

MODELOVÁNÍ EKONOMICKO-ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ PAPIŘU

Robert Baťa, Pavlína Kadlecová

Úvod

Problematika nakládání s odpadem představuje významnou složku rozhodovacích činností řídicích složek jak v oblasti podnikové, tak i v oblasti veřejné správy. Environmentální legislativa vytváří neustálý tlak na hledání nových řešení, která by měla být jak ekonomicky výhodná, tak i příznivá životnímu prostředí. V souvislosti s opatřeními EU, směřujícími k omezování objemu emitovaného oxidu uhličitého jsou hledána stále nová řešení, která by vyhovovala stanoveným požadavkům. Příspěvek se zaměřuje především na problematiku energetického využití komunálního odpadu, stejně dobře je však navrhovaný postup aplikovatelný v podniku.

V současné době vzniká stále více odpadu a jeho odstraňování se stává stále větším problémem. přesto, že by měl být odpad tříděn, v komunálním odpadu se stále vyskytuje 22 % papíru. Skládání odpadů je nejčastější metodou nakládání s odpadem, která z hlediska hierarchie nakládání s odpady doporučené směrnici EU č. 75/442/ES o odpadech představuje poslední a nejméně vhodný způsob nakládání s odpady. Hledání možností využití vznikajícího odpadu je úkolem environmentální ekonomie a managementu aplikovaných v oblasti odpadového hospodářství. Management v oblasti odpadového hos-

podářství přímo souvisí se všemi stupni výroby, působí na všechny sektory národního hospodářství. Řídící procesy v oblasti hospodaření s odpady jsou orientovány především na nakládání s odpady co možná nejšetrnější pro životní prostředí s přihlédnutím k možnému vícestupňovému využití vzniklého odpadu, dále prevenci jejich vzniku a případnou likvidaci.

Cílem příspěvku je analýza možností alternativního využití separovaného odpadního papíru pomocí modelu pro vyhodnocení environmentálních a ekonomických souvislostí jeho energetického využití. Model je navržen s důrazem na jeho využitelnost, jako nástroje pro podporu rozhodování řídicích pracovníků.

1. Specifické rysy nakládání s energeticky využitelným odpadem v ČR

Právní úprava odpadového hospodářství České republiky vymezuje pravidla pro nakládání se vznikajícími odpady, sestává ze zákonů, nařízení vlády a vyhlášek ministerstev, především Ministerstva životního prostředí. V současné době v této oblasti existují dva významné zákony, kterými jsou zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů a zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů. Dalšími ustanoveními jsou nařízení a třiatřicet vyhlášek ministerstev.

Tab. 1: **Produkce komunálních odpadů (t)**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Produkce odpadů celkem	2 841 428	2 953 679	3 038 702	3 024 781	3 175 934	3 309 667
Z toho:						
Běžný svoz	2 206 214	2 260 222	2 305 070	2 273 836	2 282 866	2 374 027
Svoz objemného odpadu	245 273	282 158	283 971	303 014	362 054	402 899
Odděleně sbírané složky	268 414	300 435	327 023	386 479	454 210	460 302

Zdroj: [12]

Směsný komunální odpad není začleněn do kategorie nebezpečného odpadu, původce ani oprávněná osoba nemá povinnost s ním zacházet jako s nebezpečným a to i přesto, že komunální odpad je z hlediska fyzikálně-chemických vlastností velice heterogenní materiál. Složení tohoto odpadu závisí zejména na životním stylu obyvatel, způsobu vytápění a povaze zástavby obcí. Komunální odpad může obsahovat složky odděleného sběru. Tyto odpady mají svého původce a zacházení s nimi je zajištěno podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech [18]. Největší podíl v domovním odpadu tvoří papír a to 22 %, dále 18 % bioodpad, 13 % plasty, 9 % sklo a 3 % nebezpečný odpad. Na jednoho člověka připadá 150–200 kg odpadu ročně, v případě, že je odpad tříděn a vřazován do barevných nádob, je možné více jak třetinu dále využít [15]. Tab. 1 uvádí produkci komunálního odpadu za období 2004–2008.

Z údajů je patrný rostoucí trend celkového množství odpadů, kde jedinou výjimku představuje rok 2007. Jestliže je tento odpad tříděn, může představovat vstupní surovinu některých procesů, která však, jak je ukázáno dále, nemusí být poptávána ve stejném množství, v jakém je po vyřídění k dispozici. Problém nastává především v případě, že nabízené množství převyšuje množství poptávané.

