

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko – technologická

Vybrané souvislosti mezi obsahem iontů a kvalitou vod

Usenko Alona

Bakalářská práce

2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alona Usenko**
Osobní číslo: **C15667**
Studijní program: **B2807 Chemické a procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ochrana životního prostředí**
Název tématu: **Vybrané souvislosti mezi obsahem iontů a kvalitou vod**
Zadávací katedra: **Ústav environmentálního a chemického inženýrství**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Shromážděte informace k problematice kvality vod ve vztahu k obsahu iontů (např. z hlediska původu vybraných složek tohoto typu, jejich forem, zdrojů, obsahu, vlivů, jejich regulace apod.) a doplňte je citacemi.
2. Získané poznatky vyhodnoťte z pohledu vybraných souvislostí též ve vztahu k problematice kvality a ochrany prostředí a zdraví.
3. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 9/2012 "Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu" v platném znění.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Ladislav Novotný, DrSc.

Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

6. února 2018

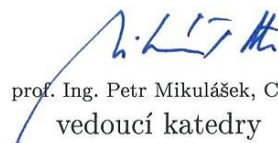
Termín odevzdání bakalářské práce:

4. července 2018



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 6. února 2018

Prohlášení

Tuto práci jsem zpracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/ 2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 15.06.2018

Usenko Alona

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat především svým rodičům a celé rodině za možnost bydlet v České republice a studovat zde na univerzitě, protože bez jejich pomoci a podpory by to nebylo vůbec možné. Chci také poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Ladislavu Novotnému, DrSc., Dr. za důležité rady a poskytnutí materiálu k napsání této práci.

ANOTACE

Tato bakalářská práce je zaměřená na souvislosti mezi obsahem rozpuštěných látek a jejich vlivem na kvalitu vody, především na senzoričké a zdravotní vlastnosti vody. Je popsáno jak určité kationty a anionty se do vod dostávají a v jakých formách se tam vyskytují. Jsou také uvedeny možné pozitivní a negativní účinky určitých iontů na lidské zdraví. Dale jsou zmíněny hygienické limity vybraných iontů pro pitnou vodu.

KLÍČOVÁ SLOVA

voda, rozpuštěné ionty, kvalita vody, ochrana zdraví a životního prostředí

TITLE

Selected Relations Between the Content of Ions and the Quality of Waters.

ANNOTATION

The bachelor thesis is focused on the relation between the amount of dissolved ions and their influence on the water quality, primarily on the sensoric and health properties of water. The work describes influence of the content of ions on the water quality with respect to the human health and environmental protection. The related hygienic aspects are included, as well.

KEYWORDS

water, dissolved ions, water quality, health and environmental protection

OBSAH

0 Uvod	11
1. Základní parametry	13
1.1 pH.....	13
1.2 Konduktivita.....	13
2. Anionty ve vodach.....	14
2.1 Sloučeniny dusíku	14
2.2 Sloučeniny fosforu	16
2.3 Sloučeniny chlóru	18
2.4 Sírany	20
2.5 Fluoridy.....	21
2.6 Hydrogenuhličítany.....	22
3. Kationty ve vodach.....	23
3.1 Mg^{2+} a Ca^{2+} – celková tvrdost	23
3.2 Sloučeniny rtuti	25
3.3 Olovo.....	26
3.4 Železo a mangan	28
3.5 Sodík	29
3.7 Měď.....	31
3.6 Zinek	32
3.8 Arsen	33
4. Minerální vody	36
5. Závěr.....	38
Použitá litaratura.....	39

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

OBRÁZKY

Obr. 1 : Rozdělení vod podle stupně mineralizace	11
Obr. 2: Mapa mineralizace v České Republice.....	12
Obr. 3: Koloběh dusíku ve vodách	14
Obr. 4: Obsah dusičnanu v povrchových vodách České Republiky v letech 2007 – 2010	15
Obr. 5: Obsah veškerého rozpuštěného fosforu v povrchových vodách České republiky v letech 2007 – 2010	16
Obr. 6: Schéma eutrofizace vod.....	17
Obr. 7: Obsah Chloridů v povrchových vodách v letech 2007 – 2010.....	18
Obr. 8: Obsah síranů v povrchových vodách České Republiky v letech 2007 – 2010.....	20
Obr. 9: Obsah vápníku v povrchových vodách v letech 2007 – 2010	23
Obr. 10: Mapa tvrdostí vody v České Republice.....	24
Obr. 11: Obsah rtuti (mg) v jednom kg masa	25
Obr. 12: Obsah olova v povrchových vodách v letech 2007 – 2010.....	27
Obr. 13: Usazené železo a mangan v potrubí	28
Obr. 14: Obsah sodíku v povrchových vodách v letech 2007 – 2010	30
Obr. 15: Obsah arsenu v povrchových vodách v letech 2007 – 2010	34
Obr. 16: Mapa lázeňských zařízení na území České Republiky.....	36

TABULKY

Tab. 1:Emisní standardy : maximální hodnoty a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod.....	18
Tab. 2:Tabulka tvrdosti vody.....	24
Tab. 3:Nejvyšší přípustné množství (NPM) a přípustné množství (PM) arsenu v rybách a ostatních vodních živočichů.....	35
Tab. 4:Obsah arsenu a jeho sloučenin u mořských živočichů v mg/kg.....	35
Tab. 5:Obsahové složky minerálních vod (mg/l).....	37

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

RL	Rozpuštěné látky
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
RNA	Ribonukleová kyselina
ATP	Adenosintrifosfát
ADP	Adenosindifosfát
ČOV	Čistírna odpadních vod
EO	Ekvivalentní obyvatel
WHO	Světová zdravotnická organizace
US EPA	Americká agentura pro životní prostředí

0 Uvod

Voda pokrývá 70% plochy naší planety a je jednou z látek bez které bychom nemohli přežít ani týden. Kromě toho, že voda je jednou z nejdůležitějších látek pro existenci člověka, je také prostředím pro život milionů druhů. Zároveň je přítomna ve všech složkách prostředí, a to v atmosféře, biosféře, litosféře a hydrosféře. Voda v přírodě není chemicky čistá, obsahuje v sobě spoustu dalších látek, anorganických nebo organických, rozpuštěných nebo nerozpuštěných.

Tato bakalářská práce bude zaměřena především na látky rozpuštěné ve vodě, a to ionty. Druhy iontů, jejich množství a koncentrace mají velký vliv na vlastnosti vod.

Nejrozšířenějšími přírodními ionty ve vodách jsou K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} , které tvoří 95 % všech iontů ve vodách. Dalšími důležitými složkami jsou dusitanové, amoniové a fosforečné ionty, které se dostávají do vody prostřednictvím zemědělské činnosti, zejména během používání hnojiv [1].

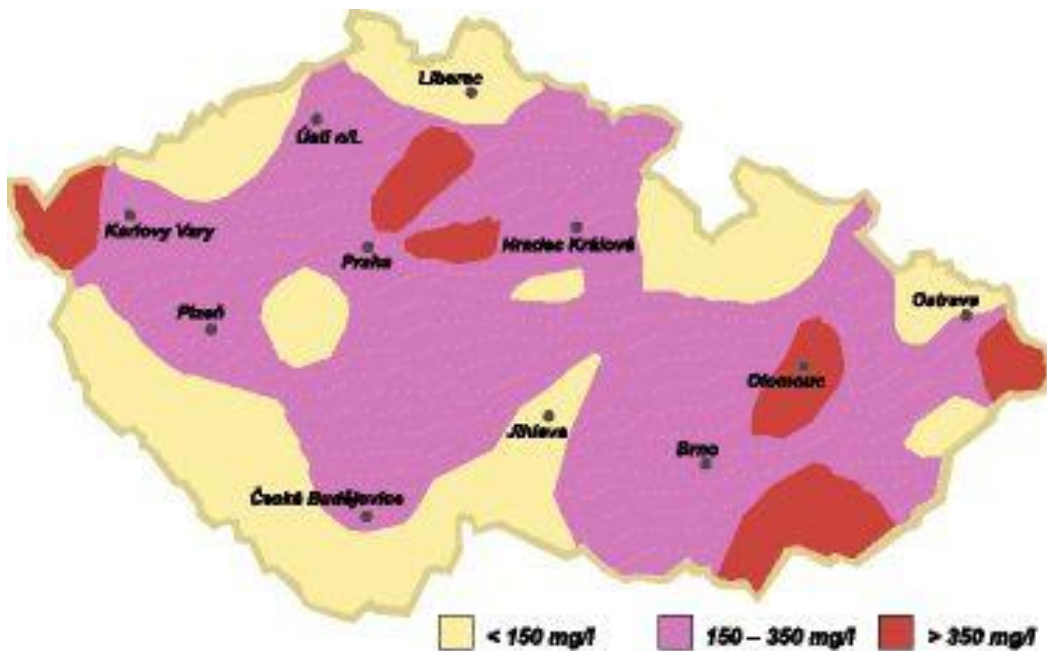
Pro vyjádření celkového obsahu rozpuštěných látek ve vodách se používá pojem mineralizace. Celková mineralizace je tvořena elektrolyty disociovanými na kationty a anionty a neelektrolyty (málo disociované anorganické soli, především křemičitany). Rozpuštěné plyny se do toho nezapočítávají.

Mineralizace může být vyjádřena v hmotnostních [mg/l] nebo látkových [mmol/l] koncentracích.

Podle stupně mineralizace můžeme rozdělit vody na:

typ vody:	mineralizace [mg.l ⁻¹]
velmi málo mineralizovaná	< 100
málo mineralizovaná	100 - 200
středně mineralizovaná	200 - 500
se zvýšenou mineralizací	500 - 1000
velmi mineralizovaná	> 1000

Obr. 1 : Rozdělení vod podle stupně mineralizace



Obr. 2: Mapa mineralizace v České Republice

Cílem této práce je zhromáždit informace k problematice kvality vod ve vztahu k obsahu iontů, zejména z hlediska původu vybraných složek tohoto typu, jejich forem, zdrojů, vlivů a jejich regulace.

1. Základní parametry

1.1 pH

Jedním ze základních parametru vody je pH. pH je ukazatelem kyselosti nebo zásadosti vody a závisí na množství rozpuštěných látek ve vodě, čímž se i zabývá tato bakalářská práce. pH nabývá hodnot od 0 do 14. Čistá voda je neutrální, což znamená že se její pH rovna 7.

Podle vyhlášky č.70/2018 Sb, za optimální hodnotu pH je považováno 6,5 – 9,5 [2].

Avšak v přírodě nenajdeme úplně čistou vodu, vždy obsahuje rozpuštěné látky, které mají vliv na kvalitu vod a zdraví člověka.

Vody s pH vyšším než 7 se nazývají zásadité, a mají v sobě rozpuštěné alkálie. Vysoké hodnoty pH obvykle snižují účinnost dezinfekce a rozpuštěné kovové látky dávají vodě nepříjemnou chuť.

Vody s pH menším než 7 se nazývají kyselé, a nejčastěji mají v sobě rozpuštěné hydrogenuhličitanu. Nízké hodnoty pH znamenají, že se jde o měkkou, málo mineralizovanou vodu. Tyto vody jsou velmi agresivní a často jsou příčinou koroze kovů [3] [4].

1.2 Konduktivita

Konduktivita, nebo vodivost vyjadřuje míru obsahu elektrolitů, neboli iontově rozpuštěných látek (RL) ve vodě. Ve vyhlášce č.70/2018 Sb. limit konduktivity pro pitnou vodu při 25 °C je 125 mS/m [2]. Avšak optimálně hodnota pro pitnou vodu je 25 – 50 mS/m.

