



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



Centrum preventivního lékařství- oddělení obecné hygieny

Jana Křišťůfková

**Charakteristiky iontových složení balených vod a
srovnání s vodou dopravovanou veřejným
vodovodem**

**Characteristics of ion structure of bottled water
and comparison with water delivered through
common water supply**

Diplomová práce

Praha, březen 2008

Autor práce: Jana Krišťůvková
Studijní program: Všeobecné lékařství s preventivním zaměřením
Vedoucí práce: **MUDr. Jiřina Bártová, CSc.**
Pracoviště vedoucího práce: Oddělení obecné hygieny
Datum a rok obhajoby: 2.4.2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracovala samostatně a použila jen uvedené prameny a literaturu.

V Praze dne 25. března 2008

Jana Křišťůvková

Poděkování

Děkuji své vedoucí diplomové práce MUDr. Jiřině Bártové, CSc. za odborné vedení, poskytnuté materiály, za trpělivost a za konzultace a rady, které mi pomohly při vypracování této práce.

Souhrn

Voda z vodovodu nebo jakákoli balená voda z přírodního zdroje není nikdy jen čistá sloučenina H₂O, ale vždycky jde o originální komplex ve vodě rozpuštěných látek. Není důležité jen absolutní množství jednotlivých více či méně rozpuštěných látek, ale také konkrétní hodnoty daných iontů, které vodě dávají jedinečné vlastnosti. Dlouhodobá konzumace vod jak s vysokým obsahem iontů, tak i s velmi nízkým množstvím iontů má pro organismus nepříznivé účinky. Tato práce se zabývá popisem účinků těchto iontů na lidské zdraví a analýzou obsahu iontů v různých druzích balených vod i ve vodě distribuované prostřednictvím veřejného vodovodu. Na závěr je uvedeno srovnání iontových složení balených vod s vodou z vodovodu s platnou legislativou a s doporučeními Státního zdravotního ústavu.

Klíčová slova

voda, iontové složení, celková mineralizace, tvrdost vody, balená voda, voda z veřejného vodovodu, pramenitá voda, kojenecká voda, minerální voda

Summary

Water delivered through the water supply or any bottled water from natural source is never just pure H₂O, but always a unique complex of dissolved minerals. Not only the total quantity of the dissolved minerals is important, but also the particular quantities of different ions which give unique features to every kind of water. Long-term drinking of water with both too high and too low quantities of ions has adverse reactions on the human body. This thesis describes the effects of important ions on the human health and analyses the amounts of ions in different kinds of bottled water and in the water delivered through the water supply. Finally the results are compared with the sanitary code and with the recommendation of the National Institute of Public Health.

Keywords

water, ion structure, total mineralization, hardness of water, bottled water, water from water supply, spring water, water for infants, drinking water, mineral water

Obsah

1	Úvod	2
2	Význam iontů ve vodě	3
2.1	Celková mineralizace	3
2.1.1	Přehled celkových mineralizací a rozpuštěných látek balených vod.	5
2.2	Tvrdost vody	6
2.3	Kationty	9
2.3.1	Sodík (Natrium)	9
2.3.2	Draslík (Kalium)	12
2.3.3	Hořčík (Magnesium)	15
2.3.4	Vápník (Calcium)	19
2.3.5	Železo (Ferrum)	21
2.3.6	Přehled kationtů v balených vodách	23
2.4	Anionty	24
2.4.1	Hydrogenuhlíčitanové (Bikarbonátové)	24
2.4.2	Síranové	25
2.4.3	Fluoridové	26
2.4.4	Chloridové	28
2.4.5	Jodidové	28
2.4.6	Dusičnany	29
2.4.7	Dusitany	30
2.4.8	Přehled aniontů v balených vodách	31
2.5	Rizika pití velmi slabě mineralizovaných vod	33
2.6	Rizika pití vysoce mineralizovaných vod	35
3	Balené vody	37
3.1	Kojenecké vody	37
3.1.1	Vody „vhodné pro přípravu kojenecké stravy“	38
3.1	Praménité vody	38
3.2	Přírodní minerální vody	38
3.2.1	Léčivé minerální vody	39
3.3	Pitné vody	39
3.4	Sycení vod oxidem uhličitým	41
4	Voda z vodovodu	43
4.1	Zdroje vod pro přípravu pitné vody	43
4.2	Úpravy vod	43
4.2.1	Odstraňování mechanických nečistot	44
4.2.2	Odstraňování nežádoucích látek z vody [44, 45]	44
4.2.3	Hygienické zabezpečení pitné vody	45
4.3	Iontové složení vody z vodovodu	47
5	Srovnání iontových složení balených vod s vodou dodávanou veřejným vodovodem	48
6	Závěr	51
7	Použitá literatura	53

1 Úvod

V devadesátých letech minulého století došlo k výraznému nárůstu spotřeby balených vod. Přestože je cena 1 litru balené vody nejméně stopadesátkrát vyšší než je cena 1 litru z veřejného vodovodu, tato spotřeba rok od roku stále stoupá, především díky reklamě, širší nabídce a snižující se ceně balených vod. Naproti tomu o pitné vodě z veřejné vodovodní sítě se v televizi nic nedozvíte, pokud tedy není nějaká havárie. Voda z vodovodu má bohužel trochu horší pověst; často díky nezbytné chemické úpravě ji někteří lidé považují za špatnou, nechutnou, někdy až páchnoucí. Že za některé nevyhovující nebo nepříjemné vlastnosti vody z vodovodu si mohou lidé také sami, svými zastaralými, nejlépe olovnatými rozvody, o tom nikdo raději slyšet nechce.

Lidé kupující balenou vodu si často myslí, jak tím prospívají svému zdraví, jak budou krásní, plní energie, když budou pít vodu jako ti, kteří ji v televizi propagují. Tito lidé si však většinou neuvědomují rozdíly mezi jednotlivými druhy balených vod, neví, která je pro ně vhodná a která je vhodná pro každodenní používání.

Obyčejný člověk si nekoupí pramenitou nebo minerální vodu, ale koupí si tu či onu značku nebo tu, která je zrovna „v akci“. Doma si pak téměř nikdo nepřečte, jaké má koupená voda složení a pokud ano, tak to většině lidí stejně nic neřekne, takže ani nepoznají, zda to není jen zabalená voda z vodovodu, kterou mají doma levnější a vždy čerstvou.

V této práci uvádím charakteristiky jednotlivých iontů, jejich koncentrace v konkrétních druzích vod, dále pak komu by mohla voda s daným iontovým složením popřípadě pomoci a nebo kdo by se jí měl naopak raději vyvarovat. Nakonec jsem srovnala skutečná složení a limity dané platnou legislativou pro balené vody a vody dopravované hromadným vodovodem.

2 Význam iontů ve vodě

2.1 Celková mineralizace

Balená voda z přírodního zdroje, stejně jako pitná voda z vodovodu, není nikdy čistá sloučenina H_2O , ale jde o komplex ve vodě rozpuštěných plynů a rozpuštěných či nerozpuštěných organických a anorganických látek. Složení tohoto komplexu závisí (mimo případné úpravy vody) na geochemickém podloží a na době, po kterou se voda v podzemí zdržela. Každá voda, ať už podzemní či povrchová, je vlastně z hlediska chemického složení jedinečný originál. [1]

Přírodní chemické složení vody je vedle plynů a stopových prvků definováno především obsahem hlavních minerálních látek – makrokomponent. Makrokomponenta je anorganická složka, jejíž koncentrace ve vzorku převyšuje 1 % celkové mineralizace a může významněji ovlivnit látkovou nebo hmotnostní bilanci. Mezi hlavní minerální látky, resp. jejich soli, patří zejména *vápník, hořčík, sodík, draslík, chloridy, sírany, hydrogenuhličitaný a dusičnaný*, do určité míry též křemík, železo a některé další ionty (bromidy a další), které se však na celkovém obsahu všech minerálních látek podílejí jen okrajově.

Suma všech anorganických (minerálních) látek se nazývá **celková mineralizace**. Celková mineralizace je definovaná jako součet látkových nebo hmotnostních koncentrací všech jednotlivých rozpuštěných anorganických makrokomponent z výsledku chemického rozboru vody. Celková mineralizace se uvádí v mmol/l, nebo v mg/l, případně v jiných násobcích těchto jednotek. Jestliže je celková mineralizace udána v hmotnostní koncentraci, pak je nutné uvést formu jednotlivých složek, ve které je jejich hmotnostní koncentrace vyjadřována (např. křemík jako Si, SiO_2 nebo H_2SiO_3). Údaj v látkových koncentracích tento problém odstraní, protože např. $1 \text{ mol Si} = 1 \text{ mol } SiO_2 = 1 \text{ mol } H_2SiO_3$. Celková mineralizace je jediné objektivní hodnocení koncentrace veškerých anorganických látek ve vodách.

Protože se však v praxi stanovení všech složek vždy neprovádí, určuje se často celková koncentrace látek ve vodě jen experimentálním stanovením tzv. **rozpuštěných látek (RL)**, neboli odparku. Odměřený objem vody se po filtraci odpařuje na vodní lázni do sucha, poté se odparek suší při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ do konstantní

hmotnosti a zváží. Problémem je, že při odpařování a sušení odparku probíhá řada přeměn (např. rozklad hydrogenuhličitanů $2\text{HCO}_3 \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{CC}_2 + \text{H}_2\text{O}$, čímž ztrácí polovinu své hmotnosti), které způsobují, že hmotnost odparku neodpovídá původnímu obsahu všech anorganických látek ve vzorku.

Hodnota celkové mineralizace získaná výpočtem tedy nemůže být shodná s experimentálně stanovenými rozpuštěnými látkami. Poměr mezi těmito hodnotami může být v rozmezí **0,56 až 1,66!** Výrobci balených vod nejsou jednotní, neboť někteří udávají celkovou mineralizaci, někteří obsah rozpuštěných látek a někteří neudávají, bohužel, ani jedno.

Podle hodnot celkové mineralizace, resp. rozpuštěných látek rozdělujeme vody: velmi slabě mineralizované, slabě mineralizované, středně mineralizované, silně mineralizované a velmi silně mineralizované.

Tabulka 1: Alekinovo rozdělení přírodních vod podle celkové mineralizace [3]

Vody	mg/l	mmol/l
velmi málo (slabě) mineralizované	< 100	< 2
málo (slabě) mineralizované	100 – 200	2 až 4
středně mineralizované	200 – 500	4 až 10
silně mineralizované (se zvýšenou mineraliz.)	500 – 1000	10 až 20
velmi silně mineralizované	>1000	>20

Tabulka 2: Hodnocení vod z hlediska rozpuštěných látek [2]

Vody	mg/l
velmi slabě mineralizované	<50
slabě mineralizované	50 – 500
středně mineralizované	500 – 1500
silně mineralizované	1500 – 5000
velmi silně mineralizované	>5000

Koncentrací rozpuštěných látek v balených vodách se zabývá vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb., která stanoví požadavky o jakosti, zdravotní nezávadnosti balených vod a o způsobu jejich úpravy, (dále jen vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb.). Balená kojenecká voda může mít podle vyhlášky MZ ČR č. 275/2004 Sb. celkový obsah minerálních látek nejvýše **500 mg/l**, balená pramenitá, stejně jako pitná voda může mít až **1000 mg/l**. Balená přírodní minerální voda nemá v současné době ze zákona stanovenou žádnou limitní hodnotu celkového obsahu

minerálních látek, ale na etiketě musí mít uvedenou hodnotu celkové mineralizace nebo množství rozpuštěných látek.

Jako optimální množství rozpuštěných látek ve vodě, z hlediska dlouhodobého příjmu, se doporučuje **150 – 400 mg/l**. [1]

2.1.1 Přehled celkových mineralizací a rozpuštěných látek balených vod.

Výrobci uvádí většinou jen jednu z těchto hodnot, někteří dokonce ani jednu! Hodnoty v závorkách pochází z materiálu SZÚ Praha z roku 2005. [29]

Tabulka 3: Celkové mineralizace a množství rozpuštěných látek balených vod Pramenité (stolní) vody

obchodní název	celková mineralizace [mg/l]	rozpuštěné látky [mg/l]
Aqua bella	neuvádí	130
Aquila aqualinea	neuvádí (422)	386 – 396 (253)
Beneta	neuvádí	neuvádí
Bohatier	142,8	neuvádí
Bonaqua	neuvádí	339
Bonny	neuvádí	140
Fromin	322	neuvádí
Rajec	neuvádí	289
Toma natura	neuvádí	118

Přírodní minerální vody

obchodní název	celková mineralizace [mg/l]	rozpuštěné látky [mg/l]
Dobrá voda	neuvádí	107,6 (124 – 167,8)
Hanácká kyselka	neuvádí (2984)	neuvádí (1920)
Korunní – přír. minerální	neuvádí	969
Korytnica	3110	neuvádí
Ľubovnianska	2220	neuvádí
Mattoni	neuvádí (767)	neuvádí
Magnesia	neuvádí (1220)	neuvádí
Poděbradka	neuvádí (2052)	neuvádí (1520)
Bílinská kyselka	7389	neuvádí
Šaratica	neuvádí (13517)	14660
Vincentka	9667	neuvádí
Zaječická hořká	33144	neuvádí

Kojenecké vody

obchodní název	celková mineralizace [mg/l]	rozpuštěné látky [mg/l]
Baby Bella	142,8	neuvádí
Fromin	322	neuvádí
Horský pramen	231	140

Pitné vody

obchodní název	celková mineralizace [mg/l]	rozpuštěné látky [mg/l]
Clever	neuvádí	460
Coop neperlivá voda	neuvádí	neuvádí
Deep voda	neuvádí	140
Euro shopper	neuvádí	130
Taqua	neuvádí	460

Vysvětlivky:

Modře zvýrazněné hodnoty odpovídají optimálním koncentracím, *světle modře* blíží se optimálním hodnotám.

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že pro každodenní pití z hlediska celkové mineralizace, resp. rozpuštěných látek jsou optimální obecně vody patřící do skupiny pramenitých vod, pokud výrobce uvádí dané koncentrace na obale.

2.2 Tvrdość vody

Definice

Přestože tvrdost vody představuje významný podíl mineralizace vody, nebyla nikdy jednotně definována. Někdy se tak označuje koncentrace dvojmocných kationtů vápníku, hořčíku, stroncia a barya, někdy koncentrace všech kationtů s nábojem větším než jedna. Obecně se tvrdostí vody rozumí koncentrace všech vícemocných kationtů kovů alkalických zemin, což je sice v podstatě suma vápníku (**Ca**) a hořčíku (**Mg**), ale mohou přispět i další prvky: hliník, mangan, zinek, baryum, stroncium či železo.

Termín „tvrdost“ vody je z chemického hlediska termín nesprávný a zastaralý, leč mezi laickou i odbornou vodárenskou společností vžitý a stále používaný. [4 – 7]

Jednotky tvrdosti vody

Stejně jako existuje několik definic tvrdosti vody, je zavedeno i několik jednotek tvrdosti vody. Nejlépe se tvrdost stanovuje jako suma $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ a výsledek se vyjadřuje v **mmol/l**. Dále je možné tvrdost vyjadřovat v německých (dGH, °dH, °N), anglických či francouzských stupních (°F) nebo v množství CaCO_3 (mg/l) či CaO (mg/l). [4 – 7]

Přepočty tvrdosti vody [4]

1 mmol/l	=	5,61 °dH (německých stupňů)
1 mmol/l	=	10 °F (francouzských stupňů)
1 °dH	=	0,18 mmol/l
1 °dH	=	1,78 °F
1 °dH	=	10 mg CaO/l nebo 7,2 mg MgO/l
1 °F	=	0,1 mmol/l
1 °F	=	0,56° dH

Stupnice tvrdosti vody [5]

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

Druhy tvrdosti

Celkovou tvrdost vody můžeme rozdělit na přechodnou a stálou.

