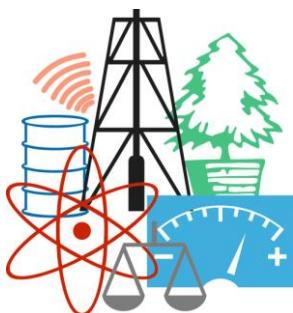


WASTE FORUM



RECENZOVANÝ ČASOPIS PRO VÝSLEDKY VÝzkumu a vývoje
PRO odpadové hospodářství

ROČNÍK 2013

číslo 4
strana 187 – 270

Patron čísla



| | |
|---|-----|
| OBSAH | |
| Úvodní slovo šéfredaktora | 189 |
| Pro autory | 189 |
| LCA as a Communication Tool between Experts and Non-Experts – What can we do with LCA and cannot do? | |
| Posuzování životního cyklu (LCA) jako komunikační nástroj mezi odborníky a neodborníky – Co můžeme učinit s LCA a co nemůžeme? | |
| Kiyoshi SHIBATA | 190 |
| The Use of Life Cycle Assessment (LCA) Method in Project and Environmental Education at VŠB – TUO | |
| Využití metod posuzování životního cyklu (LCA) v projektech a environmentálním vzdělávání na VŠB – Technické univerzitě Ostrava | |
| Jana KODYMOVÁ, Silva HEVIÁNKOVÁ, Miroslav KYNCL, Soňa VICENÍKOVÁ | 195 |
| Sustainable Industrial and Business Development | |
| Udržitelný průmyslový a obchodní rozvoj | |
| Keiki FUJITA | 202 |
| Mottainai Reuse Project in Japanese Business for Global Environment | |
| Japonský projekt Mottainai opětovného využití elektronických výrobků za účelem snížení globální zátěže životního prostředí | |
| Takashi MINAKOSHI | 207 |
| Simple Laboratory Tests of Semicontinuous High-Solids Anaerobic Digestion | |
| Jednoduché laboratorní zkoušky semikontinuální vysokosušinové anaerobní digesce | |
| Kateřina KAŠÁKOVÁ, Jiří RUSÍN, Kateřina CHAMRÁDOVÁ, Karel OBROUČKA | 211 |
| Energy Recovery from Municipal Waste in the Czech Republic | |
| Energetické využití komunálního odpadu v České republice | |
| Vladimír LAPČÍK | 217 |
| Technology for maintaining cleanliness of heat exchange surfaces of combustion equipment | |
| Technologie pro udržování čistoty teplosměnných ploch spalovacích zařízení | |
| Ladislav PAZDERA, Veronika BLAHŮŠKOVÁ, Adrian PRYSZCZ, Kateřina CHAMRÁDOVÁ, Pavel VDOVIČÍK, Karel OBROUČKA | 225 |
| Má konkurenční prostředí vliv na výdaje obcí na nakládání s komunálním odpadem v ČR? | |
| Does the competitive environment influence municipal solid waste management (MSW) expenditures in the Czech Republic? | |
| Jana SOUKOPOVÁ, Ivan MALÝ, Vojtěch FICEK | 231 |
| Posouzení vhodnosti kalu z praní křemenného písku pro výrobu lícových cihel | |
| Sludge from the washing of quartz sand as a raw material for the production of facing bricks | |
| Radomír SOKOLAR, Lucie VODOVA | 240 |
| Nakladanie s odpadom na stavbách – prípadové štúdie | |
| Waste management at construction sites – case studies | |
| Lenka SIROCHMANOVÁ, Marianna TOMKOVÁ | 248 |
| Stanovení objemových změn biomasy zpracovávané v zahradním kompostéru | |
| Determination of Volume Changes of Biomass Treated in Home Composter | |
| Bohdan STEJSKAL | 257 |
| Trojstupňová pec pre energetické zhodnocovanie biomasy | |
| Three-stage furnace for biomass energetic treatment | |
| Imrich KOŠTIAL, Ján MIKULA, Ján KEREKANIČ, Martin TRUCHLY | 263 |
| Institut environmentálních technologií – nové vědeckovýzkumné centrum na VŠB-Technické univerzitě Ostrava a Ostravské univerzitě | |
| | 270 |

WASTE FORUM – recenzovaný časopis pro výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství
 ISSN: 1804-0195; www.WasteForum.cz. Vychází čtvrtletně.

Časopis je na Seznamu neimpaktovaných recenzovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 2013, číslo 4

Vydavatel: CEMC – České ekologické manažerské centrum, IČO: 45249741, www.cemc.cz

Adresa redakce: CEMC, ul. 28. pluku 25, 100 00 Praha 10, ČR, fax: +420/274 775 869

Šéfredaktor: Ing. Ondřej Procházka, CSc., tel.: +420/274 784 448, 723 950 237, e-mail: prochazka@cemc.cz

Redakční rada: Prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D., prof. Ing. František Kaštánek, CSc., prof. Ing. Mečislav Kuraš, CSc., doc. RNDr. Jana Kotovicová, Ph.D., doc. Ing. Vladimír Čablík, CSc., doc. Dr. Ing. Martin Kubal, doc. Ing. Lubomír Růžek, CSc., doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc., Ing. Vratislav Bednářík, CSc.

Web-master: Ing. Vladimír Študent

Redakční uzávěrka: 8. 10. 2013. Vychází: 12. 12 2013

Patronem tohoto čísla je Institut environmentálních technologií VŠB-Technické univerzity Ostrava a Ostravské univerzity



Úvodní slovo šéfredaktora

Už to vypadalo, že zájem o publikování ve WASTE FORUM klesá, protože k datu redakční uzávěrky došlo do redakce jen 6 příspěvků. Ono by se nic moc nestalo, protože elektronická verze umožňuje vydat číslo bez ohledu na jeho stránkový rozsah.

Potom se ozvali kolegové z Centra environmentálních technologií VŠB-TU Ostrava, jestli by bylo možné do čísla zařadit vybrané příspěvky z jimi pořádané konference ISEH 2013. A tak obohatili toto číslo o sedm příspěvků, z toho tři od zahraničních autorů. Vzhledem k tomu, že se jednalo o mezinárodní symposium, je pochopitelné, že příspěvky jsou v angličtině, ale jsou doplněné o souhrny v českém jazyce. I tyto příspěvky prošly samozřejmě nezávislou recenzí. Abychom k číslu přitáhli větší pozornost případných zahraničních návštěvníků, zařadili jsme je do přední části. Vyšší podíl příspěvků v anglickém jazyce je cestou k proniknutí časopisu do zahraničních databází a přes ně pak k případnému impakt-faktoru.

Plný název zmíněné konference byl **2nd International Symposium and Workshop on Environment and Health of Contaminated Areas**. Pořádalo ji Centrum environmentálních technologií v rámci projektu Institut environmentálních technologií (VaVpl CZ.1.05/2.1.00/03.0100) společně s Ostravskou univerzitou v Ostravě a dalšími partnery. Konference byla zaměřena na klíčové aktivity týkající se zdraví a životního prostředí ve vztahu k průmyslovým kontaminovaným oblastem. Konala se 6. – 8. listopadu 2013 a zúčastnilo se jí 176 osob.

Na závěr zvu všechny na 9. ročník česko-slovenského symposia **Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství ODPADOVÉ FÓRUM 2014**. Koná se spolu s konferencí APROCHEM 2014 v rámci TVIP 2014 (Týden výzkumu a inovací pro praxi) ve dnech **23. – 25. 4. 2014 v Hustopečích u Brna**. Přihlášky příspěvků a všechny potřebné informace jsou na www.tvip.cz. Termín pro přihlášky příspěvků je **15. ledna 2014**.

Ondřej Procházka

Pro autory

České ekologické manažerské centrum (CEMC) na vydávání časopisu WASTE FORUM nedostává žádnou podporu z veřejných zdrojů. Proto je časopis vydáván pouze v elektronické podobě a čísla jsou zveřejňována na volně přístupných internetových stránkách www.WasteForum.cz.

Do redakce se příspěvky zasílají v kompletně zalomené podobě i se zabudovanými obrázky a tabulkami, tak zvaně „**printer-ready**“. Pokyny k obsahovému členění a grafické úpravě příspěvků spolu s přímo použitelnou **šablonou grafické úpravy** ve WORDu jsou uvedeny na www-stránkách časopisu v sekci **Pro autory**. Ve snaze dále rozšiřovat okruh možných recenzentů žádáme autory, aby současně s příspěvkem napsali tři tipy na možné recenzenty, samozřejmě z jiných pracovišť než je autor či spoluautory. Je vždy dobré mít rezervu.

Publikační jazyk je čeština, slovenština a angličtina, přičemž ve snaze, aby se časopis WASTE FORUM dostal do mezinárodních databází vědeckých časopisů, což je nezbytný předpoklad, aby mohl získat časem i impakt-faktor, je upřednostňována angličtina. V tomto případě však je nezbytnou součástí článku na konci název, kontakty a abstrakt v českém či slovenském jazyce, přičemž rozsah souhrnu není shora nijak omezen. U článků v českém či slovenském jazyce je samozřejmou součástí název, kontakty a souhrn v anglickém jazyce.

Uveřejnění příspěvků v časopisu WASTE FORUM je v zásadě bezplatné. Nicméně abychom příjmově pokryli alespoň nezbytné externí náklady spojené s vydáváním časopisu (poplatky za webhosting, softwarová podpora atd.), vybíráme symbolický poplatek za uveřejnění poděkování grantové agentuře či konstatování, že článek vznikl v rámci řešení určitého projektu. Tento poplatek činí 200 Kč za každou stránku u příspěvků v anglickém jazyce, u ostatních je 500 Kč za stránku.

Uzávěrka dalšího čísla časopisu WASTE FORUM je 8. ledna 2014.

LCA as a Communication Tool between Experts and Non-Experts – What can we do with LCA and cannot do?

Kiyoshi SHIBATA

Faculty of Social System Science, Chiba Institute of Technology, Japan

Summary

It is essential to investigate the chain reactions and their effects in complex and uncertain system for the reduction of environmental impact. Life cycle assessment (LCA) is a tool to provide a clear view of the structure of the problem. However, LCA is becoming too much sophisticated tool only available for the experts, and the non-experts can do nothing but obey the expert's judgments. What should be done to encourage the non-experts to utilize the LCA results, and request experts to provide necessary and enough information?

Recently, technology assessment with public participants has been introduced to various technopolitical issues. In this paper, possibility in introduction of the methodologies developed in public participating technology assessment to LCA are discussed to make LCA as an effective communication tool for the decision making.

Keywords: Life Cycle Assessment, Technology Assessment, Public Participation, Decision Making, Expert

Introduction

Life Cycle Assessment (LCA) is a tool to make comprehensive evaluation of environmental aspect and potential impacts associated with a product life cycle. The life cycle includes natural resources acquisition, raw materials processing, assembling, transportation, assembling, consumption and end-of-life management, such as disposal or recycling. The International Standards Organization (ISO) has established a comprehensive set of standards for conducting life cycle assessments. According to ISO14040, LCA is composed with four interrelating steps; goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment, and interpretation of them.

LCA can be applied to develop and improve the products' environmental performance, making public policy, and marketing. LCA is expected to be a effective tool to contribute in developing sustainable society.

In Japan, the basic concept of LCA was introduced in early 1990s. The first International EcoBalance Conference was organized in 1994, since then it has been continuously held in every two years. The Ministry of International Trade and Industry (now, The Ministry of Economy, Trade and Industry) organized LCA Forum Japan, and conducted several projects on LCA, such as building inventory data base or developing impact factors based on endpoint modeling. The author myself has conducted several LCA case studies¹ and also published a few conceptual works²

In this article, initial motivation of the development of LCA is reminded, and one of future direction is discussed in view of democratization of technology assessment.

Comprehensiveness

As described in the previous section, one of the unique features of LCA is comprehensiveness. The term "comprehensive" is composed with two essential directions. One is to reveal hidden environmental impact. When one take an action to reduce the environmental emission in front of her/him, the action may cause other environmental effects in somewhere else, probably unintentionally. For example, electric vehicles generate no exhaust gas, but electric power plants exhaust air emission to provide electricity to the vehicles, as often mentioned.

The other one is to evaluate various environmental impacts with a single index. Usually a product or service delivers environmental impacts in various ways, such as climate change, water pollution, loss of ecological diversity etc. through emission of various substances, such as carbon dioxide, CFCs, hazardous chemicals etc.

Improvement of an environmental aspect may result in the increase of other impact. To optimize the total impacts, it is necessary to compare the significance and evaluate the weights of each impact. In LCA, great numbers of efforts have been done to develop and establish the weighting factor of each environmental burden. The former one is the issue on the tradeoff between processes and the later one is between environmental impacts. To identify such shifting mechanism, the analysis should be made for large scale of framework for the targeting system, as possible.

Decision Making and Comparison

It is often said that LCA is a tool to support decision making. Though there are lots of methodological difficulties in comparative assertion, it is desirable to choose the better one based on comparison of two or more products, especially for consumers. Singular index would be very helpful to make such choice. It is easy to reach an answer in making their decision with the index.

However, ISO 14040 seems to be very reluctant in the comparative assertion. It is very natural to so, considering to maintain objective manner in LCA, especially in the environmental impact assessment.

The procedure of impact assessment is recommended to follow classification, characterization, and valuation. According to ISO14042, the former two steps are mandatory and the valuation step in which an unified Index is calculated. Weighting the significance of environmental burdens or impacts is based on the values of them. The weighting factors based on the values could be different for each individuals or group of people, depending on their preference and believes. It would be difficult to reach a unique decision among many people, especially among different stakeholders, or unified impact factors in LCA. The author is very pessimistic to establish unified impact factors, and thinks LCA does not always effective to make decision on controversial environmental issues.

However, LCA is still an attractive tool for a system designer, such as an product designer or process engineer, to find the weakness or critical pass of their system. It is essential for LCA to reveal the tradeoff relationships in a complex system and provide objective information to the stake holders.

LCA will be a useful tool, even without unified index, to find the conflicts among the stakeholders and its reason, and it is the clear starting point of the discussion among them. It is essential to pay attention to shifting environmental risk to somewhere or somebody else by life cycle thinking.

Technology Assessment

LCA can be looked at as a kind of technology assessment. Technology assessment (TA) itself is a practice intended to enhance understanding of the effect with the implications of science and technology, and improving decision making

As far as the author knows, first governmental TA was organized by Office of TA in US congress in 1972. Of course, original concept and practice can be back to further more. It was intended to support the congress's decision, providing information and predicting the effect of new technology introduction on economy, employment and ethical aspect. In Japan also, several similar trials were made in 1970s. In such TA, the experts in technology or social science evaluated the effects based on their expertise and provided information to support political decision making. However, such TA for policy makers in Japan was diminished in 10 years, as well as that in US.

Participatory Technology Assessment (pTA)

In European countries, meanwhile, TA with public participation was invented, and many methodologies have been developed, such as consensus conference or citizen jury etc. There are several reasons why the public participation is required in TA. The daily life is so dependent on science and technology and the people are too much influenced in either good or bad ways by them. They can

be victims of pollution or environmental destruction caused by introduction of modern technology. There would be unknown undesired side effect of advanced technologies. At the same time, the citizens unintentionally can cause such issues, damaging other ones. (In this article, “public”, “citizen”, “lay people” and “non-expert” are used in a similar meaning.) While the experts, scientists and engineers in this sense, are producing new innovative idea or subjects with huge financial support from the government, the experts themselves have difficulties to understand whole structure of the issue, which they are creating. Weinburg3 has defined “trans-science” as; questions which can be asked of science and yet which cannot be answered by science, issue is increasing.

There used to be experts who had enough knowledge for decision making, which non-expert did not. And the non-expert should entrust the experts who say what the non-experts should do. To expand the public acceptance, it was thought that improving the understanding of science, or in other word, science literacy was important. But recently, this figure is often criticized as paternalism or deficit model.

Although science is the most reliable system of knowledge, an expert can cover only narrow and focused area. And knowledge of science is tentative, in historical view. There are still huge unknowns. Stirling4 has classified the scientific knowledge on risk into four categories, saying “experts must look beyond risk to ambiguity, uncertainty and ignorance using quantitative and qualitative methods”. Furthermore, experts can determine only limited area, considering value-pluralistic.

Among European pTA methods, including scenario workshop, planning cells, citizen hearing, future search conference, as well as others, the consensus conference is focus in this paper, because there have been several trials of that in Japan. The consensus conference is intended to provide policy-makers with citizens’ considered opinions, concerning emerging technological development. It was developed during late 1980s by Danish Board of Technology, a parliamentary TA agency. In the consensus conference, the experts and non-experts are treated as equal partners, and non-experts make a document on what they understand and find problem, by exchanging questions answers with the experts. Providing expert knowledge and making final document are separated and independent process.

Kobayashi5 has reported that experts sometimes find issues which they has never thought of in the questions posed by non-expert in the consensus conference. It is essential to discuss with and learn from the interest groups, and hopefully to compromise. This kind of communication is essential in pTA.

Bilateral Communication

In the previous section, the limit of expert’s knowledge was discussed. Sometimes, the information which is provided by the expert is not effective to solve the problem to which the general public is facing.

While the experts and governmental officers have authorized knowledge, lay person do not have necessary scientific information and fundamental background to understand it. It is a common case. Thus, the non-experts have no way other than to obey the expert’s judgment. However, local residents sometimes can raise more adequate practical solution, than the experts who have general and universal knowledge in their specific field. Especially for the issue relating risks, the people who may exposed to hazard have the right to decide whether they accept the risk or not. It means it is essential that both parties, who have different value judgement system, provide the information from both side, admitting the difference between them. The experience in pTA would be beneficial for the both parties.

Communication on LCA

LCA is certainly one of the technology assessment methodologies. Environmental issues are negative side effects of modern technologies. What LCA is aiming is to take the secondary or the higher order of side effect in a life cycle of product or service into account of the evaluation, introducing wide range of view and avoiding falling in the experts’ narrow way of thinking.

LCA, in general, can be applied to the following aims; (i) Identifying the necessary improvement in environmental aspects, (ii) Decision making for product development, marketing, and purchasing, (iii) Indexing for promoting the better products, using environmental labeling or green procurement listing. It is obvious the environmental conscious consumers would like to compare and select products

or services, based on LCA result, when they purchase them. However, ISO14040 seems to be very stoic and reluctant for comparison of the results. That is somewhat reasonable, looking at the uncertainty in the results caused by the lack in methodological robustness and undetermined nature of the environmental impacts. That means the decision makers are people who conduct LCA. In other words, only LCA practitioners can make decision.

The consumers or the third party are hard to conduct LCA, because data acquisition in a specific production process requires expert knowledge and it is generally protected by industrial secret. If they want to conduct LCA, the result will be very roughly estimated ones. Considering these aspects, it is natural to say that the non-experts should rely on the experts' practice and leave important decision to them.

On the other hand, while a producer improves their products' environmental performance, without providing proper information about such effort, the consumers are never able to identify and praise that. It does not make sense to make such effort for the private company. It is necessary to let environmental conscious consumers know the information on the environmental aspects of products. Carbon footprint is a simplified index focusing on the climate change. The producers of the products only provide the data and the consumer makes the decision based on the data. Type III labeling is also a tool to give a consumer for their decision-making. They are really one step toward pTA. However, these indexes just provide some environmental information to the consumers, and consumers' decision will be only expressed as volume of selling. It does not bring the information on the reason why the consumers chose the products back to the producers. The LCA practitioners, in this case the producers, cannot receive the response from the customers.

In fact, the institutional environmental assessment of Japan, which is mandatory procedure for large scale construction project, requires a stage to take stake holders' opinion including locals. In the scheme of risk assessment of hazardous chemicals, the Japanese government accepts public comments. The door is open to the public to raise their concern in some extent. Even though the opportunity is still limited and there are criticism that the public participation in Japan is just an indulgence, the public participation to technology assessment or environmental decision making is expanding gradually.

Conclusion

LCA is a scientific tool, collecting physical and chemical quantitative data and aggregating in mathematical way. However, it is not science, which leads unique and universal solution. In inventory analysis in LCA, the result may be significantly different depending on system boundary or allocation procedure. And the effect, which is difficult to evaluate quantitatively, tends to be neglected.

The environmental issue is balancing problem between various stake holders, and cannot be solved only by scientific knowledge but by social, legal and ethical perspective as well. That is one of trans-science issues. There can be plural answers, depending on the value judgment of the stakeholders.

Scientific rationality leads clear and persuasive logical expression. The author once has said that LCA is a tool to explain ones subjective value judgment in objective manner. Understanding the nature of LCA information, LCA practice can avoid falling into self-righteousness opinion.

Acknowledgement

The author has been inspired by the discussion with prof. Hiroki Hondo of Yokohama National University and lecture by prof. Tadasi Kobayashi of Osaka University and Yukio Wakamatsu of Tokyo Denki University to develop this manuscript. The author would like to express sincere thanks to them.

References

1. Shibata K., Sugiyama S., Saito F., Waseda Y.: The Effect of Materials Production Route on Life Cycle CO₂, NOx, SO_x Emission of Light Weight Vehicle, Proceedings for the Third International Conference on EcoBalance, Tsukuba, 1998, 563-566
2. Shibata K., Waseda Y.: New Model for Assessment of Metal Production and Recycling System, Proceedings for the EPD Congress, San Antonio, 1998, 537-550
3. Weinberg A. M.: Science and Trans-Science. Mineruva, 10(2), 1974, pp. 209-222.
4. Starling A.: Keep it Complex, Nature, 468, 2010, 1029-1031
5. Kobayashi T.: *Who thinks over techno-science?* (in Japanese), 2004, Tamagawa University Press.

Posuzování životního cyklu (LCA) jako komunikační nástroj mezi odborníky a neodborníky – Co můžeme učinit s LCA a co nemůžeme?

Kiyoshi SHIBATA

Faculty of Social System Science, Chiba Institute of Technology, Japan

Souhrn

Je nezbytné zkoumat řetězové reakce a jejich účinky v celé jejich komplexnosti a s přihlédnutím k limitujícím faktorům daného systému pro celkové snížení dopadu na životní prostředí. Posuzování životního cyklu (LCA) je nástroj, který má poskytnout jasný pohled na strukturu problému. Nicméně, LCA je stále příliš sofistikovaný nástroj, který je k dispozici pouze pro odborníky, a neodborníci nemohou dělat nic jiného, než naslouchat znaleckým závěrům. Co je tedy třeba udělat, aby byla povzbuzena schopnost neodborníků využívat LCA výsledky a spolupracovat s odborníky s cílem zajistit nezbytné a dostatečné informace?

V souvislosti s nedávno hodnocenými zdravotnickými technologiemi byly zavedeny různé technopolitické otázky, na kterých se podílela i veřejnost. V tomto dokumentu jsou nastíněny některé možnosti zavedení metodik, rozvíjejících schopnost posuzování technologií na základě LCA s účastí veřejnosti, jsou zde uvedena klíčová téma vedoucí k tomu, aby se LCA stala efektivním komunikačním nástrojem pro rozhodování.

Klíčová slova: LCA – posuzování životního cyklu, posuzování technologií, zapojení veřejnosti, rozhodovací proces, expert

The Use of Life Cycle Assessment (LCA) Method in Project and Environmental Education at VŠB – TUO

Jana KODYMOVÁ, Silva HEVIÁNKOVÁ, Miroslav KYNCL, Soňa VICENÍKOVÁ
VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba
e-mail: jana.kodymova@vsb.cz

Summary

This paper deals with the use of the LCA method in the development of special abilities in students of VŠB – Technical University as well as its use as a support tool in projects.

All life cycle analyses were performed in accordance with ISO 14040 and 14044 Standards, using SimaPro 7.2 software and EcoInvent v2.1 database. The analyses were done according to a typical LCA study consisting of the following stages: goal and scope definition; life cycle inventory (LCI) analysis, with compilation of data both about energy and material flows and on emissions into the environment, throughout the life cycle of the case study; assessment of the potential impacts (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) associated with the identified forms of resource use and environmental emissions.

The first part of this paper describes an example of a students' exercise which helps to develop their expert abilities. The following part focuses on a current project granted by the Ministry of Agriculture dealing with a biogas station. In this project the LCA method helps to indicate the key processes or used materials, which may have potentially negative environmental impacts. Based on LCA methodology, significant negative effects were determined in the event of one type of fermenter feedstock in the biogas station, i.e. grass harvested from the public area and incorporated into the silage.

Keywords: LCA, midpoint, Eco-indikator99, Biogas station, VŠB – TUO, environmental management, student's abilities, SimaPro.

Introduction

VSB-Technical University of Ostrava (VSB-TUO) is a technical and economic institution of university education, the principal task of which is the provision of higher education based on free and internationally oriented research. The scientific and teaching staff collaborate with research and academic institutions and specialists on both national and international levels.

After democratic changes in 1989 environmental protection became an important political issue. The process started in the early 1990s with legislation development. Information from abroad, now much more easily accessible, delivered the message about the status of the environment and possible ways of improvement. The Department of Ecology was established in 1990 and introduced the study branch Environmental Engineering as a mixture of natural sciences and technological studies. At the Department of Mineral Processing, Waste Management and Waste Water Treatment study branches were developed. The Institute of Environmental Engineering was set up in 1997 combining the two previously named departments. New study branches with a systematic environmental approach were designed. In 1998 the Institute of Environmental Engineering started to develop a new study branch, a 2-year MSc. Environmental Management Course. The Environmental Management study branch is designed as an MSc. 4-semester course and this course consists of several special courses which focus on prevention technologies and methods, such as Cleaner Production - CP, Environmental management systems - EMS, Environmental Impact Assessment – EIA, Life-cycle assessment - LCA, Sustainable consumption and production - SCP, ect.¹ This article will detail at the LCA method.

LCA method

Although the concept of LCA evolved in the 1960s and there have been several efforts to develop LCA methodology since the 1970s, it has received much attention from individuals in environmental science fields since the 1990s. For this concept many names have been used, for instance eco-

balancing (Germany, Switzerland, Austria and Japan), resource and environment profile analysis (USA), environmental profiling and cradle-to-grave assessment. The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) has been involved in increasing the awareness and understanding of the concept of LCA. In the 1990s, SETAC in North America, and the US Environmental Protection Agency (USEPA) sponsored workshops and several projects to develop and promote a consensus on a framework for conducting life cycle inventory analysis and impact assessment. Similar efforts were undertaken by SETAC-Europe, other international organizations (such as the International Organization for Standardization, ISO), and LCA practitioners worldwide. As a result of these efforts, consensus has been achieved on an overall LCA framework and a well-defined inventory methodology.^{2,3}

A typical LCA study consists of the following stages: goal and scope definition; life cycle inventory (LCI) analysis, with compilation of data both about energy and material flows and on emissions into the environment, throughout the life cycle of the case study; assessment of the potential impacts (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) associated with the identified forms of resource use and environmental emissions⁴; interpretation of the results from the previous phases of the study in relation to the objectives of the study.^{2,5}

The purpose of an LCA can be (1) comparison of alternative products, processes or services; (2) comparison of alternative life cycles for a certain product or service; (3) identification of parts of the life cycle where the greatest improvements can be made.

The experimental part

LCA in an Environmental management course

This method is used to develop a special ability of students in an Environmental Management course. The students are asked to bring their favourite cup for the first lesson. Thus, in the first lesson, we can usually find cups made of various materials (e.g. ceramics, tin, plastics, glass, etc.). Next, each of the students completes an LCA study for his/her cup. The main objective of this exercise is to introduce the LCA method to the students. Their LCA studies are very simple but the students have to do all the obligatory stages themselves, because each of the cups is unique (e.g. by weight, material, size, price).

Some of the items are similar for all students as all the studies have the same LCA goal of the study, i.e. the "assessment of the potential impacts of their own cup and comparison of all their cups in the class". For these reasons they need to have one unit (usually one cup of water of a defined volume), the same reference flow (the amount of cups for a defined time – e.g. a month or a semester), the system border, and so on. This means that the first obligatory step in their LCA study is jointly prepared by all the students together. Nevertheless, the subsequent stages are carried out by each student individually.

The students learn to gather information for the inventory stage of an LCA study. They prepare their own data about the washing cup (using stage) and about its transport from the shop, where they bought the cup, home. For the other stage – storing the cup in the retail trade – they learn how to work with the information from different LCA studies. Two years ago an LCA was compiled for the sale in specific retail shops in the Ostrava region, and the data from this study are available for the students to work with. They can verify the limits so used information and they develop their critical thinking. And also they try to obtain their own information about the production of their cup – making of the product. They can try to look up some fundamental information on the internet (BREF document, or Annual Report of mainly Czech producers) or they can contact individual producers and request some useful information. While doing that, they learn to properly allocate data and edit it for its further use. In the final step, they generate the final inventory table, for which they use SimaPro v. 7.2 and Ecoinvent v2.1 database software.

The subsequent step is analyses of potential impacts of their cup. The students are acquainted with most applied methods in the Czech Republic. Later, they choose one of them and analyze individual cups in accordance with this assessed method. When assessing all the individual cups, the students compare their cups with each other. Finally, they try to interpret their results, test the consistency of the studies, and determine the limits of their studies.

LCA in project at VSB – Technical University of Ostrava

One of the projects where the LCA method is used is the project of Agricultural department of the Czech Republic, called "Research of treatment, utilization and disposal of waste products from biogas station". LCA was carried out as the opening study for this project.

A Life Cycle Assessment (LCA) was developed to identify the unit processes in the life-cycle of biogas production and utilization offering the greatest opportunities for environmental improvement potential. The main goal of the study was mapping of material and energy flows in a biogas station and assessment of the potential impacts of a biogas station in individual months in a Czech biogas station. For the study, a fundamental unit was defined – 1 MJ of total energy (heat and electrical energy together). This means that in the case of the BGS potential impact assessment evaluated the service, not a specific product.

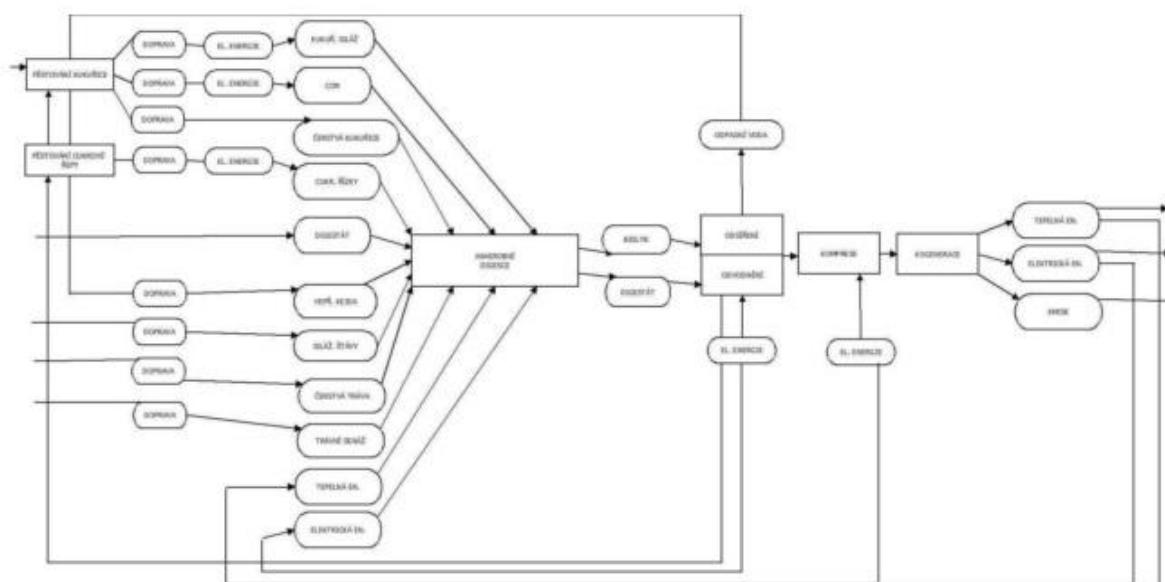


Fig. 1: Illustrated diagram of the system under assessment

The basic data for this evaluation were obtained from a large-scale agricultural BGP in farm Stonava, the Czech Republic, which has been in operation since 2009. An analysis was performed in accordance with ISO 14040 and 14044 Standards, using SimaPro 7.2 software and Ecoinvent v2.1 database. For mutual comparison, the characterization model Ekoindikátor99 was used.⁶

Discussion of the results

At VSB – Technical University of Ostrava the LCA method is used in teaching as well as in a project. When used in teaching/learning, the main objective is to introduce the LCA method to students and to develop students' awareness of LCA methodology in accordance with ISO 14040 and ISO 14044 Standards.

The use of this method can also contribute to the development of their scholar/technical competence. In this case, the LCA method is an excellent tool in developing the following competences:

- *life cycle thinking.* LCA method teaches students to think about products they use in their everyday lives within all their life cycles – from the cradle to the grave – thinking about their materials and energy ambitiousness, and also about seriousness of the consumption of their life style.
 - *analysis ability.* Students carry out some stages of their cup analysis themselves, some information is taken from other LCA studies and must be modified for their studies, some information is obtained from public documents – most often from BREF documents. All this information needs to be processed and allocated appropriately.

- *ability to work with information.* As Winston Churchill maintains: "I only believe in statistics that I doctored myself", the LCA study teaches students that the knowledge of the methodology how results are obtained is of the same (or higher) importance as (than) the results of the study. They compare their obtained information with other students in the study group, which often differ slightly.
- *critical thinking.* This ability is very closely linked with the previous ability. Students can learn that it is good to submit all information to a critical review, and not just mindlessly accept it as the absolute truth.

As stated above, the LCA method is also used within a project. The LCA method helps to look at the project in a complex way in order to better understand problems, without them spilling over from one element of the environment to another. The application of Ekoindikator99 methodology works with midpoint and endpoint impact categories. In this paper only midpoint category results are presented. Below follow the results of the characterization and normalization.

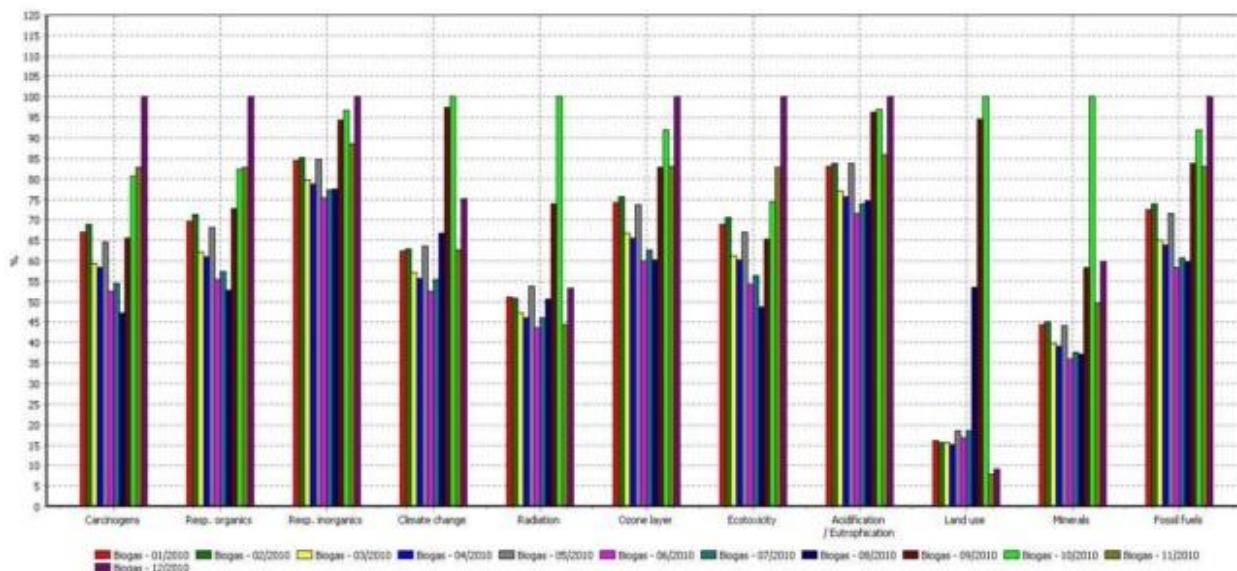


Fig. 2: Characterization in the midpoint impact category – production and use of biogas

For the identification of the main potential impact category, the analysis of dominance (ABC analyses) was used, which is aimed at the identification of the most important impact of the individual indicator value (e.g. carcinogens, radiation, land use, and so on). For the ABC analysis limits values were determined, which have become the border for each category (individual category are differentiated by colours for better orientation).

