

EXPOZICE RTUTI ZE ZUBNÍCH AMALGÁMŮ: AKTUÁLNÍ PŘÍSPĚVEK K HODNOCENÍ RIZIK

Tuček, M., Bušová, M., Čejchanová M.
(1.LF UK Praha, SZÚ Praha)

Podpořeno projektem PROGRES Q29/LF1

OBSAH

1. Nařízení EU platné od 1.1.2018
2. Toxikologie rtuti a jejích sloučenin
3. Cyklus rtuti v přírodě
4. Rtuť jako globální kontaminant prostředí
5. Antropogenní zdroje
6. Spotřeba rtuti
7. Hlavní zdroje humánní expozice
8. Odhad denního příjmu rtuti
9. Používání kovové rtuti ve stomatologii
10. Zdravotní rizika expozice rtuti ze zubního amalgámu
11. Praktické závěry a doporučení

1. Nařízení EU (platnost od 1.1.2018) (1)

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2017/852

ze dne 17. května 2017

o rtuti a o zrušení nařízení (ES) č. 1102/2008

(21) **Použití rtuti v zubním amalgámu představuje nejrozšířenější způsob využití rtuti v Unii** a je významným zdrojem znečištění. **Použití zubního amalgámu by tak mělo být postupně snižováno** v souladu s úmluvou a národními plány, a to zejména na základě opatření uvedených v části II přílohy A úmluvy. Komise by měla posoudit proveditelnost postupného **ukončení používání zubního amalgámu** v dlouhodobém výhledu, pokud možno **do roku 2030**, a podat v této věci zprávu, přičemž zohlední národní plány požadované tímto nařízením a současně bude plně respektovat odpovědnost členských států za organizaci zdravotnictví a poskytování zdravotní péče. Kromě toho je třeba přijmout zvláštní opatření v oblasti **preventivní ochrany zdraví** týkající se **zranitelných osob**, jako jsou **děti a těhotné či kojící ženy**.

1. Nařízení EU (platnost od 1.1.2018) (2)

Měla by být stanovena povinnost **používat zubní amalgám v kapslové formě v předem určených dávkách** a separátory amalgámu ve stomatologických zařízeních, v nichž se používá zubní amalgám nebo v nichž se odstraňují amalgámové výplně nebo zuby s takovými výplněmi, aby byli zubní lékaři a pacienti chráněni před expozicí rtuti a aby se zajistilo, že **vznikající odpadní rtuť** je shromažďována a odstraňována v souladu s řádným nakládáním s odpady a že není za žádných okolností vypouštěna do životního prostředí. **Z tohoto důvodu by použití volně balené rtuti zubními lékaři mělo být zakázáno.** Amalgámové kapsle....jsou považovány za vhodné pro použití zubními lékaři. Dále je třeba stanovit minimální míru účinnosti záchytu pro **amalgámové separátory**....

1. Nařízení EU (platnost od 1.1.2018) (3)

Článek 10 Zubní amalgám

Od 1. ledna 2019 lze používat zubní amalgám **jen v kapslové formě** v předem určených dávkách. Použití volně balené rtuti zubními lékaři se zakazuje.

Od 1. července 2018 se zubní amalgám **nesmí používat při stomatologickém ošetření mléčných zubů, dětí mladších 15 let a těhotných či kojících žen**, s výjimkou případů, kdy to zubní lékař považuje za naprosto nezbytné z důvodu specifických zdravotních potřeb dotčeného pacienta.

Do 1. července 2019 každý členský stát stanoví **národní plán** týkající se opatření, která hodlá provést za účelem postupného omezování používání zubního amalgámu.

Od 1. ledna 2019 provozovatelé stomatologických zařízení, v nichž se používá zubní amalgám nebo odstraňují amalgámové výplně nebo zuby s takovými výplněmi, zajistí, aby jejich zařízení byla vybavena **separátory amalgámu** pro zachycování a sběr částic amalgámu včetně částic obsažených v použité vodě.

1. Nařízení EU (platnost od 1.1.2018) (4)

Článek 10 **Zubní amalgám**

Tito provozovatelé zajistí, aby:

separátory amalgámu uvedené do provozu po 1. lednu 2018 umožňovaly míru zachytu **nejméně 95 % amalgámových částic**;

Zubní lékaři zajistí, aby s jejich odpadem s obsahem amalgámu, včetně zbytků amalgámu, jeho částic a výplní a zubů nebo jejich částí, které jsou znečištěny zubním amalgámem, nakládaly a jeho **sběr prováděly schválené subjekty** nebo podniky zabývající se nakládáním s odpadem.

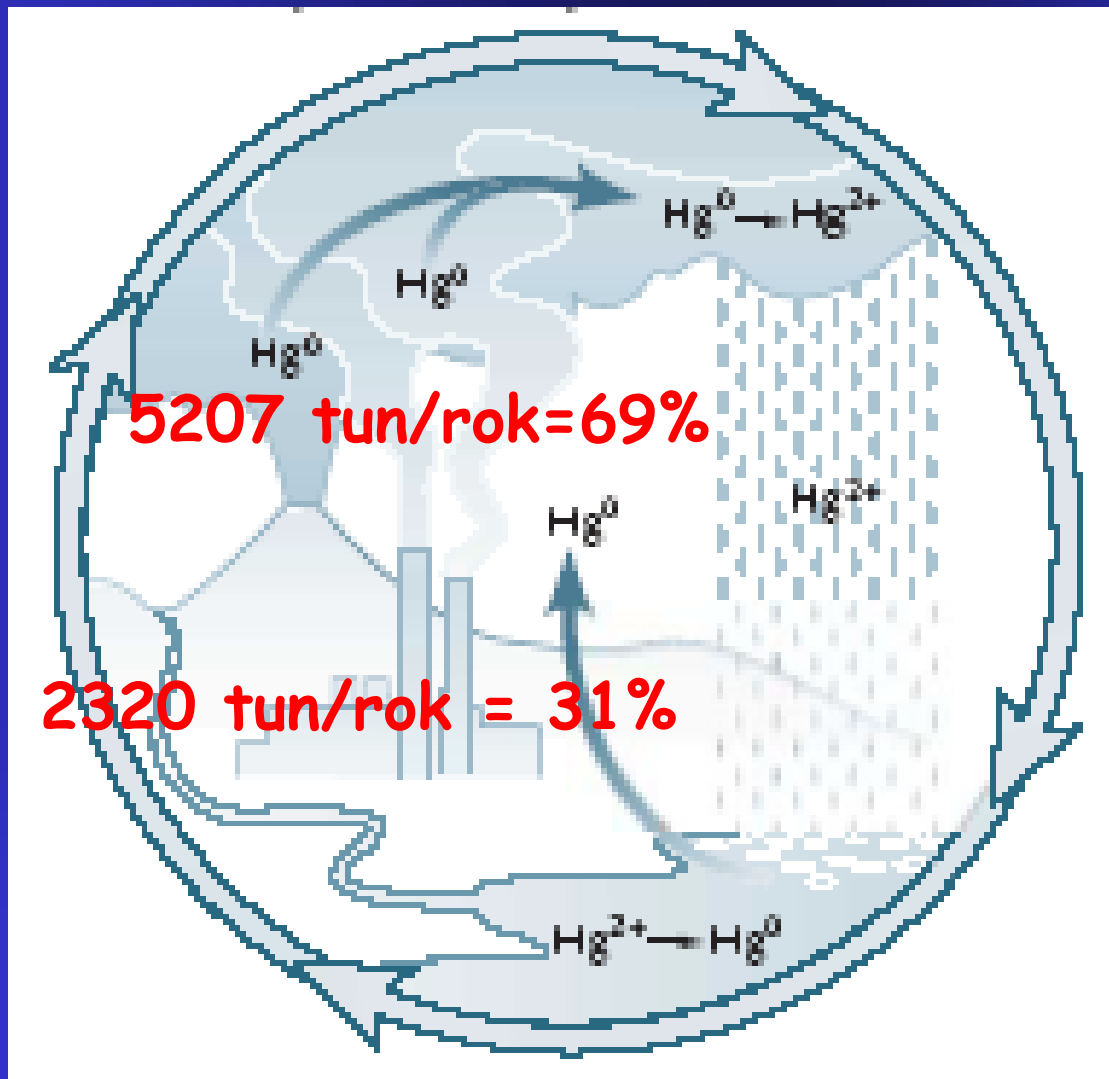
Zubní lékaři nesmí za žádných okolností vypustit přímo ani nepřímo takovýto odpad s obsahem amalgámu do životního prostředí.

