

## Obsah

Úvod .....	1
Energetická účinnost zařízení na energetické využívání odpadu .....	2
Energetická účinnost a projektování zařízení na energetické využívání odpadu .....	4
Dosažitelné hodnoty energetické účinnosti .....	4
Diskuse k energetické účinnosti stanovované podle rámcové směrnice .....	6
Situace v Evropě ohledně kvalifikace odstraňování/využívání .....	8
Odpadové hospodářství ve Švýcarsku .....	8
Zvyšování energetické účinnosti zařízení .....	9
Facit .....	10
Zdroje .....	10

## Úvod

Příspěvek informuje o posledním vývoji posuzování energetického využívání odpadu v souvislosti s novelizací rámcové směrnice o odpadech (75/442/EEC). Po prvním čtení dne 13. února 2007 schválil Evropský parlament (EP) s velkou převahou dne 17. června 2008 ve druhém (a posledním) čtení návrh novely výše uvedené evropské směrnice o odpadech[6].

Mezi prvním a druhým čtením uběhla dlouhá a trnitá cesta složitých vyjednávání konečné formy tohoto důležitého dokumentu. Vyjednávání byla výrazně poznamenána aktivitami odpůrců energetického využívání odpadu ve spalovnách odpadu, které doznávaly až obdivuhodných rozměrů. Jedna z nevládních organizací (Health Care without Harm Europe) se sídlem v Praze vydala materiál proti návrhům Evropské komise ohledně energetického využívání odpadu, který byl ale financován z grantu uděleného této nevládní organizaci právě Evropskou komisí. Tedy Evropská komise financovala aktivity namířené proti jejím plánům...

Je logické, že zpravodajka novelizované směrnice, Dr. C. Jackson, na tento zcela nepochopitelný stav poukazuje a vyžaduje ukončení přidělování podobných grantů[5].

V odhlasovaném dokumentu jsou integrovány cíle k recyklaci odpadů, k prevenci výskytu odpadu, k uplatnění principu soběstačnosti členských států s tím, že každý stát může zakázat dovoz odpadu do spaloven z jiného členského státu (zde je lehce zpochybněn jeden ze základních principů existence EU). Toto ustanovení vzniklo v neposlední řadě díky aktivitám České republiky a Irska.

Dokument dále zavádí:

### Hierarchii nakládání s odpady

- předcházení vzniku odpadů
- opětovné použití
- materiálové využití
- jiné využití (např. energetické)
- odstranění

Členské státy jsou povinny zajistit, aby všechny odpady prošly stupněm využití, tj. materiálovým nebo energetickým. Teprve jestliže odpady není možno využít jedním z těchto způsobů, je třeba je bezpečným způsobem odstranit.

### **Energetická účinnost zařízení na energetické využívání odpadu**

Novelizovaná rámcová směrnice o odpadech klasifikuje spalování odpadů s určitou energetickou účinností<sup>1</sup> jako zařízení k využívání odpadů.

Při posuzování energetické účinnosti zařízení na energetické využívání odpadu, tedy při použití odpadu jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie, budou energetické toky posuzovány podle vzorce:

$$\eta = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)} \quad (1)$$

Oficiální český překlad novelizované rámcové směrnice o odpadech vydaný Evropským parlamentem ohledně energetické účinnosti zařízení dále říká:

*„Tento vzorec se použije v souladu s referenčním dokumentem o nejlepších dostupných technikách pro spalování odpadů.*

*Zařízení pro spalování, která zpracovávají pevný komunální odpad, budou hodnocena jako zařízení k využívání odpadu pouze pokud se jejich energetická účinnost rovná nebo je vyšší než:*

- $\eta=0,60$  pro zařízení v provozu a s povolením v souladu s použitelnými právními předpisy Společenství před 1. lednem 2009
- $\eta=0,65$  pro zařízení s povolením po 31. prosinci 2008

