

RIZIKO OLOVA Z PITNÉ VODY VE ŠKOLSKÝCH ZAŘÍZENÍCH PARDUBICKÉHO KRAJE

THE HEALTH RISK OF LEAD IN DRINKING WATER IN SCHOOL FACILITIES OF THE PARDUBICE REGION

BOHUMIL HAVEL, DAGMAR ŠVADLENKOVÁ, LENKA LABUDOVÁ, JAKUB HAVEL,
OTTO HORNÍČEK

Krajská hygienická stanice Pardubického kraje se sídlem v Pardubicích, Pardubice

SOUHRN

Olovo je kumulativní jed, který je zvláště nebezpečný pro malé děti. I při nízké úrovni expozice, která byla dříve považována za bezpečnou, poškozuje vývoj mozku a nervového systému, což vede k poruchám chování a snížení inteligence dětí. Hlavním zdrojem expozice olovu je potrava. Pitná voda může představovat významný příspěvek expozice olovu ve starých budovách s původními olověnými rozvody vody. Cílem prezentované práce bylo získat základní informaci o expozici olovu z pitné vody ve vytipovaných školských zařízeních ve starých budovách v Pardubickém kraji a o možném zdravotním riziku pro děti.

V letech 2013 a 2014 byly v součinnosti se Zdravotním ústavem vyšetřeny vzorky pitné vody ve 20 školských zařízeních. Vzorky byly odebrány jak ráno po noční stagnaci vody v potrubí, tak náhodně během dne. Zvýšený obsah olova ve srovnání s dodávanou vodou z vodovodu byl zjištěn ve většině zařízení. V téměř polovině zařízení byly nalezeny zvýšené koncentrace olova i ve vzorcích náhodně odebraných během dne při provozu školy a ve 3 zařízeních bylo zjištěno překročení současného hygienického limitu 10 µg/l. Při charakterizaci rizika vývojové neurotoxicity u dětí byla použita Metodika rozdílu expozic (MOE), doporučená EFSA. Výsledkem je konstatování, že i podlimitní obsah olova v pitné vodě ve školském zařízení může představovat sice malé, ale ne úplně zanedbatelné riziko nepříznivého ovlivnění nervového vývoje u dětí. Do péče o zdravé prostředí předškolních a školních zařízení by proto měla patřit i eliminace tohoto potenciálního rizika.

Klíčová slova: olovo, voda pitná, škola a zdraví, hodnocení zdravotních rizik (HRA)

SUMMARY

Lead is a cumulative toxicant that is particularly harmful to young children. Even at lower levels of exposure that were previously considered safe, lead damages brain and nervous system development resulting in behavioural changes and decreased intelligence of children. The main source of lead exposure is food. An important contributor to lead exposure may be the tap water in old buildings, having the original lead plumbing. The aim of the present study was to obtain basic information about lead exposure from drinking water in selected educational facilities placed in old buildings in the Pardubice Region as well as the possible health risks for the children.

Between 2013 and 2014, in collaboration with the Public Health Institute, samples of drinking water in 20 educational facilities were examined. The samples were taken both in the morning after overnight water stagnation in the pipes and randomly during the day. In most facilities the lead content was increased as compared to water regularly supplied in the mains. In almost half of the monitored facilities increased lead content was detected even in the samples taken during the day. In three facilities the lead content exceeded the current lead content limit 10 µg/l. To characterize the risk of developmental neurotoxicity in children, the methodology "margin of exposure" (MOE), recommended by EFSA, was used. The result is, that even a lower lead content in drinking water of school facilities than the regulatory limit value may pose a small but not entirely negligible risk of neurodevelopmental effects. Care for the healthy environment at preschool and school facilities should therefore also include the elimination of this potential risk.

Key words: lead, drinking water, school and health, health risk assessment (HRA)

Úvod

Přestože olovo patří mezi nejdéle známé a prozkoumané toxické kovy, spolehlivá ochrana zdraví před jeho nepříznivými účinky má stále svá úskalí. Se snižováním přísunu olova do prostředí emisemi z dopravy a kontaminací potravy z používaného nádobí se relativně zvyšuje význam příjmu z pitné vody, kde má dominantní vliv vyluhování olova z dříve používaných vodovodních materiálů.

Cílem naší práce bylo získání základní informace o expozici olovu z pitné vody a zdravotním riziku pro děti ve vytipovaných školských zařízeních, umístěných ve starých budovách s dobou výstavby před rokem 1945, ve kterých je zvýšená pravděpodobnost zachování původních domovních rozvodů vody z olověného potrubí. Tento průzkum byl jako krajský úkol zařazen v letech 2013 a 2014 do kontrolního plánu odboru hygieny dětí a mladistvých Krajské hygienické stanice Pardubického kraje.

Člověk přijímá olovo hlavně perorální cestou z potravy a pitné vody. V zažívacím traktu se požitá olova z potravy vstřebává u dospělých osob asi z 10 %. U dětí se však vstřebává více a to až z 50 % a pomaleji se vylučuje. Významným zdrojem příjmu olova u malých dětí může být i požitý prach a hlína. Dermální absorpce anorganického olova je minimální (1).

Vstřebané olovo rychle přechází z plazmy do erytrocytů, měkkých tkání a kostí. Většina vstřebaného olova je dlouhodobě deponována v kostech, ze kterých se později může uvolňovat při resorpci kostní tkáně v důsledku zvýšených nároků na kalcium (těhotenství, laktace). Z krve a měkkých tkání se olovo vylučuje močí a žlučí s poločasem 20–30 dní, z kostí s poločasem 10–30 let (2).