Přechodnou (karbonátovou, uhličitánovou) tvrdost způsobují rozpustné *hydrogenuhličitany*, a to především hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ a hydrogenuhličitan hořečnatý $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Tuto tvrdost lze odstranit převařením – resp. dekarbonizací. Získáme tak uhličitán vápenatý (hořečnatý), který se vysráží ve formě tuhého vodního kamene na stěnách varných nádob, trubek, bojlerů,...

Za **stálou** (trvalou, nekarbonátovou) tvrdost jsou odpovědné především *sírany*, a to síran vápenatý CaSO_4 a síran hořečnatý MgSO_4 . Tuto tvrdost neodstraníme varem, ale srážením pomocí působení hydroxidu vápenatého $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a uhličitanu sodného Na_2CO_3 , čímž vzniknou také uhličitany vápenaté(hořečnaté). [5 – 7]

Význam tvrdosti pitné vody

Z televize často slyšíme, že až 80 % obyvatel ČR má tvrdou vodu, která způsobuje vodní kámen a „vodní kámen, to je prevít“. Kromě nepopíratelného negativního důsledku vodního kamene, má ale „tvrdá voda“ řadu pozitiv pro naše zdraví.

Již od konce 60. let minulého století byl vodohospodářům i hygienikům známý pro lidský organizmus přínosný určitý obsah vápníku a hořčíku v pitné vodě, a to především, díky, mj. tehdy populárnímu sloganu H. A. Schroedera (jednoho z průkopníků v této oblasti) „Čím tvrdší voda, tím měkčí arterie“. Skutečnost, že pitná voda může být zdrojem esenciálních prvků, zvláště vápníku a hořčíku, byla známa již před 2. světovou válkou.[6]

Za účelem zjištění významu hořčíku a vápníku v pitné vodě byla během posledních padesáti let provedena řada epidemiologických studií s více či méně překvapivými závěry.

Řada studií zjistila, že v oblastech s tvrdší vodou, je nižší incidence náhlých úmrtí na kardiovaskulární onemocnění (KVO), což vysvětlují tím, že deficit hořčíku vede ke spazmům koronárních cév a k arytmiím. Dále se zjistilo, že vyšší obsah Ca^{2+} a Mg^{2+} iontů ve vodě může protektivně působit proti vzniku zubního kazu a onemocnění parodontu a to i tam, kde je obsah fluoridů nízký.

Neexistuje žádný určitý důkaz, že by zvýšená tvrdost pitné vody byla příčinou nepříznivých zdravotních účinků na člověka, snad jen vysoký obsah hořčíku (stovky mg/l) při současném vysokém obsahu síranů může být příčinou průjmových onemocnění, což se týká spíše minerálních, resp. léčivých minerálních vod. Konzumace vody tvrdší než 5 mmol/l (= velmi tvrdá voda, nad doporučeným limitem) už ale může být určitým rizikem pro vznik žlučových či močových kamenů nebo artrózy.

Naopak v oblastech s měkkou vodou (tvrdost méně než 1,5 mmol/l) byl statisticky vyšší výskyt hypertenze, ICHS, funkčních poruch systému sympatikus – adrenalin, vředové choroby žaludku a duodena a dalších chorob. Navíc vařením v měkké vodě dochází ke značným ztrátám prvků (včetně Ca a Mg) z potravin – především ze zeleniny, masa a obilovin. U hořčíku i vápníku dosahují ztráty až 60 %. Naopak vařením potravin ve tvrdé vodě se ztráty minimalizují. [6]

Někteří autoři již od 60. let považují stejně důležitý jak absolutní obsah obou prvků (Ca a Mg) ve vodě/potravě, tak jejich vzájemný poměr. Bývalá státní norma platná do roku 2000 udávala jako žádoucí poměr mezi Mg a Ca v pitné vodě 1:2, tento údaj vycházel ze znalosti, že se vzrůstajícím podílem vápníku

klesá vstřebávání hořčíku. V současné legislativě žádná takováto norma ale není. [6]

Více o významu vápníku a hořčíku ve vodě v kapitolách 2.3.4 Vápník a 2.3.3 Hořčík

Normy a doporučené hodnoty tvrdosti vody ze zdravotního hlediska

Z výše uvedených zdravotních hledisek vyplývá, že bychom měli dávat přednost spíše vodě tvrdší, ale s vědomím, že růst tvrdosti je prospěšný jen do určité míry.

Doporučené hodnoty udává platná vyhláška MZ ČR č. 252/2004 Sb., která stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu, rozsah a četnost kontrol pitné vody, (dále jen vyhláška MZ ČR o pitné vodě č. 252/2004 Sb). Pro Ca^{2+} stanoví doporučenou hodnotu 40 – 80 mg/l, pro Mg^{2+} 20 – 30 mg/l a pro sumu $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ **2 – 3,5 mmol/l**.

Ve skutečnosti je vodou s touto optimální hodnotou tvrdosti vody (2 – 3,5 mmol/l) zásobováno ale jen 27 % obyvatel, měkčí voda je distribuována 62 % obyvatel, tvrdší 11 % obyvatel. [18]

2.3 Kationty

2.3.1 Sodík (Natrium)

Výskyt

Sodík (Na) je nejčastěji se vyskytující alkalický kov. Je velice reaktivní, proto se v přírodě vyskytuje výhradně ve sloučeninách – nejčastěji jako NaCl = sůl kamenná neboli halit, popř. chilský ledek NaHCO_3 .

Sodík je přítomen ve všech přírodních vodách. Mořská voda obsahuje Na^+ jako hlavní kation v koncentraci přibližně **10,5 g/l**. V povrchových a podzemních vodách kolísá jeho obsah v závislosti na geochemických podmínkách, typu vod (podzemní vody mají obvykle vyšší obsah) i na vzdálenosti od pramene (řeky na dolním toku mívají vyšší obsah). V podzemních vodách jeho obsah běžně kolísá od jednotek do stovek mg/l, i když některé typy minerálních vod obsahují Na^+ v gramových množstvích (př. Bílinská kyselka 1,792 g/l, Vincentka 2,44 g/l). Průměrná koncentrace Na^+ v povrchových a podzemních vodách je necelých 10 mg/l.

Vlivem antropogenního znečištění stoupá obsah sodíku ve vodách. Příčinou jsou jak komunální, tak především průmyslové odpadní vody a protinámrazové ošetření silnic. Odhaduje se, že 25 – 50 % soli použité na silnicích se infiltruje do podzemních vod. [8 – 10]

Charakteristika a význam sodíku

Sodík je esenciálním prvkem (nezbytným pro život). Je hlavním kationtem plazmy a extracelulární tekutiny. Hlavní funkcí sodíkového iontu je udržování osmolality tělních tekutin, krevní izohydrie a retence vody. K dalším důležitým funkcím patří účast v udržování acidobazické rovnováhy a membránového potenciálu.

Vzhledem k výborné rozpustnosti solí sodíku se rychle vstřebává prakticky všechen sodík z pitné vody a přes 90 % z potravy. Vstřebávání není nijak regulováno, příjem je tedy závislý na obsahu soli ve stravě a vodě. Sodík je z 95 % vylučován ledvinami.

Hladina sodíku v mimobuněčných tekutinách je pečlivě udržována pomocí funkce ledvin. Homeostáza je kontrolována skrze složitý, vzájemně propojený mechanismus zahrnující jak nervový, tak hormonální systém (renin – angiotensin – aldosteron, antidiuretický hormon, systém sympatiku, atriální natriuretický faktor, natriuretický hormon). Množství sodíku určuje přímou úměrou objem mimobuněčných tekutin a tím krevní tlak. Normální plazmatická hladina sodíku je 128 – 142 mmol/l. [8 – 10]

Potřebný a skutečný denní příjem sodíku

Ačkoli sodík patří mezi esenciální prvky, není jasné, jaký je jeho minimální potřebný denní příjem. Odhaduje se, že celkový příjem 120 – 400 mg postačuje potřebám dětí v období růstu, pro dospělého je to **asi 500 mg**. Sodík je přirozeně přítomen ve všech potravinách, a tak i příjem výhradně neslané (uměle nepřisolované) stravy je schopen dostatečně pokrýt tyto potřeby. Při normálním příjmu potravy není známá sodíková karence.

Přirozený obsah sodíku v potravinách představuje asi 25 – 40 % z celkového denního příjmu sodíku. Jeho obsah je pak několikanásobně zvyšován průmyslovým zpracováním potravy (až na 80 % celkového denního příjmu) a

individuálním ochucováním během vaření či přímo na talíři – toto množství může tvořit 25 – 40 % denního příjmu sodíku.

Příjem v populaci je tedy velmi kolísavý, odhaduje se na 5 – 20 g NaCl (= 2 – 10 g Na)/den, průměrně asi **9 – 10 g NaCl** (asi **4 g Na⁺**)/den. Tento příjem je naprostou většinou odborníků považován za nadbytečný, nefyziologický a zdraví ohrožující. [8]

Riziko nedostatečného příjmu sodíku

Karence sodíku z běžné potravy, jak jsem již uvedla, není známa. Akutní porucha zdraví z nedostatku sodíku v plazmě vzniká při nadměrném požití vody – otrava vodou, která se může vyskytnout u kojenců, kterým je na místo mléka podána voda, u sportovců při těžkých vytrvalostních výkonech, jestliže hradí ztráty tekutin čistou vodou (bez přídatku iontů), nebo u psychicky narušených lidí. [8, 11]

Riziko nadbytečného příjmu sodíku

Nadbytečný příjem sodíku je mnohem častější a představuje riziko poškození zdraví jak při krátkodobém nadměrném příjmu soli, tak hlavně při dlouhodobém přijímání vyšších dávek sodíku.

Akutní nadměrný příjem sodíku může způsobit závažné zhoršení zdravotního stavu člověka s chronickým srdečním selháním. Rovněž je nebezpečná situace u velmi malých dětí, které ještě nemají dostatečně vyvrálé funkce ledvin – př. když matka opakovaně předávákuje (nebo nedostatečně naředí) umělou kojeneckou výživu nebo k ředění používá vodu s vysokým obsahem sodíku.

Chronický (minimálně měsíce trvající) příjem vyššího množství sodíku vede ke zvýšenému krevnímu tlaku, který je rizikovým faktorem predisponujícím k řadě onemocnění – cévní mozkové příhodě, koronární ateroskleróze, infarktu myokardu a selhání ledvin v raném věku. Vztah mezi dávkou soli a účinkem na krevní tlak není lineární, ale existuje určitý práh a genetická predispozice. Odhaduje se, že práh hypertenzního účinku by se mohl pohybovat v rozmezí 1150 – 2300 mg Na/den. Vedle hypertenze jsou popisovány i další nepříznivé účinky vysokého příjmu soli: zvýšení objemu extracelulární tekutiny, které může vést k přetěžování a následnému selhání levé komory a jiným srdečním komplikacím

(zhoršení otoků). Zvýšený příjem soli také zvyšuje vylučování vápníku z organismu a snižuje jeho vstřebávání ze zažívacího traktu, což sebou nese další rizika způsobená nedostatkem vápníku .

Pitná voda jako zdroj sodíku **není** obvykle považována za **rizikový faktor**, protože je její obsah Na v jednotkách až desítkách mg/l (viz tabulka 4). Tím přispívá k celkovému dennímu příjmu sodíku necelými 10 %, což se při nadužívání soli zdá vcelku zanedbatelné. To se ovšem nedá tvrdit o přírodních minerálních vodách nebo o léčivých minerálních vodách, u kterých se množství sodíku pohybuje až v gramových hodnotách na litr. To je také jeden z důvodů, proč se tyto vody nedoporučují ke každodenní konzumaci. [8]

Pozitivní účinek sodíku v minerálních vodách

Minerální vody s vyšším obsahem sodíku (Bílinská kyselka, Zaječická hořká, Šaratica,...) užívané formou pitných kúr (= krátkodobě) slouží jako podpůrný či doplňkový prostředek při léčbě některých chorob, např.: [8]

- trávicího traktu (funkční poruchy žaludku a horní části tenkého střeva, recidivující vředová choroba)
- metabolických onemocnění (diabetes mellitus, dna)
- onemocnění vylučovací soustavy (prevence kamenů, chronické záněty močových cest)
- ke zvýšení chuti k jídlu

Normy a doporučené hodnoty Na⁺ v pitné vodě

Vyhláška MZ ČR č. 252/2004 Sb. stanoví mezní hodnotu sodíku v pitné vodě **200 mg/l**. Vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb. o balených vodách udává mezní hodnotu sodíku **100 mg/l** a pro kojenecké vody jen do 20 mg/l.

Doporučená koncentrace sodíku v pitné vodě z hlediska dlouhodobého příjmu pro celou populaci je dle Národního referenčního centra pro pitnou vodu (při SZÚ) **do 20 mg/l**, respektive **5 – 25 mg/l**. [8, 20]

2.3.2 Draslík (Kalium)

Výskyt

Draslík (K) je měkký lehký stříbrolesklý alkalický kov v přírodě se hojně vyskytující – nejčastěji ve sloučeninách jako sylvin – KCl nebo jako ledek

draselný – KNO_3 . Kromě významného podílu draslíku v mořské soli (380 mg/l) jej nalézáme také téměř ve všech podzemních minerálních vodách. Koncentrace draslíku v podzemních vodách je nízká – od několika mg/l po několik desítek mg/l. Množství draslíku v jednotlivých balených vodách uvádí tabulka 4.

Draslík je obsažen ve většině potravin, a to zejména v ovoci (např.1 střední banán obsahuje cca 450 mg draslíku), zelenině, ořechách, cereáliích a v mase (např.100 g lososa obsahuje 520 mg draslíku). [14]

Charakteristika a význam draslíku

Draslík stejně jako sodík patří mezi biogenní prvky a poměr jejich koncentrací v buněčných tekutinách je významným faktorem pro zdravý vývoj organismu. Draslík je hlavním kationtem **intracelulární** tekutiny. Je nutný pro svalovou činnost (kaliová pumpa), zejména myokardu, ovlivňuje acidobazickou rovnováhu buněk a osmotický tlak. Je aktivátor fosforylačních enzymů.

Hladina draslíku v krvi (3,8 – 5,4 mmol/l) je přísně regulována ledvinami. Její výkyvy, a to oběma směry, mají pro organismus vážné důsledky (srdeční arytmie až zástavy).

Potřebný a skutečný denní příjem draslíku

Denní potřeba draslíku se odhaduje na **2,5 – 4 g**. [24]

Doporučený denní příjem/dávka draslíku je 2000 – 3500 mg/den pro obě pohlaví. [14] Ráda bych zde podotkla, že doporučené denní dávky nejsou dávky optimální, ale jsou to hodnoty dostatečné na to, aby běžný zdravý jedinec (= 97 – 98 % populace, bez rozdílu pohlaví v každém věku) s vysokou pravděpodobností netrpěl nedostatkem dané látky. Doporučení se více či méně liší místně (stát od státu) i časově.

Příjem draslíku v běžné stravě je dostačující. V ideálním případě by měl být větší než příjem sodíku, ale to bývá zřídka.