*Příčemž:*

- $E_p$  se rozumí roční množství vyrobené energie ve formě tepla nebo elektřiny. Vypočítá se tak, že se energie ve formě elektřiny vynásobí hodnotou 2,6<sup>2</sup> a teplo vyrobené pro komerční využití hodnotou 1,1 (GJ/rok).
- $E_f$  se rozumí roční energetický vstup do systému z paliv přispívajících k výrobě páry (GJ/rok).
- $E_w$  se rozumí roční množství energie obsažené ve zpracovávaných odpadech vypočítané za použití nižší čisté výhřevnosti<sup>3</sup> odpadů (GJ/rok).

---

<sup>1</sup> Dokument používá výraz „energetická účinnost“. Vhodnější by bylo použití výrazu „koeficient využití energie“.

<sup>2</sup> Při produkci energií předpokládá novela směrnice 75/442/EEC použití tzv. energetických ekvivalentů (příčemž dolní indexy znamenají:  $ek_{kv}$  – ekvivalent vyrobené elektrické energie,  $el$  – vyrobená elektrická energie,  $th_{kv}$  – ekvivalent vyrobené tepelné energie,  $th$  – vyrobená tepelná energie):

- při výrobě samotné elektrické energie  $1MWh_{ek_{kv}}=2,6MWh_{el}$
- při výrobě tepelné energie  $1MWh_{th_{kv}}=1,1MWh_{th}$

- $E_i$  se rozumí roční dodaná energie bez  $E_w$  a  $E_f$ <sup>4</sup>(GJ/rok).
- 0,97 je činitelem energetických ztrát v důsledku vzniklého popela a vyzářování.“

Následující obrázek schematicky znázorňuje výše uvedené energetické toky u standardní konfigurace technologického řetězce energetického využívání odpadu. Jedná se tedy o technologický řetězec skládající se z ohniště, z patřičně dimenzovaného parního kotle, z filtrace spalin, z chemicko-fyzikálního čištění spalin, z katalytického omezování emisí oxidů dusíku a organických látek typu PCDD/F. Technologické vody z procesu čištění spalin (prací média) jsou čířeny a odváděny do kanalizace či do vodoteče. Dále je v obrázku uvedena komínová ztráta a suma ostatních ztrát (chemickým nedopalem, mechanickým nedopalem, fyzickým teplem)[2].