Tab. 1: Table of ABC analysis of dominance for individual months

| Impact category | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Carcinogens | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Resp. organics | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Resp. inorganics | B | B | B | B | B | B | B | C | C | C | B | B |
| Climate change | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D |
| Radiation | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Ozone layer | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Ecotoxicity | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Acidific./ Eutrophic. | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D | D |
| Land use | C | C | C | C | C | C | B | A | A | A | D | D |
| Minerals | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Fossil fuels | C | C | C | C | C | C | C | D | D | D | C | C |

A – the most significant impact (100-50% of the overall impact of the category), B – significant impact (50-30% of the overall impact of the category), C – less significant impact (30-15% of the overall impact of the category), D – not significant impact (15-2% of the overall impact of the category), E – insignificant impact (2% and less of the overall impact of the category)

It is clear from Table 1 that the process of energy production in a BGS Stonava has an insignificant impact on the impact category: carcinogenesis, respiratory diseases caused by organic substances, ionizing radiation, depletion of stratospheric ozone, ecotoxicity and mineral resources. There was not significant influence on the climate change impact category and acidification and eutrophication, in the months of August, September and October to the category of the impact of fossil raw materials and in the months of November and December the impact category land use. This category (i.e. land use) seems to be crucial as there are the biggest differences between the different months during the year. While in November and December there were no significant impact on this category, in August, September and October the most significant impact on the land use category is evaluated. The similar differences, however not so significant, can also be seen in the fossil material impact categories and respiratory diseases caused by inorganic substances. These categories are in some months of 2010 affected significantly; in other ones they are less significant. The same conclusions are confirmed by subsequent normalization. In the following normalization the results from characterization were divided according to the reference values from the European countries.⁷

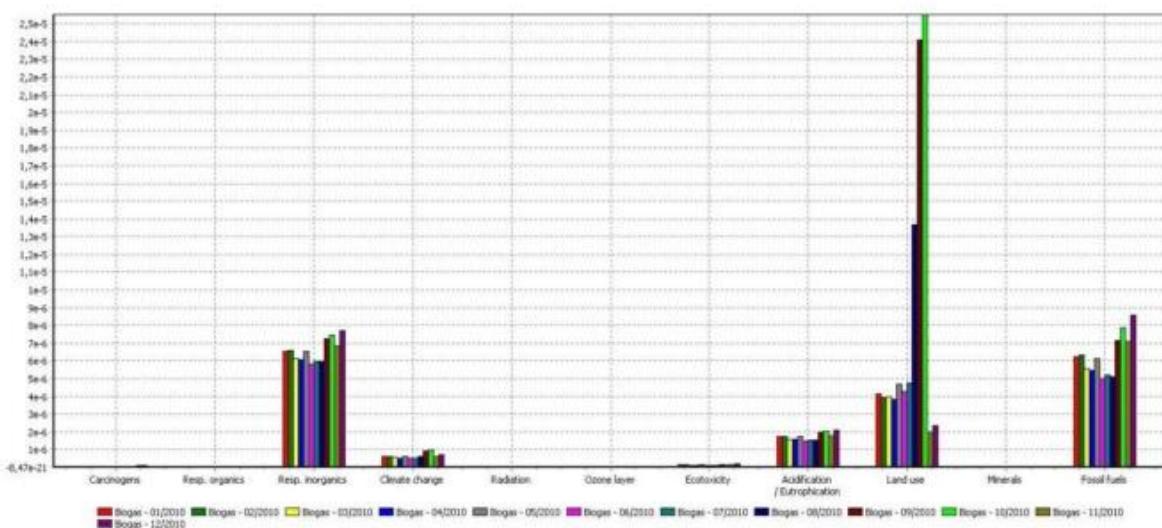


Fig. 3: Normalization in the midpoint impact category – production and use of biogas

The following analysis focused on the impact in October and November within land use impact category. These two months were chosen because, although they are two consecutive months, the overall impacts on land use impact category are the most dissimilar during the analyzed year. The results are presented in the unit milipoint [mPt], whose precise explanation can be found in the manuals of PRE Consultants.

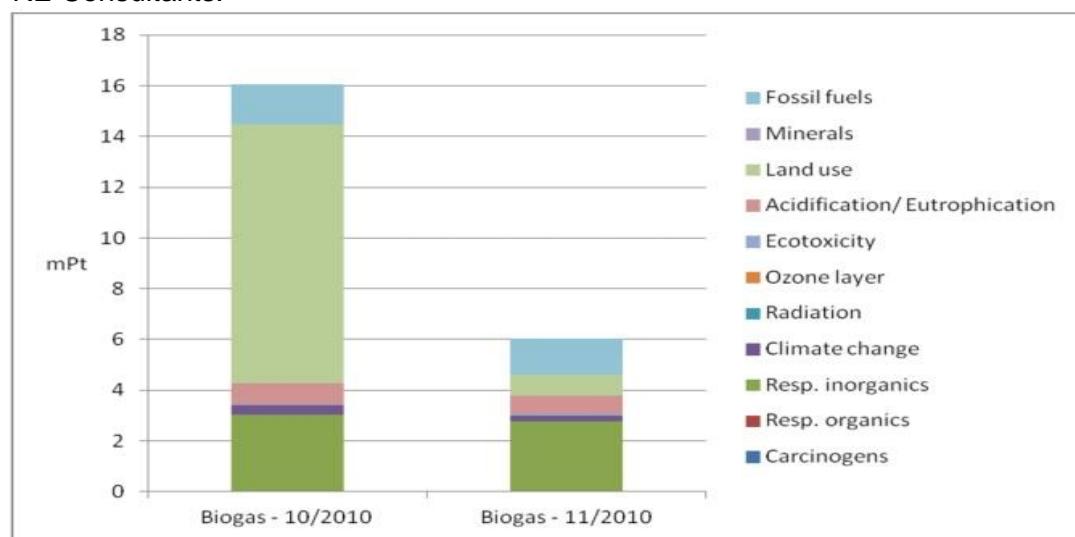


Fig. 4: The comparison of the impact on individual impact category for October and November

There are differences in each month, which are caused by different feeding for the silage. In October Biogas was used as a feedstock to the digester: silage, hay, fresh sorghum, fresh corn, beet pulp, digestate and manure. In November such a wide array of materials was not used (among the feedstock hay, fresh sorghum, fresh corn and beet pulp were missing). Figure 4 compares the contributions of the various impact categories, which was linked with feedstock to the digester in the month of October and November. Using fresh feeding for the silage is causing increased positional impact.

Grasses and meadows cover are used as one of possible feedstock to the digester, but when compared it with the “standard used materials” (e.g. corn) than grasses and meadow vegetation means lower methane production.⁸ We can say that grasses and meadows vegetation is more convenient for pasturing of the livestock than as feedstock to the digester.

Finally, let us emphasize that the Stonava farm was originally founded for the purpose of agricultural production and the biogas station was built to process their agricultural wastes. Therefore, there are insignificant impacts of transportation input materials for digester and transportation of the produced digestate on the field.

Conclusion

The LCA method is a very complex system of assessment, when we can comprehensively understand an individual product and its environmental impact. The LCA method is also a very useful tool which helps students develop their skills (e.g. life cycle thinking, critical abilities, analyst abilities and abilities to work with information). These skills are not related to LCA studies only, but will help students in their future professional lives in general.

In this paper we also demonstrate the use the LCA method in a current project of Ministry of Agriculture, which focuses on a biogas station. For this pilot project, the biogas station in a farm was selected, which was originally founded for the purpose of agricultural production and the biogas station was built to process their agricultural wastes. This means that the potential environmental impact, related to transportation input materials for the digester and transportation of the produced digestate on the field, is insignificant. In this project the LCA method helps to indicate the key processes or used materials, which may have potentially negative environmental impacts. Based on LCA methodology, there are significantly negative effects in the case of one type of feedstock to the fermenter, i.e. grass harvested from the public area included into the silage.

List of symbols

| | |
|---------|-------------------------------------|
| MJ | mega joule |
| LCA | life cycle assessment |
| BGS | biogas station |
| mPt | milipoint (SimaPro unit) |
| VSB-TUO | VSB-Technical University of Ostrava |

Acknowledgment

This paper was supported by the Agricultural department of the Czech Republic from the project QJ1320159 “Research of treatment, utilization and disposal of waste products from biogas station”.

Reference

1. Labodová A., Lapčík V., Kodymová J., Turjak J., Pivko M. (2013): Sustainability Teaching at VSB - Technical University of Ostrava, Journal of Cleaner Production, vol. 62. P. 128-133, ISSN 0959-6526
2. ISO 14040 Environmental management – Life cycle assessment – principles and framework
3. Roy P. et all. (2009): A review of life cycle assessment (LCA) on some food products, *Journal of Food Engineering*, vol. 90, Issues 1, p. 1-10. ISSN 0260-8774
4. ISO 14044 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines
5. Cherubini F., Bargigli S., Ulgiat S. (2009): Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration, Energy, vol. 34, Issue 12. p.2116-2123.
6. Goedkop, M., Spijkersma, R.: The Eco-indicator99 A damage oriented method for LCIA. Pré Consultant, Amersfoort, 2001.
7. Budavari Z. (2011): Indicators and weighting systems, including normalisation of environmental profiles [online]. [assessed on 2013-03-22]. Available at: http://www.sintef.no/project/LoRE-LCA/Deliverables/LoRE-LCA-WP5-D5.1EMI_Final.pdf
8. Strašil Z. et al. (2011): Grass as an energy source. Prag: Research Institute of Crop Production. Available at: <<http://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-7427-078-9.pdf>>. ISBN 978-80-7427-078-9.
9. Internal documentation of Stonava farm

Využití metod posuzování životního cyklu (LCA) v projektech a environmentálním vzdělávání na VŠB – Technické univerzitě Ostrava

Jana KODYMOVÁ, Silva HEVIÁNKOVÁ, Miroslav KYNCL, Soňa VICENÍKOVÁ

VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba

Souhrn

Tento článek je zaměřen na použití LCA metody při rozvoji odborných schopností u studentů VŠB – Technické univerzity Ostrava stejně tak jako pro podpůrný nástroj využívaný při řešení projektů.

Všechny analýzy životního cyklu jsou zde prováděny v souladu s normami řady ISO 14040 a ISO 14044, a je k nim využíváno SimaPro softwaru verze 7.2 a Ecoinvent v.2.1 databáze. Analýzy jsou prováděny v souladu s typickou LCA studií skládající se z následujících fází: definice cílů a rozsahu, inventarizace životního cyklu (LCI) sestávající z dat vztahujících se k energetickým a materiálovým tokům a k emisím do prostředí, dále následuje posouzení potenciálních dopadů na životní prostředí (LCIA) spojené s danými formami využívání zdrojů a emisemi do prostředí.

První část článku je věnována příkladu cvičení se studenty, které pomáhá rozvíjet odborné schopnosti. Následující část je pak zaměřena na současně řešený projekt ministerstva zemědělství, který je zaměřen na bioplynové stanice. V rámci tohoto projektu byly pomocí LCA metody zjištěny klíčové procesy a materiály, které mají nejvýznamnější potenciální negativní vliv na prostředí. Na základě LCA metody bylo zjištěno, že míra negativního vlivu na životní prostředí je, v případě této konkrétní stanice, způsobena různými variantami z hlediska vsázky do fermentoru.

Klíčová slova: LCA - posuzování životního cyklu, midpoint, Eco-indikator99, bioplynové stanice, VŠB – TUO, environmentální management, schopnosti studentů, program SimaPro.

Sustainable Industrial and Business Development

Keiki FUJITA

J. F. Oberlin University, Tokyo, Japan

Summary

In order to keep sustainability for Business and Industrial Development, two important items should be taken into consideration

One is global Environmental consideration and other one is Management consideration.

Global Environmental Problem has two characters, one is character through generation to generation where all human activities and influence are considered across parent, child, grandchild and great-grandchild's generation and the other is character of living together on the same boat where all human activities and influence are considered simultaneously at the same time. Concept of Environmental Justice is a matter of great importance.

Keywords: Development, industry, business, sustainable industrial development, sustainable business development, norms, Life Cycle Assessment (LCA)

Introduction

The citizen on the earth is leading its life having many problems now.

There are many uncountable problems such as war, shortage of food as well as water, poverty, an earthquake, abnormal weather, and conflict between the citizens whose thought and religions differ, the environmental upheaval caused by global warming, difficulty of biodiversity maintenance, and families' estrangement, children's bullying, level expansion between wealth and poverty, accident of a nuclear power plant, aging, a decrease in the birth rate, unemployment, defect of medical system are facing to us now.

The citizen on the earth is surviving making all possible efforts having these problems. That is, the citizen call for Sustainable Life within its capacity.

Most of the causes why these problems occur and aggravating of the contents of them are social sustainability are not being maintainable.

The concept of sustainability has shown us in the Report drafted by the United Nations World Commission on Environment and Development in 1987. The basic idea of this concept is that sustainability hinges squarely on the notion of intergenerational equity of the intergenerational resources allocation. The intergenerational resource allocation should be such that the needs of the present generation should be met without compromising the capability of future generations to meet their respective needs.

The Report of the World Commission on Environment and Development (Brundtland Committee Report, Committee established in 1984) also made a call for serious awareness of the limits of environment's ability to accommodate human activities as a serious constraining factor on the sustainability of resource allocations. We should keep in mind that the ongoing accumulation of common social capital, such as the development of urban environment and the provision of rich eco-system services and biological diversity, have both the instrumental value and basic value as a means of expanding potential well-being, and as crucial constituents of sustainable well-being.

The writer advocated it at the UNIDO conference (United Nations Industrial Development Organization) as UNIDO's director by the name of ESID (Ecologically Sustainable Industrial Development) in 1993. It was activity focussing on global warming consideration of industrial development. After then similar concept of Sustainable Transport, Sustainable Agriculture, Sustainable City, Cultural Sustainability etc have been advocated.

In this paper, it will be stated how industrial exploitation and business development, both are the core of the human beings' economic activity, are set to Sustainable in these wide range activities.

Development of Industry and Business

Industry and Business differ fundamentally. While the former consumes resources, making full use of the manufacturing technique of the time, it is an act which supplies to citizens goods and the product which the society needs, and brings about social convenience.

And, the latter is an act which builds the system which supplies these goods and a product to society smoothly. It is an act which gives economic benefits to the citizen who both involved and is useful for the continuation of a life.

Although these both have done evolution and development under strong connection mutually, occasionally stagnation and degeneration are carried out in response to strong influence by change of the surrounding environment

About Industrial Development, the development speed is affected by technology, invention and resources, and the quantity and the quality of supporting energy.

About Business Development, the development speed is affected in finance, its system, law, institutional system, politics, geographical features, etc.

That is, both development has the character influenced by surrounding environment. However, the wisdom and capability of the human being often moves the influence of Industry and Business in the good direction, and make bad influence reduce in many cases.

There is the fact that the organization which is a gathering of man, for example, administration, a university, a company, a research institute, an organization, an association, NPO-NGO, etc. have had big influence on the quality of development of both Industry and Business. In this paper, consideration is added also about the organism which is the important player for Sustainable Industrial and Business Development.

Sustainable Industrial Development

After the Industrial Revolution, while the role of the industry on the earth makes the position as main player change gradually by progress of the technology, the present economic prosperity is achieved. In the middle of 17th century, main industry was Textile industry, then changed into Transport industry, Steel industry ,Chemical • Petro industry, Atomic energy industry, and ICT industry now.

At the period when the capability of the earth was large enough human beings were able to perform various activities within the range of earth's capacity.

After Meadows reported as a title of "the limit of growth" in his report by Club of Rome in 1972, many citizens began to notice if living way of them continue as they did , life of them is not sustainable and this notice became human-living's common view

Then, in order to overcome such problems, human livings through maximum using their wisdom, have continued technical development and process management in industry so that earth's territorial restriction might not exceed the earth's capacity.

Through such industrial development activities, human beings were able to make it possible to survive the maximum number of human beings on the limited earth surface in its history. The Sustainable state is realized for human-beings survival. It is a result of wonderful Industrial Development.

Sustainable Business Development

A Business act is an act performed for a long time for human beings. Probably, in ancient times, there occurred several acts such as hunting, fish picking, a woodwork carpenter, construction, agriculture, making clothing, war, and conveyance, and there might be man's forte and the special ability would be utilized mutually, and symbiosis would be aimed at. It is the beginning of business

It was also the act performed among a small number of human beings in the beginning. It spread among many human beings, and it was exceeded over sea, river and mountain and it spread geopolitically. It followed land transportation and marine business. And it has gradually expanded so that it may perform systematically on a large scale

In these business acts, specialization and specialization had been performed respectively, and, thereby, the figure and the form where society tends to get a thing and service easily. These acts develop as international business and many commerce acts came to be performed smoothly.

In order to develop Business, the conditions which make it possible are required. It is required to produce raw materials, stuff, and utility in large quantities cheaply. Next, products are carried and the means the information exchange is needed. Finally the quality of a product must be secured

These commercial transactions had been stepped on rationally in human being history. The development and expansion speed of business changed with the technical progress of that time, and new Business is also born by the technical progress,

Because the business content has become complex and complicated than before, it is not possible to correspond to those social requirement only by a technological property of the own enterprise, and it is far better to unite with other enterprises which have the forte and the technique. By doing such business tie up they can correspond to the business requirement timely and raise up profit more easily than before. However, in order to perform business among the countries where history, culture, religion, custom and technology and education differ, Business Rule which is common across the border was needed and various kind of treaties and organizations were born

Norms for Sustainable Industrial and Business Development

As mentioned above, it is Human that gives Sustainability to Industry and Business Development. If selfish activities of human continues as the human being avarice, exhaustion of earth resources would be begun somewhere in the world, global environment and conditions for human to survive would be destroyed and human survival itself would be threatened. Therefore, Human is creating some norms. The writer will present the main norms in this presentation.

Corporate Social Responsibility (CSR)

There are several conditions necessary for human society. Among them the following two conditions are minimum indispensable requisite for sustainable society building.

- ❖ Being economically feasible
- ❖ Being socially justifiable

Human society becomes more complex and complicated in this century. We are obliged to try to continue to solve various simultaneous equations whose optimum solution is difficult to be found. Once given social conditions changed, we have to change the optimum solutions in the past in order to correspond to new appearance of merging needs. We should always prepare the prioritized solutions to those needs. In this context, human development process, particularly corporate responsibility, as one of human society constituent, is important in this century.

Corporate should provide for a basic principle for decreasing of the resource and formation of Material Recycling Society to preserve natural environment and natural resource. It is assumed to be top priority to minimize the generation of waste, to use the general waste again and to describe clearly the priority order of an appropriate processing method of the waste for reproduction use.

Corporate should make measures to make and execute the plan which enables the earth environment excellent and regional economic activity brisk. Corporate will be seriously requested such paradigm construction in this century that aims at assuring the stability of the citizens life after getting the solution of environmental problems.

Life Cycle Assessment (LCA)

The quality of the product is necessary to be maintained all the process from the birth of the product to the end of the use. The cycle is called life cycle (Life-cycle) of the product, the assessment is called life cycle assessment (Life Cycle Assessment = LCA)

LCA for automobile will include assemble with the material manufacturing, and not only running, and nor abandonment but the fuel production and the road construction for the car. In general, the composition parts and stuffs of the car are examined up and the consumption of the resource concerning each manufacturing and the amount of the exhaust of the environmental burden material are multiplied. Such investigation will be done about each stage of the assembly and the gasoline manufacturing and the waste dismantlement, etc.

There is new conception necessary to consider the amount of consumes natural resources. It is an idea that it is necessary to raise the resource efficiency to several times more when thinking about the fact to which a resource big like this is consumed by the business activity. Past product economic value was caught assuming that the product performance(Customer satisfaction degree) was mathematically divided by the cost of the product at the life cycle, That is, to improve the economic value of product, only had to raise the property or performance of product and the cost of production be reduced. However, the necessity for the considering the influence on another standard, that is, earth environment has come out from the product value due to the earth environmental deterioration. In this LCA concept, we can introduce, Eco-efficiency which can reduce Material Intensity, Energy intensity and Toxicity material discharged and increase the recycling possibility of material.

Expanded Producer Responsibility (EPR)

Due to above environmental difficulties, every government enacted law of promoting for material recycling society formation. Such law takes part in of the concept of EPR (Expanded Producer Responsibility) as producer's obligation and at the same time it provides citizen's responsibility who exhaust product.

After enacted this law, all the producers come to have responsibility from producing stage to end use stage of the product and environmental burden become decreased by getting citizen's efforts. However sustainable advantage of each enterprise differs. SWOT analysis with structure and purpose is efficient and effective tool for identifying enterprise's core competence and then assemble a collection of assets that will increase value added and provide a competitive advantage to the enterprise. Excellent firms accelerate the shift away from the mass production of low cost standard product and best practice is found.

The search for best practice is also called Bench Marking. This involves determining where you need to improve, finding an organization that is exceptional in this area, then studying the company and applying the best practice in your company. Quality improvement techniques such as QC (Quality Control), TQC (Total Quality Control), TQM (Total Quality Management), JK (Jishu Kanri) are important to achieve best practice in the firm. Some of the techniques from product quality management and techniques from customer service management are indispensable techniques as a sequential process to achieve best practice in the firm. There is no better source of competitive advantage than a continuous stream of delighted customers. Merit of Purchasing Top Runner Product, Machinery and Equipment in Japan, increases bigger and bigger due to the latest energy conservation technological features.

Conclusion

In order to keep sustainability for Business and Industrial Development, two important items should be taken into consideration

One is global Environmental consideration and other one is Management consideration. Global Environmental Problem has two characters, one is character through generation to generation where all human activities and influence are considered across parent, child, grandchild and great-grandchild's generation and the other is character of living together on the same boat where all human activities and influence are considered simultaneously at the same time. Concept of Environmental Justice is a matter of great importance.

The total management system establishment is requested as the basic and fundamental element of qualitative conversion from old style of business to new sustainable style of management. The necessity of Synergy (integration and synergy effect), Inter-linkage (chain), Holistic approach (inclusive correspondence), Coordination (adjustment), and Integration (accumulation) should be emphasized. For attaining these elements, Good Governance (effectiveness, efficiency, fairness, transparency) is highly emphasized, and Bad Governance (corruption, violence, autocracy, confusion, poverty, wealth disparity, gender discrimination, high infant death, low literacy, destruction of cultural heritage etc) should be exterminated.

Sustainable development of society can't be promoted effectively if it is entirely left to the government and other institutions. Instead, each individual, in his/her own stance, should participate in, make decision, and act to address the social and economic problems in a proactive and productive way.

References

1. Weinberg A. M.: Science and Trans-Science. Mineruva, 10(2), 1974, pp. 209-222.
2. Starling A.: Keep it Complex, Nature, 468, 2010, 1029-1031
3. Kobayashi T.: *Who thinks over techno-science?* (in Japanese), 2004, Tamagawa University Press.

Udržitelný průmyslový a obchodní rozvoj

Keiki FUJITA

J. F. Oberlin University, Tokyo, Japan

Souhrn

Abychom zachovali udržitelný průmyslový a obchodní rozvoj, musí být zváženy dvě důležité položky. Jednou je globální environmentální myšlení a druhou myšlení v oblasti řízení.

Globální environmentální myšlení má dva rysy. Jedním rysem jsou z generace na generace přenášené všechny lidské activity a vlivy předávané generacemi rodičů, dětí, vnučků a pravnuků a druhou charakter života na "stejně lodi", kde jsou všechny lidské activity a vlivy hodnoceny simultánně ve stejném čase. Koncepce environmentální spravedlnosti je velmi důležitou záležitostí.

Klíčová slova: Vývoj, průmysl, obchod, udržitelný průmyslový rozvoj, udržitelný obchodní rozvoj, normy, LCA - posuzování životního cyklu

Mottainai Reuse Project in Japanese Business for Global Environment

Takashi MINAKOSHI

*International Research Institute for Environmental 3R Policy Studies (IRIEPS),
Minakoshi Shokai Co., Ltd., Japan*

Summary

The actual situation is Recycle before Reuse, or even there is no 3R (Reduce, Reuse and Recycle) waste management. The important thing is that E-waste is may not have reached the end lifetime. Since electronics lifecycle is becoming shorter, most of all those electronics are still in good working condition or just need minor repair to be able to use again. In other words, today most of valuable resources are lost, in Japan we say "Mottainai".

Meaning of Mottainai is a sense that we should not throw away anything while it is still useful or valuable, roughly "Don't waste". Mottainai in this one word can be expressed the 3R and also including mind of respect and gratitude for things.

The fact of matter, one day those reuse electronics also reaches end lifetime to be E-waste. IRIEPS's future goal is that collects those E-wastes which cannot reuse anymore from oversea and recycle in Japan.

Additionally, Mottainai reuse project is not only for electronics. It can expand to any of things from people's life such as furniture, clothes, dinnerware and others.

Keywords: Electronic (E) waste, 3R (= Reduce, Reuse and Recycle), Mottainai (Don't waste)

Introduction

Electronics technology is growing very fast recently and all electronics industries produce new electrical and electronic products (electronics) every year into all over the world. Especially portable device such as cell phone is one of fastest growing electronics. These electronics make people's convenience and modern life. For these reasons, the amount of the electronics put on market is increasing every year.

Economic system is producing, distributing, consuming goods, and services and amount of each part are increase as economics is growing. In other hand, it leads to producing waste. The electronics have its life time, in other words, all electronics which are on market today might become obsolete in near future. Moreover, electronics lifecycle is becoming shorter every year as technologies improve. According to GfK Japan, in the article, researched from October to December of 2012, in Japan, says replacement of cell phone was 1.7 years which much shorter than government's estimate, 3.3 years [May 09, 2013]. The E-waste of those electrical and electronics equipment (EEE) calls E-waste and it is also increasing every year as much as new electronics put on market.

E-waste

Currently, the available data for E-waste is limited. However, we can see the data which is sales of electronics products. For reference, in US, according to National Point Online, in the article, *Sustainable Innovation & Technology Transfer Recycling from E-waste to Resources*, stated in 2006, more than 34 million TVs and displays, and more than 24 million PCs have been placed on the market in the United States. Moreover, approximately 139 million portable communication devices such as cell phones, pagers or smart-phones have been manufactured. Especially, communication devices have to be highlighted that less than 90 million were sold in 2003 and 152 million are expected to be sold in 2008 which is the highest growth rate has occurred [April 03, 2010]. Consumer Electronics Association provides the US consumer electronics industry growth and Growth Categories in 2009 gives more information and from them also can tell the growth rate has occurred.

Furthermore according to Santa Clara County Department of Environmental Health, in their report, *Best Management Practices for Electronic Waste*:

- **An estimated 500 million computers will become obsolete in the U.S. by 2007.**
- 1 billion dollars could easily be spent in the next five years to clean up the last 20 years of stockpiled obsolete computers.
- E-waste presents different challenges than household hazardous waste or solid waste recycling because of its weight, volume, storage needs, and costs [April, 2004].

There are other factors from *Recycling-international*, in the article, says waste from obsolete electronics equipment (E-waste) is growing globally and around 40 million tons of E-wastes are produced every year with computer waste in India expected to increase fivefold between 2007 and 2020.

The United States of America produces E-waste around 3 million tons every year and 2.3 million tons of them go to China (April 2010, No. 3, Page 10). According *E-wastes: the Way Forward*, in the brief, says "about 5 % of all municipal solid waste is the E-waste in the US and it increases 3-5% each year." [August 2004].

3 R: Waste Management

The 3R which refers to Reduce, Reuse and Recycle is the strategies of waste management for minimizing waste;

- Reduce: Decrease the amount of trash.
- Reuse: Use the products once again.
- Recycle: Turning it into new from used products.

By focusing primarily of the 3R, Reduce followed by Reuse and then Recycle is very important, especially for E-waste to be able to keep value efficiently as much as possible and make its life time longer.

Actual Situation

The United States of America is the biggest producer of E-waste, however, according to Ruediger Kuehr, in his article, *E-waste: not your normal trash*, claimed, "In the US, the Environmental Protection Agency (EPA) has reported that the US generated 1.9 to 2.2 million tons of E-waste in 2005, with only 12.5 % collected for recycling." [Kuehr, April 26, 2010]. In other words, today most of valuable resources are lost. According to the United Nations Environment Program, identified several causes, in the report, *Sustainable innovation and technology transfer industrial sector studies*:

- Insufficient collection efforts (stockpiled).
- Partly inappropriate recycling technologies (landfill, produce dioxin).
- Often illegal exports streams of E-waste into other regions with no or inappropriate recycling infrastructures in place.

These regions with inappropriate recycling infrastructure are often located in developing and transition countries [July, 2009].

This informal waste management creates serious environmental issues and damages the human health.

In developed countries, electronics recycling companies regularly recycle electronics products (E-wastes) by de-manufacturing, shredding, or trashing even though those products still can use or just need small maintenance to be reused. Those E-wastes are very valuable and potential resources for our company. There are several reasons the electronics recycling companies are de-manufacturing or shredding electronics products are;

- Check each electronics products will cost money and time a lot for the company.
- Strict rules and regulations for exporting E-waste (EPA export rules, international rules, OECD import/export controls, etc.).
- Electronics products may return back to the company, if the products or the way the company shipped is not qualified the rules.

Some of electronics products get more valuable by de-manufacturing or shredding.

Mottainai

The actual situation is Recycle before Reuse, or even there is no 3R waste management. The important thing is that E-waste is may not have reached the end lifetime. Since electronics lifecycle is becoming shorter, most of all those electronics are still in good working condition or just need minor repair to be able to use again. In other words, today most of valuable resources are lost, in Japan we say "Mottainai".

Meaning of Mottainai is a sense that we should not throw away anything while it is still useful or valuable, roughly "Don't waste". Mottainai in this one word can be expressed the 3R and also including mind of respect and gratitude for things.

Look at the world perspectives, there are many countries which have high demands of those 3R electronics or E-wastes for reuse purpose.

IRIEPS

IRIEPS proposes that Reuse is most important key to solve the E-waste issues. IRIEPS's Mottainai Reuse Project is to collect or purchase used products in Japan such as:

- Electronics: TV, Audio, PC, Cell phone etc.,
- Medical Equipment: Diagnostic Ultrasound etc.,
- Machine Tool: Farm Tractor etc.,
- Game: Play Station, Xbox, Nintendo DS etc.,
- Others.

IRIEPS exports those products to countries where repair and reuse them. As well as, IRIEPS purchases metal scraps and exports to countries where recycle them.

The project leads to reduce amount of E-waste and avoid inappropriate E-waste management for solving and helping from damaging environment and human health.

First of all, the system of this project start from used electronics collectors. The collectors collect unwanted electronics from household or electronics stores. Then the collectors bring all the electronics to member of IRIEPS companies.

The company checks all the electronics, such as, manufacture, year of made, size, shape, and condition following domestic and international law or guideline, and demand of the countries, for purchasing and then export to overseas for customers.

Those companies have been this project over 15 years with all over the world, mainly in Asia, Middle East and Africa. As soon as all the used electronics arrive to the countries, the electronics goes to local market to have deal or directly to buyer's electronics shop. At the shop, the engineers who have high skills repair the electronics such as:

- Soldering circuit board,
- Polishing,
- Re-painting,
- Tuning,
- Others.

Through this project over 15 years, the use electronics' durability is proven and tested by those countries. That is one of the reasons that reuse electronics is very popular as new electronics in these countries.

Conclusion

The fact of matter, one day those reuse electronics also reaches end lifetime to be E-waste. IRIEPS's future goal is that collects those E-wastes which cannot reuse anymore from oversea and recycle in Japan.

In conclusion, when all the countries get together and could achieve the sustainable cycle of reuse E-waste where it needs and recycle E-waste where it can as 3R's order, it will solve issues of E-waste and help environment and human health.

Additionally, Mottainai reuse project is not only for electronics. It can expand to any of things from people's life such as furniture, clothes, dinnerware and others.

References

1. Admin. (2010, April 3). *National point online*. Retrieved May 10, 2010, from sustainable innovation & technology transfer recycling:
<http://nationalpointonline.com/nponline/index.php?mact=News.cntnt01.detail.0&cntnt01articleid=1816&cntnt01origid=79&cntnt01returnid=79>
2. E-wastes. (2004, August). Retrieved May 17, 2010, from The way forward:
<http://www.rrcap.unep.org/policy2/13-Annex%204a-E-wastes%20SEPD2.pdf>
3. GfK Japan. Retrieved May 9, 2013, ascii.jp/elem/000/000/786/786670/
4. Ruediger, K. (2010, April 26). *Our World 2.0*. Retrieved May 20, 2010, from E-waste: not your normal trash: http://ourworld.unu.edu/en/E-waste-not-your-normal-trash/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A%20ourworld-jp%20Ourworld%202.0%20JP&utm_content=Google%20Reader
5. Santa Clara County Department of Environmental Health San Jose, California. (2004, April). *California Department of Resources Recycling and Recovery*. Retrieved May 17, 2010, from best management practices for electronic waste:
<http://www.calrecycle.ca.gov/publications/Electronics/63004005.pdf>
6. Schluemp, M., Hagelueken, C., Kuehrc, R., Magalnic, F., Maurerc, C., Meskersb, C., et al. (2009, July). *United nations environment programme*. Retrieved May 19, 2010, from Sustainable innovation and technology transfer industrial sector studies:
http://www.rona.unep.org/documents/publications/E-waste_20100222.pdf

Japonský projekt Mottainai opětovného využití elektronických výrobků za účelem snížení globální zátěže životního prostředí

Takashi MINAKOSHI

*International Research Institute for Environmental 3R Policy Studies (IRIEPS),
Minakoshi Shokai Co., Ltd., Japonsko*

Souhrn

Současná situace je situací, kdy je používána recyklace před znovupoužitím nebo dokonce neexistuje 3R (zmenšení, znovupoužití and recyklace) nakládání s odpady. Důležitou věcí je, že elektronický odpad nedosahuje konce životnosti. Od té doby co se životní cyklus elektronických výrobků stal kratším, většina z této elektroniky je stále v dobré kondici. Jistá část nicméně potřebuje opravu, aby byla opět použitelná. Jinými slovy, dnes je velká část hodnotných surovin ztracena. V Japonsku tomu říkáme Mottainai.

Jestliže hovoříme o Mottainai, pak máme na mysli skutečnost, že bychom neměli vyhazovat nic z elektrických výrobků, co je stále použitelné a hodnotné, zkrátka „Ne do odpadu!“ Mottainai – v tomto jednom slově může být vyjádřeno 3R a také mínění o úctě a vděčnosti za to, že můžeme užívat určité věci.

Ve skutečnosti jednoho dne znovupoužitá elektronika také dospeje do stavu, kdy bude elektronickým odpadem. Budoucím cílem IRIEPS je proto shromažďovat ze zámoří tento elektronický odpad, který nebude již nikdy využitelný jako výrobek, a recyklovat jej v Japonsku.

Kromě toho, Mottainai - projekt pro znovupoužití elektronických výrobků není využitelný jen pro tyto výrobky, ale může být rozšířen na nábytek, oděvy, jídelní výbavu a jiné předměty.

Keywords: Elektronický (E) odpad, 3R = zmenšení, znovupoužití and recyklace, Mottainai (ne do odpadu!)

