

CELULOZĂ ȘI HÂRTIE

VOL.63

No. 3/2014

MANAGEMENT BOARD

G. Balogh, D. Buteică (Chairman), C-tin Chiriac (Vicechairman), I.Ciucioi, R. Crăciun, T. Câmpean, B. Dobbelaere, S.T. Eryurek, C. Ferrero, C. Indreica, A. Itu, P.H. Kohler, A.Oncioiu, F. Smaranda, G. Stanciu, V. Sărac, A. Vais

CUPRINS

CONTENTS

NARCISA MARCELA MOISEI, ADRIAN CĂTĂLIN PUIȚEL, DAN GAVRILESCU, BOGDAN MARIAN TOFĂNICĂ <i>Biorafinarea – o privire generală</i>	3	NARCISA MARCELA MOISEI, ADRIAN CĂTĂLIN PUIȚEL, DAN GAVRILESCU, BOGDAN MARIAN TOFĂNICĂ <i>Biorefinery – an overview</i>	3
PETRONELA NECHITA <i>Tendențe și direcții de cercetare privind utilizarea aditivilor naturali în procesul de îndepărtare a poluanților din apele uzate industriale</i>	13	PETRONELA NECHITA <i>Actual trends and research regarding the use of natural additives in the industrial wastewater treatments</i>	13
CONSTANTIN CHIRIAC, DAN GAVRILESCU, TEOFIL CÂMPEAN, FLORIN GRAD <i>Cartonul ondulat – tendințe și provocări</i>	23	CONSTANTIN CHIRIAC, DAN GAVRILESCU, TEOFIL CÂMPEAN, FLORIN GRAD <i>Corrugated board – trends and challenges</i>	23
PROIECTE DE CERCETARE	32	RESEARCH PROJECTS	32
APARIȚII EDITORIALE	40	BOOK REVIEWS	40
MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE	44	SCIENTIFIC EVENTS	44

Quarterly journal edited by THE TECHNICAL ASSOCIATION FOR ROMANIAN PULP AND PAPER INDUSTRY and PULP AND PAPER R&D INSTITUTE – SC CEPROHART SA – Brăila, Romania

Sponsored by THE ROMANIAN OWNERSHIP OF PULP AND PAPER INDUSTRY

ISSN: 1220 - 9848

EDITORIAL STAFF

Angels Pelach - University of Girona, Spain

Branka Lozo - Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb, Croatia

Naceur Belgacem - INP- Pagora Grenoble, France

Ivo Valchev - University of Chemical Technology & Metallurgy, Sofia, Bulgaria

Elena Bobu - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania

Dan Gavrilesco - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania (*Editor*)

Paul Obrocea - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania

Valentin I. Popa - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania

Emanuel Poppel - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania

Teodor Măluțan - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania

Florin Ciolacu - “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași, Romania

Petronela Nechita – “Dunărea de Jos University” of Galați, Romania (*Deputy Editor*)

Daniela Manea – Pulp and Paper Research and Development Institute - SC CEPROHART SA, Brăila, Romania

Eva Cristian – Pulp and Paper Research and Development Institute - SC CEPROHART SA, Brăila, Romania

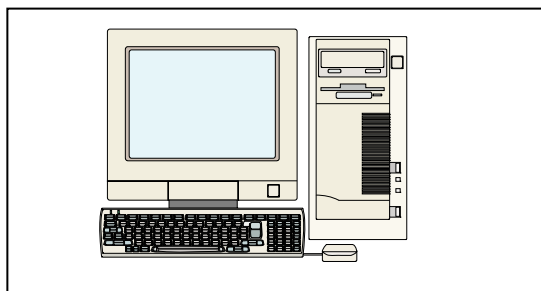
Nicoleta Gherghe – SC VRANCART SA Adjud, Romania

Mihai Banu - SC AMBRO SA, Suceava, Romania

The foreign readers may subscribe by TECHNICAL ASSOCIATION FOR ROMANIAN PULP AND PAPER INDUSTRY, (ATICHR), Walter Mărăcineanu Square no.1-3, Entry 2, Fl. 2, Room 177-178, Land 1, Bucharest, RO-78101, phone: + 40 21 315 01 62, + 40 21 315 01 75, Fax: +40 21 315 00 27, E-mail: rompap@pcnet.ro ; rompap@msn.com

