

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350872293>

# Nakládání se zdravotnickým odpadem: Porovnání České republiky a Slovinska

Technical Report · May 2008

CITATIONS

0

READS

19

5 authors, including:



**Jindrich Petrlík**

Arnika Association

143 PUBLICATIONS 395 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Lenka Petrlíková**

Arnika Association, Prague, Czech Republic

26 PUBLICATIONS 20 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Karolina Brabcová**

Arnika

17 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Vendula Krčmářová**

University of Ostrava

4 PUBLICATIONS 4 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Monitoring Mercury Contamination [View project](#)



Chemical Safety in Kazakhstan [View project](#)



## Nakládání se zdravotnickým odpadem: Porovnání České republiky a Slovinska



Saška Petrova, Jindřich Petrlík





Vytištění české verze je podpořeno grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska v rámci Finančního mechanismu EHP a Norského finančního mechanismu prostřednictvím Nadace rozvoje občanské společnosti. Vydání studie rovněž finančně podpořily: New World Foundation a Ministerstvo životního prostředí. Jmenování podporovatelé nenesou odpovědnost za obsah studie.

# Nakládání se zdravotnickým odpadem: Porovnání České republiky a Slovinska

(český překlad z anglického originálu vydaného v prosinci 2007)

Saška Petrova  
Jindřich Petrlík

Podpůrná data: Lenka Mašková  
Karolína Růžičková

vydalo občanské sdružení Arnika



řada Argumenty, sv. 8.

Praha, květen 2008



Arnika děkuje za finanční podporu vypracování této studie Health Care Without Harm Europe v rámci projektu "Zdravotní péče šetrná k životnímu prostředí v Evropě", jakož i za přímou finanční podporu od Global Greengrants Fund..

## Obsah

1. Úvod	3
2. Nakládání se zdravotnickým odpadem	4
3. Nespalovací technologie	10
4. Pět hlavních kritérií pro porovnání spalovny zdravotnického odpadu a nespalovací metody	12
4.1. Úniky toxických látek, nová legislativa a nové limity	12
4.2. Vliv na zdraví veřejnosti a pracovníků	14
4.3. Technické a finanční problémy	15
4.4. Tvorba POPs	18
4.5. Společenská přijatelnost	19
5. Česká republika a Slovinsko: Srovnávací případové studie	20
5.1. Česká republika: Používané parní systémy	20
5.2. Slovinsko: Desetiletá tradice nespalovacích technologií	26
6. Zákonné a praktické překážky používání autoklávů	28
7. Shrnutí	29
Seznam zkratk	31
Literatura	33

# Nakládání se zdravotnickým odpadem: Porovnání České republiky a Slovinska

## 1. Úvod

Podle Basilejské úmluvy „může mít likvidace odpadů pocházejících ze zdravotnických zařízení (veřejných a soukromých) vliv na lidské zdraví a pohodu, na životní prostředí (ovzduší, vodu, půdu, živočichy, rostliny, krajinu) a působit problémy související s bezpečností veřejnosti a pořádkem.”

Rozhodnutí Rady ministrů EU ze dne 24. února 1997 o Strategii Evropského společenství k nakládání s odpady bere na vědomí environmentální problémy zapříčiněné nebezpečnými látkami. Rozhodnutí vyžaduje, aby Evropská komise shromažďovala informace o nebezpečných látkách a materiálech obsažených v odpadech, které způsobují v členských státech specifické problémy. Dále uvádí opatření doporučená pro řešení těchto problémů (Schmid a kol., 2000).

Zdravotnické odpady jsou potenciálně nebezpečné pro lidské zdraví a životní prostředí, pokud se s nimi nenakládá tak, aby nedošlo k ohrožení životního prostředí. Ne všechny odpady produkované zdravotnickými zařízeními je infekční nebo nebezpečný: 75 - 90 % odpadu vyprodukovaného zdravotnickými zařízeními patří mezi nerizikový nebo “obecný” zdravotnický odpad, podobný komunálnímu. Vzniká hlavně z administrativních a úklidových činností zdravotnických zařízení a může zahrnovat rovněž odpad produkovaný při údržbě zdravotnických objektů. Zbývajících 10 - 25 % zdravotnického odpadu je považováno za nebezpečný a může s sebou nést řadu zdravotních rizik - proto je často označován jako “zdraví nebezpečný odpad” (Prüss a kol., 1999).

Zdravotnictví je v globálním měřítku jedním z hlavních zdrojů dioxinů a rtuti v životním prostředí, především díky spalování zdravotnického odpadu a rozbíjení a nesprávné likvidaci předmětů obsahujících rtuť, jako jsou teploměry a tlakoměry (UNEP, 2006a).

Mezi klíčové emise související se spalováním odpadů patřily v evropském měřítku organické mikropolutanty, zejména polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany (PCDD/F, souhrnně nazývané dioxiny) a těžké kovy, zejména kadmium, rtuť a olovo (Schmid a kol., 2000). Přestože nynější spalovny v členských státech EU musí splňovat přísnější standardy, jsou stále zdroji úniků perzistentních organických látek (POPs), zejména ve zbytcích po spalování odpadů a v odpadních vodách (Petrlík, Ryder 2005).

Spalovny odpadů jsou drahé a představují ekonomickou a psychosociální zátěž. Ačkoli by se podle evropské legislativy neměly dohromady míchat různé typy zdravotnického odpadu, může k tomu v případě, že jsou využívány spalovny, velmi často docházet. Rozvojové země, kde jsou zařízení a zákony pro zpracování zdravotnického odpadu neadekvátní anebo zcela chybějí, může výstavba spaloven (jako první politický krok k řešení) svést k nastoupení neudržitelné cesty z hlediska životního prostředí i ekonomiky.

Slovinsko lze použít jako příklad země, která se vyhnula spalování zdravotnických odpadů využitím alternativního přístupu zahrnujícího kombinaci třídění odpadu a postupů minimalizace jeho objemu s pomocí autoklávů. Nenalezli jsme však dostupné zhodnocení, zda tento přístup řeší efektivně infekční rizika tohoto typu odpadu ve Slovinsku.

Naše studie začíná všeobecným přehledem podmínek a strategií (politik) pro zpracování zdravotnického odpadu ve dvou výše uvedených zemích, a to v kontextu širších trendů ve střední a východní Evropě. Poté následují dvě kapitoly zabývající se legislativními, ekonomickými a environmentálními dimenzemi přístupů, kterými se tyto země rozhodly postupovat. Studie se dále podrobněji zabývá rozborem problémů, alternativ a množství zdravotnického odpadu v obou zemích, včetně zbytkového odpadu a tříděním do jednotlivých kategorií. Následující část analyzuje srovnávacím způsobem silné a slabé ekonomické a environmentální stránky zpracování zdravotnického odpadu v obou zemích. V závěru uvádíme některé z pozitivních zkušeností, které vyplynuly ze srovnávací analýzy. Zdůrazňujeme také výhody strategie prosazované slovinskými státními orgány, a to jak z ekonomického (nižší náklady) tak z environmentálního hlediska.

### Cíle studie

- Porovnat legislativní, ekonomické a environmentální aspekty dvou různých přístupů ke zpracování zdravotnického odpadu, jako je spalování odpadu a jeho ošetření v autoklávech;
- Rozebrat, proč byly v České republice potlačeny snahy rozšířit zpracování v autoklávech a byla dokonce uzavřena některá z existujících zařízení alternativních ke spalováním;
- Prozkoumat důvody, proč je odpad, který je v České republice ošetřen v autoklávech, následně spalován;
- Zhodnotit výhody a nevýhody slovinského přístupu ke zpracování zdravotnického odpadu, zejména pokud jde o odstranění infekčních vlastností zdravotnického odpadu.

Metodika: literární rešerše, osobní komunikace (rozhovory), rovněž informace získané ze státních institucí a analýza.

### Definice termínů:

**Zdravotnický odpad:** Tento termín zahrnuje veškerý odpad produkováný zdravotnickými zařízeními, výzkumnými pracovišti a laboratořemi. Kromě toho zahrnuje odpad pocházející z “malých” nebo “rozptýlených” zdrojů - jako jsou odpady vytvářené v rámci zdravotní péče prováděné doma (dialýza, injekce inzulínu atd.). Zdravotnický odpad se skládá ze dvou frakcí, z nichž “nerizikový” zdravotnický odpad obvykle tvoří 75 - 90 %. Tuto frakci lze srovnat s komunálním odpadem, zatímco zbývající frakce - “nebezpečný” nebo “rizikový” zdravotnický odpad - zahrnuje všechny součásti odpadu, které mohou nést zvýšené chemické, biologické, nebo fyzikální riziko z hlediska jeho vlivu na zdraví.

### **Kategorie nebezpečného zdravotnického odpadu (Prüss a kol., 1999):**

- infekční odpad: odpad, u kterého je podezření, že obsahuje patogeny, například laboratorní kultury, odpad z uzavřených oddělení, tampóny, materiály nebo pomůcky, které byly ve styku s nakaženými pacienty, výkaly;
- patologický odpad: lidské tkáně nebo tekutiny, například části těla, krev a další tělesné tekutiny, plody;
- ostré předměty: ostré odpadní předměty, například jehly, infúzní sady, skalpely, nože, žiletky, rozbité sklo;
- genotoxický odpad: odpad obsahující látky, které mohou způsobit poškození DNA, například odpad obsahující cytostatická léčiva (často používaná k léčení rakoviny), genotoxické chemikálie;
- chemický odpad: odpad obsahující chemické látky, například laboratorní reakční činidla, vývojky, dezinfekční prostředky, které jsou prošlé nebo již nepotřebné, rozpouštědla;
- tlakové nádoby: plynové láhve, plynové bomby, aerosolové nádoby;
- radioaktivní odpad: odpad obsahující radioaktivní látky, například nepoužité kapaliny z radioterapie nebo laboratorního výzkumu, kontaminované skleněné předměty, obaly nebo savý papír, moč a výkaly pacientů léčených nebo vyšetřovaných pomocí volných radionuklidů;
- odpady s vysokým obsahem těžkých kovů jako je rtuť: baterie, rozbité teploměry, tlakoměry na měření krevního tlaku atd.;
- farmaceutický odpad: odpad obsahující léčiva, například léčiva, která jsou prošlá nebo již nepotřebná, předměty, které jsou kontaminované léčivy nebo je obsahují (láhve, krabice), prošlé vakcíny.

**Dezinfekce**: Ošetření materiálu, jehož cílem je snížit počet vegetativních mikroorganismů na bezpečnou nebo relativně bezpečnou úroveň. Dezinfekci lze rozdělit na následující druhy:

- *Dezinfekce na vysoké úrovni*: lze očekávat, že zničí všechny mikroorganismy, s výjimkou velkých počtů bakteriálních spór.
- *Střední dezinfekce*: inaktivuje *Mycobacterium tuberculosis*, vegetativní bakterie, většinu virů a většinu hub; nemusí nutně usmrtit bakteriální spóry.
- *Dezinfekce na nízké úrovni*: může usmrtit většinu bakterií, některé viry a některé houby; nelze se na ni spolehnout, pokud mají být usmrceny rezistentní mikroorganismy, jako jsou bacily tuberkulózy nebo bakteriální spóry.

**Sterilizace**: Snížení počtu mikroorganismů více než  $10^6$ -krát (je usmrceno více než 99,9999 % mikroorganismů), kterého se dosáhne fyzikálními, chemickými nebo mechanickými metodami či ozářením.

**Nakládání se zdravotnickým odpadem**: jedná se o proces, který pomáhá zajistit správnou hygienu v nemocnicích, bezpečnost pracovníků ve zdravotnictví a komunit. Zahrnuje plánování a zakázky, výstavbu, školení a chování personálu, správné používání nástrojů, správné metody zpracování a likvidace odpadu uvnitř nemocnice i mimo ni a vyhodnocování. Z důvodu mnoha dimenzí je nutný širší pohled než je tradiční pohled zdravotnického odborníka nebo technika. Nakládání se zdravotnickým odpadem se může v jednotlivých zemích lišit v závislosti na zeměpisných podmínkách, kultuře atd. a jednotlivé země tudíž mohou vyžadovat, aby měly svoji

vlastní politiku a směrnice vhodné pro daný region, za účelem standardizovat praxi nakládání se zdravotnickým odpadem. (Sharma, 2007)

**Spalování:** jedná se o proces suché oxidace při vysokých teplotách, kterým se organický a hořlavý odpad mění na anorganickou nehořlavou hmotu. Proces spalování sestává z následujících fází: sušení (převážně při teplotě 50 - 200 °C), odplynění (převážně při 250 - 400 °C), zplyňování (převážně při 400 - 600 °C) a hoření (převážně při teplotě > 600 °C).