Zdrojem draslíku jsou prakticky všechny rostliny, zejména ořechy, celozrnné cereálie a ovoce. Z potravin živočišného původu pak maso.

Riziko nedostatku draslíku [12]

Deficience draslíku může nastat při:

- nedostatečném příjmu tekutin, při poruchách příjmu potravy (anorexie, bulimie)
- průjmech, silném zvracení
- nadměrném pocení, u některých onemocnění ledvin (např. hyperaldosteronismus)
- užívání některých léků – diuretika, projímadla
- přesunu kalia z extracelulárního prostoru do buněk (při podávání inzulínu diabetikům)
- u srdečního selhání, při cystické fibróze

Deficience se projevuje:

- zrychlením činnosti srdce až vznikem tachyarytmií
- svalovou slabostí až paralýzou se zástavou dechu, paralytickým ileem, hypotenzí
- polyurií s následnou polydipsií
- celkovou apatií

Riziko nadbytku draslíku [12]

Nadbytek draslíku v plazmě (= hyperkalémie = nad 5,5 mmol/l) může nastat při:

- akutních oligurických stavech – akutní selhání ledvin, u těžkých popálenin, krvácení do měkkých tkání nebo do gastrointestinálního traktu, dehydrataci
- chronickém selhání ledvin – pokud klesne glomerulární filtrace pod 10 – 15 ml/min.
- přesunem kalia z buněk do extracelulárního prostoru – při acidóze, hyperglykémii (pokud je nedostatek inzulínu), intoxikace digitalisem, při hemolýze,...
- podávání kalium šetřících diuretik, zvláště pak v kombinaci s ACEI
- perorální nebo parenterální terapii draslíkem, při užívání nad 18 g/den

Příznaky hyperkalémie bývají, dokud se neprojeví kardiotoxicita, skromné.

Projevují se pocitem štípání, mravenčení v končetinách, svalovou slabostí až poruchami srdečního rytmu.

Význam draslíku v pitné vodě

Řada studií v posledních letech prokázala, že nízké hladiny draslíku v krvi mají negativní vliv na krevní tlak a mají vliv na častější výskyt mozkových příhod. Draslík podporuje exkreci sodíku, rozšiřuje krevní kapiláry a tím snižuje krevní tlak. Hypertonicci mají většinou nedostatek draslíku.

Draslíku v přírodních vodách ale mnoho nenajdeme. Navíc mnoho výrobců hodnoty draslíku na etiketách ani neuvádí (viz tabulka 4). Nejvíce draslíku z léčivých minerálních vod má léčivá minerální voda Zaječická hořká – 696,2 mg/l, s velkým odstupem pak Vincentka 133,5 mg/l, pak Bílinská kyselka 89,33; z minerálních vod je to Poděbradka s 61,4 mg/l, Hanácká kyselka s 17 mg/l a Mattoni se 14,4 mg/l; z pramenitých vod Beneta 4,1 mg/l a Aquila 3,6 mg/l. Kojenecké vody mají draslíku velmi málo – Baby Bella 0,38 mg/l, Horský pramen 0,5 mg/l a Fromin 1,1 mg/l. Více viz tabulka kationtů na konci kapitoly.

Normy a doporučená množství draslíku v pitné vodě

Vyhláška MZ ČR č. 252/2004 Sb. o pitné vodě ani vyhláška č. 275/2004 o balených vodách se o limitních koncentracích draslíku vůbec nezmiňují. Podle doporučení Národního referenčního centra pro pitnou vodu při SZÚ by z hlediska dlouhodobého příjmu měl být obsah draselných iontů v pitné vodě optimálně **1 – 5 mg/l**. [2]

2.3.3 Hořčík (Magnesium)

Výskyt

Hořčík (Mg) patří mezi všeobecně rozšířené prvky na Zemi. Díky své poměrně velké reaktivitě se vyskytuje pouze ve sloučeninách – z minerálů nejčastěji jako dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) nebo magnezit (MgCO_3), v mořské vodě jako chlorid, bromid nebo síran hořečnatý. Je silně zastoupen jak v zemské kůře (2%), tak ve vesmíru. V mořské vodě je hořčík rovněž ve značném množství – 1,35 g/l, což ho po sodíku činí **druhým nejčastějším kationtem v mořské vodě**. V malých koncentracích je hořčík přítomen skoro ve všech pramenitých vodách. Do minerálních vod se hořčík dostává vyluhováním dolomitu, magnezitu, kieseritu, zvětralých křemičitanů a dalších nerostů působením volného oxidu uhličitého, resp. kyseliny uhličité, za vzniku hydrogenuhličitanu hořčíku. Ve

vodách užitkových patří spolu s vápníkem k nežádoucím součástem těchto vod a způsobuje jejich „**tvrdost**“.

Charakteristika a význam hořčíku

Hořčík patří mezi biogenní prvky a je zastoupen jak v rostlinné, tak v živočišné říši. U člověka je z hlediska kvantity po draslíku nejrozšířenějším intracelulárním kationtem. Největší množství hořčíku (asi 60 %) je obsaženo v **kostech**, 35 % je intracelulárně (zejména **ve svalech**), jen 1 – 5 % je extracelulárně. Normální sérová hodnota hořčíku se pohybuje mezi 0,8 – 1,05 mmol/l.

Hlavní úlohou magnesia je tedy stavba kostí, ve svalech snižování nervosvalové dráždivosti, je to kofaktor a aktivátor řady enzymů (alkalické fosfatázy a enzymů katalyzujících glykolýzu a oxidaci cukrů). Působí jako přirozený antagonist a vápníku.

Hořčík je z největší části vylučován ledvinami (2 – 8 mmol/den) a střevem (asi 2 mmol/den). Vylučování ledvinami se do značné míry přizpůsobuje změnám v přívodu: při zvýšeném stoupá, při sníženém klesá. Ke zvýšení výdeje dochází při zvýšeném příjmu sodíku, hyperglykémii, po požití alkoholu a po užití některých léků (diuretika, srdeční glykosidy, kortikosteroidy, antibiotika).

Potřebný a skutečný denní příjem hořčíku

Denní potřeba hořčíku se odhaduje na 300 – 400 mg/den (pro dospělého 70 kg vážícího člověka). Doporučuje se ovšem přihlížet k věku, pohlaví, těhotenství, růstovému období, profesní činnosti, sportovním výkonům a zvýšit tak denní dávku až na 700 mg.

Zdrojem hořčíku jsou zejména zelené části rostlin (hořčík je součástí chlorofylu), mléko a mléčné výrobky, obilniny a luštěniny. Příspěvek pitné vody na celkovém příjmu hořčíku tvoří asi 5 – 20 %.

Nejen v ČR, ale i v jiných zemích ukazují výsledky sledování příjmu Mg na **deficit ve všech skupinách obyvatel**. V ČR byla doporučená potřeba Mg v průměru kryta jen u 83 % obyvatel. [26]

Riziko nedostatku hořčíku [12]

Deplece magnézia vzniká jako následek nedostatečného přívodu potravou (= i pitnou vodou) plus narušené absorpce ve střevech nebo v ledvinách. Hypomagneziémie (snížená koncentrace Mg v plazmě) je přítomna často až při těžké depleci Mg.

Situace, při nichž se nejčastěji vyskytuje hypomagneziémie:

- malabsorpční syndrom, proteinově – energetická malnutrice, chronický průjem
- gravidita, laktace (výjimka – příčinou je zvýšený výdej Mg)
- dlouhodobá parenterální výživa, často v kombinaci se ztrátou tělních tekutin
- chronický alkoholismus – nedostatečný příjem i nadměrná exkrece
- hypoparathyroidismus

Klinické příznaky spojené s akutním nedostatkem Mg jsou komplexní a projevují se až při významnějším nebo déletrvajícím deficitu. Od letargie, slabosti, anorexie, nauzey, zvracení, změny osobnosti, přes tetanie (spontánní karpopedální spazmy, pozit. Chvostkův příznak), třesy a svalové záškuby.

Nedostatek hořčíku zvyšuje u člověka riziko různých patologických stavů jako jsou cévní spazmy, hypertenze, arytmie, arterioskleróza, akutní infarkt myokardu, pravděpodobně též DM 2. typu a osteoporóza.

Nedostatek hořčíku zvyšuje riziko srdečních a kardiovaskulárních onemocnění několika způsoby: nepříznivě působí na přívod kyslíku do srdečního svalu, jeho dlouhodobý nedostatek ovlivňuje pružnost arterií a urychluje vývoj aterosklerózy (prokázáno u laboratorních zvířat). Nedostatek hořčíku vede také k buněčné degeneraci, fibróze, nekróze a kalcifikaci srdeční svaloviny. Nízké hodnoty hořčíku nepříznivě ovlivňují srdeční arytmie, protože hořčík udržuje draslík v optimálních koncentracích ve svalových buňkách.

Riziko nadbytku hořčíku [12]

Příznaky hypermagneziémie jsou časté u pacientů se selháním ledvin, kteří dostávají léky obsahující Mg (např. antacida nebo projímadla), také u těžkých diabetických acidóz a u Addisonovy choroby.

Klinická symptomatologie při hodnotách hořčíku $> 2,5$ mmol/l v krevním séru: zvracení, letargie, retence moči, obstipace; na EKG prodloužení intervalů PQ, rozšíření komplexu QRS a zvýšená amplituda vlny T.

Při hodnotách v séru cca 5 mmol/l: mizí hluboké šlachové reflexy, vyvíjí se hypotenze, dechová deprese a narkóza.

Zástava srdce může nastat, jestliže koncentrace v krvi přesáhne 6 – 7,5 mmol/l.

Význam hořčíku ve vodě

I když v normální smíšené stravě je dostatek hořčíku, vyskytuje se však v různě vstřebatelné formě. Vstřebání hořčíku z potravy ve střevě je okolo 30 %. Hořčík z minerálních vod může proto vhodně posloužit jako vhodný doplněk, jelikož se zde hořčík nalézá v dobře vstřebatelné formě (v podobě dobře disociovaných solí), jejíž využitelnost je 40 – 60 %. [18]

Pozitivní účinek hořčíku ve vodě

Hlavním faktorem tvrdé vody odpovědným za snížené riziko incidence i úmrtnosti na kardiovaskulární choroby je hořčík v koncentraci nad 20 mg/l, zatímco vápník v koncentraci 40 – 80 mg/l poskytuje přídatný protektivní účinek. Hořčík zabraňuje spíše náhlým úmrtím na akutní infarkt myokardu než úmrtím na veškeré ischemické nemoci srdce.

Hořčík má podle některých studií pozitivní vliv i v době těhotenství, jako určitá prevence předčasných stahů dělohy a preeklampsie. Diskutuje se o významu hořčíku u diabetiků. Podle některých studií zvýšený přísun hořčíku vede ke zvýšení účinku inzulínu.[17,18]

Hořčík je obsažen prakticky ve všech balených vodách vyráběných v ČR. Různé typy minerálních vod obsahují různé množství hořečnatých iontů, od relativně značně nízkých až po velmi vysoké. Viz tabulka 4.

Jedinou kyselkou na našem trhu, která obsahuje jako hlavní kation magnesium, je **Magnesia** z Louky nebo Mnichova u Mariánských lázní, která obsahuje 336,8 mg Mg^{2+} /l, respektive 179 mg Mg^{2+} /l (podle zdroje) a je vhodná k prevenci magnéziové deplece i k léčbě jejích lehčích forem.

Největší množství hořečnatých iontů na jeden litr ale obsahuje **Zaječická hořká** 5033 mg/l. Tato silně mineralizovaná síranohořečnatá hypertonická

minerální voda ovšem obsahuje ve vysoké míře i jiné ionty a není vhodná ke každodennímu pití. Používá se nejčastěji jako intermitentní přírodní projímadlo.

Další silně mineralizovanou minerální vodou sírano – sodno – hořečnatého typu, hypotonickou, je *Šaratica* se svými 1307 mg/l Mg^{2+} .

Hořčík se vyskytuje v minerálních vodách většinou spolu s vápníkem. Vzájemný poměr těchto minerálů je při využití minerálních vod k léčebným účelům také důležitý (o čemž jsem se zmínila již v kapitole 2.2 Tvrdost vody).

Normy a doporučená množství hořčíku v pitné vodě

Vyhláška o pitné vodě č. 252/2004 Sb. stanoví doporučenou hodnotu Mg^{2+} **20 – 30 mg/l, minimální 10 mg/l**. Podle doporučení Národního referenčního centra pro pitnou vodu při SZÚ by z hlediska dlouhodobého příjmu měl být obsah hořečnatých iontů v pitné vodě optimálně rovněž 20 – 30 mg/l, minimálně 10 mg/l. [13]

2.3.4 Vápník (Calcium)

Výskyt

Vápník je poměrně měkký lehký reaktivní kov z řady kovů alkalických zemin. V přírodě se vyskytuje pouze ve vápenatých sloučeninách (vápenec, pálené vápno, hašené vápno, mramor, dolomit...). Zemská kůra je z velké části tvořena horninami, ve kterých vápník tvoří velmi podstatnou složku. Vápník tvoří 3,4 – 4,2 % zemské kůry a je tedy pátým nejzastoupenějším prvkem a třetím nejzastoupenějším kovem; řadí se za železo a před hořčík. V mořské vodě je jeho koncentrace pouze 0,4 g/l.

Charakteristika a význam vápníku

Vápník je biogenním prvkem u člověka a nejen u něj hojně se vyskytující. Celkový obsah vápníku u dospělého 70 kg vážícího člověka je 1200 g.

Většina vápníku (asi 99 %) je uložena v kostech (ve formě hydroxyapatitu) a v zubech. Zbylé 1 % je uloženo extra- a intracelulárně. Celkové množství plazmatického vápníku je 2,25 – 2,9 mmol/l, přičemž 50 % je ve formě ionizované a 50 % ve formě vázané (především na albumin). [22]

Vápník má v lidském těle několik funkcí. Je nutný pro nervosvalovou dráždivost (snižuje ji), správnou funkci převodního systému myokardu, srdeční a

svalovou kontraktilitu, přenos nitrobuňčné informace a pro srážení krve (převádí protrombin na trombin).

Vápník se vstřebává v duodenu, ale kolik se ho vstřebá a kolik se ho nakonec využije je závislé na mnoha okolnostech, které alespoň stručně uvedu: [26]

- množství vitamínu D – ovlivňuje přechod Ca přes střevní buňku
- věk – s věkem klesá schopnost vstřebávat vápník
- těhotenství a laktace – zvýšené vstřebávání
- složky potravy – tuky např. snižují vstřebávání, bílkoviny zvyšují absorpci, ale i sekreci vápníku močí, kyselina šťavelová také snižuje vstřebávání,...

Kalcium je z těla vylučováno především močí a stolicí, malé množství potem.

Potřebný a skutečný denní příjem vápníku

Doporučená denní dávka vápníku závisí na věku a stavu organismu. Pro 70 kg vážícího dospělého člověka je to **800 mg/den**, pro děti a mládež 700 – 1400 mg/den, pro těhotné 1200 mg/den a pro kojící ženy 1500 mg/den. [21]

Zdrojem vápníku v lidské stravě je především mléko, mléčné výrobky a pitná voda. Ze zeleniny je významnějším zdrojem pouze brokolice a nachází se také v ořechách.

Přívod vápníku dietou je v ČR na dolní hranici doporučení nebo pod touto hranicí. [24]

Riziko nedostatku vápníku

V průběhu života dochází k přirozenému úbytku množství vápníku navázaného v kostech. Tomuto úbytku nelze předejít, nedá se zastavit, ale je možné ho zpomalit.

