

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ
KATEDRA BIOFYZIKY A FYZIKÁLNÍ CHEMIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VLIV PITÍ DEIONIZOVANÉ VODY NA LIDSKÉ ZDRAVÍ

Vedoucí bakalářské práce: Ing. MARTIN DRASTÍK, Ph.D.

HRADEC KRÁLOVÉ, 2015

JANA MEJTSKÁ

Poděkování

Chtěla bych na tomto místě poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Drastíkovi, Ph.D. za vedení práce, rady a připomínky, které mi pomohly. Dále bych chtěla poděkovat mému konzultantovi MUDr. Františku Kožíškovi, CSc. za poskytnuté materiály a doplňující informace k mé práci. Dále bych ráda poděkovala svému partnerovi za podporu a trpělivost během mého studia .

Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem. Veškerá literatura a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a v práci jsou řádně citovány. Práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného titulu.“

V Hradci Králové 21.03.2015

Jana Mejtská

Abstrakt CZ

Práce se zabývá vhodností pití deionizované vody, která je chudá na minerální látky. V první části je popisováno, co to vlastně voda je, jak je nezbytná pro každou buňku. Voda pomáhá přenášet kyslík do buněk, transportuje odpadní látky a chrání klouby a orgány. Dále je diskutováno rozdělení vody do několika skupin. Pro člověka je nepostradatelná pitná voda. Z tohoto důvodu je této problematice věnována druhá část. Třetí část se zabývá destilovanou vodou, jejím složením a výrobou. Čtvrtá a pátá část je věnována možnostem stanovení prvků ve vodě. V šesté kapitole je rozebrán vliv deionizované vody na lidské zdraví. Nejprve je v této části popsáno, proč tento zdroj vody lidé začali využívat jako součást „pitného režimu“. Následuje popis několika studií prováděných na laboratorních zvířatech a dobrovolnících. Sedmá část je věnována nezbytným minerálním látkám a popisování jejich klíčové úlohy pro lidské tělo a následky jejich nedostatku.

Klíčová slova: pitná voda, destilovaná voda, deionizovaná voda, demineralizovaná voda, minerální látky

Abstrakt EN

This bachelor thesis deals with suitability of drinking of deionized water, water deprived of minerals. The first part describes what basically water is and how it is important for each cell. Water helps transport oxygen to cells, transports waste matter and protects joints and organs. Afterwards the division of water into several groups is discussed. Drinking water is indispensable for human body. For that reason this issue is elaborated in the second part. The third part deals with distilled water, its composition and production. The fourth and the fifth parts, are dedicated to the possibilities of elemental analysis in water samples. The impact of deionized water on human health is fleshed out in the sixth part. The reasons why people drink deionized water as a part of their water intake are mentioned in this part, together with description of several studies performed on laboratory animals and volunteers. The seventh part is devoted to essential mineral substances and their crucial role for human body. The consequences of essential minerals deficiency are mentioned as well.

Keywords: drinking water, distilled water, deionized water, demineralized water, minerals

1. Obsah

2. Úvod	8
3. Teoretická část	9
3.1 Voda	9
3.2 Pitná voda jako zdroj tekutiny a esenciálních prvků	10
3.2.1 Kontrola kvality vody.....	11
3.3 Destilovaná voda.....	11
3.3.1 Co je destilovaná voda	11
3.3.2 Výroba demineralizované vody.....	12
3.3.3 Postup výroby destilované vody	13
3.4 Atomová absorpční spektrometrie	15
3.4.1 Co to je atomová absorpční spektrometrie	15
3.4.2 Atomový absorpční spektrometr	16
3.5 Atomová emisní spektrometrie	17
3.5.1 Atomový emisní spektrometr	17
3.6 Zdravotní rizika.....	18
3.7 Význam jednotlivých prvků	22
3.7.1 Vápník.....	22
3.7.2 Hořčík	22
3.7.3 Sodík.....	23
3.7.4 Draslík.....	23
3.7.5 Chloridy	24

3.7.6	Fluoridy.....	24
3.7.7	Síra.....	25
3.7.8	Hydrogenuhlíčitany	25
3.7.9	Křemík	25
3.7.10	Jód	25
3.7.11	Mangan	26
3.7.12	Železo	26
3.7.13	Selen.....	26
3.7.14	Měď	27
3.7.15	Zinek	27
3.7.16	Fosfor	27
4.	Závěr.....	28
5.	Použité zkratky	29
6.	Seznam obrázků	30
7.	Použitá literatura.....	31

2. Úvod

V současné době je skladbě stravy spolu s pitným režimem, jakožto faktorům vyvolávajícím onemocnění, věnováno stále více pozornosti. Vyvážená strava je důležitá součást našeho života, udržuje nás zdravé a fit. K tomu je zapotřebí, aby bylo tělo dostatečně zásobeno všemi životně důležitými živinami, jako jsou tuky, sacharidy, bílkoviny, vitamíny. Nezbytné pro zdraví jsou také minerální látky. Protože ale tělo nedokáže minerální látky tvořit, je odkázáno na zevní zdroje, tj. na potraviny a tekutiny.

Zadáním této práce bylo, formou literární rešerše, shrnout poznatky z literárních zdrojů věnujícím se studiu vlivu deionizované vody, vody chudé na minerální látky, na lidské zdraví.

3. Teoretická část

3.1 Voda

Voda je základní součást každé buňky, stavební materiál jednotlivých buněčných složek, ochranná látka pro důležité orgány (nervový systém), rozpouštědlo (umožňuje transport živin, hormonů, enzymů), transportní prostředek pro odpadní produkty látkové výměny, hlavní součást zaživacích enzymů, podílí se na resorpci živin a při biochemických pochodech (Stránský, 2010).

Voda tvoří mezimolekulární vodíkové můstky. Rozpouští, disociuje polární i nepolární látky. Je vhodným prostředkem pro biologicky aktivní látky anorganické a organické. Vytváří vhodné prostředí pro biologické děje probíhající ve všech stupních vývoje organismů. Usnadňuje trávení, napomáhá vstřebávání živin, je nepostradatelná pro metabolismus a regulaci tělesné teploty. Řadí se k základním nekalorickým živinám (Čermák a kol., 2002).

Podle výskytu se přírodní voda dělí na atmosférickou, povrchovou a podzemní. Podle použití se dělí na vodu odpadní, provozní, užitkovou a pitnou. (Pitter, 1999).

Podle tvrdosti vodu dělíme:

1. Tvrdá voda - obsahuje vápenaté a hořečnaté soli. Mýdlo zde nepění, vytváří sraženinu. Dochází k reakci mýdla se solí. Tvrdost vody může být přechodná nebo trvalá. Přechodná tvrdost je způsobena přítomností rozpuštěného hydrogenuhličitanu vápenatého. Po převaření vzniká bílý nerozpustný uhličitan vápenatý, vodní kámen. Příčinou trvalé tvrdosti jsou vápenaté a hořečnaté soli (hlavně chloridy). Odstranit jde např. destilací, získáme tak čistou vodu, bez solí. Docílit změkčení lze také iontovou výměnou. K tomu je nutný iontoměnič. Ten odstraní vápenaté a hořečnaté ionty a náhradou za sodné ionty. Použít můžeme také změkčovadla, např. krystalickou sodu. Změkčovadla s vápenatými a hořečnatými solemi tvoří rozpustné sloučeniny, nevzniká tak sraženina.