**Zpracování v autoklávech:** jedná se o vystavení odpadu působení nasycené páry pod tlakem v tlakové nádobě nebo autoklávu.

Existuje více nespalovacích technologií pro zpracování zdravotnického odpadu. Zpracování v autoklávech definujeme na začátku proto, že studie klade důraz právě na tuto nespalovací technologii. V následujícím textu je uvedeno více informací také o dalších nespalovacích technologiích.

## 2. **Nakládání se zdravotnickým odpadem**

Během několika minulých let se novým členským státům Evropské unie, včetně Slovinska a České republiky, podařilo transponovat *acquis communautaire* do jejich národní legislativy. Tím, že tyto země svoji legislativu uvedly do souladu s právními zdroji EU, provedly opatření nutná k plnému členství v Evropském společenství, pokud jde o předpisy v oblasti životního prostředí (Buday-Malik, 2006). V minulosti byly systémy nakládání s odpadem zaváděny proto, aby chránily veřejné zdraví. V 70. a 80. letech 20. století se systémy nakládání s odpadem zaměřovaly na kontrolu úniků do ovzduší, vody a podzemní vody. V posledních letech se tyto systémy čím dál více zaměřují na využití odpadu jako zdroje (EEA, 2007). V Evropě jsou odpady definovány pomocí kódů v Evropském katalogu odpadů (EWC) (viz obrázek 1).

**Obrázek 1.** Zdravotnický odpad v Evropském katalogu odpadů



**18 01 wastes from natal care, diagnosis, treatment or prevention of disease in humans**

18 01 01 sharps (except 18 01 03)

18 01 02 Body parts and organs including blood bags and blood preserves (except 18 01 03)

18 01 03\* wastes whose collection and disposal is subject to special requirements in order to prevent infection A

18 01 04 wastes whose collection and disposal is not subject to special requirements in order to prevent infection (for example dressings, plaster casts, linen, disposable clothing, diapers)

18 01 06\* chemicals consisting of or containing dangerous substances M

18 01 07 chemicals other than those mentioned in 18 01 06

18 01 08\* cytotoxic and cytostatic medicines A

18 01 09 medicines other than those mentioned in 18 01 08

18 01 10\* amalgam waste from dental care A

**18 02 wastes from research, diagnosis, treatment or prevention of disease involving animals**

18 02 01 sharps (except 18 02 02)

18 02 02\* wastes whose collection and disposal is subject to special requirements in order to prevent infection A

18 02 03 wastes whose collection and disposal is not subject to special requirements in order to prevent infection

18 02 05\* chemicals consisting of or containing dangerous substances M

18 02 06 chemicals other than those mentioned in 18 02 05

18 02 07\* cytotoxic and cytostatic medicines A

18 02 08 medicines other than those mentioned in 18 02 07

Kódy EWC obsahují 6 číslic, přičemž první dvojčíslí definuje zastřešující kategorii odpadu, následující dvojčíslí podkategorii a poslední dvojčíslí definuje přesně typ odpadu. Klinický odpad patří mezi kódy začínající dvojčíslím "18", tak například kód "18 01 01" odpovídá zdravotnickému odpadu (18) z ošetřování lidí (01), který je ostrý a není infekční (01).

**Veškerá** dokumentace popisující program daného zařízení týkající se nakládání s odpadem od jeho vytváření po likvidaci by měla být zahrnuta do **Plánu nakládání se zdravotnickým odpadem**. Ten by se měl zabývat následujícími otázkami: (1) souladem s předpisy; (2) odpovědností jednotlivých pracovníků; (3) definicemi/klasifikací zdravotnického odpadu; (4) postupy pro manipulaci se zdravotnickým odpadem a (5) plány školení. Postupy by měly zahrnovat identifikaci, třídění, ukládání do kontejnerů, značení, skladování, zpracování, přepravu, likvidaci, monitorování, vedení evidence a plány pro případ mimořádných událostí. Mezi některé z obecných cílů plánu nakládání s odpadem patří ochrana zdraví a bezpečnost pracovníků, pacientů a návštěvníků; ochrana životního prostředí a soulad s platnými předpisy. Plán by měl být pravidelně aktualizován a měli by o něm být informováni všichni pracovníci, kteří nějak přicházejí do styku se zdravotnickým odpadem.

Nakládání s odpadem lze schématicky rozdělit do několika kroků:

**Minimalizace zdravotnického odpadu** je prvním krokem, jehož cílem je co nejvíce omezit množství zdravotnického odpadu, které bude produkováno. Mezi postupy pro minimalizaci odpadu patří:

- **Třídění:** Třídění různých typů odpadu v místě jejich vzniku a jejich samostatné uchovávání. Pokud se odpad třídí, lze u jednotlivých typů odpadu použít vhodné postupy pro využití odpadu jako zdroje a recyklaci. Jakmile se potenciálně infekční odpad (často označovaný jako odpad "v červeném pytlí")

smíchá s neinfekčními odpady, musí být celá tato směs považována za potenciálně infekční. Množství infekčních odpadů, nebezpečných odpadů a níže radioaktivních odpadů, u kterých platí zvláštní požadavky na zpracování (spojené obvykle s vysokými náklady), se tříděním minimalizuje. Třídění odpadu je důležitým krokem, kde může každá nemocnice ušetřit zdroje a finanční prostředky. Potenciál těchto úspor závisí do velké míry na předpisech platných v dané zemi a na jejich uplatňování státními orgány kontrolujícími předpisy v oblasti životního prostředí.

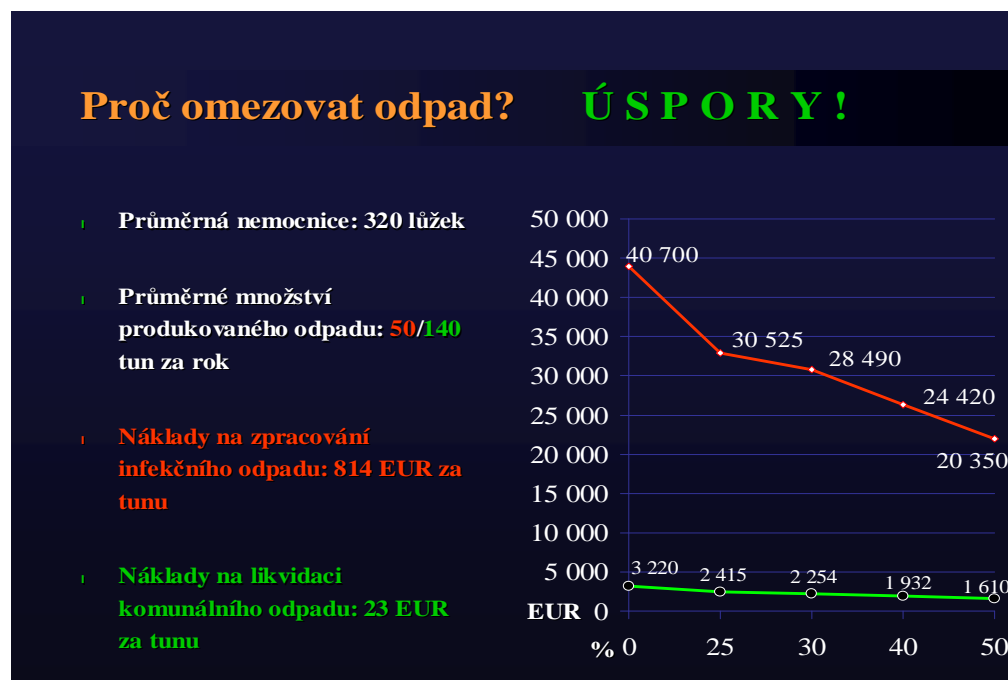
- **Omezení zdrojů odpadu:** Minimalizace nebo eliminace vytváření odpadů u jejich samotného zdroje prostřednictvím postupů jako je náhrada produktů, změna technologie a dobrá provozní praxe. Prostřednictvím nákupů a náhrady produktů lze rovněž snížit toxicitu odpadu.

**Využití zdrojů a recyklace:** Zpětné získání a nové použití materiálů z toku odpadu. Většina odpadu ze zdravotnického zařízení je překvapivě podobná odpadu z kancelářských budov nebo hotelu - papír, lepenka a potravinový odpad. Nemocnice mohou uplatňovat dosti jednoduché programy, kterými se tyto materiály vytrídí z toku tuhého odpadu, čímž se sníží náklady na likvidaci (Emmanuel a Stringer, 2007).

### Vznik zdravotnického odpadu

Většina odpadů produkovaných ve zdravotnictví jsou komunální odpady. Ty mohou být dále využívány a recyklovány. Pokud jsou uplatňovány vhodné systémy třídění, může být množství infekčního zdravotnického odpadu, nebezpečného odpadu a radioaktivního odpadu sníženo na 2 - 25 % (Emmanuel a kol., 2004).

**Obrázek 2.** Úspory z minimalizace zdravotnického odpadu



Zdroj: Gluszynski, 2006

**Tabulka 1.** Vytváření zdravotnického odpadu

Úroveň národního příjmu	Roční produkce odpadu (v kg na obyvatele)
Země s vysokými příjmy	
- veškerý zdravotnický odpad	1,1-12,0
- nebezpečný zdravotnický odpad	0,4-5,5
Země se středními příjmy	
- veškerý zdravotnický odpad	0,8-6,0
- nebezpečný zdravotnický odpad	0,3-0,4
Země s nízkými příjmy	
- veškerý zdravotnický odpad	0,5-3,0

Zdroj: Prüss a kol., 1999

**Tabulka 2.** Vytváření zdravotnického odpadu podle velikosti zdroje

Zdroj	Denní produkce odpadu (kg na lůžko)
Univerzitní nemocnice	4,1-8,7
Všeobecná nemocnice	2,1-4,2
Okresní nemocnice	0,5-1,8
Základní středisko zdravotní péče	0,05-0,2

Zdroj: Prüss a kol., 1999

Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje, aby každé zdravotnické zařízení předtím, než vytvoří plán nakládání s odpady, analyzovalo své vlastní toky zdravotnického odpadu a jeho množství. Jako obecné vodítko pro nakládání s odpadem může posloužit následující odhad struktury zdravotnického odpadu:

- 80 % všeobecný zdravotnický odpad, se kterým lze nakládat prostřednictvím běžného systému nakládání s domácím a městským odpadem;
- 15 % patologický a infekční odpad;
- 1 % ostrý odpad;
- 3 % chemický nebo farmaceutický odpad;
- méně než 1 % zvláštní odpad, jako je radioaktivní nebo cytostatický odpad, tlakové nádoby nebo rozbité teploměry a použité baterie (WHO, 2004).

Pokud není odpad správně tříděn na tyto základní kategorie, musí být veškerý zdravotnický odpad považován za infekční.

**Skladování zdravotnického odpadu** ve zdravotnických zařízeních probíhá na dvou úrovních: **přechodné a centrální**. Přechodně se odpad skladuje v místech, kde je vytvářen. Odpad se musí pravidelně každodenně odvážet, aby se zabránilo jeho hromadění a rozkládání. Centrální skladovací prostor musí mít dostatečnou velikost v závislosti na objemu vytvářeného odpadu a na tom, jak často je odvážen. Doba skladování by neměla překročit 24 - 48 hodin, zejména v zemích, kde je teplé a vlhké klima.

**Přeprava zdravotnického odpadu** je jednak interní, od místa přechodného skladování do centrálního skladu v rámci zdravotnických zařízení a jednak externí z centrálního skladu do zařízení zpracovávajícího odpad. Všeobecný (komunální) odpad se musí přepravovat odděleně od nebezpečného odpadu, aby se zabránilo potenciální křížové kontaminaci nebo smíchání těchto dvou hlavních kategorií odpadu.

### **Zpracování a likvidace zdravotnického odpadu**

Podle Směrnic o nejlepších dostupných postupech a nejlepší praxi z hlediska životního prostředí (BAT/BEP) Stockholmské úmluvy by se při rozhodování o způsobech nakládání s odpadem ze zdravotnických činností mělo v první řadě uvažovat o alternativních procesech, technikách a praxi, které lze využít obdobně, ale při nichž se netvoří a neunikají chemické látky uvedené v Příloze C Stockholmské úmluvy (UNEP 2001), jako jsou PCB, hexachlorbenzen, PCDD a PCDF.