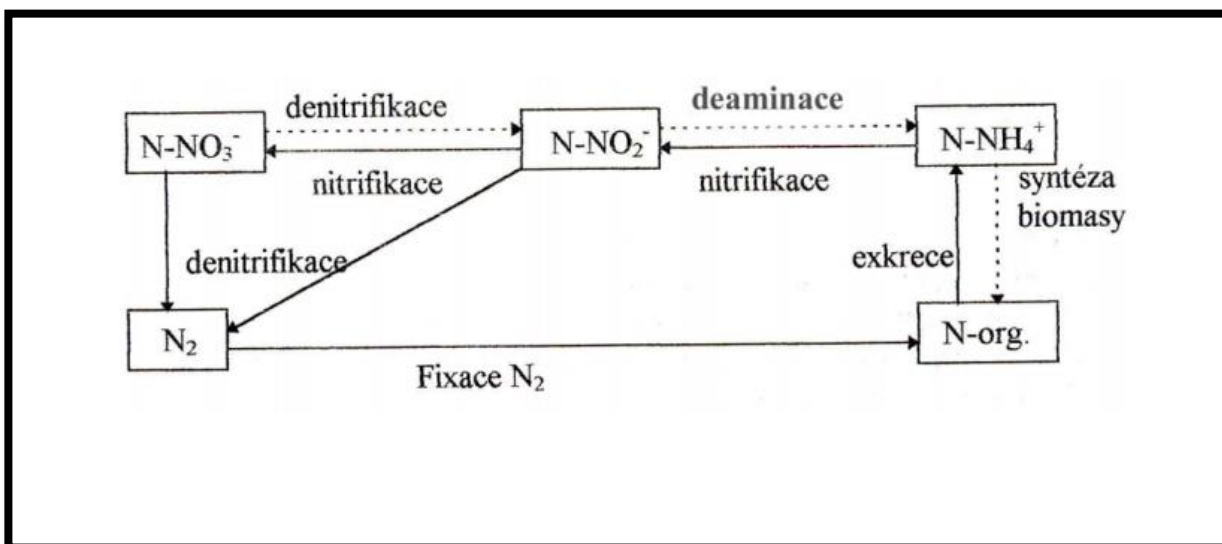
Vody se zvýšenou hodnotou vodivosti (se zvýšeným obsahem RL) se nazývají minerální a nejsou vhodné pro každodenní konzumaci. Tyto vody mohou mít nepříjemnou chuť a způsobovat průjemové onemocnění. Také zhoršují kvalitu potrubí.

Vody se sníženou hodnotou konduktivity se nazývají měkké, také nejsou vhodné pro každodenní pití, protože způsobují vyloučení důležitých minerálů z těla [3] [4].

2. Anionty ve vodach

2.1 Sloučeniny dusíku

Dusík je jedním z biogenních prvků, který je přítomný v každé živé hmotě. Elementární dusík je inertním plynem a tvoří 78% zemské atmosféry. Ve vodě můžeme najít dusík v anorganické a organické formě. Tato bakalářská práce bude zaměřena na anorganické formy dusíku, zejména dusitany, dusičnany a amonné soli.



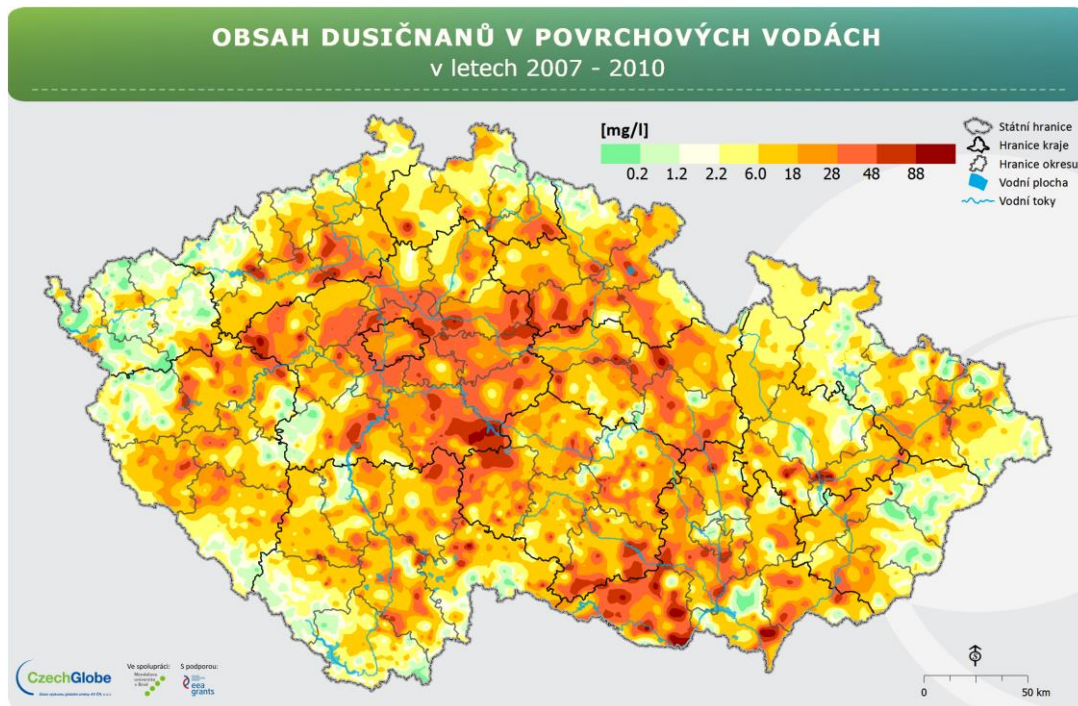
Obr. 3: Koloběh dusíku ve vodách

Dusičnany se dostávají do vody vymýváním minerálních hnojiv z půdy, z odpadních vod nebo živočišných chovů. V mírné koncentraci nejsou pro dospělého člověka toxické [3] [4].

Podle vyhlášky č.70/2018 Sb. limit pro dusičnany v pitné vodě je :

- 50 mg/l – pro dospělého člověka,
- 10 mg/l – pro kojence [2].

Zvýšená koncentrace dusičnanu ve vodě může vést k methemoglobinémii. V lidském organismu se mikroflórou ústní dutiny, střevní mikroflórou a při určitých infekcích dusičnany rychle redukují na toxické dusitany, které přeměňují dvojmocné železo v hemoglobinu na trojmocné za vzniku methemoglobinu, který nemá schopnost přenášet kyslík do krve. Následně se může nastat nebezpečí udušení, především u kojenců. Proto se prodává speciální kojenecká voda se sníženým obsahem dusičnanu [6].



Obr. 4: Obsah dusičnanů v povrchových vodách České Republiky v letech 2007 – 2010

Dusitany jsou nebezpečné nejenom proto, že způsobují methemoglobinemie. V trávicím traktu můžou reagovat také se sekundárními aminy nebo amidy, které se do lidského těla dostanou potravou či mohou být součástí aminokyselin. Následně vznikají nitrosaminy a nitrosamidy, které jsou nebezpečné, protože některé z nich mohou být silně karcinogenní, teratogenní a mutagenní. Potlačit vznik toxických nitrosaminů a nitrosamidů můžeme bčasným podáním vitamínu C [6].

Kvůli větší toxicitě dusitanu je jejich limit pro pitnou vodu mnohém nižší než u dusičnanu. Tedy:

- 0,50 mg/l pro dospělého člověka;
- 0,1 mg/l pro kojence [2].

Přítomnost dusitanů ve vodě je příznakem značného znečištění vod.

Výše uvedené ionty mohou mít i pozitivní účinky na lidské zdraví, například z dusičnanu a dusitátů redukčními reakcemi vzniká NO, který ovlivňuje cévní homeostázu a krevní tlak. Existují různé studie, které prokazují prospěšný vliv dusičnanu a dusitanu na biologickou aktivitu NO. Takže NO_2^- a NO_3^- mohou přispívat ke kardiovaskulárnímu zdraví [8].

Dalšími anionty dusíku, které přispívají k znečištění vod, jsou amoniové ionty (NH_4^+). Mohou být jak organického, tak anorganického původu.

Anorganické NH_4^+ se do vody dostávají především z odpadních vod z koksáren, plynáren či generátorových stanic, organické NH_4^+ ze splaškových vod, z odpadu zemědělských výroby. Mohou být i produktem rozkladu dusíkatých organických látek (močoviny a proteinů)[3].

Amoniový aniont vzniká z amoniaku rozpuštěného ve vodě, na začátku vzniká $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, který následně disociuje na NH_4^+ a OH^- . Po nějaké době mohou nadále oxidovat na dusitany a dusičnany. Poměr $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ záleží na pH vody.

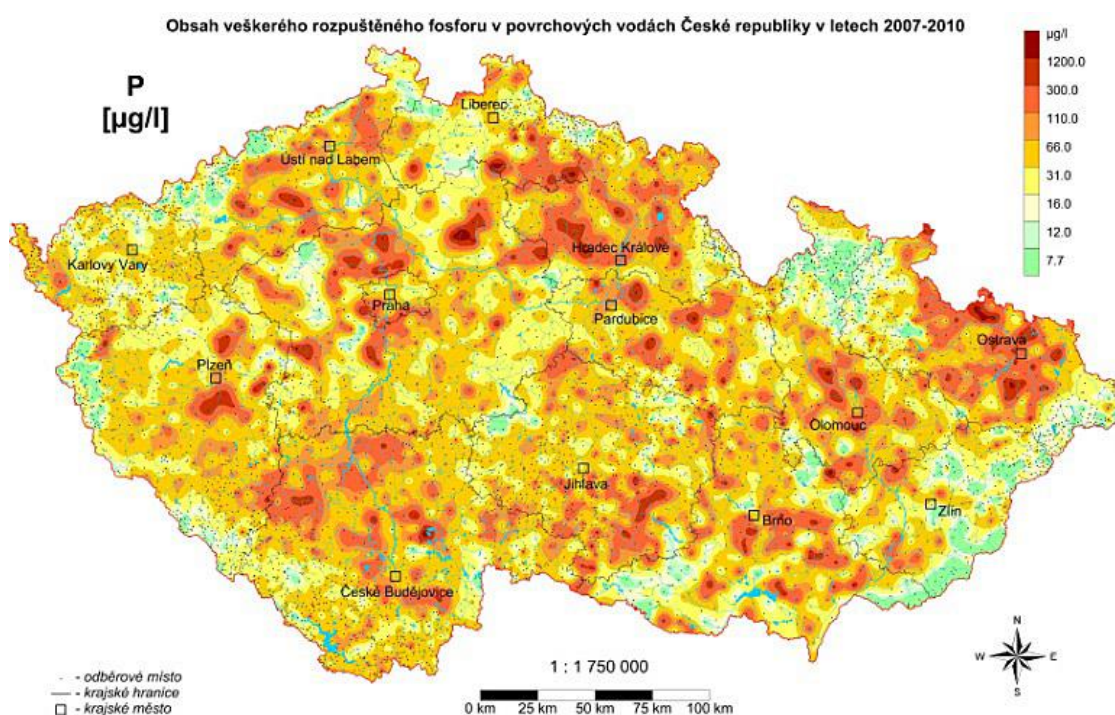
Amoniové ionty jsou příznakem hrubého fekálního znečištění, které může nastat při průsaku odpadních vod z chovu kuřat, kralíků nebo nevhodně umístěného hnojiště[6].

Vody znečištěné ionty NH_4^+ mají specifický zápach a jsou nevhodné pro spotřebu.

Hygienické limity amoniových iontů pro pitnou vodu stanoví 0,50 mg/l [2].

2.2 Sloučeniny fosforu

Fosfor je dalším biogenním prvkem, vyskytujícím v každé živé hmotě. Je důležitou složkou DNA a RNA, energetických přenašečů (ADP a ATP), v živých organizmech je uložen v kostech a zubech. Také je součástí buněčných membrán ve formě fosfolipidu. Ve vodě se můžeme najít jak organické, tak anorganické formy fosforu[9].

