několika prvků v chemické reakci najednou a je nutné uvažovat celkový počet elektronů potřebný na oxidaci (redukci) a respektovat stechiometrické zastoupení prvků ve sloučenině

Postup při řešení redoxních chemických rovnic:

- určíme oxidační čísla jednotlivých prvků ve všech sloučeninách – zjistíme tím, zda se jedná o redoxní rovnici
- určíme prvek který se oxiduje (zvyšuje oxidační číslo) a prvek, který se redukuje (snižuje oxidační číslo)
- zapíšeme stručným zápisem obě poloreakce (oxidace, redukce) s uvedením počtu vyměňovaných elektronů
- pomocí křížového pravidla upravíme stechiometrické koeficienty u prvků, které vyměňují elektrony (mění oxidační číslo), aby byl jejich počet u obou účastníků reakce stejný – musí platit pravidlo RVE

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- po doplnění stechiometrických koeficientů u látek obsahující prvky, které mění oxidační číslo, postupně doplníme počty ostatních atomů tak, aby platila podmínka zachování počtu atomů stejného druhu na obou stranách rovnice (závěrečnou kontrolu většinou provádíme s atomy kyslíku)

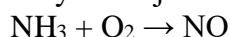
Použití metody RVE ukazují následující příklady.

Příklad A – Obecná redoxní reakce s úplným zápisem rovnice

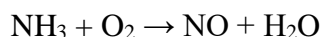
Zapište a vyčíslete chemickou rovnici vzniku oxidu dusnatého oxidací amoniaku vzdušným kyslíkem.

Řešení :

- sestavíme chemickou rovnici ze zadaných údajů

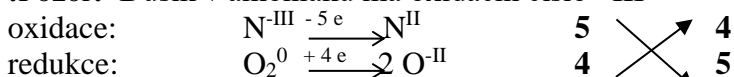


- doplníme chybějící produkt

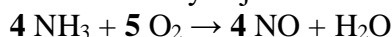


- určíme prvky u nichž dochází ke změně oxidačního čísla a zapíšeme příslušné poloreakce (oxidaci a redukci)

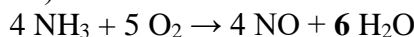
!Pozor! Dusík v amoniaku má oxidační číslo $-III$



- podle pravidla o RVE doplníme koeficienty nejdříve u látek, které se oxidují a redukují



- koeficient u vody doplníme podle počtu atomů kyslíku (před vodu napíšeme 6, aby platilo, že počet atomů kyslíku je na levé i pravé straně 10) a provedeme závěrečnou kontrolu podle počtu atomů vodíku ($4 \cdot 3 = 6 \cdot 2$)

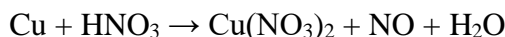


Příklad B – Oxidace nebo redukce části reaktantu

Zapište chemickou rovnici reakci mědi se zředěnou kyselinou dusičnou.

Řešení:

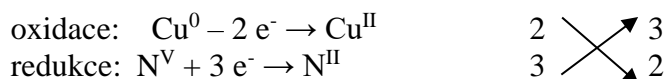
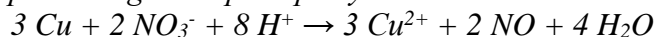
- Sestavíme a doplníme chemickou rovnici



- Určíme prvky, které mění oxidační čísla a zapíšeme jejich příslušné poloreakce

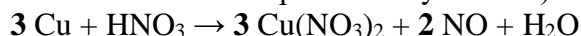
!Pozor!