Před konečným rozhodnutím o systému nakládání s odpadem by se měly pečlivě analyzovat různé faktory závislé na místních podmínkách:

- účinnost dezinfekce;
- otázky zdraví a životního prostředí;
- snižování objemu a hmotnosti;
- množství odpadů, které má být zpracováno a likvidováno, kapacita systému;
- typy odpadů, které mají být zpracovány a likvidovány;
- požadavky na infrastrukturu;
- možnosti a technologie zpracování odpadu, které jsou v daném místě dostupné;
- dostupné možnosti likvidace odpadu;
- požadavky na vyškolení pracovníků nutné pro uplatňování dané metody;
- otázky provozu a údržby;
- prostor, který je k dispozici;
- poloha a okolí místa, kde se odpad zpracovává a zařízení likvidujícího odpad;
- investiční a provozní náklady;
- přijatelnost pro veřejnost;
- požadavky stanovené v předpisech.

Se zdravotnickým odpadem se musí nakládat v souladu s národní legislativou. V mnoha evropských zemích existují 2 podmínky týkající se likvidace zdravotnického odpadu: odpad by neměl být infekční a nemělo by být možné rozpoznat, co je v něm obsaženo.

### **3. Nespalovací technologie**

**Poznámka:** Informace uvedené v této kapitole vycházejí z textu studie *Nespalovací technologie nakládání se zdravotnickým odpadem: zdroj pro správu nemocnic, vedení zařízení, odborníky v oblasti zdravotnictví, ochránce životního prostředí a členy komunit*, kterou připravila Healthcare Without Harm, 2001. Více informací viz: <http://www.noharm.org/europe/medicalwaste/nonincineration>

Nespalovací technologie nakládání s odpadem lze rozdělovat mnoha způsoby, například podle jejich velikosti, nákupní ceny, typu zpracovávaného odpadu nebo podílu na trhu. Zde budeme tyto technologie třídit podle základních procesů použitých pro dekontaminaci odpadu. Existují následující čtyři základní skupiny těchto procesů:

1. Tepelné procesy
2. Chemické procesy
3. Procesy ozařování
4. Biologické procesy

Kromě toho můžeme jako doplněk těchto čtyř základních skupin procesů zmínit mechanické procesy.

**Tepelné procesy** ničí patogeny v odpadu pomocí tepla (tepelné energie). Tuto kategorii lze dále rozdělit na tepelné procesy pracující s **nízkou teplotou** (93 °C až 177 °C), se **střední teplotou** (177 °C - 370 °C) a s **vysokou teplotou** (540 °C až 8300 °C).

Tepelné procesy pracující s nízkou teplotou lze ještě dále rozdělit na **dezinfekci vlhkým teplem (párou)** a **dezinfekci suchým teplem (horkým vzduchem)**. V případě procesů využívajících suché teplo se nepřivádí žádná voda nebo pára. Místo toho se odpad zahřívá kondukcí, přirozenou nebo nucenou konvekcí nebo tepelným zářením za použití infračervených ohřívacích zařízení.

**Dezinfekce párou** je proces, který byl uzpůsoben pro zpracování zdravotnického odpadu. Existují dva obvyklé typy zařízení používané pro zpracování párou: **autoklávy** a **retorty**. Další technologií na bázi páry je **mikrovlnná** jednotka, ve které se dezinfekce provádí pomocí vlhkého tepla a páry.

**Chemické procesy** využívají pro zpracování zdravotnického odpadu dezinfekční činidla, jako je rozpuštěný oxid chloričitý, chlornan sodný, kyselina peroctová nebo suché anorganické chemické látky. Chemické procesy často zahrnují postupy jako je dezintegrace, drcení či míchání, aby byl odpad lépe vystaven působení chemického činidla. U některých nově vyvíjených technologií se jako chemické činidlo používá ozón. Některé nové systémy rovněž využívají k hydrolýze tkání alkálie ve vyhřívaných nádobách z nerezové oceli.

Mezi **procesy ozařování** patří ozařování elektronovými paprsky, kobaltem-60 nebo ultrafialovým zářením. Při ozařování elektronovým paprskem se ke zničení mikroorganismů v odpadu používá sprška elektronů s vysokou energií. Ty způsobí chemickou disociaci a prasknutí buněčných stěn. Účinnost ničení patogenů závisí na dávce absorbované odpadem, která zase souvisí s hustotou odpadu a energií elektronů. Ozařováním se odpad fyzikálně nemění a je nutné zpracovat jej pomocí dezintegrátoru nebo drtiče, aby nebylo rozpoznat, co je v něm obsaženo.

**Biologické procesy** používají ke zničení organické hmoty enzymy. Biologické technologie se dosud v širším měřítku nevyužívají. V současné době je na biologických procesech založeno pouze několik málo nespalovacích technologií.

**Mechanické procesy**: dezintegrace, drcení, zpracování kladivovými mlýny, míchání, promíchávání, třídění na kapalnou a pevnou část a zhutňování - doplňují další procesy zpracování. Mechanické zpracování může zajistit, že nelze rozpoznat, co je v odpadu obsaženo, a používá se ke zničení jehel a injekčních stříkaček, aby se minimalizovala možnost zranění a aby již nebyly použitelné. V případě tepelných procesů nebo procesů na chemickém základě mohou mechanická zařízení, jako drtiče a míchače, rovněž zlepšit předávání tepla nebo vystavit působení chemických dezinfekčních činidel větší povrch. Mechanické procesy mohou výrazně zmenšit rozsah potřebné údržby. V některých státech musí být zpracovaný zdravotnický odpad před uložením na skládku upraven tak, aby nebylo rozpoznat, co je v něm obsaženo. V jiných státech předpisy vyžadují pouze to, aby nebyly rozeznatelné části těl. V mnoha zemích platí, že ostré

předměty musí být rozlámány (nebo rozemlety), upraveny tak, aby byly nepoužitelné, nebo zabaleny do obalů odolných proti proražení. Zařízení by měla u svých příslušných státních agentur ověřit, zda se na ně vztahují některé z těchto požadavků.

#### **4. Pět hlavních kritérií pro porovnání spalovny zdravotnického odpadu a nespalovací metody**

##### **4.1. Úniky toxických látek, nová legislativa a nové limity**

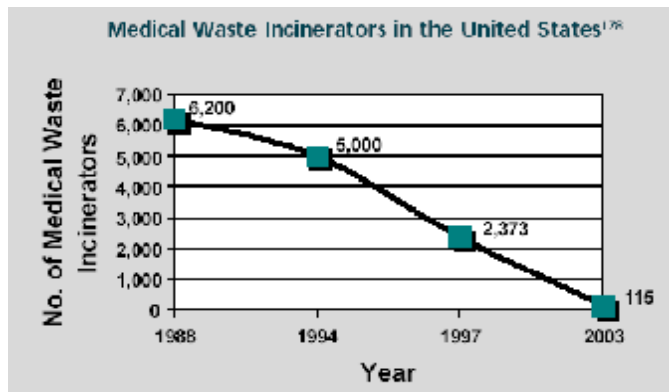
Spalovny zdravotnického odpadu produkují stovky různých nebezpečných vedlejších produktů a pouze pár z nich bylo důkladně prostudováno. Je možné, že stovky dalších nebyly dosud identifikovány. Chemické látky přítomné ve spalinách se často nacházejí rovněž v popelu a dalších zbytcích po spalování (například v odpadních vodách). Mezi tyto chemické látky patří **dioxiny** (PCDD/F), polychlorované bifenyly (**PCB**), **polychlorované naftaleny**, **chlorované benzeny**, polyaromatické uhlovodíku (**PAU**), řada těkavých organických látek (**VOC**) a **těžké kovy** včetně **olova**, **kadmia** a **rtuti**. Dnešní zařízení pro čištění spalin u spaloven zabráňují únikům do ovzduší pouze u 5 až 30 % “vdechnutelných” částic (**částic o velikosti < 2,5 μm**) a zachycují velmi málo ultrajemných (< 0,1 μm) částic. O mnohých z těchto chemických látek je známo, že jsou perzistentní (velmi odolné vůči odbourávání v životním prostředí), biokumulativní (kumulují se v tkáních živých organismů) a toxické. Jiné, jako oxid siřičitý (**SO<sub>2</sub>**) a oxid dusičitý (**NO<sub>2</sub>**), jakož i jemné částice, mají nepříznivý vliv na dýchací cesty (Allsopp a kol., 2001).

Studie provedená na Tchaj-wanu zkoumala koncentrace jemných částic a PAU v okolí spalovny zdravotnického odpadu. Ze studie vyplývá, že kontaminace ovzduší látkami unikajícími ze spalovny zdravotnického odpadu měla podstatný vliv na kvalitu ovzduší pokud jde o PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> a PAU. Spalovna tak představovala pro okolní obyvatele zdravotní problém, přestože byla vybavena moderním systémem pro čištění spalin (Mao, 2006).

Ve spalinách ze spaloven odpadu bylo identifikováno 192 těkavých a částečně těkavých organických látek, včetně dimethylftalátu, bromdichlorfenolu, benzenu, hexachlorbenzenu a řady dalších (Jay a Stieglitz, 1995).

V roce 2000 byly v Evropské unii zavedeny přísnější emisní limity pro spalovny zdravotnického odpadu (**Směrnice 2000/76/ES o spalování odpadu**). To mělo za následek, že mnohé spalovny byly uzavřeny a zvýšil se počet nespalovacích zařízení pro zpracování infekčního zdravotnického odpadu. Měření provedená u některých nových a modernizovaných spaloven doložila, že splňují limity stanovené touto novou směrnicí EU, u jiných spaloven tomu tak ale nebylo. Mezi zařízení, které nespĺnily evropský limit (0,1 ng/m<sup>3</sup> TEQ), patří spalovny testované ve Španělsku, Polsku, na Slovensku, ve Švédsku, Belgii i v České republice. V USA se snížil počet funkčních spaloven poté, co byl zaveden nový předpis US EPA (Agentury USA pro ochranu životního prostředí) (viz obrázek 3).

**Obrázek 3.** Počet funkčních spaloven v USA (1988 - 2003)



*Legenda k obrázku 3:*

*Spalovny zdravotnického odpadu v USA*

*Počet spaloven zdravotnického odpadu*

*Rok*

Zdroj: US EPA

Znečišťující látky unikají do životního prostředí ze všech systémů pro zpracování zdravotnického odpadu - autoklávy nejsou v tomto směru výjimkou. Z autoklávů mohou potenciálně unikat dva typy škodlivých emisí: infekční agens a nebezpečné znečišťující látky. Pokud autokláv správně funguje, neměla by infekční agens unikat v množstvích, která mohou způsobit infekci. V roce 1993 testoval institut RTI (Research Triangle Institute) pro US EPA autokláv na zpracování zdravotnického odpadu v nemocnici a mimo ni. RTI odebíral vzorky vzduchu a kapalin vypouštěných z autoklávu před, během a po zpracování, jakož i vzorky vzduchu vystupujícího z komory při otevření dveří. Pro účely testů byly do odpadu přidávány indikátorové organismy. U obou autoklávů nebyly v žádném z míst odběru vzorků/emisí zjištěny indikátorové organismy v množstvích přesahujících hladiny pozadí (a to ani při odsávání před zahájením cyklu). Infekční agens se do životního prostředí mohou uvolňovat v důsledku nehod, nesprávné manipulace s infekčním odpadem nebo nesprávného provozu autoklávu (totéž platí pro jakoukoli metodu zpracování zdravotnického odpadu upravenou předpisy, včetně spalování).

Tato rizika se mohou minimalizovat, pokud se pracuje v souladu s platnými předpisy v kombinaci s dobrým plánováním, školením pracovníků a dozorem managementu. Z dostupných údajů vyplývá, že většina nebezpečných znečišťujících látek unikajících z autoklávů pochází z nesprávně likvidovaných materiálů, jako jsou laboratorní rozpouštědla nebo zařízení obsahující rtuť (Owen a kol., 1997). Z materiálů v běžném zdravotnickém odpadu, jak je definován v předpisech, se nicméně mohou během ošetření v autoklávech nebo rozkládání na skládce uvolňovat znečišťující látky, které jsou v nich obsaženy. Zdravotnický odpad může například obsahovat toxický kov kadmium. Plast polyvinylchlorid (PVC) obsahuje změkčovadla jako diethylhexylftalát (DEHP), což je látka toxická pro reprodukci, která může mít rovněž nepříznivý vliv na ryby a další vodní organismy. Úniky nebezpečných znečišťujících látek z autoklávů obecně nejsou regulovány předpisy, v prvé řadě proto, že regulační agentury se nedomnívají, že by tyto emise měly větší význam. Dodnes nebylo správně stanoveno, jaké emise plyných a pevných znečišťujících látek technologie pro zpracování zdravotnického odpadu emitují. Předpokládá se, že zdravotnický odpad obsahuje též organické sloučeniny, které se mohou vytvářet a unikat během procesu zpracování.