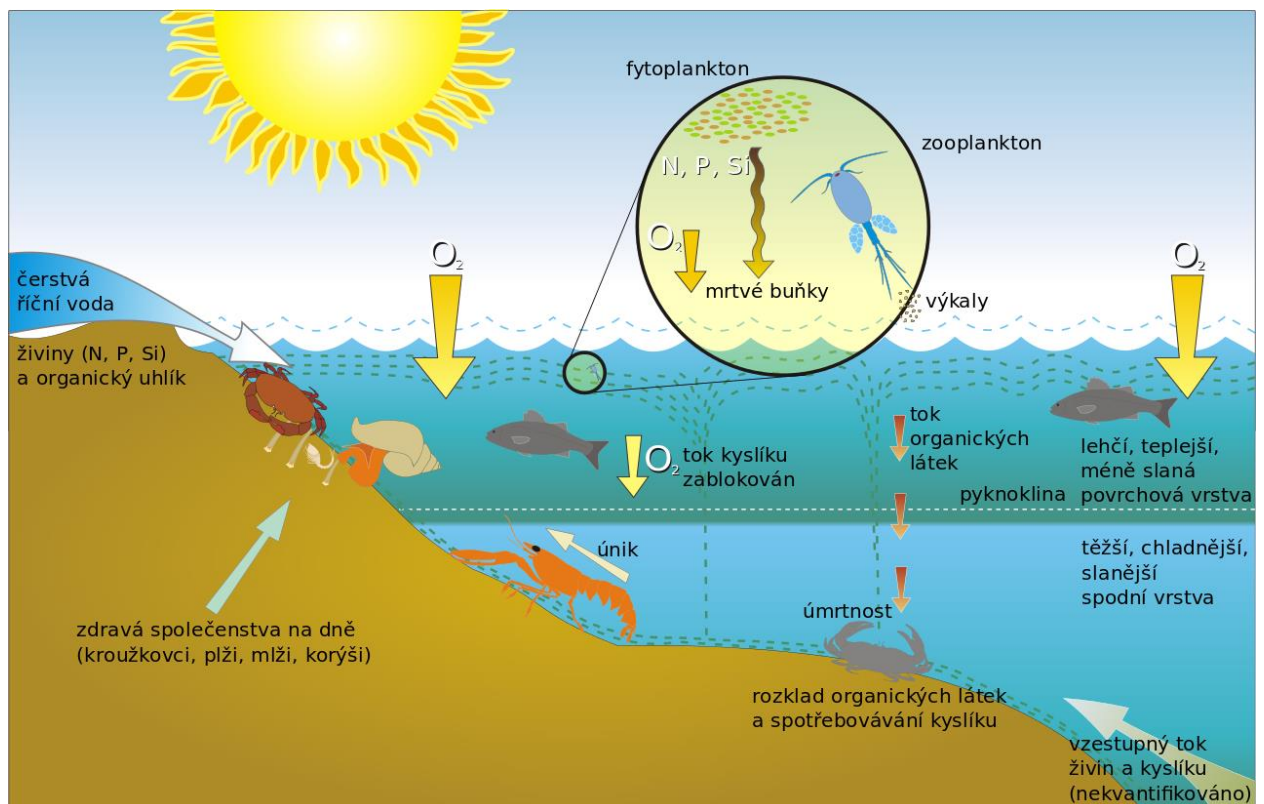


Obr. 5: Obsah veškerého rozpuštěného fosforu v povrchových vodách České republiky v letech 2007 – 2010

Anorganický fosfor se ve vodě vyskytuje především ve formě ortofosforečnanu a polyfosforečnanu. Do vody se mohou dostat buď přírodním způsobem vyluhováním a zvětráváním hornin, nebo vlivem lidské činnosti vymýváním hnojiv z půdy, z odpadních vod z prádeln a dalších čisticích prostředků. Organický fosfor vyskytující se ve vodě pochází z živočišných odpadů [9].

Fosfor spolu s dusíkem přispívá k eutrofizaci vod. Proces eutrofizace je spojen se zvýšeným obsahem živin ve vodě, zejména dusíku a fosforu. Eutrofizace může být přiroznou, pokud se živiny dostávají do vody vymýváním z půdy odumřelých organismů, anebo způsobenou lidskou činností, když se fosfáty a dusíkaté látky dostávají do vod ze zemědělské činnosti, zejména vymýváním hnojiv z půdy a také s dešťovou a odpadní vodou [11].

Optimálním poměrem dusíku a fosforu je $N : P = 16 : 1$, v přírodě však tento poměr bývá zvýšen, a proto je fosfor limitujícím prvkem. Důsledkem eutrofizace je zarůstání vodních ploch sinicemi, následně nedostatek kyslíku ve vodě a odumírání vodních organismů. Kromě vysokého obsahu živin k eutrofizaci také přispívá sluneční záření a teplé počasí [10].



Obr. 6: Schéma eutrofizace vod [11].

Při běžných koncentracích nejsou fosforečnanu nebezpečné pro zdraví živých organismů, proto nejsou stanoveny limity obsahu fosforu pro pitnou vodu.

Příliš velký obsah fosforečnanu však může být příznakem fekálního znečištění [9].

Protože fosfor je jedním z prvků, způsobující eutrofizace, musíme sledovat jeho obsah ve vypouštěných odpadních vodách.

Tak podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., jsou emisní standardy pro P_{celk} následující:

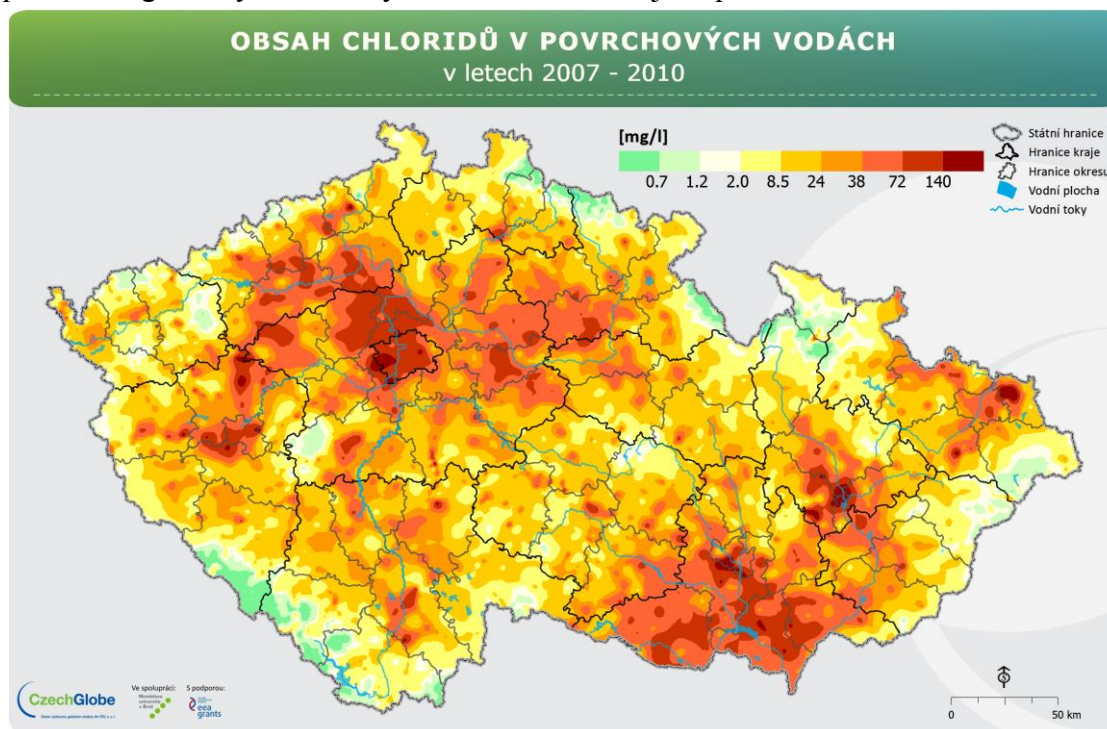
Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	P_{celk}	
	průměr (mg/l)	maximální hodnota (mg/l)
2001 – 10000	3	8
10001 – 100000	2	6
>100000	1	3

Tab. 1: Emisní standardy : maximální hodnoty a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod [5].

2.3 Sloučeniny chlóru

Sloučeniny chlóru můžeme najít skoro ve všech horninách. Do vod se vyluhují ve formě Cl^- nejčastěji z ložisek draselných solí a kamenné soli. Také mnohem méně se ve vodě vyskytují ve formě ClO^- a různých chlorokomplexech. Tato bakalářská práce bude zaměřena především na chloridové ionty a jejich vliv na kvalitu vody [17].

Chloridové ionty jsou jedněmi z nejrozšířenějších aniontů ve vodě. Jsou důležitými pro živé organismy a v obecných koncentracích nejsou pro zdraví člověka škodlivé [14].



Obr. 7: Obsah Chloridů v povrchových vodách v letech 2007 – 2010

Do vody se dostávají vymýváním z horninového podloží, při nadměrné dezinfekci vod, solení silnic anebo z odpadních vod [4].

Zvýšená koncentrace chloridových iontů může způsobit korozi kovových potrubí, vést k negativním účinkům na zavlažované rostliny a také ke zvýšení obsahu toxických kovů ve vodě [14].

Existuje spousta různých studií, které se zabývali vlivem zvýšeného nebo sníženého obsahu chloridu na zdraví živých organismů. Tak například během experimentální studie pana Kandrora od roku 1963 se psy bylo zjištěno, že koncentrace chloridových aniontů v konzumované vodě $\geq 2,5$ g/l způsobuje narušení vodní a iontové rovnováhy organismu na dostatečně dlouhou dobu. Při zvýšení koncentrace chloridu z 500 mg/l do 1 g/l a více bylo pozorováno, že se kyselost žaludeční šťávy, její množství a trávicí schopnost výrazně snížily [7].

Další studie v oblasti Baku ukázali, že u dětí, které dlouhodobě konzumovaly vodu s obsahem chloridu o koncentraci do 740 mg/l, byly zjištěny odchylky od normální iontové a vodní rovnováhy. Zejména u zkoušky s hydrofilností tkání a funkční zátěžové zkoušky, což říká o tom, že voda s obsahem NaCl o koncentraci 500 – 700 mg/l, může způsobovat různé změny v živém organismu [7].

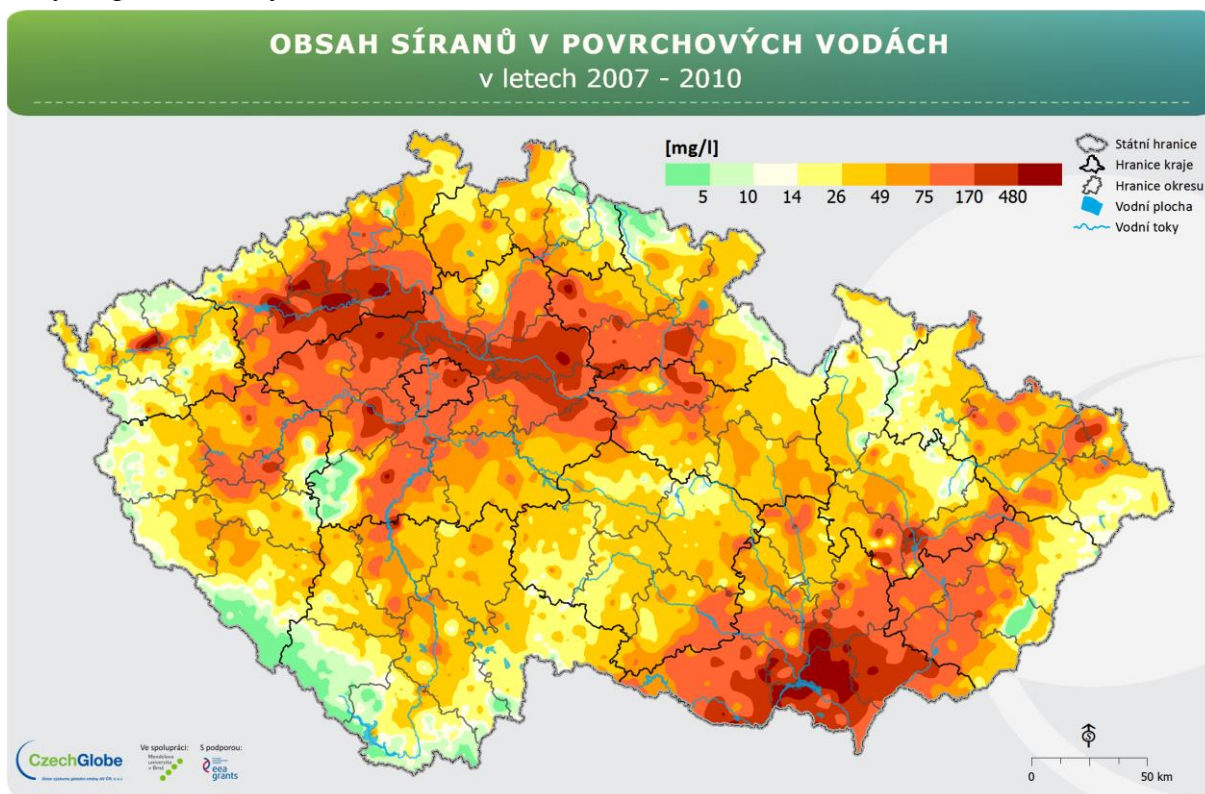
Také bylo zjištěno, že při dlouhodobé konzumaci vysoce mineralizované vody s obsahem chloridu 1,4 g/l u zkoumaných lidí se objevovali sklony k hypertenzním stavům, zvýšení reaktivnosti cév a zvláštnosti v metabolismu soli a vody. Šlo o vody, ve kterých ionty Cl^- byly doprovázeny ionty Na^+ , kvůli kterým se obvykle i objevuje hypertenzní efekt [7].