The articles, information, advertising can be sent to “**CELULOZĂ ȘI HÂRTIE**” editorial office address: A.I.Cuza Blvd, no.3, 810019, Braila, Romania, phone: +40 239 619 741, fax: +40 239 680 280, e-mail: petronela.nechita@ceprohart.ro, or Walter Mărăcineanu Square, no. 1-3, land 1, Bucharest, phone: + 40 21 315 01 62, + 40 21 315 01 75

Aknowledged in Romania, in the Polymer Materials Sciences field, by the **National Council of the Scientific Research from the Higher Education** (CNCSIS), C group. **Indexed in PaperBase Abstracts, PIRA International** (www.paperbase.org, www.piranet.com)



BIOREFINERY - AN OVERVIEW

Narcisa Marcela Moisei, Adrian Cătălin Puițel, Dan Gavrilescu, Bogdan Marian Tofănică
„Gh Asachi” Technical University of Iași, Romania

*Author correspondence: Dan Gavrilescu, “Gh. Asachi” Technical University of Iasi,
Romania, email: gda@ch.tuiasi.ro*

Abstract

The biomass feedstock is a central part of the smart economy, since the conservation and management of resources are essential strategic directions to encourage sustainability. In this context, the biorefinery stands for a perspective in which the fossil fuels are replaced with biorenewables. The transformation of biomass into fuel and chemicals is becoming increasingly popular as a way to mitigate global warming and diversify energy sources. Biomass is a renewable, carbon-neutral resource, and fuels derived from biomass usually burn more cleanly than fossil fuels. It has been estimated that biomass could provide about 25% of global energy requirement. In addition, biomass can also be a source of valuable chemicals, pharmaceuticals and food additives. Examples are wood and wood waste, agricultural crops, agricultural waste, litter from animal feedlots, wastes from food processing operations and sludge from water treatment plants.

This paper presents recent advances in biomass processing and an analysis from a biorefining perspective. Integrated production of food, feed, chemicals, materials, fuels, energy is considered possible by the development of technologies for processing biogenic raw materials, for the production of intermediate and final products in integrated platforms. Large-scale applications are seen as evolving from innovative research aimed at the development and implementation of biorefineries – multi-step, multi-product facilities established for specific bio-sourced feedstocks, in an eco-efficient way. It emphasizes that biorefinery consists from adaptable production units, that can convert a large spectrum of raw materials. The involved processes can be used to the obtaining of a wide variety of products and these generate a minimal quantity of waste. In this respect, pulp and paper industry offers great possibilities for integrated valorization of some biomass sources.

Key words: *biomass, biomass valorization, biorefinery, environment, sustainable development,*

Rezumat

Materia primă provenită din biomasă reprezintă un element central al economiei inteligente, deoarece conservarea și managementul resurselor sunt direcții strategice esențiale pentru încurajarea dezvoltării durabile. În acest context, biorafinarea oferă o perspectivă în care combustibilii fosili sunt înlocuiți cu materiale regenerabile. Transformarea biomasei în combustibili și produse chimice devine din ce în ce mai mult acceptată ca o metodă de a diminua încălzirea globală și de diversificare a resurselor de energie. Biomasa este o resursă regenerabilă, care determină reducerea amprentei de carbon, iar combustibilii derivați din biomasă produc la ardere o cantitate redusă de poluanți comparativ cu combustibilii fosili. S-a estimat faptul că biomasa poate produce aproximativ 25% din necesarul global de energie. În plus, biomasa reprezintă și o sursă valoroasă de produse chimice, farmaceutice și de aditivi alimentari. Exemple în acest sens sunt lemnul și deșeurile lemnoase, culturile și deșeurile agricole, dejecțiile de la crescătoriile de animale, deșeurile rezultate la procesarea alimentelor și nămolul din stațiile de epurare a apelor.

Această lucrare prezintă progresele recente în domeniul procesării biomasei, precum și o analiză din perspectiva biorafinării. Producerea integrată a alimentelor,

materiilor prime, a produselor chimice, a combustibililor, a energiei este considerată posibilă prin dezvoltarea tehnologiilor de procesare a materiilor prime vegetale, a generării produselor intermediare și finale în cadrul unor platforme integrate. Se arată că biorafinarea însumează unități de procesare adaptabile, care pot prelucra un spectru larg de materie primă. Procesele implicate pot fi folosite pentru obținerea unei game largi de produse și generează o cantitate minimă de deșeuri. În această concepție, industria de celuloză și hârtie reprezintă un sector cu mari posibilități pentru valorificarea integrată a unor categorii de biomasă.