Zpráva Národního institutu USA pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) z roku 1997 hodnotila řadu alternativních technologií zpracování z hlediska potenciálních úniků aerosolů a chemických látek ze zařízení pro nakládání se zdravotnickým odpadem. Závěry této studie jsou následující:

- U všech zařízení docházelo k únikům různých těkavých organických látek, nebyly však překročeny přípustné expoziční limity (PEL) stanovené Úřadem USA pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (OSHA) ani prahové limitní hodnoty (TLV) stanovené Americkou konferencí státních průmyslových hygieniků (ACGIH).
- Koncentrace formaldehydu byly pod limity OSHA PEL a byly nižší než hodnoty ACGIH TLV v  $\text{mg/m}^3$  (maximální hodnoty), překračovaly však doporučený expoziční limit NIOSH.
- V zařízeních s autoklávy a zařízeních pracujících s mikrovlnami docházelo rovněž k únikům acetaldehydu a acetonu, jejich koncentrace však byly o několik řádů nižší, než jsou příslušné limity PEL.
- V zařízeních s autoklávy byly zjištěny krátkodobé vysoké koncentrace amoniaku, který nepocházel ze zdravotnického odpadu.
- Z testování vzorků na přítomnost kovů u všech tří zařízení vyplývá, že následující kovy: Be, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cu, As, Se, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb a Hg zde byly přítomny v minimálních koncentracích (většinou nižších než jsou detekční limity).
- V případě zařízení s autoklávy a zařízení pro mechanicko-chemické zpracování nebyla zjištěna přítomnost chloru v ovzduší. (V dalších lokalitách se stanovení chloru neprovádělo, protože zde nebyly známé zdroje chloru.)
- Z hodnocení teploty, vlhkosti, koncentrace oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a oxidu uhelnatého (CO) ve vnitřním ovzduší vyplývá, že v době odběru vzorků byla kvalita vnitřního ovzduší přiměřená, i když u jednoho zařízení bude nutné sledovat koncentrace CO za méně větrných dnů (USA NIOSH, 1997).

V rámci Stockholmské úmluvy (přílohy C) není ošetření v autoklávech uvedeno jako zdroj emisí dioxinů. Perzistentním organickým látkám (POPs), jako jedné z hlavních skupin znečišťujících látek unikajících ze zpracování zdravotnického odpadu, se v rámci této studie podrobněji věnuje zvláštní kapitola.

## **4.2. Vliv na zdraví veřejnosti a pracovníků**

Experimentální údaje potvrzují, že ze spaloven unikají toxické látky, kterým jsou vystaveni lidé. Studie zabývající se zaměstnanci spaloven a lidmi bydlícími v blízkosti spaloven odhalily rozsáhlou řadu vlivů na zdraví. Bylo provedeno pouze omezené množství výzkumů kontaminace životního prostředí a vystavení lidí znečišťujícím látkám unikajícím ze spaloven a tyto výzkumy se zaměřovaly hlavně na dioxiny a těžké kovy. Lidé bydlící v blízkosti spaloven jsou potenciálně vystaveni



chemickým látkám v důsledku vdechování kontaminovaného vzduchu nebo konzumace kontaminovaných místních zemědělských produktů (například zeleniny, vajec a mléka) a prostřednictvím styku kůže s kontaminovanou půdou.

Dioxiny jsou dávány do souvislosti s poruchami imunitního systému, cukrovkou, vrozenými vadami a dalšími vlivy na zdraví. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) a Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) zařadily nejtoxičtější dioxin - 2,3,7,8-TCDD - do skupiny 1 (látky karcinogenní pro člověka).

V tkáních lidí bydlících v blízkosti spaloven ve Velké Británii, Španělsku a Japonsku byly zjištěny výrazně zvýšené hladiny dioxinů, s nejvyšší pravděpodobností v důsledku expozice únikům ze spaloven (Allsopp a kol., 2001). Studie zkoumající rakovinu u lidí, kteří byli vystaveni dioxinům, dávají smíšené výsledky. Některé z nich dokládají zvýšení výskytu sarkomu měkkých tkání, non-Hodgkinova lymfomu a rakoviny nosu (Hardell a kol., 1981, 1982, 2006).

Vlivy spalování odpadu na zdraví se neomezují na účinky dioxinů, protože spaliny, jakož i pevné zbytky po spalování odpadu a odpadní vody ze spaloven odpadu, obsahují i další významné znečišťující látky, jako jsou jiné perzistentní organické látky (například polyaromatické uhlovodíky), těžké kovy (arsen, berylium, kadmium, chrom, rtuť a olovo), kyseliny a těkavé organické látky.

Výzkumů zabývajících se dopadem autoklávů na zdraví bylo dosud provedeno velmi málo. V době, kdy jsme zpracovávali tuto studii, jsme v dostupné literatuře nenalezli žádné zprávy o nepříznivých vlivech na zdraví.

### **4.3. Technické a finanční problémy**

Spalovny způsobují environmentální problémy, kromě toho je ale extrémně nákladné také jejich vybudování a provoz, přičemž vykazují malou ekonomickou návratnost. Například jediné zařízení zpracovávající zdravotnický odpad v USA, které využívá ke spalování odpadů plazmový oblouk,<sup>1</sup> mělo vážné a opakované provozní problémy a porušovalo podmínky stanovené v povolení (GAIA, 2006).

V některých venkovských oblastech, zejména v regionech s nízkými příjmy, není dostatek finančních zdrojů a infrastruktury, aby bylo možné uvažovat o využití spaloven. Pro takovéto oblasti je naléhavě nutné nalézt levná a bezpečná nespalovací řešení. Kromě venkovských nemocnic byly v řadě zemí globalizovaného Jihu zavedeny rozsáhlé očkovací programy v kombinaci s desítkami spaloven. Mnohé z těchto spaloven nejsou vybavené čištěním spalin a budují se převážně ve venkovských oblastech (Mahmoudi, 2003).

Pokud se zdravotnický odpad spaluje za podmínek, které neodpovídají nejlepším dostupným postupům a nejlepší praxi z hlediska životního prostředí, může docházet k únikům PCDD/F v relativně vysokých koncentracích. V případě malých spaloven zdravotnického odpadu je často obtížné aplikovat nejlepší dostupné postupy, vzhledem k vysokým nákladům souvisejícím s výstavbou, provozem, údržbou a monitorováním takových zařízení (Směrnice BAT/BEP, UNEP, 2006b).

---

<sup>1</sup> Havajský závod pro vitrifikaci, který provozuje firma Asia Pacific Environmental Technologies

Dalším klíčovým faktorem při zvažování, jakým způsobem likvidovat zdravotnický odpad, jsou náklady.

**Tabulka 3.** Nespalovací technologie zpracování zdravotnického odpadu, které byly certifikovány pro polský trh

Použité vybavení	<b>G.P.P.U. (polské)</b>	<b>Ecodas (francouzské)</b>	<b>Meteka (rakouské)</b>	<b>Newster (italské)</b>	<b>Sintion (rakouské)</b>
Zařízení	Autokláv TSO 150	Autokláv T.300	Mikrovlnné ošetření Medister 360	Chemické a tepelné ošetření Newster 10	Autokláv + mikrovlnné ošetření Sintion 1.1.
Úroveň zpracování	Sterilizace	Sterilizace	Sterilizace	Sterilizace	Sterilizace
Maximální množství zpracovávaného odpadu [v tunách za rok] *	350	300	130	370	**120
Kapacita [kg/cyklus]	70	35	12 – 18	10 – 25	12
Kapacita komory [m <sup>3</sup> ]	0,93	0,35	0,06	0,13	0,103
Rozměry zařízení délka x šířka x výška [m]	2,4x1,5x2,7	1,85x2,1x3	1,7x1,05x0,8	1,2x0,8x1,4	0,84x1,2x1,1
Hmotnost zařízení [kg]	3150	2000	480	1100	430
Typ elektrického připojení [V]	3 x 380	380	3 x 380	3 x 380	3 x 400
Příkon [kW]	11,2	17	Neuvedeno	30	Neuvedeno
<b>Čistá cena [bez DPH]</b>	<b>166 000 €</b>	<b>130 000 €</b>	<b>70 000 €</b>	<b>85 000 €</b>	<b>50 000 €</b>
Zahrnuje cena veškeré vybavení?	Bez parního generátoru	Bez parního generátoru	Ano	Ano	Ano
Záruční doba [v měsících]	24 – 36	12	12	12	12 - 18
Spotřeba vody na cyklus [m <sup>3</sup> ]	0,25	0,1	0,05	0,15 – 0,3	Neuvedeno
Spotřeba páry na cyklus [kg]	30	15	–	–	–
Spotřeba elektřiny na cyklus [kWh]	5	3	8,5	0,6	1
Spotřeba chemikálií na cyklus [kg]	Nepoužívají se chemikálie	Nepoužívají se chemikálie	Nepoužívají se chemikálie	0,3 – 0,5 { 14 – 15% NaClO }	Nepoužívají se chemikálie
Doba cyklu [v minutách]	40 – 90	40 – 60	55	15 – 25	10 – 30
Drtič	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne
Vyprazdňování komory	Automatické	Gravitační	Gravitační	Automatické	Manuální
Teplota odpadu bezprostředně po ukončení zpracování [°C]	80 – 100	80	50	~ 90	< 50

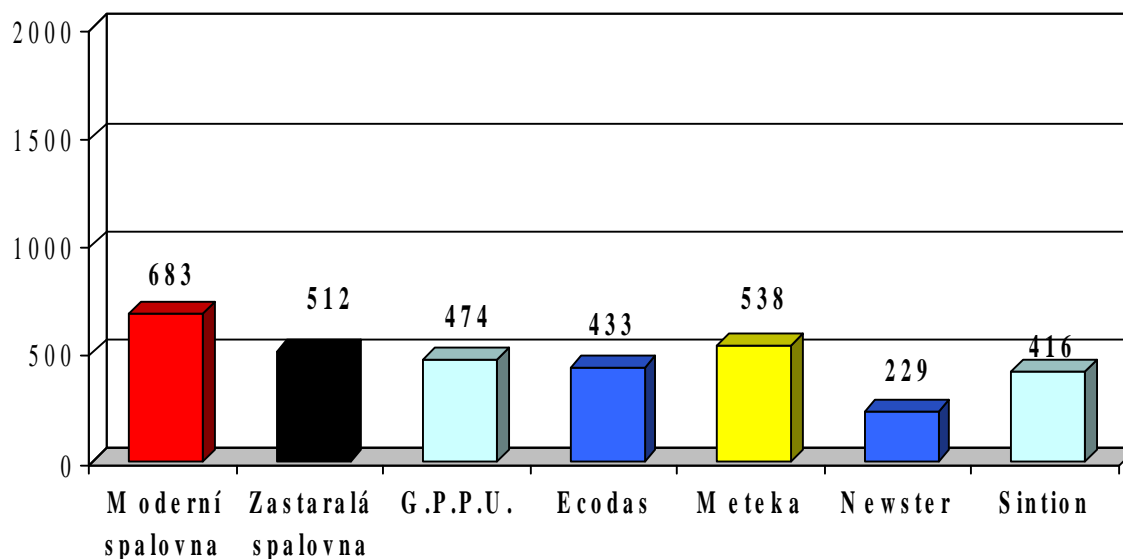
Zdroj: OTZO/WPA, 2003

\* Maximální doba cyklu a maximální náplň, v provozu 7466 hodin ročně (85%)

\*\* U zařízení Sintion je nutná 8-hodinová přestávka za 24 hodin.

V Polsku byly z technického a finančního hlediska analyzovány různé technologie zpracování zdravotnického odpadu. Z výsledků analýzy vyplývá, že využití alternativních nespalovacích technologií je levnějším řešením zpracování zdravotnického odpadu (viz tabulku 3 a obrázek 4).

**Obrázek 4.** Investiční náklady vztahované na maximální kapacitu [čistá cena v €/tunu] (Průměrná kapacita všech spaloven je 300 kg/h)



Zdroj: OTZO/WPA, 2003

**\*Moderní spalovna:** vybavená sekundární komorou, filtry a pračkou plynu a automatickým monitorovacím a řídicím systémem požadovaným Směrnicí 2000/76/ES. [Průměrná cena vycházející ze tří navrhovaných zařízení, v letech 2002/2003.]

**\*\*Zastaralá spalovna:** vybavená sekundární komorou, filtry a pračkou plynu, bez automatického monitorovacího a řídicího systému požadovaného Směrnicí 2000/76/ES, která [možná] nesplňuje emisní limity EU. [Průměrná cena vycházející ze sedmi zařízení postavených na konci 90. let.]