Zvýšená koncentrace chloridových aniontů má také vliv na chuťové vlastnosti vody, zejména dává vodě slanou chuť. Chuťový prah pro Cl^- je různý a závisí především na množství a druhu kationtů přítomných ve vodě. Například pro NaCl, KCl a CaCl_2 chuťový prah se rovná 200 – 300 mg/l [7].

Podle vzhlašky č. 70/2018 Sb. maximální množství chloridových iontů ve vodě by nemělo přesahovat hodnotu 100 mg/l, ale když zvýšená koncentrace Cl^- je způsobena geologickým podložím (např. studny), tak i 250 mg/l můžeme považovat za vyhovující [2].

2.4 Sírany

Sírany jsou jedněmi ze základních aniontů, které se vyskytují ve vodě spolu s chloridy a hydrogenuhličitanu [18].



Obr. 8: Obsah síranů v povrchových vodách České Republiky v letech 2007 – 2010

Do vody se dostávají vymýváním z horninového podloží nebo s odpadními vodami ze zemědělské činnosti[4].

V obvyčejných koncentracích vůbec nejsou pro zdraví člověka vůbec škodlivé. Nicméně při vysokých koncentracích mohou vyvolat projímavý účinek, dehydratace a podráždění zažívacího traktu. Studie z této oblasti ukázali, že dospělí lidé jsou schopni adaptovat se na vyšší dávky SO_4^{2-} (nad 1000 mg/l) během 1 – 2 týdnů, ale děti jsou na to mnohem citlivější. Pro děti se doporučuje sledovat koncentrace síranových aniontů ve vodě (≤ 400 mg/l) při přechodu od mateřského mléka[7].

Účinek SO_4^{2-} také velmi záleží na dalších iontech vyskytujících se ve vodě. Tak například v kombinaci s vysokou koncentrací hořčíku se hodně zvyšuje projímavý účinek vody (u některých minerálních vod)[18].

Zvířata jsou mnohem citlivější než lidi a konzumace vody z vysokými koncentracemi SO_4^{2-} způsobovala pokles příjmu potravy a tělesné hmotnosti, zvýšení spotřeby vody, hromadění kyseliny močové ve sřevech a ledvinách, nekrózy ledvinových glomerulů[7].

Při příjmu vody s koncentrací síranu 2,5 g/l bylo pozorováno zvyšování obsahu methemoglobinu a sulfhemoglobinu a také docházelo k poklesu reabsorpce o 23,7 % a zvýšení ledvinové filtrace o 37,7 %. Stejná koncentrace síranů vyvolávala u psů potlačení sekreční činnosti žaludečních žláz nejenom při pití této vody, a také při příjmu potravou. Bylo pozorováno zhoršení trávicí funkce, zejména snižování kyselosti a trávicí schopnosti žaludeční šťávy. Negativní vliv síranů na reprodukci, vývoj a vznik nádorů nebyl prokázán [US EPA, 2003b; WHO, 2006] [7].

Kromě zdravotních efektů, zvýšená koncentrace síranu může způsobit korozi betonu a potrubí [18].

Hygienický limit síranů pro pitnou vodu je 250 mg/l [2].

2.5 Fluoridy

V malých koncentracích jsou fluoridy všudypřítomné. Do vod se dostávají nejčastěji z horninového podloží, větráním a rozpouštěním minerálů. Také zdrojem F^- může být sopečná činnost a aerosoly mořské vody. Antropogenními zdroji úniku fluoridů do vod jsou odpadní vody a emise z chemického a sklářského průmyslu. Do atmosférických vod se dostávají při exhalaci z lokálních topenišť a tepelných elektráren [19].

Malý obsah F^- ve vodách přispívá k prevenci zubního kazu, takže je žádoucí. Proto v minulém století hodně států začalo fluoridovat pitnou vodu. Následky však nebyly tak hezké. Nadměrný příjem fluoridových iontů obyvatelstvem způsoboval spoustě případů onemocnění zubní a kostní fluorózou. Příčinou zubní fluorózy je velký přísun fluoru v době mineralizace skloviny. Projevuje se zbarvením zubu a také způsobuje viditelné matně bělavé, žlutohnědé až hnědé skvrnky a proužky. Kostní fluoróza způsobuje vystupňování novotvarů, remodelace a resorpce kostí a také se projevují známky osteosklerózy [21].

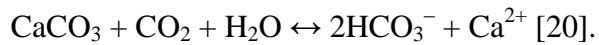
Při konzumaci vody z rozpuštěnými fluoridy (např. NaF a dalšími solemi HF) může nastat těžké poškození jater a trávicího traktu, to je způsobeno tím, že anionty F^- váží Ca^{2+} [19].

Hygienický limit pro fluoridy v pitné vodě je 1,5 mg/l [2].

2.6 Hydrogenuhlíčitany

Hydrogenuhlíčitany se běžně vyskytují ve vodě spolu se sírany a chloridy. Do vod se uvolňují působením agresivního CO₂ na uhličitanové nerosty, zejména vápenec, dolomit, magnezit atd [20].

Reakce vzniku hydrogenuhlíčitanových iontů :



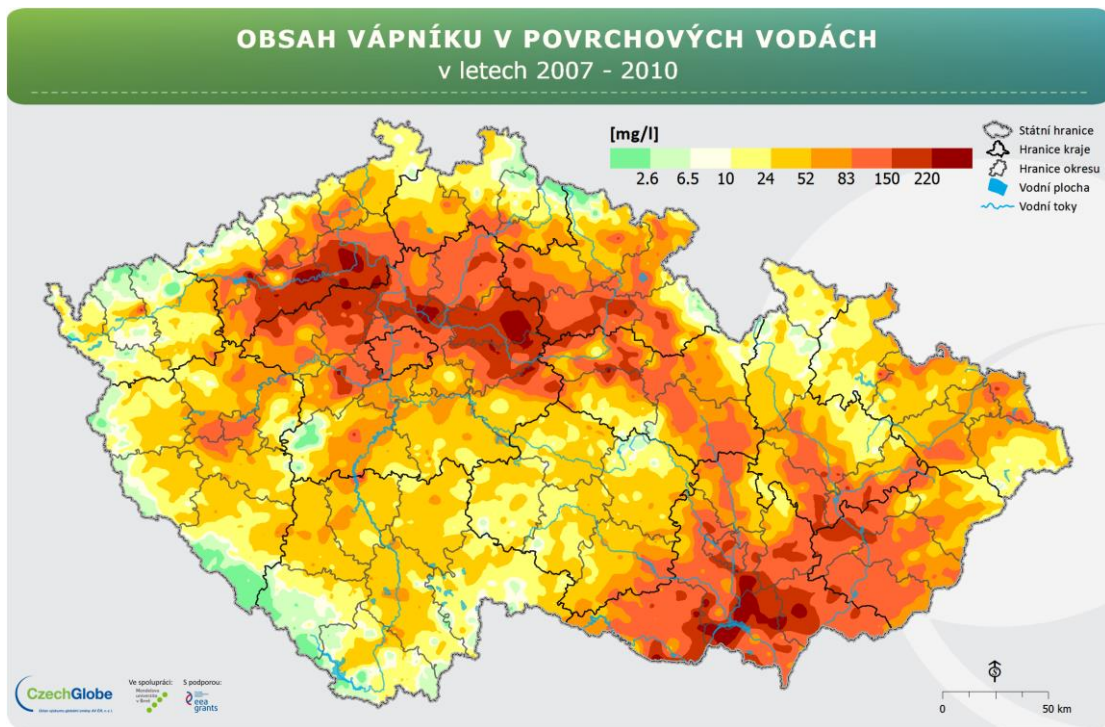
Dlouhodobá konzumace vod se zvýšeným obsahem hydrogenuhlíčitanů může nepříznivě ovlivňovat sliznici žaludku, střeva, některé metabolické funkce a také může způsobovat tlumení žaludeční sekrece [7].

Hydrogenuhlíčitanové vody zvyšují vylučování kyseliny močové, a v kombinaci se zvýšeným obsahem Ca²⁺ mohou vést ke tvorbě močových kamenů [7].

3. Kationty ve vodách

3.1 Mg^{2+} a Ca^{2+} – celková tvrdost

Vápník a hořčík jsou velmi důležité prvky pro živé organizmy. Vápník je důležitý pro činnost srdce a srážení krve, snižuje nervosvalovou dráždivost a spolu s fosforem je součástí zůbu a kosti [1].



Obr. 9: Obsah vápníku v povrchových vodách v letech 2007 – 2010

Hořčík je součástí mnoha enzymových systémů, přispívá ke snížení neuromuskulární dráždivosti a má velký význam pro srdeční akci. Je také důležitým nitrobuňčným kationtem. Protože Mg^{2+} a Ca^{2+} mají velký význam pro fungování živých organismů, tak je jejich obsah ve vodě žádoucí [1].

Tvrdost vody je veličina, která vyjadřuje obsah Mg^{2+} a Ca^{2+} iontů ve vodě.

Přechodná tvrdost je spojena s obsahem hydrogenuhličitanu vápenatého $Ca(HCO_3)_2$, po jeho srážení vzniká $CaCO_3$, známý jako vodní kamen. Ten způsobuje různé technické problémy tím, že se vysráží na stěnách trubek, varných nádob, praček a následně zhoršuje jejich kvalitu. Přechodnou tvrdost můžeme odstranit povařením vody [12].

Trvalá tvrdost je spojena s obsahem rozouštěných chloridů, síranů, dusičnanů a křemičitanů, k jejímu snížení můžeme použít destilaci, iontovou výměnu, membránové procesy (nanofiltrace, ultrafiltrace nebo reverzní osmóza) a také můžeme přidávat různé

sloučeniny, např. vápno, vápno a sodu, fosforečnany.