Redoxní reakce se účastní jen část HNO_3 zahrnuté do celkového zápisu reakce. Část nitrátového dusíku odpovídající $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ oxidační číslo (V) nemění. Tento zápis má oprávnění, sledujeme-li účely preparativní. Jinak je třeba preferovat zápis iontový (postup řešení - viz příklad D), který vystihuje podstatu redoxní reakce a je přehlednější. Dále vyčíslená reakce mědi s HNO_3 má při analogickém postupu vyčíslení tvar:

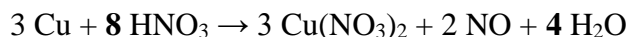


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 3) Doplňme postupně koeficienty podle pravidla RVE (ale pozor, 2 doplňme pouze před oxid dusnatý, který se redukoval, nikoliv před kyselinu dusičnou, kde je potom celkový součet redukováného i neredukovaného dusíku z pravé strany rovnice)



- 4) Postupně dopočítáme zbývající koeficienty a provedeme závěrečnou kontrolu podle počtu atomů kyslíku



Příklad C – Disproporcionační reakce

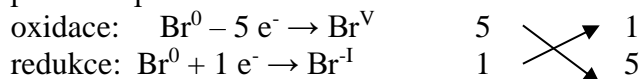
Zapište chemickou rovnici vznik bromidu draselného a bromičnanu draselného reakcí bromu s hydroxidem draselným.

Řešení:

- 1) Sestavíme a doplňme chemickou rovnici dle zadání



- 2) U disproporcionačních reakcí nalezneme pouze jeden prvek, který mění oxidační číslo tak, že se částečně oxiduje a zároveň částečně redukuje. Tímto prvkem je zde brom a zapíšeme příslušné poloreakce.



- 3) Doplňme postupně koeficienty podle pravidla RVE (doplňování začínáme u bromidu a bromičnanu)



- 4) Postupně dopočítáme zbývající koeficienty (6 atomů bromu a 6 atomů draslíku na levé straně a 6 atomů vodíku na pravé straně) a provedeme závěrečnou kontrolu podle počtu atomů kyslíku



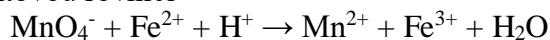
Příklad D – Řešení redoxních rovnic v iontové formě

Pro řešení redoxních rovnic v iontové formě používáme stejná pravidla, do rovnice zapisujeme pouze ionty, které se účastní reakce (zkrácený iontový zápis). Kyselé prostředí v iontové rovnici zapisujeme ionty H^+ (H_3O^+) a zásadité prostředí vyjadřujeme ionty OH^- .

Zapište chemickou rovnici reakci, při které se manganistan v kyselém prostředí redukuje železnatou solí na manganatou sůl.

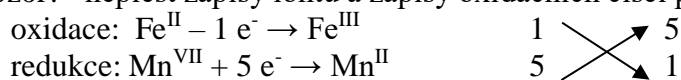
Řešení:

Sestavíme a zapíšeme iontovou rovnici



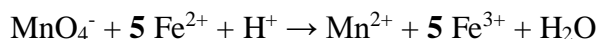
Určíme prvky, které mění oxidační čísla a zapíšeme jejich příslušné poloreakce

!Pozor! - neplést zápisy iontů a zápisy oxidačních čísel prvků

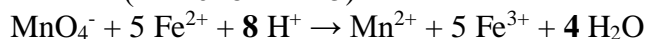


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 1) Doplníme postupně koeficienty podle pravidla RVE (doplňování začínáme u železa a manganu)



- 2) Dopočítáme zbývající koeficienty (4 pro kyslík na pravé straně a 8 pro vodík na levé straně) a provedeme závěrečnou kontrolu náboje – musí platit, že celkový náboj na pravé straně se rovná náboji na levé straně (-1+10+8 = 2+15)



5 Závěr

Předpokladem pro bezpečné osvojení učiva je především logické myšlení žáků, které není často výrazně rozvinuté. Tím se řadí řešení chemických rovnic mezi obtížné učivo. Žáci by měli znát základní pojmy týkající se problematiky chemických reakcí (chemická reakce, reaktanty, produkty, dělení chemických reakcí, chemické rovnice apod.), měli by je umět použít a aplikovat v konkrétních případech. Je nezbytné, aby žáci uměli zapsat jednoduchý chemický děj popsany slovy chemickou rovnicí a tu naopak umět vyjádřit slovně. Např. rozklad peroxidu vodíku, hoření sodíku v chloru, rozpouštění zinku v kyselině chlorovodíkové, hoření vodíku ve vzduchu, rozklad vody aj.