Při posuzování nákladů na spalování by osoby, které o věci rozhodují, měly brát v úvahu mimo jiné kapitálové a provozní náklady na spalovnu, pračku plynu a další zařízení na snižování emisí, náklady na dobudování sekundární komory u starých spaloven, náklady na pravidelné testování spalin, kontinuální monitorování, školení a zajišťování kvalifikace pracovníků a náklady na údržbu a opravy zejména v souvislosti s opotřebením nebo poškozením žáruvzdorné vyzdívky (Emmanuel a Stringer, 2007).

**Tabulka 4.** Porovnání kapitálových nákladů na spalovny a autoklávy s kapacitou 25 - 40 kg/h (v USD)

Jednotka	Spalovna	Autokláv
Kapitálové náklady	150 000	70 000
Montážní náklady	22 500	6 500
Vybavení pro snižování plynných emisí	194 000	0
Parní generátor	0	16 000
Vybavení pro monitorování a měření emisí	16 600	2 400
<b>Celkem</b>	<b>383 600</b>	<b>93 100</b>

Zdroj: Emmanuel, 2002

V důsledku vysokých nákladů souvisejících se spalovnami požadují investoři, aby se na výstavbě spalovny podílela obec, což poskytuje záruku a možnost využití fondů EU. Pro ilustraci uvádíme, že náklady na vybudování spalovny jsou v USA třikrát až

čtyřikrát vyšší než náklady na zpracování stejného množství odpadu v autoklávu (Emmanuel, 2002).

#### 4.4. Vznik a úniky POPs

Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF)<sup>2</sup> jsou perzistentní organické látky (POPs), které unikají do životního prostředí mimo jiné také ze spalovacích procesů. Vznikají jako nezamýšlené vedlejší produkty v důsledku neúplného hoření nebo chemických reakcí za přítomnosti organického uhlíku a chloru. Spalovny odpadů, včetně spaloven zdravotnického odpadu, patří mezi hlavní kategorie zdrojů, ve kterých se mohou tyto chemické látky vytvářet v relativně vysokém množství a mohou z nich unikat do životního prostředí. Spalovny jsou významnými zdroji čtyř z 12 znečišťujících látek podle Stockholmské úmluvy: polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů, PCB a hexachlorbenzenu (Stockholmská úmluva, UNEP, 2001). Kromě toho, že byla prokázána toxicita těchto látek, jsou PCDD/F, PCB a hexachlorbenzen perzistentní a biokumulativní a jsou přenášeny na velké vzdálenosti. PCDD/F se nikdy nepoužívaly jako komerční produkty ani nebyly úmyslně vyráběny pro jiné než laboratorní účely.

Většina informací o toxicitě těchto chemických látek vychází z rozsáhlých studií nejtoxičtější látky z této skupiny, 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxinu (TCDD), na pokusných zvířatech. TCDD a podobné sloučeniny mají řadu různých negativních vlivů na zvířata a mnohé z těchto vlivů mohou mít i na člověka. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC), která je součástí Světové zdravotnické organizace (WHO), dospěla k závěru, že 2,3,7,8-TCDD je nejtoxičtější ze všech dioxinů a je karcinogenní pro člověka. Tento závěr vychází zejména ze studií případů, při kterých došlo k velké expozici v důsledku nehody nebo v zaměstnání. Ze studií na zvířatech rovněž vyplývá zvýšené riziko rakoviny v důsledku dlouhodobého vystavení PCDD/PCDF. Vystavení TCDD má u řady druhů pokusných zvířat za následek rozsáhlé spektrum účinků na reprodukci a vývoj, včetně snížení životaschopnosti, strukturálních změn, zpomalení růstu a funkčních odchylek. Prokázány jsou rovněž účinky na nervový systém, na chování, účinky na imunitní funkce a funkce různých žláz s vnitřní sekrecí, včetně štítné žlázy. V důsledku těchto důkazů u zvířat, zejména při vysokých dávkách, v některých případech ale i v dávkách, které jsou blízko dávkám relevantním pro člověka, se vědci obávají, že ke stejným vlivům může docházet i u člověka, obzvláště pokud jde o účinky na vyvíjející se děti v případě prenatální expozice.

Ačkoli Stockholmská úmluva nezakazuje spalování ani výstavbu nových spaloven, klade všem projektům spalování do cesty výrazné překážky. Zdravotnický odpad budí velké znepokojení a je známo, že spalovny zdravotnického odpadu jsou významným zdrojem emisí dioxinů a rtuti do ovzduší. Proto se tímto problémem zabývá mnoho organizací z celého světa. Zdravotnická zařízení, která chtějí zlepšit svůj environmentální profil, mají k dispozici rozsáhlou řadu zkušeností, ze kterých mohou vycházet. Mechanismy vytváření PCDD/PCDF ve spalovacích procesech a v menším rozsahu i v chemických procesech nesouvisejících se spalováním zkoumala celá řada studií. Přesto však mechanismy a přesné podmínky jejich vytváření nejsou úplně

---

<sup>2</sup> Někdy používáme výraz „dioxiny“ pro obě tyto skupiny chemických látek.

známé. Je jasné, že se hlavní mechanismy nebo cesty vytváření dioxinů mohou v jednotlivých procesech lišit a žádný obecně platný řídicí faktor neexistuje.

Halogenovaná dezinfekční činidla ve zdravotnickém odpadu mohou způsobovat, že se dioxiny vytvářejí rovněž v autoklávech, otázkou však zůstává, jestli tak mohou vznikat „toxické“ kongenery dioxinů. Byla vypracována studie zkoumající vytváření PCDD/PCDF při zpracování přípravku Irgasan DP 300. Studie dospěla k následujícímu závěru: „Je známo, že chlorované fenoly se při zahřívání snadno přeměňují na PCDD. Ačkoli 2,8-di-CDD vznikající z přípravku Irgasan DP300 je málo toxickým dioxinem, bude pro posouzení bezpečnosti přípravku Irgasan DP300 důležité zjistit, jestli se za různých podmínek vytvářejí i toxičtější PCDD (chlorované ještě v polohách 3 a 7) nebo nikoli.“ (Kanetoshi, Ogava a kol., 1987).

V autoklávech se mohou za specifických podmínek, pokud jsou v odpadu přítomna určitá chlorovaná desinfekční činidla, vytvářet méně toxické PCDD. O procesu spalování odpadu je však známo, že při něm vznikají rovněž vysoce toxické PCDD/PCDF, a to z jakéhokoli chlorovaného odpadu včetně PVC, což je velmi běžný materiál ve zdravotnictví. Vytváření PCDD/PCDF během spalování odpadního PVC se věnovalo mnoho studií (viz např. Gullet a kol., 1999; a kapitola VIC v UNEP 2006b).

Více informací týkajících se POPs (rovněž v obecné rovině) lze nalézt v kapitole věnované specifické situaci v České republice.

#### 4.5. Společenská přijatelnost

Spalovny nejsou v očích veřejnosti tím nejlepším řešením, jak nakládat s odpadem. Jasně to vyplývá z různých globálních akcí a kampaní, které prosazují alternativní nespalovací technologie a jsou namířeny proti spalovnám.<sup>3</sup> Pokud si organizace poskytující zdravotní péči vyberou čistší nespalovací technologii, svědčí to o jejich snaze chránit veřejné zdraví a životní prostředí.

Kromě toho existuje v oblasti zdravotní péče mnoho organizací, které vystupují proti spalování. Patří mezi ně:

- Světová federace sdružení v oblasti veřejného zdraví (*The World Federation of Public Health Associations*),
- Mezinárodní rada zdravotních sester (*The International Council of Nurses*),
- Americká asociace pro veřejné zdraví (*The American Public Health Association*),
- Americká asociace zdravotních sester (*The American Nurses Association*),
- Bavorská lékařská asociace (*The Bavarian Medical Association*),
- Německá lékařská asociace mnichovského regionu (*The German Medical Association of the Munich Region*),

---

<sup>3</sup> Viz například:

<http://no-burn.org>

<http://english.arnika.org>

<http://greenpeace.org>

<http://www.priateliazeme.sk/index.php?id=5&lg=en>

- *Kalifornská lékařská asociace (The California Medical Association),*
- *Massachusettská lékařská společnost (The Massachusetts Medical Society),*
- *Lékaři pro společenskou odpovědnost (Physicians for Social Responsibility).*

V současné době se zvyšuje počet pozitivních zkušeností s nakládáním se zdravotnickým odpadem, kdy je odpad zpracováván nespalovacími technologiemi (viz příklad - obrázek 5).

### **Obrázek 5. Pozitivní příklad nakládání se zdravotnickým odpadem**

Nevládní organizace Srishti a ToxicsLink, sídlící v New Delhi, podporují již od roku 1996 zdravotnická zařízení v tom, aby řešily problémy nakládání se zdravotnickým odpadem. Jelikož zhruba 80 % odpadu produkovaného zdravotnickými zařízeními tvořil všeobecný, neinfekční a nikoli nebezpečný odpad, patřilo mezi důležité aktivity třídění a recyklace odpadu. Mnoho nemocnic vybudovalo autoklávy, moderní systémy ošetření párou známé pod názvem hydroklávy nebo mikrovlnné jednotky, v nichž zpracovávají většinu svého infekčního odpadu. Patologický odpad se posílá do krematoria. Neinfekční odpad se likviduje jako běžný domácí odpad. Zvláštní pozornost byla věnována zpracování a likvidaci ostrých předmětů, vzhledem ke zvláštním rizikům, která představují kontaminované jehly. Některé nemocnice zakopávají ostrý odpad do speciálně uzpůsobených jam. Jiné ošetřují ostré předměty v autoklávech, takto ošetřené je rozdrť a vytříděné kousky plastů a kovů přepracují. Světová zdravotnická organizace zveřejnila třináct konkrétních případových studií ve studii *Bezpečné nakládání s biologickým-zdravotnickým ostrým odpadem v Indii*. Nevládní organizace rovněž podporují malé a levné systémy zpracování odpadu pro drobná venkovská zařízení, jako jsou autoklávy na solární energii a další systémy známé z mezinárodní soutěže alternativních technologií zpracování pro venkovské oblasti, kterou organizovala Healthcare Without Harm ([www.medwastecontest.org](http://www.medwastecontest.org)).

## **5. Česká republika a Slovinsko: Srovnávací případové studie**

### **5.1. Česká republika: Používané parní systémy**

V České republice se přibližně 75 % nebezpečného odpadu (který zahrnuje infekční zdravotnický odpad) spaluje a 25 % nebezpečného odpadu se dekontaminuje pomocí systémů využívajících páru. Část dekontaminovaného odpadu (9 - 12 %) se ukládá na skládky a zbytek se spaluje (Brejcha, 2006). Nakládání se zdravotnickým odpadem se v České republice řídí zákonem č. 185/2001 Sb. v platném znění a spalování odpadu je upraveno Zákonem o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. Největšími producenty nebezpečného odpadu jsou zdravotnická zařízení se 120 000 lůžek, která produkují 150 až 1000 kg odpadu na lůžko ročně (Brejcha, 2006). Podle statistik je 10 % vytvářeného zdravotnického odpadu infekčních. Česká legislativa zakazuje míchání dvou různých typů zdravotnického odpadu. České Ministerstvo zdravotnictví odhaduje, že náklady na modernizaci spaloven zdravotnického odpadu činily zhruba 280 milionů Kč. Průměrná cena za spálení zdravotnického odpadu se pohybuje od 5 590 do 18 000 Kč za tunu.

Poté co ČR v roce 2004 vstoupila do EU, musely všechny funkční spalovny začít splňovat limity EU týkající se spalování odpadu a ochrany ovzduší (0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>). V důsledku toho byly některé ze spaloven modernizovány a nadále fungují, zatímco některé ukončily provoz. V roce 2006 bylo v ČR 32 spaloven nebezpečného odpadu, které mohou likvidovat rovněž zdravotnický odpad. Poloha všech spaloven odpadů, které nadále fungují, včetně těch spalujících komunální odpad, je znázorněna na mapě 1.

**Tabulka 6.** Příklady fungování spaloven nebezpečného odpadu spalujících zdravotnický odpad v České republice před modernizací a po ní.