1.1 Problémy využívání sběrového papíru

Na začátku roku 2010 uveřejnila Asociace českého papírenského průmyslu zprávu, že se v České republice nedostávají kapacity na využití sběrového papíru. Za rok 2008 se shromáždilo 733 000 tun sběrového papíru, ale jen 422 000 tun bylo českými papírnami zpracováno. Zbývajících 311 000 tun papíru bylo exportováno. Asociace českého papírenského průmyslu v této souvislosti navrhuje, aby na všech úrovních orgánů veřejné a státní správy bylo napomáháno k případnému vybudování nové papírny, pomocí které by bylo možné zvýšit účast domácího zpracování sběrového papíru [3]. Přesto, že bylo navrženo několik plánů na vybudování nové papírny (Opatovice nad Labem, Zábřeh na Moravě), nebyly realizovány zejména z důvodu nesouhlasu obyvatel (prašnost, zápach, dopravní zátěž) a překážek ze strany institucí [6].

Podle poslední Zprávy o životním prostředí České republiky za rok 2008 se zvýšilo množství vyřídě-

děných složek KO od roku 2003 o 29 %, čímž se dostalo množství průměrné produkce KO na obyvatele ke spodní hranici v porovnání se zeměmi EU. Za nežádoucí trend lze pokládat skutečnost, že kolem 80 % KO podléhá skládkování, které zůstává obvyklou metodou jak s odpadem nakládat (velký počet skládek, dopravní dostupnost). Pouze 1,43 % odpadů je spalováno. Naproti tomu se využívání odpadů zvýšilo od roku 2002 o 4,5 % a to zejména díky rozvoji technologií ve výrobě a v oblasti nakládání s odpady. Od roku 2006 se hodnota tohoto podílu snížila z důvodu jejich úpravy pro následné využití využitím třídících linek. Za rok 2008 bylo využito 67,5 % odpadů, odpady jsou většinou využívány materiálově (96 %), zbylá část energeticky (4 %). [23]

Nejnámější metodou úspory odpadu z papíru je recyklace a u kartonových obalů znovupoužití. Pokud sběrový papír není vhodný k recyklaci, je možné jej spalovat. Ovšem vzhledem k tomu, že papír a lepenka spolu se dřevem a kompostovatelnými odpady patří mezi biologicky rozložitelné komunální odpady, lze jej také upravit biologickou metodou, jakou je kompostování nebo anaerobní digesce nebo mechanicko-biologickým zpracováním [7].

Současné vědecké výzkumy naznačují i další zajímavé možnosti nakládání s odpadním papírem, kde tato surovina představuje významný vstup pro chemický i elektrotechnický průmysl. Uhlík získaný z tohoto papíru může sloužit jako materiál pro výrobu ultrakondenzátorů [20], odpadní papír může být využíván i jako materiál obsahující využitelná množství vzácných kovů, které z něj lze získat [1], energeticky jej lze využít i pro výrobu kapalných uhlovodíkových paliv, jako je benzín a nafta [16].

1.2 Problémy recyklace

V souvislosti s recyklací panuje v obecném povědomí několik názorů, které nejsou založené na skutečnostech. Jedná se např. o tvrzení, že recyklováním lze předcházet plynutí neobnovitelnými zdroji. Toto tvrzení vyvrací skutečnost, že každým rokem se zvyšuje množství dřevní hmoty a toto množství je dvacetkrát vyšší než je spotřeba dřeva a papíru za rok. Dále panuje obecně přesvědčení, že recyklací chráníme životní prostředí a zároveň podporujeme ekonomický růst. Zkoumány byly otázky, zda je správné, když vlády omezují mezistátní obchod s netoxickým odpadem [5].

Autoři na základě výsledků modelu vyslovili závěr, že volný trh s touto komoditou vede jak k ekonomickým tak environmentálním přínosům. Je však potřeba uvážit, že recyklace pouze mění povahu a míru znečištění, někdy jej snižuje, někdy však, jak uvádějí někteří autoři, dokonce zvyšuje [10]. Je rovněž třeba uvést, že tříděný sběr, podporovaný v mnoha zemích indukuje potřebu použití většího množství automobilů na svoz stejného množství odpadu. Tím může v případě, že nejsou k dispozici kompletní analýzy LCA, zatěžovat životní prostředí více, než kdyby nebyl vůbec zaveden. Právě komplexní pohled na celou problematiku se zahrnutím všech souvisejících látkových a ener-

vyživat v jeho původní podobě at již ke stejnému či jinému účelu a není dostatečná a přiměřeně dostupná kapacita pro jeho látkové využití (recyklaci), lze postoupit k následujícímu možnému způsobu a v souladu s hierarchií nakládání s odpady jej využít energeticky, přičemž nejjednodušším způsobem v podmínkách ČR je jeho spálení. K tomu jsou vhodné papíry, které mají minimální obsah plnidel a barviv, jako noviny a kartony [24]. Tento postup je navíc plně v souladu se zásadami udržitelnosti, neboť papír díky svému složení představuje při energetickém využití formu biopaliva. Jsou-li tyto souvislosti dostatečně vysvětleny veřejnosti, může být energetické využití vnímáno