Cuvinte cheie: biomasă, valorificarea biomasei, biorafinare, mediu, dezvoltare durabilă

1. INTRODUCTION

Biorefinery systems can be considered as very adaptable production units, that are not bound to the obtaining of only one product and that can process a wide variety of raw materials. Several processes can be used to obtain a wide variety of products with the result of a minimal quantity of waste. In this respect, pulp and food industries represent sectors with a high potential of harnessed biomass.

The pressures on the planet biocapacity associated to the unprecedented change in the climate and trends in fossil fuel depletion generate premises to study and evaluate the ways of producing and process the natural resources in an efficient and sustainable way to ensure an environmentally-friendly development [1]. Designing for sustainability of production systems should be based on raw materials renewability, correlated with the rate of use. Therefore the design of production processes, products and services needs to be developed on a broader perspective having economic, technical, social and environmental efficiency, effectiveness, and performance as strategies in minimizing the impact on environment [2].

The biomass based feedstock is an essential part of the smart economy, since the

preservation and management of various resources are fundamental strategic lines to promote sustainability tasks in the 20th Century. In this context, biotechnology becomes more and more a sustainable alternative to various industrial sectors, in particular chemical industry since some shifts from production of goods and services from fossil to biobased materials are essential. Biomass has been and continues to be seen as the most promising carbon neutral source of energy, able to mitigate greenhouse emissions, because the quantity of CO₂ released during combustion is the same as that absorbed by plants during photosynthesis. Biomass is also considered environmentally sustainable as it is derived prevalent from industrial waste or resulted from agriculture and forestry management [3].

An integrated production of food, feed, chemicals, materials, fuels, energy goods is possible by the development of technologies for processing biogenic raw materials-biomass, with those for the production of intermediate and final products [4]. These products, termed as “bio-based products” include three larges categories: biofuels (biodiesel, bioethanol); bioenergy (heat, power); bio-based chemicals, and are presented in Figure 1.

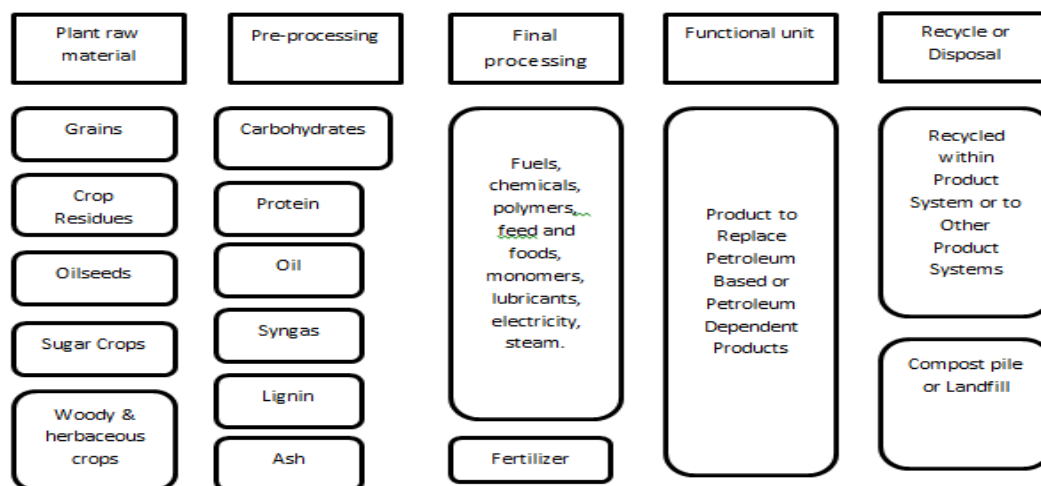


Fig. 1 Integrated production of biobased products from biogenic raw materials with specific technologies for biomass processing

All these products may be obtained by a biorefinery that integrates the biomass conversion processes. This integration under the coverage of biorefineries registered notable accomplishments in research and development over the world, in several specific directions. The development of knowledge in the area of biomass resources in parallel with the improvement of systems sustainability which develop, harvest and process biomass resources, contributes in a high degree to biorefinery establishment as a new and efficient way in saving resources and improving the global ecological and carbon foot prints. This would shift the actual state for the industrial biorefinery (with most-second generation plants), towards large-scale commercial production [5]. Furthermore, the development of a huge amount of products from biobased materials may be possible due to the increased efficiency and performance of processes and technologies conversion and distribution of these materials and products. In this context, biorefineries can be seen as “*facilities that convert biomass-biological materials from living or recently living organisms into fuels, energy, chemicals and materials*” [5].