Olovo snadno proniká placentou a v krvi plodu byla nalezena téměř stejná koncentrace jako v krvi matky. Proniká také bariérou mezi krví a mozkem, ale v mozkové tkáni se nehromadí.

Odhaduje se, že z celkového příjmu olova představuje asi 80–90 % příjem z potravy, půdy a prachu. Na pitnou vodu při koncentraci olova 5 µg/l připadá asi 10 %.

Podle výsledků monitoringu zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců byla v období 2012/2013 průměrná expoziční dávka olova z potravy u populace ČR 0,15 µg/kg/den a v časovém vývinu je relativně stabilní. Setrvale vyšší je podle modelu doporučených výživových dávek expoziční příjem olova u dětí ve věkové kategorii 4–6 let (zhruba 0,6 µg/kg/den) (3).

Jako ukazatel zátěže organismu olovem je používána hladina olova v krvi (plumbémie). Hodnoty u české populace se dle výsledků monitoringu postupně snižují. V roce 2008 byl medián plumbémie u školních dětí 22 µg/l u chlapců, resp. 19 µg/l u dívek (4).

Olovo je kumulativní jed s chronickým účinkem. Akutní toxicita olova je nízká. Podstatou toxického účinku je narušení funkce důležitých enzymových systémů v organismu vazbou olova na SH skupiny proteinů nebo na esenciální kovové ionty enzymů. Olovo též interferuje s metabolismem vápníku.

V závislosti na dávce a délce expozice vyvolává olovo u člověka širokou škálu toxických účinků. Nejcitlivější populační skupiny vůči toxickým účinkům olova jsou těhotné ženy, kojenci a děti do 6 let věku (5).

V mnoha epidemiologických studiích byly již po nízkých dávkách olova perorální cestou prokázány poruchy psychiky, změny chování a snížení intelektu u dětí. Vztah mezi zvýšenou hladinou olova v krvi a sníženým inteligenčním kvocieniem IQ a redukcí kognitivních funkcí byl prokázán u dětí nejméně do 7 let věku. Centrální nervový systém, zejména v období vývoje, je proto považován za hlavní cílový orgán chronické toxicity olova.

Komise JECFA FAO/WHO stanovila v roce 1993 prozatímní tolerovatelný týdenní přívod (PTWI) olova ze všech zdrojů ve výši 25 µg/kg tělesné hmotnosti. Hodnota PTWI byla založena na tom, že by s ohledem na prokázané v podstatě bezprahové účinky nemělo docházet k jakékoliv kumulaci olova v organismu. Podle výsledků metabolických studií u kojenců nebyl průměrný denní příjem olova 3 až 4 µg/kg spojen se zvýšením hladiny olova v krvi, avšak při příjmu

5 µg/kg/den k retenci olova již v organismu docházelo. Cílem bylo zabránit překročení hladiny plumbémie 50 µg/l u dětí (6).

V roce 2010 však JECFA na základě nových studií dospěla ke zjištění, že i tato dávka je spojena s poklesem IQ u dětí nejméně o 3 body IQ stupnice a se zvýšením systolického tlaku u dospělých přibližně o 3 mm rtuťového sloupce. Tento účinek je v celopopulačním měřítku významný. PTWI proto bylo staženo. Vzhledem k tomu, že analýza vztahů expozice a účinku pro tyto klíčové kritické účinky olova neposkytuje indikaci existence bezpečné prahové dávky, dospěla JECFA k závěru, že novou hodnotu PTWI nelze stanovit (6).

Vztah mezi expozicí, vyjádřenou plumbémií a poškozením neurobehaviorálních funkcí u dětí v ukazateli snížení indexu IQ vykazuje nejstrmější křivku právě v oblasti nízké expozice s plumbémií do 100 µg/l, přičemž poškození bylo prokázáno i při hodnotách plumbémie pod 50 µg/l, která byla dříve považována za bezpečnou (7).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) proto nyní doporučuje hodnotit míru rizika olova pomocí tzv. rozdílu expozic (margin of exposure – MOE), tedy poměru mezi referenčním bodem, odvozeným na základě prokázaného účinku z humánních dat a dávkou identifikovanou při konkrétním hodnocení expozice. Jako kritické účinky olova EFSA určil vývojovou neurotoxicitu u dětí a nefrotoxicitu a vliv na systolický tlak u dospělých. Vzhledem k současné úrovni zátěže evropské populace olovem je podle EFSA riziko klinicky významných účinků olova u dospělé populace nízké až zanedbatelné. Vyloučit však nelze riziko nepříznivého ovlivnění vývoje nervového systému u některých kojenců a dětí ve věku do 7 let. Odhad úrovně expozice těhotných žen též nevylučuje v některých případech možnost existence rizika v období nitroděložního vývoje plodu (2).

Z hlediska výskytu v pitné vodě je důležité hlavně používání olova ve vodovodních materiálech. Olovo bylo v 19. století plošně využíváno na vodovodní domovní přípojky a vnitřní domovní rozvody pitné vody. V ČR se odhaduje, že počet olovených přípojek se v různých městech může pohybovat od jednotek procent do méně než 20 %, počet domů s olovenými rozvody vody se odhaduje okolo 5 % (8).