2. Toxikologie rtuti a jejích sloučenin

PARAMETR	Hg ⁰	Hg ²⁺	METYLRTUŤ (CH ₃ Hg)	ETYLRTUŤ (CH ₃ CH ₂ Hg)
Cesta expozice	Inhalační	Orální	Orální (konzumace ryb)	Parenterální (vakcíny)
Cílový orgán	CNS, periferní NS, ledviny	Ledviny	CNS	CNS, ledviny
Místní klinické příznaky				
PLÍCE	Bronchiální iritace, pneumonitis (>1000 µg.m ⁻³ v ovzduší)			
GIT	Kovová chuť, stomatitis, gingivitis, zvýšená salivace (>1000 µg.m ⁻³ v ovzduší)	Kovová chuť, stomatitis, gastroenteritis		
KŮŽE		Urtika, tvorba vehikul		
Systémové klinické příznaky				
LEDVINY	Proteinurie (>500 µg.m ⁻³ v ovzduší)	Proteinurie, tubulární nekróza		Tubulární nekróza
PERIFERNÍ NS	Periferní neuropatie (>500 µg.m ⁻³ v ovzduší)	Akrodynie		Akrodynie
CNS	Erethismus (>500 µg.m ⁻³ v ovzduší), tremor		Parestézie, ataxie, ztráta visu a sluchu (>200 µg.l ⁻¹ krve)	Parestézie, ataxie, ztráta visu a sluchu
Průměrný poločas (celotělový)	60 dnů	40 dnů	70 dnů	20 dnů
Léčba	Meso-2,3-dimercaptojantarová kyselina	Meso-2,3-dimercaptojantarová kyselina	Cheláty nejsou efektivní	Cheláty nejsou efektivní

Přehled toxikologických účinků rtuti (podle Clarksona a spol.: *The Toxicology of Mercury - Current Exposures and Clinical Manifestations. N.Eng.J.Med.18, 2003, s.1731 - 1736*)

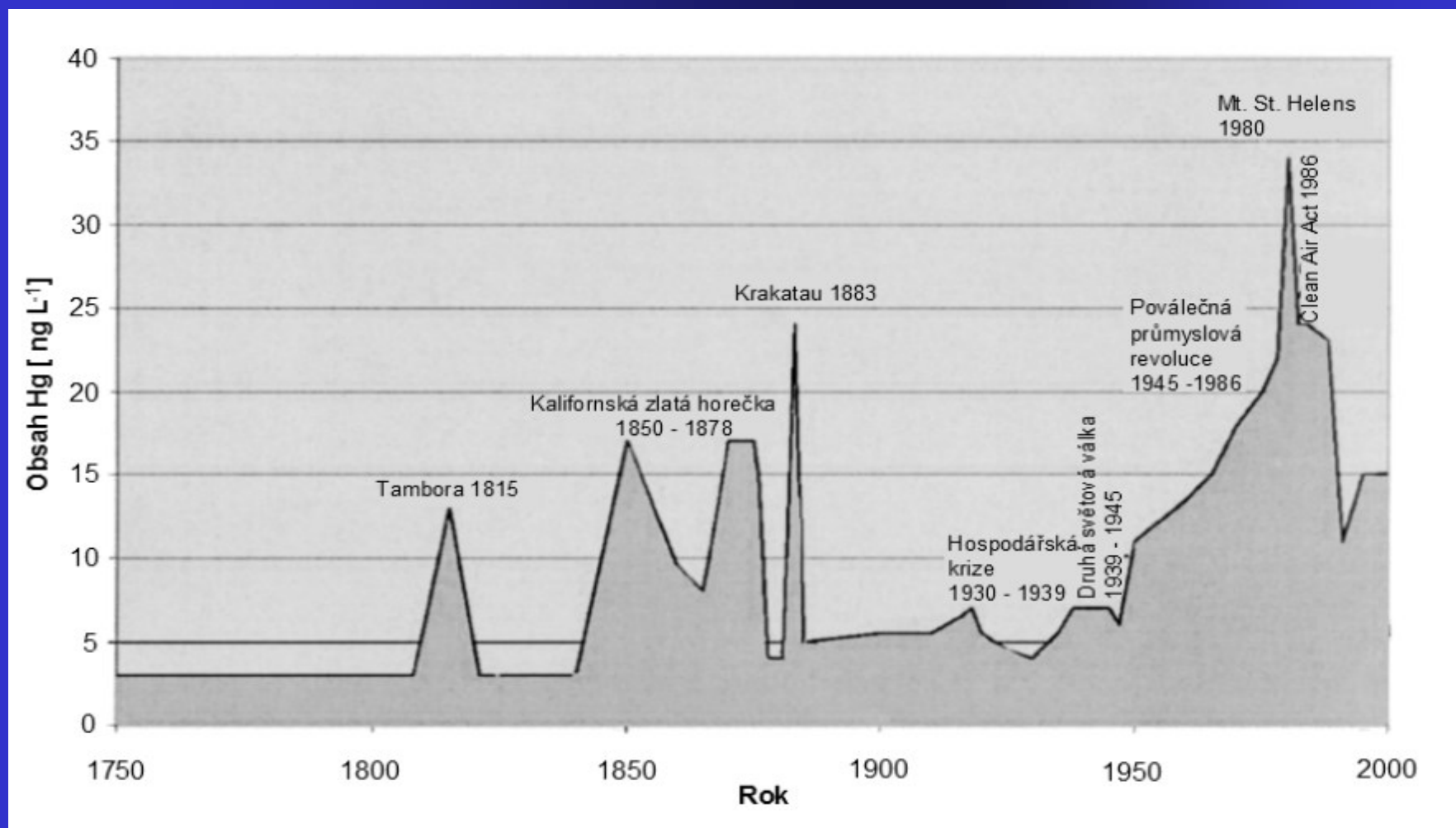
3. Cyklus rtuti v přírodě



(kvantifikace podle Pirrone N. et al. : Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. Atmos. Chem. Phys.,10, 2010,13, s. 5951-5964)