In accordance with the concept of sustainability, a new and more general definition was proposed by the “*Biorefinery Euroview*” project. It defines biorefineries as: “*... integrated bio-based industries, using a variety of different technologies to produce chemicals, biofuels, food and feed ingredients, biomaterials (including fibers) and power from biomass raw materials*” [6].

Consequently, the biorefinery concept includes the management of all sustainability issues, concerning economic, environmental and societal components entailing a valuable strategy focused on the green economy era, being expected to play a significant role in supporting economical and social development. It should be noted that all these themes are in a strong connection with the

development of regulations in the frame of biobased products, and of market environment as well, and will contribute to overcome the differences in the *status quo* of industrial commercialization.

These fundamental trends generated a very large interest in biobased products, so as these products become parts of strategic plans of numerous stakeholders in various industries. Since biorefineries can generate multiple products, they offer the advantages of maximization the values derived from biomass feedstock [7].

2. BIOMASS FEEDSTOCK

Biorefineries process a biobased feedstock input, analogous to the petroleum refineries, where a variety of products - fuel, power, chemicals result. Although biorefineries use a large variety of different raw materials and conversion technologies, a clear alternative to fossil-based products does not exist still today. However, four classes of feedstocks are considered [8]:

- *first generation*: which entails edible biomass (starch rich plants, oily plants) to produce bioalcohols, vegetable oils, biodiesel, biosyngas, biogas;
- *second generation*: which use biomass in the form of non-food sources and crops (residual non-food parts of crops, solid waste, wheat straw etc.). to produce bioalcohols, bio-oil, biohydrogen, bio-Fischer-Tropsch diesel;
- *third-generation*: which include algae to produce vegetable oils, biodiesel;
- *fourth-generation*, which uses vegetable oils, biodiesel to produce biogasoline.

Biomass utilization paths and are listed in Table 1, according to their complexity [9].

Table 1 Biomass utilization paths

Biomass utilization paths	Examples
Use of unmodified or modified biomass without component separation for chemicals/materials or bioenergy	<ul style="list-style-type: none"> - wood for wood-based materials - wood as a fuel - natural fibers used as insulating materials - seeds oil as a solvent
Use of individual biomass components for chemical/materials or bioenergy	<ul style="list-style-type: none"> - vegetable oil for biodiesel - starch for bioethanol or in paper industry - sugar from sugar beet for fermentation
Complete utilization of biomass components for chemical/materials or bioenergy	<ul style="list-style-type: none"> - biogas from corn for generation of electricity and heat - integrated valorization of wood and annual plants to obtain pulp and lignin-based chemicals
Complete integrated utilization of biomass components for chemical/materials or bioenergy (in the same location)	<ul style="list-style-type: none"> - platforms for integrated production of a wide spectrum of products

However, any classification is generic only, based on a large generalization and provides little information on the intimacy of involved processes as well as of the possibility to apply various technological processes to different feedstocks. No classification criterion allows the combination of biorefinery systems by linking technologies involved in both energy-driven biorefinery systems and material-driven biorefinery systems. For example, if the carbohydrate fraction of a lignocellulosic feedstock is used to produce cellulose and xylose, the system is classified as a lignocellulosic feedstock biorefinery, but can also be classified as a forest-based biorefinery and, if the lignin fraction is pyrolyzed, the same biorefinery is also suitable for classification as a two-platform concept biorefinery [10].

3. STRUCTURE OF THE BIOREFINERY CONCEPT

The biorefinery is more than a fixed technology, since it includes a number of unitary processes aiming to transform feedstocks to products. Figure 2 shows a structural scheme of the biorefinery concept, including process types with the unitary processes and the primary and secondary products and intermediates [11].