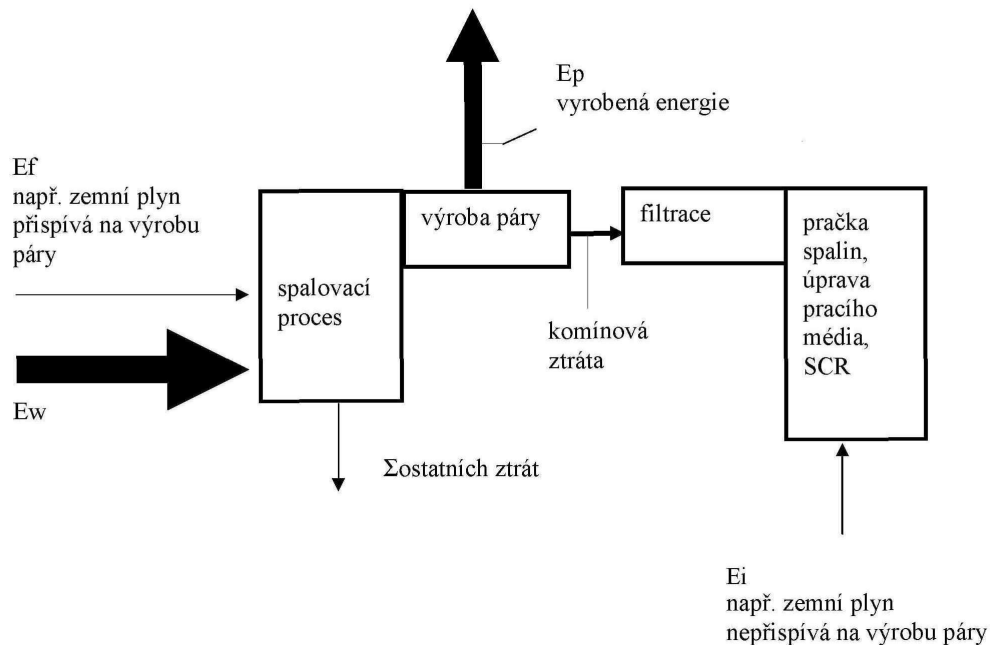


Schéma energetických toků standardního technologického řetězce energetického využívání odpadu  
Zdroj: vlastní

<sup>3</sup> Nižší čistotu výhřevností je zřejmě myšlena výhřevnost (dříve se používal výraz dolní výhřevnost).

<sup>4</sup>  $E_i$  je tedy roční energetický vstup do systému z paliv nepřispívajících k výrobě páry.

## **Energetická účinnost a projektování zařízení na energetické využívání odpadu**

K dosažení energetické účinnosti 65% a více je bezpodmínečně nutné plně respektovat následně uvedené podmínky[4]:

1. Zařízení dimenzovat a samozřejmě provozovat tak, aby byla možná pouze jedna, maximálně dvě odstávky za rok. Jejich doba by neměla přesáhnout 760 h. Takto lze výrazně omezit  $E_f$  - roční energetický vstup do systému z paliv přispívajících k výrobě páry. Při dnešních hodnotách výhřevnosti je  $E_f$  v podstatě energie paliva, které je potřeba pro řádné zprovoznění zařízení ze studeného stavu (dosažení teploty spalovacího prostoru 850°C). Dosažení tohoto cíle, tedy roční provozní doby 8000 h výraznou měrou zpravidla přispívá správně navržený kotel na výrobu páry (jinak utilizační kotel) a správně dimenzované ohniště.
2. Technologický řetězec sestavit tak, aby nebylo nutné používat palivo, které se nepodílí na výrobě páry, tedy energie  $E_i$  by měla být nulová. Takového výsledku lze dosáhnout konsekventním eliminováním tzv. meziohřevu či ohřevu spalin (např. za účelem optického eliminování bílé vlečky spalin vystupujících z procesu fyzikálně-chemické absorpce či za účelem instalace zařízení na omezování emisí oxidů dusíku a emisí látek PCDD/F na straně spalin po průchodu fyzikálně-chemickou absorpcí). Tohoto lze dosáhnout použitím nekatalytické redukce pro omezení emisí oxidů dusíku jakož i použitím katalyzátorů či katalyzátorových filtrů vhodných pro provoz v surových, tedy v nevyčištěných spalinách, které vykazují zpravidla teploty vhodné pro katalytický provoz.
3. Zařízení na energetické využívání odpadu umístit tak, aby při kombinované výrobě elektrické a tepelné energie byl po celou dobu ročního provozního fondu (8000 h), bez nasazení náročných a ztrátově intenzivních přenosových soustav, možný odběr tepelné energie. Tento požadavek lze splnit s výhodou tak, že nová zařízení na energetické využívání budou umístěna v užitečné blízkosti stávajících zdrojů centrálního zásobování teplem, tedy často v centru městské zástavby. Z hlediska vlivu stavby na životní prostředí má tento fakt, z hlediska celkové bilance emisí, vždy pozitivní vliv. Právě produkovaná tepelná energie, která může být během celého roku dodávána spotřebiteli se významně podílí na hodnotě energetické účinnosti zařízení.