Důsledkem úbytku vápníku je **osteomalácie** projevující se i v nižším věku, např. po těhotenství, zejména ale je to **osteoporóza** ve vyšším věku a vyšší krevní tlak.

Při velkém nedostatku vápníku může docházet až ke zvýšení nervosvalové dráždivosti a výjimečně až k tetanii.

Riziko nadbytku vápníku

Nadbytek vápníku z výživy nehrozí, může nastat jako důsledek nadprodukce parathormonu, případně intoxikací vit. D. Dochází pak k ukládání vápníku do sliznice žaludku, plic, ledvin,... [23]

Význam vápníku ve vodě

Vápník z pitné či minerální vody je stejně dobře nebo i lépe vstřebáván v zažívacím traktu než vápník z mléčných produktů. Tento fakt se stal podkladem pro doporučení používat vody s vyšším obsahem vápníku jako důležitý doplňkový zdroj vápníku žen po menopauze, u lidí nesnášenlivých laktózu nebo u lidí odmítajících mléčné výrobky.

Nejde však jen o vstřebatelnost, řada studií dokazuje, že vápník z vody je organizmem i stejně dobře využitelný.[26]

Normy a doporučená množství vápníku ve vodě

Platná vyhláška č. 252/2004 Sb. udává minimální koncentraci Ca^{2+} v pitné vodě 30 mg/l a doporučenou koncentraci 40 – 80 mg/l.

2.3.5 Železo (Ferrum)

Výskyt

Železo (Fe) je druhý nejrozšířenější kov na Zemi a je lidstvu znám již od pravěku. Železo je poměrně měkký, světle šedý až bílý, ferromagnetický kov s malou odolností proti korozi. Chemicky je elementární železo značně nestálé a reaktivní. V přírodě se železo vyskytuje ve formě sloučenin v mnoha rudách, které mohou být průmyslově využity k jeho výrobě. Z neznámějších lze jmenovat např. hematit (krevel) Fe_2O_3 , limonit (hnědel) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, ilmenit FeTiO_3 , magnetit (magnetovec) Fe_3O_4 , siderit (ocelek) FeCO_3 nebo pyrit FeS_2 . Co do obsahu železa, je z těchto rud nejhodnotnější magnetovec, který obsahuje téměř tři čtvrtiny hmotnosti železa, ale nejhojněji se vyskytující rudou je hematit. [27,28]

V mořské vodě se jeho koncentrace pohybuje pouze na úrovni 0,01 mg/l.

Charakteristika a význam železa

Železo je také velmi významným biogenním prvkem, je to nejhojnější stopový prvek v lidském těle. Máme v sobě až 4 g železa v různé formě.

Jeho hlavní úlohou je účast na transportu kyslíku. Je součástí hemoglobinu v erythrocytech a myoglobinu ve svalech a hraje rozhodující roli při transportu elektronů v dýchacím řetězci, kde je součástí enzymatických systémů.

Zdrojem železa pro lidský organismus je zejména **maso** a **játra**, méně pak žloutky, ovoce a zelenina. Často doporučovaný špenát obsahuje sice hodně železa, ale také hodně oxalátu, který využití železa významně snižuje. Pro vstřebávání železa je lépe využitelnější železo dvojmocné než trojmocné. Využitelnost železa také zvyšuje vitamín C.

Potřebný a skutečný denní příjem železa

Doporučená denní dávka železa je 10 – 20 mg/den v závislosti na stavu organismu. Zvýšenou potřebu železa mají těhotné a kojící ženy a děti.

Ztráty železa činí asi 1 mg denně, ale zvyšují se při ztrátě krve, např. během menstruace.

Z 10 mg Fe obsažených v denní stravě se absorbuje asi jen 1 mg. Při nedostatku železa se absorpce zvýší, ale zřídka na více než 5 – 6 mg Fe, pokud se nepodává železo v doplňcích.[5]

Riziko nedostatku železa

Nedostatek železa v organismu je nejčastěji způsoben ztrátou železa = nejčastěji krvácením a to jak akutním, tak především chronickým, méně či více zjevným; těhotenstvím, sníženou absorpcí železa, zvýšením požadavků na železo a nebo nedostatkem Fe v potravě.

Nedostatek železa se projevuje jako hypochromní mikrocytární anémie, což je nejčastější anémie.

Riziko nadbytku železa

Nadbytek železa z potravy přichází do úvahy spíše jen teoreticky.

Typický je zvýšený obsah ferritinu, gastroenteritida, někdy až nekrotizující, případně poškození jater. Podobný obraz byl pozorován u dětí, které byly suplementovány dospělými dávkami železa.

Význam železa ve vodě

Ačkoli je železo biogenní prvek a zvýšení jeho příjmu by bylo žádoucí, je železo z pitné vody, a to včetně balené, záměrně odstraňováno z důvodů technických a senzorických.

Normy a doporučená množství železa ve vodě

Mezní povolená hodnota železa v pitné vodě je podle Vyhlášky o pitné vodě č. 252/2004 Sb. 0,2 mg/l s výjimkou v případech, kdy vyšší hodnoty železa ve zdroji jsou způsobeny geologickým prostředím, jsou povoleny hodnoty železa až do 0,50 mg/l, pokud nedochází k ovlivnění organoleptických vlastností vody (= zjištělých smysly člověka = barva, zákal, pach, chuť,...).

V balených vodách připouští Vyhláška č. 275/2004 Sb. mezní hodnotu železa 0,3 mg/l. Většina výrobců balených vod množství železa neudává, někteří výrobci na etiketě uvádějí „odželezněno“.

2.3.6 Přehled kationtů v balených vodách

Uvedené hodnoty jsou z etiket příslušných vod, popřípadě z infolinek výrobce, z jeho webových stránek nebo z dat SZÚ. Některé hodnoty se mi přesto nepodařilo zjistit a proto místo nich uvádím „?“.

Tabulka 4: Obsah kationtů v balených vodách

Pramenité (stolní) vody

obchodní název	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	jiné
Aqua bella	8	?	5	20	
Aquila aqualinea	18	3,6	14,3	45,9	
Beneta	10	4,1	11,2	180	
Bohatier	0,39	0,38	32	92,6	
Bonaqua	2	0,7	44,3	58,9	
Bonny	4,3	?	3,1	41	Fe <0,005
Fromin	1	1,1	3,58	75,8	
Rajec	1,5	0,4	24,2	60,1	
Toma natura	1,04	?	6,26	36,6	

Přírodní minerální vody

obchodní název	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	jiné
Dobrá voda	13,3	10,4	7,65	5,31	
Hanácká kyselka	253	17	67,2	272	
Korunní – přír. minerální	110,3	12,99	30,67	84,04	
Korytnica	11,3	6,2	159,5	598	
Lubovnianka	136,7	?	164,6	169,4	
Mattoni	60,8	14,4	20,4	69,7	
Magnesia	4,1	1,4	144	34,6	
Poděbradka	500,2	61,4	67,2	169,2	
Bílinská kyselka	1792	89,33	41,9	133,7	Li ⁺ 3,72
Šaratica	2292	45,6	1307	262	
Vincentka	2440	133,5	15,28	239,2	Li ⁺ 9,81, Ba ²⁺ 8,68
Zaječická hořká	1755	696,2	5033	301	Zn ²⁺ 0,2326

Kojenecké vody

obchodní název	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	jiné
Baby bella	0,39	0,38	32	92,6	
Fromin	1	1,1	3,58	75,8	
Horský pramen	5,9	0,5	3,9	31,9	

Pitné vody

obchodní název	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	jiné
Clever	9,8	?	13,3	114,6	
Coop neperlivá voda	neuvádí	neuvádí	5	20	
Deep voda	4,3	?	3,1	41	Mn <0,5
Euro shopper	8	?	5	20	
Taqua	9,8	?	13,3	114,6	

Vysvětlivky:

Modře zvýrazněné hodnoty odpovídají optimálním koncentracím, *světle modře* blíží se optimálním hodnotám.

2.4 Anionty

Mezi nejčastější anionty ve vodě patří anionty: hydrogenuhličitanové, síranové, chloridové a fluoridové. Důležitými ukazateli kvality vody je také obsah dusičnanů a dusitanů.

2.4.1 Hydrogenuhličitanové (Bikarbonátové) anionty

Hydrogenuhličitaný (HCO₃⁻) jsou nejčastějšími anionty v přírodních vodách. Do přírodních vod se dostávají působením volného oxidu uhličitého na normální uhličitaný vápníku, hořčíku, sodíku a draslíku, které jsou součástí hornin

a půd. Dešťová voda, která obsahuje volný CO_2 , respektive kyselinu uhličitou, prochází půdou, zde se obohacuje o další CO_2 z produkce kořenů a rozkladu organických látek a při styku s uhličitany vznikají roztoky hydrogenuhličitanů výše uvedených prvků, přičemž hydrogenuhličitany vápníku a hořčíku převládají nad ostatními. Největší množství hydrogenuhličitanů obsahují podzemní zdroje vody. Hydrogenuhličitany jsou nestálé sloučeniny, které existují v roztoku jen za přítomnosti rovnovážného oxidu uhličitého nebo v jeho nadbytku. Při nedostatku oxidu uhličitého se hydrogenuhličitany rozkládají na nerozpustné uhličitany. [30]

Bikarbonáty fungují v lidském organismu jako nejdůležitější pufrovací systém pomáhající udržovat optimální pH extracelulární tekutiny. Jejich koncentrace v plazmě se pohybuje mezi 22 až 26 mmol/l.

Naše současná legislativa neudává žádnou optimální, minimální ani mezní hodnotu, co se týče obsahu hydrogenuhličitanů ve vodě, pouze Vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb. uvádí, že má-li balená voda obsah $\text{HCO}_3^- > 600$ mg/l, musí být na obale poznámka obsahuje hydrogenuhličitan. Tento limit splňují všechny balené pramenité, kojenecké i vody. Balené pitné vody obsah HCO_3^- vůbec neuvádí. Minerální vody viz tabulka 5.

Vody s vyšším obsahem bikarbonátů mají při dlouhodobé konzumaci nepříznivý vliv na žaludeční sekreci (tlumí ji) a na sliznici žaludku a střeva – chronická gastritis, duodenitis a colitis s atrofií sekrečních buněk, dále na spermatogenezi a na některé metabolické funkce (vznik metabolické alkalózy). Uhličitanové vody zvyšují vylučování kyseliny močové a pokud voda obsahuje zároveň vyšší množství vápníku, může to být rizikový faktor pro tvorbu močových kamenů.[1]

2.4.2 Síranové anionty

Síra se vyskytuje v přirozených povrchových a podzemních vodách převážně ve formě síranů – sulfátů – (SO_4^{2-}). Do přirozených vod se sírany dostávají vyluhováním sádrovce ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) a oxidací sulfidických rud např. pyritu na sírany a v neposlední řadě rozkladem organických látek především bílkovin z těl živočichů a rostlin. Síra, která se při rozkladu organické hmoty uvolňuje, je oxidována na sírany.

Síra patří mezi biogenní prvky. Význam síranových iontů pro organismus spočívá v jejich schopnosti iontové výměny a ve stabilizujícím účinku, který je zapotřebí k regulaci vlivu nežádoucích změn životního prostředí.

U člověka jsou známé účinky vysokých dávek síranů při perorálním podání v podobě **průjmu** a eventuálně související dehydratace a podráždění zažívacího traktu. Na vyšší dávky síranů se lidské tělo dokáže adaptovat. Rizikové z hlediska průjmu jsou koncentrace 1000 mg/l, ale projímavé účinky byly pozorovány již při koncentracích 500 mg/l. Děti jsou k průjmům náchylnější než dospělí.

Mezní (maximální) hodnota síranových iontů v pitné vodě z veřejného vodovodu i v balené vodě je na základě vyhlášek MZ ČR č. 252/2004 Sb. a č. 275/2004 Sb. **250 mg/l**. Z hlediska dlouhodobého příjmu jsou vhodné hodnoty SO_4^{2-} **do 50 mg/l**. Obsah síranových iontů v jednotlivých vodách viz tabulka 5.

Některé minerální vody, nebo spíše léčivé minerální vody, se kvůli vyššímu obsahu síranů užívají jako projímadla – např. Šaratica – 10 002 mg SO_4^{2-} /l, Zaječická hořká 22 540 mg SO_4^{2-} /l. Viz tabulka 5.

Účinek síranů je závislý nejen na jejich koncentraci, ale i na koncentraci ostatních iontů. Např. voda, která má navíc i vyšší koncentrace hořčíku, vykazuje silnější laxativní účinky, protože oba ionty jsou osmoticky aktivní. Chronické a subchronické expozice vysokým dávkám síranů se také výrazně liší v efektu od akutních. Předpokládá se vyšší citlivost při náhlém zvýšení koncentrace. [1]

Sloučeniny síry v pitné vodě nepříspěívají nijak pozitivně k její nutriční hodnotě (nejsou využitelné), takže není známá ani důležitá jejich optimální koncentrace. [13]

2.4.3 Fluoridové anionty

Fluor je prvek, který se běžně vyskytuje v přírodě ve formě fluoridových aniontů (F⁻). Fluoridy jsou soli kyseliny fluorovodíkové (HF), jsou to všeobecně bezbarvé sloučeniny s různou rozpustností ve vodě – např. fluorid sodný je dobře rozpustný ve vodě, ale fluorid vápenatý nikoliv.

Fluoridy se přirozeně vyskytují ve vodě a v potravinách a to v různých koncentracích.

Absorpce fluoridů z vody je až **97 %**, z potravy asi 80 %. Fluor se dostává do většiny orgánů za několik minut po absorpci, ke které dochází již ve stěně žaludku. Většina tělesného fluoru je v kostech ve formě fluoroapatitu a v zubech. Celkem je v organismu cca 7 g fluoru. Fluor hraje mimořádnou úlohu v prevenci zubního kazu.

Za optimální dávku fluoridů se považuje 0,05 – 0,07 mg fluoridu na 1 kg váhy a den. Celkový příjem u dospělých je kolem **0,2 – 3,4 mg/den**. [31]

Vyhláška MZ ČR o pitné vodě č. 252/2004 Sb. udává nejvyšší mezní hodnotu pro obsah fluoridů ve vodě z veřejného vodovodu **1,5 mg/l**. Vyhláška MZ ČR o balených vodách č. 275/2004 Sb. neudává konkrétní mezní či optimální hodnotu, stanoví jen, že pokud balená voda obsahuje více fluoridů než 1 mg/l, musí být na obale napsáno: „Obsahuje fluoridy“. Dle doporučení Národního referenčního centra pro pitnou vodu při SZÚ by optimální hodnota F v pitné vodě z hlediska dlouhodobé potřeby měla být **0,1 – 0,3 mg/l**. [2] Koncentrace F⁻ v jednotlivých balených vodách uvádím v tabulce 5.

Musím zde ještě uvést, že voda ve veřejných vodovodech byla z důvodů prevence zubního kazu do roku 1989 fluoridována dávkou 1 mg na 1 litr vody, tedy 1 ppm (pars per million). Tato metoda hromadné prevence zubního kazu podle WHO snižovala riziko zubního kazu o 40 – 50 % a tato dávka nemá žádné nepříznivé vedlejší účinky. V USA, Austrálii, Irsku, Novém Zélandu fluoridace pitné vody narozdíl od většiny Evropy, stále trvá. Prevence zubního kazu pomocí minerálních vod je také vhodná. V letních měsících jsou vhodné větší dávky minerálek s vyšším obsahem F⁻, v zimních měsících naopak. Fluór se hojně vyskytuje v potravinách – např. mořské ryby, pravý čaj. Fluorem se obohacuje i sůl. [31]

Nedostatek fluoru se tedy projevuje zvýšenou zubní kazivostí a špatným ukládáním vápníku do kostí.