V menším množství se olovo může vyluhovat do vody i z různých spojek a slitinových armatur, pájených spojů měděných rozvodů a starších typů PVC potrubí. Zatímco olovené potrubí představuje prakticky nevyčerpatelný zdroj olova, u mosazných a bronzových částí armatur a kohoutků se vyluhování olova časem snižuje. Množství vyluhovaného olova závisí na řadě faktorů, ovlivňujících agresivitu vody, jako je přítomnost chloridů a rozpuštěného kyslíku, pH, teplota a tvrdost vody, obsah CO₂ a zejména doba stagnace vody v trubkách. Obsah olova ve vodě je proto i na stejném odběrovém místě velmi proměnlivý. Olovo rozpouští hlavně měkká a kyselá voda, ve které se též v trubkách nevytváří ochranný povlak uhličitanu vápenatého, který by bránil uvolňování olova. Avšak i v případě, kdy se olovo z potrubí v důsledku pokrytí vrstvou vodního kamene do vody momentálně prokazatelně neuvolňuje, může k tomu v budoucnosti dojít po narušení inkrustací mechanicky otřesy nebo chemicky při změně kvality vody nebo technologie její úpravy (např. po přechodu na zdravotní zabezpečení chloraminací).

Z metod úpravy vody je možné docílit významného snížení uvolňování olova do vody dávkováním přípravků obsahujících ortofosforečnany, což je plošně využíváno např. ve Velké Británii. V jiných zemích, včetně ČR, je spíše volena cesta postupné výměny olověných rozvodů a přípojek.

Koncentrace olova v pitné vodě se podle místních podmínek může pohybovat od stopových množství po stovky $\mu\text{g/l}$. Přes noc se ve stagnující vodě mohou nahromadit až miligramové koncentrace olova. Vzorke na stanovení obsahu olova je proto nutné odebírat v síti v koncovém místě u spotřebitele a pro vzorkování jsou stanoveny jednotné postupy.

Ve 2. a 3. vydání Doporučení pro kvalitu pitné vody WHO uváděla doporučenou koncentraci olova $10 \mu\text{g/l}$. Tato hodnota byla odvozena na základě tolerovatelného týdenního přívodu (PTWI) olova pro děti ve výši $25 \mu\text{g/kg}$ tělesné hmotnosti, odvozené komisí JECFA v roce 1986, při předpokladu 50 % příjmu olova z vody u uměle živěného kojence tělesné hmotnosti 5 kg, konzumujícího 0,75 l vody denně.

Vzhledem k časové a finanční náročnosti výměny starých vodovodních rozvodů, které jsou hlavním zdrojem olova v pitné vodě, však WHO nepředpokládala, že je reálné rychlé dosažení tohoto limitu, ale zdůraznila, že je do té doby třeba uplatnit jiná dostupná opatření, včetně kontroly koroze potrubí, ke snížení expozice olovu z pitné vody.

V aktualizaci podkladů a ve 4. vydání Doporučení již WHO reaguje na stažení PTWI komisí JECFA v roce 2010, nadále sice ponechává hodnotu $10 \mu\text{g/l}$, ale již jen jako prozatímní na základě současných technických a analytických možností (5, 9).

Otázkou opodstatněnosti zprůsnění limitu obsahu olova v pitné vodě na $10 \mu\text{g/l}$ v Evropské Unii s ohledem na snížení celkové expozice olovu z prostředí se nedávno zabýval Vědecký výbor pro zdravotní a environmentální rizika (SCHER) Generálního ředitelství pro zdraví a ochranu spotřebitele Evropské Komise. Na základě vyhodnocení současných poznatků a údajů o expozici v různých věkových skupinách populace dospěl k závěru, že ani přísnější limit $10 \mu\text{g/l}$ nevylučuje možnost nepříznivého ovlivnění nervového vývoje u dětí. Ke zmírnění tohoto limitu proto nejsou vědecké důvody a naopak jsou oprávněné snahy o další redukci příjmu olova (10).

Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, stanovila pro olovo v souladu se Směrnicí Rady č. 98/83/ES nejvyšší mezní hodnotu $25 \mu\text{g/l}$, která se od 25. 12. 2013 snížila na $10 \mu\text{g/l}$.

Metodika – hodnocení zdravotních rizik

Hodnocení zdravotních rizik (HRA – Health Risk Assessment) má 4 základní navazující kroky. Prvním je tzv. identifikace nebezpečnosti, tedy popis nebezpečných vlastností hodnocené látky. V daném případě u olova je kritickým hodnoceným účinkem vývojová neurotoxicita.

Druhým krokem je charakterizace nebezpečnosti, tj. stanovení referenční dávky (WHO používá pojem přijatelný nebo tolerovatelný denní přívod) na základě známých vztahů dávky a účinku. Pro olovo je tento druhý krok specifický v tom, že původní tolerovatelný pří-

vod byl v roce 2010 na základě nových poznatků stažen s konstatováním, že pro kritické účinky olova, které se projevují již při velmi nízkých dávkách, nelze bezpečnou referenční dávku stanovit. EFSA proto nyní doporučuje hodnotit míru rizika vývojové neurotoxicity olova méně známým postupem pomocí tzv. rozdílu expozic (MOE – margin of exposure) a jako referenční bod u dětí (a těhotných žen) použít hodnotu plumbémie $12 \mu\text{g/l}$ a jí odpovídající spodní okraj 95% intervalu spolehlivosti tzv. vztažné dávky (BMD – Benchmark Dose) dietárního příjmu $\text{BMDL}_{01} 0,5 \mu\text{g/kg/den}$ (2).