Simple Laboratory Tests of Semicontinuous High-Solids Anaerobic Digestion

Kateřina KAŠÁKOVÁ, Jiří RUSÍN, Kateřina CHAMRÁDOVÁ, Karel Obroučka
VŠB-TU Ostrava, The Institute of Environmental Technology, 17. listopadu 15,
Ostrava - Poruba 708 33
e-mail: katerina.kasakova@vsb.cz

Summary

This article presents the results of three laboratory model tests of semicontinuous high-solids anaerobic digestion carried out on simple apparatus of volumes from 0.02 to 0.03 m³. With all the three model tests, the substrate was batched and mixed manually in the reacting mixture daily on weekdays. In the model test 1, the batches consisted of the groats of winter triticale Agostino and the achieved biogas production was 2.97 m_N³.m³.d⁻¹ (based on 1 m³ of the total volume of the fermentor) at average methane content of 46 % of the volume. In the model test 2, the batches consisted of maize silage KS KWS Atletico and the biogas production was 2.06 m_N³.m³.d⁻¹ at average methane content of 47 % of the volume. In the model test 3, the batches consisted of biogas biscuit meal of EKPO-EB type and the biogas production was 21.72 m_N³.m³.d⁻¹ at average methane content of 55 % of the volume. The results were used for the proposal of new mobile technology of high dry matter of anaerobic digestion in horizontal bag.

Key words: high-solids anaerobic digestion, methane, biogas, biowaste

Introduction

Anaerobic digestion is one of the methods suitable for processing biowaste, mainly from agriculture and food processing industries. In practice, various types of technologies for wet anaerobic digestion have proved to be useful as well as various technologies of dry or high-solids digestion, which is in progress in non-liquid charge.

Discontinual high-solids digestion appears to be a suitable solution with regard to simple technology which has recently made it possible to process high-solid and fibrous materials. Semicontinuous high solids digestion has been applied only to a small extent so far, mainly because the batching technology solution requires a special approach.

If we compare high-solids digestion with traditional low-solids suspension anaerobic digestion, comparable specific yields of biogas and methane can be achieved with only a small amount of waste water. The technology has other advantages as well, e.g. smaller storage capacities, lower operational costs, lower consumption of process heat, and, as the case may be, less demanding equipment checks^[1]. To realize high-solids methanization successfully, it is always necessary to identify possible areas which could be improved, i.e. to carry out optimization proposal of the technology with the configuration of the reactor (including preparation of raw materials, codigestion, mixing, etc.), because the main disadvantages include the long-time of keeping the substrate in a high-solids process compared to the process in drawable suspension (which is confirmed e.g. by the author Schäfer^[2]), mainly difficult starting and accumulation of intermediate products (organic acids) as a result of insufficient mixing^[3]. Radwan et al.^[3] state that the demands for heating fermentor for high-solids anaerobic digestion might be lower than with the low-solid sludge fermentor, because with high-solids, slightly exothermic effect of anaerobic process might already be significant.

Experimental Part

Laboratory model

The laboratory model tests of high-solids semicontinuous anaerobic digestion were carried out on very simple apparatuses with active reaction volumes of 0.02 to 0.03 m³. The fermentors are described in detail and shown with each model test in the following paragraphs.

For the model test 1, a simple fermentor (see Figure 1) was used, consisting of 0.03 m³ capacity plastic reactor, heated to 40 °C in circular furnace (LAC M100-12 type). The fermentor was supplemented with drum gas meter Ritter TG05 for recording daily production of biogas.



Figure 1: Fermentor for the model test 1

For the model test 2, a simple fermentor (see Figure 2) was used, consisting of 0.02 m³ capacity plastic reactor with elliptic bottom and heated to 40 °C in an incubator. The fermentor was supplemented with drum gas meter Ritter TG05 for recording daily production of biogas.



Figure 2: Fermentor for the model test 2

For the model test 3, a simple fermentor was used, consisting of 0.03 m³ capacity plastic heated to 40 °C in 0.11 m³ capacity barrel, and by means of water recirculated by the pump between the barrel and water batch with thermostat. The fermentor was supplemented with drum gas meter Ritter TG05 for recording daily production of biogas and it is shown in Figure 3.



Figure 3: Fermentor for the model test 3

Feedstock

For high-solids anaerobic digestion, mainly the substrates with total solids of 15 to 30 % of the weight, or more. Three different substrates acquired from the producers in the Moravian-Silesian Region were tested. They are two agricultural substrates and one mixed substrate produced by reworking of biowaste from confectionery production that cannot be used up as fodder. As charge for induction of all three models, separated digestate prepared from freshly supplied digestate by centrifuging the liquid part. This digestate came from biogas station Pustějov and at the same time it was used as inoculum. The selected substrates were: *the groats of winter triticale Agostino, maize silage KWS Atletico and biogas biscuit meal of EKPO-EB type.*

In the model test 1, the groats of winter triticale Agostino was fermented; it came from the agricultural biogas station Pustějov and contained 85.7 % of the weight of total solid and 97.3 % of the weight of organic substances in the solid. The substrate is characterized by high percentage of starch of 64.8 %. It is commonly used biogas substrate.

In the model test 2, maize silage KWS Atletico was fermented; it came from the agricultural biogas station Pustějov and contained 27.9 % of the weight of total solid and 94.9 % of the weight of organic substances in the solid. The substrate is characterized by high percentage of starch of 23.8 % and high content of fibre (24.82 % of the weight) in solid. This biogas substrate is commonly used in agricultural biogas stations in the Czech Republic and mainly in Germany. The silage was crushed in a mincer to get particles < 0.01 m (to prevent problems with clogging the entrance pipe of the model fermentor) and stored almost without air for 7 days at maximum. After that, a new reserve amount of material was prepared.

In the model test 3, biscuit meal of EKPO-EB type was fermented; it consists of a number of biowastes from confectionary production. The main components of the biscuit meal include waste wafer mass, waste fat dough, chocolate filling, fat mass filling and starch from jelly production. Loose material contains 91.7 % of the weight of total solid and 98.5 % of the weight of organic substances in the solid. The substrate is characterized by high percentage of starch of 44.4 %, 18.9 % of carbohydrates and 14.0 % of fat. The biscuit meal was supplied by the company CERVUS, s.r.o. Olomouc.

The Methodology of Modelling

After assembling the fermentors for the individual tests, each reactor was filled with the charge without pressing immediately after the substrates had been supplied. The containers were covered with gas-tight lids. The exhaust hoses for biogas (0.5") were pulled through the thermally isolated lids. The fermentors were closed and the individual gas meters were connected. By means of thermostats, the temperature growth was set so that within 24 hours the charge temperature reached the required 40 ± 1 °C.

The production of biogas/methane, temperature, biogas pressure and the temperature of the charge were recorded daily at 9:00. The composition of biogas (CH_4 , CO_2 , O_2 contents, balance) were also measured by the portable infrared analyser GEOTECH Biogas. Consequently, the biogas hose was disconnected for a short time and the pH of the charge was measured by immersion probe. Then the fermentor was opened, the contents briefly mixed with a wooden spoon and the substrate was batched.

Once a week, biogas samples were collected in glass sample bottles and the composition was verified by gas chromatographer Agilent. The intensity of the production of biogas, or methane was calculated.

The Results of the Experiment and the Discussion

A) Model Test 1

The fermentor was filled with non-liquid mixture of 85 % of maize silage KWS Atletico with 15% of the Bioalgeen WKL agent (the hydrolyzate of brown seaweed), which was used to modify pH and mainly as nutrient solution. The initial reaction solid was ca. 15 % of the weight. Liquid digestate was gradually added in small batches (1.0 kg) as inoculum.

The process of methanogenesis (altogether 12 kg of the charge) was sufficiently started as late as after the 4th batch of inoculum, when the content of the reaction solid fell from 15 % of the weight to ca. 10 % of the weight. However, the mixture was still semi-liquid or non-liquid. During the first days, methanogenesis was fully started and easily decomposable organic substances were consumed. The production of biogas increased to $0.041 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ and the content of methane in biogas was 50 % of the volume. From 10th day, daily batching of the groats of winter triticale Agostino started (from 0.15 to 0.30 kg).

During 94 days of the experiment, the average daily batch of the groats of winter triticale Agostino reached 0.155 kg. This corresponded to the average load of the fermentor by organic substances of $4.37 \text{ kg}_{\text{VS}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ and the hydraulic time of delay of 104 days. At the average reaction solid of 17 % of the weight, the biogas production intensity of $2.97 \text{ m}_N^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ and methane of $1.36 \text{ m}_N^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ was reached (the calculation corresponds to the total fermentor capacity of 0.030 m^3).

Specific production of biogas from the groats of triticale was $0.574 \text{ m}_N^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Specific production of methane was $0.310 \text{ m}_N^3 \cdot \text{kg}_{\text{VS}}^{-1}$. The average methane content in biogas was 46 % of the volume. At the end of the test, inhibition of methanization by ammonia probably occurred, because the digestate had a distinct ammonia odour and the pH reached the value of 8.3.

It is clear from the exam results that the given process could be applied in operation, however the WKL agent would have to be replaced by digestate, or separate application.

B) Model Test 2

The fermentor was filled with non-liquid mixture of 90 % of the weight of maize silage. The process of anaerobic digestion (altogether 12 kg of the charge, 11 % of the weight of solid) started practically immediately, without further intervention, but the production of biogas and the pH value (6.2) were rather low. In the following days, 0.020 kg of NaHCO₃ to increase the neutralization capacity and 0.02 kg of the SCHAUMANN BC PRO START agent to add micronutrients were applied. The process of methanogenesis was started on the 8th day of the experiment, the methane content in biogas reached 46 % of the volume and from the next day of the process, percolation was carried out by one-time release of ca. 1 kg of process liquid from the bottom of the fermentor and immediate shower from the top on the charge.

For the first 21 days, the process was organized in discontinual mode. The average intensity of the biogas production reached only $1.09 \text{ m}_N^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$, and the intensity of methane production $0.54 \text{ m}_N^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ (the calculation corresponds to the total fermentor capacity of 0.020 m^3), the average methane content being 49 % of the volume. The pH value was stabilized at 8.2.

From the 22nd day of the experiment, the process was organized in semicontinuous mode by one-time daily batching of maize silage (from 0.150 to 0.300 kg).

During 79 days of the experiment, the average daily batch of the maize silage reached 0.192 kg. This corresponded to the average load of the fermentor by organic substances of $2.71 \text{ kg}_{\text{VS}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ and the hydraulic time of delay of 131 days. At the average reaction solid of 11 % of the weight, the biogas production intensity of $2.06 \text{ m}_N^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ and methane of $0.97 \text{ m}_N^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ was reached (the calculation corresponds to the total fermentor capacity of 0.020 m^3). Specific production of biogas from the maize silage was $0.214 \text{ m}_N^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Specific production of methane was $0.356 \text{ m}_N^3 \cdot \text{kg}_{\text{VS}}^{-1}$. The average methane content in biogas was 47 % of the volume. At the end of the test, inhibition of methanization by ammonia probably occurred, because the digestate had a distinct ammonia odour and the pH reached the value of 8.3.

It is clear from the exam results that although it was the case of non-liquid charge, the process was not high-solid. Continuous stirring could not be done, however, the methane yield exceeded the expectation and the given process could be probably applied in operation.

C) Model Test 3

The fermentor was filled with 20 kg of the digestate separate with total solid of 15 % of the weight. After the temperature of 40 °C had been reached, a batch of 0.050 kg of biscuit meal of EKPO-EB type was added. The process of methanogenesis was fully started during the first 5 days. During weekdays, one-time daily batching of biscuit meal was carried out (from 0.020 to 0.200 kg).

The first 10 days of the experiment was not included in the total balance, because specific production of biogas exceeded the value of $1.0 \text{ m}_\text{N}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, which was caused by intense degassing of the separate itself (the residual maize silage, beet slices, etc.).

During 120 days of the experiment, the average daily batch of the biscuit meal EKPO-EB reached 0.064 kg. This corresponded to the average load of the fermentor by organic substances of $1.89 \text{ kg}_{\text{VS}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ and the hydraulic time of delay of 440 days. At the average reaction solid of 12.1 % of the weight, the biogas production intensity of $1.72 \text{ m}_\text{N}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ and methane of $0.95 \text{ m}_\text{N}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ was reached (the calculation corresponds to the total fermentor capacity of 0.030 m³). Specific production of biogas from the biscuit meal was $0.502 \text{ m}_\text{N}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Specific production of methane was $0.356 \text{ m}_\text{N}^3 \cdot \text{kg}_{\text{VS}}^{-1}$. The average methane content in biogas was 55 % of the volume. The value of pH fluctuated within the range of 6.5 and 8.4 according to the weight of the biscuit meal.

It is clear from the exam results that the digestate separate Pustějov biogas station could be completely degassed under mesophilic conditions; the results also showed the necessity to solve stirring of semi-liquid charge also in the case of processing very quickly gasifiable biscuit meal. Without continuous stirring, the period of delay cannot be shortened, which makes it economically feasible for the operation.

Conclusion

This article aimed at publicizing the results of simple laboratory model tests of semicontinuous high-solid anaerobic digestion. The intensity of biogas production, especially during the model tests 1 and 2 is comparable with the intensity common with wet co-fermentation in agricultural biogas stations, but the low methane content shows the need for optimization of reaction conditions, ideally by creating the charge consisting of more substrates. The results were used for the proposal of new mobile technology of high-solid anaerobic digestion in a horizontal bag.

Acknowledgement

This article was written within the framework of the Specific Student Grant of the Czech Republic, registration number SP2012/95 "Specifying the most suitable reaction conditions for high-solid anaerobic fermentation of agricultural and other biowaste in a special fermentor from silage bag" (2012) and EU support under the project registration no. CZ.1.05./2.1.00/03.0100 with the title : "Institute of Environmental Technology".

References

- [1] Kumar, J. A., Li, J. Z., He, J. G., Chang, S., Jha, A. K.: Optimization of Dry Anaerobic Fermentation of Solid Organic Wastes, Advanced Materials Research, 113-116, 740-743 (2010).
- [2] Schäfer, W., Letho, M., Teye, F.: Dry anaerobic digestion of organic residues on-farm- a feasibility study, Vihti: MTT Agrifood Research Finland, 100 (2006).
- [3] Radwan, A. M., Sebak, H. A., Mitry, N. R., El-zanati, E. A., Hamad M. A.: Dry anaerobic fermentation of agricultural residues, Biomass and Bioenergy, 5 (6), 495-499 (1993).

Jednoduché laboratorní zkoušky semikontinuální vysokosušinové anaerobní digesce

Kateřina KAŠÁKOVÁ, Jiří RUSÍN, Kateřina CHAMRÁDOVÁ, Karel OBROUČKA

VŠB-TU Ostrava, Institut environmentálních technologií, 17. listopadu 15, Ostrava - Poruba
708 33, e-mail: katerina.kasakova@vsb.cz

Souhrn

Příspěvek seznámuje s výsledky tří laboratorních modelových testů semikontinuální vysokosušinové anaerobní digesce provedených na jednoduchých aparaturách o objemu 0,02 až 0,03 m³. Při všech třech modelových testech byl substrát do reagující směsi dávkován a zamíchán ručně v pracovních dnech. V modelovém testu 1 byl dávkován šrot zrna tritikále ozimého Agostino a bylo dosaženo intenzity produkce bioplynu 2,97 m_N³.m³.d⁻¹ (vztaženo na 1 m³ celkového objemu fermentoru) při průměrném methanu 46 % obj. V modelovém testu 2 byla dávkována kukuřičná siláž KWS Atletico a bylo dosaženo intenzity produkce bioplynu 2,06 m_N³.m³.d⁻¹ při průměrném methanu 47 % obj. V modelovém testu 3 byla dávkována bioplynová biskvitová moučka typu EKPO-EB a bylo dosaženo intenzity produkce bioplynu 1,72 m_N³.m³.d⁻¹ při průměrném methanu 55 % obj. Výsledky byly využity při návrhu nové mobilní technologie vysokosušinové anaerobní digesce v horizontálním vakuu.

Klíčová slova: vysokosušinová anaerobní digesce, methan, bioplyn, bioodpad

Energy Recovery from Municipal Waste in the Czech Republic

Vladimír LAPČÍK

VSB - Technical University of Ostrava, av. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: vladimir.lapcik@vsb.cz

Summary

The article summarizes possibilities of energy recovery from municipal waste. It describes the history of incineration and energy recovery from municipal waste in Czechoslovakia and then in the Czech Republic. The attention is paid to the three currently operated plants for energy recovery from municipal waste in the Czech Republic (ZEVO Malešice, SAKO Brno and TERMIZO Liberec). The following are the characteristics of the planned plants for energy recovery from municipal waste in the Czech Republic. All these plants operate essentially based on grate boilers with flue gas treatment at the highest technical level. The article also lists other technologies which can be used for energy recovery from municipal waste – these are gasification and pyrolysis units. The conclusion of this contribution is devoted to the current and future situation in the area of energy recovery from municipal waste in the Czech Republic.

Keywords: Municipal waste, energy use, incinerators based on grate boilers, gasification, pyrolysis.

Introduction

In the Czech Republic from 2 million tonnes of mixed municipal waste (MMW), 600 thousand tonnes per year can be processed in existing incinerators, in the three planned incinerators another 400 thousand tonnes, and in other energy waste recovery plants, 350 thousand tonnes of mixed municipal waste. To the year 2020, about 650 thousand tonnes of mixed municipal waste still remains, which we will not be able to put on landfills.

It should be noted that the waste energy recovery saves e.g. an equivalent of the brown coal volume, which would otherwise have to be extracted and consumed in power plants and heating plants. It should also be pointed out that no matter how well cleaned flue gases from power plant processes are, their quality is incomparable with that of treated flue gases from waste energy recovery processes.

Incineration and energy recovery from municipal waste in the Czech Republic

The first municipal waste incinerator with energy recovery was built in the Czech Republic in Brno in 1904-1905. The incinerator had seven combustion chambers in conjunction with the Babcock-Wilcox steam boiler, behind it the Parson turbine was integrated with an output of 300 kW, connected to a three-phase AC generator with an output of 220 kW. In full operation, the incinerator burned an average of 27.5 tonnes of waste per day; 1 kg of waste produced about 1.14 kg of steam with a pressure of 9 atm. In the 30ies, the incinerator was extended and served its purpose until 1941, when it was destroyed during the allied air raid over the city of Brno.

The second municipal waste incinerator was built in Prague in 1930-1933. The Prague incinerator station of solid waste, heating and power plant were put into operation in 1934. Refuse collection vehicles carted the waste into four containers for temporary storage. Subsequently, the waste was transported to a waste sorting plant and then to a building of combustion batteries with two boilers whose capacity was 200 tonnes per day. The combustion batteries allowed for the production of 6 to 25 tonnes of steam per hour. The steam was supplied to surrounding businesses as well as to its own power plant with two turbine generators of 5 MW each. During the World War II, a next boiler with an output of 45

tonnes per hour was built. Later the incinerator was modernized and expanded. The total reconstruction of the incinerator ran from 1959 to 1982, but it was not too successful. At the beginning of the 70ies, there was only an old sorting plant, two original turbine generator units and two cranes at a slag dump in the incinerator plant. The capacity of the incinerator was 80 to 100 thousand tonnes annually. The boiler room had two boilers of 15 tonnes per hour, the first one combusted the waste and the other coal and black oil to ensure peak supplies of heat.

At the end of the 80ies of the 20th century, the incinerator was reconstructed again. Within the plant, four powder granulation high pressure boilers were installed with a chamber for waste incineration. The fifth boiler was intended for black oil. The total installed thermal capacity was 251.2 MW. At that time the incinerator burned MSW (municipal solid waste), brown coal and black oil. After the reconstruction the incinerator could dispose of up to 45 tonnes of waste per hour. The operation of the incinerator in Vysočany was closed in 1997.

In the post-war history a large municipal waste incinerator was put into operation in Brno (now SAKO Brno, plc) as the first in the former Czechoslovakia. The incinerator was built in the years 1984-1989. Originally, the incinerator had three ČKD Dukla boilers with cylindrical grates. The total capacity of the incinerator was 240 thousand tonnes of waste per year. Since 1998 the incinerator has also produced electricity using the equipment with an output of 400 kW_e.

In the years 2008-2011, the incinerator underwent large renovation and modernization (for around EUR 72 million), when two new lines for waste incineration were built. Each line includes a steam boiler with a rated output of 45 TPH of steam. The maximum incineration power of the grate of each boiler is 16 tonnes per hour, the minimum one is then 8 tonnes per hour. The total incinerator capacity is 248,000 tonnes of waste per year for the heating value of waste of 8-9.6 MJ/kg. The municipal waste incinerator SAKO Brno, a.s. was officially re-opened on 7th September 2011¹. The renovated plant of the Brno incinerator (see Fig. 1) can satisfy up to 30 % of steam consumption in the city of Brno.

Each boiler is equipped with an internal incineration reverse grate by Martin GmbH, developed specifically for the incineration from municipal solid waste; the boiler itself is of water-tube kind with natural circulation, three-pass design with two drums. The modern operation of the Brno incinerator meets stricter emission limits than required by current legislation on air quality protection.

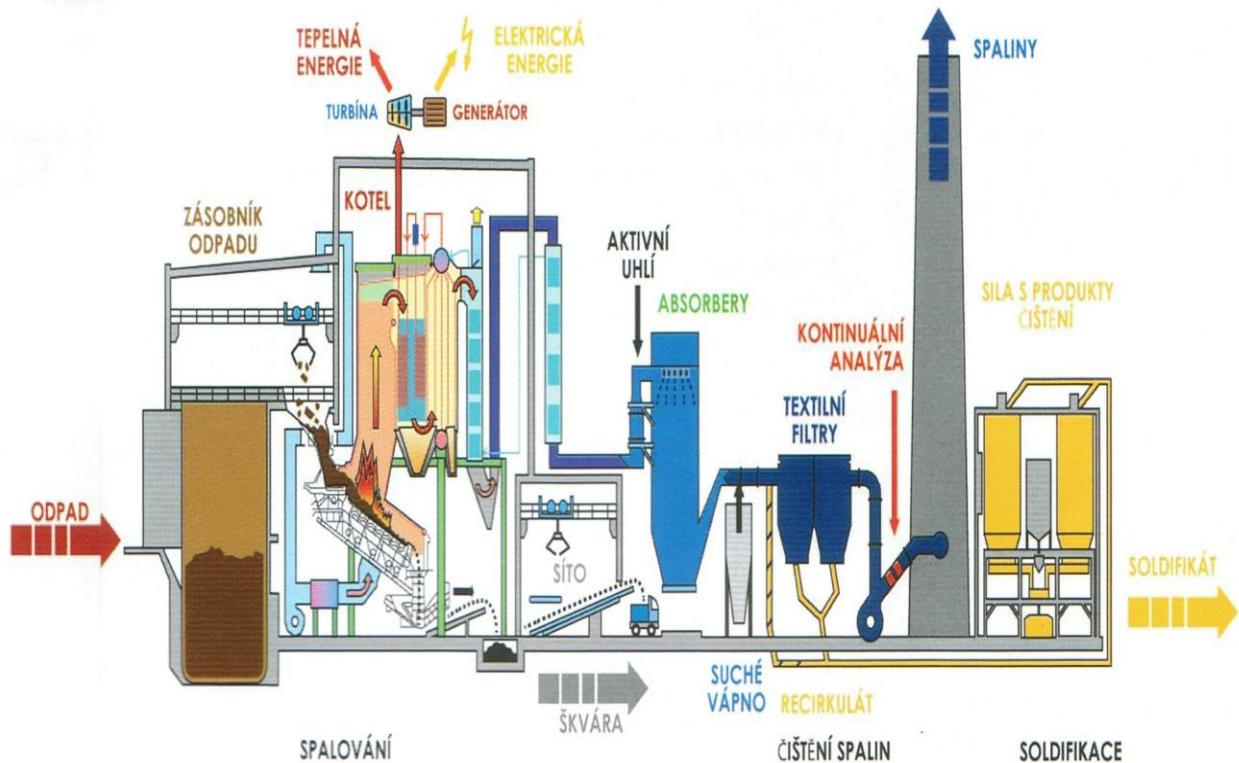
The treatment of flue gas, resulting from the incineration of waste, has the following steps:

The flue gas generated during the incineration of waste is fed to the top of an absorber at the outlet from the boiler at a temperature of 195 °C. The flue gas treatment is based on a semi-wet type system, and along with technical and operational measures also addresses issues of heavy metals, dioxins and other persistent organic pollutants. The CNIM-LAB semi-wet type system consists in injecting fine-atomized aqueous lime slurry into the flue gas stream at a temperature of 195° C. The result is a series of chemical reactions taking place during gradual evaporation of water between the parallel flow of hot gaseous acidic components of flue gas and alkaline sorbent which is a lime slurry aerosol. The result is a very fine powder which is separated from the flue gas on fabric filters. Into the flue-gas duct of each line before absorbers, the activated carbon is forced down under pressure, to the surface of which the heavy metals and dioxins are mainly bound which were not removed by the previous reactions.

If necessary to capture the increased concentrations of acidic components of the flue gas, in addition to the semi-wet type system, the dry type flue gas treatment system can be run, during which a dry hydrate of lime is fed into the flue-gas duct before the fabric filter to increase the efficiency of the neutralization reaction. The flue gas, including fly ash, reaction products of neutralization and residua of unreacted reagents are led through the flue-gas duct on the fabric filter. Prior to entry into the chimney with a height of 125 m, the cleaned flue gas is subjected to a continuous analysis.

The construction of a new incinerator for disposal from municipal solid waste in Prague was considered already in the late 70ies. The construction itself was commenced in September 1988. The Plant for energy recovery from municipal waste (ZEVO) Malešice was put into operation in the fall of the year 1998. There were four steam boilers by ČKD DUKLA in the incinerator, with a capacity of 15 tonnes of waste per hour each. The total capacity of the incinerator is 310 thousand tonnes of waste per year. This capacity is used from two thirds only. In 2010, a new co-generation unit was put into operation, allowing increased production of energy from waste. The incinerator delivers about 1,000 TJ of thermal energy annually to Pražská teplárenská, a.s., and produces about 90,000 MWh of electricity per year. The output of the installed turbines is 17.6 MW_e.

ZEVO Malešice has four identical lines, two of which were in operation previously and two of them were shut down, but in winter three of them worked if there was a high enough demand for heat. It is now moved to 3 + 1 after the adaptation with the co-generation².



LEGEND: TEPELNÁ ENERGIE-THERMAL ENERGY, ELEKTRICKÁ ENERGIE-ELECTRICAL ENERGY, SPALINY-FLUE GAS, TURBÍNA-TURBINE, GENERÁTOR-GENERATOR, ZÁSOBNÍK ODPADU-WASTE HOPPER, KOTEL-BOILER, AKTIVNÍ UHLÍ-ACTIVATE CARBON, ABSORBÉRY-ABSORBERS, KONTINUÁLNÍ ANALÝZA-CONTINUOUS ANALYSIS, SILA S PRODUKTY ČIŠTĚNÍ-STORAGE BINS FOR TREATMENT PRODUCTS, TEXTILNÍ FILTRY-FABRIC FILTERS, ODPAD-WASTE, SÍTO-SCREEN, SOLIDIFIKÁT-SOLIDIFICATE, SPALOVÁNÍ-INCINERATION, ŠKVÁRA-CINDER, SUCHÉ VÁPNO-POOR LIME, RECIRKULÁT-RECIRCULATE, ČIŠTĚNÍ SPALIN-FLUE GAS TREATMENT, SOLIDIFIKACE-SOLIDIFICATION

Fig. 1 Scheme of municipal waste incinerator of SAKO Brno, plc¹

About 2 years ago, the flue gas treatment system in ZEVO Malešice was reconstructed. Now the plant disposes of a top multi-stage flue gas treatment system. The flue gas is first fed to a spray dryer for pre-treatment of dust particles, acidic components and heavy metals. The effect of the first stage is also the fact that water is evaporated from a washing suspension so that the waste leaves the system in the solid phase only. The flue gas continues passing to an electrostatic precipitator where particles are removed (the second treatment stage). Behind the electrostatic precipitator, a new combined catalyst (SCR - selective catalytic reactor) is integrated, where the degradation of nitrogen oxides and oxidative decomposition of dioxins and furans take place (DeNO_x and DeDiox catalytic reactor). The flue gas is thus deprived of nitrogen oxides, dioxins and furans, and is pre-treated in terms of acidic components, and particles are removed. Further it proceeds into the two-stage wet flue gas treatment system. There is a so-called pre-scrubber placed here, which dissociates chlorides, iodides, bromides and fluorides, and in the next stage the absorption SO₂ and SO₃ takes place as well. Thus, it is a five-stage flue gas treatment system. As regards the achieved emission levels, it is clear that all emission values are below ten per cent of the allowed limits, only CO reaches 30 % and NO_x 70 % of the level of emission limits².

A last modern municipal waste incinerator in the Czech Republic was put into operation in Liberec (TERMIZO plc). The construction was commenced in 1997; the trial operation started in 1999 and was

completed in 2000 by final building acceptance. The incinerator has a capacity of 96,000 tonnes of waste per year, has one incineration line with a moving grate of the Von Roll system with a capacity of 12 tonnes per hour. The made preheated water steam is supplied to a local heating system.

Currently the construction of other municipal waste incinerators is considered, which would partly address the issue of waste management at regional levels. In all the cases the usage of conventional grate boilers is considered.

The projects in the Moravia-Silesian Region (KIC Odpady) and the Pilsen Region (ZEVO Chotíkov) are developed the most.

The project preparation of the KIC Odpady, a.s. incinerator (Regional Integrated Centre of Waste Management) is at an advanced stage. The project has passed the assessment of the impacts of construction on the environment; land-use and building proceedings. The incinerator should be put into operation in 2015. Currently, its realization is suspended due to the action against the validity of the building permit filed by a civic association. The incinerator design parameters are 192,000 tonnes of used municipal waste; the turbine output is 15 MW_e. There are two variants of the overall energy balance. The first variant assumes 90 GWh of electricity per year and 576 TJ of heat per year when taking out heat in hot water. The second, more likely option assumes the supplies of 20 GWh of electricity per year and 1,152 TJ of heat per year when taking out heat in steam of 1.1 MPa.

The planned Plant for energy recovery from municipal waste (ZEVO) in Chotíkov near Pilsen should also operate in a cogeneration mode³. Up to 100,000 tonnes of municipal waste⁴ per year should be used for energy recovery. Its commissioning is planned for 2015. Currently, the project passed the environmental impact assessment, planning procedure and building permit.

The Highlands Region prepares the project Integrated waste management system in the Highlands Region whose part is a municipal waste incinerator as well.

Other upcoming projects:

- The company United Energy, a.s. is preparing the construction of plants for energy recovery from waste at the premises of the Komořany heating plant with an annual capacity of 100 to 150 thousand tonnes of waste. The commencement of operation is also planned for 2015.
- Further construction of the municipal solid waste (MSW) incinerator being considered is located at the premises of the Opatovice power plant. Its capacity should be about 100,000 tonnes of incinerated waste and the heat should be used in the agglomeration of Pardubice and Hradec Králové.

Gasification of waste

The essence of gasification is the conversion of carbonaceous materials at higher temperatures (above 800 °C) into combustible gaseous substances under the supply of under-stoichiometric amount of air or other oxidising agent. The gasification is a strongly endothermic process. The advantage is that due to the high temperatures there are no problems with the formation of toxic dioxins, furans and polycyclic aromatic hydrocarbons. The reducing environment prevents the formation of nitrogen oxides⁵.

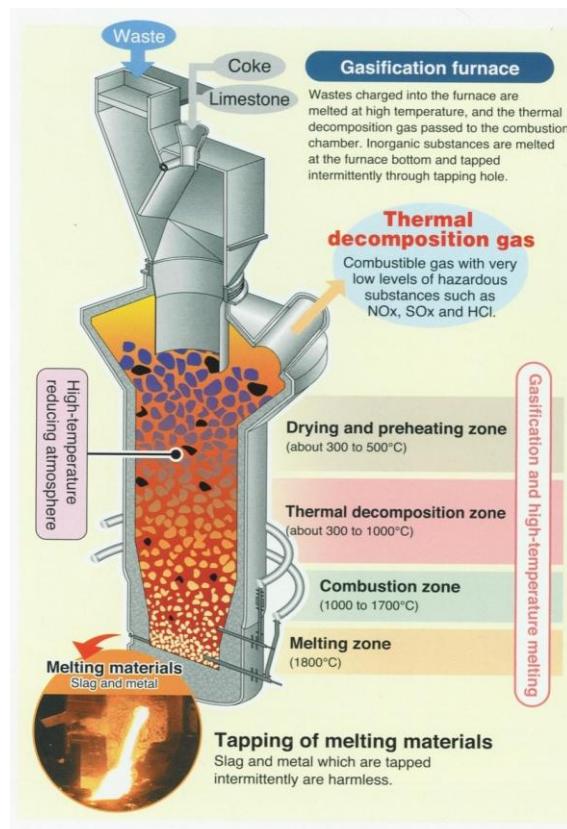


Fig. 2 Kazusa Clean System – gasification and melting furnace⁶

The gasification is partial combustion of organic compounds forming gases which can be used as a raw material (using reform processes) or as a fuel. The gasification processes are suitable for the treatment of municipal waste, some hazardous waste and dried sewage sludge.

Very interesting structures are e.g. gasification units working in the plant for energy recovery from municipal waste of the company Kazusa Clean Systems Co., Ltd. The plant was built in Kisarazu City, in the Japanese Prefecture of Chiba, by the firm Nippon Steel Engineering Co., Ltd.⁶ (see Fig. 2).

In the gasification furnace, the temperature of up to 1,800 °C is reached in the melting zone (here municipal waste is melted in the last phase), while the leaving slag is granulated in a water trough and then crushed. From the slag, metals are obtained by magnetic separation, and the rest is used in civil engineering.

The gas comes into the combustion chamber, where it is burned. Flue gases are fed to the waste heat boiler which produces superheated steam driving the turbine and the generator, producing electricity. Units are available with a capacity of 100 or 125 tonnes of municipal waste per day. The company Kazusa Clean Systems Co., Ltd. has 2 units in place for processing 100 tonnes of municipal waste per day and 2 units for processing 125 tonnes of municipal waste per day. The output of the generators is then 3,000 kW_e and 5,000 kW_e⁶.

Flue gases are cleaned in a multistage process as is the case of the ZEVO Malešice plant and, also, as projected for the *Plant for energy recovery from municipal waste Chotíkov (ZEVO Chotíkov)*, including the SCR - the DeNO_x and DeDiox catalytic reactor.

Pyrolysis

Pyrolysis is the thermal decomposition of organic materials in the absence of oxygen-containing media (air, carbon dioxide, water vapour) which leads to the formation of gaseous, liquid and solid fractions. This process is an alternative to combustion.

The essence of this method is that organic compounds are less stable at higher temperatures. High molecular substances are decomposed to low molecular ones, which leads to their breakdown into

volatile products and coke. Pyrolysis is carried out at the temperatures ranged from 150 °C to 1,000 °C. According to the temperatures, we distinguish:

- Low-temperature pyrolysis (reaction temperature up to 500 °C),
- Medium-temperature pyrolysis (reaction temperature from 500 °C to 800 °C),
- High-temperature pyrolysis (reaction temperature above 800 °C).

Advantages of pyrolysis processes⁷: Easier and less capital-intensive plants, produced fuels are easily merchantable, than heat and steam, there is only a small fraction of gaseous products of incineration compared to the same amount of fuel.

Disadvantages of pyrolysis processes: Sometimes more expensive operation, sometimes a problem to remove the pyrolysis residue (pyrolysis coke), liquid hydrocarbons.

Pyrolysis can be used in addition to the thermal treatment of municipal waste and sewage sludge also to treatment of plastic waste and used tires.

