

7 VODA JAKO POTRAVINA

7.1 Základní kategorie vod. Principy hygienické nezávadnosti pitné vody

Pitná voda je nenahraditelnou a nezastupitelnou denní potřebou člověka. V tomto smyslu se používá jako nápoj nebo k přípravě jiných nápojů a k přípravě pokrmů, event. při výrobě potravinářského ledu. Posouzení kvality pitné vody ze zdravotního hlediska zahrnuje hodnocení jejího chemického složení, mikrobiologického spektra, fyzikálních vlastností a organoleptické (smyslové) kvality. Zdravotní nezávadnost pitné vody a požadavky na způsoby její úpravy a na její laboratorní vyšetření jsou formulovány obecně v zákonu o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb, v jeho novele č. 253/2005 Sb a ve Vyhlášce MZ ČR č. 252/2004 Sb, resp. č. 187/2005 Sb.

Pitná voda je definovaná jako voda, která má po celý rok stálé chemické a fyzikální vlastnosti, neohrožuje zdraví lidí ani zvířat obsahem škodlivých chemických látek nebo patogenických organismů (z hlediska toxikologického je významný požadavek, že pitná voda je zdravotně nezávadná i při dlouhodobém a denním užívání) a má vyhovující smyslové vlastnosti (chuť, čírost, bezbarvosť, bezzápachovosť), odpovídající oprávněným nárokům na osvěžující a nutričně hodnotný nápoj. Navíc má obsahovat biologicky účinné a využitelné množství esenciálních minerálních látek včetně stopových prvků.

Podle způsobu používání se vyčleňují a z hlediska hygienických požadavků definují další kategorie vod, např. vody provozní, vody pro rekreační využívání, vody pro zemědělské závlahy aj.

Přísné zdravotní požadavky jsou kladeny také na **vodu užitkovou**, která se svou povahou blíží kvalitě pitné vody nejvíce. Užitková voda může mít – na rozdíl od pitné vody – širší mikrobiální kontaminaci (avšak výhradně nepatogenní) a může vykazovat mírně zhoršené smyslové vlastnosti, např. zbarvení, zákal a pachůť. Nehodí se proto k přímému konzumu (ale používá se k napájení zvířat), její použití je přípustné při zavlažování, očištění a úklidu, praní prádla apod. Běžně se – zpravidla po ohřátí pitné vody – distribuuje jako užitková teplá voda pro domácnosti. Pojetí užitkové vody z hlediska její zdravotní nezávadnosti a chemických a fyzikálních vlastností bylo nověji rozšířeno o ohřívanou vodu rozváděnou společně s pitnou vodou a označenou TUV, teplá užitková voda. V přítomné době se pro ni rozšiřuje užívání termínu Teplá voda. Platí pro ni specifický požadavek, že v místě odběru musí mít teplotu minimálně 50 °C (prevence legionelózy).

Fyziologická potřeba pitné vody pro člověka je dána nutností udržet rovnováhu mezi jejím příjmem a výdejem, a je proto proměnlivá v závislosti na povaze tělesné aktivity, potra-
vy, klimatických podmínkách aj. okolnostech. Zatímco po narození voda tvoří 75 % tělesné
hmotnosti, u dospělých osob je to přibližně 60 % a ve stáří jen 50 %. U dospělého člověka se
denně vymění 6 % tělesné vody, a již ztráta (bez náhrady) 3 % tělesné vody způsobuje sní-
žení tělesného výkonu a zhoršení mentálních funkcí. Například jen ztráta vody potem při těžké
fyzické práci v horkém prostředí dosahuje 6 l a více za směnu. Potřeba vody je ale zčásti kryta
jejím přirozeným obsahem v potravinách, který se pohybuje v rozmezí 20–30 % (velmi tučné
výrobky) a velmi často mezi 80–90 % (ovoce, zelenina, polévky, omáčky aj.). Oxidačním
metabolismem organických makronutrientů vzniká v těle člověka 500–1000 ml vody denně.
Nezbytný příjem vody ve formě nápojů obsahujících pitnou vodu se u dospělého člověka
pohybuje v průměru okolo 0,5–2 l denně.

Každý civilizovaný stát a samosprávy měst a obcí musí zajistit svým občanům dostatečné
množství zdravotně nezávadné a pohodlně dostupné pitné, popřímo také užitkové vody. Větší
část obyvatel (v ČR přibližně 90 %) je zásobována pitnou vodou tzv. centrálním způsobem, tzn.,
že se pitná voda získává z jednoho zdroje (shromážděná podzemní voda nebo průmyslově
upravená povrchová voda) a rozvádí se jednotným vodovodním systémem do jednotlivých
domácností. Výhodou tohoto způsobu je skutečnost, že se každé rodině dostává dostatečné
množství vody, jejíž kvalita je jednotná, pravidelně kontrolovaná, a tedy potenciálně nezávadná.
Naproti tomu je objem takto distribuované vody obrovský a mnohonásobně převyšuje její
skutečnou fyziologickou potřebu (25 % a více pitné vody se ztrácí ve vodovodním potrubí,
používá se jí namísto vody užitkové, k teplovodnímu vytápění apod.). Kalkulace celkové
spotřeby pitné vody také zahrnuje její komerční využívání, například pro přípravu balené vody
aj. nápojů a při výrobě potravin. Vodovodní, zejména vodárensky upravená voda je značně
drahá, a protože v mnoha regionech ČR zásoby podzemní vody nepostačují ke krytí potřeby
pitné vody, vzrůstá ve velké míře rozsah průmyslové úpravy povrchových vod (v ČR z 55 %),
které nevyhovují ve všech případech hygienickým požadavkům na jejich kvalitu. Pitná voda
z vodáren má proto nevhodně velký obsah reziduí organických a minerálních látek z různý-
ch antropogenních odpadů a bývá přechlorovaná. Ačkoli může formálně odpovídat v chemických
a bakteriologických požadavcích české státní normě pro pitnou vodu, bývá zdravotně
podezřelá nebo potenciálně závadná, nejnápadněji ve svých senzorických vlastnostech.