Vztažná dávka je obecně dávka odpovídající určitému zvýšení incidence kritického účinku, statisticky vypočtená z výsledků podkladové studie. Konkrétně v daném případě $\text{BMDL}_{01} 0,5 \mu\text{g/kg/den}$ odpovídá snížení inteligenčního kvocientu u dětí o 1 stupeň IQ stupnice. Z populačního hlediska EFSA považuje i toto malé snížení IQ za významné, neboť podle provedených studií zvyšuje o 4,5 % riziko selhání v absolvování vysokoškolského vzdělání a cca o 2 % snižuje produktivitu práce. Nejedná se tedy o bezpečnou referenční dávku, nýbrž o dávku, při které se již očekává nepříznivý zdravotní účinek a není zde uplatněn žádný faktor nejistoty.

Třetím krokem HRA je hodnocení expozice. Podstatou tohoto kroku při expozici z pitné vody je výpočet průměrné denní dávky ADD (Average Daily Dose) podle vzorce:

$$\text{ADD} = \text{CW} \times \text{IR} \times \text{EF} \times \text{ED} / \text{BW} \times \text{AT}$$

CW (Concentration Water) – koncentrace látky ve vodě v mg/l

IR (Intake Rate) – množství požití vody v l/den

EF (Exposure Frequency) – frekvence expozice ve dnech

ED (Exposure Duration) – délka expozice

BW (Body Weight) – tělesná hmotnost v kg

AT (Averaging Time) – doba ve dnech, na kterou expozici průměrujeme

Výpočet ADD je vzhledem k účelu tohoto hodnocení proveden pro tři věkové skupiny dětí. Pro věk 3 roky (MŠ), věk 6 let (ZŠ) a věk 15 let (SŠ). Dále je hodnocena expozice u těhotných žen (učitelky).

Pro možnost srovnání jsou hodnoceny dva modelové expoziční scénáře – pro domov (situace, kdy je celá potřeba pitné vody pokryta vodou s určitým obsahem olova) a pro školu (situace s expozicí olovu z pitné vody pouze během pobytu ve škole).

Jako koncentrace olova v pitné vodě jsou modelově použity odstupňované hodnoty od $1 \mu\text{g/l}$ do původního limitu $25 \mu\text{g/l}$.

Jako IR, tedy množství požití vody za den, jsou u prvního scénáře použity hodnoty doporučené autorizačním návodem AN16/04 verze 3 (11), pro pobyt v budově školy je použita hodnota denní spotřeby $0,5 \text{ l}$.

Jako frekvence expozice je u prvního scénáře použit obvyklý počet 350 dní v roce, pro pobyt ve škole je frekvencí expozice 198 školních dní/rok.

Průměrná tělesná hmotnost u věkových skupin dětí a adolescentů je převzata z výsledků posledního celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže v ČR v roce 2001 (12). Průměrnou tělesnou hmotnost 66 kg uvádí pro těhotné ženy US EPA (13).

Konkrétní expoziční parametry použité pro výpočet průměrné denní dávky jsou uvedeny v tabulce 1, výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.

Posledním krokem HRA je charakterizace rizika, ve které se snažíme dospět ke kvantitativnímu vyjádření

Tab. 1: Použité expoziční parametry

CW (koncentrace olova ve vodě)	1-2,5-5-10-15-20-25 µg/l
IR (množství požití vody) – žáci a školní personál	0,5 l/den
IR – dítě 1–3,99 roky	0,95 l/den
IR – dítě 4–10,99 let	1,2 l/den
IR – adolescent 15–15,99 let	1,7 l/den
IR – těhotné ženy	2,0 l/den
BW (tělesná hmotnost) – děti 3–3,99 roky	16,0 kg
BW – děti 6–6,99 let	23,9 kg
BW – adolescenti 15–15,99 let	60,5 kg
BW – těhotné ženy	66 kg
EF (frekvence expozice) – domov	350 dní/rok*
EF – školní dny ve šk. roce 2012/2013	198 dnů
ED (trvání expozice)	1 rok**
AT – doba ve dnech, na kterou se expozice průměruje	365 dní

* předpokládá se 15 denní pobyt v roce mimo bydliště

** počítá se momentální riziko pro populaci v daném věku, respektive pro období 1 rok

Tab. 2: Průměrná denní dávka olova z pitné vody (µg/kg/den) – domov

Věková skupina	CW – koncentrace olova ve vodě (µg/l)						
	1,0	2,5	5	10	15	20	25
Děti 3–3,99 roky	0,06	0,14	0,28	0,57	0,85	1,14	1,42
Děti 6–6,99 let	0,05	0,12	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20
Adolescenti 15–15,99 let	0,03	0,07	0,13	0,27	0,40	0,54	0,67
Těhotné ženy	0,03	0,07	0,15	0,29	0,44	0,58	0,73

Tab. 3: Průměrná denní dávka olova z pitné vody (µg/kg/den) – škola

Věková skupina	CW – koncentrace olova ve vodě (µg/l)					
	2,5	5	10	15	20	25
MŠ (děti 3–3,99 roky)	0,04	0,08	0,17	0,25	0,34	0,42
ZŠ (děti 6–6,99 let)	0,03	0,06	0,11	0,17	0,23	0,28
SŠ (adolescenti 15–15,99 let)	0,01	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11
Těhotné ženy (personál)	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

míry reálného konkrétního zdravotního rizika za dané situace. Ta pak může sloužit jako podklad pro rozhodování o opatřeních, tedy pro řízení rizika.