Spalovna nebezpečného odpadu	Emise PCDD/PCDF naměřené v roce 2004 (nebo dříve) před modernizací [ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> ]	Emise PCDD/PCDF naměřené v roce 2006 po modernizaci [ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> ]
Fakultní nemocnice Motol v Praze		
- jednotka I a jednotka II dohromady	4,393 (v roce 2003)	-
- jednotka I	-	0,017 0,073
- jednotka II	-	0,007 0,015
Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov u Prahy	16,055 (v roce 2002)	0,005
Oblastní nemocnice v Trutnově	0,403 5,369	0,069 (v roce 2005)
Krajská nemocnice v Liberci	0,095 (v roce 2003)	0,015 0,011
Fakultní nemocnice v Hradci Králové	135,96 9,26	0,094
Ekotermex ve Vyškově		
- jednotka I a jednotka II dohromady	2,14	-
- jednotka I	-	0,087 0,085
- jednotka II	-	0,088 0,081
Okresní nemocnice ve Znojmu	0,10 0,25	0,070 0,025
Lysá nad Labem	0,033 0,036 0,031	0,11 (v roce 2005) 0,05 0,054
T.O.P. EKO s.r.o. v Plzni	0,017	0,024

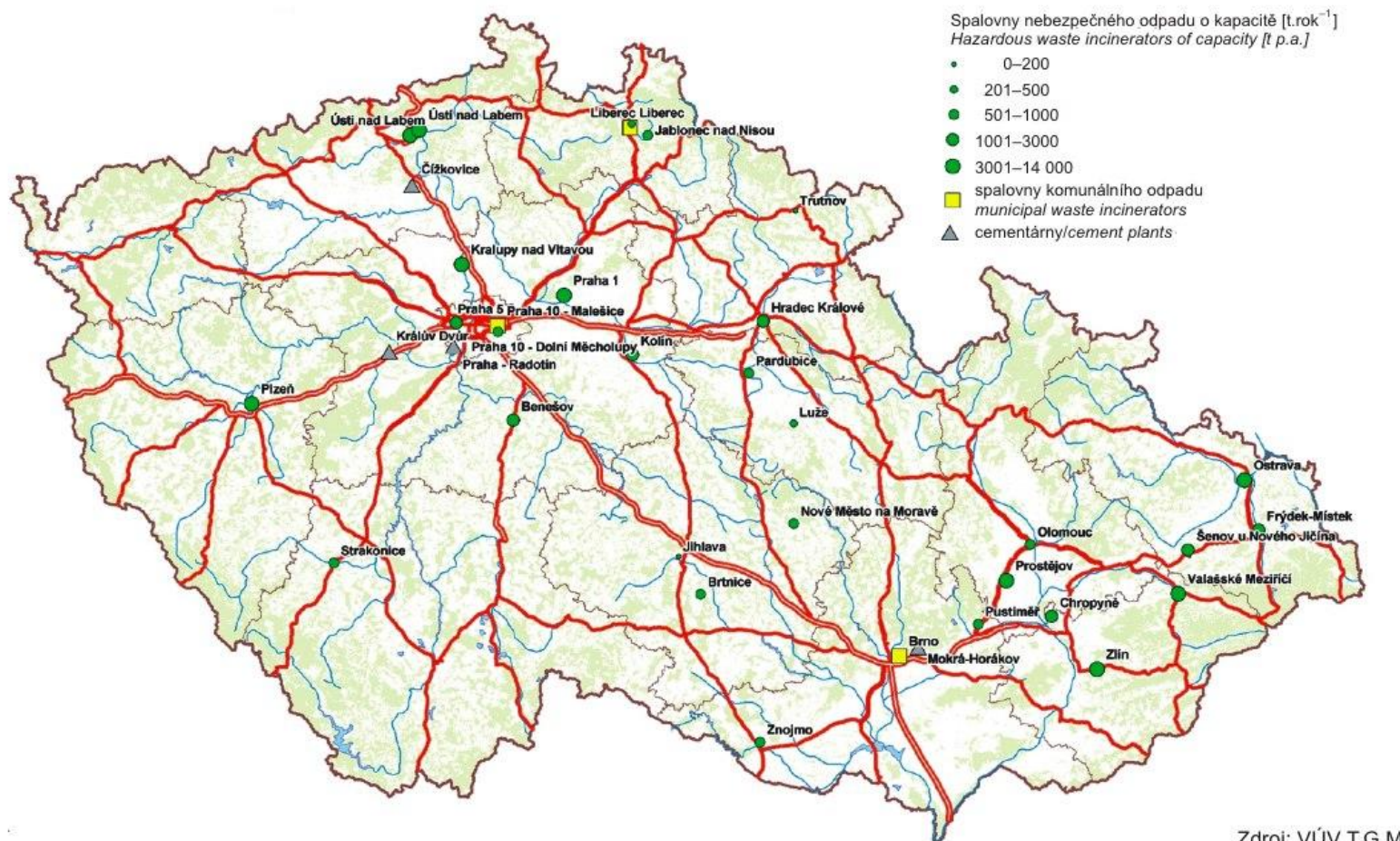
Zdroj: Protokoly z oficiálních měření získané od České inspekce životního prostředí, 2004 a 2006

\* V případech, kdy nebyly k dispozici žádné údaje, jsme použili údaje z jiných let (2002, 2003 nebo 2005). Modernizace většiny spaloven proběhla v letech 2004 - 2005, některé však byly modernizovány již dříve.

V tabulce 6 jsou uvedeny úrovně emisí PCDD a PCDF z některých spaloven nebezpečného odpadu. V nich se spaluje rovněž infekční odpad ze zdravotnických zařízení. Pro ilustraci rozdílu v emisích před modernizací systémů čištění spalin a po ní jsme jako reprezentativní vybrali roky 2004 a 2006. Monitorování spaloven odpadu vychází v ČR ze Zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. Podle tohoto zákona se emise PCDD a PCDF mají měřit dvakrát za rok. Takováto jednorázová měření prováděná dvakrát ročně nicméně nemohou zachytit výkyvy v emisích směrem k vysokým hodnotám. V případě některých spaloven se navíc emise PCDD/PCDF neměří ani dvakrát ročně, jak je vidět z tabulky 6. Všechna měření emisí dioxinů uvedená v tabulce 6 byla provedena standardním postupem.



**Mapa 1.** Poloha spaloven odpadu včetně cementářských pecí zpracovávajících odpad v technologickém procesu v roce 2006.



Zdroj: VÚV T.G.M.  
 Source: VÚV T.G.M.

Podle belgické studie provedené v roce 1998 podhodnocuje standardní postup měření emisí dioxinů do ovzduší ve spalinách průměrné emise “30- až 50-krát”, jak to vyplývá z tabulky 7 (De Fre a Wevers, 1998). Bylo zjištěno, že nebezpečí vysokých emisí dioxinů je obzvláště v době rozjíždění a zastavování provozu spaloven odpadu. Směrnice EU o spalování odpadu se zabývá některými problémy souvisejícími s tímto rizikem, tato směrnice EU (EP 2000) nicméně nepožaduje kontinuální vzorkování, které by problém řešilo.

**Tabulka 7:** Výsledky rozborů kontinuálních a 6-hodinových vzorků dioxinů ve spalovně IVOO.

Období měření (den.měsíc.rok)	Naměřená koncentrace dioxinů v ng TEQ/Nm <sup>3</sup> při 11% O <sub>2</sub>	
	Kontinuální vzorkování	6-hodinový vzorek
29.12.1997 - 12.1.1997	13,4 (14,3)	
12.1.1998 - 26.1.1998	8,2 (12,9)	0,25
26.1.1998 - 30.1.1998	12,6 (10,1)	
9.2.1998 - 23.2.1998	2,11 (2,12)	
23.2.1998 - 9.3.1998	0,44	
9.3.1998 - 23.3.1998	0,33	0,12
23.3.1998 - 6.4.1998	0,8	

Zdroj: De Fre a Wevers, 1998

Měření dioxinů a dalších POPs v pevných zbytcích po spalování odpadu se v České republice provádí dosti zřídka, jsou nicméně k dispozici určité údaje o koncentracích PCDD/PCDF v popílku z českých spaloven nebezpečného odpadu. Tyto údaje jsou uvedeny ve zprávě, kterou vypracovala Arnika a IPEN v roce 2005, a pohybují se od 860 do 82400 ng I-TEQ/kg (Petrlík, Ryder, 2005). V případě spalovny nebezpečného odpadu v Lysé nad Labem, která spaluje rovněž zdravotnických odpad, obsahoval sorbalit (použitý materiál ze systému čištění spalin) PCDD/PCDF v koncentracích v rozmezí 2190 - 6310 ng I-TEQ/kg (TESO, 2000).

### **Obrázek 6. Hlavní problémy související se spalovnami nebezpečného odpadu v České republice**

- **Vysoké kapitálové a provozní náklady a náklady na zmírňování dopadů**
- **Příliš velká kapacita**
- **Nedostatečná kontrola**
- **Nekontrolovaný odtok toxických kapalin**
- **Nedostatečné školení provozního personálu**

*Zdroj: Petrlík, 2003*

V České republice existuje asi 10 systémů pro dekontaminaci zdravotnického odpadu na parní bázi. Nejvíce se používají autoklávy a mikrovlnné systémy (Zimová, 2004). Účinnost dezinfekce se kontroluje podle vybraných fyzikálních, chemických a

biologických parametrů. Doporučeným biologickým indikátorem je *B. stearothermophilus* nebo *B. subtilis* (české Ministerstvo životního prostředí, 2007).

**Tabulka 8.** Zařízení na dekontaminaci odpadu instalovaná v areálech organizací poskytujících zdravotní péči (před rokem 2003)

Organizace nemocnice	Typ	Počet zařízení	Celková kapacita (v kg za směnu)
FN U sv. Anny, Brno	Medister M 160	2	280
FN Bohunice, Brno	Medister M 160	3	420
DFN Černopolní, Brno	Medister M 160	1	140
Vojenská nemocnice, Brno	Medister M 160	1	140
Vojenská nemocnice, Plzeň	Medister M 160	2	280
Nemocnice v Chomutově	Medister M 160	2	280
Nemocnice v Domažlicích	Nickel	2	400

Zdroj: AQG 2003

**Obrázek 7.** Medister 160 v Institutu klinické a experimentální medicíny, Praha.



Zdroj: Pražské služby 2006

**Obrázek 8.** Autokláv ve společnosti Wastech, a.s. v Dubenci.



Zdroj: Wastech, 2007

V roce 2007 byla v IKEMu (Institutu klinické a experimentální medicíny) v Praze instalována dvě dekontaminační zařízení Medister M 160 s celkovou kapacitou 140 kg za směnu. Dezinfikovaný odpad z těchto zařízení se spaluje. Role dekontaminačních zařízení spočívá v tom, aby zpracovaný odpad již nebyl klasifikován jako nebezpečný, protože pak IKEM platí méně za následné spálení. Dezinfikovaný odpad se s nejvyšší pravděpodobností likviduje ve spalovně komunálního odpadu v Malešicích v Praze (viz obrázek 7: Medister 160).

Jedním z mála případů, kdy se zdravotnický odpad dekontaminuje v systému na parní bázi a poté se ukládá na skládku, je zpracování v autoklávu společnosti Wastech, a.s. Parní autokláv společnosti Wastech, a.s. (viz obrázek 8) je uzpůsoben k dekontaminaci a zpracování odpadů ze zdravotnických zařízení, které jsou klasifikovány jako infekční. Infekční odpad určený pro sterilizaci v autoklávu se skladuje samostatně. Nesmí obsahovat patologický/anatomický odpad, ostré předměty, léčiva, radionuklidy, teploměry a jiný odpad obsahující rtuť, cytostatická léčiva a vyřazené či použité laboratorní chemikálie. Účelem dekontaminace a následného zpracování odpadu je odstranit nebezpečnou vlastnost N 9 - infekčnost - a zmenšit objem odpadu. Dekontaminovaný odpad je řazen mezi odpad s kódem 18 01 04 (odpady, na jejichž sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky - kategorie odpadu "O"). Dekontaminovaný odpad se rozdrtí a poté je ukládán na skládku.

## **5.2. Slovinsko: Desetiletá tradice nespalovacích technologií**

Ve Slovinsku vznikne v průměru ročně přibližně 11 000 tun zdravotnického odpadu. Z toho 90 % činí komunální odpad, 5 % infekční odpad, 1 % patologický odpad, 1 % farmaceutický odpad, 1 % chemický odpad a 1 % směsný odpad (papír, sklo, kov, zelený odpad, plasty) (ARSO, 2004). Podle Slovinské agentury pro životní prostředí (ARSO) má na nakládání se zdravotnickým odpadem licenci 10 firem. Dvě největší z nich jsou Aico - eko d.o.o. z Trzinu a Mollier d.o.o. z Celje (ARSO, 2007).