Asi 10 % obyvatel ČR získává pitnou vodu pro svou potřebu z tzv. individuálních zdrojů,
tj. ze studní. Jedná se prakticky o rodiny žijící v menších obcích a v domech mimo dosah
veřejných vodovodů. K této populaci je ještě nutno přičíst občasně, například sezónně užívání
vody ze studní v rekreačních objektech, kterými se zvyšuje počet těchto zdrojů v ČR až na
1 milion. Ve studních se zpravidla nachází podzemní voda průlinového typu, která má všechny
předpoklady k tomu, aby kromě ekonomické výhodnosti byla senzoricky kvalitní, zdravotně
nezávadná a nutričně hodnotná. Avšak příležitostně i systematicky prováděné hygienické
kontroly ukazují, že pitná voda ve studních je v 90 % případů (někdy až v 98 %) zdravotně
závadná, a to zejména z hlediska epidemického. Hlavní příčinou této situace je nedostatečná
péče o technický stav studny a blízkost zdrojů, které spodní vodu zachycenou ve studni zne-
čišťují (skládky odpadů, septiky, silážní jámy apod.).

Zvláštním případem povinné péče o zdraví zaměstnanců je nařízení o dostupnosti nezá-
vadné pitné vody na všech pracovištích a o podávání tzv. **ochranných nápojů** při práci
v horku nebo v chladu (nařízení vlády ČR č. 523/2002 Sb). Fyziologickou limitní hodnotou
pro jejich distribuci je ztráta 3,75 l vody a více potem a dýcháním za 8 hodinovou pracov-

ní směnu. Poskytovaný nápoj musí mít hygienickou úroveň odpovídající nezávadné pitné vodě a nesmí obsahovat více než 6,5 % cukru a 1 % alkoholu. Množství poskytovaného nápoje má nahradit minimálně 70 % tekutin a minerálních látek vyloučených organismem za směnu. Zatímco nápoj pro zaměstnance v normálním pracovním prostředí má obecně obsahovat 50–500 mg rozpustných pevných látek na litr, ochranný nápoj jich má obsahovat 500–1500 mg, v extrémních případech až 5000 mg na litr. Při práci v chladu se podává teplý nápoj v minimálním množství 0,5 l za směnu. Nově je v nařízení uvedeno, že ochranný nápoj může obsahovat nespécifikované látky zvyšující odolnost organismu.

Umělé zvýšení mineralizace nápojů se provádí přidáním hydrogenuhličitanu (sodného nebo draselného), orthofosforečnanu a chloridu (sodného nebo vápenatého).

Zvláštním zdravotním aspektem je obsah volného oxidu uhličitého v nápojích. Zatímco běžné spodní vody obsahují desítky mg CO_2/l , mnoho tzv. minerálních vod (kyselek) má přirozený obsah tohoto plynu až nad koncentraci 4 g/l. V sortimentu balených vod se vyskytuje tzv. sodová voda, která obsahuje obdobné množství uměle přidaného oxidu uhličitého. Je na volbě spotřebitele, zda preferuje nasycený nápoj (např. perlivé minerálky) nebo nápoj jen s nízkým obsahem (mírně perlivé minerálky, obvykle 1500 mg/l) nebo jen se stopovým obsahem tohoto plynu.

Oxid uhličitý příznivě ovlivňuje chuť vody a má osvěžující účinek. Do jisté míry pitnou vodu konzervuje, povzbuzuje trávení a podporuje diurézu. Jeho nepříznivou vlastností je zvýšená kyselost vody a zátěž pufrovacího systému, která může ohrozit acidobazickou rovnováhu s posunem k acidóze. V žaludku oxid uhličitý vyvolává hyperémii, zvyšuje resorpční rychlost minerálních i organických látek (vč. léků), stimuluje sekreci žaludeční šťávy a způsobuje subjektivní tlakové žaludeční obtíže (tzv. Roemheldův syndrom), které mohou vyústit v poruchu srdečního rytmu a dechovou nedostatečnost. Dojde-li k rychlému vstřebání oxidu uhličitého sliznicemi, může následovat posun respiračního kvocientu, stimulace dýchání, zvýšená vzrušivost CNS, příp. tzv. uhličitánové opojení.

Perlivost nápoje je kontraindikována u kojenců (bubliny CO_2 v žaludku mohou vyvolat zvracení, kojenecká balená voda se má před použitím zbavit plynu ohřátím), u kardiaků (riziko zvýšení TK a zrychlení srdeční frekvence), u dekompenzovaných diabetiků s acidózou, při gastritidě a vředové chorobě žaludku a při některých dietách. Pravidelný konzum nápojů s vyšším obsahem oxidu uhličitého (nad 1 g/l) nelze doporučit ani zdravým spotřebitelům.

Zdravotní nezávadností pitné vody se rozumí záruka, že se ve vodě nevyskytují toxické látky v takové koncentraci, aby při trvalém (dlouhodobém) užívání způsobily újmu na zdraví (tzn. ani na principu aditivních, synergistických nebo kumulativních vlastností) a aby v tomto smyslu nebyly nebezpečné ani pro malé děti nebo pro zdravotně oslabené osoby. Z hlediska epidemiologického rizika se v pitné vodě nepřipouští přítomnost patogenních organismů; jelikož jejich přímý důkaz může být velmi nákladný a zdoluhavý, je pro potřeby rutinní laboratorní praxe taxativně vymezen nejvyšší povolený výskyt bakterií, které indikují pravděpodobné fekální znečištění (a kontaminaci fekálními bakteriemi) vody, které je nejobvyklejší příčinou její mikrobiální závadnosti.

ČSN pro pitnou vodu uvádí zevrubný výčet chemických, mikrobiálních, fyzikálních a senzorických požadavků pro zdravotně nezávadnou pitnou vodu. Uvádíme z nich ty nejdůležitější (nejčastěji porušované) a jen v omezeném počtu je doplňujeme příslušnými číselně vyjádřenými závaznými limity.