For a long time, the pyrolysis and gasification of coal are considered to be very promising also in the field of energy recovery from waste. Although research in this area is quite wide and technological development is well advanced, neither of these technologies is still established in the waste area so that the future operator could get it complete, as we say "turnkey". This is currently a big problem, because there is nothing in this field in the Czech Republic the entrepreneurs could equipped with the intended operations for treatment of waste (municipal waste, tires) that they would like to operate as a plant for waste energy recovery⁴.

One of the plants that is, however, offered in our country for tire processing (other types of waste can be used as well), is the M3RP pyrolytic line from the supplier AmbientEnergy LLC (USA), the SCOGEN manufacturer (India)⁸. Another plant is the one from the SIMUL trust Ltd. company (nowadays HEDVIGA Ltd., Czech Republic), with a trade name PTR (= engl. STD – slow thermal decomposition), which is able to use both waste rubber materials, tires and municipal waste, and a variety of other waste (sewage sludge, waste oil, plastics, biomass)⁹. Pyrolysis plant PTR 1000 (Hedviga Ltd.) is connected with the cogeneration unit Cento T 160-200 (manufacturer TEDOM, plc, Czech Republic)¹⁰.

The experimental part, results and discussion

Emission values of flue gases from pyrolysis plant PTR 1000 (manufacturer Hedviga Ltd., Czech Republic) measured behind the cogeneration unit Cento T 180 are shown in Table 1. Emission was measured during pyrolysis process of used tires in spring 2013¹⁰.

Measured emission values was lower than Czech emission limits for cogeneration units, in case Czech emission limits for incineration of waste are much lower than these limits (see Table 1).

Table 1: Measured emission values – Pyrolysis plant PTR 1000 (manufacturer Hedviga Ltd., CR)

| Parameters | Average values | Emission limits | Remarks |
|------------------------|----------------------------|-------------------------------|--|
| NO _x | 424 mg/Nm ³ | 500 mg/Nm ³ | Emission limits (CR) for cogeneration units |
| CO | 104 mg/Nm ³ | 650 – 1300 mg/Nm ³ | Emission limits (CR) for cogeneration units |
| Total dust | 0,55 mg/Nm ³ | 10 mg/Nm ³ | Emission limits for incineration of waste (CR) |
| HF | 0,09 mg/Nm ³ | 1 mg/Nm ³ | dettó |
| HCl | 1,85 mg/Nm ³ | 10 mg/Nm ³ | dettó |
| PCDD/F (Σ TEQ) | 0,0307 mg/Nm ³ | 0,1 mg/Nm ³ | dettó |
| Hg metals | 0,01600 mg/Nm ³ | 0,05 mg/Nm ³ | dettó |
| Cd metals | 0,00088 mg/Nm ³ | 0,5 mg/Nm ³ | Emission limits for incineration of waste (CR) |
| PAH | 0,813 mg/Nm ³ | 1 mg/Nm ³ | Emission limit EU |

Conclusion

Currently, we get only about 3.6 million GJ of energy at the average calorific value of mixed municipal waste (MMW) of about 10 MJ/kg and the actual annual burning about 360 thousand tonnes of MMW. According to well-known balances and overviews of the current waste management and following the strategy of development of waste management, it is stated that in 2020 it will be necessary to operate the plants for energy waste recovery with a total annual processing capacity of 2.0 million tonnes of MMW. With an average calorific value of mixed municipal waste, we obtain at least 20 million GJ of energy (potential energy) per year through the energy recovery of that amount of waste [11].

The capacity of three municipal waste incinerators in our country is about 600 thousand tonnes of waste (MMW) per year. The use of selected and modified municipal waste in cement plants through the gasification and in biogas stations is about 350 thousand tonnes per year.

Thus, from 2 million tonnes, 600 thousand tonnes can be processed in existing incinerators, in the three planned incinerators another 400 thousand tonnes, and in other energy waste recovery plants, 350 thousand tonnes of municipal waste. To the year 2020, about 650 thousand tonnes of mixed municipal waste still remains, which we will not be able to put on landfills.

It should be noted that the waste energy recovery saves e.g. an equivalent of the brown coal volume, which would otherwise have to be extracted and consumed in power plants and heating plants. It should also be pointed out that no matter how well cleaned flue gases from power plant processes are, their quality is incomparable with that of treated flue gases from waste energy recovery processes. The above facts should be taken into account in drafting the energy policy in the Czech Republic for the next period.

List of symbols

| | |
|-------------------|----------------------------|
| CR | Czech Republic |
| GJ | giga joule |
| MJ | mega joule |
| MW | mega watt |
| MMW | mixed municipal waste |
| MSW | municipal solid waste |
| PTR (= engl. STD) | slow thermal decomposition |

References

1. Materials from SAKO, a.s. Brno. 2011. (in Czech)
2. An incinerator needs an attractive look. Waste Forum, No. 5, 2011, pp. 8 – 10. (in Czech)
3. Vurm K. et al.: Environmental Impact Assessment Documentation as of Appendix 4 to Act No 100/2001 Coll., as amended, for the project „Municipal-Waste-to-Energy Plant Chotíkov (ZEVO Chotíkov)“. Prague: Chemoprag, Ltd., August 2011. 159 p. (in Czech)
4. Lapčík V.: Expert Report for Environmental Impact Assessment Documentation as of Appendix 5 to Act No 100/2001 Coll., as amended, for the project „Municipal-Waste-to-Energy Plant Chotíkov (ZEVO Chotíkov)“. Prepared for the Regional Office of the Plzeň Region. Ostrava, December 2011. 98 p., photo-documentation (2), appendices (2). (in Czech)
5. Obroučka K.: *Thermic waste disposal and energy recovery*. 1st edition. Ostrava: VŠB-Technical University Ostrava, 2001. 140 p. ISBN 80-248-0009-8. (in Czech)
6. Materials from Kazusa Clean Systems Co., Ltd. Nippon Steel Engineering Co., Ltd., Environmental Solution Division, Japan. 11 p., 2012.
7. Integrated prevention and reduction of pollution: Reference document on best available technologies of waste incineration. Prague: CENIA, Czech Information Environmental Agency [online], 2005 [accessed on 2012-04-24]. Available at <http://www.cenia.cz/web/www/webpub2>. (in Czech)
8. Skořepa J.: Environmental Impact Assessment Documentation as of Appendix 4 to Act No 100/2001 Coll., as amended, for the project „Velká Dobrá – pilot and demonstration line for waste disposal using vacuum pyrolysis“. 2010. 43 p. (in Czech)

9. Materials from SIMUL trust Ltd. (HEDVIGA Ltd., Czech Republic). 2012. (in Czech)
10. Lapčík V.: Environmental Impact Assessment Notification as of Appendix 3 to Act No 100/2001 Coll., as amended, for the project „Technology of Energy Recovery from Waste - Pyrolysis Tušimice“. 2013. 98 p., photo-documentation (6), appendices (16). (in Czech)

Energetické využití komunálního odpadu v České republice

Vladimír LAPČÍK

VŠB - Technická univerzita Ostrava, IEI HGF, IET, tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba,
e-mail: vladimir.lapcik@vsb.cz

Souhrn

Příspěvek shrnuje možnosti energetického využití komunálního odpadu. Popsána je historie spalování a energetického využití komunálního odpadu v Československu a poté v České republice. Pozornost je věnována třem v současnosti provozovaným zařízením na energetické využití komunálního odpadu v České republice (ZEVO Malešice, SAKO Brno a TERMIZO Liberec). Dále jsou uvedeny charakteristiky připravovaných zařízení na energetické využití komunálního odpadu v ČR. Všechna uvedená zařízení pracují v zásadě na bázi rošťových kotlů s čištěním spalin na nejvyšší možné technické úrovni. Příspěvek také uvádí další technologie, které je možno využít pro energetické využití komunálních odpadů – jedná se o zplyňovací a pyrolýzní jednotky. Závěr příspěvku je věnován současné a budoucí situaci v oblasti energetického využití komunálních odpadů v České republice s ohledem na platné právní normy.

Klíčová slova: Komunální odpad, využití energie, spalování odpadu v rošťových pecích, zplyňování odpadu, pyrolýza.

Technology for maintaining cleanliness of heat exchange surfaces of combustion equipment

**Ladislav PAZDERA, Veronika BLAHŮŠKOVÁ, Adrian PRYSZCZ,
Kateřina CHAMRÁDOVÁ, Pavel VDOVIČÍK, Karel OBROUČKA**

VŠB-TU Ostrava, The Institute of Environmental Technology, 17. listopadu 15,
Ostrava - Poruba 708 33

e-mail: ladislav.pazdera@vsb.cz

Summary

The formation of deposits on heat exchange surfaces of combustion equipment causes a decrease in heat exchange, a decrease in power, and consequently deterioration in the economic balance of combustion equipment. In order to decrease or limit the formation of deposits, a lot of mechanical systems are operated for cleaning, such as blow cleaning or jet washing, chipping, as well as vibration or acoustic methods. Besides mechanical methods, chemical methods can also be used.

This article focuses on the experimental use of the French technology DRIVEX. This technology is used for lowering the amount, as well as altering the physiochemical character, of the deposits forming on heat exchange surfaces of the combustion equipment during its operation. These changes should reduce the time necessary for cleaning, or lengthen the maintenance interval for various types of combustion equipment.

Verifying the DRIVEX technology mainly aims at reducing the amount of deposits formed on heat exchange surfaces. The operation of the hazardous waste incinerator of the company SITA CZ in Ostrava was selected for the experiment.

Key words: combustion equipment, heat exchange surfaces, DRIVEX, cleaning deposits

Introduction

The issue of cleaning energy equipment including communal waste (hereinafter referred to as CW) and industrial waste (hereinafter referred to as IW) incinerators is currently being solved intensively both in this country and abroad. At minimum investment and operating costs, these technologies are supposed to increase energy efficiency of the equipment, lengthen the time of the operational campaign and contribute to environmental protection. Even if the basic conditions necessary for combustion are fulfilled, i.e.: the air/fuel ratio, sufficient mixing of air and fuel and sufficient combustion temperature, unburnt gaseous and solid residues (ashes, slags) form during combustion.

The combustion products contain nitrogen, sulphur, chlorine, fluorine derivatives, etc., as a result of element transformation during the combustion process. These derivatives are very dangerous for the environment, as well for ceramic and metal materials used in the construction of burning equipment. The melting temperature of ash forming during the combustion of fossil fuels, IW or CW, is very low. This temperature is lower than the surface temperature of materials (both metal and ceramic) inside the combustion chamber as well as in the linked technological units. Some ashes, especially vanadium-sodium ones, formed during the combustion of heavy fuel oils, are extremely aggressive with respect to corrosion, if the temperature of heat exchange surfaces reaches values of 450 - 500°C.

Unburnt carbon residues, which are able to bind SO₃, also contribute to the increased risk of low-temperature corrosion and to forming very hard and strongly adhering deposits in "cold" parts of the combustion equipment (superheaters, economisers, etc.). This is the basis for forming acidic combustion products in the equipment burning heating oils with high content of sulphur, which subsequently become the source of air pollution.

Unburnt particles and ash are carried away by combustion products. Melted and partially-melted ash is caught on heat exchange surfaces and causes a progressive growth in the deposited layer. The deposits then cause a lowering of heat exchange on heat exchange surfaces and there is also decrease in power and combustion equipment yield. This is accompanied by the increase in the temperature of combustion products at the combustion equipment output. If these losses exceed certain limits, it is necessary to change the mode of operation of combustion equipment; besides, flues could be completely clogged. If the combustion equipment is not provided with devices for cleaning combustion products (cyclones, textile filters, electrostatic filters, washers, etc.), some solid particles, which are not caught on the walls of the combustion equipment, are subsequently released into the atmosphere, which results in air pollution.

"Mechanical" Technologies for Maintaining Cleanliness of the Combustion Equipment

To decrease the formation of deposits (resulting in the equipment being shut down, increases in fuel consumption, etc.), a lot of systems for cleaning have been designed and operated. The best known methods include blow cleaning or jet washing of heat exchange surfaces^[1-3]. There are also vibration, chipping and acoustic mechanical systems for removing the deposits falling off to the grates or to the lower parts of the combustion area or individual flue drafts^[4]. In general, it can be concluded that these methods are efficient if the deposits are "dry", i.e. brittle and not so adherent. Failing that, the amount of the deposits increases until it is necessary to shut down the equipment due to cleaning.

Air and steam blowers are generally devices with high power consumption and they also need intensive maintenance to be efficient enough^[5]. Moreover, if the blowing device is not absolutely clean (if it contains some water), it will result in low-temperature corrosion, which is hazardous for metal parts of the equipment. If the combustion equipment is not provided with a dedusting device, the operation of cleaning equipment is always connected with considerable increase in the content of dust in combustion products released into the atmosphere. Using these cleaning systems results in an increase of emissions also in the case of equipment provided with a dedusting device.

"Non-Mechanical" Technologies for Maintenance of Cleanliness of the Combustion Equipment

The idea to use a chemical agent which has an impact on deposit forming on heat exchange surfaces as well as on the walls of the combustion equipment is not new. Using common salt to activate combustion and removing soot was already known to our ancestors. There is one significant disadvantage connected with this method - accelerated decay of metal components, on which chlorates form due to contact with salt. It is essential that the proposed chemical methods for cleaning the internal parts of combustion chambers and boilers meet technical as well as economic criteria.

Experimental Part

Verifying the DRIVEX technology mainly aims at decreasing the amount of deposits formed on heat exchange surfaces (Figure 1, 2). It was necessary to identify their location in the combustion line. The operation of the hazardous waste incinerator of the company SITA CZ in Ostrava (Figure 3)^[6] was selected for the experiment. After localization and discovering the amount of deposits in the combustion part of the line, a balance sheet of application of the technology was processed and time schedule for the experiment was determined in compliance with the planned shut downs. It was agreed that one nozzle, fixed to the free flange at the front of the rotary kiln, would be used.

DRIVEX 2200 was selected as the reagent. Drivex 2200 is liquid substance with pH 6.9, whose main component is magnesium (65.5 g/l). Magnesium, as the main component of the Drivex 2200 solution occurs in the form of magnesium oxide MgO and in the form of magnesium chloride MgCl₂. The specific weight of the DRIVEX 2200 reagent is 1,200 kg/m³^[7].



Figure 1: Deposits on the walls on the entrance in the 1st boiler draft - during reconstruction



Figure 2: Deposits on the heat exchange surfaces in the 2nd boiler draft

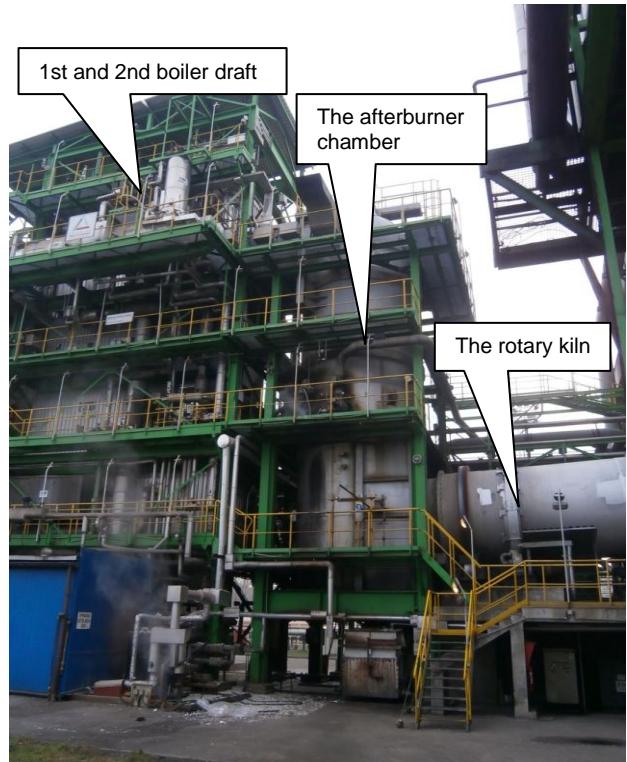


Figure 3: View of the combustion part of the line

After agreeing on the location of the equipment, the technology was installed in cooperation with the workers of the company DRIVEX. For its operation, the equipment itself needs connection to operational compressed air (6 bars), a programmable automatic machine and its accessories (metering pump) and a power supply 400 V/3f. The so-called eurocontainer containing the reagent DRIVEX 2200 and metering pump are connected by a hose. After installation work was completed, on the basis of an inspection of the combustion equipment during shut down, and the analysis with respect to the amount and character of the deposits in the combustion and adjoining areas, the programmable automatic machine was set, according to empiric experience, to injection every 4 hours and the initial batch of 8.6 l / 1 injection, which corresponds to 8 kg of reagent per 10 tonnes of processed waste. This batching was started after shut down during which surfaces in the rotary kiln, clarifier chamber and transfer to the 1st boiler draft were cleaned.

The size of reagent batches was gradually reduced during the experiment, the initial high batches aimed at creating a protective film on the heat exchange surfaces of the equipment. The proper test was finished at the moment when the incinerator equipment switched to the cooling mode due to the planned technology shut down. To find out the status of the deposits after the test, it was possible to enter the equipment after 4 days of cooling; photographic documentation of the status was made and deposit samples were collected for the subsequent analyses. The total amount of the injected DRIVEX 2200 reagent during the test was 2,188 l.

Table 1: The parameters of the Drivex 2200 reagent batching

| Process duration / day | batched amount (l) / injection | Batching period / 24 hours |
|------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 7 | 8.6 | 6 times every 4 hours |
| 7 | 6.3 | 6 times every 4 hours |
| 64 | 4.3 | 6 times every 4 hours |
| 14 | 2.0 | 6 times every 4 hours |
| In total 92 days | | |

The supposed kinematics of the reagent being carried by the combustion products is shown in Fig. 4.

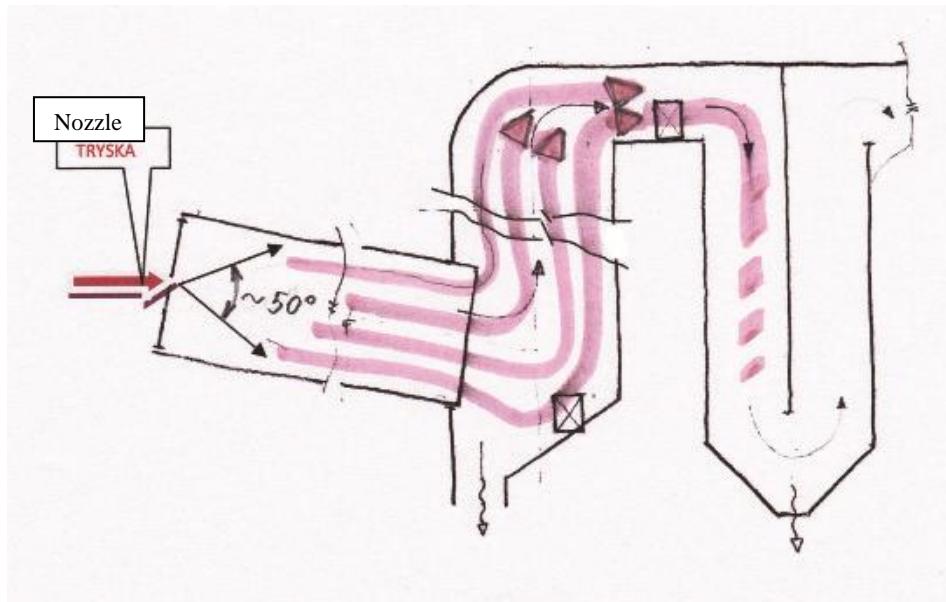


Figure 4: Splash and supposed "carrying" of the reagent by the combustion products

The Results of the Experiment and the Discussion

With respect to the reliability of the equipment, it can be observed that during the whole period of the experiment (from 27th April 2012 to 27th July 2012) i.e. 92 days, there was only one failure of the DRIVEX equipment, caused by an interruption of the supply of compressed air; due to that, one batch of reagent was skipped. During the experiment, the injector was checked as well. In the course of the experiment, the injector showed normal wear, even if it was located in an area with a temperature of 700 – 800 °C.

The result of the experiment is expressed from two points of view:

a) Numerical expression

To evaluate the possible benefits of the DRIVEX technology, two comparative periods were selected and the efficiency of the combustion process and heat exchange was evaluated. The stated parameters show an increase in the efficiency of the heat change during the period when the reagent DRIVEX was used, see Tab. 2.

Table 2: The technology parameters with and without the reagent DRIVEX

| The Selected Comparative Parameters | The average 10-day values before shut down without DRIVEX | The average 10-day values before shut down with DRIVEX |
|--|---|--|
| The amount of the processed waste (t / h) | 2.65 | 2.52 |
| The amount of steam (t / h) | 6.80 | 7.84 |
| The temperature of overheated steam (°C) | 240 | 278 |
| The temperature of the combustion products at the output from the afterburner chamber (°C) | 1050 | 1175 |
| The temperature of the combustion products at the output from the boiler (°C) | 336 | 322 |

b) The statement - evaluation resulting from the visual observation of the result

On the basis of visual findings realized during shut down after the experiment, it was proved that the walls of the rotary kiln, or its fireproof lining show no atypical wear, the walls of the afterburner chamber were covered with a vitreous layer. On the right part of the afterburner chamber, more voluminous and harder deposits were detected. This difference could have been caused by the subsequent penetration of parasitic air through leaks caused by a damaged seal on the hatch door leading to the afterburner chamber. The workers who do the cleaning found out that the amount of deposits in the lower part of the afterburner chamber decreased and their nature changed, but the deposits partly "moved" from the usual zones of the afterburner chamber and the transfer to the 1st draft further to the lower zone of the 1st draft of the boiler and partly also the lower part of the 2nd draft (see Figure 5). Removing the deposits was ultimately more efficient, and according to the operation workers, cleaning took less time and it was easier.

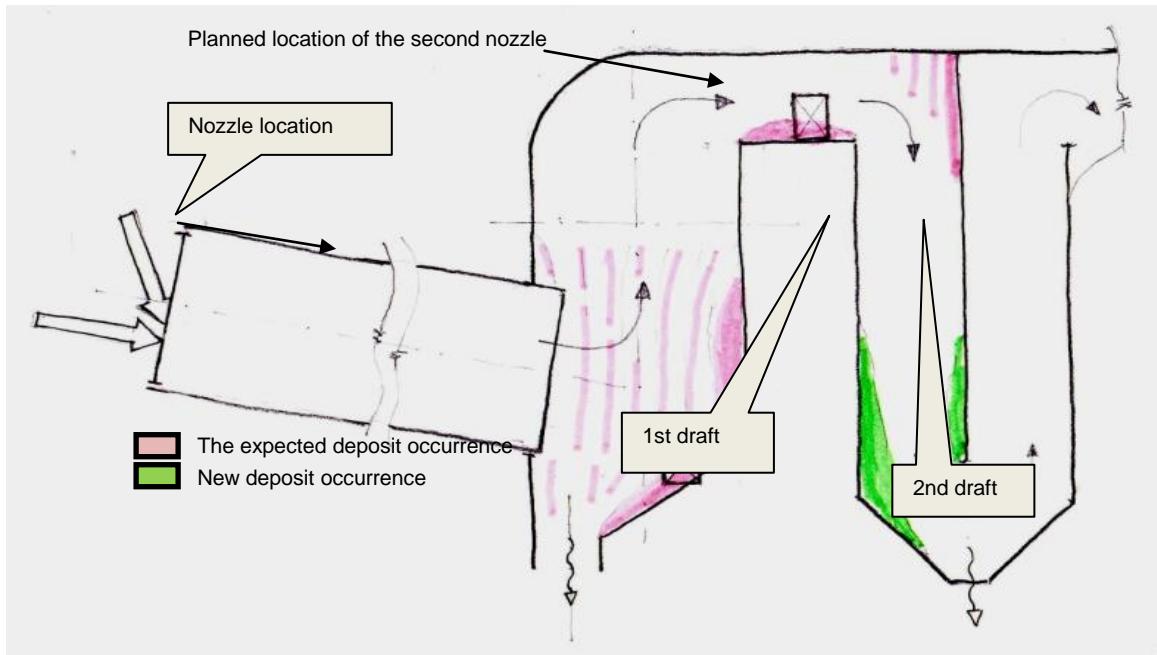


Figure 5: Deposit occurrence after the experiment

Conclusion

It can be concluded that using the DRIVEX technology resulted in a decrease in the amount of the deposit formed and their properties. The deposits were more brittle and they could be removed more easily.

The analysis of the experiment result showed that for the following experiment, it would be suitable to connect another nozzle into such a location of the technology which would prevent clinging of the transferred deposits detected in the experiment, see Figure 5.

Acknowledgement

This article was written within the framework of the Specific Student Grant of the Czech Republic, registration number SV600332101 "Technology for preventive maintenance heat transfer surfaces energy systems in operation" and EU support under the project registration no. CZ.1.05./2.1.00/03.0100 with the title: "Institute of Environmental Technology".

References

- [1] Yamamura, M., Uchinomiya, T., Mawatari, Y., Kage, H.: *Drying-induced surface roughening of polymeric coating under periodic air blowing*, AIChE Journal 55 (7) , 1648 (2009).
- [2] Yu-Dong, Z., Zheng-Yang, G.: *The study on soot-blowing optimization based on theory of specific entropic generation*. Předneseno Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC) , Wuhan, China, 28 – 31st. March 2009.
- [3] Breeding, Ch., Tandra, D., Shah, S.: *Boiler Cleaning Using ISB (Intelligent Soot Blowing) System Integration*. Předneseno ASME 2010 Power Conference (ASME), Chicago, USA, 13 – 15th July 2010.
- [4] EFFENBERGER, Helmut: Dmpferzeugung. Springer – Verlag Berlin. 2000. s. 853.
- [5] Clyde Bergemann – Products [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z WWW:http://www.clydebergemann.de/content_manager/go/ID2493dbc/c3684a68a07ad8c52ae7cfb1fe6ae6ad9
- [6] Corporate Materials Company SITA CZ a.s.
- [7] Corporate Materials Company A.I.T. DRIVEX.

Technologie pro udržování čistoty teplosměnných ploch spalovacích zařízení

Ladislav PAZDERA, Veronika BLAHŮŠKOVÁ, Adrian PRYSZCZ, Kateřina CHAMRÁDOVÁ, Pavel VDOVIČÍK, Karel OBROUČKA

VŠB-TU Ostrava, Institut environmentálních technologií, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba 708 33, e-mail: ladislav.pazdera@vsb.cz

Souhrn

Tvorba úsad na teplosměnných plochách spalovacích zařízení způsobuje snížení tepelné výměny, snížení výkonů a tedy i zhoršení ekonomické bilance spalovacích zařízení. Za účelem snížení nebo omezení tvorby úsad je provozována řada mechanických systémů pro čištění jako např. ofukování teplosměnných ploch parou, nebo ostříkem vody, dále oklepávací, vibrační a akustické metody. Vedle mechanických metod je možno použít i metod chemických.

Článek nám přibližuje experimentální použití francouzské technologie DRIVEX. Tato technologie se využívá ke snížení množství a ke změně fyzikálně-chemického charakteru úsad vznikajících na teplosměnných plochách spalovacích zařízení za provozu. Důsledkem těchto změn by mělo dojít ke zkrácení potřebné doby čištění nebo prodloužení intervalu údržby pro různá spalovací zařízení.

Cílem ověření technologie DRIVEX je především snížení množství vznikajících úsad na teplosměnných plochách. Pro experiment byl zvolen provoz spalovny nebezpečného odpadu společnosti SITA CZ v Ostravě.

Klíčová slova: spalovací zařízení, teplosměnné plochy, DRIVEX, čištění úsad

Má konkurenční prostředí vliv na výdaje obcí na nakládání s komunálním odpadem v ČR?

Jana SOUKOPOVÁ, Ivan MALÝ, Vojtěch FICEK

Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, Katedra veřejné ekonomie,
Lipová 41a, 602 00 Brno, e-mail: soukopova@econ.muni.cz

Souhrn

Článek obsahuje výsledky analýzy konkurenčního prostředí v odpadovém hospodářství. Pro analýzu byl zvolen Pardubický kraj a období 2008 – 2012. Autoři navazují na výzkum, který byl proveden v Jihomoravském kraji v období 2007 – 2011 a nepotvrdil, že by konkurenční prostředí mělo teoreticky očekávatelný vliv na výdaje obcí na nakládání s odpady. Jedním z důvodů tohoto zjištění mohou být prokázané deformace konkurenčního prostředí v Jihomoravském kraji, jak je deklaroval ve své zprávě ÚOHS. Pro posílení vypovídací hodnoty výsledků předchozího výzkumu vybrali autoři jiný kraj a zkoumané období rozšířili o rok 2012. Výsledky analýzy na sledovaném vzorku obcí ukazují, že ani v Pardubickém kraji nelze jednoznačně prokázat ovlivňování výše výdajů obcí konkurenčním prostředím. Zajímavé je však zjištění, že po očištění dat o údaje obcí, jejichž smluvním partnerem byla některá ze společností jmenovaných nálezem ÚOHS jako účastníků kartelové dohody, výsledky hypotézu o vlivu konkurence potvrzují. Autoři se domnívají, že tím byl částečně potvrzen deformující vliv kartelu na konkurenční prostředí a výdaje obcí v Pardubickém kraji.

Klíčová slova: odpadové hospodářství, konkurenceschopnost, výdaje obcí na nakládání s komunálním odpadem, kartel

Úvod

Při zpracování analýzy konkurenčního prostředí jsme vycházeli z již provedených výzkumů v ČR i v zahraničí, kdy první práce týkající se vlivu charakteru tržního prostředí a konkurence na odpadové hospodářství najdeme v 70. letech 20. století především v USA [2-3]. Z výsledků výzkumů, které byly provedené Savasem [1] a Stevensovou [2] vyplývá, že konkurence má vliv na výši veřejných výdajů. Stevensová [2] také upozorňuje na fakt, že v odpadovém hospodářství u malých obcí tento vliv může být převýšen efektem úspor z rozsahu, případně efektem úspor z hustoty osídlení a zejména v případě menších obcí doporučuje vytváření homogenních svozových oblastí a jejich obsluhování regionálním monopolem z hlediska úspor nákladů. Od 70. let se výzkum zaměřoval na další proměnné jako např. charakter svozové společnosti [3-4], způsob kontrahování [5-6], transakční náklady [7]. Výzkumy posledních let řeší v této oblasti především problematiku PPP [8-9]. V České a Slovenské republice je problematika odpadového hospodářství a výdajů obcí zkoumána spíše z pohledu kontrahování [10-12].

Tento článek navazuje na již provedený výzkum autorů v Jihomoravském kraji [13-14] a jeho cílem je ukázat na studii obcí Pardubického kraje, zda při poskytování služeb nakládání s odpady hraje roli síla konkurenčního prostředí. Výzkum provedený v Jihomoravském kraji nás vedl k závěru, že „není možné potvrdit, že by síla konkurenčního prostředí měla vliv jako faktor ovlivňující objem výdajů na nakládání s odpady“ [13]. To může být také tím, že v letech 2007 - 2011 bylo konkurenční prostředí deformováno, jak konstatuje ve svém nálezu Úřad pro ochranu hospodářské soutěže (ÚOHS) [15], který odhalil zakázané dohody na základě vlastního šetření a v září 2010 zahájil správní řízení se společnostmi ASA, SITA a van Gansewinkel. V roce 2011 pak bylo správní řízení rozšířeno o firmu AVE. V rámci vyšetřování ÚOHS zjistil, že uvedení soutěžitelé si mezi lety 2007 a 2011 (SITA a van Gansewinkel pouze v letech 2008 až 2010) prostřednictvím vzájemných kontaktů a výměny informací rozdělovali zákazníky, když mezi sebou koordinovali svůj postup ve veřejných zakázkách (tzv. bid rigging) v oblasti nakládání s odpady. Tento fakt nás vedl k tomu, ověřit výsledky výzkumu vlivu konkurenčního prostředí v jiném kraji ČR při zachování stejných metod výzkumu a stejné výzkumné otázky. Pro analýzu pak byl zvolen Pardubický kraj a období 2008 – 2012.

Cílem výzkumu bylo potvrdit či vyvrátit hypotézu H_0 , že **vliv konkurence na ceny bude vyšší u obcí, které mají sousedy s jiným smluvním partnerem, neboť je zde předpoklad nižších marginálních nákladů konkurenční společnosti při zvažování expanze a převzetí nového klienta.**

Metodika a data

Při analýze vycházíme z dat výdajů na nakládání s odpady obcí. Ty jsou vykazovány podle odvětvového třídění rozpočtové skladby [16]. Pro analýzu byly zvoleny následující položky (paragrafy) rozpočtové skladby: 3722 - Sběr a svoz komunálních odpadů a 3725 - Využívání a zneškodňování komunálního odpadu. Tyto výdaje tvoří více než 85% celkových výdajů obce na nakládání s odpady v celé ČR. Proto byla následně provedena analýza a porovnání nákladových a cenových vztahů a konkurenčního prostředí pouze u těchto výdajů. Navíc se v rámci Pardubického kraje u obcí s výjimkou města Pardubice¹ objevovaly pouze výdaje na následující položky (paragrafy):

- 3722 - Sběr a svoz komunálních odpadů,
- 3725 - Využívání a zneškodňování komunálního odpadu a
- 3729 - Ostatní nakládání s opady.

Výdaje na prevenci vzniku odpadů a monitoring nakládání s opady (paragrafy 3726 a 3728) se u obcí v Pardubickém kraji vůbec neobjevily nebo nebyly v daných paragrafech evidovány.

Analýza výdajů na nakládání s odpady provedená v rámci výzkumu byla zaměřena pouze na faktor konkurence jako indikátoru ovlivňujícího výši výdajů obcí na nakládání s odpady. Faktor efektu úspor z hustoty osídlení nebyl pro Pardubický kraj zkoumán z důvodu rovnoměrné hustoty obyvatelstva v kraji. Navíc obce, spadající do 5-tého a 95-tého percentilu $Q_{0,5}$ a $Q_{0,95}$ byly z analýzy vyňaty.

Pro analýzu byla použita data výdajů obcí na odpadové hospodářství z automatizovaného rozpočtového systému ARIS Ministerstva financí České republiky (MF ČR) [17] a informačního systému ÚFIS Ministerstva financí ČR [18-19] za roky 2008 - 2012. Víme, že u těchto dat existuje riziko zkreslení způsobené tím, že výdajové i příjmové položky obcí nejsou v těchto systémech vždy vykazovány podle rozpočtové skladby. V důsledku její špatné znalosti pak dochází k vykazování výdajových nebo příjmových položek v rámci špatného paragrafu rozpočtové skladby. Tento fakt potvrzuje i námi provedené šetření v Pardubickém kraji, kdy u řady obcí (např. Srnojedy², Svinošice) dochází k účtování veškerých výdajů odpadového hospodářství na položku 3722 - Sběr a svoz komunálních odpadů. Proto by jistě vhodnějším zdrojem dat byly údaje autorizované obalové společnosti (AOS) EKO-KOM, a. s., která od roku 2001 vyhodnocuje ekonomické údaje obcí související s nakládáním s odpady. Avšak vzhledem k tomu, že společnost EKO-KOM tato data neposkytuje, byla pro analýzu využita data MF ČR, která jsou veřejně přístupná. Data o počtu obyvatel a rozloze obcí byla získána z Českého statistického úřadu [20]. Data o svozových společnostech byla zjištěna dotazníkovým šetřením u obcí, kdy byly zjišťovány informace o svozové společnosti, zajišťující služby nakládání s odpady v obci a o kvalitě této služby po celé období 2008 - 2012³.

Pro srovnání jednotlivých obcí Pardubického kraje byly použity výdaje na obyvatele. Výzkum byl proveden pro pětileté období na datech 2008 – 2012. Pro analýzu byla získána data pro všechn 451 obcí Pardubického kraje.