2. Měkká voda - neobsahuje soli, s mýdlem netvoří sraženinu a po převaření nevzniká na stěnách vodní kámen. (Stockleyová a kol., 2003)

I srážková voda, považovaná kdysi za velmi čistou, obsahuje další látky, 10 - 100 mg/l různých sloučenin. Voda do sebe přejímá hlavně plynné látky (kyslík a dusík, oxidy uhlíku, dusíku, síry), malé množství různých solí a prachu, pyl, bakterie, viry, spory

sinic, řas a plísní. Podzemní a pramenitá voda, pojímá také rozpuštěné minerální soli, hlavně chloridy, sírany, bromidy a uhličitany. (Bratrych, 2005)

Molekula vody tvoří dipól. U kyslíku, který je větší, se objevuje záporný náboj, na straně vodíku je kladný náboj. Molekuly vody se lehce řetězí jedna za druhou, to dává vodě tekutý charakter. Síly, které působí mezi molekulami vody, se nazývají vodíkové můstky. Díky nim se celek projevuje jako kapalina. Elektrochemické síly způsobují, že se molekula vody může vázat se všemi látkami, jež mají navenek pozitivní nebo negativní náboj. Voda potom rozpouští anebo hydratuje látky v okolí. Dipólové vlastnosti vody způsobují, že roztoky vody mají nezanedbatelný význam v reakcích v živých organismech. (Němec a kol., 2006)

Acidobazická rovnováha pitné vody je určována hlavně kyselinou uhličitou. Pohybuje se v rozsahu pH 4,5-8,3 koncentrace kyseliny uhličitě a hydrogenuhličitanového aniontu. (Malý a Malá, 2006).

3.2 Pitná voda jako zdroj tekutiny a esenciálních prvků

V přírodě se vyskytující voda, ať již podzemní či povrchová, která byla odpradáвна používána k pitným účelům, není nikdy chemicky čistou sloučeninou H₂O, ale jedná se o systém ve vodě rozpuštěných plynů a především minerálních a zčásti též organických látek přírodního původu. V závislosti na místních geologických podmínkách můžeme nalézat vodu velmi různého složení. Obvyklé hodnoty celkového obsahu rozpuštěných látek u podzemních a sladkých povrchových vod se pohybují v řádu několika set miligramů na litr. (Kožíšek a kol., 2010)

Hlavní funkcí pitné vody je dodávat organismu vodu – tekutinu – ale díky přítomným minerálním látkám může být pitná voda zároveň i jedním z žádoucích zdrojů některých esenciálních prvků: vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku, chloridů, fluoridů, síranů, hydrogenuhličitanů, křemíku, jodu, manganu, železa, dalších stopových prvků (měď, selen atd.).

Obvyklý podíl pitné vody na celkovém denním přívodu těchto prvků je méně než 10 %, i když v některých případech to může být až 30 % nebo 50 %. Nicméně i těch méně než 10 % se může za určitých okolností na zdravotním stavu projevit, a to zejména tehdy, když příjem prvku z potravy je nedostatečný a organismus je v hraničním či zjevném deficitu. Vedle toho je také důležité, aby pitná voda – bez ohledu na dietární přívod prvků – obsahovala určité minimální množství rozpuštěných látek. (Kožíšek a kol., 2010)

Biologické funkce minerálních látek v organismu jsou pestré: jsou stavebním materiálem pro tkáně, udržují propustnost buněčných membrán, regulují a udržují stálý osmotický tlak v tělesných tekutinách, ovlivňují převod vzruchů nervových drah, regulují acidobazickou rovnováhu, kontrolují metabolické pochody, jsou součástí biologicky účinných látek (hormonů, enzymů, hemoglobinu atd.), jsou součástí intra- a extracelulární tekutiny. (Stránský, 2010)

3.2.1 Kontrola kvality vody

Díky zákonu o ochraně veřejného zdraví musí být všechny rozborů pitné vody provedené podle tohoto zákona zaznamenány do informačního systému PiVo (IS PiVo) provozovaného Ministerstvem zdravotnictví České republiky. Od roku 2004 jsou zprávy zpracovávány na základě údajů z veřejných vodovodů České republiky a z většiny veřejných studní. Dle zprávy o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2012: „Podle zákona č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví v platném znění mohou být do IS PiVo vloženy výsledky rozborů vzorků pouze v tom případě, že jejich analýza byla provedena v laboratoři, která má platné osvědčení o akreditaci, autorizaci nebo o správné činnosti laboratoře. Průběžnou kontrolu zajištění systému QA/QC v těchto laboratořích provádí orgán vydávající osvědčení (ČIA, SZÚ, ASLAB). Orgán ochrany veřejného zdraví (územní pracoviště KHS) ověřuje, zda laboratoř má předepsané platné osvědčení.“ (Kožíšek a kol., 2012)

3.3 Destilovaná voda

3.3.1 Co je destilovaná voda

Pod pojmem „demineralizovaná voda“, nebo-li destilovaná voda, se rozumí voda téměř či úplně zbavena rozpuštěných minerálních látek. (Kožíšek, 2001)

Destilovaná voda se vyznačuje tím, že je sníženo až o 96 % množství minerálních látek a až o 98 % množství organických látek vůči vstupní vodě, tím pádem nezpůsobuje tvorbu vodního kamene. Destilovaná voda je čirá, bezbarvá, v silné vrstvě namodralá kapalina bez chuti a zápachu. Za normálního tlaku 101 kPa má teplotu tání 0 °C a teplotu varu 100 °C. Největší hustotu 1g/cm³ má voda při 4 °C. (Zavřel, 2009) Elektrická vodivost vody je menší než 2 mS/m, často dokonce menší než 0,1 mS/m). (Kožíšek, 2001)

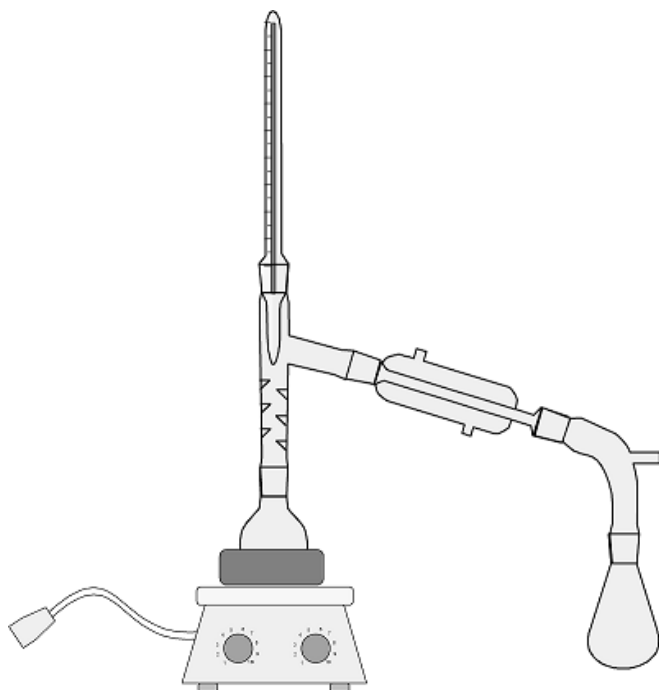
Nejsnazší metodou získání skoro čisté vody ze směsi je destilace. Jedna z nejběžnějších současných metod je reverzní osmóza, která poskytuje vodu víc čistou než destilace (Zavřel, 2009). Destilovaná voda je tak čistá, že se používá v lékárně pro výrobu tekutých léků. Může se nalévat do elektrických napařovacích žehliček a autobaterií. Co se týká případného použití jako určité náhrady klasické pitné vody, tedy upravené vody, nezanechává v těle žádné usazeniny, neobsahuje žádnou sůl, žádný sodík. (Bragg a Braggová, 1998)

3.3.2 Výroba demineralizované vody

Demineralizovanou vodu získáme několika způsoby, a to destilací, deionizací, reverzní osmózou nebo elektrodialýzou.