7.2 Chemické požadavky na zdravotně nezávadnou pitnou vodu

Tyto požadavky jsou stanoveny jako tzv. **limitní koncentrace** příslušné látky, tj. koncentrace, která v pitné vodě nemá být překročena a která se dá standardními laboratorními metodami stanovit. Tyto limity jsou pro každou chemickou látku určeny na základě znalostí jejich toxikodynamických a toxikokinetických vlastností, jsou postupně sjednocovány také na mezistátní úrovni a jsou formulovány po přepočtu s tzv. bezpečnostním koeficientem. V principu jsou natolik bezpečné, že nemají způsobit ani po 10–100násobném krátkodobém překročení přímé a zjištělné poškození zdraví. Pro část látek jsou stanoveny dvěma hodnotami – pro individuální zdroje a přísněji pro zdroje centrální. V původní verzi ČSN byly tyto limity uváděny buďto jako tzv. **mezní hodnoty** (týkají se málo toxických a běžně se vyskytujících látek, za určitých okolností smějí být překročeny), **nejvyšší mezní hodnoty** (vysoce toxické látky, za žádných okolností nesmějí být překročeny, např. těžké kovy, ropné látky, polycyklické aromáty aj.) a tzv. **nejvyšší hodnoty přijatelného rizika**, zahrnující zejména látky s pozdním toxickým účinkem (předpokládané karcinogeny). Limitní hodnoty se uvádějí v koncentračních jednotkách (mg/l apod.) a jsou prakticky srovnatelné se známějšími a obecněji užívanými **nejvyššími přípustnými koncentracemi (NPK)**. Analogicky jsou – podle stupně zdravotní závažnosti – diferencovány ukazatele mikrobiální kontaminace pitné vody.

Mezi chemickými látkami, které se v pitné vodě pravidelně vyšetřují, ačkoli nemusí být samy o sobě nositeli zdravotní škodlivosti, zaujímají významné místo **chemické indikátory fekálního znečištění**.

Tab. 28 Chemické indikátory fekálního znečištění vody

Cl ⁻	NPK 100 mg/l	NO ₂ ⁻	NPK 0,1 mg
SO ₄ ²⁻	NPK 250 mg/l	PO ₄ ³⁺	NPK 1 mg/l
NH ₄ ⁺	NPK 0,5 mg/l	koprostanol	
		H ₂ S	

Tyto látky se dají ve vodě snadno laboratorně prokázat, za normálních okolností se v pitné vodě nevyskytují vůbec (fosforečnany, dusitany, sulfan, koprostanol) nebo jen v nízké koncentraci a jejich vyšší výskyt dosti spolehlivě prokazuje fekální kontaminaci vody. Ta může být spojena s výskytem patogenních mikroorganismů.

Z dalších běžně vyšetřovaných chemických látek má pro posouzení jakosti a zdravotní nezávadnosti největší význam výskyt látek:

- **Tvrdość vody**, tj. úhrnný výskyt rozpustných minerálních forem vápníku a hořčíku. V přítomné době se vyžaduje určitá minerální tvrdość (přibližně 5 mmol Ca + Mg v 1 l), která se případně uměle doplňuje. Předpokládá se, že středně nebo více tvrdá pitná voda působí preventivně proti rozvoji srdečněcévních chorob.
- **Železo a mangan**: jejich vyšší výskyt ve vodě zpravidla není zdraví škodlivý, avšak může zhoršovat chuť vody a způsobovat nežádoucí tvorbu tmavých sraženin po alkalizaci vody; NPK je pro železo 0,5 mg/l a pro mangan 0,3 mg/l.
- **Dusičnany**, které se považují za prekarcinogeny (po redukci v GIT na dusitany mohou společně se sekundárními aj. aminy tvořit potenciálně karcinogenní N-nitrosoaminy) a v organismu kojenčů – po masivní bakteriální redukci na dusitany – mohou vyvolat

onemocnění *dusičnanová alimentární methemoglobinemie*. Obsah dusičnanů zejména v 70. a 80. letech enormně stoupal, a to v povrchových i podzemních vodách (a také v produktech zemědělské rostlinné výroby). Naše ČSN limituje obsah dusičnanů v pitné vodě na **50 mg/l**, ve vodě určené pro přípravu kojenecké mléčné potravy na **15 mg/l**.

- **Fluoridy:** v pitné vodě lze považovat za žádoucí esenciální mikroelement a donedávna byl jejich obsah doplňován umělou fluoridací na koncentraci 1 mg/l. V posledních letech se od fluoridace pitné vody ve vodárnách v ČR ustoupilo (je nahrazena cílenou suplementací vybraných dětských skupin farmaceutickými preparáty). Vysoký obsah fluoridů ve vodě (nad 1,5 mg/l) může mít řadu nepříznivých zdravotních účinků, z nichž nejmírnější je *fluoróza*, šedá skvrnitost zubů, závažnější poruchy tvorby minerální složky kostí i zubů a inhibice vitálně významných enzymů.
- **Chlor:** v pitné vodě je používán jako nejběžnější a relativně nejvhodnější dezinfekční prostředek (včetně oxidu chloričitého, anorganických a organických chloraminů, chlornanu aj.). Pitná voda upravená ve vodárně by podle staršího úzu měla být pravidelně chlorovaná, podzemní voda, rozváděná potrubím, se dezinfikuje alespoň v letním období. Optimální koncentrace volného chloru je omezena hodnotami 0,05–0,3 mg/l. Nižší obsah chloru může být neúčinný jako baktericidní a zejména virucidní prostředek, vyšší obsah je smyslově nepříjemný a ve zvýšené míře reaguje s reziduy organických látek (přírodních, jako jsou huminové kyseliny, i antropogenních, jako jsou kondenzované i alifatické uhlovodíky) za vzniku tzv. *chlorometanů*, chlorovaných derivátů metanu a etanu, které jsou potenciálními karcinogeny. Typickým představitelem této závažné skupiny chemických kontaminantů je chloroform, CHCl_3 .

V některých evropských zemích a také v České republice se upouští od povinné chlorace pitné vody. Je pouze na uvážení výrobce (dodavatele), zda se pro aplikaci chlóru nebo jeho sloučenin rozhodne. Voda bez chlóru je zbavena nepříjemného pachu (a námitek spotřebitelů) a vedlejších produktů chlorace, avšak zdravotní nezávadnost pitné vody musí být bezpodmínečně zachována. Dosahuje se jí dokonalejší technologií úpravy vody (sorpčního, koagulačního a filtračního procesu), odstraněním závad v distribučním vodovodním systému, důslednější kontrolou a ochranou povodí vodárenského toku a aplikací alternativních dezinfekčních prostředků.