Tab. 2: Emisní faktory vztažené na výhřevnost paliva

Palivo	Emise škodlivin [g/MJ]				
	CO	NO _x	SO ₂	TOC	TZL
Papírové brikety	0,6	0,07	< 0,01	0,07	0,02
Brikety papír-uhlí	0,65	0,08	< 0,01	0,06	0,01
Brikety papír-dřevo	1,62	0,04	< 0,01	0,21	0,01
Papírové pelety	7,04	0,35	< 0,01	1,55	0,01
Pelety papír-uhlí	9,33	0,08	< 0,01	1,73	0,02
Dřevěné brikety	1,98	0,04	< 0,01	0,20	0,04

Zdroj: [26]

getických toků může poskytnout reálné údaje o environmentálních a ekonomických přínosech recyklace.

Dalším používaným argumentem pro recyklaci je tvrzení, že při tomto procesu je spotřebováno méně energie a surovin. Zanedbán je ovšem fakt, že tržní hodnota recyklovaných materiálů používaných ve výrobním procesu je odvozena právě od toho, nakolik umožňují výrobcům spotřebovat méně primárních surovin a méně energie. Všechny úspory primárních surovin a energie jsou již započítány v komparaci nákladů recyklace s jinými způsoby nakládání s odpadem [10]. Jiným důvodem proč recyklovat je přesvědčení, že recyklací lze zamezit plýtvání určitými surovinami, přičemž se nezohledňuje skutečnost, že při menší spotřebě jedné suroviny je zapotřebí použít více ostatních surovin [10]. Z uvedeného vyplývá, že nelze pomoci odhadů či jednoduchých metod vybrat pro daný odpad jednoznačně nejlepší způsob nakládání. V případě, že není možné papír dále

veřejností jako posun k vyšší kvalitě života, jak ukazují vstupní parametry některých modelů [21].

Vzhledem k tomu, že ceny energií se zvyšují a cena starého papíru klesá, v rámci ČR nelze veškerý sebraný papír recyklovat a jeho export může být z uvedených důvodů problematický, představuje spalování papíru vhodné řešení. Vyhláška č. 482/2005 Sb., pokládá nevyužitelný papír a lepenku za biopalivo se všemi výhodami, jako je např. neutralita emisí oxidu uhličitého. Zákon o odpadech řadí spalování odpadů do energetického využívání jen v případě, pokud použitý odpad nepotřebuje po vlastním zapálení ke spalování podpůrné palivo a vznikající teplo se použije pro potřebu vlastní nebo dalších osob, nebo odpad použije jako palivo nebo jako přídatné palivo v zařízeních na výrobu energie nebo materiálů [9]. Při případných úvahách o ekonomické efektivnosti energetického využití odpadů je však třeba rámcově uvážit i faktory ovlivňující zemědělskou produkci, která může v nedaleké budoucnosti

značně ovlivnit nabídku v oblasti bioodpadů pro energetické využití [17].

Studie „Spalovací zkoušky paliv na bázi odpadu“ porovnává emisní faktory těchto paliv s dřevěnými briketami, které byly spalovány na stejném zařízení a za stejných okolností. Pro porovnání paliv bylo srovnáváno množství tuhých znečišťujících látek, oxidů dusíku, oxidu siřičitého a organického uhlíku (TOC). Výsledkem této práce je tvrzení, že emisní faktory alternativních paliv na bázi papíru jsou podobné a v některých ohledech i mírně příznivější [26]. Porovnání s různými variantami paliv ukazuje Tab. 2. Emise jsou uváděny v gramech znečišťující látky na MJ uvolněné energie.

Dalším pozitivem je i výhřevnost papíru v rozpětí 12–15 MJ/kg, která je srovnatelná s výhřevností hnědého uhlí, při jehož spalování však vzniká jednak značné množství oxidu siřičitého, jednak emise oxidu uhličitého v tomto případě nejsou klimaticky neutrální, jako je tomu při spalování papíru [14]. Pro modelování byly využity údaje za město Děčín, které díky složení komunálního odpadu poskytuje dobrý vzorek města ČR.