1. Destilace = metoda založená na čištění látek nebo rozdělování směsí látek podle bodu varu. Je to nejstarší způsob „odsolování“ vody. Voda se ve varné nádobě postupně přeměňuje v páru a po průchodu chladičem kondenzuje na destilovanou vodu. Destilát se jímá podle bodu varu, příměsí zůstanou v prvním podílu před dosažením žádoucí teploty a v konečném zbytku.

Obr. 1 Destilační aparatura



Zdroj: Program ChemSketch

2. Deionizace = je metoda, která využívá schopnosti určitých makromolekulárních látek (např. syntetických pryskyřic) – tzv. ionexů (iontoměníčů), které obsahují funkční skupiny schopné zachycovat ionty z roztoku.

3. Demineralizace = je zvláštním druhem deionizace. Je to ionexové odstraňování kationtů a aniontů z vody, včetně oxidů křemíku a uhlíku, které se běžnou deionizací z vody neodstraní. Pro tento účel se používá kombinace silně kyselého katexu v H^+ cyklu a silně bazického anexu v OH^- cyklu.

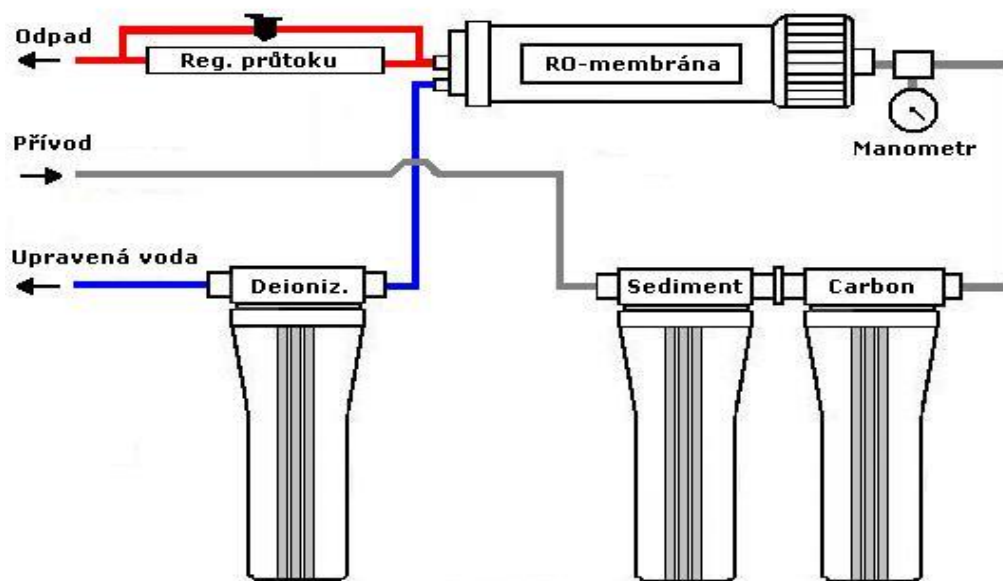
4. Membránová filtrace (reverzní osmóza, nanofiltrace) = je metoda využívající se k oddělení anorganických solí a menších organických molekul pod tlakem. Používá se polopropustná membrána (propouští vodu, ne rozpuštěné látky) a tlak musí být vyšší než osmotický tlak rozpuštěných látek. Odstraňují se částice (ionty) o velikosti jednotek nanometrů a menší.

5. Elektrodialýza = je metoda k odstranění anorganických iontů, založená na principu separace solí v elektrickém poli pomocí polopropustných membrán s ionexovými vlastnostmi. (Kožíšek, 2001)

3.3.3 Postup výroby destilované vody

Přístroje na výrobu destilované vody se skládají z filtru na odstranění mechanických nečistot a chlóru, reverzně osmotického modulu a ionexové patrony.

Obr. 2 Výroba demineralizované vody



Zdroj: <http://www.destilovana-voda.cz/o-destilovane-vode/>

Popis jednotlivých stupňů čištění:

- 1. stupeň: mikronový polypropylenový sedimentační filtr**, který efektivně odstraňuje rez, písek a další mechanické nečistoty ze vstupní vody.
- 2. stupeň: aktivní uhlí**, které absorbuje z vody těžké kovy, organické chemikálie a až 99% chlóru.
- 3. stupeň: reverzní osmóza** (tzn. srdce výroby destilované vody) odstraňuje z vody tyto látky: olovo, měď, baryum, chrom, rtuť, sodík, vápník, fluoridy, dusitany dusičnany, selen. Technologie reverzní osmózy je využívána především při přípravě pitné vody v úpravně - čističce na vodu pro domácnost a průmysl, pro filtraci a odstranění železa, manganu, radonu, těžkých kovů, pesticidů, dusičnanů, tvrdosti vody, bakterií, virů atd.
- 4. stupeň: deionizace** je poslední úprava vody, kdy je destilovaná voda zbavena zbytkových nečistot, které membrána reverzní osmózy nezachytí, jedná se o fosfáty, křemičitany, nitráty. (Zavřel, 2009)

3.4 Atomová absorpční spektrometrie

3.4.1 Co to je atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je optická metoda využívající se ke stanovení koncentrace převážně kovových prvků. Uplatňuje se při stanovení v biologických materiálech, ve vzorcích životního prostředí, potravin a také vody díky své vysoké citlivosti a selektivitě. (Komínková a Mestek, 1997)

Při AAS se využívá měření absorpance elektromagnetického záření volnými atomy prvků. Při absorpci elektromagnetického záření (fotonu) se atom převede do vyššího energetického stavu. Po absorpci může být energie opět vyzářena ve formě fotonu, toto nazýváme atomovou fluorescencí. Tohoto jevu potom využívá atomová fluorescenční spektrometrie. (Němcová a kol., 2004)

Přechod atomu z nižší energetické hladiny m na vyšší hladinu n není spontánní, je vynucen přítomností záření o vhodné frekvenci ν_{mn} . Energie fotonu $h\nu_{mn}$ odpovídá energetickému rozdílu mezi hladinami m a n :

$$\Delta E_{mn} = h\nu_{mn} = hc / \lambda$$

E značí energii, h je Planckova konstanta, c je rychlost světla a λ je vlnová délka záření. Absorpcí fotonu vzniká excitovaný atom, který může samovolně přejít na nižší energetický stav m , přičemž rozdíl energií ΔE_{mn} může vyjádřit v podobě fotonu o stejné frekvenci $\nu_{mn} = \nu_{nm}$. Rozdíl energií, odpovídajících přechodu mezi energetickými stavy m a n při pohlcení nebo vyzáření fotonu je co do absolutní hodnoty stejný a liší se jen znaménkem. (Komínková a Mestek, 1997)

Metoda AAS je metodou srovnávací a měřenou veličinou je zde absorpance. Hodnota absorpance je mírou koncentrace sledovaného prvku a nezávisí na velikosti zářivého zdroje. Vyhodnocování výsledků se provádí metodou kalibrační křivky sestavené proměřením absorpancí srovnávacích roztoků o známé koncentraci nebo metodou standardních přídavek.