Nadměrná akumulace fluóru = *fluoróza* se projevuje na zubech a kostech v závislosti na koncentraci a trvání předávkování. Běžně jsou postiženy populace, které pijí vodu s více než 10 mg/l fluóru, ale zřejmě i méně. Vysoký obsah fluóru (1 – 4 ppm) v přírodní pitné vodě se vyskytuje v rozsáhlých oblastech Číny, Indie

a jižní Afriky. WHO odhaduje, že 2,7 miliónů obyvatel Číny trpí kostní fluorózou a více než 6 mil. obyvatel trpí touto chorobou v Indii.[5, 32]

2.4.4 Chloridové anionty

Mezi chloridy patří řada látek, pro které je typická přítomnost chloridového aniontu Cl^- . Mezi nejčastější patří NaCl (kuchyňská sůl) a KCl (draselná sůl).

Chloridový aniont je nejhojnějším aniontem naší extracelulární tekutiny, ale i celého organismu. Jeho význam spočívá v udržování isotonie a isohydrie. V krevní plazmě se koncentrace Cl^- pohybuje mezi 97 – 109 mmol/l.

Doporučený denní příjem pro dospělého je 750 mg/den a je plně kryt stravou. Příjem chloridů je podobně jako sodíku nadbytečný, protože zdroj obou těchto prvků je stejný – NaCl .

Balené vody by měly mít podle vyhlášky MZ ČR č. 275/2004 Sb. mezní hodnotu chloridů **100 mg/l**. Pokud hlavně balená minerální voda tuto hodnotu překročí, musí být na obale poznámka: „Obsahuje chloridy“.

Pitná voda z vodovodu má stejnou normu podle vyhlášky MZ ČR č. 252/2004 Sb., ale při v případech, kdy vyšší hodnoty chloridů jsou způsobeny geologickým prostředím, se hodnoty až do 250 mg/l považují za vyhovující požadavkům této vyhlášky.

Doporučení ES je **25 mg/l**, ideální koncentrace je okolo **10 mg/l**. [13] Podle Národního referenčního centra pro pitnou vodu při SZÚ je vhodná koncentrace do 50 mg/l. [2] Jak je vidět z tabulky 5, tak všechny pramenité, kojenecké i pitné vody odpovídají doporučení SZÚ.

2.4.5 Jodidové

Jód je na Zemi přítomen pouze ve formě sloučenin (jodidů, jodičnanů a jodistanů), z nichž je jich většina rozpuštěna v mořské vodě.

Jód je nejtěžší biogenní stopový prvek nezbytný pro vývoj organismu.

Jodidy jsou nezastupitelné při tvorbě jodovaných thyroninů tj. thyroxinu a trijodthyroninu. Ve štítné žláze se nachází asi 75 % celkového jódu. Deficit jódu se projevuje zvětšením štítné žlázy a dalšími důsledky plynoucími z nedostatečné funkce štítnice.

Doporučené denní dávky jódu jsou pro dospělé 150 µg/den, pro těhotné a kojící ženy, stejně jako pro adolescenty 200 µg/den.

Řada oblastí na světě trpí jodovým deficitem, nejhůře jsou na tom některé vysokohorské oblasti Himalájí a And, ale ani u nás není situace ideální. Výzkumy Endokrinologického ústavu v Praze z 90. let dokládají mírný až hraničně střední jodový nedostatek u 10 % dětí a 20 % dospělých s převahou u ženské populace. [33]

Hlavním zdrojem jódu jsou mořské produkty, jodovaná sůl, ale také minerální vody – nejvíce ho obsahuje léčivá minerální voda *Vincentka* 6,77 mg/l, obsah jodidů zmiňuje také *Hanácká kyselka* 0,16 mg/l. Pramenité, kojenecké, natož pak balené pitné vody množství jodidů vůbec neuvádí, protože mají povinnost ho uvádět až pokud přesáhne hodnota jodidů 0,01 mg/l.

2.4.6 Dusičnany

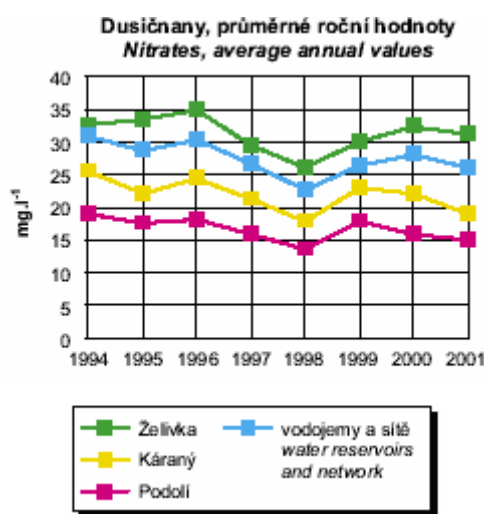
Dusičnany (NO_3^-) se v půdě a ve vodách Země vyskytovaly od pradávna, neboť od nepaměti docházelo k atmosférickým výbojům v ovzduší, při kterých vznikají oxidy dusíku, k bakteriální fixaci molekulárního dusíku některými rostlinami a k rozkladu bílkovinné hmoty (organického dusíku). Tak jako v přírodě existuje např. uzavřený koloběh vody, existuje i koloběh dusíku.

Dusík je do okolního prostředí uvolňován metabolismem či rozkladem uhynulých částí organismů. Organicky vázaný dusík mineralizují chemotrofní bakterie na amoniak procesem amonifikace. Uvolněný amoniak dále využívají bakterie, řasy a nitrifikační bakterie. Nitrifikace je oxidace amoniaku na dusitanů (= nitritace) bakteriemi rodu *Nitrosomonas* a dusitanů na dusičnany (= nitratice) bakteriemi rodu *Nitrobacter*. Proces probíhající v anaerobním prostředí je obrácený = denitrifikace (redukce dusičnanů na plynný N_2 a na oxidy dusíku). Bakterie rodu *Pseudomonas* redukcí dusičnanů na plynný dusík získávají kyslík pro svůj metabolismus. Přímo atmosférický dusík umí využít organismy (bakterie) vybavené enzymem nitrogenázou, která převádí dusík na amonné soli, glutamin a inkorporuje ho do vegetativní buňky (= biologické fixace). [36]

Přírozené podmínky výskytu dusičnanů ve vodách byly postupně narušovány růstem lidských sídlištních celků. O vysokých hodnotách dusičnanů v **podzemních vodách** a to o jako velkém problému se ví (je zdokumentováno

v Listech chemických) již od osmdesátých let 19. století, kdy se studny nacházely v blízkosti kanálů, hnojnic,... Druhá polovina 20. století tento problém ale ještě mnohonásobila intenzifikací (chemizací) zemědělství, konkrétně používáním dusíkatých hnojiv, která se smyvem dostávají **do povrchových vod** a následným průsakem do vod podzemních. Během 20 let se koncentrace dusičnanů na vodárenských profilech Vltavy, Jizery a Želivky z původních max. 10 mg/l NO₃⁻ v roce 1960 na max. 29 – 34 mg/l NO₃⁻ v roce 1980. [35]

Pro příklad uvádím na obrázku 1 průměrné hodnoty dusičnanů v pražské vodě za posledních sedm let.



Obrázek 1: Průměrný obsah dusičnanů v pražské vodě [49]

Zdravotní nebezpečí dusičnanů (NO₃⁻) vyplývá z možnosti jejich bakteriální redukce v zažívacím traktu člověka na toxické **dusitany** (NO₂⁻).

V pitné vodě vodě vyhláška č. 252/2004 Sb. povoluje nejvýše **50 mg/l**. Pro pramenité vody dovoluje vyhláška č. 275/2004 Sb. nejvýše **25 mg/l** a pro kojenecké vody je nejvyšší mezní hodnota jen **10 mg/l** NO₃⁻.

2.4.7 Dusitany

Dusitany (NO₂⁻) jsou ve vodě velmi nestálé – jsou snadno oxidovány nebo redukovány. Ve vodách se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích, které samy o sobě nemají hygienický význam. Člověk získává dusitany především ze stravy a redukcí dusičnanů.

Dusitan sodný je hojně zastoupen v masných výrobcích. Setkáme se s ním například v masových konzervách, paštikách, špekáčcích, párcích, lančmítu či šunce.

Dusitany jsou častou složkou dusitanových solících směsí. Přídavek dusitanů usnadňuje uzení, napomáhá vytvoření jednotné barvy a charakteristické chuti uzené potraviny, zlepšuje chuť, zabraňuje růstu bakterií a vzniku jedovatých toxinů a zpomaluje oxidaci přítomných tuků.

Riziko dusitanů spočívá v tom, že způsobují přeměnu hemoglobinu na methemoglobin, který nemůže přenášet kyslík. **Methemoglobinémie** je nebezpečná především pro kojence. Kojenec (zvláště do 3 měsíců věku) je zvláště citlivý, protože má jednak přirozeně vyšší obsah methemoglobinu v krvi, jednak má dosud omezené mechanismy jak methemoglobin přeměnit zpět na funkční hemoglobin. V první fázi se projeví modráním kůže a rtů, při prohloubeném stavu pak skutečným dušením a poškozením funkcí mozku až selháním základních životních funkcí. [37, 38]

Dusitany se mohou v ústech nebo žaludku přeměňovat na nebezpečné nitrosoaminy nebo jiné nitrososloučeniny, které jsou **karcinogenní**. S těmito látkami jsou dávány do souvislosti zejména nádory žaludku a močového měchýře.

Vyhláška MZ ČR č. 252/2004 Sb. povoluje v pitné vodě nejvýše 0,5 mg/l NO_2^- , v pramenitých a v kojeneckých vodách povoluje Vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb. nejvýše 0,02 mg/l NO_2^- .

Podle Vyhlášky MZ ČR č. 252/2004 Sb. se musí brát v úvahu hodnoty dusičnanů a dusitanů souběžně, protože obě tyto látky mají (v konečné fázi) obdobný účinek. Podle součtového pravidla musí být dodržena podmínka, aby součet poměrů zjištěného obsahu dusičnanů v mg/l děleného 50 a zjištěného obsahu dusitanů v mg/l děleného 3 byl menší nebo rovný 1:

$$K_{\text{dusičnany}}/50 + K_{\text{dusitany}}/3 \leq 1$$

kde K je naměřená hodnota dusičnanů (dusitanů) v pitné vodě. [38]

2.4.8 Přehled aniontů v balených vodách

Uvedené hodnoty jsou z etiket příslušných vod, v případě, když výrobce na obale hodnoty neuvedl, získávala jsem informace z jeho infolinek, popř.

z jeho webových stránek. Některé hodnoty se mi přesto nepodařilo zjistit a je místo nich „?“

Tabulka 5: Obsah aniontů v balených vodách

Pramenité (stolní) vody

obchodní název	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	jiné
Aqua Bella	14	17	?	0,06	11,2	<0,005	
Aquila aqualinea	36,4	2,94	236	?	3,84	<0,02	
Beneta	139,3	32,2	320,3	?	?	0,01	
Bohatier	17,41	1,173	320	0,005	?	0,02	
Bonaqua	18,2	6	354	<0,05	9,6	<0,01	
Bonny	12	4,8	?	<0,2	<2	?	
Fromin	16	3	222,7	0,15	5,9	?	
Rajec	10,2	2,5	228	0,1	5,9	<0,005	
Toma natura	25	5	?	<0,1	5,4	<0,01	

Přírodní minerální vody

obchodní název	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	jiné
Dobrá voda	1,74	0,85	105	0,67	<0,03	<0,02	
Hanácká kyselka	0,6	174	1556	2,65	?	?	I 0,16
Korunní – přír. minerální	63,78	10,81	653,5	0,81	?	?	
Korytnica	1182	8,5	1104	?	<0,1	<0,01	
Lubovnianska	?	?	1619,4		<1	<0,01	
Mattoni	42,4	12,6	473	?	?	?	
Magnesia	13,9	4,18	1020	?	?	?	
Poděbradka	85,7	447,1	1423	1,58	?	?	
Bílinská kyselka	542	231	4482	5,1	?	?	
Šaratica	10002	74,9	670	1,46	2,93	?	
Vincentka	?	1617	4825	2,54	?	?	I 6,77
Zaječická hořká	22540	405,2	859,8	2,25	?	?	

Kojenecké vody

obchodní název	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	jiné
Baby Bella	17,41	1,173	320	0,005	3,22	0,02	
Fromin	16	3	222,7	0,15	5,9	?	
Horský pramen	11,4	<1	129	<0,1	<1,8	<0,010	

Pitné vody

obchodní název	SO₄²⁻	Cl⁻	HCO₃⁻	F⁻	NO₃⁻	NO₂⁻	jiné
Clever	62	20	?	<0,1	15	<0,02	
Coop neperlivá voda	<5	5	neuvádí	<0,1	11	<0,05	
Deep voda	12	4,8	?	<0,2	<2	<0,005	
Euro shopper	14	17	?	0,06	11,2	<0,005	
Taqua	62	20	?	<0,1	15	<0,02	

Vysvětlivky:

Modře zvýrazněné hodnoty odpovídají optimálním koncentracím, *světle modře* blíží se optimálním hodnotám.

2.5 Rizika pití velmi slabě mineralizovaných vod

V přírodě se vyskytující vody mají v závislosti na geologickém podloží celkovou mineralizaci obvykle nad 100 mg/l. Z toho vyplývá, že se s velmi slabě mineralizovanou vodou (<100 mg/l) prakticky nesetkáme. S rozvojem různých úprav vody – např. různé technologie změkčující vodu (deionizace, reverzní osmóza,...), tady však riziko pití této až „demineralizované“ vody je. Demineralizovaná voda obsahuje obvykle <1 mg/l rozpuštěných látek a vzniká pomocí metody demineralizace, což je zvláštní druh deionizace, při kterém se z vody odstraňují všechny kationty i anionty.

Kromě nepříznivých chuťových vlastností v práci SZÚ „Riziko pití demineralizovaných vod“ dr. Kožíšek uvádí i nepříznivé účinky těchto vod na organismus: [39]

1. Narušení vodního a minerálního metabolismu.

Působení nízkomineralizované pitné vody na osmoreceptory GIT způsobí zvýšenou difundaci iontů sodíku do lumen střeva, nepatrné snížení osmotického tlaku v systému portální vény pak vyvolá adaptační reakci, která se projevuje zvýšeným uvolněním sodíku do krve. Tato osmotická změna v krevní plazmě vede k redistribuci vody v organismu: ke zvýšení celkového objemu mimobuněčné tekutiny; voda z erytrocytů i intersticiální tekutiny přestupuje do plazmy, dochází též k přesunu mezi vodou nitrobuněčnou a intersticiální. Na změnu v objemu krevní plazmy reagují volumoreceptory a baroreceptory v krevním řečišti, což vede ke sníženému vylučování aldosteronu a snížení sekrece ADH a tím ke zvýšení diurézy.