**Tabulka 9.** Vytváření zdravotnického odpadu ve Slovinsku

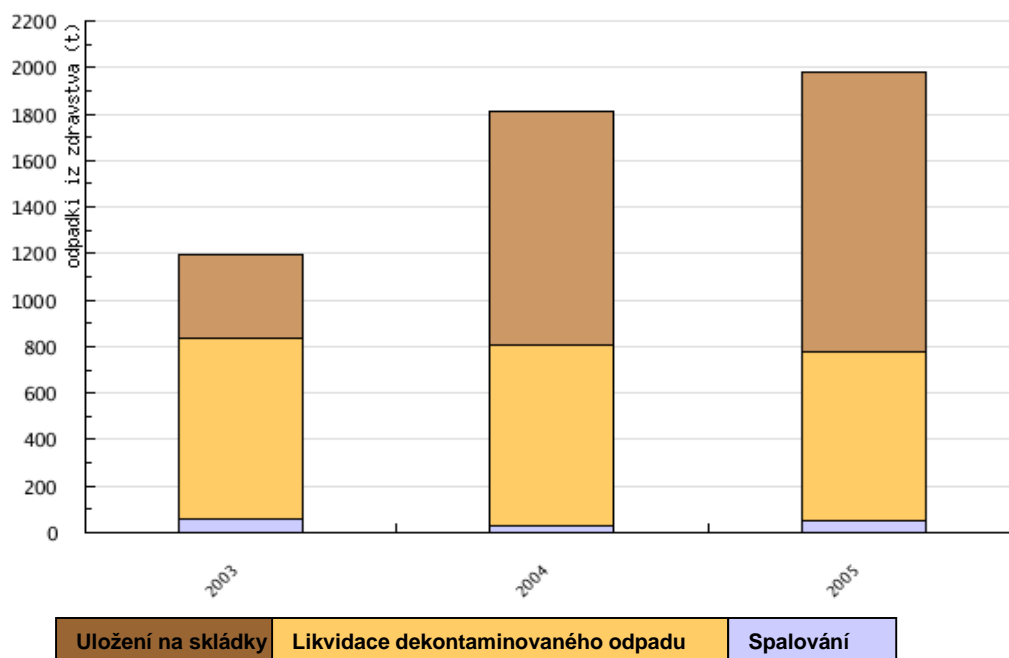
<b>Odpad produkovaný ve zdravotnických zařízeních ve Slovinsku v roce 2005</b>	<b>Jednotky</b>	<b>2005</b>
Ostré předměty	kg	29242
Odpad, který musí být speciálně ošetřen	kg	717296
Odpad, který nemusí být speciálně ošetřen	kg	955838
Toxické chemikálie	kg	46945
Jiné chemikálie	kg	4588
Cytostatika	kg	6794
Jiná léčiva	kg	19775
Ostré předměty	%	1,6
Odpad, který musí být speciálně ošetřen	%	40,3
Odpad, který nemusí být speciálně ošetřen	%	53,7
Toxické chemikálie	%	2,6
Jiné chemikálie	%	0,3
Cytostatika	%	0,4
Jiná léčiva	%	1,1

Zdroj: ARSO, 2006

Do roku 2003 musel být podle slovinského nařízení č. 1520 ze Sbírký zákonů 30/95, vydaného Ministerstvem zdravotnictví, veškerý infekční odpad ošetřen pomocí mobilního zařízení ZDA-M3 (mobilní parní dezinfekce). Ve Slovinsku fungovaly 3 mobilní jednotky zpracovávající infekční odpad. Následně se dekontaminovaný odpad ukládal na skládky. Spalování bylo povoleno pouze v případě dalších kategorií nebezpečného zdravotnického odpadu, jako jsou části těl, cytostatika a léčiva (Emmanuel, Hrdinka, 2004).

V listopadu 2003 byl ve Slovinsku přijat nový zákon upravující nakládání se zdravotnickým odpadem. Na základě tohoto zákona začal platit nový katalog odpadů vycházející z legislativy EU. Předchozí nařízení z roku 1995, které nařizovalo použití nespalovací technologie zpracování, bylo zrušeno. V důsledku toho lze podle zákona infekční odpad jak spalovat tak zpracovávat nespalovacími technologiemi (Emmanuel, Hrdinka 2004).

**Obrázek 9.** Nakládání se zdravotnickým odpadem ve Slovinsku



Zdroj: ARSO, 2006

V současnosti se infekční odpad nadále zpracovává nespalovacími dekontaminačními procesy a slovinské nevládní organizace požadují, aby spalování zdravotnického odpadu bylo nejpozději od roku 2015 zakázáno.

### **Obrázek 10. ZDA-M3**

Mobilní zařízení ZDA-M3 typu II vyrábí Maschinenvertrieb für Umwelttechnik GmbH a je schváleno a certifikováno v Německu (podle seznamu BGA na základě paragrafu 10c německého Zákona o infekčních nemocech, BSeuchG).

Kontaminovaný zdravotnický odpad se nasype do zařízení, zpracuje se řezačkou a dezinfikuje horkou párou. Je požadováno, aby teplota dezinfekce činila 105 °C, je ale možné nastavit teplotu vyšší, až 140 °C. Dezinfekce se provádí po dobu alespoň 15 minut. Zařízení je řízeno počítačem a teplotu, tlak a dobu dezinfekce (sterilizace) je možné nastavit podle individuálních požadavků.

Zdroj: Emmanuel, Hrdinka 2004

## **6. Zákonné a praktické překážky používání autoklávů**

Legislativa některých zemí stanoví, že se dezinfikovaný odpad ze zdravotnických zařízení nesmí přímo ukládat na skládky. Podle předpisů dalších států nesmí být rozeznatelné části těl. V mnoha zemích platí, že ostré předměty musí být rozlámány (nebo rozemlety), upraveny tak, aby byly nepoužitelné, nebo zabaleny do obalů odolných proti proražení. V České republice není v případě odpadu dezinfikovaného pomocí systémů na parní bázi přímo zakázáno ukládání na skládky, jeho vlastnosti však musí splňovat požadavky vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky. Mechanické procesy, jako je dezintegrace, drcení a zpracování kladivovými mlýny, mohou podstatně zlepšit rozsah potřebné údržby.

Podle Směrnic o nejlepších dostupných postupech a nejlepší praxi z hlediska životního prostředí (BAT/BEP) podle Stockholmské úmluvy (UNEP, 2006b) patří mezi hlavní negativa používání autoklávů tyto fakty:

- drtiče se často mechanicky porouchávají a špatně fungují;
- pro zajišťování jejich provozu jsou nutní kvalifikovaní techničtí pracovníci;
- autoklávky jsou nevhodné pro zpracování farmaceutického a chemického odpadu a odpadu, kterým snadno neproniká pára;
- bez drcení nebo jiných metod rozměňování jsou autoklávky rovněž nevhodné pro anatomický odpad.

V případě autoklávů jsou hlavními problémy z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví pracovníků osobní bezpečnost, potenciální expozice infekčním agens a nesprávně likvidovaným nebezpečným nebo radioaktivním materiálům, možnost tepelné zátěže a vystavení hluku. Nejběžnějšími metodami pro zlepšení bezpečnosti pracovníků jsou technická opatření a školení pracovníků. Z hlediska osobní bezpečnosti existuje vždy možnost zranění pracovníků, která souvisí s manipulací s odpadem - jeho přesouváním a zvedáním. Pokud se zařízení uzpůsobí tak, že se minimalizuje nutnost manuálního zvedání a přesouvání nádob s odpadem, snižuje se možnost zranění. Rizika se mohou dále snižovat školeními a prevencí takových pracovních situací, kdy se vyplácí nebezpečné chování.

Dalším rizikem je možnost expozice nebezpečným nebo radioaktivním materiálům. Správně vytríděný zdravotnický odpad podle předpisů neobsahuje nebezpečné či radioaktivní materiály, dochází však k případům nesprávné likvidace těchto materiálů. Pracovníci vyvážející a zpracovávající odpad mohou být školeni tak, aby vizuálně rozeznali potenciálně nesprávně likvidované materiály a předali pytle obsahující takovéto materiály k vhodnému zpracování. Komerčně dostupné autoklávky používají automatizované systémy k měření úrovně radiace v každém kontejneru a oddělují kontaminované odpady. Expozice pracovníků se minimalizuje, pokud autoklávky pracují v dobře větraných prostorách.

Pokud jde o tepelnou zátěž, horké počasí nebo provoz autoklávky ve vnitřních prostorách může způsobit, že na pracovišti bude nepříjemně horko. Je potřeba zajistit dobré větrání, využívat časové plánování a další opatření, aby se horku na pracovišti zabránilo. Horko totiž často vede k situaci, že pracovníci nepoužívají osobní ochranné pomůcky. Pokud se horku na pracovišti nelze vyhnout, je potřeba věnovat pozornost tomu, aby pracovníci i jejich vedoucí uplatňovali preventivní opatření proti tepelné zátěži (např. pitný režim, přestávky na ochlazení).

Některé autoklávy, zejména pokud jsou v provozu v uzavřených prostorách, mohou překračovat bezpečné hladiny vystavení hluku. V takových případech je nutné uplatňovat opatření na ochranu sluchu.

## **6. Shrnutí**

Nakládání se zdravotnickým odpadem je komplexním problémem a každé zdravotnické zařízení by se mělo na základě místních podmínek (legislativních, finančních a podle množství a složení odpadu) rozhodnout, jak bude zdravotnický odpad zpracovávat.

Vyjdeme-li z hlavních kritérií pro porovnání spalovacích a nespalovacích technologií, lze vyvodit následující závěry:

- Spalovny zdravotnického odpadu jsou nadále jedním z hlavních zdrojů PCDD/PCDF, které se nacházejí zejména v popílku a zbytkovém materiálu ze systémů čištění spalin. Mezi další známé toxické vedlejší produkty spalování patří PM<sub>2,5</sub>, těžké kovy jako kadmium, olovo a rtuť, PCB, VOC, PAU, SO<sub>2</sub> a NO<sub>2</sub>, přičemž mnoho dalších vedlejších produktů dosud není identifikováno. Studií věnovaných emisím a tvorbě vedlejších produktů v případě nespalovacích procesů není mnoho. Z výsledků výzkumu, který uskutečnil v roce 1997 Národní institut USA pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH), vyplývá, že koncentrace VOC, formaldehydu, acetaldehydu a acetonu, amoniaku a testovaných kovů (Be, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cu, As, Se, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb a Hg) byly v případě autoklávů pod přípustnými expozičními limity (PEL) platnými v USA. Zdá se, že autoklávy by mohly být zdrojem PCDD, pokud se v nich zpracovává odpad obsahující halogenovaná dezinfekční činidla, není však jasné, jestli se v nich mohou vytvářet rovněž "vysoce toxické" kongenery PCDD. Jako prevence jejich vytváření může sloužit náhrada dezinfekčních činidel používaných ve zdravotnictví (viz Kanetoshi, Ogava a kol., 1987).
- Studie potvrdily, že spalovny mohou mít negativní dopady na zdraví lidí, kteří ve spalovnách pracují a kteří bydlí v jejich blízkosti. Tyto studie se zaměřují hlavně na dioxiny a těžké kovy. V důsledku nehod, nesprávné manipulace s infekčním odpadem nebo nesprávného provozu autoklávy se do životního prostředí mohou uvolňovat infekční agens (totéž platí pro jakoukoli metodu zpracování zdravotnického odpadu upravenou předpisy, včetně spalování). Vhodné plánování, školení pracovníků a dozor managementu může tato rizika minimalizovat.
- Z výsledků analýz různých technologií zpracování zdravotnického odpadu, včetně spalování a nespalovacích technologií, provedených v Polsku a USA z technického a finančního hlediska, vyplývá, že nespalovací technologie řeší problém nakládání se zdravotnickým odpadem mnohem levněji a šetrněji k životnímu prostředí. Směrnice o BAT/BEP podle Stockholmské úmluvy doporučují alternativní nespalovací technologie zpracování zdravotnického odpadu zejména pro malá zdravotnická zařízení, v jejichž případě výstavba,

provoz, údržba a monitorování spaloven souvisí s velmi vysokými náklady a je obtížné to provádět (UNEP, 2006b). Důvodem tohoto doporučení je snaha zabránit únikům neúmyslně vytvářených POPs.

- Podle Stockholmské úmluvy jsou spalovny zdravotnického odpadu významnými zdroji čtyř z 12 znečišťujících látek, na které se úmluva vztahuje: polychlorovaných dibenzp-p-dioxinů (PCDD) a dibenzofuranů (PCDF), PCB a hexachlorbenzenu. Pokud jde o dioxiny a furany, spalovny zdravotnického odpadu patří mezi hlavní kategorie zdrojů, ve kterých se mohou tyto chemické látky vytvářet v relativně vysokém množství a mohou z nich unikat do životního prostředí. Autoklávy, jako jedna z nespalovacích technologií, nejsou v rámci Stockholmské úmluvy uvedeny jako zdroje POPs.
- Veřejnost v celosvětovém měřítku lépe přijímá nespalovací technologie než spalovny. Dokládá to rozsáhlá řada kampaní proti spalovnám vedených různými občanskými iniciativami a nevládními organizacemi, včetně organizací působících v oblasti zdravotní péče, a rovněž fakt, že požadují zákaz spalování zdravotnického odpadu.