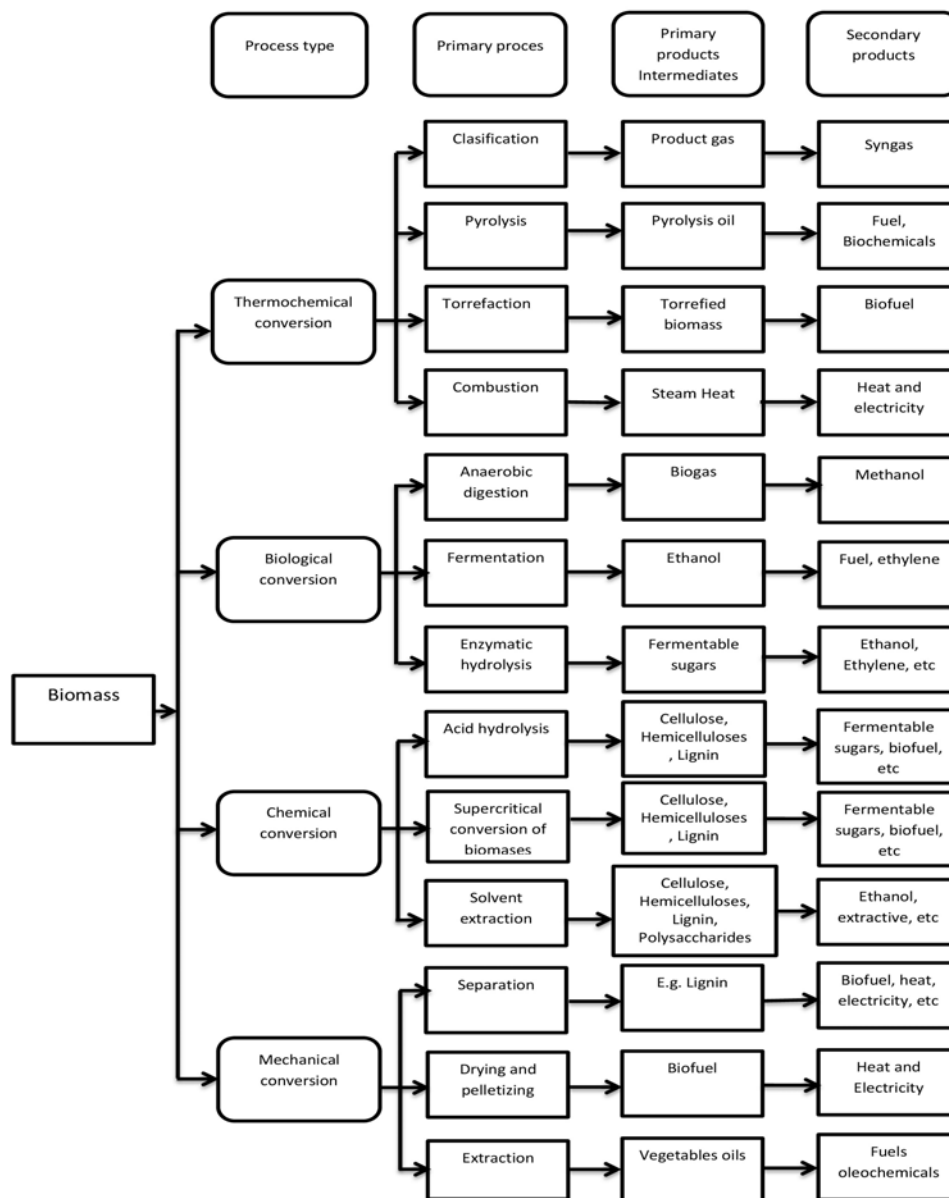


Fig. 2 Schematic structure of biomass conversion processes and potential products

Considering the use of raw materials, the environmentally-sound character and the degree of integration, biorefinery systems can be structured in various ways, [12]:

- *lignocellulosic feedstock biorefinery*, is based on the processing of lignocellulosic-rich biomass sources in three steps, as is presented in Figure 3: cellulose (sugar raw material); hemicelluloses (polyses) and lignin. These processing steps produce feeds, chemicals, biopolymers and other biomaterials. All wastes are incinerated for the cogeneration of heat and power, [13];

- *whole crop biorefinery*, uses raw materials (cereals, maize stems and wheat straw) in from of

grain, flour (meal), straw (combination of ears, leaves, chaff, nodes), based on dry or wet milling biomass. Their processing results in feeds, chemicals and biomaterials, see Figure 4;

- *green biorefineries*, uses “nature wet” (fresh) biomass (green grass, clover, alfalfa, immature cereals), resulting in a fiber-rich press cake and a nutrient-rich press juice. The flowsheet of the integrated biorefinery process of green biorefineries type is presented in Figure 5;

- *thermo-chemical biorefinery*, entails the biomass refining into a large group of value-added products, by applying several technologies such as: pyrolysis, gasification, torrefaction, hydrothermal upgrading. A particular concept derived

from thermo-chemical biorefinery relies to *Staged Catalytic Biorefinery Concept*, which offers the possibility to process biomass in sequential technological steps, with reducing the severity of the processing conditions using suitable catalysts, [14];

- *marine biorefinery* is based on marine crops, i.e. microalgae (diatoms; green, golden, blue/green algae) and macroalgae (brown, red and green seaweeds), and their derived products.