- **Těžké kovy:** v pitné vodě pocházejí zčásti z kontaminované půdy (včetně imisí z ovzduší), z odpadních průmyslových vod a zčásti z původního obsahu těchto látek v půdě. V ČR byl po celá minulá desetiletí vážným problémem zvýšený obsah rtuti (NPK 0,001 mg/l), kadmia (NPK 0,01 mg/l), olova, dále chromu, zinku, vanadu, barya aj. Tyto látky se často kumulují v těle a jsou neuro-, nefro-, hepato- nebo hemotoxické, příp. karcinogenní.
- **Organické látky:** v pitné vodě představují druhově velmi početnou a zároveň významnou skupinu chemických kontaminantů. ČSN určuje jako základní kritérium jejich úhrnný obsah (označovaný chemická oxidovatelnost vody manganistanem), který nemá překročit 3 mg alikvótní spotřeby kyslíku na 1 l. Z organických látek, jež se často v pitné vodě vodárensky upravené vyskytují, mají velký význam:
 - **Tenzidy:** zejména jejich anionaktivní formy. Pocházejí ze širokého užívání pracích, čistících, emulgačních apod. prostředků v domácnostech i v průmyslu. Jejich toxicita je nízká, avšak mohou zvyšovat rozpustnost hydrofóbních organických látek, např. ropy.
 - **Ropné látky:** představují mnoho set organochemických individuí, mezi nimi řadu genotoxických a embryotoxických sloučenin. I v malých koncentracích zhoršují chuť

a způsobují zápach pitné vody. Jejich zdrojem je nespočet míst úniku a vypouštění ropy a ropných produktů v přírodě. Jejich limitní obsahy jsou podmíněny nejen prahovými toxickými dávkami, ale také prahovou stanovitelností používanými analytickými přístroji.

- **Polycyklické aromatické uhlovodíky:** jsou skupinou minim. 40 látek, pocházejících převážně ze spalovacích procesů, z nichž některé jsou potenciálními i prokazanými karcinogeny (3,4 benzo(a)pyren, chrysen, fluoranthen). Jsou stanovovány jako souhrn látek majících specifické spektrální účinky a jen ve speciálních případech jsou separovány a individuálně kvantifikovány.
- **Chlorované uhlovodíky:** jsou tvořeny jednak při chloraci některých organických látek (viz halometany) a jednak jsou reziduy některých pesticidů (DDT, HCH aj.) a dalších preparátů znečišťujících životní prostředí (chlorované bifenyly, chlorované dioxiny aj.). Jejich výskyt v naší pitné vodě se v poslední době – s výjimkou jednoduchých chlorovaných alkanů a alkenů – výrazně snížil.

Tab. 29 Nejvyšší přípustné koncentrace vybraných látek pro pitnou vodu

	NPK (mg/l)
Ropné látky	≤ 0,1
NH₄⁺	≤ 0,5
Fe	≤ 0,5
Mn	≤ 0,1
PO₄³⁻	≤ 1,0
NO₂⁻	≤ 0,1

Mezi nové nezávazné laboratorní metody hodnocení kvality pitné vody bylo v 90. letech zařazeno stanovení **mutagenicity (genotoxicity)**, které se v rámci biomonitorovacího programu provádí také v Plzni. Je založeno na Amesově testu, tj. stanovení počtu tzv. reversních zárodků bakterie *Salmonella typhimurium* účinkem koncentrovaného extraktu vzorku pitné vody. Tento test je zatím spíše orientační a slouží ke vzájemnému srovnání situace v několika českých městech, popř. ke srovnání mezinárodnímu.

V posledním desetiletí se výskytu organických látek nejen v povrchových vodách, ale také v pitné vodě přikládá mimořádně velký význam. Je to důsledek skutečnosti, že se v zemích Evropského společenství vyrábí a užívá na 100 tisíc chemických látek, převážně organických, z toho 30 tisíc v množství větším než 1 tuna / rok. V povrchových vodách se vyskytuje několiknásobně větší počet jednak primárních látek a zejména sekundárních produktů vznikajících biologickým a fyzikálněchemickým štěpením.

Chemické kontaminanty objevované v pitné vodě se odvozují především z masivně používaných pesticidů, detergentů, antioxidantů, plastifikátorů, protipěnových přípravků, komplexačních činidel aj. K nim je nutné připojit vedlejší produkty chlorace aj. metod dezinfekce a také produkty řas a sinic a dále léky a jejich metabolity a rozkladné produkty, jejichž koncentrace je v pitných vodách velmi nízká, často řádově nanomoly a pikomoly na litr. Jejich účinek na živý organismus přesto není zanedbatelný. Nejvýznamnějším fenoménem jejich škodlivého účinku je tzv. hormonální disrupce, narušení hormonálních funkcí a jejich vzájemného propojení, které může vyústit v závažné vývojové nebo funkční poruchy. Zatím není reálná

možnost rutinní laboratorní kontroly jejich výskytu v pitné vodě a nebyly dosud stanoveny jejich hygienické limity (s výjimkou trichlormetanu: 25 až 100 µg/l). Jsou intenzívně vyvíjeny specifické i skupinové biologické testy na stanovení nejvýznamnějších z těchto kontaminantů.

Důležitým kvalitativním znakem pitné vody, který je velmi aktuální v některých českých regionech, je **výskyt celkové radioaktivity** a kvantitativní přítomnost radioaktivního radonu. Celková radioaktivita je způsobena přítomností přírodních radionuklidů extrahovaných do pitné vody z půdy nebo z atmosféry (^{40}K , ^3H , ^{222}Rn), a radionuklidů uměle připravených a nedostatečně likvidovaných (^{131}I , ^{32}P , ^{14}C , $^{89}\text{S}_2$ aj.). Podle ČSN se v pitné vodě připouští maximálně 1 Bq. l⁻¹ (Becquerel) objemové aktivity beta-záříčů a 0,1 Bq. l⁻¹ alfa-záříčů. V poslední době se diskutuje zdravotní riziko spojené s přítomností isonuklidů uranu, která je u nás častá. Je pravděpodobné, že vedle málo významného faktoru záření se může uplatňovat výrazná chemická toxicita těchto látek.