Podle klasické metodiky se ke kvantitativnímu vyjádření míry zdravotního rizika toxického prahového účinku škodlivin používá koeficient nebezpečnosti HQ (Hazard Quotient), získaný vydělením vypočtené denní průměrné dávky ještě bezpečnou referenční dávkou. Pokud se HQ pohybuje v hodnotách < 1, neočekává se existence rizika.

Při kvantifikaci rizika olova bylo možné takto postupovat do roku 2010 a jako referenční dávku použít tolerovatelný přívod stanovený komisí JECFA FAO/WHO.

Nyní je, jak již bylo výše uvedeno, doporučeno hodnotit míru rizika olova pomocí rozdílu expozic.

Rozdíl expozic (MOE), představuje poměr mezi referenčním bodem a dávkou identifikovanou při konkrétním hodnocení expozice. Jako referenční bod pro hodnocení rizika vývojové neurotoxicity je použita vztažná dávka BMDL₀₁ 0,5 µg/kg/den, která odpovídá snížení inteligenčního kvocientu u dětí o 1 stupeň IQ stupnice. Poměr odhadované expoziční dávky a BMD je pro-

to zcela odlišný od klasického kvocientu nebezpečí HQ a pro konstatování dostatečné ochrany zdraví by naopak měl mít hodnotu významně vyšší nežli 1.

Při určení přijatelné míry MOE se zohledňuje závažnost kritického účinku, spolehlivost podkladů a postupu odvození BMD i spolehlivost odhadu expoziční dávky.

V případě neurotoxického účinku olova u dětí EFSA konstatuje, že podkladové studie sloužící ke stanovení BMDL poskytují dostatečně reprezentativní údaje k zohlednění podstatné části individuální variability cílové populace a za dostatečnou k zajištění před rizikem klinicky významných účinků považuje hodnotu MOE 10 a vyšší. Hodnoty MOE v intervalu 1–10 podle EFSA indikují riziko, které je sice pravděpodobně malé, avšak je třeba brát je do úvahy (2).

Metodika – šetření výskytu olova ve školách

Ke zjištění obsahu olova v pitné vodě, používané ve vytápovacích školských zařízeních Pardubického kraje,

byly v letech 2013 a 2014, v součinnosti se Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem, provedeny cílené odběry vzorků pitné vody.

V každém zařízení byly odebrány 2 vzorky vody s cílem podchytit vodu používanou ve stravovací části zařízení a vodu z koncové části domovního rozvodu vody v horních podlažích budov. V roce 2013 byly odebírány vzorky v časných ranních hodinách po noční stagnaci bez odtočení. Vzorky byly vyšetřeny ve Zkušební laboratoři Hradec Králové metodou AAS s mezí stanovitelnosti 2 µg/l. V roce 2014 se jednalo o odběr vzorků ve stejných místech v náhodnou dobu během dne při běžném provozu školy, tedy metodou RDT (random daytime sample). Vzorky byly vyšetřeny v Centru hygienických laboratoří v Ústí nad Labem metodou ICP s mezí stanovitelnosti 0,1 µg/l.

Výsledky

Výstupem hodnocení zdravotního rizika je kvantitativní charakterizace rizika olova z pitné vody, vyjádřená pro oba expoziční scénáře v ukazateli rozdíl expozice (MOE), v tabulkách 4 a 5. Tyto hodnoty jsou dále použity pro posouzení významnosti zjištěných hodnot obsahu olova v pitné vodě ve školských zařízeních.

Výsledky rozborů vzorků pitné vody, odebraných v letech 2013 a 2014 ve vytipovaných školských zařízeních v Pardubickém kraji, jsou uvedeny v tabulce 6.

Diskuse

Výsledné hodnoty MOE v tabulce 4 pro situaci, kdy je celá spotřeba pitné vody pokryta vodou se zvýšeným obsahem olova, potvrzují kompromisní charakter minulého, ale i současného zprísňeného limitu pro obsah olova v pitné vodě.

Zcela uspokojivá minimalizace rizika u dětské populace (MOE 10 a více) vychází v podstatě jen pro obsah olova pod 1 µg/l. V rozmezí podlimitních hodnot 1–10 µg/l (MOE 1–10) je sice podle EFSA riziko malé, ale je třeba brát je do úvahy, není tedy zanedbatelné.

Potvrzuje se tím i již zmíněný závěr Vědeckého výboru pro zdravotní a environmentální rizika (SCHER) Generálního ředitelství pro zdraví a ochranu spotřebitele Evropské Komise, že ani přísnější limit 10 µg/l nevylučuje možnost nepříznivého ovlivnění nervového vývoje u dětí a snahy o další redukci přívodu olova jsou oprávněné.

Výsledné hodnoty MOE v tabulce 5 pro expozici olovu z pitné vody pouze v objektech předškolních a školních zařízení dokládají, že i jen částečná expozice během pobytu v tomto zařízení může mít význam. Zejména se to týká případů, kdy by byla konzumována voda po noční stagnaci bez odtočení.

Výsledky orientačního vyhodnocení zdravotního rizika expozice olova z pitné vody ve vytipovaných školských zařízeních jsou uvedeny v tabulce 7. Na základě zjištěného obsahu olova ve vodě a výsledné hodnoty MOE jsou tato zařízení rozdělena do 3 kategorií rizika:

- A) Zanedbatelné riziko: MOE ≥ 10
- B) Malé riziko: MOE 1–10
- C) Významné riziko: MOE < 1

Kategorizace rizika je provedena samostatně jak pro obsah olova ve vodě po noční stagnaci (NS), tak i pro obsah olova v náhodně odebraném vzorku během dne (RDT). Pro zařazení je použit vždy horší výsledek z obou odběrových míst.