### **Dosažitelné hodnoty energetické účinnosti**

Nároky kladené na technologické řetězce, i když musí vyhovovat legislativním předpisům, se v EU poměrně značně odlišují. Někteří provozovatelé kladou důraz na dodržování emisních limitů se značnou rezervou, na minimální množství zbytkových látek a na minimální roční počet provozních odstávek. Jiní provozovatelé kladou důraz na provoz zařízení bez generace technologických vod, jiní zase na dodržení emisních limitů bez zvláštních rezerv atd. Toto rozmanité spektrum kladených nároků vedlo v oblasti přeměny chemické energie paliva k vývoji automaticky řízených spalovacích jednotek a k vývoji speciálních kotlů vhodných pro dlouhodobé provozování, v oblasti čištění spalin k vývoji různých technologií s využíváním absorpčních a adsorpčních procesů, které jsou v odborné literatuře popisovány jako systémy mokrého čištění spalin s odvodem a bez odvodu technologických vod, systémy polosuchého čištění spalin a konečně systémy tzv. suchého čištění spalin.

Je zřejmé, že při sestavování technologických řetězců na energetické využívání odpadu je používána řada různých konfigurací zařízení, které ovlivňují jejich energetickou účinnost.

Vůbec nejzákladnějším předpokladem docílení použitelné hodnoty energetické účinnosti zařízení je jeho spolehlivost – tedy dlouhodobá schopnost provozovat zařízení 8000 h ročně.

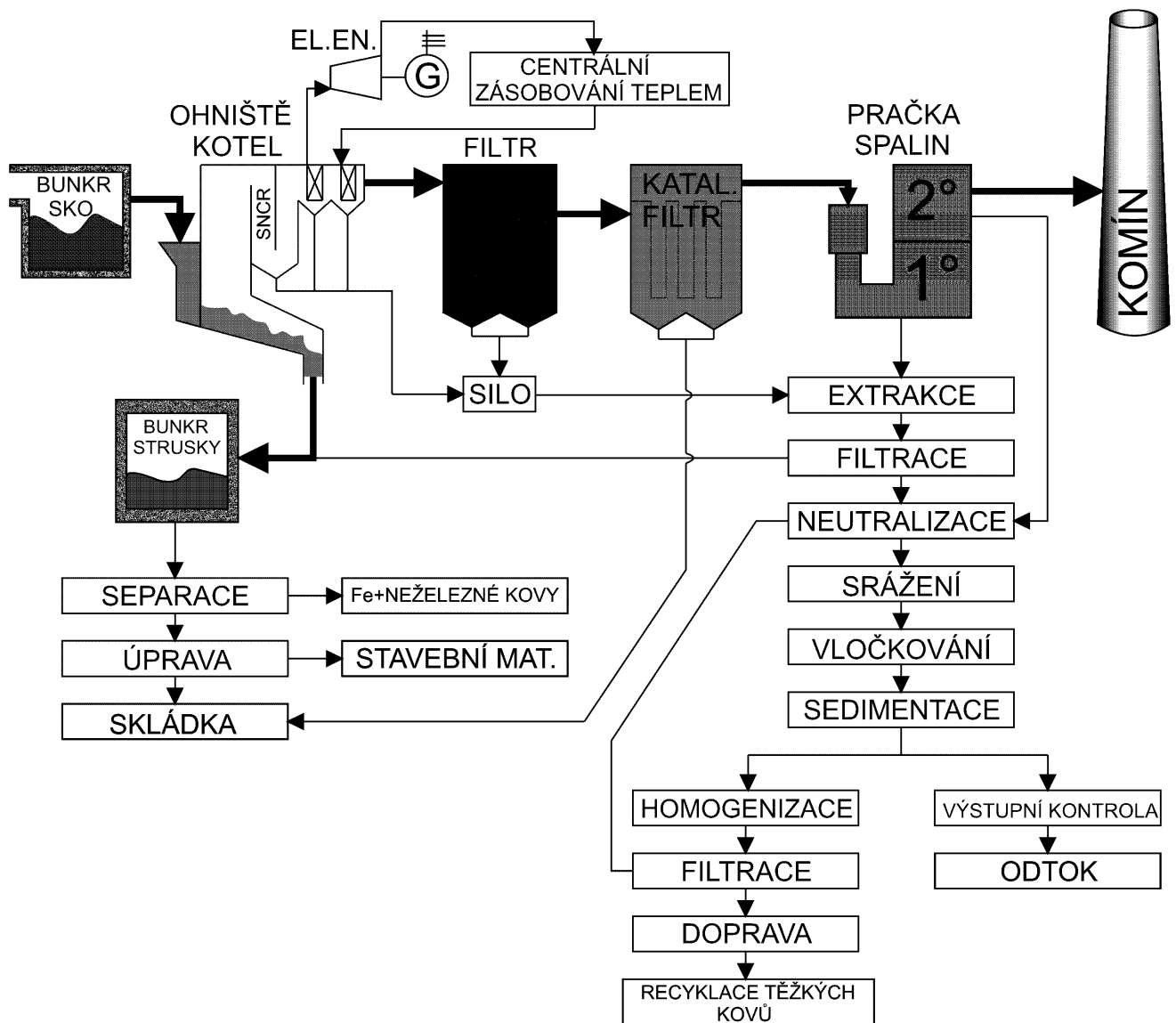
V této souvislosti je třeba opakovaně uvést, že vhodné ohniště, správně dimenzované a uspořádané teplosměnné plochy parního kotle a správně volený režim jejich čištění jsou životně důležitými podmínkami pro úspěšné provozování celého technologického řetězce. V těchto „detailech“ je třeba neziřídka hledat příčinu provozních problémů či rekonstrukce zařízení. Zatím co jsou ostatní základní elementy technologického řetězce (čištění spalin, úprava technologických vod, turbogenerátor, jeřáby..) poměrně snadno vyměnitelné, pro ohniště a pro kotel toto neplatí. V praxi je pak neuvěřitelně svízelné dlouhodobě provozovat zařízení s nesprávně dimenzovaným ohništěm či kotlem.