Jako samostatný problém se řeší výskyt radonu, který emituje v plynném stavu z půdy a může se rozpouštět v podzemní vodě. Jeho zdravotní rizikovost při perorálním užívání vody se posuzuje jako relativně malá a ČSN povoluje až 50 Bq. l⁻¹ připadajících na tento radioaktivní plyn.

7.3 Mikrobiologické a biologické požadavky na nezávadnou pitnou vodu

Klíčový význam pro posouzení zdravotní nezávadnosti pitné vody má její **mikrobiologické a biologické vyšetření**. Tento význam je především dán skutečností, že hlavní podíl na zdravotní rizikovosti závadných zdrojů pitné vody mají infekční choroby. (Ještě naléhavější problém epidemických rizik z vody je v přítomné době řešen v rozvojových zemích; v našich podmínkách je aktualizován v případech přírodních katastrof, jako jsou např. velkoplošné povodně).

Novější verze českého předpisu pro mikrobiologické vyšetření pitné vody rozlišuje tři základní soubory indikátorů mikrobiologické kontaminace:

Soubor **indikátorů fekálního znečištění**, tj. skupina vybraných představitelů střevní mikroflory, geneticky řazených mezi různé druhy čeledi *Enterobacteriaceae*. Klasickým a **nejdůležitějším představitelem** je druh *Escherichia coli* (laktopozitivní, nesporulující, Gram-negativní střevní tyčinky), který je stanovován a klasifikován diferencovaně dvěma rozdílnými způsoby:

Termotolerantní koliformní (dříve fekální) bakterie, které indikují sekundární kontaminaci zdroje, popř. nedostatečnou účinnost jeho dezinfekce. Pěstují se na krevní agarové (Endově) půdě při teplotě 43 °C; ve 100 ml pitné vody pro veřejné zásobování (10 ml pro studny) nesmí být prokázána žádná kolonie tvořící jednotka (KTJ) – tzv. coli titr.

E. coli, tzv. presumptivní koliformní bakterie, které jsou specifickým indikátorem fekálního znečištění vody. Stanovují se za podobných podmínek jako termotolerantní koliformní, avšak inkubace se provádí při teplotě 37 °C (1–2 dny). Platí pro ně stejná hodnota coli titru (tj. 100 resp. 10 ml).

Enterokoky (fekální streptokoky) – hodnotí se jako doprovodný indikátor fekální čerstvé kontaminace vody. Mají specifický význam pro případy, kdy koliformní bakterie ve vodě nepřežívají, neboť enterokoky jsou více termoresistentní a odolné proti různým chemickým a fyzikálním podmínkám prostředí. Platí pro ně stejná limitní hodnota (100 a 10 ml).

V ojedinělých, zvláštního zřetele vyžadujících případech se určují **siřičitan redukující střevní klostridie**, tj. anaerobní střevní sporuláty, jejichž přítomnost indikuje starší fekální znečištění.

Z hlediska záruky epidemické nezávadnosti vody pro kojence, pro děti a pro starší osoby je indikátorem mimofekální kontaminace bakterie *Pseudomonas aeruginosa*. U nás je stanovována ve stolních balených a v kojeneckých vodách.

Kromě uvedených indikátorů znečištění vody fekálními a dalšími vlivy vnějšího prostředí se u nás v pitné vodě stanovoval tzv. celkový počet **mesofilních a psychofilních bakterií**, které jsou představiteli saprofytické mikroflory a jsou nežádoucí mj. pro svou schopnost proteolytické a lipolytické destrukce a utilizace organických látek. V poslední době se od rutinního vyšetření této skupiny upouští.

Popsané metody mikrobiologického vyšetření pitné vody je zaměřeno na kvalitativní a částečně i kvantitativní stanovení vybraných zástupců střevních a ve velmi omezené míře také mimointestinálních bakterií. Umožňují tak postihnout částečné riziko přenosu infekce (i když riziko análně-orální cesty je značné), nepostihují ale řadu jiných reálných rizik, např. legionel a pseudomonád a dále rizik virových, protozoárních, helmintových apod. Jsou ale relativně jednoduché a rychlé, a mohou tak být prováděny jako součást rutinní praxe každé hydrologické laboratoře.

Z hlediska mikrobiologického složení pitné vody jakéhokoli původu se v přítomné době prosazují aktuální globální jevy, jako je zvýšená migrace lidí a některých mikroorganismů do nových oblastí, změny klimatu, růst imunitních poruch u populace, zvýšená rezistence mikroorganismů. Vysokou prioritu při řešení zdravotní bezpečnosti pitné vody mají v přítomné době mikroorganismy:

Viry – enteroviry, coxsackieviry, hepatitis A a E, kaliciviry, norwalkviry.

Bakterie – *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* (Ohio), *E. coli* O157 H7, *Helicobacter*, legionely, mikrosporidia, pseudomonády, mykobakterie, yersinie.

Prvoci – kryptosporidia, girardie, cyklospory.

Z uvedených přehledů vyplývá, že u nás zavedená laboratorní kontrola pitné vody zahrnuje pouze nepatrnou část potenciálních chemických a mikrobiálních kontaminantů. Tento nedostatek lze částečně kompenzovat důslednou kontrolou kvality výroby pitné vody na principu HACCP (hazard analysis and critical control points) a omezování znečištění vodárenských toků a jejich povodí.

Hlavní náplní **biologického vyšetření** vzorku pitné vody (pracuje se s centrifugačním sedimentem a s odfiltrovanou složkou) je rozlišení a kvantifikace výskytu neživých částic (abioseston, tripton), buněk řas a sinic, prvků (hlavně nálevníků), eventuálně živých částic a dále fragmentů různých makroorganismů. Positivní a kvantitativně významné nálezy biologického vyšetření poukazují na průnik organismů z povrchových a odpadních vod do studní nebo do vodárenských zařízení a také na nedostatečnou účinnost vodárenské technologie.