Pitná voda	mmol/l	°dH	°F
velmi tvrdá	>3,76	>21,01	>37,51
tvrdá	2,51 – 3,75	14,01 – 21	25,01 – 37,5
středně tvrdá	1,26 – 2,5	7,01 – 14	12,51 – 25
měkká	0,7 – 1,25	3,9 – 7	7 – 12,5
velmi měkká	<0,5	<2,8	<5

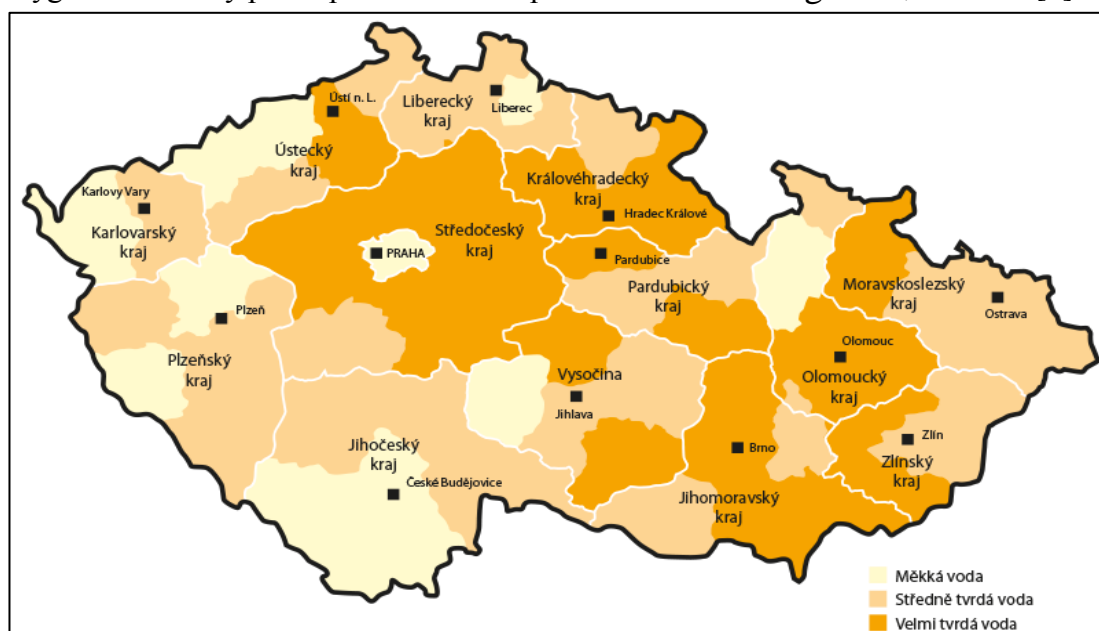
Tab. 2: Tabulka tvrdosti vody [12]

Některé studie ukázaly, že příliš tvrdá voda (tvrdost >5 mmol/l) může způsobit zvýšení výskytu žlučových kamenů, artrózy, urolitiázy a artropatií. Jenomže obvykle s rostoucí tvrdostí roste i celkový obsah rozpuštěných látek, takže je možné, že tyto účinky byly způsobeny nejenom zvýšenou tvrdostí. Tak například vysoký obsah Mg^{2+} v kombinaci se sírany může způsobit průjemové onemocnění [7].

Příliš nízká tvrdost vody také není moc dobrá, protože tělo postupně dostává méně a méně vápníku a hořčíku, ztráty tak musíme nahrazovat jinými produkty [7].

Optimální obsah Ca^{2+} a Mg^{2+} je 2:1 až 3:1 [4].

Hygienické limity pro vápník a hořčík v pitné vodě: $Ca + Mg - 2-3,5$ mmol/l [2].



Obr. 10: Mapa tvrdosti vody v České Republice

3.2 Sloučeniny rtuti

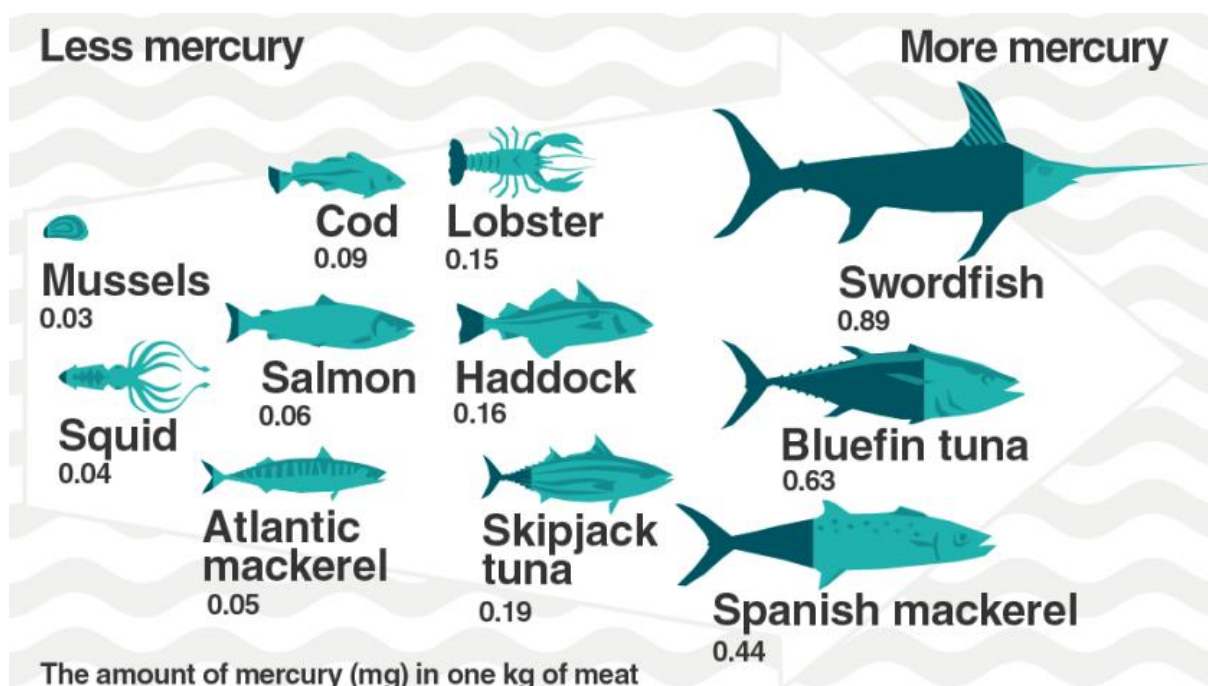
Rtuť patří do skupiny těžkých kovů. Je jediným kovovým prvkem, který se za normálních podmínek nachází v kapalném stavu.

V přírodě rtuť můžeme najít ve formě HgS (rumělky) a také je součástí i jiných sulfidických rud. Do životního prostředí se dostává hlavně při spalování fosilních paliv, sopečnou činností, při těžbě a zpracování rud, z chemického a horninového průmyslu. Také významným zdrojem kontaminace rtuti do vod je zdravotnictví, zejména výroba léčiv a přípravků a také zdravotnické odpady [16].

Rtuť za normálních podmínek není pro člověka toxická, problém nastává, když se začíná odpařovat nebo se přeměňuje na jiné toxičtější produkty, především organokovové.

Ve vodě se rtuť vyskytuje nejčastěji ve formě elementární rtuti Hg^0 , Hg^{2+} a také $[\text{HgOH}]^+$ [16].

Nejtoxičtější formou rtuti je methylrtuť. Ta vzniká během procesu methylace jejích organických a anorganických sloučenin, která probíhá v sedimentech vodních zdrojů. Dále methylrtuť vstupuje do potravinových řetězců a následně se akumuluje ve vodních organizmech. Do organismu ryb se dostává především žábry, kůží a s potravou přes trávicí systém (největší význam). Ryby obsahují v sobě nejvyšší hodnoty rtuti z příslušného potravního řetězce. Poločas vyloučení methylrtuti z rybích organismů je 2,5 roku [16].



Obr. 11: Obsah rtuti (mg) v jednom kg masa [34].

Přítomnost rtuti ve vodě je nebezpečná jak z ekologického tak i z chovatelského hlediska. Existují důkazy, že sloučeniny rtuti mohou přispívat k poškození některých tkání (u ryb). I nízké koncentrace rtuti způsobují snížení produkci jiker a také horší přežití oplozených jiker a plůdku.

Rtuť se kumuluje ve všech tkáních a orgánech, ale ve své nejtoxičtější formě (methylrtuť) se nachází ve svalstvu. Proto v regionech s vodou silně znečištěnou rtuť se objevuje její vysoké množství v rybí svalovině [16].

Nejvíce známým případem otravy methylrtuťí byl případ v japonském městečku Minamata. Z chemické továrny poblíž města uniklo určité množství vody kontaminované rtuťí. Ta se během biochemických procesů přeměnila na methylrtuť a následně akumulovala ve vodních organismech, které sloužily jako potrava pro ryby. V rybách se methylrtuť zakoncentrovala a v podobě potravy se dostala do lidských organismů. Důsledkem toho byly děti narozené z těžkým postižením. Celkem zemřelo kolem 700 lidí [22].

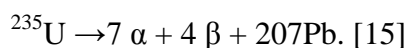
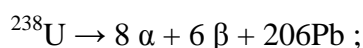
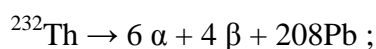
Kvůli své toxicitě, jsou sloučeniny rtuti běžně sledované. Hygienickým limitem Hg pro pitnou vodu je 1,0 µg/l [2].

3.3 Olovo

Olovo je dalším těžkým kovem, jehož přítomnost výrazně ovlivňuje kvalitu vod.

V přírodě se Pb vyskytuje především ve formě sulfidu PbS, známého jako galenit [16].

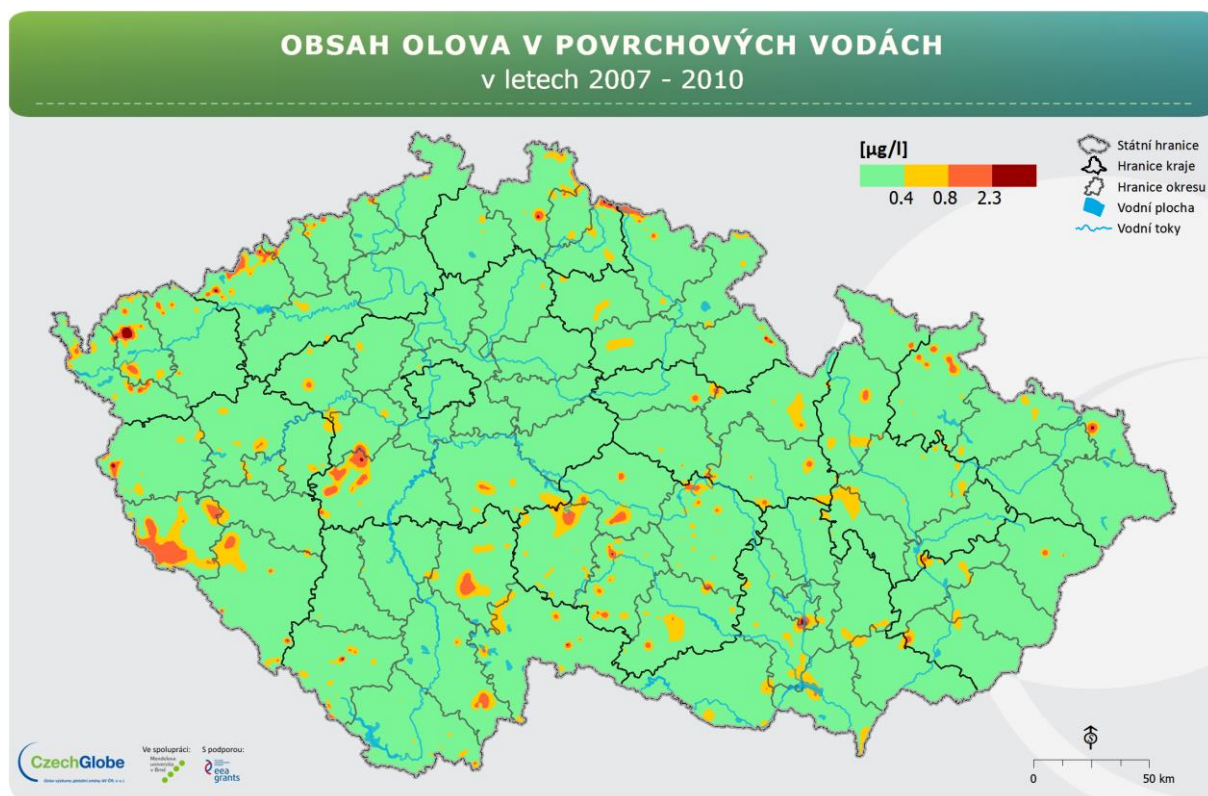
Množství olova v zemské kůře je poměrně malé, však stále narůstá, protože Pb je konečným produktem radiativního rozpadu uranu a thoria:



Olovo se používalo před tisíci lety v Římské říši jako materiál pro potrubí, výrobu nádob a jako sladidlo (octan olovnatý), což mělo negativní vliv na zdraví obyvatel [23].