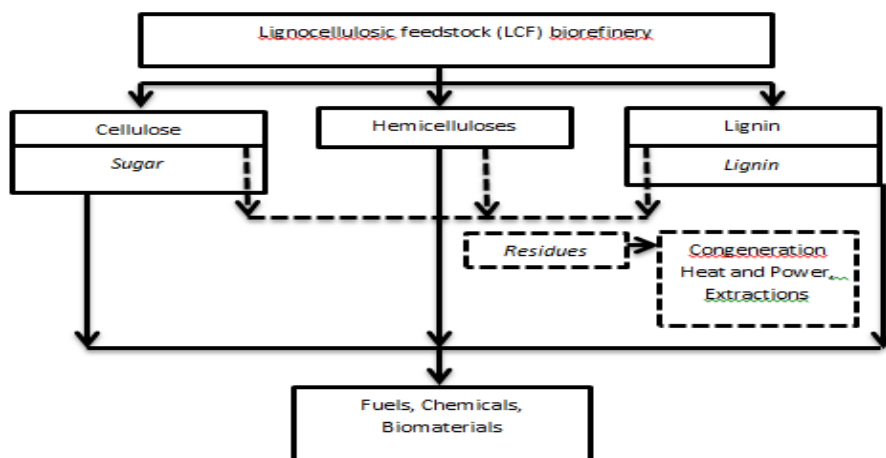


Fig.3 Scheme of integrated lignocellulosic feedstock biorefinery

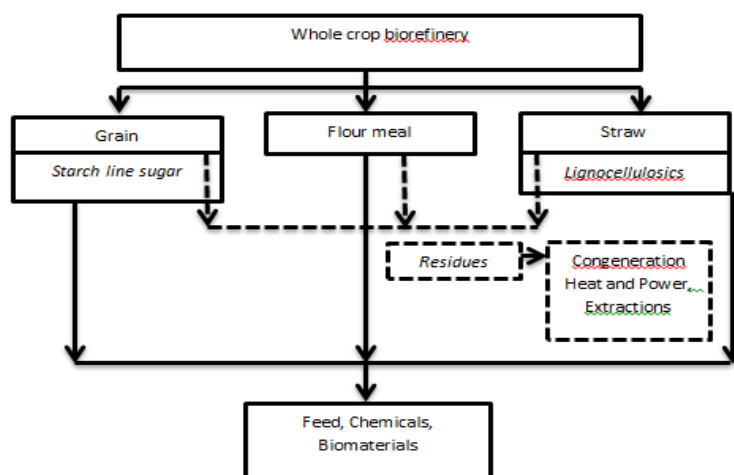


Fig. 4 Scheme of the integrated whole crop biorefinery

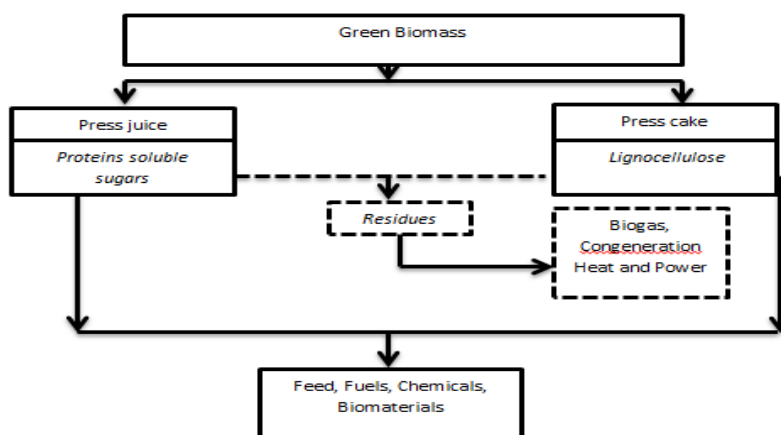


Fig. 5 Scheme of integrated green biorefineries

Depending on the materials resulted after primary refinery steps, the leading procedures applied for further transformation and the integration degree of these above mentioned biorefinery systems could be included in various biorefinery platforms: biochemical, thermochemical and microorganism platforms.