2. Prakticky nulový příjem vápníku a hořčíku vodou.

3. *Snížený příjem dalších esenciálních a stopových prvků.*

Přestože pitná voda až na výjimky (např. fluoridy) nebývá pro člověka převážným zdrojem esenciálních a stopových prvků, může být její podíl na celkovém příjmu v některých případech dost významný. Ve vodě jsou prvky přítomny převážně ve volném iontovém stavu, a proto se ve většině případů vstřebávají z vody mnohem lépe než z potravy, kde jsou většinou vázány na různé jiné látky.

4. *Vysoké ztráty vápníku, hořčíku a jiných esenciálních prvků z potravin vařených ve velmi slabě mineralizované a demineralizované vodě.*

5. *Zvýšené riziko toxického působení těžkých kovů přijímaných ve stravě.*

Ve vodě (i stravě) obsažený vápník a v menší míře i hořčík mají navíc prospěšnou funkci antitoxickou, když – buď přímou reakcí za vzniku nevstřebatelné sloučeniny nebo kompeticí na vazebných místech – zabraňují vstřebávání některých toxických prvků, např. olova a kadmia ad., a jejich přechodu ze střeva do krve. Tato funkce je samozřejmě limitována, ale lze tvrdit, že používáním až demineralizované vody se člověk vystavuje riziku, že toxické látky přijímané ze stravy mohou mít nepříznivější účinek, než kdyby člověk používal pitnou vodu obvyklé mineralizace a tvrdosti.

6. *Zvýšené riziko druhotné kontaminace demineralizované vody*

Demineralizovaná voda je voda „v nerovnováze“, a proto je mimořádně agresivní vůči materiálům, se kterými přichází do styku. Demineralizovaná voda ochotně přijímá všechny vodou rozpustné látky (odtud také její označení jako voda "hladová"), např. kovy z potrubí, změkčovadla a další organické toxické látky z hadicových rozvodů, plastových a pryžových zásobníků apod. – aniž by však obsahovala ty minerální látky, které některé tyto substance na sebe váží a mohou je tak alespoň částečně "dezaktivovat".

Výše uvedené změny nemusí při pravidelné konzumaci dlouho způsobovat zjevné klinické příznaky. Přesto může dojít k akutnímu postižení, které má formu hyponatremického šoku až deliria, např. vypitím několika litrů vody o nižší mineralizaci při velké fyzické námaze.

Tyto vody tedy nejsou vhodné pro pravidelnou ani jednorázovou konzumaci a ve větším množství jsou rizikové až nebezpečné. [39]

2.6 Rizika pití vysoce mineralizovaných vod

Stejně jako nejsou k trvalé konzumaci vhodné vody s velmi nízkým množstvím rozpuštěných látek, tak nejsou k trvalé konzumaci vhodné ani vody s vyšším obsahem minerálních látek.

Pokud má voda vyšší obsah nějaké minerální látky nebo více látek než je pro pitnou vodu „optimální“ koncentrace, lze předpokládat, že s její dlouhodobou (vzácněji i krátkodobou) konzumací v množství odpovídající spotřebě pitné vody se bude pojit riziko vzniku určité poruchy až choroby. Zároveň ale můžeme u některých vod očekávat, že krátkodobá konzumace takové vody v příslušném množství vyvolá v organismu určitou fyziologickou reakci nebo že taková voda může sloužit jako zdroj určitého prvku (prvků) při jeho (jejich) akutním deficitu či potřebě. Takový efekt může být pro některé osoby žádoucí a nutno ho také využít; pije se v potřebném množství a po vymezený čas, dostatečně dlouhý k dosažení žádaného efektu, ale přitom omezený, aby nedošlo k vyčerpání adaptačních reakcí a zvratu k patologickým změnám. Takto se využívá řada tuzemských minerálních vod k lázeňskému léčení i domácím pitným kúram. Prospěšnými účinky pití vod s vyšší mineralizací se zabývá balneologická literatura.

Existují ale bohužel i možné škodlivé účinky plynoucí nejčastěji z opakované, déletrvající konzumace více mineralizovaných vod.

Akutní negativní účinek není příliš častý – může jít např. o průjem, pokud je ve vodě přítomno větší množství síranových a hořečnatých iontů, nebo zhoršení stavu u lidí se srdečním selháním, pokud by nemocný vypil ve večerních hodinách více vody s vyšším obsahem sodíku.

Pravidelná konzumace vody o vysokém obsahu (= nadlimitním) některých minerálních látek je rizikovým faktorem pro vznik některých specifických onemocnění – např. nadměrné množství sodíku – hypertenze,...

V praxi ale bohužel často nelze rozlišit, zda byl pozorovaný nepříznivý efekt způsoben jednou určitou látkou, kombinací několika látek nebo sumou všech minerálních látek, kde se vedle specifického chemického účinku mohou projevovat i změněné fyzikální vlastnosti vody (hustota, viskozita, vodivost, osmolalita,...).

Dlouhodobý příjem vody se zvýšeným celkovým obsahem minerálních látek (nad 1000 mg/l) podle některých studií má negativní vliv:

U žen na: reprodukční funkce – ve smyslu narušení délky menstruačního cyklu, hypermenstruační syndrom, nižší počet těhotenství, častější těhotenské komplikace, nižší porodní váha

U dětí: poruchy fyzického vývoje, častější onemocnění močového systému, oxalaturie, fosfaturie, leukocyturie a erytrocyturie

U žen i u mužů častější výskyt nedostatku železa.

Určit přesný vztah mezi koncentrací minerálních látek a konkrétním zdravotním účinkem je dnes prakticky nemožné, protože aktuální i minulý příjem těchto látek potravou je natolik různorodý a proměnlivý.

Nejen absolutní počet jednotlivých minerálních látek nebo celková mineralizace, ale i nevhodný poměr mezi jednotlivými prvky může být příčinou nepříznivého vlivu vody na lidské zdraví. Bohužel, kromě vztahu vápníku a hořčíku, se ví o této oblasti velmi málo. [1]

3 Balené vody

Výroba a prodej balených vod má u nás dlouhou tradici, kterou můžeme vystopovat až do 16.století. Původně šlo výhradně o vody léčivé (ať už se skutečným nebo domnělým účinkem), stáčené do kameninových džbánek, ke kterým se později (v 18. – 19. století) přidaly i vody, které byly pro svou zvláštní chuť považovány za osvěžující nápoj. Jednalo se buď o minerální vody nebo o vody s vysokým obsahem CO₂, ať původu přirozeného (kyselky) nebo uměle připravované (tzv. „seltzer“), stáčené převážně do skla.

Revoluční krok nastal v 70. letech 20. století, když se poprvé objevily vody balené do plastů (PVC, PE, PET, PC) a postupně začaly vytlačovat skleněné obaly. Navíc vedle vybraných druhů minerálních vod, se začala stáčet voda z kvalitních podzemních zdrojů pitné vody, která nevykazovala ani zvláštní chuť, ani zvláštní farmakologický účinek. Začala tak éra pití balené vody jako náhrady za pitnou vodu z kohoutku. U nás se tento „vývoj“ nastroval až v 90. letech 20. století a pokračuje dodnes. [40, 41]

V současné době platná Vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb. rozlišuje 4 kategorie balených vod:

- kojenecké vody
- pramenité vody
- přírodní minerální vody
- pitné vody

3.1 Kojenecké vody

Kojenecké vody jsou nejjakostnější přírodní vody z chráněného podzemního zdroje o stálé kvalitě a bez nutnosti vodárenských úprav. Jsou vhodné pro přípravu kojenecké stravy a k trvalému přímému požívání všemi skupinami obyvatel. Celkový obsah minerálních látek může být nejvýše 500 mg/l. Obsah dusičnanů může být nejvýše 10 mg/l. Z úprav je povoleno pouze UV záření a mírná stabilizace CO₂ tak, aby pH nekleslo pod 5. Oxid uhličitý se musí při přípravě kojenecké stravy varem odstranit, což musí být na obale uvedeno.

3.1.1 Vody „vhodné pro přípravu kojenecké stravy“

Musí splňovat stejné fyzikálně-chemické a mikrobiologické požadavky i limity cizorodých látek jako kojenecké vody, ale narozdíl od nich mohou být upravovány, aby patřičných limitů dosáhly (např. *odželeznění*). Příkladem takové vody je Dobrá voda.

3.1 Pramenité vody

Jsou to přírodní vody, které pochází z chráněného podzemního zdroje, který nemusí být schválen ministerstvem zdravotnictví. Smí být upravovány stejným způsobem jako přírodní minerální vody (viz dále). Termín pramenitá nahradil dřívější stolní vodu.

Celkový obsah minerálních látek může být nejvýše 1000 mg/l. Tyto vody jsou vhodné k trvalé konzumaci dětmi i dospělými.

3.2 Přírodní minerální vody

V České republice je označení „přírodní minerální voda“ tradičně spojováno s vodou s vyšším obsahem rozpuštěných minerálních látek – obvykle nad 1 g/l, ale podle nové legislativy mohou obsahovat i menší množství (např. Dobrá voda 107,6 mg/l).

Balená přírodní minerální voda je voda z chráněného podzemního zdroje přírodní minerální vody, který musí být schválen a pravidelně kontrolován ministerstvem zdravotnictví.[2]

Tato voda nesmí být upravována žádným způsobem, který by změnil její charakteristické složení. Mezi povolené úpravy patří odstranění sloučenin železa, síry, arzenu, manganu nebo jiných nežádoucích složek – např. sloučenin berylia, a to pomocí metod filtrace, dekantace a nebo pomocí vzduchu obohaceného ozónem. Z přírodní minerální vody může být také odstraňován oxid uhličitý, a to výhradně fyzikálními metodami, nebo může být oxidem uhličitým sycena, pokud se nezmění skladba základních složek a nevzniknou škodlivé látky. Jiné látky se do přírodních minerálních vod přidávat nesmí. Tuto vodu nelze upravovat přidáním bakteriostatických látek nebo ji upravovat jiným způsobem, který by změnil počet kolonie tvořících jednotek.

Suma všech anorganických (minerálních) látek se nazývá celková mineralizace. Na českém trhu je mnoho minerálních vod s různým obsahem rozpuštěných minerálních látek. Mezi hlavní minerální látky, resp. jejich soli, patří zejména vápník, hořčík, sodík, draslík, chloridy, sírany, hydrogenuhličitany a dusičnany, do určité míry též křemík, železo a některé další ionty (bromidy a další), které se však na celkovém obsahu všech minerálních látek podílejí jen okrajově. Přírodní minerální vody jsou vhodné jako nápoj k občasné konzumaci.

3.2.1 Léčivé minerální vody

Minerální vodou pro léčebné využití (dle lázeňského zákona č. 164/2001 Sb. § 2) se rozumí přirozeně se vyskytující podzemní voda původní čistoty s obsahem rozpuštěných pevných látek nejméně 1 g/l nebo s obsahem oxidu uhličitého nejméně 1 g/l nebo s obsahem jiného zdraví významného chemického prvku anebo která má u vývěru přirozenou teplotu vyšší než 20 °C nebo radioaktivitu radonu nad 1,5 kBq/l.

Patří mezi ně např. Vincentka, Bílinská kyselka, Šaratica, a další. Jedná-li se o vodu silně mineralizovanou – $RL > 3,5$ g/l, měla by být používána jen v příslušných indikacích na doporučení lékaře a jen po určitou dobu.

Mezi balené vody léčivé minerální vody podle vyhlášky č. 275/2004 Sb. sice nepatří, ale do této práce je kvůli úplnosti zahrnují.

3.3 Pitné vody

U pitné vody má zákon stejné požadavky jako u vody ve vodovodní síti. Na její výrobu nemusí být použita podzemní voda, může být stáčena i z veřejného vodovodu. Nejsou omezeny úpravy vody, není zakázáno ani použití bakteriostatických látek. Nesmí však být chlorována. Na rozdíl od výše uvedených vod lze balenou pitnou vodu uměle doplňovat minerálními látkami (vápník, hořčík, sodík, draslík,...). Pokud se tak stane, musí být na obale uveden výčet doplněných látek, jejich obsah ve vodě a slovní označení „uměle doplněno minerálními látkami, **mineralizovaná pitná voda**“. Tyto mineralizované vody mají charakter nápojů a nemohou být srovnávány s přírodními minerálními vodami.

Tabulka 6: Zdroje a lokality balených vod*Pramenité (stolní) vody*

obchodní název	lokalita	zdroj
Aqua bella	Veselí n. Luž. – CHKO Třeboňsko	Aqua Bella – VS 2, VS 3
Aquila aqualinea	Karlovy Vary, Kyselka	Aquila
Beneta	Benátky nad Jizerou	Beneta V1
Bohatier	Dolná Lehota, Nízké Tatry	?
Bonaqua	Lúka, Slovensko	Bonaqua
Bonny	Český ráj	Bonny
Fromin	Radiměř 88	Fromin
Rajec	Rajecká Lesná 1 (SR)	?
Toma natura	Adršpašsko – Teplické skály	vrt "Natura"

Přírodní minerální vody

obchodní název	lokalita	zdroj
Dobrá voda	Byňov (JČ)	Dobrá voda
Hanácká kyselka	Horní Moštěnice	Hanácká kyselka
Korunní – přír. minerální	Doupovské hory, Korunní	Korunní
Korytnica	Lipt. Osada, Korytnica	pramen Ľudovit
Ľubovnianska	lázně Nová Ľubovňa	vrt LZ – 6 "Veronika"
Magnesia	Mnichov	Magnesia
Mattoni	Karlovy Vary, Kyselka	Mattoni
Poděbradka	Velké Zboží	Poděbr. BJ 13, 17, 18
Bílinská kyselka	Bílina ČR	vrt BJ – 6
Šaratica	Nesvačilka, Újezd, Kalužiny, Luže	Ťěšany (S1 – S7)
Vincentka	Luhačovice	BJ 305
Zaječická hořká	Zaječice	136/1, 136/2,...

Kojenecké vody

obchodní název	lokalita	zdroj
Baby bella	Dolná Lehota	NTK – 4
Fromin	Radiměř 88	Fromin
Horský pramen	Roudno Jeseníky	Horský pramen

Pitné vody

obchodní název	lokalita	zdroj
Clever	Kyšice	?
Coop neperlivá voda	Dolní Bukovsko (JČ)	H4 a H10
Deep voda	Malá Skála	Bonny ČR
Euro shopper	Dolní Bukovsko (JČ)	H4 a H10
Taqua	Kyšice	?

3.4 Syčení vod oxidem uhličitým

Historie syčení vod oxidem uhličitým se datuje od konce 16. století. Snahou bylo napodobit přírodní minerální vody, kterým byla prisuzována velká léčivá síla.

Oxid uhličitý navíc snižuje pH vody, čímž znesnadňuje množení většiny bakterií (kromě anaerobních) a slouží tedy jako konzervační činidlo. Sodové (perlivé) vody se staly oblíbeným osvěžujícím nápojem, což přetrvává dodnes, kdy syčení vody oxidem uhličitým se také používá k překrytí nedobré chuti některých vod.

Sycená voda sice rychle zažene žízeň, ale vypijeme jí mnohem méně než vody nesyčené. Navíc má diuretické účinky, takže není ideálním nápojem k úhradě chybějících tekutin.