U zařízení na energetické využívání odpadu s instalovaným protitlakovým turbosoustrojím, mokrým čištěním spalin s odvodem technologických vod, nekatalytickým omezováním emisí oxidů dusíku, katalytickým omezováním organických látek typu PCDD/F v oblasti surových spalin (obrázek) lze očekávat přibližně následně uvedené hodnoty energetické účinnosti stanovené na základě modelových výpočtů[4]:

- Bude-li zařízení odevzdávat tepelnou energii po dobu 8000h v kogeneračním provozu, bude energetická účinnost vykazovat přibližnou hodnotu ve výši 73 %.
- Při letním (4000h – kondenzační provoz) a zimním (4000h - kogenerační provoz) režimu provozování bude energetická účinnost vykazovat přibližnou hodnotu ve výši 54%.
- Nebude-li možné realizovat žádný odběr tepelné energie, bude energetická účinnost zařízení vykazovat přibližnou hodnotu ve výši 30-34%.

Z výše uvedených příkladů je zřejmé, že zcela obecně platí:

Rovnoměrný kogenerační provoz (současná výroba elektrické a tepelné energie) po dobu blížíící se k 8000 h v roce je pro status zařízení jako zařízení k využívání odpadů (energetická účinnost  $\geq 0,65$ ) určující.



Schematické znázornění technologického řetězce na energetické využívání odpadu.

Zdroj: vlastní

Poznámka:

V případě, že není možné odvádět vyčištěné technologické vody z procesu čištění spalin do vodoteče, musí být technologický řetězec vybaven zařízením na odpařování těchto procesních vod. Z tohoto důvodu bude uvedená hodnota energetické účinnosti při kogeneračním provozu přibližně o 12% nižší. Jinými slovy: místo hodnoty energetické účinnosti kolem 0,73 by bylo možné docílit hodnoty energetické účinnosti ještě kolem 0,65 - při splnění podmínky 8000 h kogeneračního provozu za rok.