Z výsledků charakterizace rizika je zjevné, že nejhorší situaci by představovala pravidelná konzumace vody po noční stagnaci bez odtočení. Tato situace je málo pravděpodobná, ale přesto ji nelze zcela vyloučit, např. při používání vody ve školní kuchyni, nebo při používání nápojového automatu.

Podstatně lepší situaci jsme předpokládali při používání odtočené vody během dne, avšak i při těchto odběrech byly v několika zařízeních zjištěny relativně významné koncentrace olova. Navíc se jednalo o odběry v druhém roce sledování v zařízeních, jejichž vedení bylo na potřebu ranního odtočení vody upozorněno v předšlém roce. Tato situace je nepříznivá zejména u nejnižší věkové kategorie dětí v mateřských školách.

Význam expozice olovu z pitné vody a pozitivní asociace mezi obsahem olova v pitné vodě a plumbémií u zásobované populace byla nalezena v řadě studií (14).

Tab. 4: Rozdíl expozic (MOE) – domov

Věková skupina	CW – koncentrace olova ve vodě (µg/l)						
	1,0	2,5	5	10	15	20	25
Děti 3–3,99 roky	8,8	3,5	1,8	0,9	0,6	0,4	0,4
Děti 6–6,99 let	10,4	4,2	2,1	1,0	0,7	0,5	0,4
Adolescenti 15–15,99 let	18,6	7,4	3,7	1,9	1,2	0,9	0,7
Těhotné ženy	17,2	6,9	3,4	1,7	1,1	0,9	0,7

Tab. 5: Rozdíl expozic (MOE) – škola

Věková skupina	CW – koncentrace olova ve vodě (µg/l)					
	2,5	5	10	15	20	25
MŠ (děti 3–3,99 roky)	11,8	5,9	2,9	2,0	1,5	1,2
ZŠ (děti 6–6,99 let)	17,6	8,8	4,4	2,9	2,2	1,8
SŠ (adolescenti 15–15,99 let)	44,6	22,3	11,2	7,4	5,6	4,5
Těhotné ženy (personál)	48,7	24,3	12,2	8,1	6,1	4,9

Tab. 6: Výsledky rozborů vzorků pitné vody ze školských zařízení – obsah olova (µg/l)

Školské zařízení	Okres	1. místo odběru		2. místo odběru	
		2013 – NS	2014 – RDT	2013 – NS	2014 – RDT
Střední škola	Pardubice	<2	<0,1	16	13,5
Základní škola	Pardubice	<2	<0,1	<2	<0,1
Základní škola	Pardubice	9	0,1	<2	<0,1
Základní škola	Pardubice	6	0,9	4	0,3
Základní škola	Chrudim	4	0,2	<2	0,1
Základní škola	Chrudim	5	0,1	4	1,2
Základní škola	Chrudim	2	3	<2	0,4
Základní škola	Chrudim	<2	0,2	10	15
Základní škola	Ústí nad Orlicí	5	1,2	7	0,7
Základní škola	Ústí nad Orlicí	4	0,3	6	0,5
Základní škola	Ústí nad Orlicí	3	0,5	<2	0,7
Základní škola	Ústí nad Orlicí	4	0,2	7	0,2
Základní škola	Ústí nad Orlicí	2	0,3	10	0,6
Základní škola + mateřská škola	Pardubice	2	0,1	25	3,9
Základní škola + mateřská škola	Chrudim	3	0,1	5	0,2
Základní škola + mateřská škola	Svitavy	5	0,4	2	1,2
Základní škola + mateřská škola	Svitavy	<2	1,0	12	3,4
Mateřská škola	Svitavy	7	<0,1	8	29,3
Mateřská škola	Svitavy	4	0,8	3	0,4
Školní jídelna	Svitavy	<2	0,2	12	3,2

NS – odběr po noční stagnaci, RDT – metoda odběru „random daytime sample“

Tab. 7: Charakterizace rizika olova (pro vyšší nález z obou odběrových míst)

Zařízení	Zanedbatelné riziko	Malé riziko	Významné riziko
Mateřské školy – NS	0	6	0
Mateřské školy – RDT	3	3	0
Základní školy – NS	4	12	0
Základní školy – RDT	15	1	0
Střední škola – NS	0	1	0
Střední škola – RDT	0	1	0
Školní jídelna – NS	0	1	0
Školní jídelna – RDT	0	1	0

NS – odběr po noční stagnaci, RDT – metoda odběru „random daytime sample“

Studii zaměřenou na expozici dětí olovu z pitné vody ve školách jsme v evropské odborné literatuře nenalezli. Význam přívodu olova z pitné vody ve školách pro celkovou expozici dětí však potvrzují výsledky několika publikovaných průzkumů obsahu olova v pitné vodě ve školních budovách v USA a Kanadě. V USA ve Filadelfii byl v letech 2000–2001 zjištěn obsah olova nad 20 µg/l po stagnaci ≥ 8 hodin v 57,4 % z 292 školních budov (15). V Seattlu v roce 2004 byla tato koncentrace překročena ve 22 % vzorků ze 71 základních škol (16). Ve státě Kansas bylo při průzkumu provedeném v letech 2008–2009 zjištěno překročení této hodnoty ve 2 z 56 vyšetřených mateřských a základních škol několika venkovských a příměstských sídel (17). Pro průzkum a následná opatření ke snížení olova v pitné vodě ve školách byl v USA v roce 2006 vydán obsáhlý manuál, jehož uplatnění doporučuje US EPA při překročení kon-

centrace olova 20 µg/l v jakémkoliv výtoku pitné vody v budově školy (18).