Pro analýzu jsme použili metodický aparát teorie množin a shlukové analýzy, pomocí něhož jsme na základě kritéria konkurenčního faktoru (počet sousedících obcí) roztrídili obce do skupin (množin). Následně jsme využili aparát deskriptivní statistiky, kdy jsme pro vzniklých pět množin obcí porovnali údaje o průměrných výdajích na obyvatele, střední hodnotě výdajů na obyvatele a směrodatné odchylce výdajů a obyvatele s množinou dat celého Pardubického kraje. Následně jsme využili hierarchickou

¹ Město Pardubice mělo výdaje na paragrafy 3721 - Sběr a svoz nebezpečných odpadů, 3722 - Sběr a svoz komunálního odpadu, 3723 - Sběr a svoz ostatních odpadů, 3725 - Využívání a zneškodňování komunálního odpadu, 3726 - Využívání a zneškodňování ostatních odpadů, 3229 - Ostatní nakládání s odpady.

² Dle místostarostky obce Srnojedy Elišky Vlašičové „...v paragrafu 3722 je zahrnut svoz komunálního odpadu, svoz tříděného odpadu, svoz bio odpadu, nájem odpadových nádob, svoz zahradního a velkoobjemového odpadu a svoz nebezpečného odpadu. Jedná se o likvidaci všech odpadů od občanů, ne jen o odpad komunální.“

³ Při dotazníkovém šetření bylo zjištěno, že v období 2008 - 2012 byla provedena změna svozové společnosti pouze u 5 obcí. Tyto byly z analýzy následně vyjmuty na základě vyšší směrodatné odchylky ve výdajích na obyvatele (150 Kč/obyvatele).

shlukovou analýzu a provedli jsme dekompozici do menších množin, kdy jsme jako základní proměnné pro algoritmus shlukové analýzy zvolili konkurenční prostředí a územní členění na okresy.

Kvůli porovnatelnosti výsledků této studie s předchozími [13-14] jsme v analýze také abstrahovali od vlivu případných úspor z rozsahu a důsledků rozdílů v hustotě osídlení na jednotkové náklady.

Před samotným testováním hypotézy H_0 bylo také nutné očistit data od výrazných odchylek. Z následných analýz a množin byly vyňaty obce, jejíž průměrné výdaje na jednoho obyvatele v letech 2008 až 2012 dosahovaly extrémních hodnot. Dělítkem takto pojmenovaných dat byl ukazatel směrodatné odchylky, jež byla na základě expertního odhadu stanovena na toleranci do 150 Kč na jednoho obyvatele a to dle charakteristiky dat v datovém souboru s přihlédnutím ke skutečnosti, že v pětiletém rozmezí lze předpokládat přirozený rozptyl mezi samotným rokem 2008 a rokem 2012. Díky tomu se vzorek snížil na 369 obcí.

Výsledky a diskuse

Na území Pardubického kraje působí 21 soukromých a veřejných společností, které ve 451 obcích zajišťují sběr a svoz komunálního odpadu. Následující tabulka uvádí jejich kompletní přehled včetně údaje o počtu obcí, na jejichž území vykonává předmětné služby.

Tabulka 1: Seznam svozových společností na území Pardubického kraje

| Svozová společnost | Charakter vlastnictví | Počet obcí |
|--|-----------------------|------------|
| .A.S.A., spol. s r.o. | SS | 3 |
| AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o. | SS | 51 |
| EKOLA České Libchavy s.r.o. | SS | 81 |
| CHLÁDEK Ivo-KUKA-spol. | SS | 5 |
| LIKO SVITAVY a.s. | SS | 53 |
| MP Pardubice | SS | 15 |
| SITA CZ, a. s. | SS | 23 |
| SOP a.s. | SS | 70 |
| Eko Bi s.r.o. | VS | 7 |
| KOS s.r.o. Jablonné nad Orlicí | VS | 9 |
| ODEKO s.r.o. | VS | 5 |
| Služby města Královice s.r.o. | VS | 2 |
| SmP Odpady a.s. | VS | 31 |
| Technické služby Hlinsko, s.r.o. | VS | 58 |
| Technické služby Chrudim 2000 spol. s.r.o. | VS | 3 |
| Technické služby Lanškroun, s.r.o. | VS | 2 |
| Technické služby Letovice | VS | 4 |
| Technické služby města Seč | VS | 8 |
| Technické služby Moravská Třebová s.r.o. | VS | 15 |
| Technické služby Opatov s.r.o. | VS | 1 |
| TS města Bystřice nad Pernštějnem a.s. | VS | 5 |
| CELKEM | | 451 |

Zdroj: autoři

Poznámka: SS - soukromá společnost, VS - veřejná společnost (podíl veřejného sektoru je větší než 50 %)

Z analýzy konkurenčního prostředí vyplývá, že síla konkurenčního prostředí je v Pardubickém kraji průměrná. Více než 65% obcí v kraji nemá v regionu tvořícím sousedícími obcemi žádnou konkurenční společnost nebo má pouze jednu konkurenční společnost a více než 90 % obcí má do dvou konkurenčních společností, viz následující tabulka.

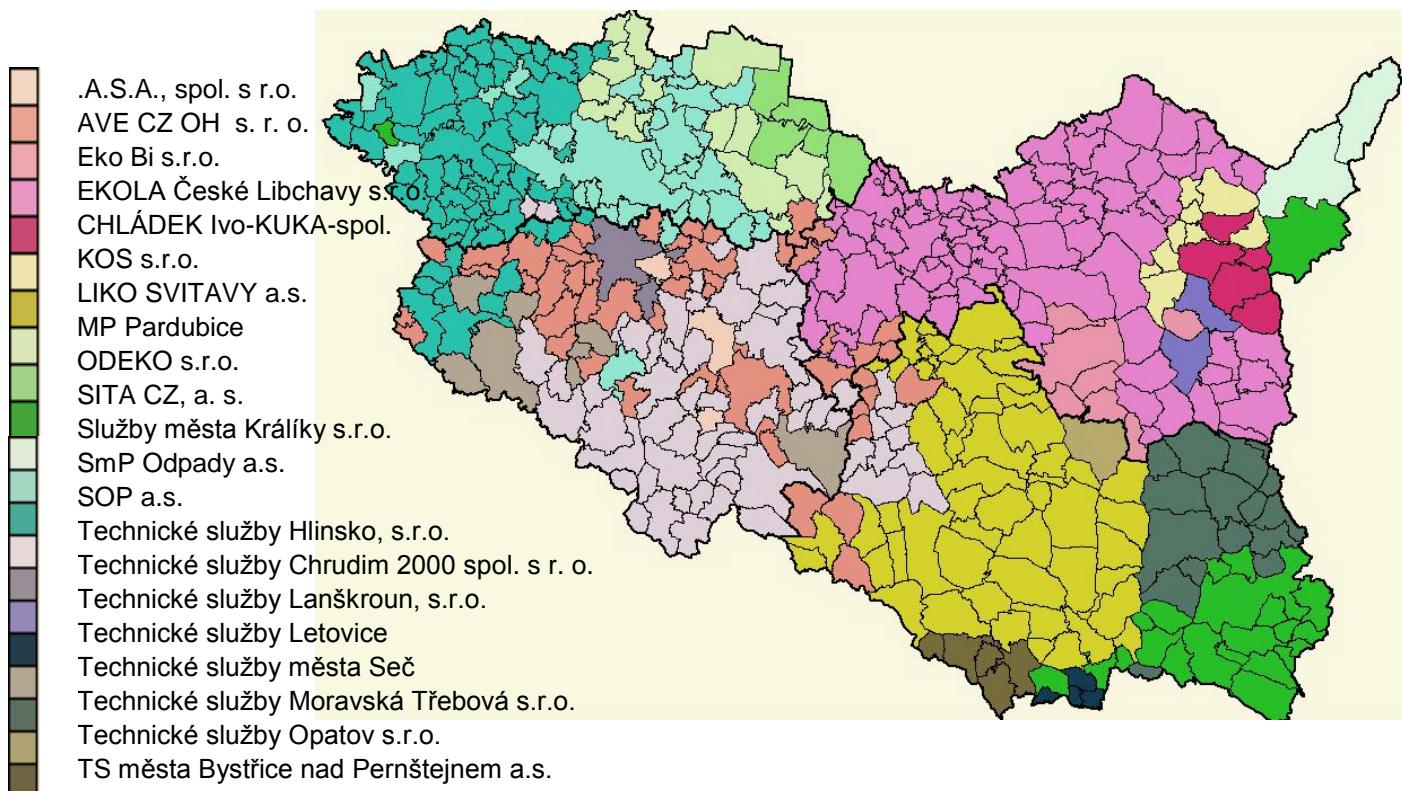
Tabulka 2: Charakter konkurenčního prostředí v obcích Pardubického kraje

| Počet konkurenčních společností | Počet obcí | Podíl na konkurenci v kraji |
|---------------------------------|------------|-----------------------------|
| žádná konkurenční společnost | 124 | 27,49% |
| 1 konkurenční společnost | 175 | 38,80% |
| 2 konkurenční společnosti | 116 | 25,72% |
| 3 konkurenční společnosti | 31 | 6,87% |
| 4 konkurenční společnosti | 5 | 1,12% |
| CELKEM | 451 | 100,00 % |

Zdroj: autoři

Pro analýzu konkurenčního prostředí byl zpracován kartogram konkurenčního prostředí, kde je znázorněno pokrytí obcí Jihomoravského kraje svozovými společnostmi, viz následující obrázek.

Obrázek 1: Mapa svozových oblastí podle svozových společností pro rok 2012 pro Pardubický kraj



Zdroj: autoři

Z kartogramu je zřejmé, některé obce jsou umístěny uvnitř rozsáhlejších teritorií se společným smluvním partnerem, jiné se nacházejí na hranicích mezi dvěma a více svozovými společnostmi.

Situace je tedy podobná jak v Jihomoravském kraji, ve kterém byl prováděn předchozí výzkum [13]. Následující tabulka ukazuje výsledky analýzy konkurenčního prostředí v Pardubickém kraji na datech očištěných od extrémních hodnot.

Tabulka 3: Výsledky analýzy vlivu konkurenčního prostředí u výdajů na obyvatele u průměrných výdajů za roky 2008 – 2012*

| Charakter konkurenčního prostředí | Počet obcí | Aritmetický průměr [Kč] | Medián [Kč] | Směrodatná odchylka [Kč] |
|--|-------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| žádná konkurenční společnost | 96 | 636,50 | 607,20 | 63,70 |
| 1 konkurenční společnost | 147 | 636,85 | 603,27 | 61,89 |
| 2 konkurenční společnosti | 97 | 632,16 | 599,01 | 62,38 |
| 3 konkurenční společnosti | 25 | 635,92 | 620,67 | 56,99 |
| 4 konkurenční společnosti | 4 | 529,82 | 526,46 | 56,09 |
| CELKEM | 369 | 634,30 | 607,66 | 62,09 |

*Tabulka obsahuje výsledky již očištěného souboru dat, kdy z analýzy byly vyňaty obce, jejíž průměrné výdaje na jednoho obyvatele v letech 2008 až 2012 dosahovaly extrémních hodnot, měly směrodatnou odchylku větší než 150 Kč/obyv.

Zdroj: autoři

Z tabulky je zřejmé, že výsledky provedené analýzy částečně potvrzují námi stanovou hypotézu H_0 . Nicméně na základě výsledků analýzy není možné konstatovat, že na výši výdajů má konkurenční prostředí zcela jednoznačný vliv. To proto, že výsledky analýzy zpochybňuje fakt, že v případě silné konkurence (3 a 4 konkurující si společnosti) vzorek obcí nedosahuje ani 10% celkového zkoumaného vzorku. Je zřejmé, že obce, ve kterých existuje stabilní konkurenční prostředí (2 a více konkurujících si společnosti), mají nižší výdaje než obce s žádným či nízkým konkurenčním prostředím. Tato skutečnost potvrzuje výzkumy provedené v sedmdesátých letech ve Velké Británii Savasem [1] a v USA Stevensovou [2]. Tento výsledek také potvrzuje výsledek analýzy v Jihomoravském kraji [13, 14], ze které vyplynulo, že nižší výdaje měly obce se 3 a 4 konkurenčními společnostmi v sousedících obcích, což je zřejmé i zde.

Pro posílení relevance výsledků analýzy byla provedena dekompozice vzorku na menší celky a provedena analýza vlivu konkurenčního prostředí v jednotlivých okresech, kde jsme předpokládali snížení vlivu ostatních faktorů ovlivňujících výsledky analýzy. Výsledky analýzy jsou zřejmě z následujících tabulek a grafů.

Tabulka 4: Počet obcí a konkurenčních společností v jednotlivých okresech v letech 2008 – 2012

| Název okresu | Počet svazových společností | Počet obcí dle konkurenčních svazových společností | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|---------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | celkem |
| Chrudim | 8 | 17 | 27 | 38 | 8 | 1 | 91 |
| Pardubice | 6 | 22 | 43 | 19 | 4 | 1 | 89 |
| Svitavy | 7 | 26 | 46 | 22 | 6 | 0 | 100 |
| Ústí nad Orlicí | 8 | 31 | 31 | 18 | 7 | 2 | 89 |

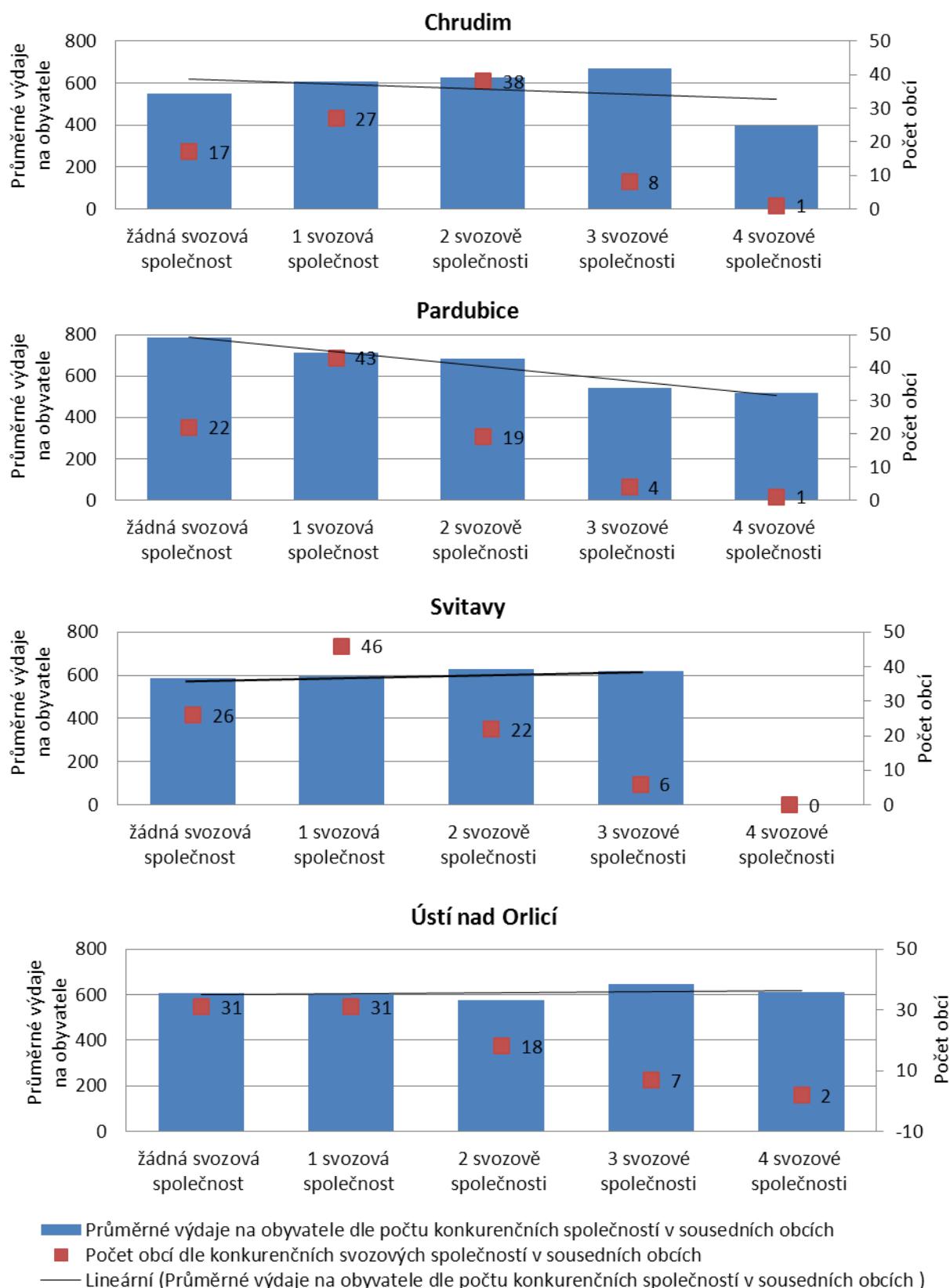
Zdroj: autoři

Tabulka 5: Průměrné výdaje na nakládání s odpady v letech 2008 – 2012

| Název okresu | Průměrné výdaje na obyvatele dle počtu konkurenčních společností | | | | | |
|---------------------|---|----------|---------------|----------|---------------|---------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | celkem |
| Chrudim | 550,22 | 606,41 | 626,56 | 670,98 | 395,98 | 607,69 |
| Pardubice | 787,48 | 711,76 | 682,03 | 540,20 | 517,00 | 714,23 |
| Svitavy | 584,85 | 594,08 | 627,34 | 618,27 | 0,00 | 600,45 |
| Ústí nad Orlicí | 608,35 | 601,94 | 576,27 | 644,75 | 610,62 | 602,54 |

Zdroj: autoři

Graf 2: Průměrné výdaje na nakládání s odpady v letech 2008 – 2012 a počet konkurenčních společností u obcí v jednotlivých okresech Pardubického kraje



Zdroj: autoři

Tato rozšířená analýza však dává rozdílné výsledky a na jejím základě je nutné vyslovit odlišné závěry ve smyslu toho, že **Hypotézu H₀ není možné potvrdit**, protože výsledky analýzy ukazují, že pouze v okrese Pardubice má konkurenční prostředí jednoznačný vliv na výši výdajů na nakládání s KO obcí.

Může to být také tím, že pro období 2007 – 2011 byl ÚOHS konstatován kartel mezi společnostmi A.S.A., spol. s r.o., van Gansewinkel, a.s., SITA CZ a.s. a AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o. (dále jen ASA, AVE, SITA a van Gansewinkel), deformující konkurenční prostředí na trhu. Dle ÚOHS [15] dohody nebyly uzavírány mezi všemi účastníky řízení současně, jednalo se o šest dvoustranných dohod, které se vázaly k zákazníkům a zadávacím řízením v odpadovém hospodářství, přičemž ÚOHS zajistil důkazy, které ukázaly, že mezi jednotlivými soutěžiteli docházelo ke kontaktům, které postupně přerostly do koordinace postupu vůči zákazníkům, tedy do protisoutěžního jednání. To se projevovalo především podáváním tzv. krycích nabídek do výběrových řízení (předložení nabídky, jejímž cílem nebylo zakázku získat, ale pouze vytvořit dojem, že soutěž o zakázku probíhá) či nepodáváním nabídek a neoslovováním zákazníků konkurence poptávajících služby odpadového hospodářství. Existence kartelu byla v počátcích předpokládána pouze v Jihomoravském kraji, následně však rozšířena pro celou ČR.

Na základě těchto konstatování byly z analýzy vyjmuty společnosti ASA, AVE a SITA. Společnost van Gansewinkel v Pardubickém kraji v oblasti sběru a svozu KO nepůsobila. Následující tabulka ukazuje výsledky analýzy.

Tabulka 6: Výsledky analýzy vlivu konkurenčního prostředí u výdajů na obyvatele u průměrných výdajů za roky 2008 – 2012 bez společností ASA, AVE a SITA

| Charakter konkurenčního prostředí | Počet obcí | Aritmetický průměr [Kč] | Medián [Kč] | Směrodatná odchylka [Kč] |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|---------------|--------------------------|
| zádná konkurenční společnost | 88 | 637,71 | 603,59 | 64,77 |
| 1 konkurenční společnost | 126 | 637,16 | 614,06 | 63,61 |
| 2 konkurenční společnosti | 69 | 632,73 | 623,00 | 62,57 |
| 3 konkurenční společnosti | 22 | 628,14 | 590,63 | 57,02 |
| 4 konkurenční společnosti | 4 | 529,82 | 526,46 | 56,09 |

Zdroj: autoři

Z tabulky je zřejmé, že pokud zkoumáme konkurenční prostředí u obcí nezatížených potenciálně deformujícími prvky, kterými zde jsou spolupracující společnosti ASA, AVE a SITA, je možné konstatovat, že **hypotéza H₀ byla potvrzena**. To nás vede k zamýšlení nad vlivem zájmových skupin a jejich role v integrovaném systému nakládání s odpady. A také na otázku vlivu způsobu kontrahování, které podle řady výzkumů má na výdaje obcí silný vliv. Například podle Ochrany a kol. [12] je v případě služeb nakládání s odpady je způsob kontrahování této služby nejdůležitějším faktorem, přičemž za nejfektivnější považují veřejnou soutěž.

Závěr

Z výsledků analýzy je patrné, že v rámci sledovaného vzorku obcí je možné dospět k závěru v tom smyslu, že výše výdajů není konkurenčním prostředí jednoznačně ovlivňována. Nicméně po zohlednění faktu potenciální deformace konkurence na základě kartelu v letech 2007 – 2008 byla po eliminaci obcí zatížených zdeformovaným konkurenčním prostředím **hypotéza H₀**, že **vliv konkurence na ceny bude vyšší u obcí, které mají sousedy s jiným smluvním partnerem, neboť je zde předpoklad nižších marginálních nákladů konkurenční společnosti při zvažování expanze a převzetí nového klienta** v případě Pardubického kraje **potvrzena**.

Je zřejmé, že faktory, které výši výdajů ovlivňují ve vyšší míře, jsou obchodní a cenová politika svozové společnosti, způsob kontrahování služby, či spokojenosť se svozovou společností v minulém období, které nebyly v této analýze zkoumány. Svou nezastupitelnou roli hraje také cena koncového zařízení. Navíc v této analýze nebyl zkoumán efekt úspor z rozsahu. Tento faktor bude předmětem dalšího výzkumu.

Tímto výzkumem jsme chtěli doplnit výzkum prováděný v Jihomoravském kraji, který z našeho pohledu přinesl výsledky, které nekorespondovaly s výsledky studií prováděných v zahraničí [1-2]. Výsledky tohoto výzkumu nás vedou k otázce sledování zájmových skupin v odpadovém hospodářství a jejich vlivu na efektivnost výdajů na odpadové hospodářství, které budou součástí našeho následujícího výzkumu.

Literatura

- [1] Savas, E. S. An empirical study of competition in municipal service delivery. *Public Administration Review*, Díl. 37, Číslo. 6, (1977), str. 717-724.
- [2] Stevens, B. J. Scale, market structure, and the cost of refuse collection, *Review of Economics and Statistics*, Díl. 60, Číslo. 3, (1977), str. 438-448.
- [3] McDavid, J. C. The Canadian experience with privatizing residential solid waste collection services. *Public Administration Review*, Díl. 45, Číslo. 5, (1985) str. 602–608.
- [4] Domberger, S. - Meadowcroft, S. A. - Thompson, D. J. Competitive tendering and efficiency: the case of refuse collection. *Fiscal Studies*. Díl. 7, Číslo. 4, (1986), str. 69–87.
- [5] Szymanski, S. The impact of compulsory competitive tendering on refuse collection services. *Fiscal Studies*, Díl. 17, Číslo. 3, (1996), str. 1-19.
- [6] Gomez-Lobo A. - Szymanski S. A law of large numbers: bidding and compulsory tendering for refuse collection contracts. *Review of Industrial Organization*, Díl. 18, Číslo. 1, (2001), str. 105-113.
- [7] Brown, T.L. - Potoski, M. Transaction Costs and Institutional Explanations for Government Service Production Decisions *Journal of Public Administration Research and Theory*, Díl. 13, Číslo. 4, (2003), str. 441-468.
- [8] Ahmed, S. A. - Ali, M. Partnerships for solid waste management in developing countries: linking theories to realities. *Habitat International*, Díl. 28, Číslo. 3, (2004), str. 467-479.
- [9] Rathi, S. Alternative approaches for better municipal solid waste management in Mumbai, India. *Waste Management*, Díl. 26, Číslo. 10, (2006), str. 1192-1200.
- [10] Pavel, J. Efektivnost obecních obchodních společností při poskytování služeb. *Politická Ekonomie*, Díl. 55, Číslo. 5, (2007), str. 681-693.
- [11] Nemeček J. - Meričková, B. - Víttek L. Contracting-out at Local Government level: Theory and Selected Evidence from Czech and Slovak Republics. *Public Management Review*, Díl. 7, Číslo. 4, (2005), str.638-647.
- [12] Ochrana, F. - Fantová Šumpíková, M. – Pavel, J. – Nemeček, J. a kol. *Efektivnost zabezpečování vybraných veřejných služeb na úrovni obcí*, Praha: Nakladatelství VŠE, 2007.
- [13] Soukopová, J. - Malý, I. Vliv konkurence na výši výdajů na nakládání s odpady obcí Jihomoravského kraje, *Waste Forum*, Číslo. 4, (2012), str. 173–183.
- [14] Soukopová, J. - Malý, I. Competitive environment in waste management and its impact on municipal expenditures. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Díl. 61, Číslo. 4, (2013), str. 173-183.
- [15] ÚOHS, Kartel v oblasti odpadového hospodářství byl potrestán pokutou téměř 100 milionů korun [online], [cit. 2. 10. 2013]. Dostupný z WWW: <http://www.uohs.cz/cs/hospodarska-soutez/aktuality-z-hospodarske-souteze/1561-kartel-v-oblasti-odpadoveho-hospodarstvi-byl-potrestan-pokutou-temer-100-milionu-korun.html>
- [16] Vyhláška č. 323/2002 Sb., o rozpočtové skladbě - Příloha
- [17] Automatizovaný informační systém ARIS. [online], [cit. 22. 8. 2013]. Dostupný z WWW: <http://wwwinfo.mfcr.cz/arис/>
- [18] Informační systém ÚFIS. [online], [cit. 22. 8. 2013]. Dostupný z WWW: <http://wwwinfo.mfcr.cz/ufis/>
- [19] Bakoš, E. - Soukopová, J. - Kaplanová, B. Porovnání vykazovaných environmentálních dat se zaměřením na úroveň municipalit in *Účetnictví a reporting udržitelného rozvoje na mikroekonomické a makroekonomicke úrovni*. první. Praha: Linde nakladatelství Praha, str. 79-85, 2009
- [20] Český statistický úřad. [online], [cit. 22. 8. 2013]. Dostupný z WWW: www.czso.cz

Jana SOUKOPOVÁ, Ivan MALÝ, Vojtěch FICEK: Má konkurenční prostředí vliv na výdaje obcí na nakládání s komunálním odpadem v ČR?

Does the competitive environment influence municipal solid waste management (MSW) expenditures in the Czech Republic?

Jana SOUKOPOVÁ, Ivan MALÝ, Vojtěch FICEK

Masaryk University, Faculty of Economics and Administration, Department of Public Economy, Lipová 41a, 602 00 Brno, e-mail: soukopova@econ.muni.cz

Summary

The paper analyses competitive environment of the waste management area. The Pardubice region and the period 2008-2012 were chosen for the analysis. Authors built on the research conducted in the South Moravian region over the years 2007-2011. That research did not confirm theoretically expected influence of competitive environment onto municipalities' expenditures on the waste management. One possible explanation could stem from an existence of significant distortion of competitive environment in the South Moravian region officially reported by the Office for the Protection of Competition. In order to strengthen a validity of previously published results the authors select another region and they extend time period adding the year 2012. The authors work with the same hypothesis as previously. They assume there is a stronger correlation between competition and expenditures in municipalities having neighbours with another contractor. This statement implies from the assumption of lower marginal cost which competing companies achieve in the case of considering expansion or takeover of a new client. The results achieved from an analysis of selected sample of municipalities suggest we cannot prove again a direct influence of the competitive environment onto expenditures in Pardubice region. However, we found one remarkable detail. After cleaning the sample eliminating the data of municipalities, whose contracted providers were one of companies quoted in an official Office for the Protection of Competition report, the hypothesis was confirmed. The authors believe, it strongly suggests an existence of distortion effect of cartel onto the competition environment as well as municipalities' expenditures in Pardubice region.

Keywords: waste management, competitiveness, efficiency, municipal solid waste management expenditure, cartel.

Posouzení vhodnosti kalu z praní křemenného písku pro výrobu lícových cihel

Radomír SOKOLÁŘ, Lucie VODOVÁ

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: sokolar.r@fce.vutbr.cz

Souhrn

Článek se zabývá možností využití plastického kalu, který vzniká během procesu praní křemenného písku v Ledcích u Brna (LB MINERALS, s.r.o.), pro výrobu lícových cihel standardní cihlářskou technologií z plastického těsta. Kal byl posuzován jako cihlářská zemina podle ČSN 72 1564 a podle uvedených kritérií byla posouzena jeho vhodnost i pro výrobu lícových cihel (klinkerů) s nízkou nasákovostí (skupina HD podle ČSN EN 771-1), které v současné době nejsou v České republice vyráběny. Surovina použitelná pro výrobu klinkerů musí vykazovat velmi dobrou slínavost, tzn. schopnost vytvářet střep s nízkou nasákovostí při co nejnižších vypalovacích teplotách.

Klíčová slova: lícové cihly, cihelný střep, kal z praní kameniva, póravitost, mrazuvzdornost

Úvod

Klinkery představují cihlářské výrobky s mimořádnou odolností proti povětrnostním vlivům vlivem nízké nasákovosti střepu. Díky tomu jsou velmi vhodné pro části staveb, které jsou mechanicky nebo chemicky namáhané. Klinkery se používají pro lícové zdivo (často děrované s maximálně 15% vylehčením otvory), cihelnou dlažbu (plný průřez) a jako pásky pro obklady stěn. ČSN EN 771-1 nespecifikuje požadavky na lícové cihly a tedy ani žádné parametry, které by klinker měl splňovat. Rozdíl mezi pojmy „lícová cihla“ a „cihla klinker“ spočívá především v nasákovosti střepu. Zatímco nasákovost běžných lícových cihel se pohybuje v rozmezí 8 až 15 %, což vyplývá z požadavku ČSN 72 2623 (Cihlářské výrobky pro režné zdivo), klinkery podle dříve platných národních norem vykazují maximální nasákovost do 8 % (skutečná nasákovost činí dokonce jen 1 až 6 %). S nízkou nasákovostí střepu souvisí vysoká pevnost a mrazuvzdornost klinkerů. Například podle asi nejpracovanější normy na lícové cihly klinker ve střední Evropě, rakouské Önorm B 3220, musí lícová cihla i dlaždice klinker vykazovat maximální nasákovost 8 % po 4 hodinách varu. Podle německé DIN 105 – 4 činí maximální nasákovost pouze 6 %, ovšem při odlišné metodice stanovení (bez varu, pouze 72 hodin ve vodě o teplotě 20 °C). Pro vlastní experiment byly zvoleny minimální požadované vlastnosti laboratorního vypáleného střepu klinkeru podle požadavků norem a výsledků analýzy mikrostruktury komerčně vyráběných klinkerů v zahraničí. Požadavkem na střep klinkeru je především jeho nasákovost pod 10 %, pevnost v tlaku min. 60 MPa a mrazuvzdornost.

Experimentální část

Metodika řešení

Kal Ledce představuje druhotnou surovinu, která vzniká během procesu promývání (praní) křemenného písku frakce 0-4 mm (drobné těžené kamenivo DTK 0/4) v lomu Ledce u Brna. Natěžený křemenný písek se v promývačce zbavuje nežádoucí jemnozrnné složky jílových a prachových zrn, které se ve formě suspenze (kalu) odvádějí do kalolisu (obr. 1 vlevo), kde je suspenze odvodněna do podoby plastického těsta. Pro urychlení procesu odvodnění je do suspenze dávkován flokulační přípravek SOKOFLOK 26 v koncentraci asi 0,1 %. Následně je kal v podobě hald skládkován v okolí těžební jámy (obr. 1 vpravo). Roční produkce tohoto kalu představuje průměrně 30 tisíc tun.

Vhodnost odebraného kalu jako cihlářské suroviny pro výrobu lícových cihel klinker byla posuzována podle ČSN 72 1564. Technologické vlastnosti kalu byly porovnávány s vlastnostmi cihlářské zeminy

z cihelny Dolní Jirčany, která byla v dřívější době používána pro výrobu lícových cihel. Bylo stanoveno mineralogické složení kalu (RTG difrakční analýza), zrnitost (sedimentací podle ČSN 72 1565-2 a sítovým rozborem podle ČSN 72 1565-3) a chemické složení.

Pro přípravu zkušebních vzorků byly obě porovnávané suroviny upraveny v laboratorním kolovém mlýně, v němž byla také upravena jejich vlhkost tak, aby vytvořily plastické těsto o deformačním poměru 0,6 podle Pfefferkorna (ČSN 72 1074). Zkušební vzorky o velikosti 100×50×20 mm byly připravovány ručním stloukáním do kovových forem podle ČSN 72 1565-4. Na výliscích byla stanovena citlivost k sušení podle Bigota CSB (ČSN 72 1565-11). Po přirozeném vysušení výlisků při laboratorních podmínkách (teplota 20 ± 3 °C, relativní vlhkost 50 ± 5 %) byly vzorky dosoušeny v laboratorní sušárně do konstantní hmotnosti při teplotě 110 °C. Byla stanovena pracovní vlhkost těsta w_p podle ČSN 72 1074 a délková změna sušením DS (ČSN 72 1565-5). Analogicky byla stanovována i délková změna pálením DP.



Obrázek 1: Kalolis pro odvodňování suspenze kalu a halda odvodněného kalu Ledece

Po vysušení byly vzorky vypalovány podle ČSN 721565-4 v elektrické laboratorní peci při nárůstu teploty 3 °C za minutu na teploty 1060, 1090 a 1120 °C. Jednotlivé parametry pórové struktury vypálených střepů (nasákovost NV, objemová hmotnost OH, zdánlivá pórovitost PZ a zdánlivá hustota ZH) byly stanovovány podle ČSN 72 1565-6. Pevnost v ohybu vypálených střepů ($\sigma_{po,p}$) byla zkoušena podle ČSN 72 1565-7 na vzorcích o velikosti 120×25×25 mm. Použit byl univerzální zkušební stroj TESTOMERIC M350-20CT s nastavenou rychlosťí zatěžování 10 N/s a vzdáleností podpěr 80 mm. Pevnost v tlaku (σ_{po}) byla zkoušena na nařezaných a zabroušených vzorcích o ploše 40×40 mm.

Mrazuvzdornost vypáleného střepu byla posuzována na základě nepřímých a přímých metod. Nepřímé metody se zjednodušeně dají rozdělit do dvou skupin:

1) Hodnocení mrazuvzdornosti podle nasákovosti střepu – platí jednoduché pravidlo, že s klesající nasákovostí roste předpoklad vyšší mrazuvzdornosti střepu. Z normy DIN 52251-3 se užívá saturační koeficient „T-value“ (tabulka 2), jako poměr hodnot nasákovosti za atmosférického tlaku a běžné laboratorní teploty (někdy se označuje jako nasákovost „za studena“) a nasákovosti vakuem.

2) Hodnocení mrazuvzdornosti podle rozdělení velikosti pórů – toto hodnocení vyžaduje stanovení distribuce pórů ve vzorku. Nejčastěji se využívá vysokotlaké rtuťové porozimetrie a hodnocení podle mediánu poloměru pórů $r_{50\%}$, jehož limitní hodnoty jsou uvedeny v tab. 1.