### Diskuse k energetické účinnosti stanovované podle rámcové směrnice

I když metoda stanovení energetické účinnosti podle novelizované směrnice není zcela v souladu se základními definicemi termodynamiky, je třeba ji vnímat jako určitou konvenci. Tato konvence může být v praxi aplikována, zvláště v těch případech, kdy je roční energetický

vstup do systému z paliv nepřispívající k výrobě páry ( $E_i$ ) nulový a energetický vstup do systému z paliv přispívajících k výrobě páry ( $E_f$ ) je ve srovnání s ročním množstvím energie obsažené ve zpracovávaných odpadech ( $E_w$ ) zanedbatelný. Při posuzování zařízení je nutné, jak z výše uvedené definice vyplývá, vyhodnocovat provoz delších časových úseků – např. doba 1 roku<sup>5</sup>.

Podívejme se podrobněji na některé detaily:

Vycházíme-li s definice termodynamické účinnosti energetického systému, (teplo přivedené minus teplo odvedené děleno teplem přivedeným, přičemž teplo přivedené minus teplo odvedené ztrátami je teplo skutečně využitě či skutečně vyrobené),

$$\eta = \frac{Q_{\text{přivedené}} - Q_{\text{odvedené}}}{Q_{\text{přivedené}}} = \frac{Q_{\text{vyrobené}}}{Q_{\text{přivedené}}}$$

musel by vzorec pro energetickou účinnost dle novelizované směrnice vypadat následovně:

$$\eta = \frac{E_p}{E_w + E_f + E_i} \quad (2)$$

V čitateli by se neměl objevit  $E_f$  - roční energetický vstup do systému z paliv přispívajících k výrobě páry, ve jmenovateli by měl být uveden  $E_i$  - roční energetický vstup do systému z paliv nepřispívajících k výrobě páry. Tak zvaný činitel energetických ztrát v důsledku vzniklého popela a vyzařování by být uveden neměl, protože ztráty energetického systému jsou vždy zahrnuty jako teplo odvedené ztrátami, (nehledě k tomu, že se u směrnici uvedeného činitele

---

<sup>5</sup> Nejednoznačné je použití vzorce energetické účinnosti dle rámcové směrnice o odpadech u kombinovaných energetických systémů. Jako příklad lze uvést zařízení ve španělském Bilbao, kde energie obsažená ve zpracovávaných odpadech slouží k výrobě lehce přehřáté páry (10,0 MPa, 330°C) v parním kotli roštového ohniště na spalování odpadu. Tato pára je vedena do spalínového kotle paroplynového cyklu, kde získá finální parametry (10,0 MPa, 540°C). Takto upravená pára je určena k expanzi v kondenzační turbíně, (je zde realizováno jedno mezipřihřátí páry). Kondenzát z chladicí věže je ve spalínovém kotli paroplynového cyklu přiveden na teplotu 160°C a dále slouží jako napájecí voda parnímu kotli roštového ohniště na spalování odpadu[1].

V podmínkách zařízení Bilbao je  $E_p=100$  MW,  $E_f=152$  MW a je tedy více než dvakrát větší než  $E_w=71$  MW. Je zřejmé, že se jedná spíše o spoluspalování odpadu než o vlastní technologický řetězec energetického využívání odpadu. Energetická účinnost vypočítaná podle vzorce (1) činí cca. 0,5. Použije-li se, termodynamicky správný vzorec (2), vychází energetická účinnost kolem hodnoty 0,44. Použil-li by se vzorec (2) při aplikaci energetického ekvivalentu  $1\text{MWh}_{\text{elek}}=2,6\text{MWh}_{\text{el}}$  vyšla by hodnota energetické účinnosti téměř 1,2. Z uvedeného příkladu vyplývá určitá technická nereálnost používání energetických ekvivalentů za účelem splnění požadavku energetické účinnosti ve výši 0,65 pro zařízení se samostatnou výrobou elektrické energie. Vzorec pro energetickou účinnost zařízení je určen pro stanovení energetické účinnosti při použití odpadu jako paliva. V kombinovaných příkladech může docházet ke zkraslování daných skutečností.

energetických ztrát spíše jedná o účinnost ohniště resp. účinnost přeměny chemické energie paliva).