1.3 Odpadové hospodářství města Děčín

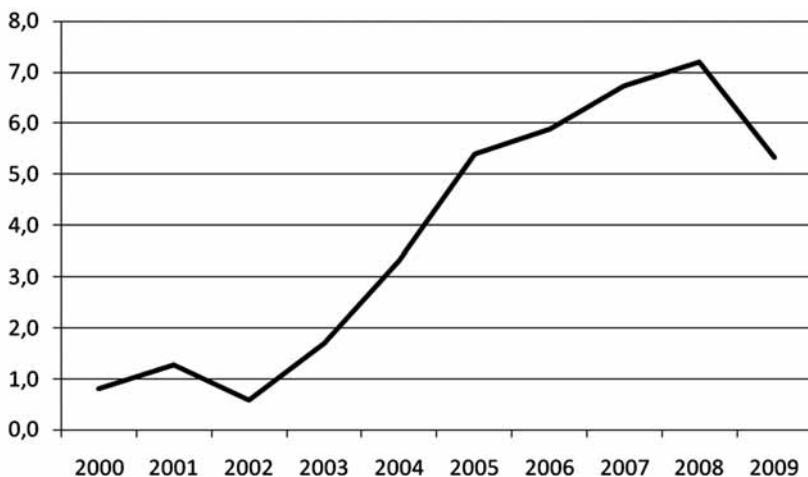
Město Děčín se nachází na severu Čech na březích řeky Labe. Díky své nadmořské výšce 135 metrů n. m. je nejnižší položeným městem ČR [11]. Na území města Děčín, o rozloze 11 770 ha,

žije ve 34 částech (9 městských sektorech) města 52 799 obyvatel, obyvatelé města žijí ve 23 576 domácnostech s průměrným počtem 2,24 členů. Ve městě je celkem 5 496 domů, z nichž 3 752 je rodinných, 1 622 bytových a 122 ostatních, a celkem 21 072 bytů, ze kterých je 15 951 v bytových domech, 4 987 v rodinných a zbylých 131 v ostatních domech [13]. Podle informací z oddělení správy majetku a komunálních služeb (Plán odpadového hospodářství města Děčín) činila produkce veškerého odpadu za rok 2009 celkem 18 099 t odpadu, polovinu tohoto množství tvořil směsný komunální odpad. Graf na obr. 1 znázorňuje podíl vyříděného papíru na celkovém množství komunálního odpadu.

Vyříděný papír tvoří relativně malý podíl, ale v průběhu let 2000–2009 byl vždy vyšší než podíl vyříděného skla (až na rok 2000, kdy se podíl papíru rovná podílu skla) a plastů. Nejvyšší podíl na celkové produkci odpadů je zastoupen směsným komunálním odpadem a objemným odpadem. Skutečné množství vyříděného papíru za roky 2000–2009 uvádí tab. 3.

Pro rok 2009 z uvedených hodnot vyplývá, že každý občan města týdně vyřídí průměrně 0,3 kg papíru. Výdaje odpadového hospodářství jsou členěny na sběr a svoz KO, separovaného odpadu, bioodpadu a provoz sběrných dvorů, ve kterých mají občané města ukládání odpadů zdarma. Celkové výdaje OH činily za rok 2009 celkem 44 300 000 Kč. Příjmy od společnosti EKO-KOM

Obr. 1: Podíl množství vyříděného papíru na celkové produkci odpadu (v %)



Zdroj: vlastní dle [22]

Tab 3: Množství vyříděného papíru za rok (t)

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
množství papíru	101,2	160,6	170,4	238,7	549,4	945,5	1027,5	1182,7	1312,6	963,4

Zdroj: vlastní dle [22]

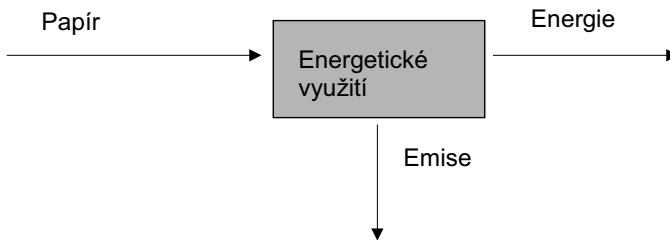
a poplatky od občanů města zdaleka výdaje na OH nepokrývají, proto je tento rozdíl vyrovnán formou dotace z rozpočtu města.