Ke splnění předchozího bodu by měla přispět i laboratorní cvičení, ve kterých lze ukázat praktickou realizaci chemických dějů. V laboratorních cvičeních by se měla procvičovat problematika řešení chemických rovnic s uváděním příkladů praktického uplatnění některých reakcí.

6 Použitá literatura

- KOSINA L., ŠRÁMEK V. Chemické výpočty a reakce, ALBRA, Pardubice 1996.
SIROTEK V., KARLÍČEK J. Chemické výpočty a názvosloví anorganických látek, ZČU, Plzeň 2005.
SIROTEK V. Chemie XX, sborník katedry chemie, str. 7, ZČU, Plzeň 2004.
KOLSKÝ V., PEČIVOVÁ M. Návody a postupy při řešení chemických rovnic, Fortuna, Praha 1992.
BENEŠ P., PUMPR V., BANÝR J. Základy chemie 1, Fortuna, Praha 1995.
ČTRNÁCTOVÁ H. a kol. Chemie pro 8. ročník ZŠ, SPN, Praha 1998.
BENEŠ P. a kol. Příklady praktické chemie pro 8. ročník ZŠ, Fortuna, Praha 2000.

7 Kontakt na autora

PaedDr. Vladimír Sirotek, CSc.
Katedra chemie FPE ZČU v Plzni
sirotek@kch.zcu.cz

PODPORA TALENTOVANÝCH ŽÁKŮ V PLZEŇSKÉM KRAJI

CHEMICKÝ KEMP

ATRAKTIVNÍ CHEMICKÉ EXPERIMENTY

Vladimír SIROTEK, Jitka ŠTROFOVÁ

1 Úvod

Přírodní vědy získávají nové poznatky prostřednictvím pozorování a experimentální činnosti. Oba způsoby by se měly v maximální možné míře promítnout také do výuky chemie na všech typech škol. Situace je na mnoha školách neuspokojivá a žáci základních a středních škol se vlastní experimentální činnosti věnují velmi málo. Proto jsme stejně jako v minulých ročnících chemického kempu připravili pro úspěšné řešitele chemické olympiády řadu laboratorních úloh včetně atraktivních chemických experimentů.

Pod vedením lektorů z katedry chemie FPE ZČU mohli v rámci kempu jeho účastníci realizovat tyto pokusy:

- Sopka
- Faraonův had
- Vodní had
- Létající plechovka
- Bručící medvídek
- Zlatý déšť
- Peklo ve zkumavce
- Zapalování vodou
- Erupce zinku se sírou
- Fialový plamen
- Oheň bez zápalek
- Blesky pod vodou
- Modré oscilace
- Růžové oscilace
- Měření pH
- Zeleno-modro-červené oscilace
- Vodotrysk
- Chemické jo-jo
- Chemický semafor
- Modrý roztok
- Ohňostroj s vodou
- Barevné ohně
- Hoření hořčíku
- Modré světlo
- Luminiscence kyslíku

Účastníci obdrželi materiály s kompletními pracovními návody ke všem uvedeným pokusům. V následujícím textu jsou velmi stručně popsány jen vybrané experimenty.

2 Zapalování vodou

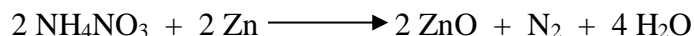
Na první pohled nesmyslné tvrzení spojuje několik pokusů, kdy místo zápalek použijeme vodu. Ta funguje v mnoha případech jako iniciátor dané chemické reakce.

2.1 Reakce jodu s hliníkem (Richtr, 1995, Richtr 2008)

Jemně rozetřený jod se důkladně smísí s práškovým hliníkem v poměru váhových dílů 1:1. Směs navršíme na nehořlavou podložku v digestoři a přikápneme trochu vody. Po chvíli začnou ze směsi unikat fialové dýmy, sublimující jod, a směs vzplane. Jedná se o silně exotermickou reakci, při níž vzniká kromě velkého množství tepla ještě jodid hlinitý. Voda v tomto případě funguje jako katalyzátor.