Zdroj
ilustrace:
Wikipedia

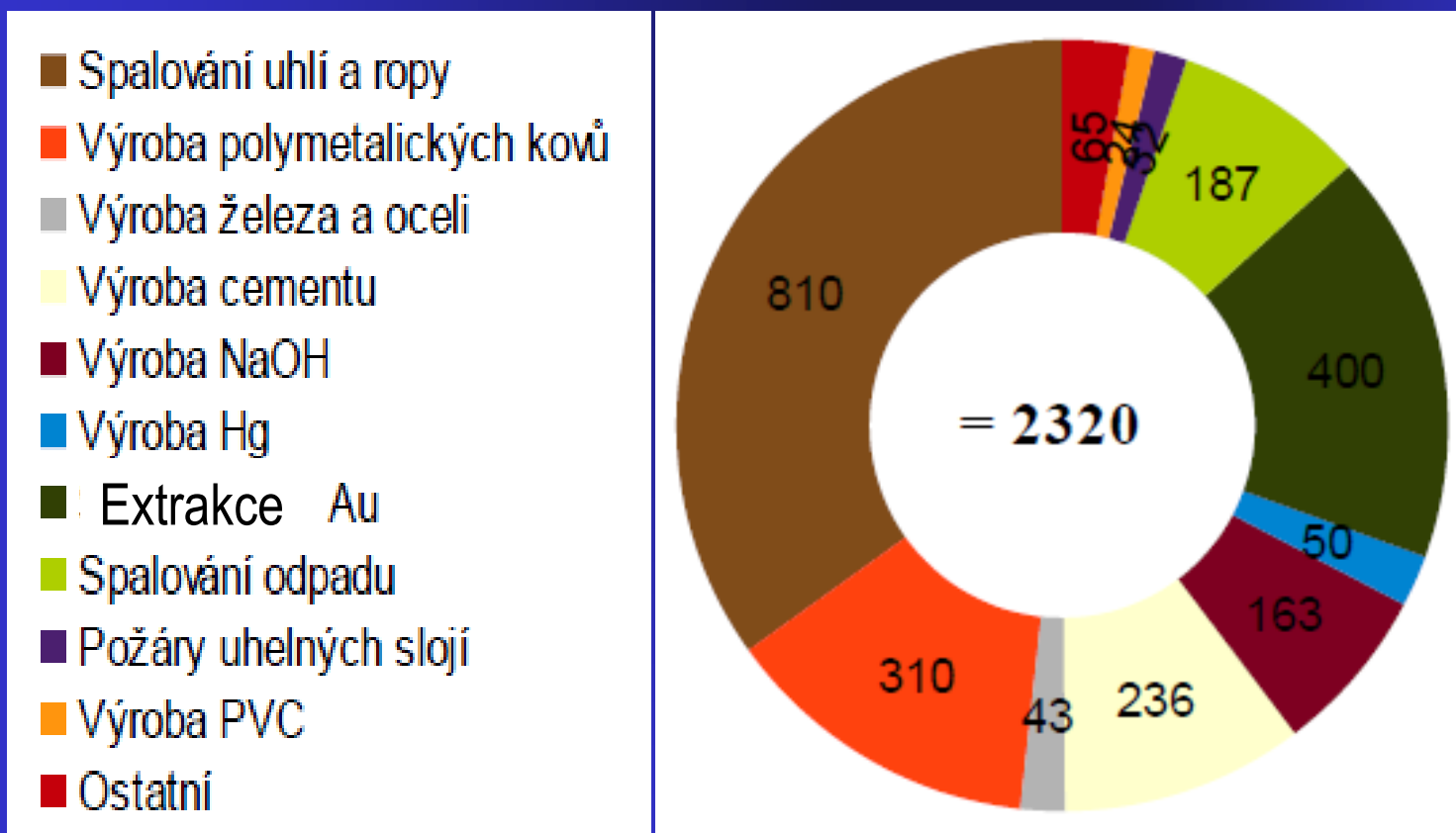
4. Rtut' jako globální kontaminant prostředí



Záznam depozice rtuti v ledovcovém jádru z ledovce Upper Fremont Glacier (U.S.A.) (podle Hutchinsona A.R., Atwood a D.A.: Mercury pollution and remediation: The chemist's response to a global crisis. J.Chem. Crystallogr., 33, 2003, 8, s. 631-645

5. Antropogenní zdroje

uvolní se cca 2000 tun ročně



Globální emise rtuti z antropogenních zdrojů [tun za rok]

(podle Pirrone N. et al. :Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. Atmos. Chem. Phys.,10, 2010,13, s. 5951-5964)

6. Spotřeba rtuti

Spotřeba rtuti ve světě a v EU (t)		
Sektor	Svět	EU 15
Těžba zlata	800	5
Chlorový průmysl	750	105
Baterie	700	10
Zubní amalgamy	270	70
Katalyzátor pro výrobu VCM	250	-
Měřicí a regulační technika	160	22
Spínače a elektrická zařízení	160	22
Osvětlovací technika	110	21
Ostatní	50	25
Celkem	3250	280

Wikipedia 2009

Světová roční výroba 1650 tun rtuti (rok 2000)
V Unii vznikne do konce roku 2017 přes 6 000 tun
kapalné odpadní rtuti

7. Hlavní zdroje humánní expozice

- extrakce zlata
- rtuťové měřicí přístroje,
- baterie, zářivky, monitory
- zubní amalgam
- elektroda při elektrolytické výrobě chlóru z NaCl
- laboratorní chemikálie
- léky a vakcíny, kosmetika
- pigmenty
- fungicidy



Reducing mercury use in artisanal and small-scale gold mining. A practical guide. UNEP, 2012, 76 s. ISBN 978-92-807-3282-5.

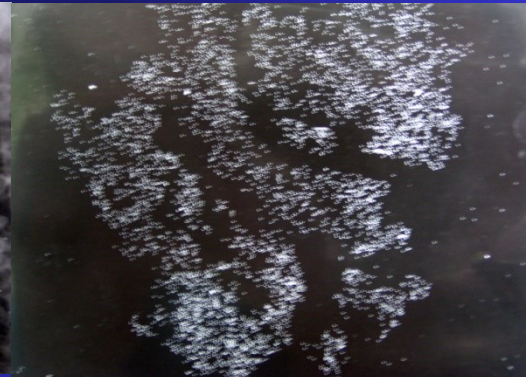
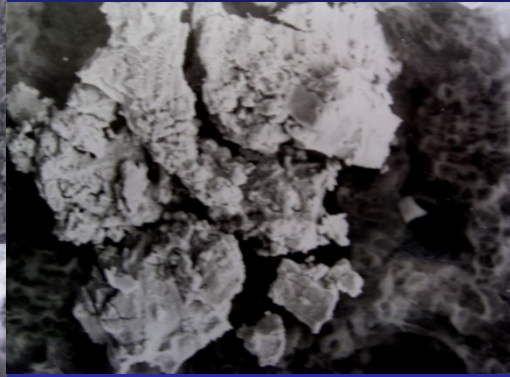
8. Odhad denního příjmu Hg v μg u populace (dle literatury):

vzduch	0,05 - 0,20
potrava - ryby	2,34
potrava - mimo ryb	0,25
pitná voda	0,005
zubní amalgam	1,00 - 21,60
CELKEM	7,70 - 24,70
<i>ADI 40 μg (metylrťut' 30 μg)</i>	

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (1)



V částicích bylo vždy nalezeno stříbro a rtuť (poměr obou prvků nebyl konstantní).



ŠKODA VÝZKUM s.r.o., Plzeň, řádkovací elektronový mikroskop JEOL JXA 840

Částice amalgamu vzniklé odvrtním výplní mají charakter drobných šponek (1 - 7 μm).