Pitná voda se může považovat za zdravotně nezávadnou, jestliže vyhovuje ve všech chemických, mikrobiologických, biologických a fyzikálních (vč. smyslových) ukazatelích, které se při laboratorním vyšetření stanovují, hodnotám deklarovaným v ČSN. Výsledky monitorované kvality pitné vody v několika desítkách českých měst ukazují, že v přítomné době trpí převážná část vody poskytované centrálně našemu obyvatelstvu těmito hygienickými nedostatky:

- překračuje se limitní koncentrace aktivního chloru (v 50 % případů),
- nejsou dodrženy optimální teplotní hodnoty (až v 60 % případů),

- je překročena přípustná objemová aktivita α -záření a radonu (27 %),
- vyskytuje se nadlimitní obsah chloroformu (12,4 %, při výstupu z vodáren až ve 25 % případech),
- také obsah ostatních chlorovaných uhlovodíků (1,2-dichloreтан, dichlorbenzen aj.) se překračuje (v 9–10 % případech),
- také obsah dusičnanů a těžkých kovů, zejména rtuti se překračuje (6,6 % respektive 6,5 % případů),
- pozitivní nález koliformních bakterií je zjišťován v 9 % vzorků.

Naše individuální zdroje pitné vody vykazují ještě horší kvalitu, v některých oblastech až 100 % studní nevyhovuje aspoň v jednom ukazateli, nejčastěji v mikrobiologickém a v obsahu nitrátů, často se vyskytují vyšší koncentrace amoniaku, železa a radonu. Hlavní příčinou této situace je špatný hygienický stav suroviny pro úpravu na pitnou vodu, stárnoucí technologie vodáren a vodovodní sít' a prodloužená doba setrvání vody v potrubí (snížená spotřeba).

7.3.1 Epidemická rizika ze zdravotně závadné pitné vody

Pitná voda, která je ve svém zdroji (studna, vodojem) nebo v transportním potrubí vystavena znečišťujícímu vlivu okolí, zejména odpadů fekální povahy, a není proti mikrobiální nebo parazitární kontaminaci zabezpečena účinnou dezinfekcí, může být zdrojem mnoha infekčních onemocnění. Ta bývají v našich podmínkách omezena na užší okruh uživatelů (studna a příslušníci rodiny), ale mohou mít také epidemický charakter (závadná voda v obecním vodovodu, v partii vyrobené balené vody apod.). V našich klimatických podmínkách se jako aktuální jeví tato epidemická rizika ze závadné pitné vody:

Akutní průjemové onemocnění

Vyvolané *Escherichia coli*. Přenáší se fekálně-orální cestou, způsobuje vodnatý průjem a nechutenství, popř. zvracení. V subtropích a tropech jako „průjem cestovatelů“ připomíná svým průběhem cholera.

Bacilární úplavice – viz kapitola 6.1.12.

Břišní tyf – viz kapitola 6.1.12.

Paratyf – viz kapitola 6.1.12.

Salmonelóza – viz kapitola 6.1.12.

Cholera – viz kapitola 6.1.12.

Je způsobená bakterií *Vibrio cholerae* a probíhá jako charakteristické průjemové onemocnění se zvracením, křečemi a poklesem tlaku. Je to klasické, od nejstarších dob známé endemické onemocnění, v přítomné době se vyskytuje hlavně v Indii, ve Východní Africe a v Latinské Americe. Nové případy se běžně vyskytují po velkých povodních v tropických a subtropických oblastech. Nejčastějším vektorem přenosu je fekálně kontaminovaná pitná nebo užitková voda. V Evropě se vyskytovala ještě v 19. století, jejího vymýcení se dosáhlo díky vybudování městských kanalizací a vodovodů a hygienickému zabezpečení pitné vody.

Mykobakteriózy

Jiné než TBC – původcem jsou atypické oportunní, podmíněně patogenní mykobakterie, zejména *M. kansasii*, *M. avium* aj. Rezervoárem může být voda akvárií a koupališť a také

koncové části vodovodního potrubí. Nejčastější cestou přenosu je respirace infekčního aerosolu a průnik kožním povrchem. Onemocnění, které vyvolávají, připomíná pneumonii nebo bronchopneumonii.

Akutní respirační onemocnění

Je způsobené bakterií *Legionella pneumophila* (legionářská nemoc). Bakterie se mohou množit v teplé užitkové vodě a jako kapénková nákaza se přenášejí např. při sprchování, umírají zpravidla imunodeficientní jedinci.

Virová hepatitida A – viz kapitola 6.1.12.

Leptospiróza

Je způsobena spirochétou druhu *Leptospira interrogans*. Může přežít v čistých vodách i několik měsíců a je zoonózou přenášenou divoče žijícími i domácími zvířaty. Na člověka se přenáší pitím neupravené a nepřevařené vody z neznámých zdrojů nebo omytím potravin kontaminovanou vodou.

Amebiáza

Parazitární onemocnění, jehož původcem je prvok *Entamoeba histolytica*. Přenáší se fekálně-orální cestou, a to vodou, která je kontaminována jeho cystami.

Toxoplasmóza – viz kapitola 6.1.12.

Echinokokóza

Původcem je larvální stadium tasemnice *Echinococcus granulosus*. Onemocnění vzniká po konzumaci neošetřené vody kontaminované vajíčky tasemnice, zpravidla z infikovaného psa.

Teniázy – viz kapitola 6.1.12.

7.4 Péče o hygienicky nezávadný individuální zdroj pitné vody

Základním předpokladem pro vybudování dostatečně kapacitní studny s hygienicky nezávadnou vodou je:

- vhodný výběr místa s dostupnou a stabilně zvodnělou vodonosnou vrstvou (její dno má být minim. 5 m pod úrovní terénu, někdy se využívá několika zvodnělých pásem pod sebou; hladina vody ve vykopané studni má být minim. 3 m pod povrchem),
- vykopaná studna (nejčastější typ u nás používaný) má být vyzděna nebo osazena skružemi a na povrchu zakryta; na dno se aplikuje kamenivo, zabraňující jeho zbahnění,
- druhá varianta studny – vrtaná – se hloubí rotačním nebo nárazovým způsobem a vyztužuje se zárubnicemi (tzv. trubní studna). Obvyklý profil je 17–23 cm, hloubka je často několik desítek metrů,
- voda se ze studny čerpá mechanicky (domácí vodovod) do míst spotřeby,
- zásadní význam má ochrana studny před znečištěním stálými nebo přechodnými zdroji, jako je septik, žumpa, potok, hnojiště, skládka odpadů apod. (minim. ochranné vzdálenosti těchto objektů od studny uvádí ČSN pro studny č. 736602),

- bezprostřední okolí studny má být chráněno před přístupem zvířat, nemá se na něm používat žádných hnojiv, nemají zde být stromy apod.