2. Metody modelování energetického využití papíru

Vzhledem k tomu, že se v současné době vyskytlo několik návrhů upřednostňujících energetické využití papíru před recyklací (vyhláška č. 482/2005 Sb.), nabízí se možnost modelování procesu energetického zhodnocení papíru. Proces, který má být modelován lze znázornit dle schématu na Obr. 2.

vy, tak i v oblasti podniku [4], [8]. I přes existující problémy [2] je tento softwarový nástroj používán jak v podnicích, tak v oblasti veřejné správy [19], čímž je alespoň z části garantována snadná přenositelnost modelu případnému zájemci, např. v příloze e-mailu. Dále je, díky dobře srozumitelné grafické prezentaci modelů dobře patrné z obr. 3 a obr. 4, zajištěna i velmi žádoucí možnost spolupráce manažerů či řídicích pracovníků veřejné správy na spoluvytváření modelů, neboť právě oni znají nejlépe své potřeby a požadavky i podstatu sledované oblasti, proto se musí i účastnit analýzy podnikových procesů a podnikových dat formou vytváření modelů [25].

Obr. 2 Schéma modelovaného procesu.



Zdroj: vlastní

V modelu bude uvažováno veškeré množství papíru umístěného v nádobách na tříděný papír, neboť nelze určit, jaký podíl z tohoto množství lze recyklovat. Dopravní, ekonomické a jiné náklady budou zanedbány. Za rok 2009 bylo ve městě Děčín v modrých nádobách na papír umístěno 963,440 tun papíru, který by mohl být, v souladu s navrhovaným řešením, alternativně využit jako palivo k výrobě elektrické a tepelné energie. Model jeho energetického využití lze implementovat v prostředí umožňujícím vytváření modelů pomocí některé z vhodných variant Petriho sítí, zjednodušenou verzí potom v prostředí UML, MS Excel a pod. Pro navržený model bylo zvoleno prostředí Umberto, které je založeno na barvených Petriho sítích a je přímo určeno k modelování látkových a energetických toků, čímž je zároveň dosaženo lepší využitelnosti získaných dat jak v oblasti sprá-

2.1 Teoretické základy

Petriho síť, které v roce 1962 vytvořil německý matematik a počítačový vědec Carl Adam Petri, jsou grafickým a matematickým modelovacím nástrojem, sloužícím k teoretickému zkoumání paralelních systémů. Petriho síť je definována jako: „uspořádaná pětice (P, T, I, I', z_0) , kde $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ je konečná neprázdná množina míst, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ je konečná neprázdná množina přechodů, množiny P, T jsou disjunktí $P \cap T = \emptyset$, I a I' jsou incidenční funkce $P \times T \rightarrow N_0$ a $z_0: P \rightarrow N_0$ je počáteční značení.“ Barvené Petriho sítě (CPN) jsou sítě vyšší úrovně, název je odvozen od barvy, která z důvodu jedinečnosti každé značky představuje údaje určitého typu. CPN lze chápat jako prosté grafické zobrazení základních Petriho sítí. Jako pozitivum CPN se jeví mnohostranné využi-

tí, neboť CPN je významný modelovací jazyk, a to díky svému přesnému vymezení a všestrannosti. CPN spojuje přednosti Petriho sítě se schopnostmi programovacího jazyka. [27]

3. Model energetického využití papíru a výsledky modelování

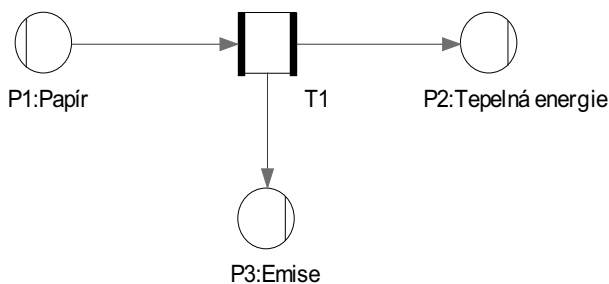
Model implementovaný s výhodou s využitím CPN v prostředí Umberto je uveden na obr. 3. Vstupem v místě P1 je papír určený pro energetické využití, který je alternativním palivem modelovaného procesu. Vstupní hmotnost byla zadána 963 440 kg, které odpovídá množství vytříděného papíru ve sledovaném městě za rok 2009. Přechod T1 představuje proces přeměny na tepelnou energii. Výstupem je tepelná energie (P2) a emise (P3).

V případě přeměny pouze na tepelnou energii by vzniklo z výše uvedeného množství papíru 12 893,62 GJ tepelné energie. Množství vzniklých emisí uvádí tab. 4.

V případě kombinované výroby tepla i elektrické energie a při předpokládané účinnosti přeměny vstupu na 60 % tepelné energie a 28 % elektrické energie, by bylo vyrobeno 8 156,483 GJ tepelné energie a 3 806,358 GJ elektrické energie. Vstupem P1 na obr. 4 je opět papír pro energetické využití o hmotnosti 963 440 kg, přechod T1 představuje proces přeměny na elektrickou a tepelnou energii. Výstupem je energie (P2) a emise (P3).