Tabulka 2: Přehled jednotlivých kritérií nepřímého posuzování mrazuvzdornosti

| | T-value | Friese | Bentrup |
|------------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------------|
| mrazuvzdornost | do 0,75 | $r_{50\%} > 1 \mu\text{m}$ | $r_{50\%} > 1,65 \mu\text{m}$ |
| nejistá mrazuvzdornost | 0,75 – 0,85 | | $0,60 < r_{50\%} < 1,65 \mu\text{m}$ |
| nemrazuvzdornost | přes 0,85 | $r_{50\%} < 1 \mu\text{m}$ | $r_{50\%} < 0,60 \mu\text{m}$ |

Pro přímé stanovení mrazuvzdornosti laboratorních vzorků byl použit postup podle ČSN 72 1565-14, kdy kritériem je požadovaná mrazuvzdornost M25. Nasycené vzorky vodou (varem) se vkládaly do zmrzovacího zařízení ochlazeného na teplotu (-20) °C. Zde se ponechají 6 hodin při této teplotě.

Poté se vyndají a rozmrazují se vodou o teplotě 15 °C až 30 °C minimálně 2 hodiny. Zmrazovací cykly probíhaly do vzniku prvního porušení, které se popíše číslem: 0 – beze změn, 1 – trhliny způsobující pouze povrchové porušení, 2 – odštěpování hlubší než 2 mm, 3 – povrchové odlupování, 4 – lístkování (tj. odlupování vrstev v plochách) nebo praskliny v celé tloušťce středu.

Vlastnosti kalu Ledce jako cihlářské suroviny

Mineralogicky kal Ledce tvoří křemen, živce (ortoklas, albit), slída (muskovit) a montmorillonit. Obsah jíloviny, tedy zrn o velikosti pod 2 µm, je velmi nízký (21 %), nicméně přítomnost jílového minerálu montmorillonitu propůjčuje kalu velmi dobrou plastičnost. Kal Ledce v porovnání se zeminou Jirčany neobsahuje jílový minerál kaolinit. Dalším výrazným rozdílem v mineralogickém složení obou porovnávaných surovin je výrazně vyšší obsah draselného živce ortoklasu v kalu Ledce.

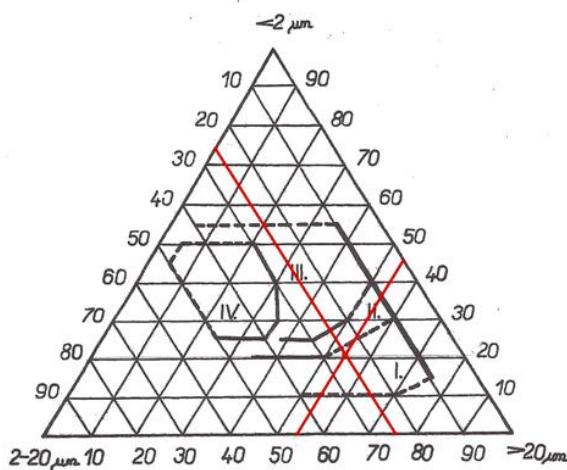
Relativně vysoký podíl zrn větších jako 0,063 mm (31,9 %) je dán způsobem vzniku kalu – tvoří jej zrna křemenného písku a živců. Více jako 98 % těchto zrn o velikosti nad 0,063 mm je menších než 1 mm, navíc všechna zrna propadnou sítěm 2 mm. To je výhodné například pro jejich využití v cihlářské výrobní směsi. Nehrozí totiž výrazné obrušování válcových mlýnů, které jsou obvykle pro výrobu zdicích materiálů nastaveny právě na hodnotu maximálního zrna 1,5 až 2 mm.

Díky velmi vysokému obsahu oxidu železitého Fe_2O_3 (tab. 2) je možno očekávat výrazně sytuovanou barvu středu po výpalu.

V cihlářské výrobě je kal použitelný například pro výrobu plných a děrovaných cihel na základě stanovení mikrogranulometrie sedimentační analýzou – poměr zrn o velikosti do 2 µm, 2-20 µm a 20-63 µm spadá do oblasti I Winklerova trojúhelníkového diagramu (obr. 2).

Tabulka 2: Chemické složení použitých surovin

| Oxid | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | MnO | Na_2O | K_2O | TiO_2 | CaO | MgO | ZZ |
|----------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|------|
| Kal Ledce | 52,4 | 20,0 | 8,5 | 0,1 | 1,1 | 3,4 | 1,0 | 2,5 | 3,9 | 6,8 |
| Zemina Jirčany | 69,2 | 12,3 | 5,4 | 0,1 | 1,1 | 2,1 | 0,6 | 1,2 | 1,1 | 6,8 |



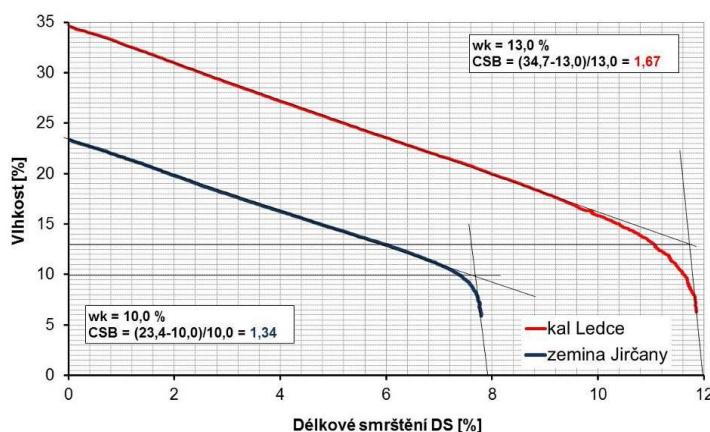
Obrázek 2: Winklerův diagram kalu Ledce (Vhodnost cihlářské suroviny pro výrobu: I – cihly plné a děrované, II – duté cihly a děrované tvarovky větších rozměrů, III – tenkostěnné cihlářské výrobky, IV – krytina a obkladové výrobky)

Výsledky a diskuse

Kal Ledce vyžaduje vyšší množství rozdělávací vody (34,7 %) v porovnání s cihlářskou zeminou Jirčany (23,4 %). Také citlivost k sušení kalu Ledce je ve srovnání s cihlářskou zeminou Jirčany mírně vyšší a souvisí s výrazně vyšší rozdělávací vlhkostí – tím je také vyšší smrštění sušením (kal Ledce 9,8 %, zemina Jirčany 7,2 %). Tyto vlastnosti souvisejí s typem obsažených jílových minerálů v obou surovinách. Kal Ledce je surovinou montmorilloniticko-illitická, kdežto v zemině Jirčany je další plastickou

složkou kaolinit, který v porovnání s montmorillonitem a illitem vykazuje výrazně nižší měrný povrch, resp. tvoří výrazně větší zrna.

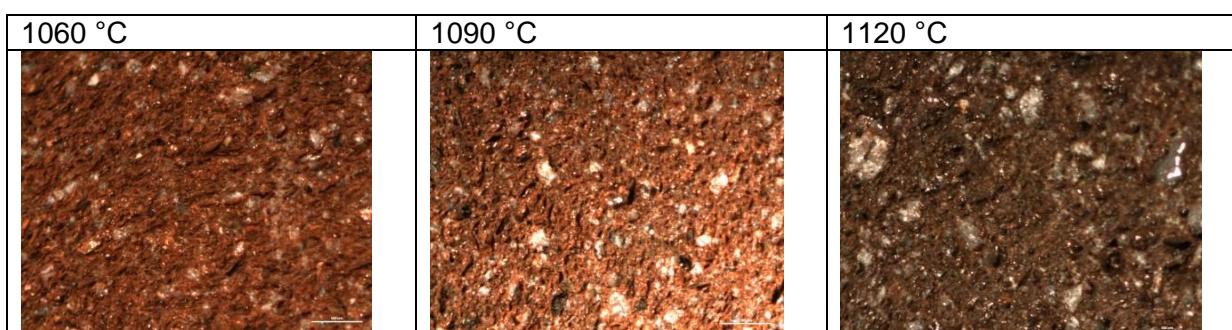
Vzhled lícových cihel (klinkerů) po výpalu je jedním z nejdůležitějších parametrů tohoto typu výrobku. Střepy na bázi kalu Ledce po výpalu naplnily předpoklad velmi dobrého probarvení do červena (obr. 4), které naznačoval výsledek chemické analýzy kalu (obsah Fe_2O_3). S růstem vypalovací teploty roste také intenzita cihlové červeně střepu, která při nejvyšší vypalovací teplotě 1120 °C přechází až do hnědého odstínu, patrného zejména na řezu střepu (obr. 5) v důsledku vytvoření redukční atmosféry uvnitř střepu. Na řezu střepu lze objevit zrna, která svou velikostí nepřevyšují 2 mm (obr. 6). Na povrchu vypálených vzorků vyrobených z cihlářské zeminy z Jirčan byl zřetelný větší počet trhlin (obr. 7). Ten je důsledkem existence hůře melitelných zrn (konkrecí) v cihlářské zemině Jirčany, které během výpalu vykazují odlišné objemové změny jako střep.



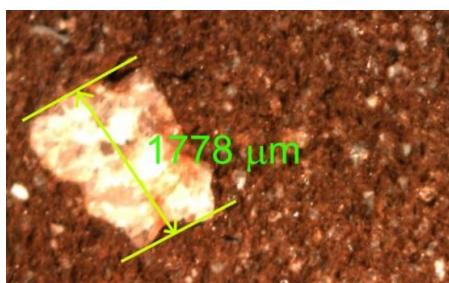
Obrázek 3: Bigotova křivka – kal Ledeč a zemina Jirčany. Stanovení citlivosti k sušení CSB



Obrázek 4: Barva střepu v závislosti na teplotě výpalu (střep Ledeč)



Obrázek 5: Vývoj pórovitosti a barvy střepu v závislosti na teplotě výpalu (střep Ledeč, optický mikroskop, 80x)

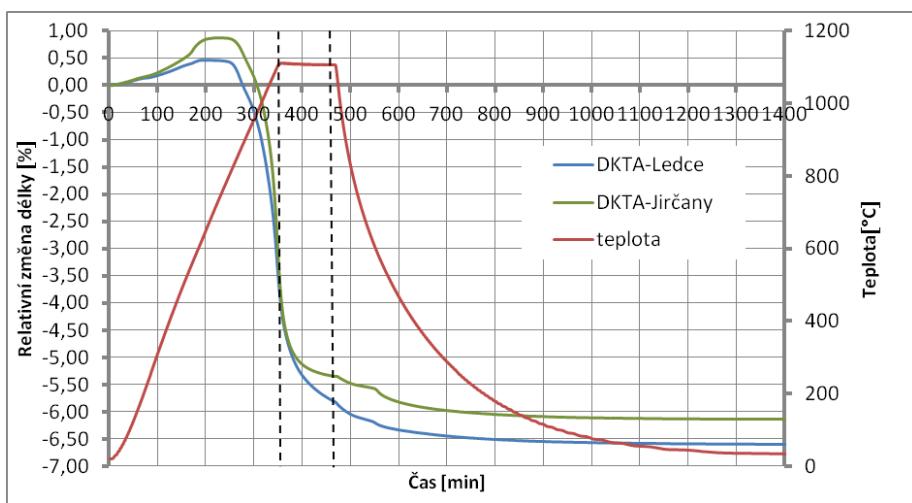


Obrázek 6: Největší pozorovatelné zrno křemenného písku ve střepu (střep Ledeč, optický mikroskop, 40x)



Obrázek 7: Trhliny na povrchu střepu vyrobeného z cihlářské zeminy Jirčany

Chování střepu během výpalu z hlediska délkových změn byla posuzována metodou DKTA (ČSN 72 1083), která simulovala celý vypalovací režim, včetně 2 hodin izotermické výdrže na maximální teplotě. Průběh křivek DKTA je u obou porovnávaných střepů velmi podobný. U střepu na bázi kalu Ledeč je nezbytné počítat s vyšším smrštěním výpalem, a to i během izotermické výdrže na maximální použité vypalovací teplotě 1090 °C. Vyšší objemový nárůst střepu na bázi zeminy Jirčany v teplotním intervalu 650-800 °C je nutné přičíst vyššímu obsahu illiticko-slídových struktur v této surovině v porovnání s kalem Ledeč (zřetelné na obr. 8).



Obrázek 8: DTKA – kal Ledeč a zemina Jirčany (1090 °C, nárůst 3 °C/min, 2 h výdrž)

Po výpalu na nejnižší použitou teplotu zkušební vzorky na bázi kalu Ledeč vykazovaly parametry, které jsou akceptovatelné pro střep lícových cihel s nízkou nasákovostí – klinkerů. Kal Ledeč i zemina Jirčany prokázaly během výpalu velmi dobrou schopnost vytvářet střep s nízkou nasákovostí při relativně nízkých délkových změnách střepu pálením DP (tab. 3). Vyšší hustota střepu při dané teplotě výpalu vykazuje střep vyrobený ze zeminy Jirčany, a to jak na základě nasákovosti (obr. 9), objemové

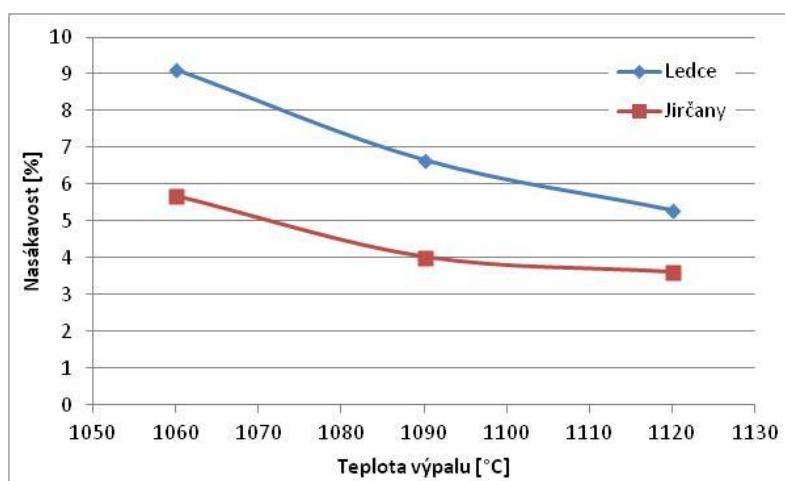
hmotnosti OH i zdánlivé póravitosti PZ. Tato skutečnost se ovšem neprojevila u pevnosti střepu v ohybu, která naopak byla u střepů na bázi zeminy Jirčany nižší, což je důsledkem výše popsaného vzniku trhlin ve střepu během výpalu (obr. 7). Stanovená pevnost v tlaku střepů vyrobených z kalu Ledce (tab. 3) je při všech vypalovacích teplotách odpovídající požadavkům na střep lícových cihel klinker, tj. minimálně 60 MPa.

S rostoucí vypalovací teplotou dochází u střepů vyrobených z obou porovnávaných surovin k poklesu saturačního poměru T-value (tab. 4 – hodnoty v závorce patří pro střep na bázi cihlářské zeminy z cihelny Jirčany), což značí teoretické zvyšování mrazuvzdornosti střepu. Z pohledu distribuce velikosti pór (obr. 10) dochází nejprve při zvýšení vypalovací teploty z 1060 °C na 1090 °C k nárůstu mediánu poloměru pór $r_{50\%}$ a současně k poklesu nasákovosti střepu, což je z pohledu mrazuvzdornosti nejvýhodnější. Nicméně nejvyšší vypalovací teplota 1120 °C již znamená razantní pokles hodnoty $r_{50\%}$ v důsledku vzniku malých pór vlivem počínajícího nadýmání střepu. Tato skutečnost se zřejmě také projevila pouze v nevýrazném nárůstu počtu zmrazovacích cyklů, které vydržel bez defektů střep na bázi kalu Ledce, při zvýšení vypalovací teploty z 1090 °C na 1120 °C.

Tabulka 3: Vlastnosti střepů v závislosti na teplotě výpalu

| Označení vzorku | Teplota [°C] | DP [%] | OH [kg.m ⁻³] | ZH [kg.m ⁻³] | PZ [%] | $\sigma_{po,p}$ [MPa] | σ_{po} [MPa] |
|-----------------|--------------|--------|--------------------------|--------------------------|--------|-----------------------|---------------------|
| Ledce | 1060 | -4,34 | 2105 | 2604 | 19,16 | 11,8 | 71 |
| | 1090 | -5,55 | 2255 | 2497 | 9,70 | 14,7 | 84 |
| | 1120 | -5,97 | 2235 | 2481 | 9,92 | 17,7 | 112 |
| Jirčany | 1060 | -4,56 | 2277 | 2617 | 12,97 | 8,5 | - |
| | 1090 | -5,22 | 2384 | 2514 | 5,15 | 11,1 | - |
| | 1120 | -5,18 | 2357 | 2495 | 5,54 | 13,7 | - |

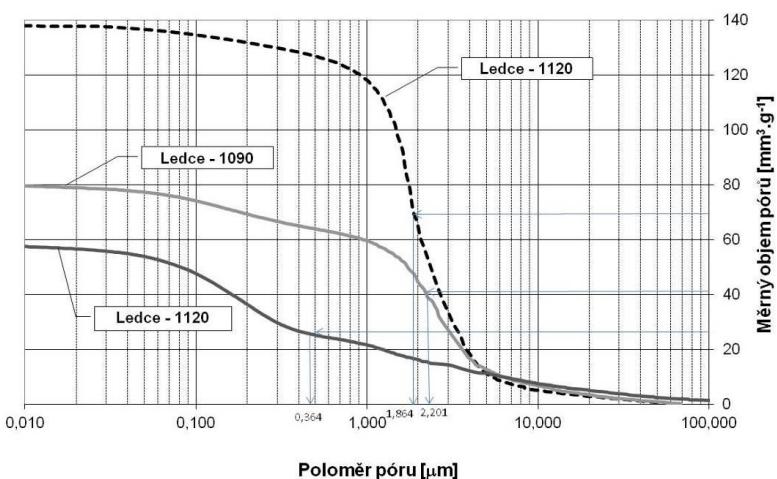
DP – délkové změny pálením, OH – objemová hmotnost, ZH – zdánlivá hustota, PZ – zdánlivá póravitost, $\sigma_{po,p}$ – pevnost v ohybu, σ_{po} – pevnost v tlaku



Obrázek 9: Nasákovost vzorků v závislosti na teplotě výpalu

Tab. 4 Parametry mrazuvzdornosti střepu (index 1 – nezmrazované vzorky, 2 – zmrazované vzorky)

| Střep | $r_{50\%}$ [μ m] | T-value [-] | M [cykly] | porušení | komentář |
|------------|-----------------------|-------------|-----------|----------|--------------|
| Ledce 1060 | 1,86 | 0,43 (0,57) | 30 | 1-1-1 | mrazuvzdorný |
| Ledce 1090 | 2,20 | 0,34 (0,45) | 52 | 1-1-1 | mrazuvzdorný |
| Ledce 1120 | 0,36 | 0,16 (0,34) | 53 | 1-1-4 | mrazuvzdorný |



**Obrázek 10: Distribuce velikosti pórů středu na bázi kalu Ledce v závislosti na teplotě výpalu.
Odečet mediánu poloměru pórů $r_{50\%}$**

Závěr

Cílem výzkumu bylo posouzení kalu, který vzniká v pískovně Ledce u Brna, jako jediné suroviny pro výrobu lícových cihel s nízkou nasákovostí, tzv. klinkerů.

Stanovené parametry kalu téměř ve všech bodech splnily náročné požadavky, které jsou kladený na suroviny určené pro střep klinkerů. Technologie praní kameniva s následným kalolisováním vytváří druhotnou surovинu s velmi dobrou homogenitou a zejména granulometrií, která nevyžaduje další mletí. Jednou z nevýhod kalu je vyšší množství rozdělávací vody, což souvisí s mineralogickým složením (montmorillonit) a použitím flokulantu v rámci procesu zahušťování kalu. S tím také souvisí vyšší smrštěním sušením těsta (9,8 %), což je vyšší hodnota, než je normou vyžadováno pro cihlářské zeminy určené k výrobě plných pálených cihel. To je typ výrobku, který je na základě mikrogranulometrie (Winklerův diagram) vhodný z kalu Ledce vyrábět.

Výpal zkušebních vzorků prokázal velmi dobrou slínavost kalu Ledce, která se projevuje vznikem hutného středu s nízkou nasákovostí pod 10 % již při teplotách pod 1100 °C. Z hlediska optimálních parametrů středu (nasákovost, pevnost, mrazuvzdornost) se jeví nejvhodnější teplota výpalu kolem 1090 °C, kdy vzniká střep s nasákovostí 6,7 %, pevností v ohybu 14,7 MPa, pevností v tlaku 87 MPa a mrazuvzdorností 52 cyklů. Současně střep vykazuje i velmi výhodnou distribuci velikosti pórů, která se projevuje nízkou hodnotou saturačního poměru T-value = 0,34 a vysokým mediánem poloměru pórů $r_{50\%}$, což podle teoretických předpokladů podporuje dobrou mrazuvzdornost středu.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu „SUPMAT – Podpora pracovníků center pokročilých stavebních materiálů“. Registrační číslo projektu CZ.1.07./2.3.00/20.0111.

Literatura

- [1] HANYKÝŘ, V., KUTZENDORFER, J. Technologie keramiky. 1st ed Hradec Králové: VEGA, 2000, 286 p. ISBN 80-900860-6-3.
- [2] SOKOLÁŘ, R. Mikrostruktura klinkerů importovaných na náš trh. In Ostravské výstavy. Klinker 2001. 3. Mezinárodní odborný kongres. 1st ed. Ostrava 2001.
- [3] PYTLÍK, P. Klinker ve stavebním díle. Střechy, fasády, izolace. 2000, vol. 7, no. 5, p. 62-64, ISSN 1212-0111.

Sludge from the washing of quartz sand as a raw material for the production of facing bricks

Radomír SOKOLÁR, Lucie VODOVÁ

Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Technology of Building Materials and Components, Veveří 95, 602 00 Brno, Czech Republic

Summary

The article deals with the possibility of using plastic sludge, which is generated during the washing process of quartz sand in Ledce u Brna (LB MINERALS, Ltd.), for the production of facing bricks by standard brick technology from the plastic body. Sludge was assessed as a brick clay according to CSN 72 1564 and according to these criteria were assessed its suitability for the production of facing bricks (clinker) with low water absorption (HD group according to EN 771-1), which are not currently manufactured in the Czech Republic. The raw material used to manufacture clinker must have a very good sinterability, ie. the ability to create shard with low water absorption at the lowest firing temperatures.

Keywords: facing bricks, brick body, slugde from washing of quartz sand, porosity, frost resistance

Nakladanie s odpadom na stavbách – prípadové štúdie

Lenka SIROCHMANOVÁ, Marianna TOMKOVÁ

Stavebná fakulta TUKE, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika
e-mail: lenka.sirochmanova@tuke.sk

Súhrn

V súčasnosti pri každej činnosti, stavebníctvo nevynímajúc, vzniká ako vedľajší produkt stavebný odpad, ktorý je potrebné uskladniť, zhodnotiť, recyklovať. Stavebníctvo dnes, ako jedno z popredných odvetví hospodárstva, ktorého cieľom je uspokojiť najrôznejšie ľudské potreby, prispôsobuje svoju výrobu ekonomickým, technickým a architektonickým podmienkam dopytu. Využíva prudký rozvoj techniky a uplatňuje moderné technológie a materiály. Napriek pokroku a modernizácii však stavebná výroba nadálej zaťažuje životné prostredie produkciou stavebných materiálov a výrobkov (spotreba energie pri ťažbe a výrobe), dopravnou náročnosťou (hmotnosť a intenzita dopravovaných materiálov), staveniskom (hlučnosť, prašnosť, stavebný odpad) a dlhodobým užívaním budov. Téma nakladania s odpadom a zneškodňovania odpadu je nadálej veľmi aktuálna. Príspevok okrem iného prináša prípadové štúdie z rôznych oblastí výstavby s uvedeným spôsobom nakladania s odpadom. Cieľom je zistenie najbežnejšej formy nakladania so vzniknutým stavebným odpadom na stavenisku.

Kľúčové slová: nakladanie s odpadom, výstavba, rekonštrukcia.

Úvod

Stavebnou činnosťou sa produkuje (okrem iného – emisie, znečisťovanie vôd, pôdy a pod.) značné množstvo stavebného odpadu. Podľa údajov Štatistického úradu Slovenskej republiky za rok 2011 predstavuje stavebný a demolačný odpad, ktorý vzniká v dôsledku uskutočnenia stavebných prác a zabezpečovacích prác, ako aj prác vykonávaných pri údržbe, úprave alebo odstraňovaní stavieb, až 25,20 % z celkového objemu odpadov. Ako následok stavebnej činnosti sú vyčerpávané prírodné zdroje, pretrváva skleníkový efekt a globálne otepľovanie, a narúša sa celkové znečistenie ekosystému.

Odpad chápeme ako vec, ktorá je nevyužívaná, neslúži svojmu účelu, je nepotrebná, bezvýznamná a je potrebné sa jej zbaviť. Z legislatívneho hľadiska je odpadom hnuteľná vec, ktorej sa jej držiteľ zbabuje, chce sa jej zbaviť alebo je v súlade so zákonom alebo osobitnými predpismi povinný sa jej zbaviť. Vyhláškou MŽP SR č. 284/2001 Z.z.¹ sa ustanovuje Katalóg odpadov, ktorý obsahuje:

- zoznam skupín, podskupín a druhov odpadov,
- zoznam nebezpečných vlastností odpadov podľa Bazilejského dohovoru,
- zoznam skupín odpadov podliehajúcich režimu kontroly a zoznam škodlivín podľa Bazilejského dohovoru,
- zoznam kritérií na posudzovanie nebezpečných vlastností odpadov.

Odpady sa v zmysle predmetnej vyhlášky zaraďujú do kategórií a druhov s uplatnením postupu uvedeného v prílohe č. 5 danej vyhlášky.

Prípadové štúdie o nakladaní so stavebným odpadom

Problematika nakladania so stavebným odpadom je námetom mnohých výskumov u nás aj v zahraničí. Na Ajou Univerzite v Kórei sa zaobrali otázkou nakladania s odpadmi v stavebníctve² ako faktorom, ktorý má významný vplyv na ekonomiku a životné prostredie krajiny. Na základe odpovedí z dotazníka, bolo stanovených 59 faktorov následne rozdelených do 5-tich tried (pracovné sily, materiál, metodika, manažment/riadenie, politika). Výsledkom bolo tiež stanovenie indexu nakladania s odpadom, ktorý posudzuje úroveň výkonu nakladania s odpadmi v konkrétnom projekte.

V podmienkach Slovenska, v zmysle zákona, každý zhotoviteľ, pri ktorého činnosti stavebné odpady vznikajú, musí vytvoriť podmienky pre bezpečné zhromažďovanie jednotlivých druhov odpadov, ako aj ďalšie nakladanie s nimi. O množstve a druhu odpadu musí byť vedená presná evidencia. Doklady o spôsobe nakladania s jednotlivými druhami odpadov je zhotoviteľ povinný predložiť povoľujúcemu orgánu v priebehu kolaudačného konania.³

Prípadová štúdia č.1 – Rodinný dom, Košice

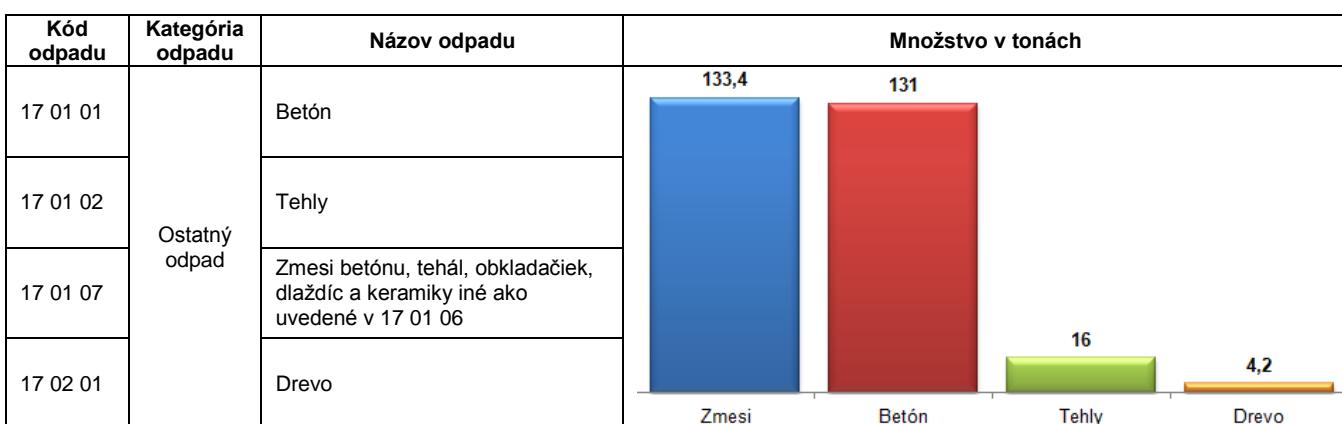
Predmetom stavebných prác bola asanácia objektu rodinného domu – búracie práce a práce spojené s vyprataním a uvoľnením pozemku. Objekt sa nachádzal dlhodobo v havarijnom stave. Krov, ako aj časť stien a stropov, bola spadnutá. Asanácia stavby bola z hľadiska statiky stavby a hygieny prostredia neodkladná.



Obr. 1 Rodinný dom, Košice

Pri búracích prácach vznikol stavebný odpad, ktorý bol rozdelený do kategórií a skupín podľa Katalógu odpadov:

Tab. 1 Vzniknutý odpad – Rodinný dom, Košice



Zhromažďovanie vzniknutých odpadov na stavenisku prebiehalo na vyhradených a označených miestach, až do doby jeho prevozu do zariadení určených na zneškodňovanie odpadov. Vyhradené miesta boli zabezpečené proti úniku nežiaducich látok do životného prostredia. Odber odpadov sa uskutočňoval na základe uzavretých zmluvných vzťahov a v zmluvne dohodnutých termínoch.

Prípadová štúdia č.2 - TESCO EXPRESS, Banská Bystrica

Predmetom stavebných prác bola rekonštrukcia objektu, ktorá sa realizovala za účelom zriadenia obchodnej prevádzky „TESCO Express“. Zároveň bola v rámci rekonštrukcie objektu realizovaná pre potreby Tesco Express aj výstavba parkovacej plochy.

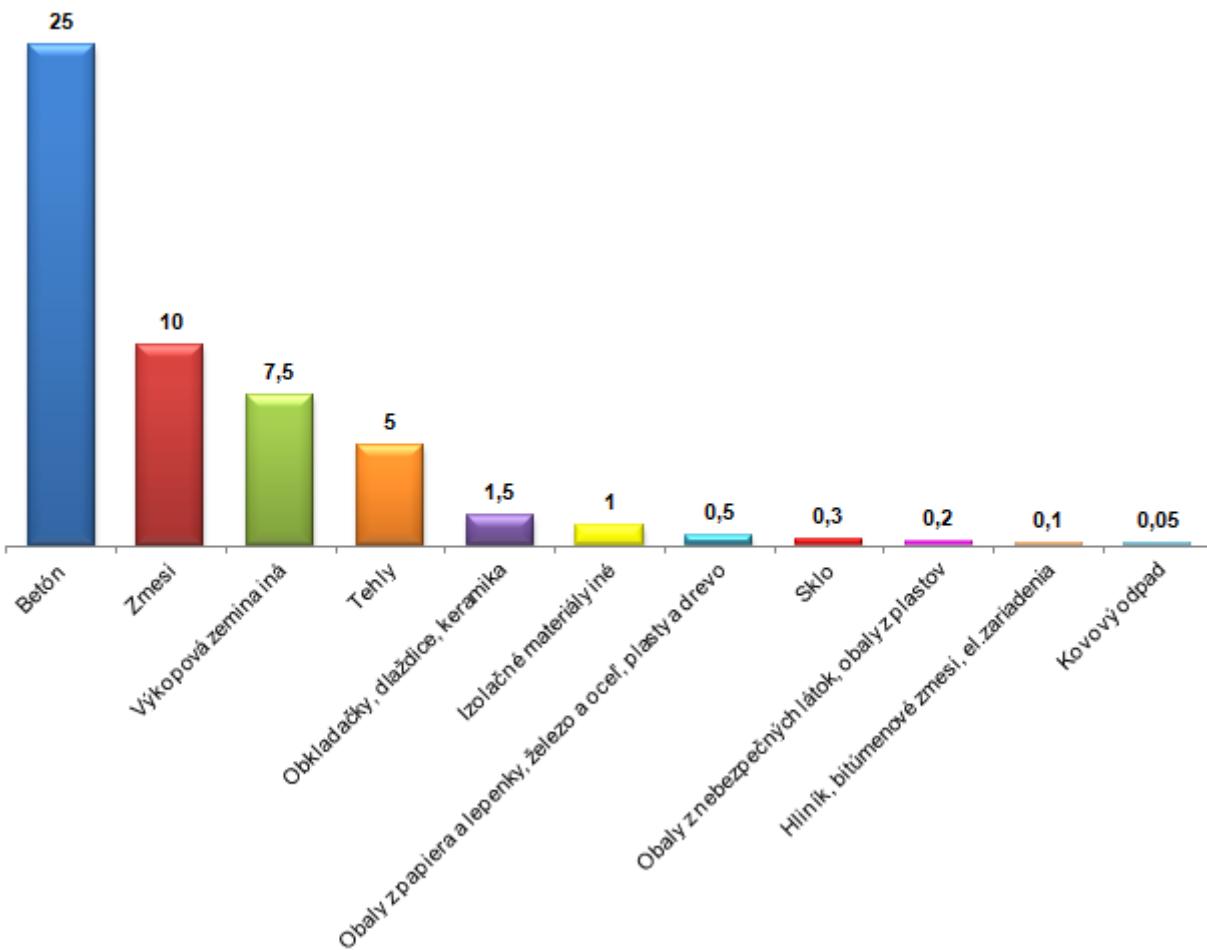


Obr. 2 Práce na objekte TESCO EXPRES, Banská Bystrica

Vzniknutý stavebný odpad bol rozdelený do kategórií, ako znázorňuje tab. 2. Následne obr. 3 poukazuje na množstvo vzniknutého stavebného odpadu v tonách.

Tab. 2 Vzniknutý odpad - TESCO EXPRESS, Banská Bystrica

| Kód odpadu | Kategória odpadu | Názov odpadu |
|------------|------------------|---|
| 17 01 01 | Ostatný odpad | Betón |
| 17 01 02 | | Tehly |
| 17 01 03 | | Obkladačky, dlaždice, keramika |
| 17 01 07 | | Zmesi betónu, tehál, obkladačiek, dlaždíc a keramiky iné ako uvedené v 17 01 06 |
| 17 02 01 | | Drevo |
| 17 02 03 | | Plasty |
| 17 02 02 | | Sklo |
| 17 02 04 | Nebezpečný odpad | Sklo, plasty a drevo obsahujúce nebezpečné látky |
| 17 03 01 | | Bitúmenové zmesi obsahujúce uhoľný decht |
| 17 04 02 | Ostatný odpad | Hliník |
| 17 04 11 | | Káble iné ako v 17 04 10 |
| 17 04 05 | | Železo a ocel' |
| 17 04 09 | | Kovový odpad kontaminovaný nebezpečnými látkami |
| 17 05 06 | | Výkopová zemina iná ako v 17 05 05 |
| 17 06 04 | | Izolačné materiály iné ako v 17 06 01 a 17 06 03 |
| 20 01 32 | Nebezpečný odpad | Vyradené elektrické a elektronické zariadenia |
| 15 01 10 | | Obaly z nebezpečných látok |
| 15 01 01 | Ostatný odpad | Obaly z papiera a lepenky |
| 15 01 02 | | Obaly z plastov |



Obr. 3 Množstvo vzniknutého stavebného odpadu v tonách

Hlavný objem odpadu vznikol pri búracích prácach. Počas výstavby boli odpady zo stavebnej výroby zhromažďované do veľkoobjemových kontajnerov. Na zhromažďovanie väčšiny predpokladaných druhov odpadov bola vyčlenená spevnená plocha pre bezpečné uloženie kontajnerov na juhozápadnej časti areálu. Tento priestor sa nachádzal na obslužno-zásobovacej strane budovy a bol umiestnený tak, aby k nemu bol zabezpečený bezproblémový prístup zberovými vozidlami. Po zahájení realizácie spevnených plôch bol kontajner presunutý ku kontajneru slúžiacemu k výstavbe parkoviska. Odpady boli zneškodnené na najbližšej skládke tretej stavebnej triedy.