Podle zvoleného způsobu se AAS dělí na:

- Plamenovou AAS (Flame atomic absorption spectrometry, FAAS),
- Elektrotermickou AAS (Electrothermal atomic absorption spectrometry, ETAAS).

(Komínková a Mestek, 1997)

3.4.2 Atomový absorpční spektrometr

Základní konstrukční prvky atomového absorpčního spektrometru jsou: zdroj monochromatického záření, atomizátor, monochromátor, detektor a zpracování signálu počítačem.

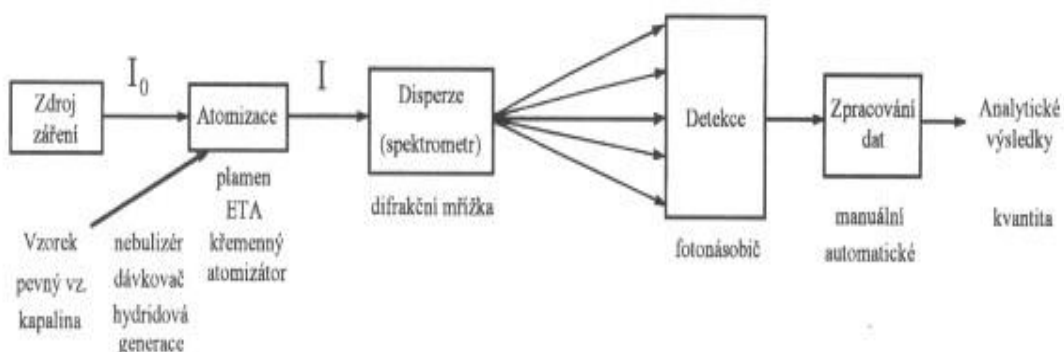
1. Zdroj záření = primárním zdrojem záření je nízkotlaková výbojka s dutou katodou nebo vysokofrekvenční bezelektrodová výbojka. Obě nejlépe splňují požadavek na primární záření, které musí mít vysokou zářivou energii soustředěnou do úzkého spektrálního intervalu.

2. Atomizátor = je to systém, který je schopný dostatečně účinně převést stanovované prvky z roztoku vzorku do plynného atomárního stavu. Základním požadavkem na atomizátor je, aby poskytoval co nejvyšší koncentraci volných atomů v základním energetickém stavu. Jedna z technik využívá plamene, kde musí být teplota 2000 až 3000 K. Pro atomizaci je využito prostředí laminárně předmíchaného plamene (směs acetylenu a vzduchu).

3. Monochromátor = využívá se k izolaci záření vhodné vlnové délky. Často se využívá interferometricky zhotovených mřížek pro rozsah vlnových délek 190 až 900 nm. Nároky na rozlišovací schopnost nejsou velké díky zdroji primárního záření, který emituje dostatečně úzké čáry.

4. Detektor = pro detekci záření se využívá hlavně fotonásobič. Jeho výhodou je vysoká citlivost. Výsledný signál je registrován analogickým zařízením nebo se převede do digitální formy, které umožňuje další matematické zpracování. (Němcová a kol., 2004)

Obr. 3 Atomový absorpční spektrometr



Zdroj: Němcová a kol., 2004 (převzato). Dostupné z:

http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/prif/ps09/9045979/web/kapitola5/img51_1.html

3.5 Atomová emisní spektrometrie

Atomová emisní spektrometrie (AES) je další z metod pro stanovení prvků v látce s řádově rozdílnými koncentracemi. Měří se intenzita emisních čar atomové páry prvku generovaného z analyzované látky. K emisi záření charakteristické vlnové délky dochází při návratu elektronů z excitovaného stavu zpět do základního stavu. K vyhodnocování výsledků se používá stejně jako u AAS metoda kalibrační křivky sestavené proměřením absorbancí srovnávacích roztoků o známé koncentraci nebo metoda standardních přídavků. (Praus a Plachá, 2008)

3.5.1 Atomový emisní spektrometr

Atomový emisní spektrometr se skládá z budícího zdroje, monochromátoru, detektoru a zpracování výstupního signálu (PC).

Podle budícího zdroje AES dělíme na:

- Plamenou AES (jiskrový a obloukový výboj)
- Plazmovou AES.

Plazma vzniká působením elektromagnetického pole pomocí indukční cívky v prostředí argonu při teplotě více než 3 500 °C. Plazmový hořák je z taveného křemene. Při

metodě s jiskrovým výbojem se využívá vysokonapěťové nebo středněnapěťové napětí mezi dvěma elektrodami. Je zde dosahováno teplot až

30 000 °C. Obloukové výboje jsou tvořeny obloukem stejnosměrného nebo střídavého proudu. (Praus a Plachá, 2008)

1. Monochromátor = využívá se difrakční mřížka nebo hranol. Rozklad záření na hranolu je založen na závislosti indexu lomu na vlnové délce. Mřížka často bývá reflexní, tvořena mnoha paralelními vrypky na ploché destičce. Rozlišovací schopnost mřížky na rozdíl od hranolu nezávisí na vlnové délce, ale na celkovém počtu vrypů. Rozlišení je také závislé na řádu spektra.

2. Detektor = pro detekci se využívá fotografický a fotoelektrický detektor. Dnes se k detekci využívají hlavně fotoelektrické články v podobě vakuovaných fotonek či fotonásobičů nebo polovodičové fotoelektrické články. (Praus a Plachá, 2008)

3.6 Zdravotní rizika

Poznatky o účincích demineralizované vody byly získány pokusy na laboratorních zvířatech a lidských dobrovolnících a také pozorováním obyvatel žijících ve městech zásobovaných odsolenou vodou. (Kožíšek, 2001)

Zvýšené povědomí o biologické hodnotě vody se objevilo v posledních několika desetiletích. Uměle vyráběná demineralizovaná voda, nejprve destilovaná voda a později i deionizovaná nebo reverzní osmózou ošetřená voda, byla používána především pro průmyslové, technické a laboratorní účely. Tyto technologie se začaly ve větší míře uplatňovat v 60. letech 20. století také k získání omezených zdrojů pitné vody v některých pobřežních a vnitrozemských suchých oblastech. Důvodem byly zvýšené vodní nároky vyplývající z rostoucí populace, vyšší životní úroveň, rozvoj průmyslu a masová turistika. Bylo potřeba demineralizace vody, kde zdrojem vody k dispozici byla velmi mineralizovaná braktická voda nebo mořská voda. Zásobování pitnou vodou bylo také problematické na oceánských lodích a kosmických lodích. (Kožíšek, 2005)

Znalost některých účinků konzumace demineralizované vody je založen na experimentálních a observačních údajích. Experimenty byly prováděny na laboratorních zvířatech a lidských dobrovolnících. Observační údaje byly získány z populací, kterým byla dodávána odsolená voda. Vzhledem k málo informacím, které byly k dispozici z těchto studií, hodnotily se také výsledky epidemiologických studií, kde

účinky na zdraví byly srovnávány v populaci zásobenou demineralizovanou (měkkou) vodou a populaci zásobenou minerálně bohatou vodou. (Kožíšek, 2005)

Demineralizovaná voda, která byla re-mineralizovaná, je považována za extrémní případ měkké vody, protože obsahuje pouze malé množství rozpuštěných minerálních látek, jako je vápník a hořčík, které zásadním způsobem přispívají k tvrdosti.