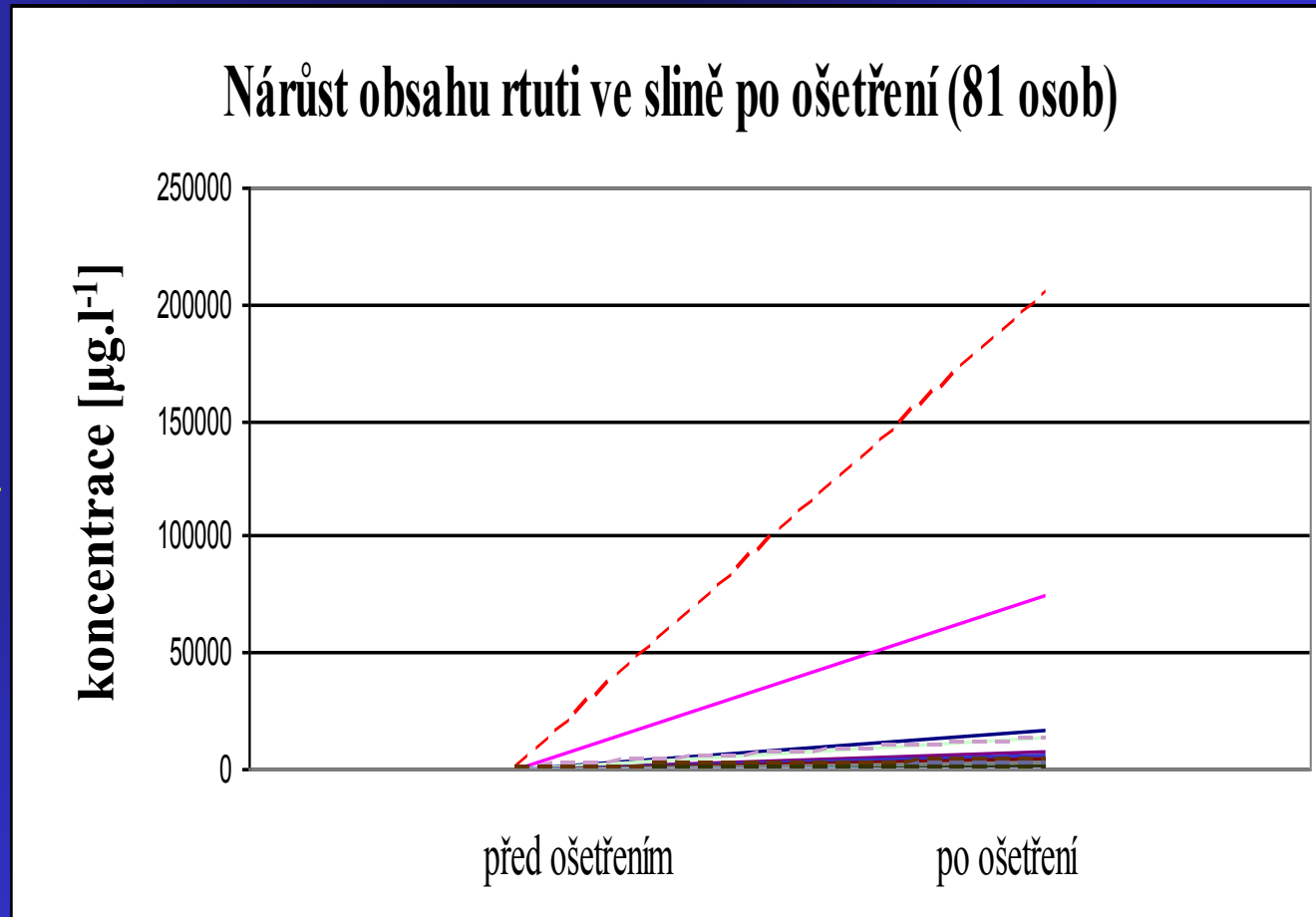
**ANALYZÁTOR RTUTI
AMA 254**

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (2)

před ošetřením
výplní

a.p. $40,8 \mu\text{g.l}^{-1}$
95% i.s. $11,3-19,4 \mu\text{g.l}^{-1}$

g.p. $14,8 \mu\text{g.l}^{-1}$



TUČEK, M.: *Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám. České prac.lék., 7, 2006, 1, s. 26-37.*

Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu IGA MZ ČR 3523-3 : *Zhodnocení zdravotních rizik při užívání rtuti ve stomatologii.*

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (3)

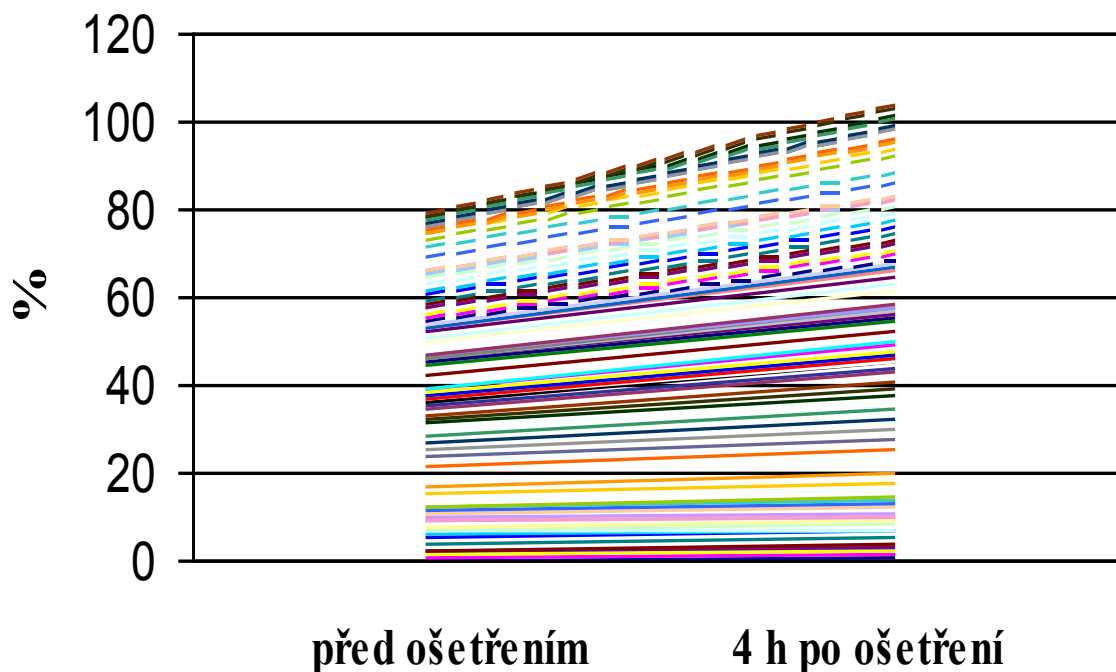
neexponovaná
populace
do $5 \mu\text{g.l}^{-1}$

před ošetřením
výplní

a.p. $0,97 \mu\text{g.l}^{-1}$
95% i.s. $0,59-0,88 \mu\text{g.l}^{-1}$

g.p. $0,72 \mu\text{g.l}^{-1}$

Relativní nárůst obsahu rtuti v krvi [$\mu\text{g.l}^{-1}$]
po ošetření (81 osob)