Bežný komunálny odpad vzniknutý pri prevádzke bol zneškodňovaný v súlade so Všeobecne záväzným nariadením mesta Banská Bystrica, v ktorom komunálny odpad odoberajú a následne zneškodňujú Technické služby na regionálnej skládke. Nebezpečný odpad bol zhromažďovaný vo vyhradenom priestore a zneškodňovaný prostredníctvom oprávnenej organizácie v zariadeniach na to určených. Pri úprave územia a výkopových prácach parkoviska tvorila vo vysokej miere odpad zhrnutá ornica, ktorá sa použila na rekultiváciu plôch v blízkom okolí a na úpravu okolia stavby (sadové úpravy).

Prípadová štúdia č.3 - „Ulička remesiel“, Košice

Predmetom stavebných prác bola v uvedenej lokalite úprava a revitalizácia verejných priestranstiev, prvkov drobnej architektúry, verejnej zelene a rekonštrukcia a dobudovanie miestnej dopravnej infrastruktury. Prístupové a parkovacie plochy, ktoré sa nachádzali na Hrnčiarskej, Vodnej a Rumanovej ulici, boli na konci svojej životnosti a nespĺňali požadované technické parametre z hľadiska príslušných technických noriem. Z tohto hľadiska bolo nutné riešiť nevyhovujúci stav povrchov spevnených plôch (komunikácie, chodníky), bariérovosť prostredia, asanáciu nevyhovujúcich objektov, sadové úpravy.

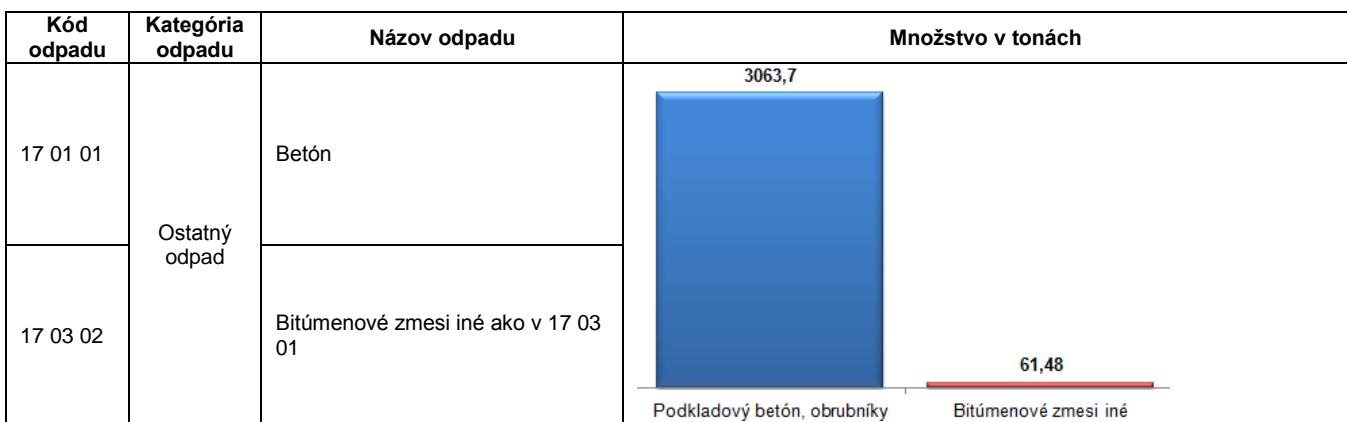


Obr. 4 Práce na „Uličke remesiel“

Pri týchto stavebných prácach boli kategorizované dve skupiny odpadov ako znázorňuje tab. 3.

Odpady, ktoré pri stavebnej činnosti na stavenisku vznikali, boli triedené a až do ďalšieho použitia boli dočasne zhromažďované na vyhradených a vyznačených miestach. Miesta uloženia odpadov boli zabezpečené pred znehodnotením, odcudzením a únikom nežiaducich látok do životného prostredia. Z dôvodu predpokladaného druhotného využitia a opäťovného spracovania väčšiny druhov odpadov, ktoré vznikli pri búracích prácach, boli odpady uložené v dostupných vzdialenosťach. Následne boli ako druhotná surovina použité demolované povrhy a podkladové vrstvy ciest a chodníkov pre podkladové vrstvy nových skladieb povrchov, a staré dlažobné kocky a obrubníky na námestí vo vhodných vytypovaných polohách. Ostatné odpady, ktoré neboli opäťovne využité, boli odovzdané do environcentra. Drevná hmota z vyrúbaných drevín bola ponúknutá na sochárske účely umeleckým školám.

Tab. 3 Vzniknutý odpad – „Ulička remesiel“, Košice



Prípadová štúdia č.4 – Výmeníková stanica, Košice

Predmetom stavebných prác bola v rámci projektu Európskeho hlavného mesta kultúry 2013 prestavba výmenníkovej stanice na kultúrne spoločenské centrum. Statické posúdenie únosnosti oceľovej konštrukcie zistilo, že stav výmenníkovej stanice je z dôvodu korózie a trvalej deformácie nevyhovujúci.

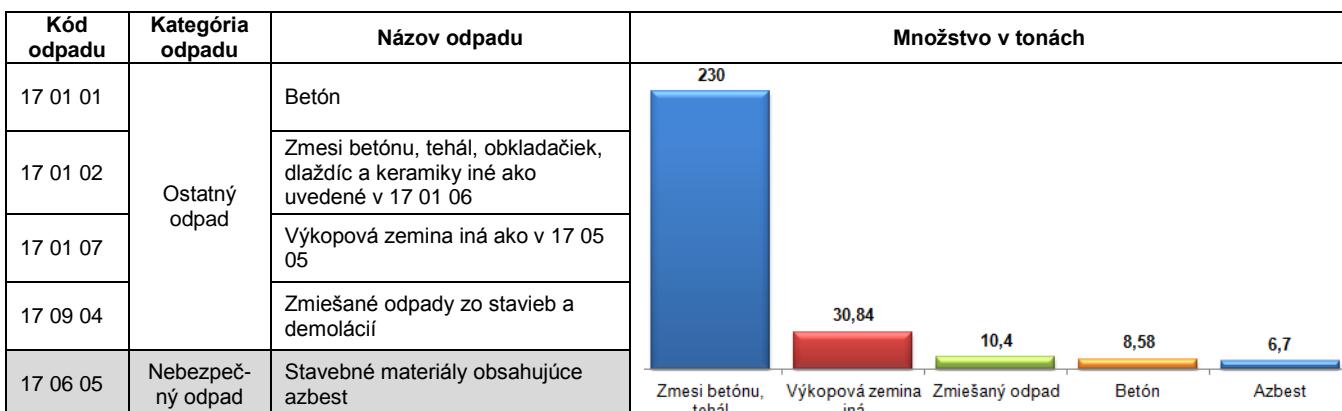


Obr. 5 Výmeníková stanica, Košice

Pri búracích prácach vznikol stavebný odpad, ktorý bol rozdelený do kategórií a skupín podľa Katalógu odpadov (tab.4).

Počas odstraňovania pôvodnej výmenníkovej stanice bola z hľadiska odpadu aj finančných nákladov najkomplikovanejšia demontáž azbestocementových dosiek z obvodového plášťa budovy. Likvidáciu odpadu zabezpečila vybraná spoločnosť, ktorá zároveň zabezpečila odvoz nebezpečného odpadu na riadenú skládku odpadu. Ostatný stavebný odpad bol uskladňovaný vo veľkokapacitnom kontajneri umiestnenom na parkovisku a po naplnení priebežne odvážaný na organizované skládky odpadov v Košiciach. Betón a časť výkopovej zeminy boli odovzdané do envirocentra. Zvyšná zemina bola použitá na konečné úpravy okolia objektu.

Tab. 4 Vzniknutý odpad – Výmeníková stanica, Košice



Prípadová štúdia č.5 – Novostavba rodinného domu, Dvorníky

Predmetom stavebných prác bola novostavba rodinného domu vo východnej časti obce Dvorníky, okres Košice-okolie. Zrealizovaním stavby vznikli nové obytné priestory pre štvorčlennú rodinu s príslušným hygienickým a technickým zázemím. V objekte sú taktiež riešené zariadenia pre garážovanie áut a technické zázemie.



Obr. 5 Rodinný dom, Dvorníky

Pri stavebných prácach vznikol stavebný odpad z výstavby pozostávajúci z vybúraných hmôt, drevených častí zvyškov debnenia, murovacích materiálov, betónu, zvyškov kovových častí, papierových obalov, obalov a poťahov z dreva, odpadových fólií zo stavebných materiálov v celkovom množstve cca 15 ton.

Výsledok a záver

Legislatíva odpadového hospodárstva definuje pôvodcov a držiteľov odpadu a taktiež spôsoby nakladania so vzniknutými odpadmi. V zmysle § 2 zákona č. 223/2001 Z. z. o odpadoch v znení neskorších predpisov znamená⁶ **nakladanie s odpadmi** - zber odpadov, prepravu odpadov, zhodnocovanie odpadov a zneškodňovanie odpadov vrátane starostlivosti o miesto zneškodňovania, pričom:

- **zhodnocovanie odpadov** sú činnosti vedúce k využitiu fyzikálnych, chemických alebo biologických vlastností odpadov
- **zneškodňovanie odpadov** je také nakladanie s nimi, ktoré nespôsobuje poškodzovanie životného prostredia, alebo ohrozovanie zdravia ľudí
- **zhromažďovanie odpadov** je dočasné uloženie odpadov pred ďalším nakladaním s nimi
- **skládkovanie odpadov** je ukladanie odpadov na skládku odpadov
- **skladovanie odpadov** je zhromažďovanie odpadov pred niektorou z činností zhodnocovania odpadov alebo zneškodňovania odpadov; za skladovanie odpadov sa nepovažuje ich zhromažďovanie pred zberom odpadov na mieste ich vzniku

Častým javom pri zistovaní stavu s nakladaním so stavebným odpadom bol tiež nepresný odhad množstva a typu vzniknutého stavebného odpadu (rozdiel medzi technickou správou a dokladmi o odbere odpadov). Z porovnania uvedených prípadových štúdií je zrejmé, že najčastejším typom stavebného odpadu na vybraných stavbách bol zmiešaný odpad a zmesi tehál a betónu. Najvyužívanejším spôsobom nakladania so stavebným odpadom bolo skladovanie. Nasledujúca tabuľka prináša celkové zhrnutie nakladania so stavebným odpadom na predmetných stavbách:

| Prípadová štúdia | Stavebné práce | Celkové množstvo odpadu v tonách | Nakladanie s odpadom |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|--|
| Rodinný dom, Košice | búracie práce | 284,6 | Zneškodňovanie skrádkovaním v zariadení na zneškodňovanie odpadu Zhodnotenie v envirocentre |
| TESCO EXPRES, Banská Bystrica | búracie práce | 51,15 | Zneškodňovanie skrádkovaním v zariadení na zneškodňovanie odpadu |
| | rekonštrukčné práce | | Odstránenie nebezpečného odpadu v špeciálnom zariadení na zneškodňovanie odpadu |

| | | | Zhodnotenie v envirocentre |
|----------------------------|------------|---------------------|---|
| „Ulička remesiel“, Košice | | rekonštrukčné práce | 3125,18 |
| Výmeníková stanica, Košice | prestavba | 286,52 | Zneškodňovanie skládkovaním v zariadení na zneškodňovanie odpadu |
| | | | Odstránenie nebezpečného odpadu v špeciálnom zariadení na zneškodňovanie odpadu |
| Novostavba RD Dvorníky | novostavba | 15 | Zneškodňovanie skládkovaním v zariadení na zneškodňovanie odpadu |

Porovnaním štúdií na rozličných typoch stavieb, na ktorých prebiehala výstavba, rekonštrukcia a búracie práce, bolo cieľom zistiť, ktorá z možností nakladania so stavebným odpadom je najbežnejšie využívaná. Celkové množstvo stavebného odpadu závisí od typu prác a samotného typu objektu. Najmenej odpadu vzniká pri novostavbe rodinného domu, zatiaľ čo pri rekonštrukcií verejných priestranstiev („Ulička remesiel“, Košice) vzniká stavebného odpadu najväčšie množstvo. Samozrejmosťou pri nebezpečnom odpade je najprv jeho samostatné skladovanie a následne odstraňovanie špecializovanými spoločnosťami. Z porovnania všetkých vyššie uvedených informácií a podkladov je zrejmé, že napriek viacerým kladom a efektívnosti, ktoré so sebou zhodnocovanie stavebného odpadu prináša, je na Slovensku stále najpoužívanejším spôsobom nakladania so stavebným odpadom zneškodňovanie skládkovaním v zariadení na zneškodňovanie odpadu. Nebolo by na škodu zvýšiť potrebu implementácie problémov riešenia s nakladaním stavebného odpadu už do fázy projektovania stavby..

To, čo sa deje so stavebným odpadom po odvoze zo staveniska nebolo predmetom výskumu.

Vo vyspelých krajinách sveta pretrváva v posledných rokoch názor, že odpady predstavujú predovšetkým zdroj druhotných surovín a odpadom sa stáva len nevyužiteľný podiel. Zhodnocovanie odpadu je veľmi dôležitou podmienkou ochrany životného prostredia, ktorá patrí medzi požiadavky odpadového hospodárstva väčšiny štátov sveta. Rovnako, z hľadiska zdravia obyvateľstva je potrebné zvýšiť kontrolu nad nakladaním so stavebným odpadom.

Literatúra

1. Vyhláška č. 284/2001 Z.z. Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 11. júna 2001, ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov
2. Kim et.al: Development of the construction waste management. Performance evaluation tool. Ajou University, Korea. 2006.
3. Tomková, Marianna: Nakladanie s odpadom v priebehu výstavby, bakalárska práca. Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, 2013.
4. Kozlovská, Mária, Spišáková, Marcela: Reducing of construction waste through new Technologies. In: Organization, Technology and Management in Construction : 10th international conference : 7. - 10. september 2011, Šibenik, Croatia. - Zagreb, Croatia : University of Zagreb, 2011 P. 1-14. - ISBN 978-953-7686-01-7
5. Kozlovská, Mária, Spišáková, Marcela: Modern methods of construction vs. construction waste. In: SGEM 2011 : 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference : conference proceedings : Volume 3 : 20-25 June, 2011, Bulgaria, Albena. - Sofia : STEF92 Technology Ltd., 2011 P. 483-490. - ISSN 1314-2704
6. Zákon č. 223/2001 Z. z. Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky o odpadoch v znení neskorších predpisov
7. Kozlovská, Mária, Župová, Lenka: The legislative framework for construction waste management in Slovakia. In: SGEM 2012 : 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference : conference proceedings : Volume 5 : 17-23 June, 2012, Albena, Bulgaria. - Sofia : STEF92 Technology, 2012 P. 1151-1158. - ISSN 1314-2704

Waste management at construction sites – case studies

Lenka SIROCHMANOVÁ, Marianna TOMKOVÁ

Stavebná fakulta TUKE, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika

e-mail: lenka.zupova@tuke.sk

Summary

Currently, for each activity, construction industry included arises as a byproduct a construction waste that must be stored, evaluated or recycled. Construction industry today, as one of the leading sectors of the economy, which aims are satisfying various human needs adapts his production to economical, technical and architectural conditions of demand. It uses the rapid development of technology and applies modern technologies and materials. Despite the progress and modernization construction, however, construction industry is still environmentally harmful through production of building materials and products (energy consumption in mining and manufacturing), traffic intensity (weight and intensity of transported material), site (noise, dust, debris) and long-term use of buildings. The theme of waste management is still very actual. This paper among other things provides case studies from different areas of construction with the different method of waste management on construction site. The aim is to detect the most common form of waste management on construction site.

Keywords: waste management, construction, reconstruction.

Stanovení objemových změn biomasy zpracovávané v zahradním kompostéru

Bohdan STEJSKAL

Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Zemědělská 1, 613 00 Brno,
e-mail: bohdan.stejskal@mendelu.cz

Souhrn

V článku jsou uvedeny výsledky tří experimentů (A, B, C) zaměřených na zjištění celkového množství narostlé travní biomasy na zahradě rodinného domu v průběhu vegetačního období, a potřebného objemu domácího kompostéru pro zpracování této biomasy.

V rámci experimentů byla v průběhu celého vegetačního období na pokusných plochách zahrad v pravidelných intervalech (1x za 2 týdny) sečena tráva. Posečená tráva byla v případě experimentu A smíšena s hoblinami v objemovém poměru 3:1, v dalších experimentech B a C byla ponechána v čistém stavu. Surovina určená ke kompostování byla vkládána do domácího kompostéru; během procesu kompostování byla směs 1x za 4 týdny promíchávána a provzdušňována.

Vlivem kompostovacího procesu během vegetačního období o délce šesti měsíců došlo k redukci objemu kompostovaných surovin na 31 – 45 % na konci vegetačního období. Před začátkem nové vegetační sezóny došlo k poklesu objemu kompostované travní biomasy na 22 – 23 % objemu surové hmoty.

Z naměřených a vypočtených údajů vyplývá, že pro zpracování travní biomasy vzrostlé a posečené na 1 m² zahradního trávníku je zapotřebí 2,9 – 4,1 dm³ objemu kompostéru. Vzhledem k výkyvům v produkci travní biomasy v jednotlivých letech je vhodnější uvažovat o potřebě 4 – 4,5 dm³ objemu kompostéru na každý 1 m² travního porostu zahrady.

Klíčová slova: biologicky rozložitelný odpad, domácí kompostování, potřebný objem kompostéru, travní hmota

Úvod

Vysoký podíl biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO) ukládaných na skládky odpadů je jedním z nevážnějších problémů současného odpadového hospodářství v České republice. Hlavní snahou při nakládání s těmito odpady by mělo být předcházení jejich vzniku. Dané problematice, včetně návrhu metodiky prognózování vývoje zatížení regionu BRKO, se věnovala Kotovicová a Vaverková¹ (2008). Podle výkladu legislativy České republiky je domácí kompostování považováno za metodu předcházení vzniku odpadů.

Během minulých 10 – 15 let bylo v České republice prodáno velké množství zahradních kompostérů za účelem domácího kompostování. Převažující vstupní surovinu tvoří posečená tráva z okrasných ploch. Problematika tohoto odpadu roste se zvyšujícími se plochami intenzivně ošetřovaných trávníků. Plochy se sečou v rozmezí 3 - 20krát za sezónu. Struktura odpadu po seči je tvořena trávou o délce 15 – 20 mm. Vlhkost odpadu (trávy) se pohybuje v rozmezí od 50 – 70 % z důvodu přestřížení stébla. Nasečenou trávu z těchto trávníkových ploch není vždy možné zkrmovat, a tak se poměrně často stává nežádoucím odpadem².

Dnes již samozřejmým způsobem nakládání s odpadní travní biomasou je kompostování. Proces kompostování travní biomasy probíhá jinak než v případě kompostování jiných biodegradabilních odpadů. Poměr C:N uvádí různí autoři v širokém rozsahu 12-30:1. Obsah dusíku v sušině trávy je 1,6 - 2,9 %, hodnota draslíku 1,2 – 2,0 %, fosforu 0,2 – 0,4 %, vápníku 0,5 – 0,7 C%, hořčíku 0,2 -0,3 %³. Úspěšné kompostování větších objemů trávy předpokládá správně sestavenou surovinovou skladbu⁴, ovšem ne každý zahrádkář se tím řídí.

Proto bylo sledováno množství posečené trávy z vybrané zahrady a dále objemové změny kompostované suroviny během degradace v kompostéru při třech nezávislých experimentech, které se mírně lišily jak vstupními podmínkami, tak i nakládáním s kompostovanou surovinou.

Cílem experimentu bylo zjistit, jaké množství travní biomasy při pravidelné údržbě okrasného trávníku zahrady naroste, a jaký minimální objem kompostérů je zapotřebí pro zpracování daného

množství travního odpadu. První část experimentů (A) již byla publikována⁵, práce přináší rozšířený pohled na danou problematiku.

Experimentální část

Experimenty (A-C) byly prováděny v letech 2011 a 2012 v areálech soukromých zahrad. Kompostování probíhalo v zahradním kompostéru o objemu 300 dm³ (A, C), resp. 270 dm³ (B). Blížší popis podmínek jednotlivých experimentů je uveden v **tabulce 1**.

Tabulka 1: Podmínky experimentů

| experiment | A | B | C |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|
| lokalita | Hrotovice | Troubelice - Pískov | Brno |
| Termín | 24.4.-24.9.2011 | 15.5.-25.9.2011 | 21.4.-24.9.2012 |
| Rozloha sečené plochy | 44 m ² | 35 m ² | 28 m ² |
| Surovinová skladba pro kompostování | travní biomasa + hobliny v poměru 3:1 | travní biomasa | travní biomasa |

Na všech zahradách byla vytyčena plocha, která byla před začátkem vegetační sezony zbavena stařiny z minulého vegetačního období. Trávník nebyl v průběhu vegetačního období uměle zavlažován ani hnojen.

Na vytyčených plochách se provádělo sečení vyrostlé trávy v intervalu 14 dní motorovou sekačkou se sběrným košem. Po posečení trávy byl obsah ze sběrného koše vysypán do nádoby o objemu 20 dm³, ve které byla travní biomasa zvážena s přesností 1 g. Hmotnost nádoby byla po měření odečtena.

V případě experimentu A byla na základě obecných doporučení posečená travní biomasa doplněna hoblinami v poměru 3:1 za účelem doplnění uhlíku. V případě experimentů B a C byla travní biomasa ponechána v surovém stavu za účelem ověření průběhu experimentů bez výrazné úpravy vstupní suroviny.

Po zvážení byla v kompostéru v termínu sečení nejdříve změřena výška degradované suroviny, následně byla do kompostéru vsypána nová vstupní surovina a znova byla změřena výška kompostované suroviny. Ze změřených výšek byl počítán objem nasypané vstupní suroviny a rovněž byly počítány objemové změny kompostované suroviny v průběhu kompostování.

V průběhu experimentu byly kompostované suroviny v kompostéru pravidelně v intervalu 28 dní překopávány. Relativně dlouhý interval pro překopávání byl zvolen s ohledem na malé množství vkládané vstupní suroviny i s ohledem na nízkou ochotu většiny občanů aktivně udržovat intenzivní kompostovací proces v kompostéru.

Výsledky a diskuse

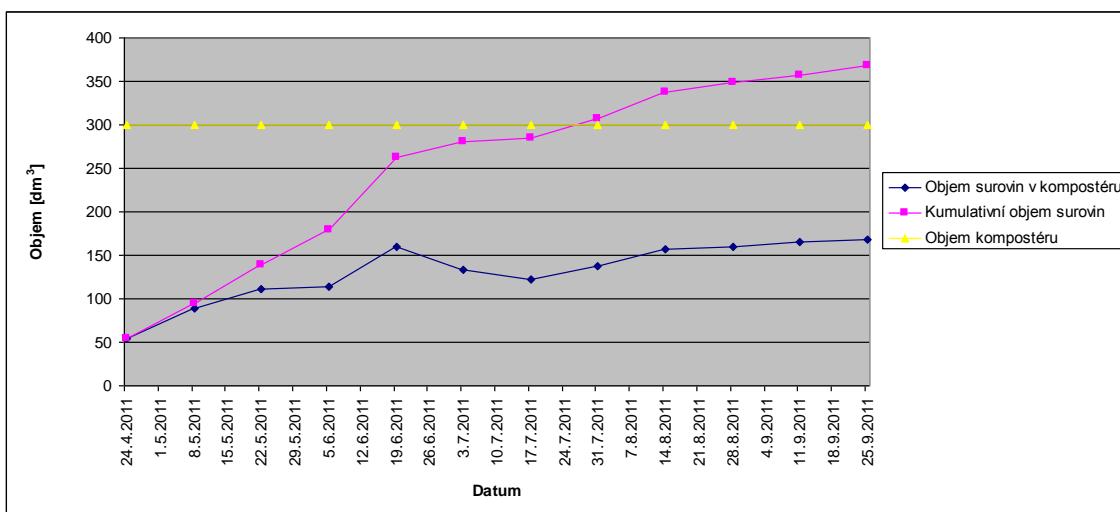
Výsledky experimentu A

Množství posečení travní biomasy a množství přidávaných hoblin v průběhu experimentu A je uvedeno v **tabulce 2**.

Tabulka 2: Množství posečené travní biomasy a množství přidaných hoblin do kompostované suroviny při experimentu A⁶

| | Datum | Posečená travní biomasa [kg] | Přidané hobliny [kg] | | Datum | Posečená travní biomasa [kg] | Přidané hobliny [kg] |
|---------------|-----------|------------------------------|----------------------|-----|-----------|------------------------------|----------------------|
| 1. | 24.4.2011 | 5,8 | 1,7 | 7. | 17.7.2011 | 1,2 | 0,4 |
| 2. | 8.5.2011 | 5,8 | 1,7 | 8. | 31.7.2011 | 3,2 | 1 |
| 3. | 22.5.2011 | 5,9 | 1,7 | 9. | 14.8.2011 | 2,3 | 0,8 |
| 4. | 5.6.2011 | 5,9 | 1,7 | 10. | 28.8.2011 | 1,4 | 0,5 |
| 5. | 19.6.2011 | 7,2 | 2,4 | 11. | 11.9.2011 | 1,6 | 0,5 |
| 6. | 3.7.2011 | 3,3 | 1,1 | 12. | 25.9.2011 | 1,2 | 0,4 |
| Celkem | | 44,8 | 13,9 | | | | |

Objemové změny kompostované suroviny jsou pro názornost ukázány graficky na obrázku 1.



Obrázek 1: Kumulativní objem suroviny a objem suroviny v kompostéru při experimentu A⁵

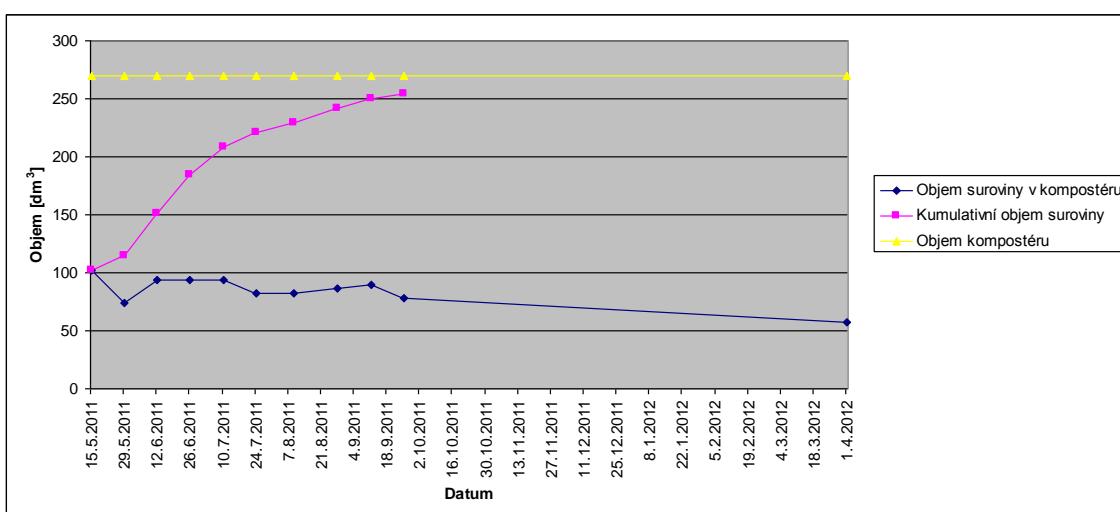
Výsledky experimentu B

Množství posečené travní biomasy a množství přidávaných hoblin v průběhu experimentu je uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3: Množství posečené travní biomasy při experimentu B⁷

| | Datum | Posečená travní biomasa [kg] | | Datum | Posečená travní biomasa [kg] |
|---------------|-----------|------------------------------|-----|-----------|------------------------------|
| 1. | 15.5.2011 | 9,5 | 6. | 24.7.2011 | 2,0 |
| 2. | 29.5.2011 | 1,3 | 7. | 9.8.2011 | 2,0 |
| 3. | 12.6.2011 | 3,0 | 8. | 28.8.2011 | 2,5 |
| 4. | 26.6.2011 | 2,5 | 9. | 11.9.2011 | 2,5 |
| 5. | 10.7.2011 | 2,0 | 10. | 25.9.2011 | 1,2 |
| Celkem | | 28,5 | | | |

Objemové změny kompostované suroviny jsou pro názornost ukázány graficky na obrázku 2.



Obrázek 2: Kumulativní objem suroviny a objem suroviny v kompostéru při experimentu B

Patronem tohoto čísla je Institut environmentálních technologií VŠB-Technické univerzity Ostrava a Ostravské univerzity

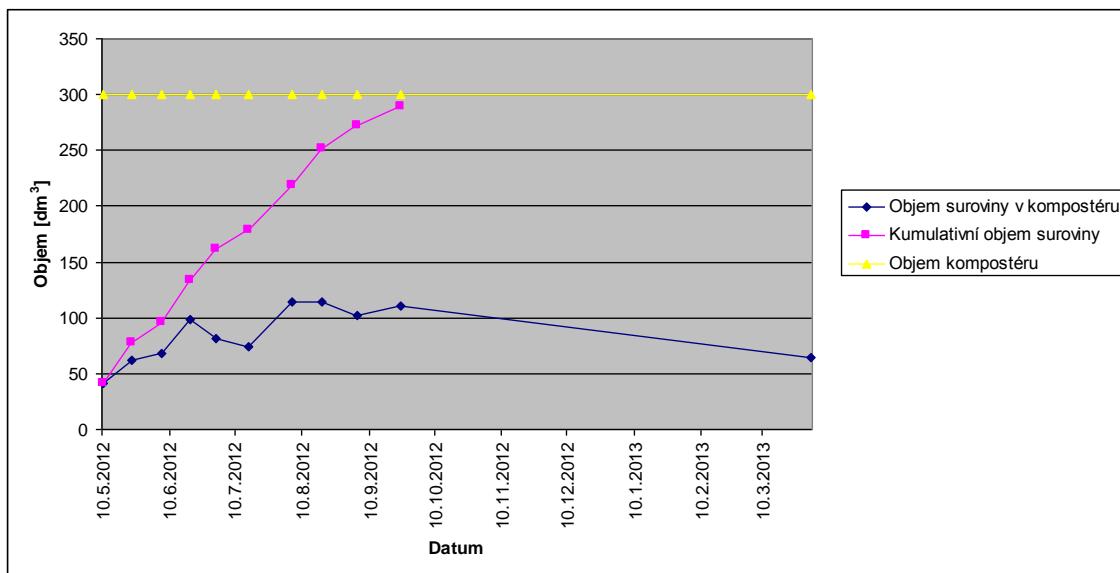
Výsledky experimentu C

Množství posečení travní biomasy a množství přidávaných hoblin v průběhu experimentu je uvedeno v **tabulce 4**.

Tabulka 4: Množství posečené travní biomasy při experimentu C⁸

| | Datum | Posečená travní biomasa [kg] | | Datum | Posečená travní biomasa [kg] |
|---------------|-----------|------------------------------|-----|-----------|------------------------------|
| 1. | 10.5.2012 | 8,5 | 6. | 16.7.2012 | 7,3 |
| 2. | 23.5.2012 | 6,7 | 7. | 5.8.2012 | 15,5 |
| 3. | 6.6.2012 | 5,4 | 8. | 19.8.2012 | 9,2 |
| 4. | 19.6.2012 | 10,2 | 9. | 4.9.2012 | 8,3 |
| 5. | 1.7.2012 | 4,4 | 10. | 24.9.2012 | 5,4 |
| Celkem | | 80,9 | | | |

Objemové změny kompostované suroviny jsou pro názornost ukázány graficky na **obrázku 3**.



Obrázek 3: Kumulativní objem suroviny a objem suroviny v kompostéru při experimentu C⁸

Kumulativní objem suroviny ukazuje celkový objem surového materiálu určeného ke kompostování (tj. směs čerstvě posečené trávy a hoblin nebo pouze čerstvě posečená tráva) v průběhu vegetační sezóny (tj. objem, jaký by mělo dané množství suroviny, pokud by nedocházelo k rozkladu v kompostéru), zatímco objem suroviny v kompostéru ukazuje, jaký byl skutečný objem kompostovaných surovin v průběhu vegetační sezóny v kompostéru.

Jak je z grafů patrné, při procesu kompostování v domácích kompostérech dochází k velké objemové redukci kompostovaných surovin. Za dobu trvání experimentu, tj. během 6 měsíců, klesl objem kompostované suroviny při jednotlivých experimentech na 45 % (A), 31 % (B) a na 38 % (C) v porovnání s objemem čerstvé suroviny. Do začátku následující vegetační sezóny (tj. zhruba po 11 měsících kompostování první vsázky) klesl objem kompostovaných surovin u experimentů B a C na 23, resp. 22 %. Pokles objemu kompostované suroviny během prvního měsíce kompostování odpovídá hodnotám, která naměřili Bo Yue a kol.⁹. Další redukci objemu v čase uvedení autoři nesledovali. Naproti tomu Mazalová^{10,11} uvádí objemovou redukci kompostovaných surovin kolem 80 % po 18 měsících kompostování.

Z experimentů dále vyplývá, že množství travní biomasy vyrostlé v průběhu vegetační sezóny leží v širokém intervalu 0,8 – 2,9 kg.m⁻², přičemž dynamika růstu travní biomasy značně kolísá.

Závěry

Hlavním cílem popsaného experimentu bylo stanovit potřebný objem domácího kompostéru pro zpracování odpadní travní biomasy získané při údržbě zahrady v průběhu celého vegetačního období. Způsob údržby pokusné plochy a kompostovacího procesu v kompostéru (sečení trávy 1x2 týdny, žádná zálivka trávníku, žádné hnojení trávníku v průběhu vegetační sezóny, překopání kompostované suroviny 1x4 týdny) nejblíže odpovídají údržbě zahrady u objektu sloužícího k rekreaci.

Z naměřených a vypočtených údajů vyplývá, že pro zpracování travní biomasy vzrostlé a posečené na 1 m² zahradního trávníku ve variantách experimentů A – B - C je zapotřebí 3,8 – 2,9 -4,1 dm³ objemu kompostéru. Vzhledem k výkyvům v produkci travní biomasy v jednotlivých letech je vhodnější uvažovat o potřebě 4-4,5 dm³ objemu kompostéru na každý 1 m² travního porostu zahrady. Takovýto objem kompostéru je dostatečně velký i pro chvíle maximální produkce biomasy.

Je užitečné zmínit, že při kompostování na překopávaných zakládkách na kompostárnách dochází k redukci objemu kompostované trávy v termofilním režimu na 30- 40 % původního objemu již za 3 týdny a při použití biotechnologických přípravků je redukce objemu ještě výraznější. Na druhou stranu, použití biotechnologických přípravků považují někteří odborníci (např. Ing. P. Plíva, CSc.) za zbytečně nákladné, zejména při správně provozovaném kompostování.