V Kanadě byl v roce 2007 proveden průzkum ve školách provincie Ontario. Ve 28 % vzorků vody po stagnaci a 9 % vzorků po 30 sekundách odtočení bylo zjištěno překročení koncentrace olova 10 µg/l. Také v Kanadě je vydán návod pro školy na průzkum a opatření ke snížení obsahu olova v pitné vodě, který má být použit při překročení 10 µg/l v jakémkoliv výtoku pitné vody (19).

Samostatné kvantitativní zhodnocení rizika expozice dětí olovu v pitné vodě ve školách publikované studie neobsahují. Pouze kazuistika z jedné kanadské školy, publikovaná v loňském roce, hodnotí přívod olova z pitné vody ve škole v poměru k odhadovanému celkovému přívodu ze všech zdrojů u kanadské populace. Navýšení vlivem pitné vody ve škole (průměrná koncentrace ve

vodě po stagnaci 71 µg/l) představovalo zvýšení celkového přívodu olova u dětí ve věku 6–11 let cca o 60 % (20).

Námi provedené šetření a navazující hodnocení zdravotního rizika je nevyhnutelně zatíženo řadou nejistot a poskytuje pouze orientační odhad skutečné situace.

Kritériem k vytipování školských zařízení bylo stáří budovy a neexistence záznamu o provedené výměně domovních rozvodů vody. Tento odhad se ukázal jako spolehlivý, neboť pouze v jednom zařízení byl ve všech odebraných vzorcích obsah olova pod mezí stanovitelnosti. Ve veřejných vodovodech zásobujících vytipovaná školská zařízení se obsah olova nad mezí stanovitelnosti nevyskytuje, jde ovšem o vzorky odebrané během dne.

Výsledky rozborů potvrzují, že množství vyluhovaného olova závisí na mnoha faktorech a proto je i na stejném odběrovém místě velmi proměnlivé. Vliv volby odběrových míst, kdy bylo druhé místo vybráno na konci domovního rozvodu, se projevil jen zhruba v polovině objektů. Jednoznačný je vliv délky stagnace vody, neboť nejvyšší hodnoty byly bez výjimky zjištěny tam, kde se odběr neodtočené vody uskutečnil v pondělí ráno.

Z expozičních parametrů je hrubým odhadem, který nemusí odpovídat skutečné situaci, zvolená hodnota denní spotřeby pitné vody 0,5 l/den při pobytu ve školském zařízení. Skutečná konzumace vody je v průměru pravděpodobně nižší, je však třeba si uvědomit, že vyhodnocená míra rizika by měla zohledňovat reálně možný nejhorší případ. Zde je vhodné upozornit na problém nápojových automatů přímo napojených na rozvod vody, kde nelze zajistit odtočení stagnující vody.

Věkové kategorie u dětí byly zvoleny tak, aby zohlednily nejvyšší relativní dávku, přepočtenou na tělesnou hmotnost. Tato dávka pochopitelně klesá se stoupajícím věkem a hmotností dětí. Odpovídající tělesná hmotnost je průměr, zjištěný posledním celostátním antropologickým výzkumem v ČR.

Obvyklým obdobím, za které se provádí výpočet průměrné denní dávky při hodnocení rizika chronických účinků, je 1 rok.

Navzdory mnohaletému a intenzivnímu výzkumu není zcela úplná ani existující databáze údajů o nebezpečnosti olova, o čemž svědčí i nedávná zásadní změna přístupu k hodnocení rizika. Nejcitlivějším kritickým účinkem, který byl mnohokrát prokázán v epidemiologických studiích, je vývojová neurotoxicita. K průkazu a hodnocení míry tohoto efektu se používají testy IQ, které však nebyly vyvinuty k tomuto účelu a může docházet k pominutí specifických a subtilnějších účinků olova na funkci CNS.

Vztahy expozice a účinku byly pro tento efekt odvozeny na základě studií provedených u dětí cca do 10 let věku. Použití referenční hodnoty pro dětskou populaci k hodnocení rizika expozice olova u adolescentů je proto zatíženo nejistotou a pravděpodobně vede k nadhodnocení rizika.

Hodnocení rizika bylo provedeno pouze pro expozici olova. Neurotoxický účinek mohou vykazovat i další kovy vyskytující se v pitné vodě, jako je mangan, hliník a arzen. Současné poznatky o možném aditivním nebo synergickém efektu při současné expozici různým látkám i v podlimitním množství jsou omezené. U veřejných vodovodů, zásobujících vytipovaná školská zařízení, se však obsah těchto kovů pohybuje pod mezí stanovitelnosti.

Hodnocení rizika olova bylo provedeno pouze pro expozici z pitné vody. Nebyla tedy zohledněna expozice z potravy. Podle posledních údajů dietárního monitoringu je přívod olova u dětí ve věku 4–6 let v ČR, odhadovaný podle modelu doporučených výživových dávek, zhruba 0,6 µg/kg/den. Odpovídající hodnota MOE 0,8 indikuje, že nepříznivý účinek současné dietární expozice olovu u dětí nelze vyloučit. Opodstatněnost eliminace dalšího zbytečného přívodu olova pitnou vodou ze starých olověných rozvodů v budovách je tím ještě významně podpořena.