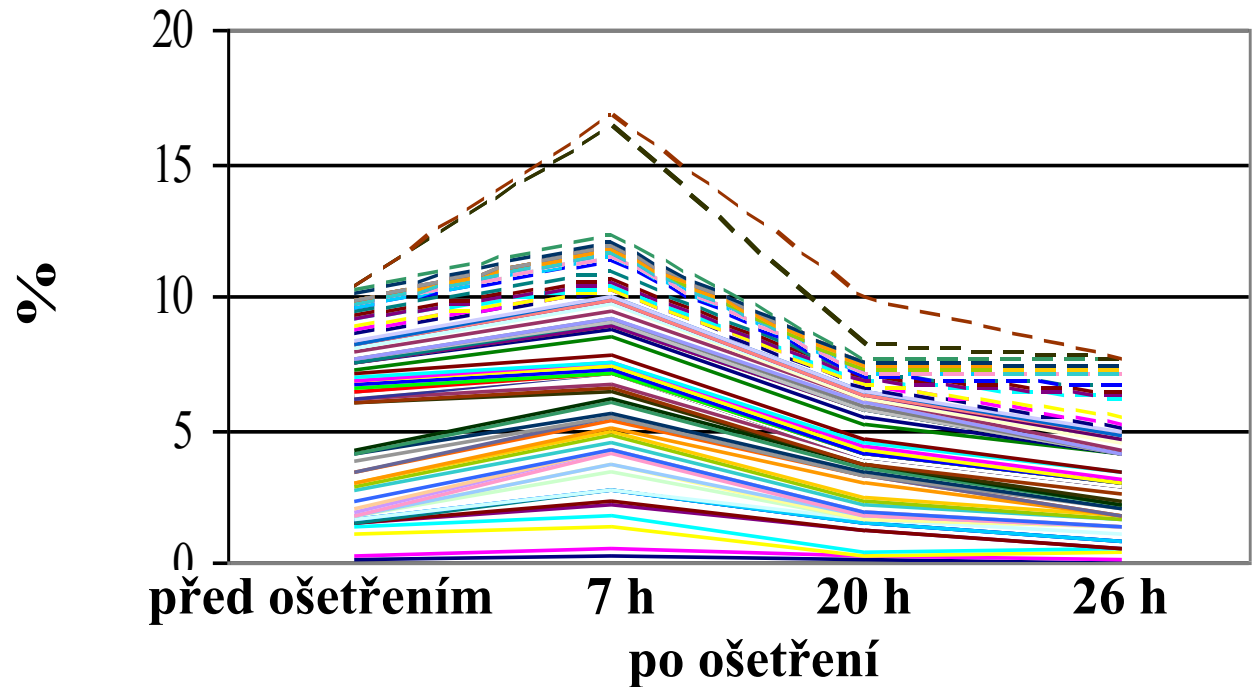


TUČEK, M. *Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám: České prac.lék., 7, 2006, 1, s. 26-37.*

Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu IGA MZ ČR 3523-3 : Zhodnocení zdravotních rizik při užívání rtuti ve stomatologii.

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (4)

Relativní změna rychlosti vylučování rtuti močí [$\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$]
(82 osob)



před ošetřením
výplní

a.p. $0,12 \mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$
95% i.s. $0,05-0,08 \mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$

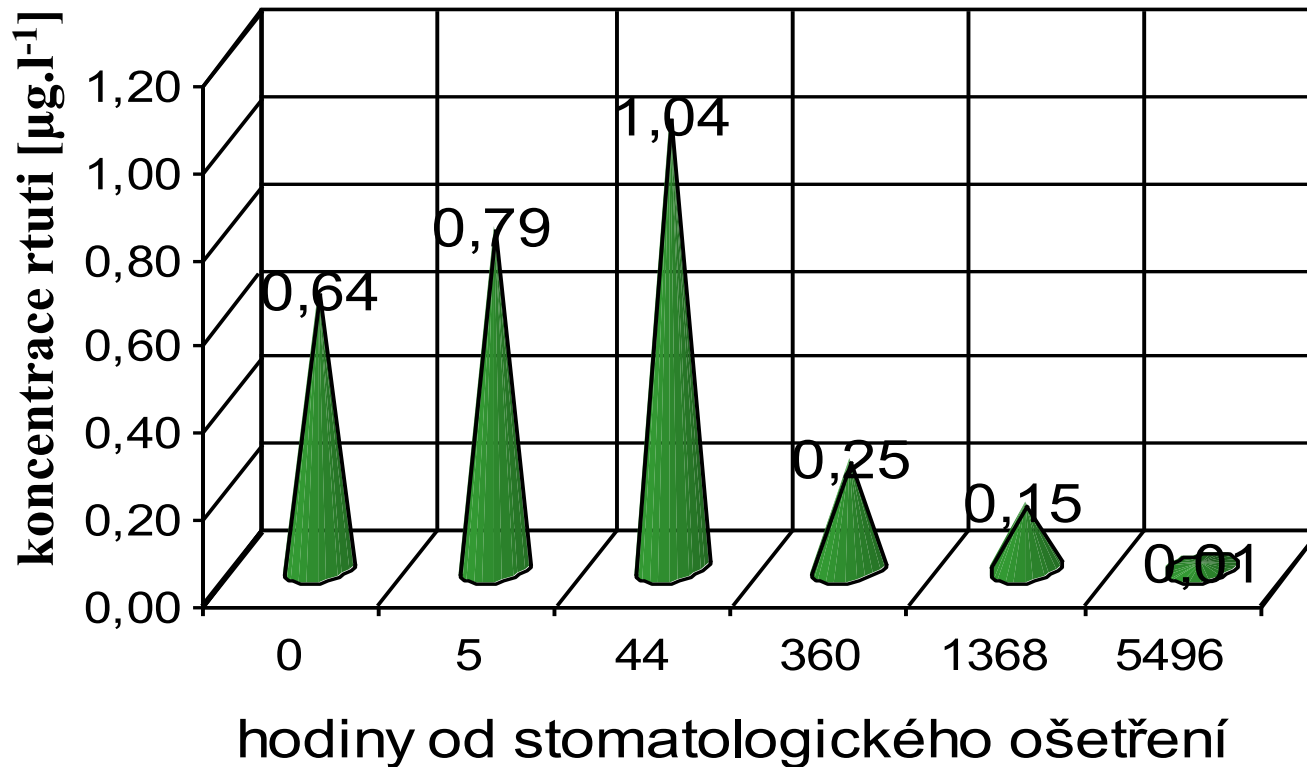
g.p. $0,06 \mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}$

TUČEK, M. *Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám: České prac.lék., 7, 2006, 1, s. 26-37.*

Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu IGA MZ ČR 3523-3 : Zhodnocení zdravotních rizik při užívání rtuti ve stomatologii.