Výše uvedené energetické ekvivalenty odpovídají účinnosti výroby energie 38,5% a výroby tepla 91%, což jsou pro běžné velikosti zařízení na energetické využívání odpadu naprosto nedostupné hodnoty. V případě, že by se směrnici určené energetické ekvivalenty pro zařízení k energetickému využívání odpadu měly vztahovat k reálně dosažitelným účinnostem, měly by vykazovat zhruba následně uvedené hodnoty:

$$1\text{MWh}_{\text{elek}}=4,5\text{MWh}_{\text{el}}$$

$$\text{MWh}_{\text{thekv}}=1,25\text{MWh}_{\text{th}}$$

### **Situace v Evropě ohledně kvalifikace odstraňování/využívání**

Všechna tři česká zařízení vykazují energetickou účinnost s rezervou větší než 0,65. Celkem bylo do konce roku 2007 zkoumáno 232 evropských zařízení (EU, Švýcarsko). Z tohoto počtu nemohlo 62 zařízení (27%) prokázat energetickou účinnost v hodnotě 0,6.

Není bez zajímavosti, že z 86 francouzských zařízení 47 zařízení (57%) limitní hodnoty účinnosti nedosáhnou [7]. Důvodem může být bezpochyby i chybná strategie ohledně umístování spaloven mimo obytné zástavy a i mimo dosah průmyslových odběratelů tepelné energie, čímž byla znemožněna rovnoměrná výroba a dodávka tepla třetím subjektů.

### **Odpadové hospodářství ve Švýcarsku**

V této souvislosti je zajímavé opakovaně krátce poukázat na švýcarský systém nakládání s odpady, který EP tímto hlasováním prakticky převzal. Švýcarská konfederace, jako nečlenský stát EU, definovala již v dostatečném předstihu podmínky pro další vývoj odpadového hospodářství a v současné době disponuje světově nejvyspělejším systémem hospodaření s odpady.

Vezmeme – li EU směrnici č. 99/31/ES o skládkách odpadu jako důležité měřítko kvality systému hospodaření s odpady, zjistíme, že dosavadní členské státy teprve v roce 2016 dosáhnou cca 65% výkonnosti dnešního švýcarského odpadového hospodářství. Česká republika by se na tuto úroveň měla dostat v roce 2020.

Dá se oprávněně předpokládat, že je EU v tomto směru (až na malé výjimky) několik desetiletí pozadu za Švýcarskem, kde je skládkování biologicky rozložitelného odpadu již od roku 2000 zakázáno.

Švýcarské odpadové hospodářství se od roku 1986 orientuje podle Plánu resp. podle tzv. Rukověti švýcarského odpadového hospodářství (Leitbild der schweizerischen Abfallwirtschaft), kde jsou kromě jiného formulovány následující zásady:

1. Zamezování výskytu odpadů
2. Využívání odpadů
3. Směrem k životnímu prostředí šetrné odstraňování odpadů

Látkovému využívání je od roku 1990 ve Švýcarsku věnováno značné úsilí – především při separovaném sběru odpadů – s patřičnými výsledky.



Recyklovaná množství papíru, skla a kovů se soustavně zvětšovala a v současné době se látkově využívá téměř 50% komunálního odpadu (další cíl EU je rovněž 50% látkové využívání). Nicméně recyklační potenciál je z důvodu chybějící ekonomiky (náklady/výnosy) téměř vyčerpán.

Podobnost s odpovídajícími ustanoveními EU čistě náhodná?