Literatura

1. Kotovicová J., Vaverková M., 2008: *Zastosowanie wskazników profilaktyki do unieszkodliwiania biologicznie rozkładalnych odpadów gromadzonych na składowiskach*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich 9, pp. 63-72.
2. Váňa, J., 1999. *Kompostování bioodpadu*. Stary.biom.cz. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: <http://stary.biom.cz/sborniky/bioodp99/04.html>
3. Filip, J., 2004. *Odpadové hospodářství*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. 118 pp
4. Váňa J., 2002: *Kompostování travní fytomasy*. Biom.cz. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-travni-fytomasy>
5. Stejskal, B., 2013. Determination of the Composter Volume Required for Garden Grass Treatment. Infrastructure and Ecology of Rural Areas. In print.
6. Nováková, E., 2012. *Systém domovního kompostování travní biomasy vyrostlé na zahradě za vegetační období*. Thesis, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 66 pp. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: <http://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?id=26712;zalozka=7;studium=49193>
7. Weiglová, L., 2013. *Stanovení množství travní biomasy vyrostlé na zahradě v dané lokalitě za vegetační období*. Thesis, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 52 pp. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: <http://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?id=33771;zalozka=7;studium=95094>
8. Schmidtová, T., 2013. *Průběh procesu domovního kompostování travní biomasy vyrostlé na zahradě za vegetační období*. Thesis, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 50 pp. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: <http://is.mendelu.cz/lide/clovek.pl?id=29665;zalozka=7;studium=55054>
9. Bo Y., Tong-Bin C., Ding G., Guo-Di Z., Bin L., Duu-Jong L. 2008: *Pile settlement and volume reduction measurement during forced-aeration static composting*. Bioresource Technology 99, pp. 7450-7457.
10. Mazalová M., Hekera P., Javůrek F., Laciná J., Kostkan, V. Heisig, J., Voženílek, V., 2010: Ověření efektivity kompostovacího procesu v domácích kompostérech. Waste Forum 3/2010, pp. 212 - 216. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_3_2010.pdf
11. Mazalová, M., 2011. *Jak účinné jsou domácí kompostéry? Výsledky osmnáctiměsíčního experimentu*. Biom.cz. Online [cit. 2013-09-18]. Available at: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-ucinne-jsou-domaci-kompostery-vysledky-osmnactimesicniho-experimentu>

Determination of Volume Changes of Biomass Treated in Home Composter

Bohdan STEJSKAL

Mendel University Brno, Fakulty of Agronomy, Zemedelska 1, 613 00 Brno,
email: bohdan.stejskal@mendelu.cz

Summary

The paper presents results of three experiments focused on the establishment of total grass biomass amount grown in the house garden during the growing season and volume of a home composter required for biomass treatment.

Grass in the experimental parts of the gardens was cut at regular intervals (1x2 weeks) during the growing season. During the experiment A the cut green biomass was mixed with wood shavings at a volume ratio of 3:1 while during experiments B and C the cut green biomass was pure. Raw-material appointed to composting was placed inside a home composter. During the composting process, the blended biomass was mixed and aerated for 1x4 weeks.

Due to composting process during growing season of six months the volume of composted raw-material was reduced to 31-45 % compared to volume of fresh material at the end of growing season. Before new growing season composted raw-material was reduced to 22-23 % compared to volume of fresh material.

The measured and calculated values show that the composter volume required for the treatment of grown-up and cut grass biomass per 1m² of garden lawn is from 2.9 to 4.1 dm³. Due to fluctuations of grass biomass production in individual years, it is recommended to increase the required composter volume to 4-4.5 dm³ per 1m² of garden lawn.

Keywords: biodegradable waste, home composting, garden grass treatment, composter volume, grass biomass

Trojstupňová pec pre energetické zhodnocovanie biomasy

Imrich KOŠTIAL, Ján MIKULA, Ján KEREKANIČ, Martin TRUCHLY

BERG Faculty, Technical University of Košice, Košice, Slovak Republic,

e-mail: imrich.kostial@tuke.sk, jan.mikula@tuke.sk, jan.kerekanic@tuke.sk,

martin.truchly@tuke.sk

Súhrn

Bioodpady patria v súčasnej dobe k najvýznamnejším obnoviteľným zdrojom energie. Ich hlavnou výhodou je dobrá dostupnosť a nízka cena primárnej energie. Energetický potenciál biomasy je však v súčasnej dobe využívaný menej ako 20%, predovšetkým z dôvodov vysokých nákladov na výrobu energie. Príčinou vysokých nákladov je nízka energetická účinnosť transformácie a vysoké logistické náklady. Zvýšenie využitia biomasy a bioodpadov na výrobu elektrickej energie bude možné dosiahnuť len zvýšením ekonomickej efektívnosti tohto procesu. V súčasnej dobe pri zhodnocovaní biomasy dominuje výroba palív. Pri výrobe elektrickej energie dominuje použitie plynných palív. Tieto sa získavajú bioprocesmi a termickými procesmi. Možnosti zvýšenia ekonomickej efektívnosti bioprocesov sú v porovnaní s termickými procesmi nižšie. Preto systematický nárast termických procesov na energetické zhodnocovanie biomasy má veľkú perspektívnu. Termická transformácia energie biomasy na teplo sa uskutočňuje priamo spaľovaním, alebo výrobou plynu pyrolýzou a splyňovaním. Z hľadiska energetickej a termodynamickej účinnosti najviac vyhovuje kombinovaný spôsob, spočívajúci vo výrobe plynu, ktorý pozostáva z pyrolýzy, primárneho spaľovania, splyňovania a zo sekundárneho spaľovania. Optimálne riešenie sa dosahuje pri maximálnej výhrevnosti vyrobeného plynu. Výskum navrhnutého procesu bol uskutočnený metódami fyzikálneho a matematického modelovania. Na ich základe bolo navrhnuté a postavené experimentálne zariadenie.

Kľúčové slová: biomasa, odpady z biomasy, termické zhodnocovanie biomasy, ekonomická efektívnosť

Úvod

Medzi obnoviteľnými zdrojmi energie patrí biomase prioritné postavenie. Jej hlavnou výhodou je široká dostupnosť a vhodné energetické ukazovatele. Výhrevnosť všetkých druhov biomasy je približne rovnaká a dosahuje hodnoty 18 - 22 MJ/kg.

Výroba tepla spaľovaním sa uskutočňuje v spaľovacích zariadeniach, v ktorých sa pre uskutočnenie spaľovacieho procesu vytvárajú potrebné teplotné a koncentračné podmienky. Kvalita procesu spaľovania je charakterizovaná predovšetkým teplotou horenia, ktorá determinuje kvalitu vyrobenej tepelnej energie. Účinnosť spaľovania charakterizuje stupeň premeny primárnej energie na energiu tepelnú. Teplo spalín sa môže priamo využiť v technologických procesoch, kde spaliny odovzdávajú svoje teplo tepelne spracovávanému materiálu. Tepelná energia spalín sa používa na ohrev vzduchu, vody a par, ktoré slúžia na teplárenské, resp. technologické účely. Mechanická energia spalín, resp. par sa využíva priamo, najčastejšie však na výrobu elektrickej energie v parných a plynových turbínach a v spaľovacích motoroch. Využitie tepla spalín je charakterizované účinnosťou, ktorá závisí predovšetkým od kvality (teploty) tepelnej energie. [1, 2]

Priame spaľovanie biomasy a odpadov a spaľovanie plynu získaného pyrolýzou alebo splyňovaním boli úspešne zvládnuté a parametre procesu sa často približujú k ich technologickým hraniciam. Ďalšie zvyšovanie efektívnosti je možné dosiahnuť rozvojom a integráciou existujúcich metód, ktoré vedú ku koncepcie novým riešeniam. Vysokú efektívnosť dosahujú zariadenia integrujúce spaľovanie a splyňovanie. Lepšie zhodnotenie biomasy je možné dosiahnuť vhodnou kombináciou pyrolýzy, spaľovania a splyňovania.

Výrobou energie priamym spaľovaním biomasy sa jej energetický potenciál značne znižuje. To zapríčinuje nielen nízku výťažnosť energie, ale aj vysoké výrobné a logistické náklady. Zvýšenie

energetického zhodnocovania biomasy je možné dosiahnuť zvýšením jej termodynamického potenciálu charakterizovaného vzťahom

$$Q = S \cdot T$$

Kde:

Q - je množstvo tepelnej energie

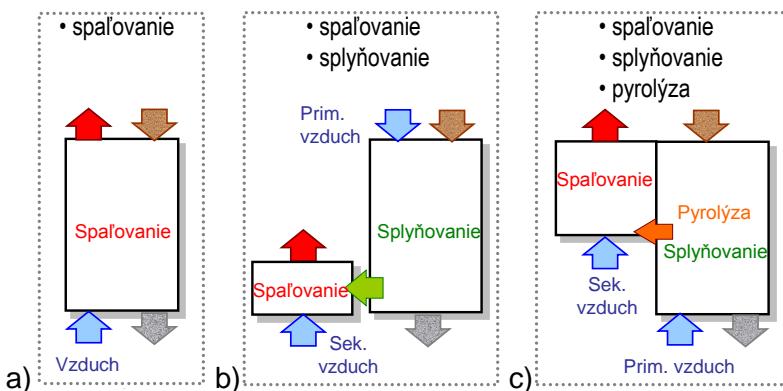
S - extenzívna zložka tepelnej energie

T - intenzívna zložka tepelnej energie

Ďalšie zlepšenie možno dosiahnuť využitím odpadného tepla z procesov spaľovania a z výroby energie a tiež logistikou odpadového hospodárstva. Technologicky optimálne je vytváranie uzavretých cyklov, v rámci ktorých sa odpadné teplo využije na sušenie a predohrev materiálu. Jeho využitie v teplárenstve vzhľadom na sezónny charakter znižuje ekonomicke ukazovatele výroby. Vhodnými technologickými a logistickými riešeniami je možné posilniť nielen technickú, ale aj ekonomickú efektívnosť a ďalej znižovať environmentálne dopady termického zhodnocovania biomasy a odpadov na životné prostredie. [1]

Spôsoby generácie tepla

Výroba tepla sa uskutočňuje priamym alebo nepriamym spaľovaním biomasy. Pri priamom spaľovaní biomasy sa spaľujú horľavé zložky priamo alebo po úprave. Nepriame spaľovanie biomasy pozostáva z pyrolyzy, splyňovania a následného spaľovania vygenerovaného plynu. Cieľom nepriameho spaľovania je zvýšenie efektívnosti termického spracovania biomasy. Energetickým kritériom optimálnosti tohto procesu je maximum energie biomasy pretransformovanej na teplo. Termodynamickým kritériom je maximálna teplota čerstvých spalín, ktorá charakterizuje kvalitatívnu zložku tepelnej energie. Týmto kritériám neodpovedá žiadnen základný spôsob konverzie. Vonkajšie prepojenie existujúcich základných spôsobov nie je výhodné, pretože pri ňom dochádza k strate tepla, čím sa znižuje efektívnosť celého procesu. Preto sa väčšina reálnych procesov uskutočňuje integrovane v jednom zariadení ako kombinácia základných spôsobov v rôznom usporiadaní (Obr. 1).



Obr. 1: Typy spaľovania a) jednostupňové; b) dvojstupňové; c) trojstupňové

Na Obr. 1a je jednostupňový proces generácie tepla, pri ktorom dochádza k priamemu spaľovaniu biomasy, ako aj produktov pyrolyzy a splyňovania. Zdrojom tepla sú spaliny, ktoré sú produkтом spaľovania. Kritériom spaľovania je maximálna teplota čerstvých spalín.

Dvojstupňový systém (Obr. 1b) pozostáva z procesu splyňovania a následného spaľovania vygenerovaného plynu. V tomto procese sú generované produkty spaľovania na vyššej teplotnej hladine, čím sa zvyšuje aj efektívnosť procesu využitia tepla.

Trojstupňové spaľovanie biomasy

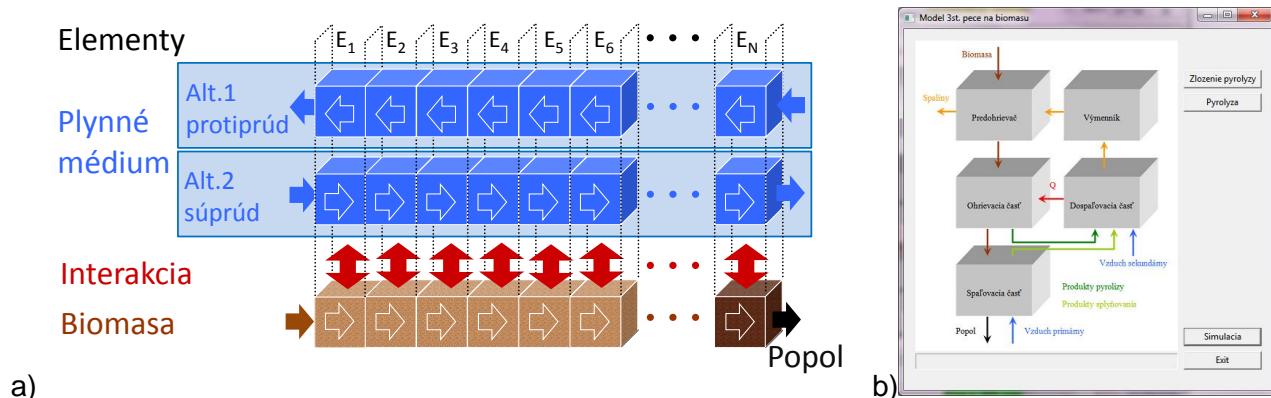
Trojstupňový proces (Obr. 1c) je oproti dvojstupňovému procesu rozšírený o pyrolýzu, ktorá prebieha pred procesom splyňovania. Pri trojstupňovom spaľovaní vstupujúci bioodpad je ohrievaný nepriamo cez stenu odchádzajúcim plynom, resp. spalinami. Pyrolýzny plyn, ako aj plyn vygenerovaný splyňovaním, vstupuje do spaľovacieho priestoru a pevný zvyšok postupuje do splyňovacej časti, v ktorej sa uskutočňuje splyňovanie a následne primárne spaľovanie. Efektívna je vysokoteplotná pyrolýza, nakoľko pri nej je najvyšší stupeň konverzie CO_2 na CO a tiež je vysoká výhrevnosť vygenerovaného plynu. Vysoká teplota zabezpečuje, že všetky produkty pyrolýzy sú v plynnom stave a nevyžadujú žiadne špecifické spracovanie.

V splyňovacej časti sú vytvorené teplotné a koncentračné podmienky pre generáciu syntetického plynu. Zvýšené množstvo vzduchu spôsobuje zvýšenie podielu splyňovania na úkor pyrolýzy. Tým sa znížuje termodynamická účinnosť procesu. Preto parametre zariadenia je potrebné navrhnuť tak, aby pri požadovanom výkone bola výťažnosť pyrolýzy blízka maximálnej hodnote, ktorá závisí od chemického zloženia biomasy.

Matematické modelovanie a experimenty boli zamerané na porovnanie jednotlivých typov spaľovania, pričom trojstupňové spaľovanie by malo mať vygenerovaný plyn s vyššou výhrevnosťou a pri spaľovaní by mala byť teplota spalín vyššia. Koncepcia trojstupňového zariadenia ho umožňuje použiť ako generátor plynu alebo ako generátor tepla. [3, 4]

Matematický model

Pre výskum trojstupňového procesu zhodnocovania bioodpadov bol vytvorený matematický model (Obr. 2). Pri tvorbe modelu bola zvolená metóda elementárnych bilancií s využitím náhradných čiastkových modelov jednotlivých procesov v zariadení. Pri tejto metóde je zariadenie dekomponované na zóny a tie na elementy (Obr. 2a). V jednotlivých elementoch prebiehajú procesy odparovania a kondenzácie, pyrolýzy, splyňovania, tvorby vodného plynu a horenia uhlíka podľa vytvorených podmienok. Matematický model bol vytvorený pomocou open-source softvéru Lazarus (Obr. 2b).

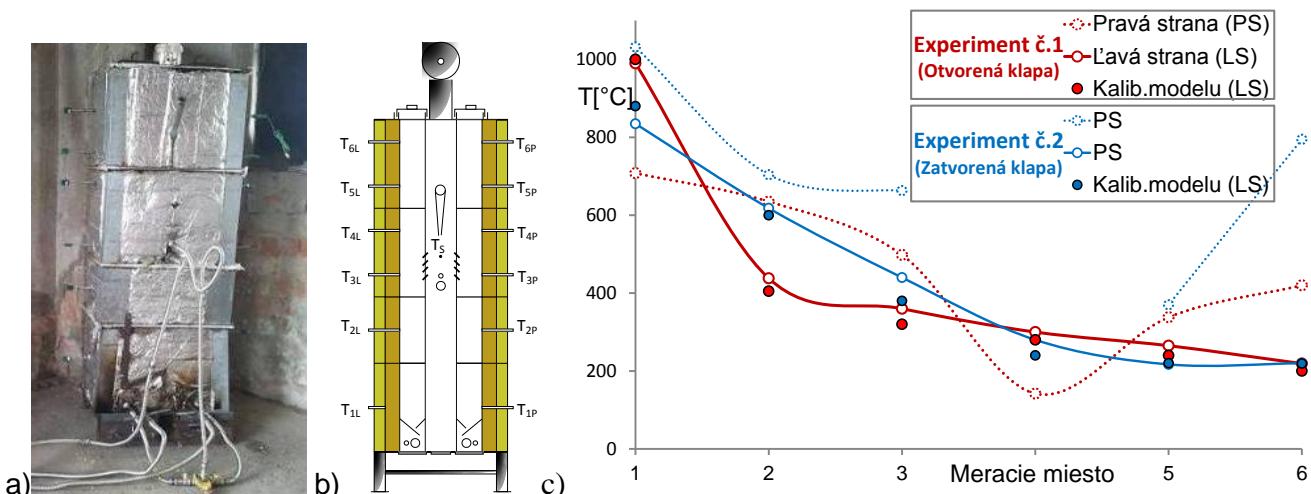


Obr. 2: Matematický model a) metóda elementárnych bilancií; b) prostredie vytvoreného modelu

Matematický model slúži na vyčíslenie prínosov trojstupňového spaľovania a nájdenie optimálnych prevádzkových parametrov. Kvôli jeho adekvátnosti s realitou je ho potrebné priebežne kalibrovať na základe experimentálnych resp. prevádzkových meraní.

Experimentálna trojstupňová pec

Kvôli overeniu trojstupňovej technológie spaľovania bolo navrhnuté a postavené experimentálne zariadenie vysoké 195 cm, hlboké 80 cm a široké 60 cm (Obr. 3a). Jedná sa o súmerné dvojkomorové riešenie, kde dospaľovací priestor s prívodom sekundárneho vzduchu je umiestnený v strede. Každá komora má 45 litrov, kde bolo počas experimentu dávkovaných $2 \times 15 \text{ kg/h}$ bukovej štiepky o priemernej vlhkosti 30 %. Na Obr. 3b sú v schéme označené meracie miesta teploty a odberné miesta pre analýzu spalín.



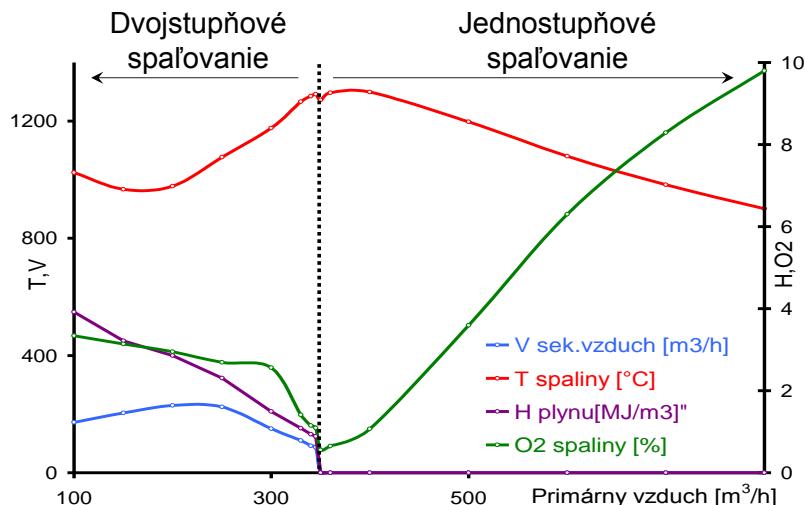
Obr. 3: Experimentálna trojstupňová pec a) zariadenie; b) schéma; c) priebeh experimentu

Z uskutočnených experimentov vyplynulo (Obr. 3c), že zariadenie je dostatočne citlivé na teplotné a koncentračné podmienky, ako aj na netesnosť voči okoliu. Hlavný nedostatok experimentov bol v tom, že neboli dosiahnuté potrebné teplotné podmienky, ktoré by umožňovali tvorbu technologických pásiem po výške pece a ich primeranú polohu: spaľovanie, splyňovanie, pyrolýza a sušenie. Hlavným problémom bola netesnosť voči okoliu, čo sa prejavilo na nerovnomernosti teplôt na pravej a ľavej strane zariadenia. Z tohto dôvodu bola pri kalibrácií matematického modelu zanedbaná pravá strana zariadenia, ktorá vykazovala veľký vplyv prisátého vzduchu.

Výsledky simulácií

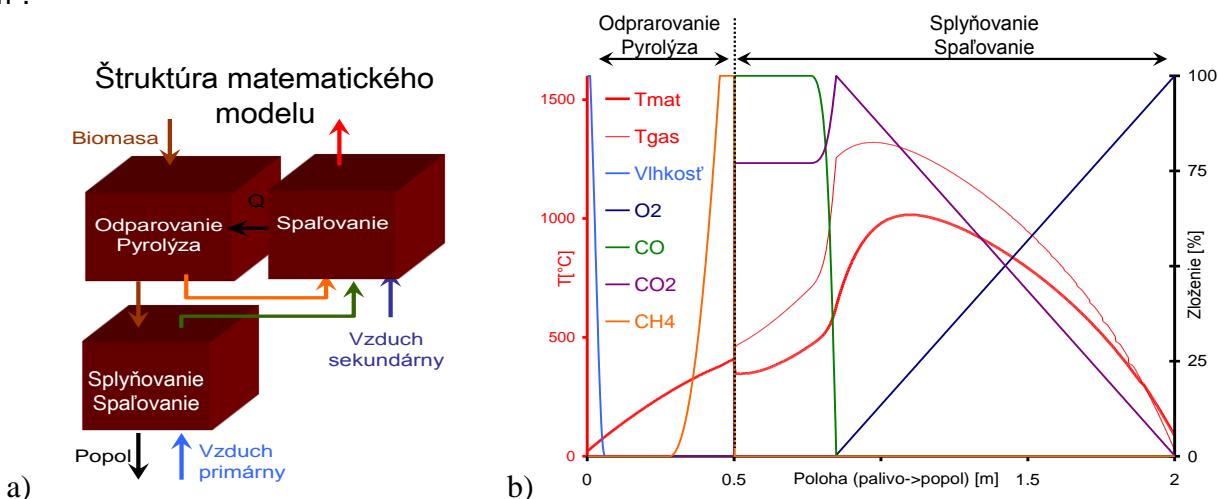
Na kalibrovanom matematickom modeli podľa experimentu boli simulované jednotlivé spôsoby generácie tepla pre jedno, dvoj a trojstupňové spaľovanie štiepok z odpadného bukového dreva s 30 % vlhkosťou a kusovosťou 2 cm. Pre porovnanie bol uvažovaný výkon zariadení 75 kg/h, pracovný objem 0,1 m³ a uvažované straty stenami 15 %.

Simulačne bolo nájdené, že jedno a dvojstupňové spaľovanie biomasy (Obr. 4) umožňujú pomocou prebytku primárneho vzduchu dosiahnuť maximálnu teplotu čerstvých spalín 1250°C. V prípade dvojstupňového spaľovania pri nepoužívaní sekundárneho vzduchu je možné generovaný plyn použiť na technologické účely o maximálnej výhrevnosti 4 MJ/m³.



Obr. 4: Výsledky simulácií pri zmene primárneho vzduchu

Priebeh simulácií trojstupňovej pece a nastavenia modelu je na Obr. 5. Do spaľovacej časti vstupuje plyn s výhrevnosťou 5,5 MJ, kde je spaľovaný sekundárnym vzduchom s teplotou čerstvých spalín 1176°C. Pri používaní nízkeho množstva sekundárneho vzduchu je možné získať plyn o výhrevnosti 5 MJ/m³.

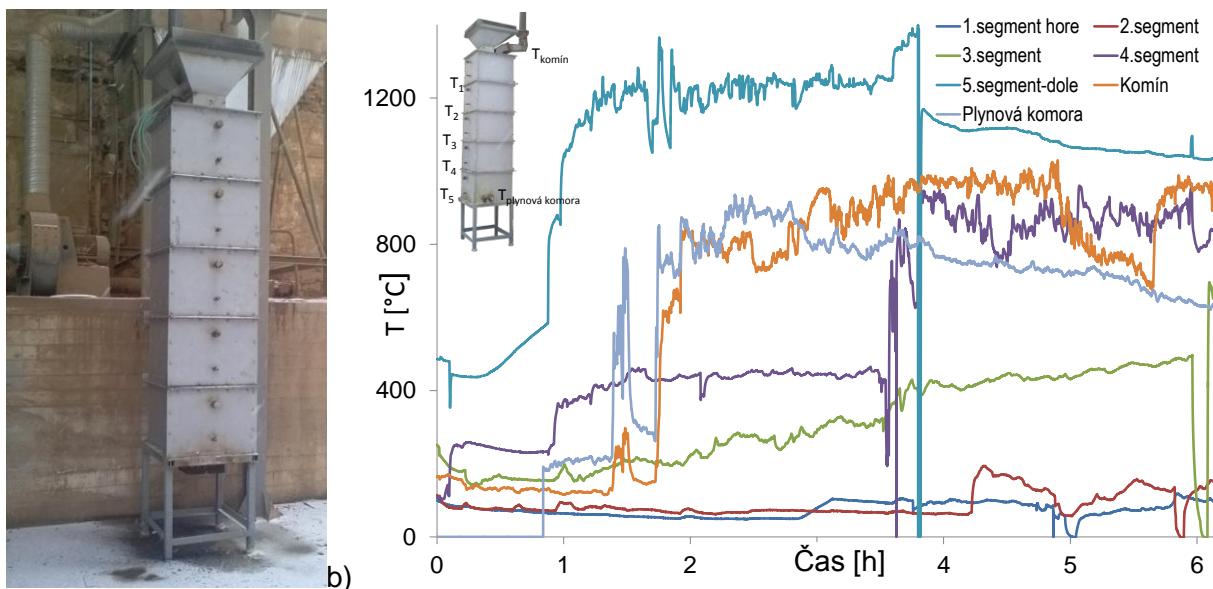


Obr. 5: Trojstupňové spaľovanie a) štruktúra modelu; b) priebeh simulácií pri primárnom vzduchu 200 m^3/h

Na základe kalibrovaného matematického modelu a skúsenosti z experimentu bolo navrhnuté a postavené experimentálne poloprevádzkové zariadenie.

Poloprevádzková trojstupňová pec

Nové experimentálne zariadenie (Obr. 6a) má pracovnú výšku 250 cm, hĺbku 65 cm a šírku 60 cm (Obr. 6a). Kvôli minimalizácii vplyvu netesnosti bolo navrhnuté dvojvrstvové opláštenie s jednou komorou (pracovná výška 200 cm a objem 100 litrov), kde dospaľovací priestor s prívodom sekundárneho vzduchu je umiestnený parallelne so spaľovacou komorou.



Obr. 6: Poloprevádzková trojstupňová pec a) zariadenie; b) priebeh experimentu a umiestnenie termočlánkov

Na zariadení bol vykonaný 6 hodinový experiment (Obr. 6b) s etapami – 1,5 h (nábeh pece); 2,5 h (režim generovania maximálnej teploty spalín) a 2 h (režim generovania plynu).

Ako referenčné palivo bola použitá drevná buková štiepka o priemernej vlhkosti 30 %, ktorá bola doplnovaná po znížení hladiny o 30 – 40 cm. Priemerný výkon vsádzania bol 60 kg/h.

Analýza spalín v dospaľovacej komore potvrdila dostatočnú tesnosť zariadenia ($O_2 = 0,08 \%$) a vysoký podiel horľavých zložiek (CO nad 8000 ppm – obmedzený rozsah prístroja; $H_2 = 76396 \text{ ppm}$).

Pre overenie navrhnutej technológie bude potrebné urobiť na zariadení dlhodobejšie experimenty. Predpokladom do budúcnosti je využiť iné typy biopalív, bude však potrebné simulačne navrhnuť a následne upraviť parametre zariadenia pre vybraný typ biopaliva.

Záver

Na základe analýzy procesu spaľovania, pyrolízy a splyňovania bol navrhnutý kombinovaný spôsob termického zhodnocovania biomasy, ktorým možno dosiahnuť energeticky a termodynamicky optimálne riešenie. Paralelným uskutočňovaním pyrolízy a splyňovania možno zvýšiť kalorickú hodnotu vygenerovaného plynu resp. entalpickej hodnoty spalín. Dosiahnutá energetická a termodynamická efektívnosť procesu umožňuje zvýšiť ekonomickú efektívnosť energetického zhodnocovania biomasy a tým podporiť jej širšie využívanie.

Simuláciami bolo zistené, že oddelením pyrolízy a splyňovania je možné zvýšiť výhrevnosť splyňovacej pece o cca 1 MJ/m³. Trojstupňová pec pracuje pri vyššej teplote, čo je možné využiť pri dodržaní teplotných požiadaviek na spaľovane komunálneho odpadu. Konceptia pece umožňuje jej použitie na výrobu tepla a na výrobu plynu. Geometrické a funkčné usporiadania pece zlepšuje možnosti jej efektívneho využitia. Vyrobéný plyn je vhodný pre kogeneračnú jednotku. Jej odpadné teplo sa dá využiť priamo v procese zhodnocovania biomasy (sušenie).

Na základe výsledkov simulácií a experimentov bolo navrhnuté poloprevádzkové zariadenie, ktoré slúžilo na experimentálne overenie získaných poznatkov a následnú kalibráciu matematického modelu. V ďalšej etape bude na základe simulácií a skúseností z experimentov postavená prevádzková trojstupňová pec.

Pod'akovanie

Tento článok, bol vytvorený realizáciou projektu „Nové technológie pre energeticky environmentálne a ekonomicky efektívne zhodnocovanie biomasy, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“ (Kód ITMS: 26220220063).

Literatúra

1. Košťial, I., Spišák, J., Mikula, J. at. all Inovácie procesov termického zhodnocovania biomasy, 17. medzinárodná konferencia Vykurovanie 2009, 2-6. marec 2009, Tatranské Matliare, ISBN 978-80-89216-27-7, pp. 191-195
2. Košťial I., Spišák J., Mikula J., Gloček J. : Metódy energetického zhodnocovania biomasy a odpadov, zborník z konferencie Moderné procesy spracovania odpadov, Košice, 2007, vydala Technická univerzita v Košiciach
3. Kuznetsov I. V. : Pyrolysis of biofuel in the bell and combustion of its product in the system of "Free gas movement", Ekaterinburg, 2004, dostupný z WWW: [<http://stove.ru>] (2007-11-09)
4. Jandačka J., Malcho M., Mikulík M. : Biomasa ako zdroj energie - potenciál, druhy, bilancia a vlastnosti palív, 2007 dostupný z WWW: [<http://www.biomasa-info.sk>] (2007-11-09)

Three-stage furnace for biomass energetic treatment

Imrich KOŠTIAL, Ján MIKULA, Ján KEREKANIČ, Martin TRUCHLY
BERG Faculty, Technical University of Košice, Košice, Slovak Republic,
e-mail: imrich.kostial@tuke.sk, jan.mikula@tuke.sk, jan.kerekanic@tuke.sk,
martin.truchly@tuke.sk

Summary

Biomass is presently most important energy source. Its energy potential is of about 50% of all renewable energy sources. Biomass thermal evaluation is very topical and has great perspective. From the analysis of direct combustion, pyrolysis and gasification has followed that no one of them enables effective transformation of biomass energy on heat. From the energy and thermodynamic efficiency point of view, the most convenient is combination of pyrolysis, primary combustion and secondary combustion. Optimal solution is at maximum pyrolysis degree. The research of the presented approach was realised by mathematical and physical modelling.

Economical effectivity of biomass energetical utilisation depends besides its costs, costs of its dressing on the costs of its thermal evaluation. In the presented contribution three basic modes of heat generation from biomass are presented: one stage, two stage and three stage. The three stage furnace with high temperature pyrolysis is presented. In this furnace pyrolytic gas and syngas are generated separately. By this arrangement heating value of the generated gas was increased by 1,5 MJ/m³.

Keywords: biomass, biomass waste, biomass thermal treatment, economic efficiency.

Institut environmentálních technologií – nové vědeckovýzkumné centrum na VŠB – Technické univerzitě Ostrava a Ostravské univerzitě

Institut environmentálních technologií byl vybudován v letech 2011 – 2013 v rámci projektu VaVpl CZ.1.05/2.1.00/03.0100 „Institut environmentálních technologií“ (řešeného s partnerem Ostravskou univerzitou). V rámci projektu byl vybudován nový moderní výzkumný pavilon vybavený špičkovou experimentální technikou umožňující výzkum v třech výzkumných programech. Na prvních dvou programech se podílí VŠB, na třetím Ostravská univerzita.

Výzkum energetického využití odpadů

Výzkumný program je zaměřen na jednotlivé technologické postupy (oxidační, plazmové, redukční, anaerobní) energetického a materiálového využití dále nevyužitelných, zejména směsných odpadů. Výzkumný program disponuje komplexním souborem moderních laboratoří, které zahrnují tři poloprovozní haly, kde jsou situovány spalovací pece, včetně suchého čištění spalin, modulové zařízení s plazmovým reaktorem a fermentory různého měřítka.

Cinnost v rámci výzkumného programu zahrnuje výzkum technologických postupů energetického zpracování odpadů s důrazem na zvyšování bezpečnosti těchto postupů, snižování jejich negativního vlivu na složky životního prostředí, zvyšování jejich energetické účinnosti, snižování ekonomické náročnosti, dále výzkum anaerobních biotechnologických procesů přeměny bioodpadů, výzkum vlastností spalitelných a anaerobně rozložitelných odpadů a posuzování vlivů termických metod energetického využití odpadů na životní prostředí.

Výzkum technologií odstraňování produktů z energetického využití odpadů

Výzkumná činnost je orientována především na snižování environmentální zátěže cizorodými látkami ve všech složkách životního prostředí, na výzkum a optimalizaci technologií čištění odpadních plynů, na technologie zpracování odpadních produktů z energetického využití odpadů, na výzkum využití prostředků modelování jako podpůrného nástroje při posuzování kvality ovzduší, možnostem snižování imisní zátěže a výzkum modelování hluku.

K dispozici je moderní laboratorní, analytické a softwarové zázemí pro výzkum katalytických a adsorpčních metod čištění odpadních plynů, chemické analýzy vod a výzkum přenosu znečištění z technologií do prostředí.

Výzkum dopadů environmentálních technologií na životní prostředí

Jsou studovány dopady průmyslových odpadových technologií na přírodní prostředí. Jednotlivými aktivitami projektu je sledován charakter znečišťování vody, ovzduší a jeho dopad na živou i neživou složku prostředí.

Hlavním předmětem studia jsou takové technologie zpracování nerecyklovatelných odpadů, u kterých je reálné energetické využití jejich tepelného obsahu. Výzkum spočívá ve fyzikálních, chemických, ekotoxikologických a genotoxikologických analýzách složek životního prostředí, především ovzduší, vody i půdy. Výstupem projektu je kvalitativní i kvantitativní popis dopadu xenobiotik na složky životního prostředí a návrhy na možná opatření ke zmírnění negativních dopadů s ohledem na trvalou udržitelnost.

Kontakt na web:

iet.vsb.cz
www.ietech.eu

Patronem tohoto čísla je Institut environmentálních technologií VŠB-Technické univerzity Ostrava a Ostravské univerzity