Možné nepříznivé důsledky nízkého obsahu minerálních látek ve vodě byly sledovány v následujících kategoriích:

- Přímé účinky na střevní sliznici, metabolismus a minerální homeostázy a další tělesné funkce.
- Malý nebo žádný příjem vápníku a hořčíku z deionizované vody.
- Nízký příjem jiných než podstatných prvků a stopových prvků.
- Ztráty vápníku, hořčíku a dalších důležitých prvků při přípravě jídla.
- Možný zvýšený dietární příjem toxických kovů.

Nízký obsah minerálních látek ve vodě (rozpuštěných látek <50 mg/l) může mít negativní chuťové vlastnosti, na které si spotřebitel může časem zvyknout. Tato voda také hůře hasí žízeň. I když toto není považováno za účinky na zdraví, mělo by to být bráno v úvahu při zvažování vhodnosti pro člověka. Špatné organoleptické a žízeň hasící vlastnosti mohou ovlivnit vyšší množství spotřebované vody nebo způsobí, že lidé hledají jiné, možná méně uspokojujivé vodní zdroje. (Kožíšek, 2005)

Williams (1963) uvádí, že destilovaná voda zavedená do střeva krys způsobí abnormální změny v epitelálních buňkách krys, možná v důsledku osmotického šoku. Využil k tomu několik skupin dospělých krys, na kterých pozoroval změny v tenkém střevě s různým časovým odstupem (60min, 10min, 3min a 10sec) po podání destilované vody.

Stejných závěrů však nedosáhl Schumann et al. (1993), ve studii založené na 14-ti denních experimentech na krysách. Histologické rozbory neodhalily žádné známky eroze, vředy nebo zánět v jícnu, žaludku a jejunu. V současné době z údajů, které jsou k dispozici, není jednoznačně prokázán přímý negativní vliv nízkého obsahu minerálů ve vodě na gastrointestinální sliznici. Experimenty u zvířat, především krys, po dobu až jednoho roku opakovaně ukázaly, že příjem destilované vody nebo vody s rozpuštěných látek ≤ 75 mg /l vede k:

1. Zvýšenému příjmu vody, zvýšení diurézy, objemu extracelulární tekutiny a sérové koncentrace sodíku a chloridových iontů a jejich zvýšené vylučování z těla, což vede

k celkově negativní bilanci.

2. Nižší objem červených krvinek a některé další změny hematokritu. (Kožíšek, 2005)

Deionizovaná voda působí na osmoreceptory trávicího traktu, což zvyšuje průtok sodíkových iontů do lumenu střeva a dochází k mírnému snížení osmotického tlaku v žilním systému s následným zvýšením uvolňování sodíku do krve jako odpověď na adaptace. Tyto osmotické změny v krevní plazmě způsobí redistribuci tělních tekutin. To znamená, že se zvýší celkový objem extracelulární tekutiny a přenos vody z erytrocytů a intersticiální tekutiny do plazmy a přesun mezi intracelulární a intersticiální tekutinou. V reakci na změněný objem plazmy dochází k aktivaci baroreceptorů krevního řečiště, což vyvolá pokles uvolňování aldosteronu a tím i zvýšení odstranění sodíku. Reaktivita objemových receptory v cévách může mít za následek snížení uvolnění ADH a zvýšení diurézy. Přerozdělování tělesných tekutin může ohrozit funkci životně důležitých orgánů. K symptomům v začátcích tohoto stavu patří únava, slabost a bolesti hlavy. Více závažné příznaky jsou svalové křeče a snížení hodnoty tepové frekvence. (Kožíšek, 2005)

Jak se uvádí ve studii (Kožíšek, 2005), nenašly se mutagenní nebo gonadotoxické účinky destilované vody na organismus, bylo hlášeno snížení sekrece trijodthyroninu a aldosteronu, zvýšení sekrece kortizolu, morfologické změny v ledvinách, včetně výraznější atrofie glomerulů a otoků cévního endotelu, což omezuje průtok krve. Také byla nalezena snížená kostní osifikace u potkaních plodů. Očividně snížený příjem minerální vody nebyl kompenzován ze stravy, a to i v případě, že zvířata byla na standardizované dietě, která byla fyziologicky adekvátní v kalorických hodnotách živin. Výsledky pokusů na lidských dobrovolnících hodnocených výzkumníky ve zprávě Světové zdravotnické organizace jsou v souladu s těmi v pokusech na zvířatech a naznačují základní mechanismus účinku vody s nízkým obsahem rozpuštěných látek ve vodě (např. <100 mg /l).

V minulosti byly akutní zdravotní problémy hlášeny např. u horolezců, kteří si připravovali své nápoje s rozpuštěného sněhu, kde nebyly doplněny potřebné ionty. Závažnější průběh takového stavu představuje edém mozku, křeče a metabolická acidóza. (Anonymous, 1993)

Použití demineralizované vody pro vaření a zpracování potravin může způsobit výrazný nedostatek v celkovém příjmu některých podstatných prvků, který byl mnohem vyšší, než se očekávalo při použití takové vody pouze pro pití. Současná strava mnoha osob obvykle neposkytuje všechny potřebné prvky v dostatečném množství, a proto jakýkoliv faktor, který vede ke ztrátě podstatných prvků a živin v průběhu zpracování a příprava jídla by mohlo být zdraví škodlivé. (Kožíšek, 2005)

K dalším ztrátám dochází např. při vaření pokrmů v „měkké“ vodě. U hořčíku, vápníku to je až 60 % minerálů, u mědi 66 %, manganu 70 % a kobaltu 86 %. (Dolejš a Janda, 2001)

Také bylo zjištěno, že: „ačkoliv není pitná voda hlavním zdrojem vápníku a hořčíku v lidské výživě, ani strava bohatá na tyto ionty nedokáže kompenzovat absenci těchto iontů – tedy složek tzv. „tvrdosti vody“ – v konzumované pitné vodě. Mnoha desítkami kvalitních vědeckých studií z různých zemí světa bylo zjištěno, že konzumace tzv. „měkké vody“ vede ke statisticky významnému zvýšení nemocnosti i úmrtnosti na kardiovaskulární choroby, k odvápnění kostí, pravděpodobně též ke vzniku některých nádorů, náhlých úmrtí a některých těhotenských komplikací. Reverzní osmóza však snižuje i příjem jiných, pro život nezbytných (esenciálních) prvků než je vápník a hořčík, např. jód, kobalt, měď, mangan, molybden, zinek, fluor atd. Ve vodě jsou tyto součásti přítomny zpravidla ve volném, iontovém stavu. Proto jsou z vody tyto prvky vstřebávány mnohem lépe než z potravy, kde jsou vázány na jiné látky nebo kde jsou mnohdy přítomny v nerozpuštěném stavu.“ (Dolejš a Janda, 2001)

Ve vodě obsažený vápník i hořčík mají prospěšnou antitoxickou funkci. Buď přímou reakcí za vzniku nevstřebatelné sloučeniny, nebo kompeticí na vazebná místa. To zabraňuje vstřebání některých toxických prvků, např. olova a kadmia nebo hliníku, a jejich přechodu ze střeva do krve v případě neurodegenerativních poruch (Kožíšek a Rosborg, 2008). Podobný účinek se přisuzuje i křemíku ve vodě. Tento ochranný účinek bude zřejmě kvantitativně limitován (Kožíšek a kol., 2010).