Oxid uhličitý je odpadní plyn lidského organismu, kterého má člověk dostatek, takže pití takovéto vody má pro člověka spíše negativní účinky. V dutině ústní způsobuje překrvení sliznice a vyvolává pocit brnění. V žaludku se oxid uhličitý ohřívá, rozpíná se, dráždí stěnu a zvedá bránici do hrudní dutiny. Následně se oxid vstřebává přes sliznici tenkého střeva do krve, kde zvyšuje koncentraci krevního oxidu uhličitého a snižuje plazmatické pH, což se projevuje zvýšením dechové a srdeční frekvence. Pití perlivé vody může způsobit tzv. Roemheldův syndrom = bolesti na hrudi imitující infarkt. [43]

Perlivou vodu by tedy neměli pít lidé s vředovou chorobou, lidé se sklonem k nadýmání, kardiaci a kojenci – kvůli riziku zvracení a nebezpečí následného udušení.

Zdravotní nevýhody pití sycených vod tedy převažují nad výhodami a proto by měly být tyto vody konzumovány jen omezeně a výjimečně.

Z hlediska obsahu oxidu uhličitého se balená přírodní minerální voda podle Vyhlášky MZ ČR č. 275/2004 Sb. označuje:

- a) **přírodní minerální voda přirozeně sycená**, která obsahuje nejméně **250 mg/l** (dříve to bylo 1000 mg/l) oxidu uhličitého a má po zpracování a případném dosycení plynem ze stejného zdroje obsah oxidu uhličitého stejný jako u zdroje, v rozpětí periodického přirozeného kolísání

- b) **přírodní minerální voda obohacená**, která má po zpracování a dosycení oxidem uhličitým ze stejného zdroje obsah CO₂ vyšší než u zdroje
- c) **přírodní minerální voda sycená**, která má po zpracování a dosycení oxidem uhličitým jiného původu, než je zdroj, z něhož voda pochází, obsah oxidu uhličitého stejný nebo vyšší než u zdroje
- d) **přírodní minerální voda dekarbonovaná**, která má po zpracování nižší obsah oxidu uhličitého než u zdroje
- e) **přírodní minerální voda nesycená**, která pochází ze zdroje obsahujícího oxid uhličitý v množství **nejvýše 250 mg/l**.

V praxi se nejčastěji setkáváme s těmito termíny vypovídajícími o množství CO₂ ve vodě: perlivá, mírně perlivá a neperlivá.

Vody označované jako „**perlivé**“ mívají obsah CO₂ v rozmezí 4000 až 6000 mg/l. Vody s poznámkou „**jemně perlivé**“ mívají obsah CO₂ v rozmezí 1500 až 4000 mg/l. **Neperlivé** jsou bez přidaného oxidu uhličitého.

V povrchových vodách se pohybují koncentrace CO₂ v řádu desetin až jednotek mg/l, výjimečně nad 10 mg/l. V podzemních vodách jsou koncentrace CO₂ v jednotkách až desítkách mg/l. Jen minerální vody stáčené do lahví mají koncentrace CO₂ přirozeně vyšší – řádově v jednotkách tisíců mg/l (obvykle 1500-2500, výjimečně nad 3500 mg/l). Z toho vyplývá, že kojenecké, pramenité či pitné perlivé vody jsou vždy dosycovány oxidem uhličitým. [43]

4 Voda z vodovodu

V České republice bylo v roce 2005 vodou z veřejných vodovodních řádů zásobováno 91,6 % obyvatel. [18] Zbývající část je odkázána nebo záměrně využívá vodu z vlastních nebo veřejných studní či jiných "přírodních" zdrojů vody.

4.1 Zdroje vod pro přípravu pitné vody

Ne každá voda je vhodná pro konzumaci nebo pro přípravu vody pitné. Jako kvalitní vodní zdroje slouží podzemní zdroje či artézské studny, speciální vodárenské nádrže. Méně kvalitní zdroje jsou povrchové zdroje čerpané z jezer, řek a potoků.

Podzemní zdroje obsahují velmi kvalitní vodu, jejíž čistota vzniká tak, že do těchto míst musí voda projít přes různé vrstvy hornin, čímž dochází k její filtraci. Na složení hornin, kterými voda prochází, závisí její čistota a kvalita. Z podzemních zdrojů se voda čerpá z vrtů a potřebuje většinou jen drobné úpravy. Podzemní vody mají ve srovnání s povrchovými vodami méně rozkolísané fyzikálně chemické ukazatele (teplota, nepřítomnost kyslíku, nebo jeho minimální koncentrace, minimální koncentrace organických látek, nepřítomnost mikrobiologického znečištění).

Speciální vodárenské nádrže jsou vodní díla vybudována za účelem akumulace vhodné pitné vody. Jsou tedy budovány v místech, kde jsou pouze kvalitní přítoky a kde nehrozí znečištění vody v nádrži činností člověka. Každá vodárenská nádrž má rozsáhlé ochranné pásmo, kde se například nesmí přepravovat ropné látky nebo používat chemické hnojení, aby nebezpečné látky nemohly stéci až do nádrže.

V místech, kde nejsou dostatečné podzemní zdroje ani nějaká vodárenská nádrž, nezbyvá než používat vodu z dostupných místních vodních toků. Ta bývá nejvíce znečištěná, takže její úprava v kvalitní vodu pitnou je také nejsložitější a nejnákladnější. [47]

4.2 Úpravy vod

Voda, která se používá pro veřejné vodovody, ať je jímána z jakýchkoli zdrojů, obsahuje vždy určité množství mechanických částic a rozpuštěných látek.

Mohou to být různé drobné nečistoty (písek, kaly, produkty korozních procesů, části usazenin ze zásobníků a potrubí atd.), dále rozpuštěné přírodní chemické látky nebo chemikálie dodané lidskou činností (prvky, sloučeniny i plyny) a v neposlední řadě i mikrobiologické nebo bakteriální zatížení.

Mnoho velkých i malých obcí v České republice je zásobována vodou jímanou z povrchových zdrojů. V těchto vodách bývají, bohužel stále častěji, zastoupeny skoro všechny výše zmíněné nečistoty. Požadavky na pitnou vodu dodávanou veřejným vodovodem jsou ze zákona (Vyhláška MZ ČR č. 252/2004 Sb.) velmi přísné, a tak se voda musí různě upravovat, aby vyhověla daným limitům.

Postup úpravy vody závisí na kvalitě neupravené surové vody. Mezi základní úpravy patří odstraňování mechanických nečistot, odstraňování nežádoucích látek (Fe, NO₂, mangan,...) z vody a odstraňování mikrobiologické závadnosti vody.

4.2.1 Odstraňování mechanických nečistot

Odstraňování mechanických částic se provádí v usazovacích nádržích, v čířicích nebo pomocí filtrace přes křemičitý písek nebo přes aktivní uhlí. Často se využívá několik metod.

4.2.2 Odstraňování nežádoucích látek z vody [44, 45]

Nejčastější používanou metodou odstraňování nežádoucích sloučenin (i třeba radionuklidů) z vody je flokulace (vyvločkování), respektive koagulace. Účelem je přeměnit dispergované, běžnými separačními technikami obtížně odstranitelné malé částice přidáním nějakého koagulantu, resp. flokulantu – např. síran hlinitý nebo železitý, na větší agregáty, vločky, které jsou již snadno odstranitelné filtrací. Tyto metody probíhají v čířicích.

Železo a mangan se vyskytují v podzemních vodách ve formě jednoduchých hydratovaných kationtů Fe²⁺ a Mn²⁺. Obvyklá koncentrace železa je kolem 5 mg/l. Pro pitnou vodu jsou ale limity 0,3 mg/l Fe a 0,1 mg/l Mn. Vyšší koncentrace těchto kationtů dává vodě trpkou, svíravou chuť a postupnou oxidací se vylučují hydratované hydroxidy železitý a manganičitý, které vytvářejí rezavě hnědé inkrustace. Při technologických procesech pro odstranění Fe a Mn z vody

se rozpustné kationty převádějí na nerozpustné sloučeniny, které se z vody separují běžnou sedimentací a filtrací.

Technologické postupy odstraňování *dusičnanů* jsou poměrně náročné a můžeme je rozdělit do dvou skupin: metody fyzikálně-chemické a chemické: iontová výměna, reverzní osmóza, elektrodialýza a chemická redukce; a metody biologické: biologická denitrifikace.

Odstranění *radonu* jako inertního plynu se provádí provzdušňováním (aerací).

Technologie odstraňování *amonných iontů* z vody využívá fyzikálně-chemických postupů jejich sorpce na iontoměničích (zeolitech). Chemicky lze oxidovat amonné ionty např. chlórem na elementární dusík nebo oxid dusný. Jako vedlejší produkty však vznikají páchnoucí chloraminy.

Odkyselování vod je technologický proces, při kterém se z přírodních vod odstraňuje agresivní oxid uhličitý. Odstraňování agresivního oxidu uhličitého se provádí zejména z důvodu jeho korozivních účinků na kovové a betonové konstrukce, ale i z důvodů hygienických.

4.2.3 Hygienické zabezpečení pitné vody

Pro zajištění zdravotní nezávadnosti pitné vody je třeba provádět její dezinfekci. K tomuto účelu se převážně používá plynný chlór, UV záření nebo ozón.

Chlorování vody

Chlorování je nejjistější a nejlevnější metodou jak zničit mikroorganismy ve vodě. Za použití chlorátorů se distribuuje chlór do vody podle požadavků, aby zbytkový chlór perzistoval ve vodě v koncentraci 0,05 – 0,3 mg/l vody. Chlór je vysoce reaktivní plyn. Ve vodě se vyskytuje především vázaný a v malé míře volný. Voda obsahuje různá množství organických a jiných látek, se kterými chlór reaguje za vzniku různě škodlivých látek (např. karcinogenní a mutagenní chloroform). Volný chlór způsobuje mléčné zbarvení vody, ale po odstátí vody nebo po krátké varu z ní během krátké doby vyprchá.[46]

UV dezinfekce vody

Ultrafialové záření (UV) je elektromagnetické záření o vlnové délce 100 – 400 nm.

Účinek UV záření na mikroorganismy je jiný než v případě chemických dezinficiens (chlór), které poškozují ireverzibilně jadernou hmotu, protoplasmu, enzymy nebo buněčnou blánu. Germicidní efekt UV záření spočívá ve fotochemickém poškození RNA, DNA, eventuelně i proteinů, enzymů či jiných, biologicky významných makromolekul. Nukleové kyseliny absorbují UV záření při vlnové délce 240 – 280 nm; nejvyšší germicidní efekt je pozorován při 260 – 265 nm.

Důsledkem je znemožnění množení bakterií, pokud nejsou nukleové kyseliny reparačními enzymy opraveny, což se často stávalo u starších typů nízkotlakých monochromatických UV lamp.

Výhody desinfekce pomocí UV lamp: je to fyzikální proces dezinfekce, nevznášá se tedy žádné chemikálie do vody, neovlivňuje se pach ani chuť, nemění se původní složení vody, nevznikají žádné vedlejší produkty dezinfekce. Takto se mohou ošetřovat i kojenecké vody. [48]

Ozonizace

Ozón je namodralý plyn těžší než vzduch, silně dráždivý a toxický působící. Je dosud nejsilnějším oxidantem používaným k likvidaci organických a anorganických nečistot a k hygienickému zabezpečení vody. Je schopen odstraňovat bakterie a viry, likvidovat plísně a výrazně omezuje růst řas a usazování látek na stěnách nádob a potrubí. Jeho schopnost usmrcovat mikroorganismy ve vodě je vysoká na *E. coli* a spóry – cca 300x vyšší než chlórem. Pro svou nestálost se musí vyrábět v místě spotřeby elektrickým výbojem vysokého napětí. Ozón je značně nestálý a rychle se rozpadá na molekulu kyslíku a velmi reaktivní atomární kyslík. Ozón zlepšuje některé organoleptické vlastnosti vody.

Obě tyto metody dezinfekce vody – UV záření a ozonizace jsou novější a modernější, ale mají kromě vyšších finančních nákladů jednu velkou nevýhodu. Jejich účinek totiž není trvalý – tzn. než se voda dostane ke spotřebiteli – je

v potrubí opět vystavována určitým vlivům choroboplodných zárodků. Tato voda se tedy musí ještě dochlorovávat. Koncentrace chloru se během cesty vody potrubím snižuje, ale přesto určité dostatečné množství zůstává. [46]

4.3 Iontové složení vody z vodovodu

Hygienické požadavky na pitnou vodu, rozsah a četnost kontrol stanoví vyhláška č. 252/2004 Sb. Normy nejdůležitějších iontů ve vodách dodávaných hromadným vodovodem, které povoluje vyhláška, jsou v následujících tabulkách:

Tabulka 7: Normy nejdůležitějších iontů v pitných vodách

Kationty			Anionty		
	mg/l			mg/l	
Na ⁺	200	MH	SO ₄ ²⁻	250	MH
K ⁺	neuvádí		Cl ⁻	100	MH
Mg ²⁺	20-30	DH	HCO ₃ ⁻	neuvádí	
	10	MH	F ⁻	1,5	NMH
Ca ²⁺	40-80/30	DH/MH	NO ₃ ⁻	50	NMH
Fe ²⁺	0,2	MH	NO ₂ ⁻	0,5	NMH

Vysvětlivky:

NMH = nejvyšší mezní hodnota, při jejímž překročení je vyloučeno použití vody jako pitné

MH = mezní hodnota, jejíž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko; jedná se většinou o horní hranici kromě vápníku a hořčíku

DH = doporučená hodnota = optimální koncentrace je stanovena z hlediska zdravotního, nikoliv technického

neuvádí = pro danou položku vyhláška nestanoví žádný limit

Pouze 6 % obyvatel je zásobováno pitnou vodou s optimální doporučenou koncentrací hořčíku (20 – 30 mg/l), 3 % dostávají vodu s vyšší koncentrací. Voda dodávaná 65 % obyvatel zásobovaných z veřejných vodovodů obsahuje hořčík v koncentraci nižší než 10 mg/l. Vodu obsahující optimální množství vápníku (40 – 80 mg/l) dodávají vodovody zásobující 20 % obyvatel, 30 % spotřebitelů dostává vodu s vyšším obsahem tohoto prvku a 28 % obyvatel má ve svém vodovodu vodu s obsahem vápníku pod 30 mg/l. Nejčastější nedodržené doporučené rozmezí je rozmezí tvrdosti vody. Nejčastější překročenou NMH je koncentrace dusičnanů.[18]

5 Srovnání iontových složení balených vod s vodou dodávanou veřejným vodovodem

V následujících tabulkách uvádím iontová složení jednotlivých druhů balených vod, s výjimkou vod minerálních, které takto srovnávat nelze, protože každá minerální voda má své typické složení. Tabulky obsahují minimální, maximální a průměrné koncentrace nejdůležitějších iontů.