V případě podezření, že voda ve studni je znečištěna blízkým zdrojem, je nezbytné tento zdroj likvidovat a studnu asanovat. Asanace spočívá ve vyčerpání vody (po předběžné dezinfekci), vyčištění, opravě a dezinfekci studny a laboratorní kontrole kvality vody po znovunaplňení studny. Je-li voda ze studny trvale používána, měla by být kontrolována periodicky, např. 1× za rok. Kompletní vyšetření provede (včetně odběru vzorku) a o hygienickém stavu vody podá informaci (včetně instrukce o asanaci, dezinfekci apod.) příslušná akreditovaná hydrologická laboratoř (v každém případě laboratoř okresní nebo krajské hygienické stanice).

V případě, že voda ve zdroji je závadná pouze z hlediska mikrobiologického, lze ji používat jako vodu pitnou, ale s výhradní podmínkou její spolehlivé a trvalé dezinfekce.

Na přelomu minulého a přítomného století se vyskytují zvláště často na velkých územních plochách záplavy, které znamenají pro studny vždy závažné ohrožení kvality a nezávadnosti jejich vody. Po opadnutí záplavové vody je nutné vodu ve studni dezinfikovat a vyčerpát. Vždy je nutné vyčistit a dezinfikovat studniční jímku i její okolí, a po naplnění studny vodu laboratorně vyšetřit.

Kvalifikovaný odběr vzorku vody provede specialista hygienické služby (příslušného zdravotního ústavu). Odebírá se vzorek pro chemické vyšetření (100–200 ml skleněná nebo plastová, předem dobře vymytá láhev) a samostatně pro biologické a mikrobiologické vyšetření – zde skleněná láhev stejné velikosti se zabroušeným hrdlem a zátkou, která byla předem sterilizována (např. v autoklávu 1h / 121 °C). Vzorky mají být ještě téhož dne vyšetřeny. Teprve při jednoznačně příznivém výsledku je možno povolit používat vodu ze studně jako pitnou nebo užitkovou.

Dezinfekce pitné vody ve studni

Nejschůdnějším postupem je aplikace organického chloraminu pro lékařské užití, a to v dávce 2–3 g na 1 m³ vody. Po nadávkování činidla je spolehlivého efektu dosaženo za 2–3 dny. Zápach chloru ve vodě indikuje trvalý mikrobicidní účinek. Namísto chloraminu je možné použít i chlornanových preparátů, např. Savo, Phor-x-Aqua 2, Sterilag aj. Jako velmi účinný (také viricidní) prostředek byl doporučován a v řadě zemí se používá oxid chloričitý, který se připravuje na místě použitím opatrným smísením chlorečnanu a koncentrované kyseliny sírové ve stechiometrickém poměru.

Alternativním dezinfekčním prostředkem je stříbrný preparát, působící na oligodynamickém principu a vyráběný Spolanou pod tradičním obchodním názvem Sagen. Je v prodeji v lékárnách a obsahuje příbalový leták s informacemi o způsobu použití (dávkuje se 1–2 balení na 1 m³ vody).

Jako provizorní, ale dostatečně účinný způsob hygienického zabezpečení podezřelé vody se může použít její převaření, a to po dobu nejméně 20 minut.

Celá řada běžných dezinfekčních prostředků (např. manganistan, peroxid, persteril aj.) je teoreticky použitelná, a to zejména pro improvizovanou přípravu vody z provizorních zdrojů. Důležitým předpokladem je nejen dávka zabezpečující mikrobicidní efekt, ale zároveň bezpečná z hlediska toxicity použitého prostředku.

Dezinfekci lze provést s pomocí automatické dávkovací stanice. Ta bývá rovněž upravena ke změkčení vody a k odstranění přítomných dusičnanů a dusitanů.

7.5 Hygienická problematika přenosných filtračních zařízení pro pitnou vodu

Jsou nabízeny na našem trhu v širokém sortimentu a jsou často deklarovány jako zařízení na úpravu nebo dóupravu pitné vody, a to po stránce fyzikálně chemické i mikrobiologické. Pracují obvykle na principu sorpce, mechanické filtrace, iontové výměny, ozonizace nebo UV- záření nebo účinku těžkých kovů. Jejich konstrukce může být velmi jednoduchá – dvě nádoby spojené filtrační vložkou nebo jimi protéká voda pod tlakem z kohoutku. Jejich skutečný efekt zpravidla neodpovídá tvrzení reklamy a mohou mít, a to i zařízení vybavená schválením hlavního hygienika, vážné hygienické nedostatky, např.:

- jejich účinnost nelze objektivně kontrolovat a s dobou užívání klesá,
- do upravené vody uvolňují ionty, jejichž přítomnost ve vodě nemá překročit určitou vhodnou mez (Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}),
- často odstraňují zdravotně prospěšné látky (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe),
- filtrační vložka může umožňovat nárůst vrstvy mikrobů, která způsobuje chuťové a pachové poškození vody,
- filtrovaná voda se nehodí k přípravě pokrmů pro kojence.

7.6 Hygienická problematika balených vod

Jedná se o poměrně novou kategorii pitných vod, jejichž výroba a spotřeba má ve všech vyspělých zemích a také v České republice v posledním desetiletí vysoce vzestupný trend. Tyto vody se mohou používat jako náhradní při výskytu havarijních situací, ale stále častěji nahrazují vodovodní i studniční pitnou vodu, a to z několika důvodů:

- lidé nedůvěřují tvrzení, že kvalitní pitné vodovodní vody je vyhovující,
- v rámci zvýšené péče o vlastní zdraví lidé preferují balenou vodu jako vodu nejen nezávadnou, ale také jako zdroj nutričních látek,
- vodovodní voda je pro mnoho lidí nepřijatelná z chuťových a pachových hledisek,
- balené vody jsou vhodnější alternativou jiných způsobů zásobování obyvatel pitnou vodou, než je např. dovážení vody cisternami.