Při dlouhodobém nízkém přísunu minerálů čerpá organismus ze zásob uložených v játrech, svalech a kostech. Nejvýznamnější je nedostatek železa, vápníku a jódu. V poslední době je také kladen důraz na dostatek hořčíku a zinku. Mezi nejdůležitější minerály pro lidské tělo patří sodík, draslík, vápník, fosfor, chlór, hořčík a síra. (Trojan a kol., 2003)

I další studie uvedené mj. v práci Kožíšek (2006) ukazují negativní dopady destilované vody nebo vody s nízkým obsahem rozpuštěných látek (<100 mg/ l) u některých sledovaných parametrů, např. poměr určitých elektrolytů (chloridy, sodík, vápník), lipidů, diuréza, funkce žláz, embryonální vývoj, morfologii vnitřních orgánů.

3.7 Význam jednotlivých prvků

3.7.1 Vápník

Vápník je nezbytný pro nervosvalový přenos, srážení krve, stažlivost srdečního svalu, ovlivňuje propustnost buněčných membrán. (Trojan a kol., 2003)

Vápenaté ionty zprostředkovávají jako "intracelulární trasmitter" elektromechanické spřažení. Stimulují uvolňování neurotransmiterů (synaptický přenos) a hormonů, sekreční činnost exokrinních žláz a řadu enzymů (fosfolipáza A, adenylátcykláza, fosfodiesteráza atd.). Vápenaté ionty aktivují některé kanály pro draselné ionty. Extracelulární vápenaté ionty stabilizují kanály pro sodné ionty, snižují propustnost bazální membrány (Sibernagl, 2001). Vápník je také důležitý pro tvorba kostí a zubů. Je to velmi důležitý prvek v průběhu těhotenství (Stránský, 2010).

Vápník i hořčík mají navíc i prospěšnou antitoxickou funkci. Zabraňují vstřebávání toxických prvků, např. olova, kadmia, rtuti apod. Používáním demineralizované vody se u člověka zvyšuje nebezpečí intoxikace organismu toxickými látkami přijímanými ze vzduchu a z potravy. (Dolejš a Janda, 2001)

Samotný vápník má pravděpodobně pozitivní ochranný účinek na vznik některých neurologických poruch ve stáří, jak ukázala francouzská případová studie: výsledky v oblasti s obsahem vápníku > 75 mg/l v pitné vodě byly o 20 % příznivější oproti oblasti s obsahem vápníku < 75 mg/l. (Jacqmin et al., 1994)

Klinicky nejdůležitější účinek nedostatku je hypokalcemie. Dochází k zvýšené dráždivosti svalů a nervové soustavy projevující se mimovolnými svalovými spasmy (tetanie). V těžkých případech může dojít k epileptickým záchvatům. V srdci vede hypokalemie v důsledku zpomalené aktivace draselných kanálů k prodloužení akčního potenciálu (Sibernagl, 2001). Nedostatek se projevuje i poruchou stavby kostí, poruchou růstu, křivicí u dětí, v dospělosti osteoporózou (Stránský, 2010).

3.7.2 Hořčík

Hořčík je součástí skeletu a svaloviny, extracelulární tekutiny, aktivuje enzymatické pochody a látkovou výměnu (Stránský, 2010). Hořčík má tlumivý účinek na nervovou dráždivost (Trojan a kol., 2003). Hraje důležitou úlohu jako kofaktor a aktivátor více než 300 enzymatických reakcí, včetně glykolýzy, metabolismusu ATP, transportu prvků,

jako je sodík, draslík, vápník přes membrány, syntézy bílkovin a nukleových kyselin, nervosvalové dráždivosti a svalové kontrakce (Kožíšek, 2005).

Hořčík má důležitou roli v procesu srážení krve, proto se podává jako prevence před trombózou a infarktem. Podílí se na vzniku estrogenů, v činnosti střev, močového měchýře a žaludku. Kromě toho je hořčík antistresový činitel, protože má vliv na vyplavování adrenalinu. Navíc se podílí i na obranyschopnosti organismu proti chorobám (Hopfenitzová, 1999). V řadě funkcí působí antagonisticky vůči vápenatým iontům, které může vytlačit z vazby na bílkovinu (Sibernagl, 2001).

Důsledky nedostatku hořečnatých iontů jsou zvýšená nervosvalová dráždivost, hyperreflexie a křeče. V oblasti srdeční činnosti se může objevit tachykardie a poruchy rytmu až fibrilace komor, vzestup tlaku. Nedostatek úzce souvisí s nedostatkem draselných iontů, čímž se příznaky sčítají. (Sibernagl, 2001)

Nedostatek hořčíku se může také projevit střídáním průjmu se zácpou. Zvýšený přísun hořčíku je potřeba u dětí hlavně v adolescenčním období tj. kolem 14-ti let a při dlouhotrvající zátěži, např. při sportu (Hopfenitzová, 1999). Nízký obsah hořčíku ve vodě se také ukazuje jako jeden z rizikových faktorů pro vznik onemocnění motorických neuronů i pro vznik těhotenských komplikací, tzv. preeklampsii (Kožíšek a kol., 2010).

3.7.3 Sodík

Sodík je nezbytný pro udržování stálého osmotického tlaku, stálého objemu a pH extracelulární tekutiny. Spolu s draslíkem se podílí na přenosu nervových impulsů (Trojan a kol., 2003). Sodík se účastní regulace acidobazické rovnováhy, regulace tělesných tekutin, dráždivosti svalů, je součástí zaživacích šťáv (Stránský, 2010).

Nedostatek se projevuje křečemi svalů, apatií, ale to jen v extrémních stavech, např. při silných průjmech nebo intenzivním pocení. (Stránský, 2010)

3.7.4 Draslík

Draslík je nezbytný pro excitabilitu nervů a svalů (myokardu), je hlavní kationt intracelulární tekutiny (Trojan a kol., 2003). Draslík reguluje osmotické poměry a acidobazickou rovnováhu, vodní hospodářství a růst buněk (Stránský, 2010).

Nedostatek draslíku se projevuje slabostí, únavou, nespavostí, zácpou, může dojít k poruše srdečního rytmu (Sibernagl, 2001). Dále dochází k poruše funkce hladké i příčně pruhované svaloviny (Stránský, 2010).