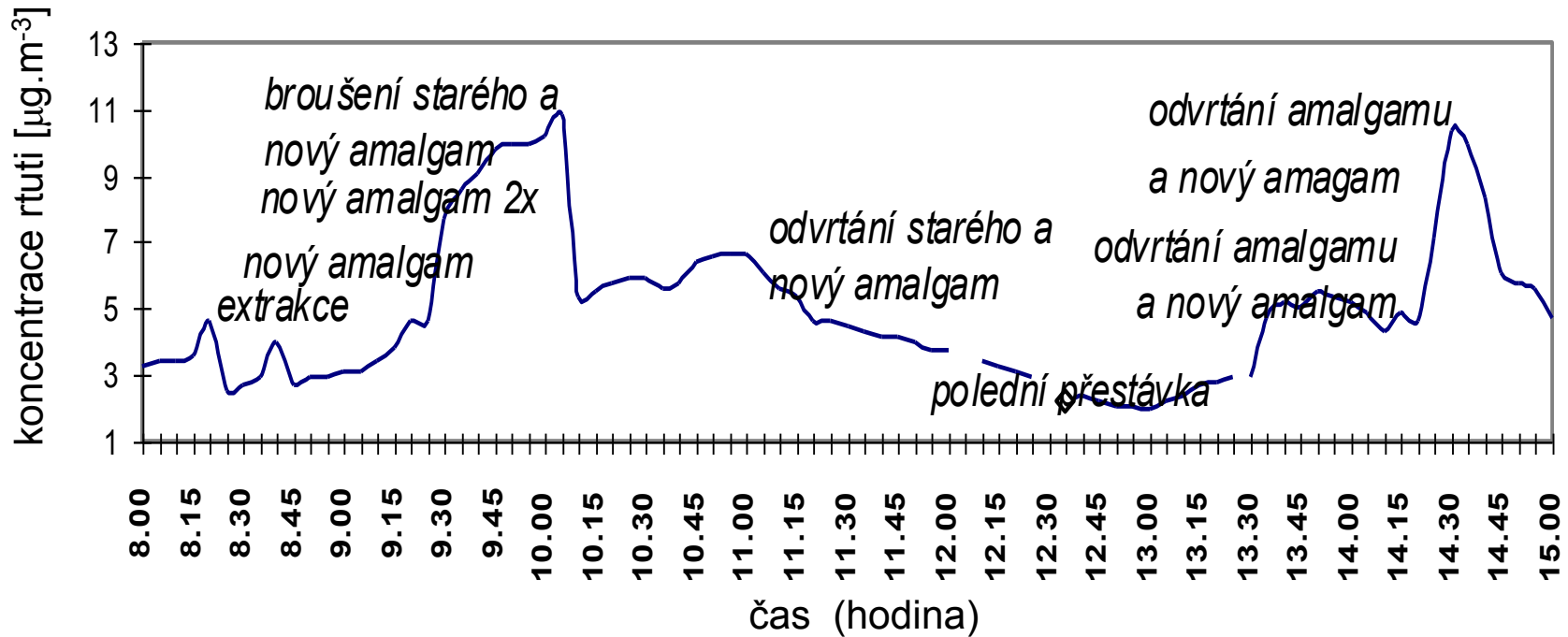
9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (5)

**Průběh koncentrace rtuti v krvi po odstranění
amalgamových výplní**
(34-letá žena, alergie na rtuť prokázána epikutánními testy)



9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (6)

Časový průběh koncentrace rtuti ve stomatologické ordinaci

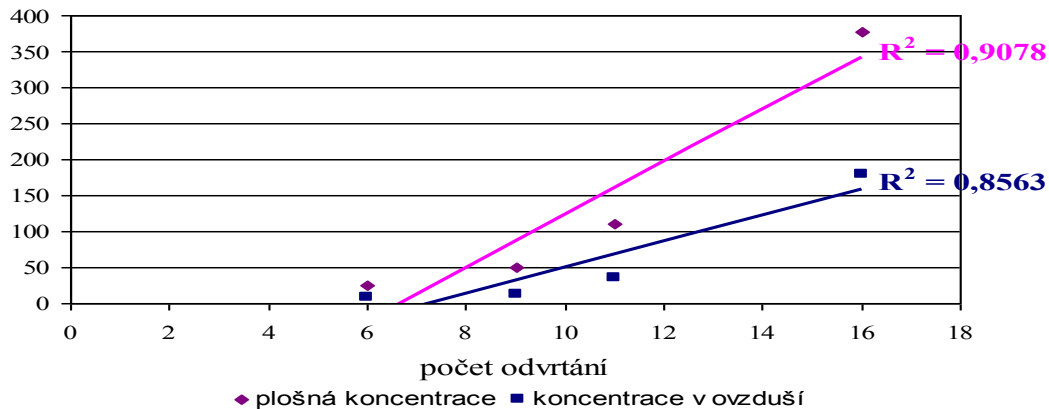


Páry kovové rtuti se chovají jako plyn rovnoměrně distribuovaný v ovzduší.
Prům.koncentrace celkové Hg (18 dnů, max.11 odvrtání/den):
lékař **2,2 - 25,1** $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, sestra **23,0 - 20,5** $\mu\text{g}/\text{m}^{-3}$
Krátkodobé vysoké koncentrace řádu až **stovek** $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

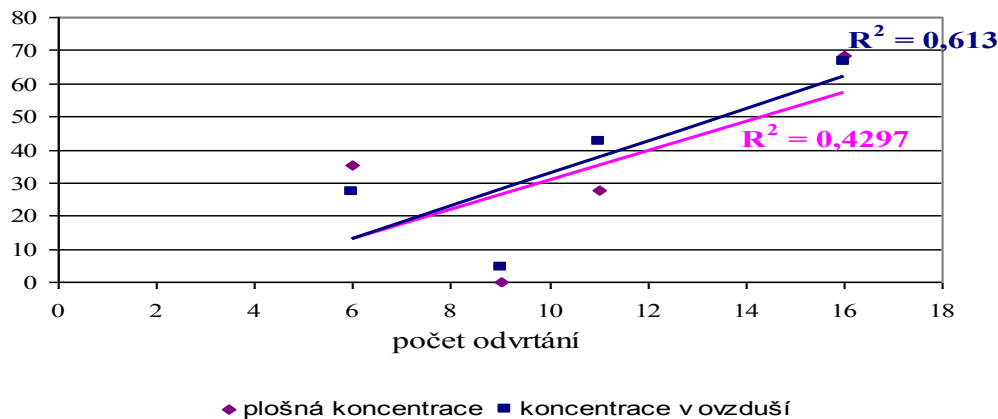
9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (7)

koncentrace v ovzduší [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], plošná koncentrace [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

Celosemenná expozice v závislosti na počtu **odvrtaných** amalgamových výplní vybrané ordinaci - **lékařka**



Celosemenná expozice v závislosti na počtu **odvrtaných** amalgamových výplní ve vybrané ordinaci - **sestra**



*TUČEK M. BENCKO, V.,
KRÝSL S.: Zdravotní
rizika rtuti z dentálních
amalgámů.
Chem. listy, 101, 2007,
12, s.1038-1044*

*TUČEK, M. Mercury
Health Risks : History
and Present in the
Czech Republic.
OEMAC Conference,
Vancouver (BC),
Kanada, 2012.*