Výstupem P3 je v tomto případě spolu s emisemi i odpadní energie, která činí 1 631,296 GJ. Množství emisí je stejné jako v předchozí situaci. Přeměnou by tedy bylo za těchto podmínek vyprodukováno 8 156,483 GJ tepelné energie a 3 806,358 GJ elektrické energie. Množství vyprodukovaných emisí by se prakticky nezměnilo, neboť se jedná o spálení stejného množství stejného druhu paliva. Určité odchylky by mohly vzniknout jinou technologií přeměny, v zásadě však lze opět vycházet z hodnot uvedených v tab. 4.

Obr. 3: Model energetického využití papíru (výroba tepla) implementovaný v prostředí Umberto



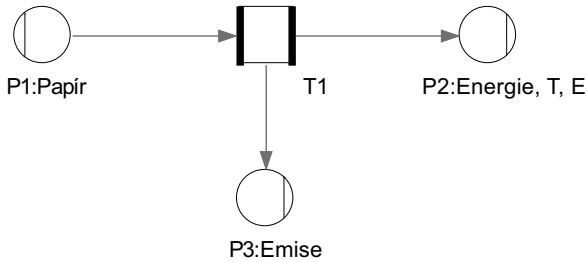
Zdroj: vlastní

Tab. 4: Množství emisí při výrobě tepelné energie

Výstup	Hodnota	jednotka
Oxid uhelnatý	10 694,54	kg
Oxid siřičitý	150,43	kg
Oxid dusný	397,55	kg
Metan	694,82	kg
Popel/prach	348,2	kg
Oxid uhličitý	293 688	kg
Popel	657 466,4	kg

Zdroj: výstup modelu v prostředí Umberto

Obr. 4: Model energetického využití papíru (kombinovaná výroba tepla a elektrické energie) implementovaný v prostředí Umberto



Zdroj: vlastní

Varianta, ve které by byla vyráběna pouze elektrická energie nebyla pro svoji nehospodárnost explicitně uvažována, v zásadě by se však jednalo o stejný proces jako při kombinované výrobě tepla a elektrické energie s tím, že vyprodukovaná tepelná energie by nebyla využita.

Pro vyjádření míry takto dosažitelných úspor lze vycházet z průměrných hodnot spotřeby jedné domácnosti v panelovém domě, která používá elektřinu na svícení a pro běžné spotřebiče. Potom podle informací skupiny ČEZ je průměrná spotřeba 2,2 MWh elektřiny za rok. Energetickým využitím by dle navrženého modelu bylo při kombinované výrobě vyrobeno 3 806,358 GJ tedy 1 057,3 MWh elektrické energie. Vyrobená elektrická energie by pokryla celoroční spotřebu 480 bytových jednotek a vyrobené množství tepla 8 156,48 GJ, představuje celoroční vytápění 191 bytu.

Závěr

V modelovém případě je analyzováno energetické zhodnocení papíru a související energetické a látkové toky včetně zohlednění případných environmentálně-politických souvislostí. Poté, co je na základě provedeného rozboru doloženo, že recyklace papíru nemusí být za všech okolností nejlepším možným řešením a to jak z hlediska ekonomického tak i environmentálně-politického je navržena možnost jeho energetického využití. Jeho přínosy jsou modelovány pomocí Petriho sítí, modely jsou implementovány v prostředí Umberto. V prvním případě je modelováno energetické využití papíru pouze na výrobu tepelné energie, kdy odpovídají dosažitelné úspory ostatních vstupů potřebných pro její výrobu výše 3,13 %, což odpovídá zásobování ca. 302 bytů teplem a tep-

lou vodou po celý rok. Při kombinované výrobě tepelné a elektrické energie modelované v druhém modelu by bylo možné zásobovat v Děčíně teplem téměř 2 % domácností (191 bytů) a 5 % domácností (480 bytů) elektrickou energií. Úsporu na jednu domácnost lze v tomto případě vyjádřit součtem úspor za tepelnou a elektrickou energii v průměrné výši přepočtenou na celkový počet domácností v Děčíně 1 042 Kč ročně. Výhodou takto navrženého modelu je snadná kvantifikace environmentálních i ekonomických dopadů navrhovaného opatření, neboť modely zahrnují díky využití CPN většinu relevantních látkových i energetických toků. Model umožňuje pomocí zadání parametrů procesu velmi jednoduše modelovat změnu výstupů v závislosti na změně technologie. Kombinovaná výroba tepelné a elektrické energie tak dle předpokladů modelu ukazuje na nejlepší ekonomický i environmentální přínos navrhovaného řešení. Práci lze dále rozvíjet jednak cestou verifikace a upřesňování parametrů modelovaného procesu dle výsledků dalších emisních měření, jednak rozšířením o další možné procesy a jejich varianty možných vstupů i souvisejících výstupů.