Účinky změněných plazmatických koncentrací draselných iontů jsou zčásti zprostředkovány změnami membránového potenciálu. Hypokalémie hyperpolarizuje rovnovážný potenciál draselných iontů a tím membránový potenciál draselných iontů - selektivních buněk. Tímto způsobem snižuje hypokalémie dráždivost nervových buněk (hyporeflexie), příčně pruhované a hladké svaloviny (střevo, močový měchýř atd.). Nedostatek draselných kationtů podporuje příjem vodíkových iontů do buněk a sekreci vodíkových iontů v distálním tubulu ledvinového nefronu. Následkem je alkalóza. Hypokalémie dále způsobuje polyurii, ledviny vylučují až 20 l denně hypotonické moči. (Sibernagl, 2001)

3.7.5 Chloridy

Chloridy spolu se sodnými kationty se podílejí na udržování osmolality, stálého objemu a pH extracelulární tekutiny, jsou důležité pro tvorbu kyseliny chlorovodíkové žaludeční šťávy. (Trojan a kol., 2003)

Nedostatek tohoto minerálu se projevuje křečemi svalů. V extrémních případech, např. průjemy, intenzivní pocení, může dojít až apatii. (Stránský, 2010)

3.7.6 Fluoridy

Fluoridy jsou součástí zubů a kostí (Stránský, 2010). Po druhé světové válce přistoupila řada států k umělé fluoridaci pitné vody. V ČR od roku 1958 s maximem v první polovině 80. let, kdy vodou obohacenou fluoridem sodným bylo zásobováno okolo 3 mil. obyvatel, ale později od něho většina evropských zemí, včetně ČR (od r. 1993), upustila. Důvodem byl rostoucí příjem fluoridů z jiných zdrojů (potravy a přípravků ústní hygieny, zejména zubních past) a obavy z jejich toxického účinku. (Kožíšek a kol., 2010)

Nedostatek tohoto minerálu se projevuje zubním kazem. (Stránský, 2010)

3.7.7 Síra

Síra je důležitou součástí mnoha bílkovin, je součástí aminokyselin (cysteinu, methioninu a taurinu). Díky hormonu inzulinu je spojena s látkovou výměnou cukru. Síra se podílí na vytváření vaziva a podpůrné tkáně. Hraje také důležitou roli při detoxikaci těla. (Hopfenzitzová, 1999)

Při nedostatku síry dochází k poruchám ve vývoji vlasů a nehtů. Relativní nedostatek se nachází při dermatózách (např. psoriáza). (Jírová, 2001)

3.7.8 Hydrogenuhličitaný

Hydrogenuhličitaný jsou významné pro transport oxidu uhličitého a jako součást nárazníkové soustavy pro udržování pH extracelulární tekutiny. (Trojan a kol., 2003)

Voda o nízkém obsahu minerálů je díky nižšímu obsahu hydrogenuhličitanů a nižší pufrovací schopnosti kyselější. Její pravidelný příjem vede k posunu pH vnitřního prostředí organismu do kyselější oblasti, což má za následek vyšší ztráty vápníku, hořčíku a dalších prvků močí, čili podobně jak bylo dokázáno u acidogenní stravy. (Kožíšek a kol., 2010)

3.7.9 Křemík

Křemík je nezbytný pro pružnost krevních cév. Ve tkáních a krevních cévách vyztužuje a tím spojuje bílkovinné molekuly. Kromě fosforu a některých hormonů se křemík podílí na příjmu vápníku, čímž ovlivňuje látkovou výměnu vápníku v zubech a kostech. Křemík je také podstatný pro růst a kvalitu vlasů a nehtů. Uplatňuje se také při obranyschopnosti organismu. (Hopfenzitzová, 1999)

Nedostatek křemíku se projevuje slabostí vazivové tkáně, úbytkem dásní, vyššímu sklonu k zubnímu kazu a padáním vlasů. (Hopfenzitzová, 1999)

3.7.10 Jód

Jód je nezbytný pro tvorbu hormonů štítné žlázy. (Trojan a kol., 2003)

Hormony štítné žlázy řídí vzrůst a tělesný vývoj. Podílí se také výrazně na regulaci metabolismu (Hopfenzitzová, 1999). Dostatek jódu v těhotenství je nezbytný, jelikož u plodu ovlivňuje mentální a pohlavní vývoj (Stránský, 2010).

Nedostatek se projevuje těžkými somatickými a psychickými poruchami, hlavně u těhotných, kojících a dětí (Stránský, 2010). Nedostatek jódu je také významným rizikovým faktorem pro onemocnění štítné žlázy (Ovadia et al., 2013).

3.7.11 Mangan

Mangan je vázaný v bílkovinách a v této formě je součástí enzymů. Mangan tímto způsobem ovlivňuje tvorbu chrupavek a metabolismus tuků a cukrů. Podílí se na vyplavování jedů z těla a podporuje obranyschopnost organismu.

Nedostatek manganu se v extrémních případech může projevovat poruchou růstu a změnami kostry, neplodností a poruchou metabolismu tuků a cukrů. (Hopfenzitzová, 1999)

3.7.12 Železo

Železo je důležité pro tvorbu hemoglobinu v kostní dřeni. Je nezbytné pro jeho stavbu a funkci. Železo je součástí enzymů uplatňující se při biologických oxidacích. (Trojan a kol., 2003)

Při nedostatku železa vzniká chudokrevnost s průvodními jevy, jako jsou bolesti hlavy, bledost, malátnost, únava. Nedostatek je dále spojený se snížením tělesné výkonnosti a imunity, poruchou termoregulace. (Stránský, 2010)

3.7.13 Selen

Selen je součástí enzymů, má vysoký antioxidační potenciál, je aktivátor hormonů štítné žlázy, růst a diferenciaci buněk. (Stránský, 2010)

Nedostatek selenu způsobuje úbytek svaloviny a poškození jater. Bylo zjištěno, že může mít vliv na výskyt srdečního infarktu a rakovinu prsu, proto se selen doporučuje i jako prevence proti rakovině. (Hopfenzitzová, 1999)

3.7.14 Měď

Měď je součástí některých enzymů, má význam pro krevtvorbu (Trojan a kol., 2003). Kromě toho měď povzbuzuje resorpci železa ze střev a ovlivňuje jeho využití. Nepřímo má tak vliv na zásobení těla kyslíkem (Hopfenzitzová, 1999).

Nedostatek se projevuje chudokrevností a změnami kostní tkáně. (Stránský, 2010)

3.7.15 Zinek

Zinek je součást a aktivátor enzymů látkové výměny bílkovin, tuků, sacharidů, NK, hormonů, receptorů. Je součástí imunitního systému a podílí se na tvorbě inzulinu.

Nedostatek zinku může vést k poruchám pohlavních žláz a nedostatečnému vývoji. Může způsobit změny na kůži, průjemy, vypadávání vlasů, ztrátu chuti, zpomalení hojení ran a sníženou odolnost vůči infekcím. (Stránský, 2010)

3.7.16 Fosfor

Fosfor se podílí společně s vápníkem na stavbě kostí a zubů. Většina fosforu je uložena v kostech a zubech. Fosfor je důležitý pro přenos energie (Stránský, 2010). Fosfor je jako součást lecitinu obsažen v každé buňce a je důležitý pro výstavbu buněčné membrány a pro činnost mozku a nervů. Jako součást červených krvinek urychluje srážení krve (Hopfenzitzová, 1999).

Nedostatek fosforu se projevuje slabostí svalů v důsledku snížené citlivosti na dráždění. Dlouhotrvající nedostatek má vliv na měknutí kostí. (Hopfenzitzová, 1999)

4. Závěr

Voda je nezbytná součást každé buňky, patří k základním nekalorickým živinám. Hlavní funkcí vody je dodávat organismu tekutiny. Pitná voda je bohatá na minerální látky, které jsou nezbytné pro biochemické procesy a převod nervových vzruchů.

Demineralizací se voda zbavuje většiny minerálních látek a organických látek. Vliv pití deionizované vody byl sledován experimenty na laboratorních zvířatech a lidských dobrovolnících. Bylo zjištěno, že použití deionizované vody pro vaření, snižuje již samo osobě nízkou koncentraci minerálů.