## Seznam zkratek

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienist (Americká konference státních průmyslových hygieniků)
ARSO	Agencija Republike Slovenije za Okolje (Slovinská agentura pro životní prostředí)
BAT	nejlepší dostupné postupy
BEP	nejlepší praxe z hlediska životního prostředí
CO	oxid uhelnatý
ČR	Česká republika
DEHP	diethylhexylftalát
EEA	European Environment Agency (Evropská agentura pro životní prostředí)
EK	Evropská komise
EP	Evropský parlament
EPA USA	Environmental Protection Agency of the United States of America (Agentura USA pro ochranu životního prostředí)
EU	Evropská unie
EWC	Evropský katalog odpadů
GAIA	Global Anti-Incinerator Alliance/Global Alliance for Incinerator Alternatives (Globální aliance proti spalovnám/Globální aliance pro alternativy ke spalovnám)
HCWH	Health Care Without Harm
IARC	International Agency for Research on Cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny)
IKEM	Institut klinické a experimentální medicíny
IPEN	International POPs Elimination Network (Mezinárodní síť pro eliminaci POPs)
ISWA	International Solid Waste Association (Mezinárodní sdružení v oblasti tuhého odpadu)
MŽP ČR	Ministerstvo životního prostředí České republiky
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health (Národní institut USA pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (Úřad USA pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci)
PEL	Přípustné expoziční limity
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD	polychlorované dibenzo-p-dioxiny
PCDF	polychlorované dibenzofurany
PM <sub>2,5</sub>	pevné částice o velikosti < 2,5 mikrometru
PM <sub>10</sub>	pevné částice o velikosti < 10 mikrometru
POPs	perzistentní organické látky
PVC	polyvinylchlorid
RTI	Research Triangle Institute
TCDD	2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin
TLV	prahové limitní hodnoty
VOC	těkavé organické látky
UK	Velká Británie

UNEP United Nations Environment Programme (Program OSN pro životní prostředí)  
WHO Světová zdravotnická organizace

## **Literatura**

Allsopp, M., Costner, P., and Johnston, P. 2001: Incineration and human health, Greenpeace, UK, 2001

AQG 2003: Realizační program ČR č. 2: Specifické odpady ze zdravotnictví. Materiál zpracovaný na základě zakázky MŽP ČR pro realizační program nakládání se zdravotnickými odpady, AQG, s.r.o., Praha, 2003.

ARSO 2004: Analiza Podatkov iz letnih poročil o ravnanju z nevarnimi odpadki v RS za leto 2002, Agencija za okolje (ARSO), 2004

ARSO 2006: Analiza Podatkov iz letnih poročil o ravnanju z nevarnimi odpadki v RS za leto 2006, Agencija za okolje (ARSO), 2006

ARSO 2007: Pravilnik o sežiganju odpadkov, Agencija za okolje (ARSO), 2007

Brejcha, M. 2006: Nebezpečné odpady ze zdravotnictví – hrozba a problém, Elsynt, s.r.o 2006

Buday-Malik, A. 2006: Key questions of ICTi waste management in Hungary and in Slovenia Department of Regional Economics, Maďarsko, 2006

California Department of Public Health 2008: Medical Waste Management Program, California, <http://www.cdph.ca.gov/certlic/medicalwaste/Pages/default.aspx>, California Department of Public Health, Kalifornie, USA, 2008

De Fre, R., Wevers, M. 1998: Underestimation in dioxin emission inventories. Organohalogen Cpd. 36:17-20.

Družina, B. 2000: A plan for waste management within the public health system, Institute of Public Health of the Republic of Slovenia, 2000

Economopoulos, A.P. 2003: Assessment of sources of air, water and land pollution, A guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating Environmental control strategies. Part 1: Rapid inventory techniques in pollution, World Health Organization (WHO) Ženeva, 2003

EEA 2003: Europe's Environment, The Third assessment, European Environment Agency (EEA), 2003

EEA 2007: Europe's Environment, The Fourth Assessment, 277-290, European Environment Agency (EEA), 2007

EKOPUR 2006: Oznámení záměru podle přílohy č. 3 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, Tempico Rotoclave - Zařízení k dekontaminaci zdravotnického odpadu, EKOPUR s.r.o., 2006

Emmanuel, J. 2002: Non-incineration Alternatives to the Treatment of Medical Waste. Presented at the conference "Environmentally friendly management of medical waste", Debeli rtic, Slovenia, 2002.

Emmanuel, J., Hrdinka, C., and Gluszynski, P. 2004: Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies in Europe, Healthcare Without Harm, 2004

Emmanuel, J. and Stringer, R. 2007: For Proper Disposal: A Global Inventory of Alternative Medical Waste Treatment Technologies, Healthcare Without Harm (HCWH), 2007

EP 2000: Směrnice 2000/76/ES o spalování odpadů, Úřední věstník Evropských společenství, Evropský parlament, 2000

GAIA 2006: Incinerators in Disguise Case Studies of Gasification, Pyrolysis, and Plasma in Europe, Asia, and the United States, Global Anti-Incinerator Alliance/Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA), 2006.

Giugliano, M., Cernuschi, S., Grosso, M., Miglio, R., and Aloigi, E. 2002: PCDD/F mass balance in the flue gas cleaning units of a MSW incinerator plant:1321-1328, Chemosphere, 2002

Gluszynski, P. 2006: How to develop and implement waste minimisation programme in a hospital: A step-by-step guide for hospitals, Waste Prevention Association 3R, Polsko, 2006.

Gullett, B.K., Lemieux, P.M., Lutes, C.C., Winterrowd, C.K., Winters, D.L. 1999: PCDD/F emissions from uncontrolled, domestic waste burning. Organohalogen and Compounds ročník 41, 157-168, 1999.

Hardell et al. 2006: Causal Relationship between Non-Hodgkin's Lymphoma and Exposure to Benzene and Benzene-Containing Solvents, Annals of New York Academy of Science, USA, 2006

Hashimoto S. et al. 2007: Degradation pathways of decabromodiphenyl ether during hydrothermal treatment. Chemosphere, 68(1), 120-125

HCWH 2001: Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies: A Resource for Hospital Administrators, Facility Managers, Healthcare Professionals, Environmental Advocates, and Community Members, Healthcare Without Harm (HCWH), 2001

ISWA 2002: Aluminium Industry as a partner for sustainable development, Waste Management, International Solid Waste Association (ISWA), UK, 2002

Jay, K. and Stieglitz, L. 1995: Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants. Chemosphere, ročník 30, 1995.

NIOSH 1997: Control of Aerosol (Biological and Non-Biological) and Chemical Exposures and Safety Hazards in Clinical Waste Treatment Facilities, USA National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), USA, 1997

Jones, K., Konheim, A 1994: Comparative Life Cycle Risk Assessment of Regulated Clinical waste Incineration and Thermal Treatment, 87th Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, USA, 1994

Kanetoshi, A., Ogawa, H., et al. 1987: Chlorination of Irganox DP300 and formation of dioxins from its chlorinated derivatives. Journal of Chromatography 389(1):139-53.

Mahmoudi, F. 2003: Non-Burn Solutions for Medical Waste, GAIA Campaigner, Vol.3, Global Anti-Incinerator Alliance/Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA), 2003 <http://www.non-burn.org/campaignervol3/nonburn.html>

Mao, I.F., Chen, C.N., Lin, I.K., Chen, M.L. 2006: Airborne particle PM2.5/PM10 mass distribution and particle-bound PAH concentrations near a medical waste incinerator. Atmospheric Environment, ročník 41, číslo 11, duben 2007, str. 2467-2475.  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VH3-4MWY065-1&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=bec40586ab3d374138f7c1fccc3dc02c](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VH3-4MWY065-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=bec40586ab3d374138f7c1fccc3dc02c)

MŽP ČR 2006: Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2006, Ministerstvo životního prostředí ČR, 2006

MŽP ČR 2007: Metodická doporučení k nakládání s odpady ze zdravotnictví, Ministerstvo životního prostředí Praha, 2007

OTZO/WPA 2003: Urządzenia do unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych i weterynaryjnych dostępne na rynku krajowym [Medical waste treatment technologies available on the Polish market], OTZO/WPA, Krakow, březen 2003.

Owen K., Leese K., Hodson L., Uhorchak R., Greenwood D. and Van Osdell D. 1997: of Aerosol (Biological and Non-biological) and Chemical Exposures and Safety Hazards in Medical Waste Treatment Facilities, Final Report, Contract No. 200-95-2960; RTI Project 93U-6449, Research Triangle Institute a Eugene Cole, DynCorp, Control, listopad 1997

Pavlič, M. 2001: Infektivni odpadki, Društvo varnostnih inženirjev Ljubljana, 2001

Petrlík, J. 2003: Spalování odpadů a životní prostředí v ČR, Seminář "Toxické látky versus zdraví", Arnika, 2003

Petrlík, J. 2006: Nakládání s odpady v nemocnicích - Možnosti minimalizace odpadu, seminar o nakládání se zdravotnickými odpady, Arnika, 2006.

Petrlík, J., Ryder, R. 2005: After Incineration The Toxic Ash Problem. Keep the Promise Eliminate POPs Report, IPEN, duben 2005.

Petrova, S. 2001: Waste incineration, Životna Sredina 1-2, 42-48, 2001

Pražské služby 2006: Využití odpadu ze zdravotnických zařízení. Internetová prezentace na adrese <http://www.psas.cz/main.cfm?path=6.70>. Pražské služby, a.s. Praha, 1. 9. 2006.

Prüss, A., Giroult, E., Rushbrook, P. 1999: Safe management of wastes from healthcare activities, Department of Protection of the Human Environment, World Health Organization (WHO), Ženeva, Švýcarsko, 1999.

Research Triangle Institute (RTI) 1993: Evaluation of Potential Biological Emission from Alternative Medical Waste Treatment Technologies, Final Report, Prepared for USEPA Office of Solid Waste, červenec 1993

Schmid, J., Elser, A., Ströbel, R., and Crowe, M. 2000: Dangerous substances in waste, European Environment Agency (EEA), 2000

Sharma, B. K. 2007: Current Status of Healthcare Waste Management and Proposed Policy & Guidelines for Maldives, 2007

SPZ 2004: Nakladanie s odpadom zo zdravotníckych zariadení – použitie nespáľovacích technológií, Priatelia zeme-SPZ, Slovensko, 2004

Tangri, N. 2003: Waste Incineration: A Dying Technology, Global Anti-Incinerator Alliance/ Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA), 2003

TESO 2000: Protokol o autorizovaném měření emisí č. T/453/00/00\_SP. TESO, Praha 2000.

UNEP 2001: Stockholmská úmluva, United Nations Environment Programme (UNEP), 2001

UNEP 2003: Basilejská úmluva, Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes (Y1; Y3), United Nations Environment Programme (UNEP), 2003

UNEP 2005: Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, Edition 2.1, UNEP Chemicals, 2005

UNEP 2006a: Demonstrating and Promoting Best Techniques and Practices for Reducing Healthcare Waste to Avoid Environmental Releases of Dioxins and Mercury, United Nations Environment Programme (UNEP), 2006

UNEP 2006b: Revised Draft Guidelines on the Best Available Techniques and Provisional Guidance on Best Environmental Practices relevant to Article 5 and Annex C of The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, UNEP, Ženeva, 2006

US EPA 1998: Inventory of Sources of Dioxin in the United States (EPA/600/ P-98/002Aa), National Center for Environmental Assessment, US EPA, 1998

Voncina, E. 2003: Chlorinated Dioxines and Furanes in Slovenia, Environmental Protection Institute in Maribor, 2003

Wastech 2007: internetové stránky společnosti Wastech: <http://www.wastech.cz/index.php>.

WHO 2007: International Meeting on Health Healthcare Waste, Meeting report, World Health Organization (WHO), Ženeva, Švýcarsko, 2007

WNWN International 2001: Alternative to Incineration of Biomedical Waste: Autoclaving, A report for the Commonwealth of Dominica, WNWN International, Inc., USA, 2001

Zimová, M. 2004: Problematika nakládání s odpady ze zdravotnických zařízení v České republice, Zpravodaj, Březen , Číslo 1, Státní zdravotní ústav, 2004