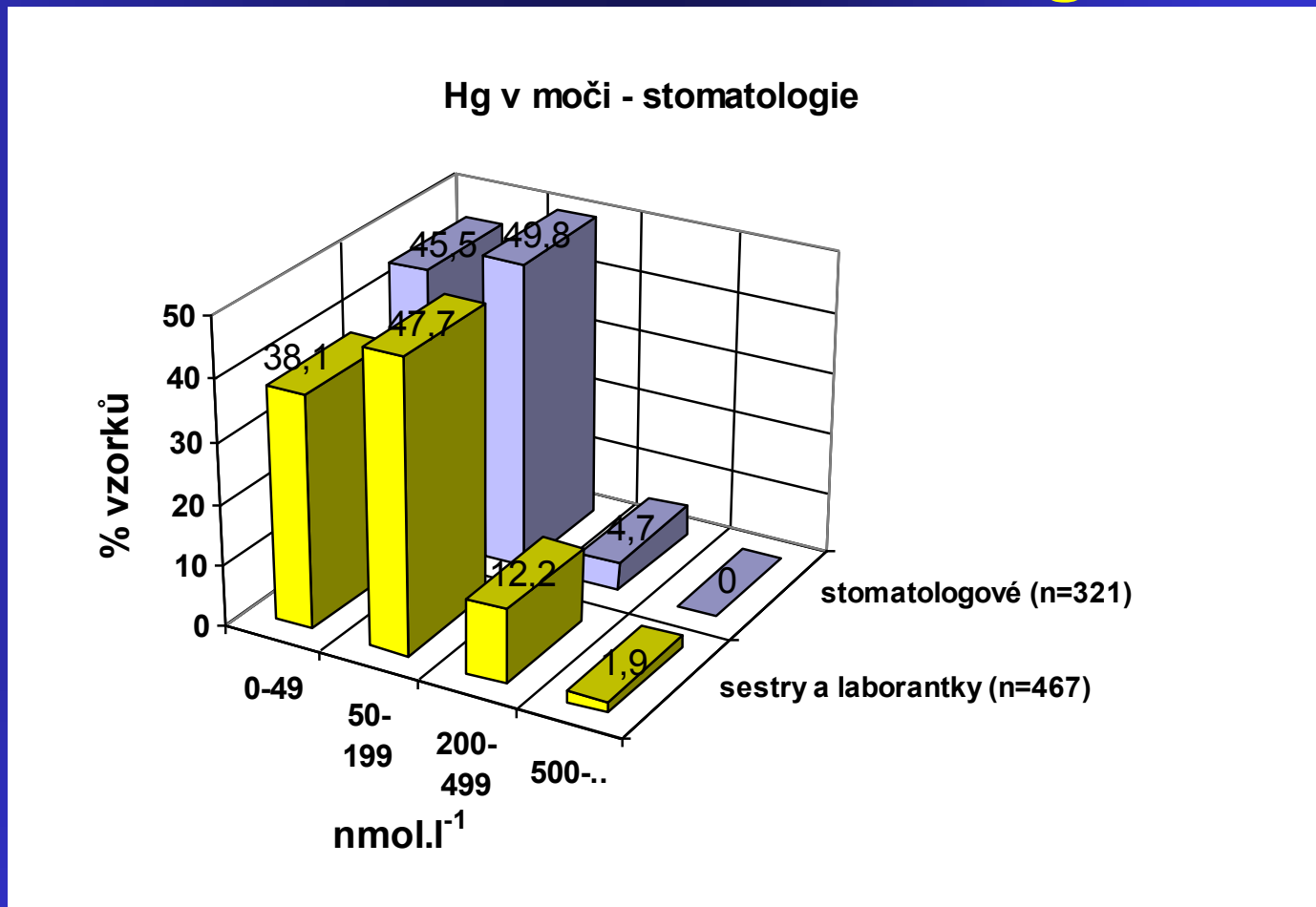
9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (8)

neexponovaná
populace
do $10 \mu\text{g.l}^{-1}$

limitní hodnota

$100 \mu\text{g/g}$ kreatininu=
 $0,056 \mu\text{mol/mmol}$
kreatininu

$100 \mu\text{g.l}^{-1} =$
 500nmol.l^{-1}



TUČEK, M.: *Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám.*

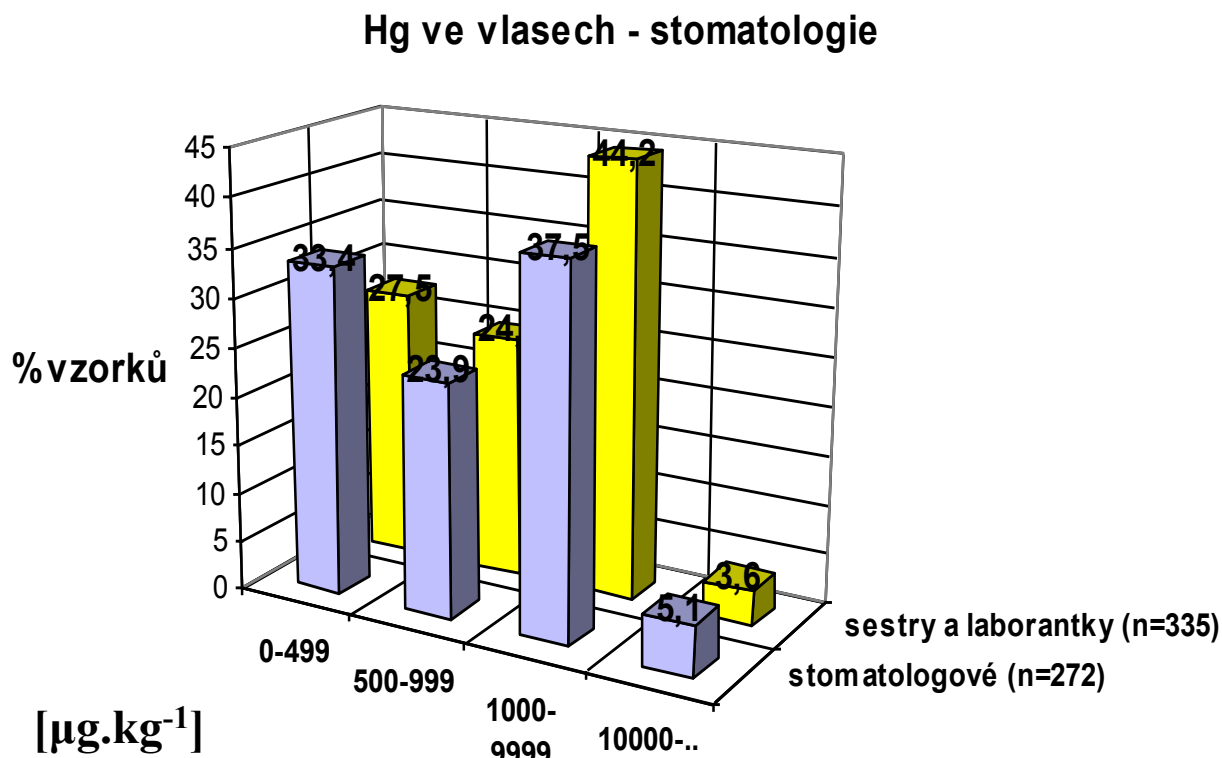
České prac.lék., 7, 2006, 1, s. 26-37.

CIKRT, M., ČÁBELKOVÁ, Z., SOUČKOVÁ, B., TUČEK, M., VOLF, J.:

Expozice rtuti ve stomatologických ordinacích. Pracov.Lék., 44, 1992, 4, s.162-164.

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (9)

neexponovaná
populace
do $1000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$



TUČEK, M.: *Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám.*

České prac.lék., 7, 2006, 1, s. 26-37.

CIKRT, M., ČÁBELKOVÁ, Z., SOUČKOVÁ, B., TUČEK, M., VOLF, J.:

Expozice rtuti ve stomatologických ordinacích. Pracov.Lék., 44, 1992, 4, s.162-164.