Pitná voda je podstatným zdrojem vápníku a hořčíku. Konzumace demineralizované vody chudé na hořčík může zvyšovat úmrtnost a výskyt některých kardiovaskulárních chorob, může vést i k těhotenským komplikacím. Nedostatek vápníku způsobuje odvápnění kostí. Významný z hlediska defektů je také nedostatek železa a jódu.

Závěrem lze říci, že deionizovaná voda, chudá na základní minerální látky, nemá vlastnosti pitné vody. Její pravidelná konzumace může být považována za zdravotní riziko.

5. Použité zkratky

AAS - Atomová absorpční spektrometrie

AES – Atomová emisní spektrometrie

ADH - Antidiuretický hormon

ASLAB - Akreditační středisko pro hydroanalytické laboratoře

ATP - Adenosintrifosfát

ČIA - Český institut pro akreditaci

H⁺ - Vodíkový kation

IS PiVo - Informační systém PiVo

KHS - Krajská hygienická stanice

NK - Nukleová kyselina

OH⁻ - Hydroxylový anion

System QA/QC – systém plánovaných a systematicky prováděných činností zabezpečující uspokojení požadavků na jakost (Quality Assurance/Quality Control)

SZÚ - Státní zdravotní ústav

6. Seznam obrázků

Obr. 1 Destilační aparatura.....	12
Obr. 2 Výroba demineralizované vody.....	13
Obr. 3 Atomový absorpční spektrometr.....	16

7. Použitá literatura

Anonymous. *Hyponatremic seizures among infants fed with commercial bottled drinking water – Wisconsin, 1993.* [online] MMWR 1994; 43: 641-643. [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00032470.htm>

Bragg, P.C., Braggová, P. *Šokující pravda o vodě.* 1. vydání. Olomouc: Fontána, 1998. 224s. ISBN 80-86179-06-0.

Bratrych, V. *Živel voda.* 1. vydání. Praha: Agentura Koniklec, 2005. 293s. ISBN 80-902606-6-7.

Čermák, B., a kolektiv. *Výživa člověka.* 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2002. 224s. ISBN 80-7040-576-7.

Dolejš, P., Janda, V. *Stanovisko ČS asociace vodárenských expertů k používání přístrojů na principu reverzní osmózy na do úpravu pitné vody v domácnostech* [online]. 05. 05. 2001. [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://www.csave.cz/files/nazory/stanovisko1.pdf>

Hopfenitzová, P. *Minerální látky.* 1. Vydání. Praha: Ikar, 1999. 88s. ISBN 80-7202-546-5.

Jacqmin, H., Commenges, D., Letenneur, L. et al. *Components of drinking water and risk of cognitive impairment in the elderly* [online]. Am J Epidemiol. 1994, 139, p. 48-57. [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8296774>

Jírová, M. *Vliv poruch metabolismu* [online]. 23. 10. 2001. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/vliv-poruch-metabolismu-140052>

Komínková, J., Mestek, O. *Atomová absorpční spektrometrie* [online]. V učebním textu Krofta J. a kol. *Návody pro laboratorní cvičení z analytické chemie II.*, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1997. [cit. 2014-08-18]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/anl/lach2/AAS.pdf>

Kožíšek, F., a kolektiv. *Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2012* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 2013. [cit. 2014-08-26]. ISBN 978-80-7071-329-7. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/monitoring-pitne-vody>

Kožíšek, F. *Health risks from drinking demineralised water* [online]. WHO, 2005. [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/nutrientschap12.pdf

Kožíšek, F. *Health effects of long term consumption of water low in calcium, magnesium or TDS: studies from Eastern Europe* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, 21.07.2006 [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-dlouhodobeho-prijmu-vody-s-nizkym-obsahem?highlightWords=Zdravotn%C3%AD+%C3%BAcinky+dlouhodob%C3%A9ho+pr%C3%ADjmu+vody+n%C3%ADzk%C3%BDm+obsahem+v%C3%A1pn%C3%ADku%2C>

Kožíšek, F. *Zdravotní rizika pití demineralizované* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav, Upravená verze 2001. [cit. 2014-08-26]. Dostupné z: <http://www.vak.cz/soubory/demivod.pdf>

Kožíšek, F., Jeligová, H., Bencko, V. *Co by měl praktický lékař vědět o pitné vodě? I. část: Voda v podpoře zdraví* [online]. Praktický Lékař. 2010; 90(4): 212-218 [cit. 2014-08-26]. Dostupné z: http://www.prolekare.cz/prakticky-lekar-clanek/co-by-mel-prakticky-lekar-vedet-o-pitne-vode-i-cast-voda-v-podpore-zdravi-31725?confirm_rules=1

Kozisek, F., Rosborg, I. *Water hardness may reduce the toxicity of metals in drinking water.* In: International Conference „METEAU – Metals and Related Substance in Drinking Water“, Antalya, 24-26 October 2007; Proceedings Book; Cost Action 637. Brussels 2008; p. 224-226.

Malý, J., Malá, J. *Chemie a technologie vody.* 2. doplněné vydání. Brno: Ardec, 2006. 329s. ISBN 80-86020-50-9.

Němcová, I., Čermáková, L., Rychlovský, P. *Spektrometrické analytické metody I.* 2. vydání. Praha: Karolinum, 2004. 166s. ISBN 80-246-0776-X

Němec, J., a kolektiv. *Voda v České republice.* 1. vydání. Praha: Consult, 2006. 256s. ISBN: 80-903482-1-1.

Ovadia, Y.S., Troen, A.M., Gefel, D. *Seawater desalination and iodine deficiency: is there a link?* [online]. Israel: IDD Newsletter, 2013 [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: http://www.iccid.org/newsletter/idd_aug13_israel_1.pdf

Pitter, P. *Hydrochemie.* 3. přepracované vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999. 568s. ISBN 80-7080-340-1.

Praus, P., Plachá, D. *Vybrané kapitoly z instrumentální analýzy* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-technická, 2008. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z:

<http://www.fmmi.vsb.cz/export/sites/fmmi/cs/studium-a-vyuka/studijni-opory/615-Praus-Placha-Vybrane-kapitoly-z-instrumentalni-analyzy.pdf>

Schumann, K., Elsenhans, B., Reichl, F.X., et al. *Does intake of highly demineralized water damage the rat gastrointestinal tract?* [online] *Vet Hum Toxicol.* 1993; 35: 28-31. [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8434446>

Sibernagl, S., Lang, F. *Atlas patofyziologie člověka.* 1. vydání. Praha: Grada, 2001. 392s. ISBN: 80-7169-968-3.

Stockleyová, C., Oxlade, Ch., Wertheimová, J. *Velká encyklopedie vědy: fyzika, chemie, biologie.* 2. vydání. Praha: Fragment, 2003. 384s. ISBN 978-80-7200-809-4.

Stránský, M., Ryšavá, L. *Fyziologie a patofyziologie výživy.* 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2010. 182s. ISBN: 978-80-7394-241-0.

Trojan, S., a kolektiv. *Lékařská fyziologie.* 4. vydání. Praha: Grada, 2003. 772s. ISBN:80-247-0512-5.

Williams, A.W. *Electron microscopic changes associated with water absorption in the jejunum* [online]. *Gut.* 1963; 4: 1-7. [cit. 2014-08-27]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1413411/pdf/gut00668-0011.pdf>

Zavřel, L. *O destilované vodě* [online]. 2009. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.destilovana-voda.cz/o-destilovane-vode/>