Tabulka 8: Iontové složení pramenitých vod

	rozměr	norma	minimum	maximum	průměr
<i>Kationty</i>					
hořčík	mg/l	DH 20 – 30	3,1	44,3	15,993
sodík	mg/l	DH 5 – 25; MH 100	0,39	18	5,14
vápník	mg/l	DH 40 – 80	20	180	67,878
<i>Anionty</i>					
dusičnany	mg/l	NMH 25	<2	15,5	7,418
dusitany	mg/l	NMH 0,02	<0,005	0,02	0,011
fluoridy	mg/l	NMH 0,7	0,005	0,15	0,095
chloridy	mg/l	MH 100	1,1732	32,2	8,290
sírany	mg/l	MH 250	10,2	139,3	32,057

Tabulka 9: Iontové složení kojeneckých vod

	rozměr	norma	minimum	maximum	průměr
<i>Kationty</i>					
hořčík	mg/l	DH 20 – 30	3,58	32	13,16
sodík	mg/l	MH 20	0,39	5,9	2,43
vápník	mg/l	DH 40 – 80	31,9	92,6	66,767
<i>Anionty</i>					
dusičnany	mg/l	NMH 10	3,22	5,9	4,56
dusitany	mg/l	NMH 0,02	<0,001	0,02	0,015
fluoridy	mg/l	NMH 0,7	0,005	0,15	0,0775
chloridy	mg/l	MH 100	<1	3	2,087
sírany	mg/l	MH 250	11,4	17,41	14,937

Tabulka 10: Iontové složení balených pitných vod

	rozměr	norma	minimum	maximum	průměr
<i>Kationty</i>					
hořčík	mg/l	DH 20 – 30; MH 10	3,1	13,3	7,94
sodík	mg/l	DH 5 – 25; MH 200	4,3	9,8	7,98
vápník	mg/l	DH 40 – 80; MH 30	20	114,6	62,04
<i>Anionty</i>					
dusičnany	mg/l	NMH 50	<0,005	15	10,84
dusitany	mg/l	NMH 0,5	<0,005	0,05	0,02
fluoridy	mg/l	NMH 1,5	0,06	<0,2	0,112
chloridy	mg/l	MH 100	4,8	20	13,36
sírany	mg/l	MH 250	<5	62	31

Tabulka 11: Iontové složení pitných vod z veřejných vodovodů (zásobujících více než 5000 obyvatel) [18]

	rozměr	norma	minimum	maximum	průměr
hořčík	mg/l	DH 20 – 30; MH 10	<0,5	69,4	9,88
sodík	mg/l	MH 200	<0,8	270	11,49
vápník	mg/l	DH 40 – 80; MH 30	0,62	220	61,69
vápník a hořčík	mmol/l	DH 2 – 3,5	0,18	7,86	2,22
železo	mg/l	MH 0,2	<0,005	10,7	0,1
dusičnany	mg/l	NMH 50	<0,1	105	16,07
dusitany	mg/l	NMH 0,5	0	1,6	0,01
fluoridy	mg/l	NMH 1,5	0,03	1,2	0,14
chloridy	mg/l	MH 100	<0,5	164,5	23,03
sírany	mg/l	MH 250	0,8	295,83	78,39
volný chlór	mg/l	MH 0,3	0	16,4	0,07

Tabulka 12: Iontové složení pitných vod z veřejných vodovodů (zásobujících do 5000 obyvatel) [18]

	rozměr	norma	minimum	maximum	průměr
hořčík	mg/l	DH 20 – 30; MH 10	<0,2	163	12,63
sodík	mg/l	MH 200	<0,1	426,9	12,79
vápník	mg/l	DH 40 – 80; MH 30	0,798	280	55,07
vápník a hořčík	mmol/l	DH 2 – 3,5	<0,06	13,11	1,91
železo	mg/l	MH 0,2	<0,003	5,48	0,1
dusičnany	mg/l	NMH 50	<0,01	149,8	19,36
dusitany	mg/l	NMH 0,5	0	13,85	0,01
fluoridy	mg/l	NMH 1,5	0,008	2,3	0,165
chloridy	mg/l	MH 100	<0,05	293	18,96
sírany	mg/l	MH 250	<1	485	56,16
volný chlór	mg/l	MH 0,3	0	10,34	0,08

Tabulka 13: Normy pro jednotlivé druhy vod

	rozměr	pramenitá voda	kojenecká voda	pitná voda
<i>Kationty</i>				
hořčík	mg/l	DH 20 – 30	DH 20 – 30	DH 20 – 30; MH 10
sodík	mg/l	DH 5 – 25; MH 100	MH 20	DH 5 – 25; MH 200
vápník	mg/l	DH 40 – 80	DH 40 – 80	DH 40 – 80; MH 30
<i>Anionty</i>				
dusičnany	mg/l	NMH 25	NMH 10	NMH 50
dusitany	mg/l	NMH 0,02	NMH 0,02	NMH 0,5
fluoridy	mg/l	NMH 0,7	NMH 0,7	NMH 1,5
chloridy	mg/l	MH 100	MH 100	MH 100
sírany	mg/l	MH 250	MH 250	MH 250

6 Závěr

Především je třeba konstatovat, že ke každodennímu pití nejsou vhodné přírodní minerální vody, protože přírodní minerální vody mají zpravidla velkou celkovou mineralizaci a specifický poměr jednotlivých iontů. Trvalá konzumace středně a silně mineralizovaných vod představuje zvýšené riziko vysokého krevního tlaku, ledvinových a žlučových kamenů, některých kloubních chorob, těhotenských komplikací nebo poruch fyzického vývoje u dětí. Minerální vody jsou vhodné jen jako nápoj určený k občasnému pití, zejména v případech, kdy běžně používaná pitná voda trpí nedostatkem některého z důležitých iontů, nebo je-li potřeba doplnit ionty například po zvýšené fyzické námaze. Některé, tzv. léčivé minerální vody, se využívají jako podpůrný prostředek při léčbě některých onemocnění. Toto využití by však mělo být krátkodobé a konzultované s lékařem.

Na druhou stranu konzumace velice slabě mineralizovaných až demineralizovaných vod rovněž lidskému zdraví neprospívá, protože takováto voda nejen že nám nedodává žádné potřebné ionty, ale ještě způsobuje zvýšenou diurézu, čímž paradoxně pití velmi slabě mineralizované vody může vést až k dehydrataci.

Z hlediska celkové mineralizace i rozložení iontů vychází tedy relativně nejvýhodněji pití vod ze skupiny pramenitých vod. I v těchto případech je však třeba dávat pozor na složení vybrané vody, neboť ani tyto nemají ve většině případů zcela optimální složení. Většina pramenitých vod trpí nedostatkem hořčíku. Vápníku bývá zpravidla dostatek, avšak většinou není dosaženo optimálního poměru mezi vápníkem a hořčíkem (2:1), což vede ke špatnému vstřebávání již tak malého množství hořčíku. Ze zkoumaných vod nejlepších výsledků dosáhla jak z hlediska doporučených množství vápníku a hořčíku, tak i z hlediska jejich vzájemného poměru pramenitá voda „Rajec“, která ale obsahuje menší koncentrace sodíku a draslíku než jsou doporučené hodnoty. Co se týče sycených vod, tak nevýhody konzumace těchto vod převažují nad výhodami, a tak sycené vody lze doporučit jen jako nápoj k výjimečnému a omezenému pití.

Pokud se jedná o vody z veřejných vodovodů, lze obecně říci, že ve většině případů voda odpovídá stanové normě. Nejčastějším překročeným parametrem je množství dusičnanů. Mezi složeními vod z jednotlivých úpraven

však panuje značný rozptyl, tyto hodnoty se navíc mění i v čase. Zkoumání vod z konkrétních úpraven je nad rámec této práce. Lze však konstatovat, že úpravny zásobující více než 5000 obyvatel mají o něco lepší ukazatele kvality vody než menší úpravny. V některých oblastech je voda z veřejného vodovodu velice kvalitní a nemá tudíž žádný smysl kupovat balenou pitnou ani pramenitou vodu. Každý odběratel by se měl v první řadě zajímat o složení vody z vodovodu, kterou má k dispozici, a teprve pak se rozhodovat o nákupu některé balené vody.

7 Použitá literatura

1. KOŽÍŠEK, František. Zdravotní rizika vody o vyšším obsahu minerálních látek. Balená voda zdravotní a hygienická hlediska. Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, 2005. Str. 101-132. ISBN 80-02-01763-3
2. KOŽÍŠEK, František. Rady spotřebitelů balených vod. Balená voda zdravotní a hygienická hlediska. Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, 2005. Str. 133-146. ISBN 80-02-01763-3
3. PITTER, Pavel. Výpočet celkové mineralizace a její význam v hydrochemii. Chemické listy [online]. 1998, ročník 92, číslo 10, str. 772-776 [cit. 2008-03-06]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1998_10_772-776.pdf. ISSN: 0009-2770
4. Kvalita pitné vody. [online]. [cit 2008-03-20]. http://www.vak-hod.cz/htm/informujeme/kvalita_vody.htm
5. Voda.[online]. 14. 3. 2008 [cit. 2008-03-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Voda>
6. KOŽÍŠEK, František. Zdravotní význam „tvrdosti“ pitné vody. Praha. Státní zdravotní ústav, 2000.
7. Vápník a hořčík. [online]. [cit 2008-03-15]. Dostupné z: <http://www.aquar.cz/VapnikHorcik.html>
8. KOŽÍŠEK, František, Jeligová Hana. Zdravotní význam sodíku ve vodách. Balená voda zdravotní a hygienická hlediska. Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, 2001. Str. 65-86.
9. Sodík. [online]. [cit 2008-02-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sod%C3%ADk>
10. KOŽÍŠEK, František. Zdravotní rizika pití demineralizované vody. SZÚ. Praha 2000
11. BERKOW, Robert, M.D. MSD kompendium klinické medicíny. Praha: X-Egem, 1996. Str.368, 862, 882, 898-900, 1012, 1015.
12. Draslík. [online]. [cit 2008-02-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Drasl%C3%ADk>

13. Kožíšek, František. Chemické složení, zdravotní účinek a vhodnost použití různých druhů balených vod. Balená voda zdravotní a hygienická hlediska. Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, 1993. Str. 19-32.
14. Draslík. [online]. [cit 2008-02-15]. Dostupné z:
http://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/55_2069.html
15. Hoříčik: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ho%C5%99%C4%8D%C3%ADk>
16. Benta, J, Sadílek, L. Hoříčik v přírodních minerálních vodách. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 1999, ročník 6, č. 2, str.53-62
17. Vyhláška MZ ČR č. 275/2004 Sb. o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy.
18. KRATZER, Karel, KOŽÍŠEK, František. Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR, Praha: SZÚ 2006
19. Vápník. [online]. [cit 2008-02-15]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1pn%C3%ADk>
20. VÝMOLA, František. Minerály a cévní choroby. Regenerace [online] 2002, ročník 8, číslo 5 [cit. 2008-03-09]. Dostupné z: <http://www.e-stranka.cz/regenerace/> ISSN: 1210-6631
21. PETR, Tomáš. Minerály a stopové prvky. Manuál prevence v lékařské praxi souborné vydání, 1. díl., str.36. Praha, SZÚ, 2005
22. ANDĚL, Michal a kol.. Vnitřní lékařství V. Praha: Karolinum 1996. Str. 174-177, 192. ISBN 80-7184-316-4
23. PETR, Tomáš. Minerály a stopové prvky. Manuál prevence v lékařské praxi. Praha: SZÚ 1998, str. 165.166
24. RUPRICH, Jiří, Vápník. [online]. SZÚ. Brno 2000 [cit. 2008-03-10]. Dostupné z: <http://www.chpr.szu.cz/monitor/tds00c/7chem/8vysled00/anorg00/pilot/CA.pdf>
25. LATZKOVÁ, Veronika. Kalcium- zdroje a skutečná spotřeba v jednotlivých typech diet. Praha: 3.LFUK 2007
26. KOŽÍŠEK, František. Zdravotní význam „tvrdosti“ pitné vody. Praha. Státní zdravotní ústav, 2000.

27. Železo. [online]. [cit 2008-02-15]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDlezo>
28. Člověk a pitná voda. [online]. [cit 2008-02-15]. Dostupné z:
http://posta.tf.czu.cz/U3V/U3V_text1-1.htm
29. Přehled balených vod vyráběných v ČR. [online]. 2005. [cit. 2007-03-07].
Dostupné z: <http://www.szu.cz/chzp/voda/pitna-voda/>
30. Hydrogenuhlčitany. [online]. [cit 2008-03-08]. Dostupné z:
<http://www.aquar.cz/uhlik.html>
31. PROVAZNÍK, Kamil, GOJIŠOVÁ, Eva. Hygiena chrupu a fluoridová
prevence. Manuál prevence v lékařské praxi VI. díl. Str. 131-132. Praha:
SZÚ 1998.
32. STRUNECKÁ, A., PATOČKA, J, LIMEBACK, H. Rizika fluoridové
suplementace u dětí. Klinická farmakologie a farmacie [online].2005,
ročník 19, č. 1. [cit. 2008-03-15] Dostupné na:
<http://www.solen.cz/pdfs/far/2005/01/10.pdf>
33. PROVAZNÍK, Kamil, HNÍKOVÁ, Olga. Jódové zásobení u dětí a
mládeže. Manuál prevence v lékařské praxi VI. díl. Str. 127-129. Praha:
SZÚ 1998.
34. Jód. [online]. [cit 2008-03-08]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/J%C3%B3d>
35. MICHEK, V. Mikrobiologické znečištění [online]. 2000 [cit. 2008 – 03 –
20]. Dostupné z: <http://www.fontanus.cz/?obsah=2e>
36. ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. Koloběh dusíku. From Encyklopedie
hydrobiologie : výkladový slovník [online]. Praha: VŠCHT Praha,
2007 [cit. 2008 – 03 – 20]. Available from www:
<http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=K006>
37. KUPKOVÁ, Olga, KOŽÍŠEK, František. Kojenecká a dětská
methemoglobinémie v ČR. Zpravodaj Ústředí Monitoringu a Centra
hygieny životního prostředí, 2004, ročník XI, č. 3, str. 1-2.
38. KOŽÍŠEK, František. Je vodovodní voda vhodná i pro kojence? Sovak,
2005, č. 11, str. 2-4

39. KOŽÍŠEK, František. Zdravotní rizika pití demineralizované vody. Praha: SZÚ 2000
40. KOŽÍŠEK, František. Malý průvodce spotřebitele balených vod [online]. NRC pro pitnou vodu, Státní zdravotní ústav, Praha.10.3.2001 [cit. 2008-3-5]. Dostupné z: http://www.narod-sobe.cz/clovek/kultura/jidlo/Voda/druhy_a_vyuziti_balenych_vod.htm
41. ČÍŽEK, Karel. Povídání o balených vodách. Průhledy [online]. 17.6.2005 [cit. 2008-02-26]. Dostupné z: http://www.pruhledy.unas.cz/pol.php?ol_id=7&menu=0
42. Vyhláška MZ ČR č. 252/2004 Sb., která stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu, četnost a rozsah kontrol pitné vody.
43. KOŽÍŠEK, František. Účinky vody s oxidem uhličitým na lidské zdraví. Balená voda zdravotní a hygienická hlediska. Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, 2003.
44. Člověk a pitná voda[online]. [cit. 2008-03-20]. Dostupné z: http://posta.tf.czu.cz/U3V/U3V_text1-1.htm
45. ZUMR, Vladimír. Přehled technologií úprav vod[online]. 22.5.2006 [cit. 2008-03-20].Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3313&h=221&pl=37>
46. BRAUNER, František. JÍLKOVÁ, Ingrid.Vysvětlení fyzikálních a chemických procesů při úpravě pitné vody [online]. 27.11.2005 [cit. 2008-03-20]. Dostupné z: <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=107>
47. Pitná voda, zdroje pitné vody,... [online]. [cit. 2008-03-20]. Dostupné z: <http://www.ondeo.cz/html/voda/pitna/zdroje.htm#>
48. KOŽÍŠEK, Fr., ŠAŠEK, Jar., KOPECKÝ, Jar. Problematika desinfekce vody UV zářením. [online]. [cit. 2008-03-20]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/chzp/voda/pitna-voda/uv.html>
49. Zásobování obyvatelstva pitnou vodou. [online]. [cit. 2008-03-20]. http://envis.praha-mesto.cz/rocnky/Pr_02/B2_02.htm