2.2 Ohňostroj s vodou (Richtr, 1995)

V tomto případě voda iniciuje reakci dusičnanu amonného, práškového zinku a chloridu amonného, který působí jako katalyzátor. Reakce je velmi prudká a silně exotermická, lze ji vystihnout následující rovnicí:



3 Oxidační účinky chlorečnanu draselného

Chlorečnan je velmi silné oxidační činidlo, a proto se s ním musí zacházet velmi opatrně. Jeho oxidační účinky se dají demonstrovat následujícími pokusy.

3.1 Bručící medvídek

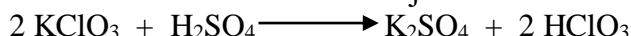
Chlorečnan draselný nasypeme do zkumavky, pod níž postavíme misku s pískem, a roztavíme jej. Do taveniny vhodíme kousek želatinových medvídků. Ty obsahují velké množství cukru, který se oxiduje kyslíkem uvolněným z chlorečnanu draselného. Silně exotermická reakce je doprovázena světelnými a zvukovými efekty.

3.2 Barevné ohně

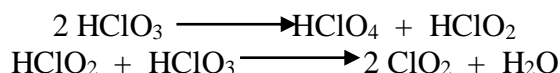
Tento pokus je založen na stejném principu jako předchozí. Směs najemno rozetřeného chlorečnanu draselného a cukru zabalíme do kousku filtračního papíru a zapálíme. Opět dojde k silně exotermické reakci cukru s kyslíkem, který se uvolní při tepelném rozkladu chlorečnanu draselného. Pro větší efekt můžeme ke směsi přidat dusičnan barnatý, který barví plamen do zelena, nebo dusičnan strontnatý, jež barví plamen karmínově červeně.

3.3 Fialový plamen (Richtr, 1993)

Směs chlorečnanu draselného a cukru navršíme na cihlu nebo jinou nehořlavou podložku. Přikápneme-li trochu koncentrované kyseliny sírové, směs prudce vzplane fialovým plamenem. Působením koncentrované H_2SO_4 na KClO_3 vzniká kyselina chlorečná, která disproportionuje na oxid chloričitý a kyselinu chloristou. Cukr se oxiduje oxidem chloričitým.

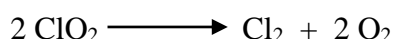


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



3.4 Oheň bez zápalek (Richtr, 2008)

K jemně rozetřenému chlorečnanu draselného opatrně přikápneme trochu koncentrované kyseliny sírové a přidáme několik kapek etanolu. Působením koncentrované H_2SO_4 na KClO_3 vzniká kyselina chlorečná, která disproportionuje na oxid chloričitý a kyselinu chloristou. Oxid chloričitý se na světle rozkládá na prvky, vznikající kyslík zapálí ethanol. Směs okamžitě vzplane a rozstříkuje se.



4 Závěr

Uvedené experimenty je možné využít na základní a střední škole v různých fázích výuky. Vysvětlení principu musí být adekvátní věku a znalostem žáků. V rámci chemického kempu bylo možné mechanismus jednotlivých dějů objasnit mnohem podrobněji. Účastníci také ocenili, že většinu experimentů mohli provádět samostatně.

5 Použitá literatura

- RICHTR, V. Atraktivní pokusy ve výuce chemie. In: CHEMIE XIV. Sborník Pedagogické fakulty ZČU v Plzni. Plzeň: Pedagogická fakulta ZČU, 1993. s. 65.
- RICHTR, V., KRAITR, M. Atraktivní pokusy ve výuce chemie II. In: CHEMIE XV. Sborník Pedagogické fakulty ZČU v Plzni. Plzeň: Pedagogická fakulta ZČU, 1995. s. 33.
- RICHTR, V., ŠTROFOVÁ, J., KRAITR, M. Atraktivní pokusy ve výuce chemie V. In: CHEMIE XXII. Sborník katedry chemie FPE ZČU. Plzeň: ZČU, 2008. s. 65. ISBN 978-80-7043-683-7.

6 Kontakt na autora

PaedDr. Vladimír Sirotek, CSc., Mgr. Jitka Štrofová, Ph.D.
Katedra chemie FPE ZČU v Plzni
sirotek@kch.zcu.cz, strofova@kch.zcu.cz