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (10)

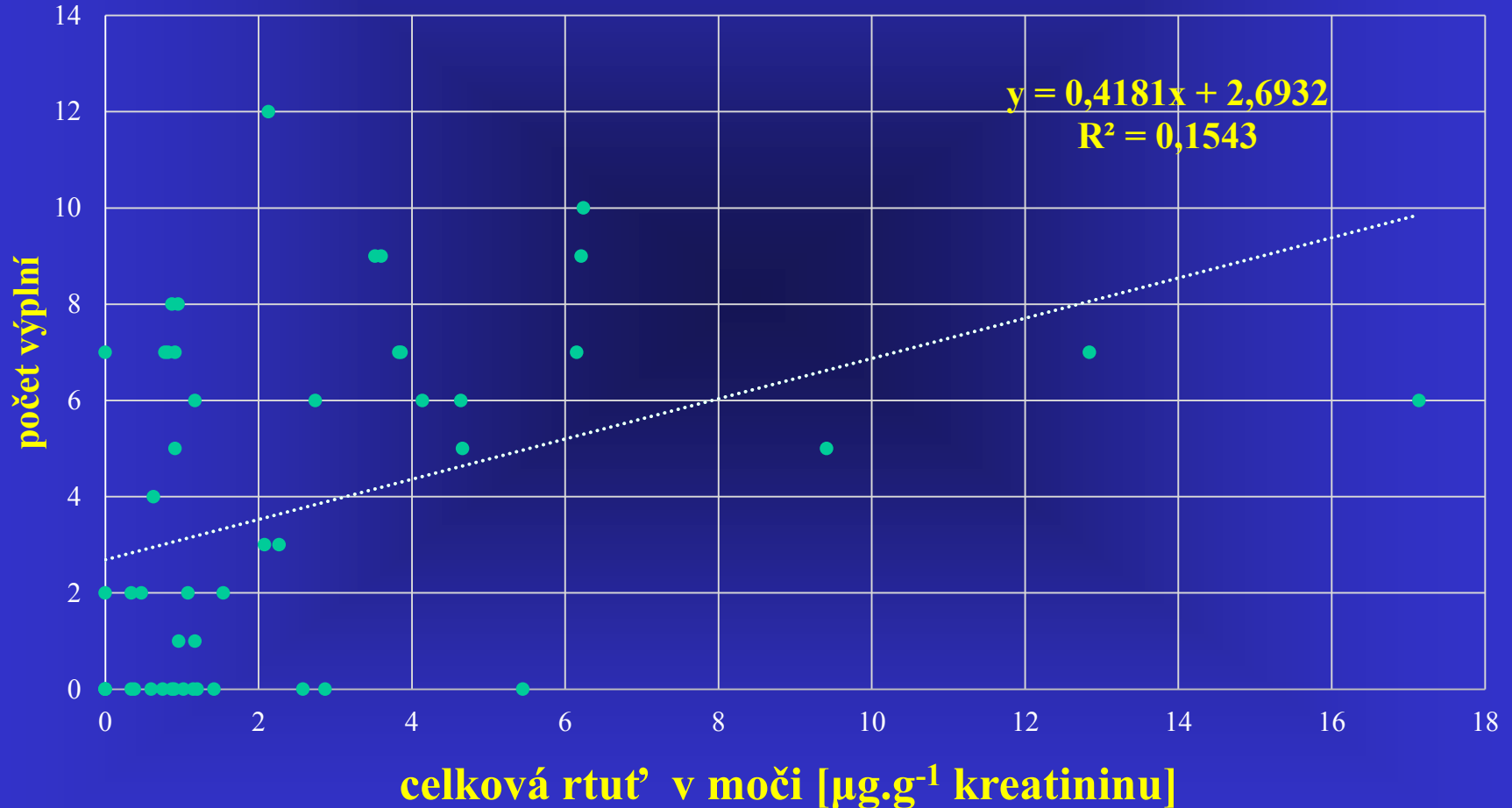
Soubor	Počet osob (muži+ženy)	Věk (roky) aritm.prům. (min. – max.)	Počet vlastních amalgámových výplní aritm.prům. (min. – max.)	Hg MOČ [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu] aritm.prům. \pm sm.odch. (min. – max.)	Hg VLASY [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$] aritm.prům. \pm sm.odch. (min. – max.)	Počet úkonů aritm. prům. (min- max.)
Stomatologie	40 (13 + 27)	44 (24-66)	4,3 (0-12)	3,05 \pm 3,52 (0*-17,14) LIMIT: 100,00	378 \pm 263 (60 -1628) Hranice: 1000	64 (0-280)
Kontrola	10 (3 + 7)	56 (26-83)	1,7 (0-7)	0,55 \pm 0,83 (0*-2,74) **	234 \pm 121 (59 - 453)	-

0* pod hranicí stanovitelnosti (AAS AMA, ALTEC Praha s.r.o.)

** 400 dětí : geom.průměr (min.-max.) 0,28 (0,04 – 4,28) $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu (SZÚ, 2017) 23

9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (11)

Koncentrace Hg v moči a počet vlastních amalgámových výplní
u 50 osob (zima 2017 – jaro 2018)



9. Používání kovové rtuti ve stomatologii (12)

Výsledky zkoušky ochranných pomůcek u stomatologů (štíť, rouška)

ŠTÍT				ROUŠKA		
PD před štítem		PD za štítem		PD před rouškou	PD v roušce*	PD za rouškou
$c_{(\text{Hg}^0)}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$c_{(\text{Hg})}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$c_{(\text{Hg}^0)}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$c_{(\text{Hg})}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$c_{(\text{Hg}^0)}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$c_{(\text{Hg})}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$c_{(\text{Hg}^0)}$ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
10,6	301	5,2	15,0	10,6	1000-6000	1,57

*po 8 hodinové pracovní době
PD – pasivní dozimetr

$c_{(\text{Hg}^0)}$ atomární rtuť Hg^0
 $c_{(\text{Hg})}$ aerosol s obsahem rtuti

10. Zdravotní rizika expozice rtuti ze zubního amalgámu (1)

Aplikace jediné amalgámové výplně vede

- ke zvýšení obsahu rtuti *ve slině* po ošetření na více než *30 - násobek* hodnot před ošetřením ($p < 0,001$)
- k nárůstu hladiny rtuti *v krvi* na *1,4 - násobek* hodnot *za 4 až 5 hodin* po ošetření ($p < 0,001$)
- k významnému *1,8 - násobnému zvýšení rychlosti exkrece* rtuti *do moče* s maximem *za 1 až 8 hodin* po ošetření ($p = 0,01$)

Významná korelace mezi obsahy rtuti v biologickém materiálu (moč, krev, sliny) před ošetřením a počtem amalgamových výplní nebyla zjištěna.

10. Zdravotní rizika expozice rtuti ze zubního amalgámu (2)

Současné expozice stomatologických pracovníků nepřekračují přijatelnou míru rizika, jsou pod biologickým limitem pro rtuť v moči .

Expozice mohou být provázeny krátkodobými excesy koncentrace rtuti (v atomární i iontové formě) v pracovním ovzduší, zejména při broušení a leštění amalgamových výplní.

Současná používaná technika přípravy amalgamu je bezpečná z hlediska ochrany zdraví stomatologů i pacientů.

11. Praktické závěry a doporučení (1)

K minimalizaci profesionální expozice rtuti ve stomatologii se doporučuje

- biologické monitorování expozice rtuti v moči u stomatologických pracovníků (*minimálně jednou za rok*)
- používání ochranných štítů v kombinaci s rouškou především při odvrtávání a broušení amalgamové výplně
- častá výměna ochranné roušky, pracovního oděvu
- používání účinných čističů vzduchu se speciální vložkou pro záchyt rtuti
- používání dózovaného amalgámu a spolehlivých amalgamátorů
- uchovávání odstraněných výplní pod vodní hladinou v uzavřených nádobách

11. Praktické závěry a doporučení (2)

Zvažovat nezbytnost aplikace nových a zásahů do starých amalgamových výplní při stomatologických ošetřeních zejména u

- nervově nemocných,*
- nemocných s onemocněními ledvin,*
- těhotných žen,*
- žen zvažujících těhotenství,*
- dětí a mladistvých.*

Veškeré amalgamové výplně nutno vyleštit (minimalizovat riziko jejich koroze v ústech).