V současné době se olovo používá v chemickém průmyslu, akumulátorech, jako pigment do barviva, přípravků do atd [16].

Jedním z nejvýznamnějších zdrojů kontaminace olovem je olovnatý benzin (do benzínu se přidává tetraethylolovo jako antidetonační prostředek). Při používání tohoto benzínu se olovo začíná hromadit ve vegetaci, která roste poblíž silnic. Také výfukové plyny kontaminují atmosférickou vodu, která během koloběhu vody přechází do vod podzemních a povrchových.



Obr. 12: Obsah olova v povrchových vodách v letech 2007 – 2010

Ve vodě se dál hromadí v sedimentech dna a následně tvoří methylderiváty .

Toxické účinky olova na vodní organizmy jsou hodně závislé na obsahu vápníku a hořčíku ve vodě a také na pH. Rozpustnost sloučenin olova významně klesá s rostoucí alkalitou vody[16].

Následkem akutní otravy ryb olovem je poškození epitelu žáber,co následně vede k úhynu ryb udušením.Při chronických otravách dochází k poškození erytrocytů,leukocytů,k poškození nervové soustavy. [16]

Další nebezpečí kontaminace olovem je spojeno z používáním olovněných potrubí. Odsud se dostává Pb do pitné vody,obzvláště když je voda měkká a kyselá.Tato skutečnost je nebezpečná především pro děti. I při nízkých dávkách může způsobit pokles IQ,zpomalení duševního vývoje a poruchy v chování.

Olovo se dobře akumuluje v živých organizmech a deponuje se v kostech, játrech, ledvinách a krvi [24].

Vzhledem k tomu, že olovo je skoro všudypřítomným kontaminantem, bylo zapotřebí stanovit a velmi přísně sledovat jeho limitní obsah ve vodách.

Podle výhlašky 70/2018 Sb. je hygienický limit pro Pb v pitné vodě 10 µg/l [2].

3.4 Železo a mangan

Železo je druhý nejrozšířenější kov na naší planetě, a proto je logické, že se vyskytuje ve vodě a ovlivňuje její kvalitu.

Železo se dostává do vod především vymýváním z hornin a také z potrubí (korozi). Nejčastěji se vyskytuje ve formě Fe^{2+} , ale při styku se vzdušným kyslíkem oxiduje na Fe^{3+} .

Ani ve větších koncentracích není železo pro zdraví člověka nebezpečné, významně však ovlivňuje sensorické vlastnosti vody, zejména barvu, chuť, pach a zákal. Tak například se zvýšený obsah železa projevuje hořkou, železitou chutí [4].

Vysoký obsah železa ve formě Fe^{2+} se vizuálně neprojevuje, na rozdíl od formy Fe^{3+} snadno vytvářející též nerozpustný $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Ten už následně tvoří rezavé a načervenalé povlaky, které se při zvýšené teplotě usazují ve formě sedimentu.



Obr. 13: Usazené železo a mangan v potrubí

Kromě barvy, může železo také ovlivňovat i pach vody, tak například i malý obsah železa ve vodě může způsobit narůst kolonií bakterií, který se následně projevuje neříjemným zápachem.

Také zvýšený obsah železa ve vodě způsobuje těž zanášení potrubí, topných spirál bojlerů a ohřevačů, usazuje se v kotlích, trubkách a přispívá k jejich korozi.

Limity pro železo ve vodě:

- pitná a balená voda: 200 $\mu\text{g/l}$;
- pramenitá a kojenecká voda: 300 $\mu\text{g/l}$;
- studniční: až 500 $\mu\text{g/l}$ [14].

Mangan se stejně jako železo dostává do vody z hornin a má podobný vliv na její kvalitu. Ve vodě se vyskytuje ve formě Mn^{2+} .

Zvýšený obsah manganu ve vodě poznáme podle mastných kol na povrchu vody, černých usazenin a černé barvy vody [4].

Železo s manganem negativně ovlivňují též kvalitu vypraného prádla, protože na něm nechávají mastné skvrny.

Limitní hodnoty pro Mn^{2+} ve vodě:

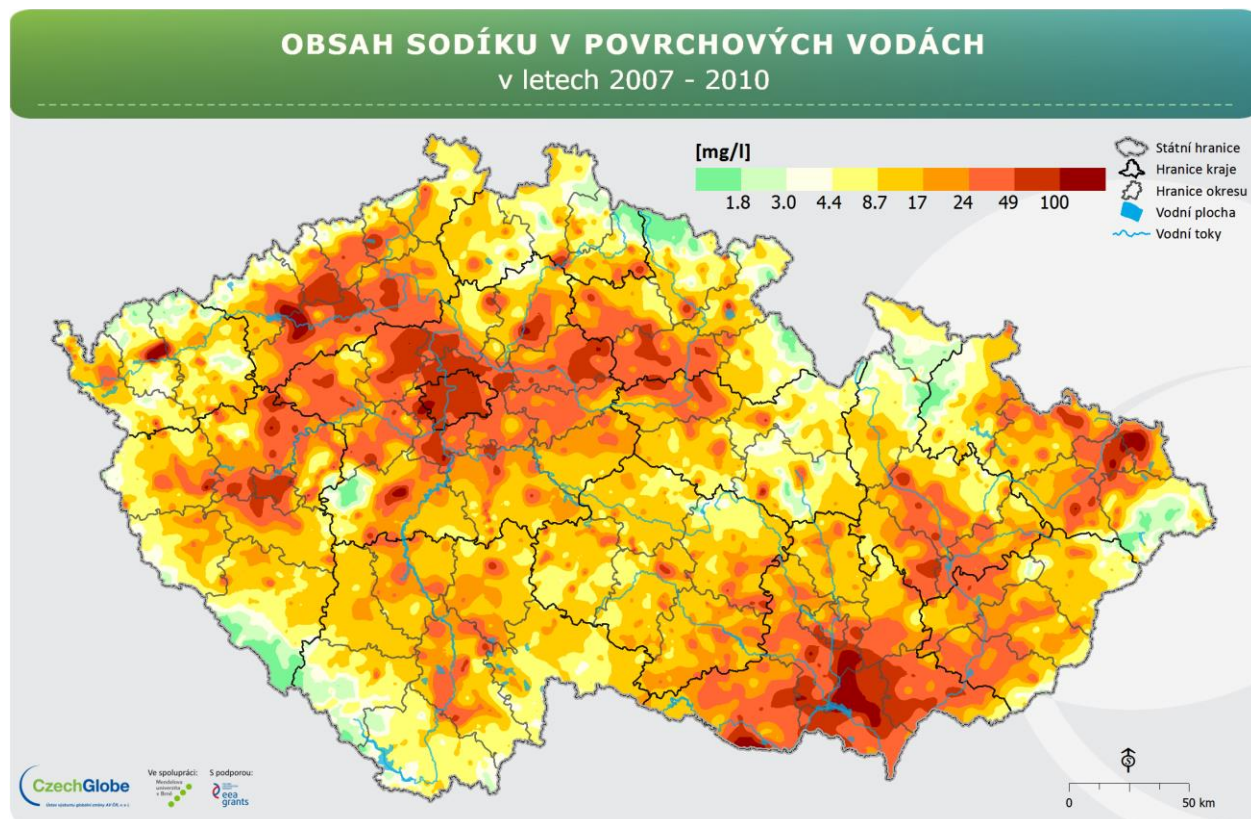
- 50 $\mu\text{g/l}$;
- u studniční vody maximálně 200 $\mu\text{g/l}$ [14].

3.5 Sodík

Sodík je jedním z esenciálních prvků. V lidském těle Na^+ splňuje spoustu důležitých funkcí, zejména udržuje osmolalitu tělních tekutin a retenci vody. Kromě toho Na^+ je hlavním kationtem extracelulární tekutiny a plazmy, přispívá k přenosu nervových impulsů a udržování acidobazické rovnováhy [25].

Do vod se dostává vyluhováním ze solných ložisek, zvětráváním hlinitokřemičitanů (proto je přítomný skoro ve všech přírodních vodách). Při styku vody s některými jílovými minerály kationt vápníku Ca^{2+} se vyměňuje za kationt sodíku Na^+ , což může být příčinou výskytu sodíku v přírodních vodách [25]. Antropogenním zdrojem sodíku jsou komunální a průmyslové odpadní vody, také se dostává do vod při "solení silnic".

Zvláštním zdrojem Na^+ může být také úprava pitné vody, protože k stabilizaci složení vody a úpravě pH se používá NaOH a Na_2CO_3 , dále k dezinfekci vody se obvykle používá chlornan a chloritan sodný. Přídavek sodíku při těchto procesech bývá až desítky mg Na^+ na litr upravené vody.



Obr. 14: Obsah sodíku v povrchových vodách v letech 2007 – 2010

V různých státech byla vypracována spousta experimentálních a epidemiologických studií, které zkoumaly vliv chronického příjmu vyšších dávek sodíku (ve formě NaCl) a dokázaly, že to vede k hypertenzi (zvýšení krevního tlaku). Kromě hypertenze vyšší příjem Na^+ může vést i k dalším nepříznivým účinkům na lidské zdraví:

- Zvýšený příjem NaCl vede ke zvýšenému vylučování Ca^{2+} a následně snižuje jeho vstřebávání ze zažívacího traktu. Následkem zvýšeného vylučování vápníku z organismu může být demineralizace kostí a riziko tvorby močových kamenů.
- Zvýšená pravděpodobnost výskytu rakoviny žaludku.
- Zvyšuje se objem mimobuněčné tekutiny, což vede k cirhóze, otokům, hypertrofii levé komory a dalším srdečním onemocněním.
- Při zvýšeném příjmu sodíku dochází ke zvýšení průtoku krve ledvinami, což zlepšuje glomerulární filtraci. Po nějaké době organismus adaptuje a to vede ke zhoršení funkce ledvin[7].

Pro zjištění vlivů zvýšeného příjmu sodíku na lidský organizmus byly provedeny v různých zemích studie na vybraném souboru kojenců. Ti mohli totiž přijímat sodík jenom z vody a ne z průmyslově vyráběných potravin (jako dospělí lidé).

Během jedné studie byli kojenci rozděleni do dvou skupin, první skupina měla normální příjem Na^+ a druhá snížený. Experiment probíhal šest měsíců a na jeho konci u skupiny se sníženým příjmem sodíku byl pozorován významný pokles systolického tlaku. Rozdíl ve výši krevního tlaku mezi dvěma skupinami existoval i po 15 letech, když bylo provedeno opakované vyšetření zahrnující i další faktory ovlivňující krevní tlak.

Další studie ukázali, že zvýšený příjem sodíku, zvláště v raném dětském věku má značný význam pro vývoj hypertenze v dospělosti. Také existuje teorie, že pro vyvolání trvalého efektu je mnohem významnější délka expozice než velikost dávky sodíku.

Jedna studie z Ukrajiny, která probíhala ve dvou obcích, ukázala, že obyvatelstvo první obce, které celý život pilo vodu se zvýšeným obsahem NaCl , trpělo arteriální hypertenzí až čtyřikrát častěji než obyvatelstvo druhé obce s normálním obsahem NaCl v konzumované vodě. Dalé bylo zjištěno, že požívání slanější vody způsobuje nejenom zvýšený výskyt hypertenze, ale i celkové zvýšení onemocnění a to až dvakrát [7].