Ve Švýcarsku platí Technické nařízení o odpadech z roku 1990, kde jsou kromě jiného zakotveny následně uvedené povinnosti:

- Povinnost látkově využívat odpady
- Povinnost spalovat odpady, - kantony zodpovídají za to, že nevyužitelné, spalitelné odpady budou ve vhodných zařízeních spáleny.
- Povinnost provozovat spalovny s využitím energie (bez zavedení, v podstatě nesmyslné, energetické účinnosti zařízení).

Od roku 2000 je ve Švýcarsku zakázáno skládkování komunálního odpadu, tzn. že je energeticky využíváno 100% spalitelného komunálního odpadu a spalitelných stavebních odpadů v 31 zařízeních[3].

### **Zvyšování energetické účinnosti zařízení**

Parní kotle pro technologický řetězec energetického využívání odpadů se navrhují zpravidla na parametry páry 4,0 MPa, 400°C. V praxi je trvale a mnohonásobně prokázáno, že lze takto navržený parní kotel technologického řetězce energetického využívání odpadů spolehlivě provozovat. Nicméně je případně možné velmi opatrně uvažovat o určitém zvýšení parametrů vyráběné páry. Nicméně zvýšení parametrů páry u energetického využívání odpadů je vždy spojeno s rizikem havárie tlakové části kotle – zejména přehříváku páry. Parametry páry nad 400°C 4,0 MPa mohou přispět určitým způsobem k větší výrobě elektrické energie, což má určitý pozitivní vliv při kondenzačním provozu. Náklady spojené se zvýšením parametrů páry u zařízení na energetické využívání odpadu nejsou adekvátní k výnosům a provozním rizikům. Z hlediska výroby tepelné energie je vliv zvýšených parametrů páry nulový.

## Facit

EP vytvořil schválením novely Rámcové směrnice o odpadech použitelný nástroj odpadového hospodářství. Tento zásadní dokument definuje pozici energetického využívání odpadu a zároveň stanovuje použitelné kritérium energetické účinnosti k vymezení zařízení jako opatření k využívání či jako opatření k odstraňování odpadu.

Stanovená minimální hodnota energetické účinnosti skrývá beze sporu důležité poselství pro budoucí investory:

- Umísťovat zařízení tak, aby bylo možné celoroční využití tepelné energie.
- Omezit potřebu importované energie, která se podílí na výrobě páry a eliminovat energii, která se na výrobě páry nepodílí.
- Při projektování zařízení používat výhradně spolehlivé a v praxi mnohonásobně ověřené technologie – tedy nevydávat se cestou instalace poloprovozních a nedokonale ověřených systémů.
- Skutečnost, že zařízení, která budou kvalifikována jako opatření k využívání odpadu může mít pozitivní dopad na tvorbu veřejného mínění a průběh povolovacího řízení.

Je zřejmé, že poslanci EP nezamýšlejí postavit vyspělá a inovativní technologie energetického využívání odpadu na roveň technicky primitivnímu a ekologicky nepřijatelnému odstraňování - skládkování.

## Zdroje

- [1] de Chefebien H: R1 criterion for dedicated incineration in the Waste Framework Directive, kongres CEWEP, Bordeaux, 2008
- [2] Hyžík J.: Efektivita a předpoklady energetického využívání odpadu, seminář Kotle a energetická zařízení, Asociace výzkumných organizací, IBSN 80-214-2576-8, Brno, 2004
- [3] Hyžík J.: Význam energetického využívání odpadu roste, Kotle a energetická zařízení, Asociace výzkumných organizací, ISSN 1801-1306, Brno, 2007
- [4] Hyžík J.: Vlastní podklady a dokumentace.
- [5] Jackson C.: Tisková zpráva ze dne 13.04.08
- [6] Novela rámcové směrnice o odpadech č.75/442/EEC ze dne 17.06.08  
(<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2008-0282+0+DOC+XML+V0//EN&language=EN>)
- [7] Reimann D.O.: CEWEP's up dated Energy Efficiency Report, kongres CEWEP, Bordeaux, 2008