Spotřeba balených vod v ČR od 90. let minulého století několikanásobně vzrostla, v přítomné době nahrazuje spotřebu pitné vody (3–5 l na os. a den) více než z poloviny. Užívání balené vody je ovšem spojeno také s nevýhodami, např. s vysokou finanční nákladností (je 100× až 500× dražší nežli vodovodní voda), s výrobou a následným odpadem mnoha plastových obalů, s prodlužováním její cesty od výrobce ke spotřebiteli, a to za mnohdy nepříznivých podmínek.

Pro kvalitu a hygienickou nezávadnost, příp. vhodnost balených vod v současné době platí jako rámcová směrnice zákon o potravinách č. 110/1997 Sb. a v konkrétních aplikacích pak navazují vyhlášky MZ ČR č. 275/2004 Sb. a č. 404/2006 Sb. V podstatě jsou hygienické požadavky obsažené v těchto směrnících blízké požadavkům na pitnou vodu, jsou ale v některých případech náročnější a naopak neobsahují obecné indikátory mikrobiální kontaminace, tj. mesofily a psychrofilny.

Pojem balené vody je značně obecný a zahrnuje několik samostatných a navzájem odlišných kategorií:

Kojenecká voda je nejjakostnější přírodní, chemicky neupravená voda, vždy získaná z hlubokých zásob podzemní vody. Má omezenou tzv. celkovou mineralizaci (obsah rozpuštěných látek je pod 1 g/l), nízký obsah nitrátů (zprav. pod 5 mg/l), nesmí být chlorovaná, ale může být zabezpečena ultrafiltrací nebo UV-zářením a může obsahovat CO₂ (max. do hodnoty pH 5,0), který se musí pro kojence varem odstranit.

Balená pramenitá voda je také přírodní voda z chráněného podzemního zdroje, jehož původ je uveden na etiketě. Může obsahovat dusičnany do koncentrace 15 mg/l a je vhodná také pro rizikové skupiny dospělých. Obsah RL je limitován hodnotou 1 g/l, obvykle nepřekračuje 0,450 g. Nesmí být upravována, ani dezinfikována s použitím chemických přípravků. Může být doporučena pro přípravu kojenecké stravy a nápojů.

Balená pitná voda má kvalitu pitné vody z vodovodní sítě, z níž se obvykle připravuje. Je často sycena oxidem uhličitým (tzv. sodová voda) na konc. minim. 0,4 % hm.

Balená přírodní mineralizovaná voda (dříve minerální voda) je podzemní voda se zvýšenou mineralizací a s certifikovanými fyziologickými účinky. Lze ji považovat za vítaný zdroj některých esenciálních prvků. Celkový obsah rozpuštěných minerálních látek je zpravidla 0,5–1 g/l (dříve tzv. stolní minerálky), u vyjmenovaných typů se pohybuje v rozmezí 1–6 g/l (dříve léčivé minerálky). Základní minerální složení má být uvedeno na etiketě. Léčivé minerální vody se mají používat pouze v lázeňské terapii (zejména minerálky s obsahem výrazně farmakologicky účinných složek), avšak některé z nich jsou u nás volně dostupné (např. Bílinská kyselka, Magnesia, Rudolfův pramen, Šaratica, Vincentka, Zaječická hořká voda).

Balené přírodní mineralizované vody jsou u nás nejstarším druhem balených vod a jsou stále značně oblíbené. Nejsou však stejně vhodné pro celou populaci; jen v omezené míře a v omezeném výběru by měly být užívány staršími a chronicky nemocnými osobami a ani v horkém letním období by se neměl jejich konzum zvyšovat. Doporučuje se preferovat stolní minerálky (např. Excelsior, Hanácká kyselka, Korunní, Mattoni, Ondrášovka, Poděbradka aj.) a jejich druhy častěji střídát. O zdravotním významu oxidu uhličitého (kyselky, perlivé minerálky) se pojednává v jiné části této kapitoly.

Vody mineralizované (iontové nápoje) se připravují z pitné vody jejím obohacením o minerální látky (hydrogenuhličitany alkalické, chlorid sodný a vápenatý). Nejsou vhodné k běžné konzumaci, ale jako doplněk osobám se zvýšenou ztrátou iontů (sportovci, pracovníci v horkých provozech).

Společné rysy veřejného zásobování pitnou vodou a balené vody mají tzv. **výdejní automaty**. Jsou to podzemní nádrže plněné dováženou kvalitní pitnou vodou z podzemního zdroje. Jsou situovány na veřejných prostranstvích a jsou vybaveny mincovním dávkovačem, který odměří příslušný objem vody do přinesené nádoby. Voda je vhodná pro přípravu kojenecké výživy, je celoročně temperovaná (8–12 °C) a průtokově dezinfikovaná UV-zářením. Je poněkud levnější nežli klasická balená voda, nevyžaduje velkou spotřebu nevratných obalů, avšak může být kontaminována při transportu od zdroje k automatu a od automatu ke spotřebiteli. Na větších pracovištích se zavádí do praxe instalace a používání tzv. **watercoolerů**, tj. velkoobjemových termostatových nádob (50 l i více) plněných kvalitní pitnou vodou, jejíž teplota je udržována v rozmezí 8–12 °C. Významným hygienickým požadavkem – kromě kvality vody a čistoty zařízení – je rychlá spotřeba celého obsahu, a to nejpozději během 2–3 dnů.

Všechny uvedené typy balených vod (včetně vody z automatů) poskytují nejen záruku zdravotní nezávadnosti, ale také zdravotní prospěšnosti, neboť většinou mají optimální,

tj. dostatečně vysoký obsah minerálních nutričních látek. Za jejich optimální koncentraci při dlouhodobé konzumaci průměrným spotřebitelem se považují hodnoty uvedené v tabulce.

Tab. 30 Optimální koncentrace minerálních látek v balených vodách

Minerální látka	Optimální koncentrace
Ca	40–80 mg/l
Mg	nad 20 mg/l
K	nad 1 mg/l
Na	do 20 mg/l
NO ₃	do 10 mg/l
Cl ⁻	do 25 mg/l