Provedené šetření je pouze orientační a nevylučuje možnost existence zařízení s podstatně horší situací a expozicí dětí představující významné zdravotní riziko, o čemž jsme se přesvědčili po zpracování tohoto příspěvku nálezem základní školy s obsahem olova až 68 µg/l ve vodě používané k pitnému režimu dětí.

Závěr

Šetřením ve školských zařízeních Pardubického kraje, umístěných v budovách, postavených před rokem 1945, byl ve většině zařízení, ve srovnání s dodávanou vodou z veřejného vodovodu, zjištěn zvýšený obsah olova v pitné vodě. Zdrojem olova jsou pravděpodobně zachované původní přípojky nebo domovní rozvody z olověného potrubí. Zjištěné koncentrace olova byly nejvyšší v ranních odběrech vzorků po noční stagnaci vody, avšak v téměř polovině zařízení byl zvýšený obsah olova ve vodě zjištěn i ve vzorcích náhodně odebraných během dne při provozu školy a ve 3 zařízeních z 20 bylo zjištěno překročení současného hygienického limitu 10 µg/l.

Z provedeného hodnocení zdravotního rizika s použitím metodiky charakterizace rizika rozdílem expozice (MOE), doporučené EFSA, vyplývá, že i podlimitní obsah olova v pitné vodě ve školském zařízení může představovat sice malé, ale ne úplně zanedbatelné riziko narušení nervového vývoje a intelektu u dětí.

Do péče o zdravé prostředí předškolních a školních zařízení by proto měla patřit i eliminace tohoto potenciálního rizika a provedené šetření potvrzuje, že je vhodné tímto směrem zaměřit i osvětovou a dozorovou činnost orgánů ochrany veřejného zdraví.

Výsledky rozborů, jejich interpretace a doporučená opatření ke snížení expozice dětí byla předmětem jednání s vedením školských zařízení, případně i s příslušnými obcemi nebo městy. V zařízeních s nejvyššími nálezy obsahu olova v pitné vodě již byla provedena výměna rozvodů vody.

LITERATURA

1. Lead (addendum). In: Safety evaluation of certain food additives and contaminants: prepared by the Seventy-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO food additives series 64. Geneva: WHO; 2011. p. 381-497.
2. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on lead in food. EFSA J. 2010;8(4):1570. doi:10.2903/j.efsa.2010.1570.
3. Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců v roce 2013. In: Výsledky

- Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí 2013 [CD-ROM]. Praha: SZÚ; 2014.
4. Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring): odborná zpráva za rok 2008. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí. Subsystem 5. Praha: SZÚ; 2009.
 5. World Health Organization. Lead in drinking-water: background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO; 2011.
 6. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series, no. 960. Geneva: WHO; 2011.
 7. World Health Organization. Childhood lead poisoning. Geneva: WHO; 2010.
 8. Kožíšek F, Nešpůrková L, Gari DW, Pomykačová I, Tomášková H, Němcová V. Olovo a pitná voda: situace v České republice. Vodní hospodářství. 2008;58(1):1-4.
 9. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: WHO; 2011.
 10. Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER). Lead standard in drinking water. European Union; 2011.
 11. Havel B, Jelíková H, Kožíšek F. Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám v pitné vodě. Autorizační návod AN 16/04 verze 3 [Internet]. Praha: SZÚ; 2011 [cit. 27. srpna 2014]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/AN16_04_voda.pdf.
 12. Bláha P, Vignerová J, Riedlová J, Kobzová J, Krejčovský L, Brabec M. 6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001, Česká republika: základní tělesné charakteristiky 0-19 let, percentilové grafy 0-18 let, rozměry hlavy dětí 0-6 let. Praha: SZÚ; 2005.
 13. United States Environmental Protection Agency. Estimated per capita water ingestion and body weight in the United States - an update. Washington: US EPA; 2004.
 14. Hayes CR, Skubala ND. Is there still a problem with lead in drinking water in the European Union? J Water Health. 2009 Dec;7(4):569-80.
 15. Bryant SD. Lead-contaminated drinking waters in the public schools of Philadelphia. J Toxicol Clin Toxicol. 2004;42(3):287-94.
 16. Sathyanarayana S, Beaudet N, Omri K, Karr C. Predicting children's blood lead levels from exposure to school drinking water in Seattle, Washington, USA. Ambul Pediatr. 2006 Sep-Oct;6(5):288-92.
 17. Massey AR, Steele JE. Lead in drinking water: sampling in primary schools and preschools in south central Kansas. J Environ Health. 2012 Mar;74(7):16-20.
 18. United States Environmental Protection Agency. 3Ts for reducing lead in drinking water in schools: revised technical guidance. Washington: US EPA; 2006.
 19. Barn P, Kosatsky T. Lead in school drinking water: Canada can and should address this important ongoing exposure source. Can J Public Health. 2011 Mar-Apr;102(2):118-21.
 20. Barn P, Nicol AM, Struck S, Dosanjh S, Li R, Kosatsky T. Investigating elevated copper and lead levels in school drinking water. Environ Health Rev. 2013;56(4):96-102.

Došlo do redakce: 27. 8. 2014

Přijato k tisku: 30. 1. 2015

*MUDr. Bohumil Havel
KHS Pardubického kraje
Územní pracoviště Svitavy
Milady Horákové 375/12
568 02 Svitavy
E-mail: bohumil.havel@khspace.cz*