Sodíkové ionty mohou také ovlivňovat i chuť vody. Vyšší obsah Na^+ pozname podle slané chuti. Chuťový práh při pokojové teplotě je 200 mg/l [WHO, 2006].

Limit pro sodíkové ionty v pitné vodě je 200 mg/l [2].

3.7 Měď

Měď je stopovým prvkem, důležitým pro správné fungování všech živých organismů. Doporučený příjem pro dospělého člověka se rovná 1 – 2 mg/den. Je součástí mnoha enzymových systémů, které ovlivňují růst a rozmnožování, takže je žádoucím prvkem ve všech složkách životního prostředí, včetně hydrosféry. Ve stopovém množství je Cu přidávána do rybích krmiv. Zvýšený obsah mědi ve vodách je toxický pro všechny živé organismy [26].

V životním prostředí se měď vyskytuje ve formě chalkosinu (Cu_2S) a chalkopyritu (CuFeS_2), při jejichž rozkladu může do vod uniknout velké množství mědi. Antropogenními zdroji mědi mohou být odpadní vody z úpraven kovu a též depozice mědi v atmosferické vlhkosti v blízkosti hutních závodů. Také se měď může dostávat do vody v důsledku

rozpuštění mědného potrubí a být součástí vod z měďnatých střeš a okapů. Ve vodním prostředí se měď nachází nejčastěji ve formě Cu^{2+} , dále také ve formě hydroxokomplexů a uhličitanových komplexů[16].

Měď má vysokou akumulaci schopnost, což představuje nebezpečí především pro vodní organizmy (akumuluje se ve rybích tkáních). Je silně toxická pro ryby, však její toxicita hodně záleží na fyzikálně chemických vlastnostech vody. Tak například málo rozpustné či vůbec nerozpustné sloučeniny Cu jsou méně toxické, protože špatně pronikají do rybích organizmů. Dále také známo, že pro tvrdou a měkkou vodu jsou limitní nebezpečná koncentrace Cu velmi odlišná. Měkká voda s hlediska obsahu mědi je mnohem nebezpečnější, protože se toxické účinky projevují mnohem rychleji než u vod tvrdých. Měď má vysokou akumulaci schopnost nejenom vůči vodním organizmům, ale také i vůči prostředí, ukládá se do vrstev usazenin a sedimentů. Po nějaké době může se uvolňovat do vody a tím způsobovat změny pH, tvrdosti a dalších důležitých parametrů[26].

Pro vodní organizmy přítomnost mědi představuje mnohem větší nebezpečí než pro člověka. Charakteristickými příznaky otravy ryb mědí jsou dýchací potíže, u karpovitých ryb může dojít k nouzovému dýchání u hladiny. Měď se zakoncentrovává především v žábrech[16].

Zvýšení obsahu mědi ve vodních ekosystémech je také nebezpečný pro bakterie, zvláště pro nitrifikační bakterie, které přispívají k biologickému čištění vod. Dale také přítomnost Cu ve vodě může dále způsobit zánik biologického odbourávání škodlivých látek, takých jsou NH_3 a NO_2 a jejich následný nárůst ve vodě [26].

Působí také toxicky na řasy a sinice, proto je síran měďnatý je jedním z klasických algicidních preparátů používaných na odstranění vodního květu.

Limitní hodnota mědi pro pitnou vodu stanoví 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$ [2].

3.6 Zinek

Zinek je dalším esenciálním prvkem, důležitým pro všechny živé organizmy. Je součástí celé řady enzymů, insulínu ap. Největší jeho množství je obsaženo v krvi, dále v ledvinách, játrech, kostech, mozku a spermatu (ve velkém množství). Přispívá k stabilizaci membrán a makromolekul a je také významným antioxidantem. Zinek je velmi důležitým prvkem pro růst a vývoj organismu [27].

Nedostatek zinku je nebezpečný pro lidské zdraví, protože vyvolává poškození imunitního systému, zpoždění růstu a sexuálního vývoje, dále také může vést k anorexii, poruchám chuťových a čichových vjemů. Nedostatečný příjem zinku z potravy má za následek zhoršování paměti, neplodnost, dále vede ke špatnému hojení ran a očním chorobám [27].

Přebytek Zn poškozuje gastrointestinální trakt a následně může dojít k bolestem žaludku, průjmům a křečím.

V životním prostředí se vyskytuje v různých minerálech a horninách, nejčastěji však ve formě sfaleritu (ZnS). Do vodních toků se dostává při spalování fosilních paliv (do atmosférických vod), důlní činností, výrobě oceli, rafinaci kovů, při vypuštění odpadních vod s domácností a také vymýváním s půdy. Ve vodě se nejčastěji usazuje na dně, malý podíl však může zůstat v rozpuštěné formě, a tím okyselovat vodu. V rozpuštěném stavu se zinek nachází ve formě Zn^{2+} .

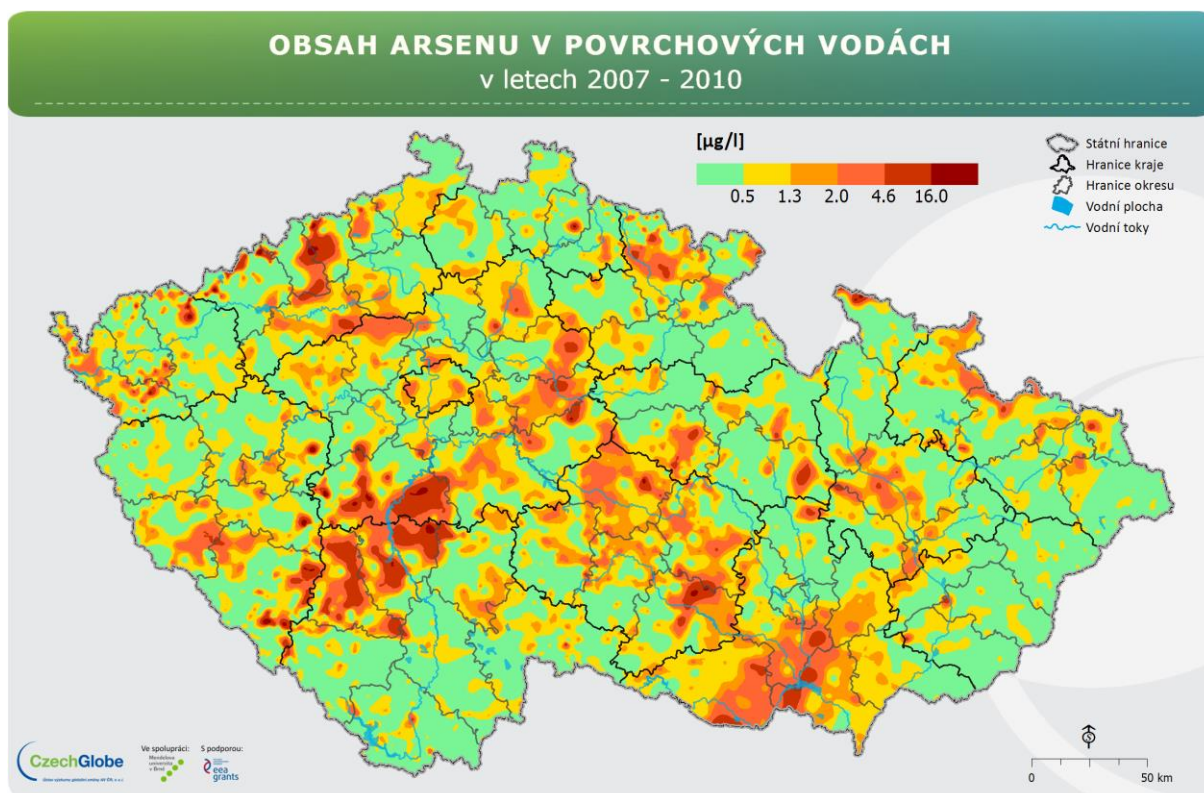
Zvýšený nebo snížený obsah Zn ve vodě vůbec nepředstavuje pro člověka žádné nebezpečí, jediné při vyšších koncentracích (5 – 10 mg/l) může ovlivňovat chuť vody (svírává chuť). Ale pro vodní organizmy je velmi toxickým. Tak například otravy zínkem se nejčastěji vyskytují v chovech pstruha obecného a pstruha duhového, a zvláště jejich plůdky jsou velmi citlivé k obsahu tohoto prvku a jeho sloučenin. Toxické účinky zinku jsou podobné jako při působení mědi. Letální koncentrace zinku se rovnají 1–10 mg/l u karpovitých ryb a 0,1 mg/l u lososovitých. Jedním ze způsobů, jak snížit výskyt otrav zínkem v chovech ryb je přestat používat pozinkované potrubí, nádoby a nářadí [16].

Žadné hygienické limity zinku pro pitnou vodu nebyly stanoveny.

3.8 Arsen

Arsen je toxickým všudyorítmným prvkem. V životním prostředí se vyskytuje jak v organické, tak i v anorganické formě. V přírodě ho můžeme najít ve formě solfidů (např. $FeAsS$ nebo As_4S_4) [16].

Do vod se dostává vymýváním z hornin, atmosférickou depozicí, dále s odpadními vodami z výroby barviv, tepelných elektráren, z těžby a zpracování rud, z koželužen atd. Je obsažen také v odpadních vodách z praní prádla, neboť doprovází fosfor. Arsen se ve značné míře kumuluje ve sedimentech [1].



Obr. 15: Obsah arsenu v povrchových vodách v letech 2007 – 2010

Ve vodním prostředí je arsen nejčastěji zastoupen ve formě pětimocného kationtu As^{5+} a v menší míře ve formě toxického As^{3+} , redukce As^{5+} na As^{3+} probíhá v podzemních vodách za anaerobních podmínek. Ve vodě se může biochemickými procesy přeměňovat na methylderiváty (např. methylarsen CH_3AsH_2 nebo dimethylarsen $(\text{CH}_3)_2\text{AsH}$). Tyto methylderiváty ovlivňují distribuci arsenu mezi kapalnou fází a sedimenty[16].

Arsen je toxickým jak pro lidi tak i pro vodní organizmy. Přijatelná dávka As pro dospělého člověka o hmotnosti ≈ 70 kg je $140 \mu\text{g}/\text{den}$, avšak k chronické otravě může dojít již při dlouhodobém příjmu dávky $10 \text{ mg}/\text{den}$ (smrtelní dávka $\approx 70 - 180 \text{ mg}$). Při chronické otravě dochází ke ztrátě tělesné hmotnosti, zhoření zraku, zvýšené slinivosti, dále také ke vziku ekzému a keratózy kůže[16].

V minulosti bylo popsáno několik případů chronické otravy As z pitné vody, jeden z nich se stal v Bangladéši. S pomoci mezinárodních humanitárních organizací bylo v Bangladéši vyvrtáno velké množství studen, aby obyvatelstvo netrpělo nedostatkem vody, bohužel voda obsahovala velké množství arsenu, což způsobilo otravu dvou milionů lidí.

Malé dávky As mohou vyvolat zvracení, průjmy ale také mohou způsobovat i rakovinu kůže. Mezi symptomy otravy arsenem patří také ztráta vlasů, ospalost, křeče ve svalcích, bolest břicha a hlavy, celková zmatenost atd[28].

Americká agentura pro životní prostředí (US EPA) spolu se světovou zdravotnickou organizací (WHO) považují As za prokázání lidský karcinogen.

Jak už bylo zmíněno, arsen je toxický nejenom pro člověka, ale i pro vodní organizmy. Toxickým účinkem arsenu je jeho afinita ke skupině SH- aminokyselin, zejména působí jako enzymový jed. Pro pstruha obecného je uvedena letální koncentrace 20 – 25 mg/l ,pro karpa se rovna 25 – 30 mg/l [16].