Literatura

- [1] ADHIKARI Ch. R., PARAJULI, D., INOUE, K., et. al. Recovery of precious metals by using chemically modified waste paper. *New Journal of Chemistry*. 2008, Iss. 9, s. 1634-1641. ISSN: 1144-0546.
- [2] ANTLOVÁ, K. Motivation and barriers of ict adoption in small and medium-sized enterprises. *E+M Ekonomie a Management*. 2009, roč. 12, č. 2, s. 140-153. ISSN 1212-3609.
- [3] *Asociace českého papírenského průmyslu* [online]. 2008 [cit. 2010-02-02]. Novinky. Dostup-

- ný z: <<http://www.acpp.cz/novinky/46-prohlase-ni-acpp-ke-sberovemu-papiru/>>.
- [4] BAŤA, R., OBRŠÁLOVÁ, I., VOLEK, J. Využití Petriho sítě pro varianty nakládání s biologicky odbouratelným komunálním odpadem. *Scientific Papers* [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008 [cit. 2010-08-03]. Dostupný z: <<http://www.upce.cz/fes/veda-vyzkum/scipap/e-verze-sborniku/2008/scipap-c-13.pdf>>.
- [5] BEUKERING, P., DURAIAPPAH, A. The Economic and Environmental Impact of Wastepaper Trade and Recycling in India. *Journal of Industrial Ecology*. 1998, Vol. 2 Iss. 2, s. 23-42. ISSN: 1530-9290.
- [6] *Biom.cz: biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využití* [online]. 2010 [cit. 2010-02-03]. ACPP: Česku chybí kapacity na využití sběrového papíru. Dostupný z: <<http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/acppcesku-chybi-kapacity-na-vyuziti-sberoveho-papiru>>.
- [7] *Biom.cz: biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využití* [online]. 2004 [cit. 2010-02-02]. Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady. Dostupný z: <<http://biom.cz/rp-bro/rp-bro.pdf>>.
- [8] BUDIŠ, P., ŠTĚDRŮ, B. *Elektronické komunikace*. 1. vyd. Bratislava: Magnet press, 2008. 110 s. ISBN 978-80-89169-11-5.
- [9] CENIA: česká informační agentura životního prostředí [online]. 2001 [cit. 2010-02-20]. Zákon 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Dostupný z: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSF-SO6QS1/\\$FILE/Zakon_185_2001_o_odpadech.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSF-SO6QS1/$FILE/Zakon_185_2001_o_odpadech.pdf)>.
- [10] ČAMROVÁ, L. (ed.). *Ekonomie a životní prostředí: nepřátelé, či spojenci?*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, s.r.o., 2007. 399 s. ISBN 978-80-86851-69-3.
- [11] České Švýcarsko [online]. Děčín, 2006 [cit. 2010-03-05]. Dostupný z: <<http://www.ceskosaske-svycarsko.cz/obce/decin.html>>.
- [12] Český statistický úřad: ČSÚ [online]. 2009 [cit. 2010-04-08]. Produkce, využití a odstranění odpadu v roce 2009. Dostupný z: <http://www.czso.cz/csu/tz.nsf/i/produkce_vyuziti_a_odstraneni_odpadu_v_roce_2009>.
- [13] Český statistický úřad: ČSÚ [online]. 2010 [cit. 2010-03-25]. Dostupný z: <<http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/home>>.
- [14] *Družstvo soustav* [online]. 2010 [cit. 2010-03-05]. Porovnání výhřevnosti tuhých paliv. Dostupný z: <<http://soustav.mypage.cz/menu/vlastnosti-a-vyhrevnost-briket/zkousky-paliv-na-bazi-papiru>>.
- [15] EKO-KOM [online]. 2009 [cit. 2010-03-15]. Pro veřejnost: Co je třídění odpadů: Eko-kom. Dostupný z: <<http://www.ekokom.cz/scripts/detail.php?id=146>>.
- [16] *European Biofuels Technology Platform* [online] 2010 [cit. 2011-02-05] 4th International BtL Congress. Dostupný z: <<http://www.biofuelstp.eu/btl.html>>.
- [17] HERATH, CH. S. Motivation as a potential variable to explain farmers behavioral change in agricultural technology adoption decisions. *E+M Ekonomie a Management*, 2010, roč. 13, č. 3, s. 62-70. ISSN 1212-3609.
- [18] HLAVATÁ, Miluše. *Odpadové hospodářství*. dotisk 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 174 s. ISBN 80-248-0737-8.
- [19] *Ifu Hamburg GmbH* [online]. Hamburg: 2010-06-01 [cit. 1.6.2010]. References. Dostupný z: <<http://www.umberto.de/en/references/index.htm>>.
- [20] KALPANA, D., CHO, S. H., LEE, S.B. et al. Recycled waste paper – a new source of raw material for electric double-layer capacitors. *Journal of Power Sources*. 2009, Vol. 190, Iss. 2, s. 587-591. ISSN 0378-7753.
- [21] KRŮPKA, J., KAŠPAROVÁ, M., JIRAVA, P. Modelování kvality života pomocí rozhodovacích stromů. *E+M Ekonomie a Management*. 2010, roč. 13, č. 3, s. 130-145. ISSN 1212-3609.
- [22] *Město Děčín* [online]. 2010-06-01 [cit. 2010-06-01]. Odpadové hospodářství v Děčíně. <<http://zpravodajstvi.mmdecin.cz/zivotni-prostredi/odpadove-hospodarstvi-v-decine.html>>.
- [23] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009 [cit. 2010-02-02]. Zpráva o životním prostředí České republiky 2008. Dostupný z: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zprava_zp_2008/\\$FILE/OPZP-Zprava_o_ZP_shrnuti-20100304.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zprava_zp_2008/$FILE/OPZP-Zprava_o_ZP_shrnuti-20100304.pdf)>.
- [24] *Odpady.iHned.cz: Odpadové hospodářství, ekonomika životního prostředí* [online]. 2009-04-15 [cit. 2010-02-02]. Brikety ze starého papíru pro energetické využití. Dostupný z: <http://odpady.ihned.cz/2-36734690-E00000_d-52>. ISSN 1213-7693.
- [25] ŠIMONOVÁ, S. Modeling Approach of Management. *Podniková ekonomika a manažment*. 2009. p. 498-503, ISSN 1336-5878.
- [26] TENKRÁT, D. et al. *Družstvo Soustav* [online]. Brno: 2005 [cit. 2010-03-05]. Spalo-