Vodní organizmy	NPM mg/kg	PM mg/kg
Rybí výrobky	-	5,0
Korýši, měkkýši, hlavonožci	-	8,0
Ryby mořské	5,0	-
Ryby sladkovodní	1,0	-

Tab. 3: Nejvyšší přípustné množství (NPM) a přípustné množství (PM) arsenu v rybách a ostatních vodních živočichů [16].

Vodní organizmy	Arsen	Arsenobetain	Arsenocholin
Sleď – svalovina	1,0 – 1,1	0,86 – 0,98	-
Krevety	7,2 – 20,8	0,58 – 15,8	3,2 – 5,2
Humr	1,5 – 122	-	-
Ústřice	3,7	-	-
Chobotnice	7,2	-	-

Tab. 4: Obsah arsenu a jeho sloučenin u mořských živočichů v mg/kg [16].

Karcinogenní látky by se vůbec neměly vyskytovat v pitné vodě, pro As hygienický limit 10 µg/l [2].

Tato bakalářská práce je zaměřená především na iontové složení vody, tudíž i minerální vody porovnává z tohoto hlediska. Většina minerálních vod obsahuje kationty sídliku, draslíku, vápníku, hořčíku, lithia a anionty fluoru, chloru, bromu jodu.

Níže je uvedena tabulka popisující zastoupení jednotlivých iontu v minerálních vodách České republiky [31]:

Obchodní název	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	F ⁻	H ₃ BO ₃	HCO ₃ ⁻	Γ	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Mattoni	87	0	25	72	11	-	-	558	-	-	45
Korunní	78	25	30	103	-	-	-	-	-	-	-
Šaratica	254	38	1052	2218	78	1	-	579	-	3	9282
Vincentka	239	133	15	2440	1617	2	318	4825	7	-	-
Zaječická	301	696	5033	1755	405	2	-	860	0,4	-	2254
Rudolfův pramen	276	11	136	-	45	-	-	1581	-	-	122
Bílinská kyselka	134	89	42	1792	231	5	-	4482	-	-	542
Magnezia	38	1	144	4	4	-	-	-	-	-	14
Ondrášovka	184	1	19	40	5	1	-	-	-	0,5	13
Hanácká kyselka	185	17	107	412	185	1	-	-	0,7	-	-
Poděbradká	142	60	48	514	446	1	-	-	0,06	-	83
Toma natura	25	-	6	1	5	-	-	104	-	-	25
Doporučené denní dávky minerálních látek (mg)	800	200 0	375	-	800	3,5	-	-	0,15	-	-

Tab. 5: Obsahové složky minerálních vod (mg/l)[31].

Minerální vody obvykle nejsou vhodné pro každodenní konzumaci. Protože obsahují v sobě spoustu rozpuštěných látek, mohou výrazně ovlivňovat zdraví člověka, jak negativně tak i pozitivně. Při správném dávkování mohou významně zlepšit zdraví člověka, proto se obvykle používají pro léčebné účely.

Tak například jodové vody se užívají při chorobách dýchacích cest a podporují ukládání vápníku v kostech[32]. Bílinská kyselka obsahuje v sobě hydrogenuhličitanu a využívá se při onemocnění žaludku a slinivky břišní, při chorobách dýchacího systému, jater, žlučníku, ledvin a močového měchýře[33].

Vincentka přispívá ke zlepšení funkce sliznic, hladiny imunoglobulinů. Doporučuje se pít a inhalace při zánětech dýchacích cest a hlasivek, poruchách metabolismu a cukrovce[31].

5. Závěr

Tato bakalářská práce shrnuje informace k vybraným souvislostem mezi obsahem iontů a kvalitou vod. Popisuje jak základní parametry vod (pH a vodivost), tak její iontové složení. Uvádí též, jak se vybrané ionty do vod dostávají v jakých formách se tam vyskytují.

Práce konstatuje, že veškerá voda na naší planetě obsahuje v sobě rozpuštěné ionty. A tyto ionty výrazně ovlivňují její vlastnosti.

Zvýšení obsah některých kationtů a aniontů může významně ovlivňovat její sensorické vlastnosti, zejména pach, chuť, barvu a zákal. Tak například Fe^{3+} tvoří ve vodě rezavé a načervenalé povlaky a dává vodě hořkou, železitou chuť. Vody zněčištěné ionty NH_4^+ mají specifický zápach a přítomost chloridových iontů poznáme podle slané chuti vody.

Kromě sensorických vlastností ovlivňují přítomné ionty také zdravotní vlastnosti vod. Tak přítomnost některých iontů, zejména Na^+ , Ca^{2+} atd. je nezbytná pro správné fungování živých organismů, které tuto vodu konzumují. Ale ve vodě často bývají přítomny látky, které jsou velmi toxické pro živé organismy, například arsen, rtuť, olovo atd. Přítom i zdraví nezávadné ionty v kombinaci s dalšími mohou působit nepříznivě na lidské zdraví. Například kationt hořčiku je důležitý pro živé organismy a sám není zdraví škodlivý, ale v kombinaci s SO_4^{2-} může způsobovat průjmová onemocnění.

Některé látky můžeme dostat do organismu jenom z vody. Je důležité, aby pitná voda obsahovala látky prospěšné pro zdraví a naopak neobsahovala látky v koncentracích zdraví škodlivých. Proto byly stanovené hygienické limity určitých látek pro pitnou vodu, uvedené ve vyhlášce č. 70/2018.

Zvláštní skupinou vod jsou přírodní minerální vody. Ty v sobě obsahují rozpuštěné ionty, plyny, mají zvýšenou teplotu a některé i radioaktivitu. Protože mají příliš velký obsah rozpuštěných látek, nejsou vhodné pro každodenní konzumaci, avšak při správné konzumaci mohou přispívat k zlepšení zdraví člověka a používají se při léčení řady chorob.

Voda je jednou z nejcennějších látek na naší planetě, díky vodě se zde vůbec mohl objevit život. Musíme o tom pomatovat, šetřit vodu, protože v mnoha zemích lidé na nedostatek nebo špatnou kvalitu vody i umírají. Čistotu vody je třeba chránit a zachovávat její přírodní stav pro další generace.

Použitá literatura

1. NOVOTNÝ, Ladislav. *Vztah sdraví a prostředí : přednáškové materiály*, ÚEniChI,FCHT, Univerzita Pardubice, 2016.
2. ČESKO. Vyhláška č.70/2018 Sb., kterou se mění vyhláška č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010 – 2018 [cit. 24.6.2018]. Dostupné z : <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-70>
3. *Informace o vodě / rozbor vody – parametry* . Dostupné z : https://www.centrumvody.cz/Rozbor-vody-parametry-c10_35_2.htm [online].
4. *Fyzikálně chemické ukazatele pitné vody*. Dostupné z : <https://www.labtech.eu/fyzikalne-chemicke-ukazatele/> [online].
5. ČESKO. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In : *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010 – 2018 [cit. 24.6.2018]. Dostupné z : <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>
6. *6.Ionty v pitné vodě*. Dostupné z : https://www.wikiskripta.eu/w/Ionty_v_pitn%C3%A9_vod%C4%9B [online].
7. KOŽÍŠEK, František. *Zdravotní rizika pitné vody s vysokým obsahem rozpuštěných látek*. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2008. Dostupné z : http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Kozisek_atestacni_prace_2008.pdf [online].
8. *Dusitany a dusičnany*. Dostupné z : https://cs.wikipedia.org/wiki/Dusitany_a_dusi%C4%8Dnany [online].
9. *Celkový fosfor*. Dostupné z : <http://arnika.org/celkovy-fosfor> [online].
10. INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ. *Celkový fosfor* [online]. [cit. 25.6.2018]. Dostupné z : <https://www.irz.cz/node/25>
11. *Eutrofizace*. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Eutrofizace> [online].
12. SOBOL, Petr. *Tvrdest*. 2016. Dostupné z : <http://www.analyzavody.cz/vlastnosti-vody/tvrdest/> [online].
13. *Chloridy ve vodě*. Dostupné z : <https://euroclean.cz/problemy-vody/chloridy/> [online].
14. *Jaké problémy přináší železo a mangan ve vodě?* Dostupné z : <https://euroclean.cz/clanky/jake-problemy-prinasi-zelezo-a-mangan-ve-vode/> [online].

15. ULLMANN, Vojtěch. *Jádrová a radiační fyzika*. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm> [online].
16. *Účinky kovů ve vodních ekosystémech (zdroje, kumulace, detekce)*. Dostupné z: <http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/ekotoxikologie/kovy.pdf> [online].
17. *Nejdůležitější anionty ve vodách*. Dostupné z: <http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/anionty.pdf> [online].
18. *Sírany ve vodě*. Dostupné z: <https://euroclean.cz/problemy-vody/sirany/> [online].
19. KLEGER, Ladislav a Petr VÁLEK. *Fluoridy*. Dostupné z: <http://arnika.org/fluoridy> [online].
20. *Iontové součásti vody a oxidy*. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~parschoh/CHEO/4.%20CHEO%20Iontov%C3%A9%20sou%C4%8D%C3%A1sti%20vody%20a%20oxidy%20web%20.pdf> [online].
21. *Fluoróza*. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fluor%C3%B3za> [online].
22. PETRLÍK, Jindřich a Petr VÁLEK. *Rtuť*. Dostupné z: <http://arnika.org/mercury> [online].
23. *Olovo*. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Olovo> [online].
24. GAŽÁKOVÁ, Lucie, Petr VÁLEK a Milan HAVEL. *Olovo*. Dostupné z: <http://arnika.org/olovo> [online].
25. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Zdravotní význam sodíku ve vodách*. [online]. Praha, 2002 [cit. 17.06.2018]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/sodik.pdf>
26. *Měď*. Dostupné z: <http://www.jezirkabanat.cz/rubriky/pece-o-jezirko/med-a-zinek-v-zahradnim-jezirku/> [online].
27. KENŠEVÁ, Renáta, David HYNEK, Vojtěch ADAM a René KIZEK. *Působení zinku na živé organizmy*. [online]. Brno [cit. 20.06.2018]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_239_nanotech/J_Met_Nano/0314/pdf/jmn3-06.pdf
28. PIVOŇKOVÁ, Eva. *Otrava arsenem, arsenikem – příznaky, projevy, symptomy*. Dostupné z: <http://www.priznaky-projevy.cz/otravy/otrava-arsenem-arsenikem-priznaky-projevy-symptomy> [online].
29. *Minerální voda*. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%A1ln%C3%AD_voda [online].
30. ČESKO. Zákon č. 164/2001 Sb. o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon). In: [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonypro lidi.cz) [online]. © AION CS 2010 – 2018 [cit. 28.6.2018]. Dostupné z: <https://www.zakonypro lidi.cz/cs/2001-164>

31. POTUŽÁK, Miloš. *Minerální vody ve výživě a terapii*. [online]. Bakov nad Jizerou, 2011 [cit. 28.6.2018]. Dostupné z : <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2011/05/10.pdf>
32. JAHODOVÁ, Jitka. *Minerální prameny: Jak vznikají a jaký je rozdíl mezi minerální a stolní vodou?* [online]. 2018 [cit. 29.06.2018]. Dostupné z: <https://veda.instory.cz/305-mineralni-prameny-jak-vznikaji-a-jaky-je-rozdil-mezi-mineralni-a-stolni-vodou.html>
33. *Minerální vody a jejich využití pro zdraví*. Dostupné z : <https://www.zdravinaroda.cz/clanky/mineralni-vody-a-jejich-vyuziti-pro-zdravi> [online].
34. 34. Dostupné z : https://www.google.cz/search?biw=1920&bih=898&tbm=isch&sa=1&ei=9XY7W6HeIa uVmwWIo7WwBw&q=minamata+choroba+ryby&oq=minamata+choroba+ryby&gs_l=img.3...14614.16845.0.17437.5.5.0.0.0.0.219.625.0j3j1.4.0....0...1c.1.64.img..1.1.218...0i8i30k1.0.00kX7os-1-g#imgrc=FMYEaCiKYHtZXM: [online].