vací zkoušky paliv na bázi odpadního papíru.
Dostupný z: <<http://media1.soustav.mypage.cz/files/media1:4b8235ab1169e.pdf.upl/zkou%C5%A1ky%20paliv%20na%20b%C3%A1zi%20pap%C3%ADru.pdf>>.

[26] VORÁČOVÁ, Š., PĚNIČKA, M. VESELÝ, J. *Úvod do modelování procesů Petriho sítěmi*. 1. vyd. Praha: Česká technika-nakladatelství ČVUT, 2008. 126 s. ISBN 978-80-01-03979-3.

Ing. Robert Baťa, Ph.D.

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav veřejné správy a práva
Studentská 95
53210 Pardubice
robert.bata@upce.cz

Bc. Pavlína Kadlecová

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav veřejné správy a práva
Studentská 95
53210 Pardubice
pavlina.kadlec@seznam.cz

Doručeno redakci: 13. 10. 2010

Recenzováno: 16. 12. 2010, 26. 1. 2011

Schváleno k publikování: 1. 4. 2011

ABSTRACT**MODELING OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ENERGY GENERATION USING OF WASTE PAPER****Robert Baťa, Pavlína Kadlecová**

The work is focused on approaches to waste paper processing. Waste management is an important component of managerial decision-making in businesses and in the public administration sector. Environmental legislation creates continual pressure on finding new solutions that are both economically advantageous and environmentally friendly. In the context of the EU efforts to restrict the volume of emitted carbon dioxide, it is necessary to look for new solutions to fulfill the established requirements. The article focuses on issues of energy generation from municipal waste paper, a procedure that is also fully applicable in businesses. The work describes waste management legislation and evaluates the results of state regulation. After the analysis, which is made on the basis of evidence that recycling of waste paper does not always represent the best solution in terms of sustainability, a possibility for its energy use is proposed. Two models for the use of waste paper are forwarded – for the production of thermal energy and for the combined production of thermal and electrical energy. The models are developed separately for the production of thermal energy from waste paper and for the combined production of heat and electricity as proposed in the second model. The theoretical background and proposed models are verified for concrete calculation on the basis of waste management in the city of Děčín. Software based on Petri nets was used for model construction; this allows the inclusion of the most relevant material and energy flows associated with energy production from waste paper, guaranteeing the high accuracy of the calculated results. The advantage of the model proposed in this manner is the simple and precise quantification of the environmental and economic impacts of the proposed measures; these are the main reasons for its good utilization as a tool for supporting managerial decision-making.

Key Words: waste management, paper, recycling, combustion, modeling, petri nets, environmental protection, carbon dioxide emissions decreasing.

JEL Classification: Q42.