In this context, the biorefinery is an explicitly integrative, multifunctional overall concept that uses biomass for the sustainable generation of a spectrum of different intermediates and products (chemicals, materials, bioenergy/biofuels), allowing the fullest possible use of all raw material components. The co-products can also be food and/or feed. These aims require the integration of a range of different methods and technologies.

4. BIOREFINERY PLATFORMS

Biorefinery produces chemicals and materials from biomass on several integrated platforms, [15]:

- A – *the biochemical (sugar) platform*, based on the biochemical conversion of biomass, focusing on sugar fermentation, and including steps dedicated to products separation and purification;
- B – *the thermochemical platform*, based on the thermochemical conversion of biomass focusing on the gasification of lignocellulosic biomass;
- C – *the microorganism platform*, focusing on algae biomass cultivated in raceway type ponds or in photobioreactors.

Figure 6 presents the manner of integration of these platforms that allows to produce a large type of biobased products.

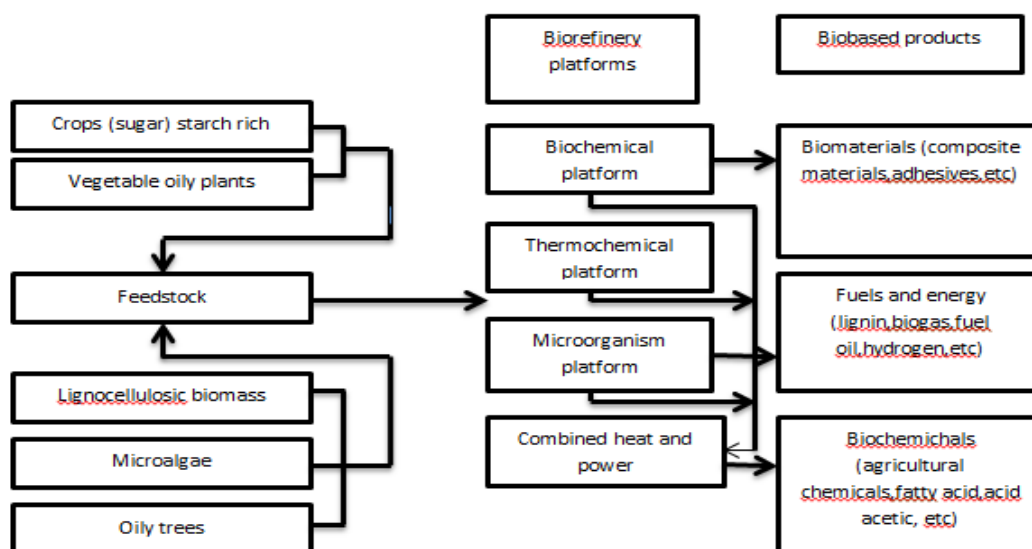


Fig. 6 Integration manner of the biorefinery platforms

The biorefinery concept considered by the National Renewable Energy Laboratory is based on two different primary platforms integrating various routes included in the biorefinery structure [16]. The biochemical (sugar) platform performs the biomass breakdown into sugars based on chemical and biological processes. The thermochemical platform is based on the biomass conversion onto synthesis gas through gasification, pyrolysis or hydrothermal conversion. The third platform - microorganism platform - has been recently included in the

biorefinery structure by the National Renewable Energy Laboratory.

There are also some unclassified biorefineries, which include: side and waste streams, marine biorefinery, most generation III biorefineries, consortia of different industries. They are expected to play a significant role in the future, since the concept of biorefinery is tightly linked with the progress of agriculture, the efficiency and availability food of and feed production, with major consequences for the prime arable land.

The integration of biorefinery platforms would be able to generate synergisms between the involved processes. By closing material and energy cycles and cascade utilization and recycling, it would be ensured a multifunctional incorporation of raw materials and processes, along the entire biorefinery value chain. Moreover, the eco-efficiency would become the leading concept governing the full system, since processes for biomass treatment and conversion

should be efficient in terms of materials and energy uses and these must assure long lifetime of goods and products. In addition, these processes should avoid adverse environmental impacts and risks. A more detailed overview of the platforms, products, feedstocks and conversion processes is given in Figure 7 [15].

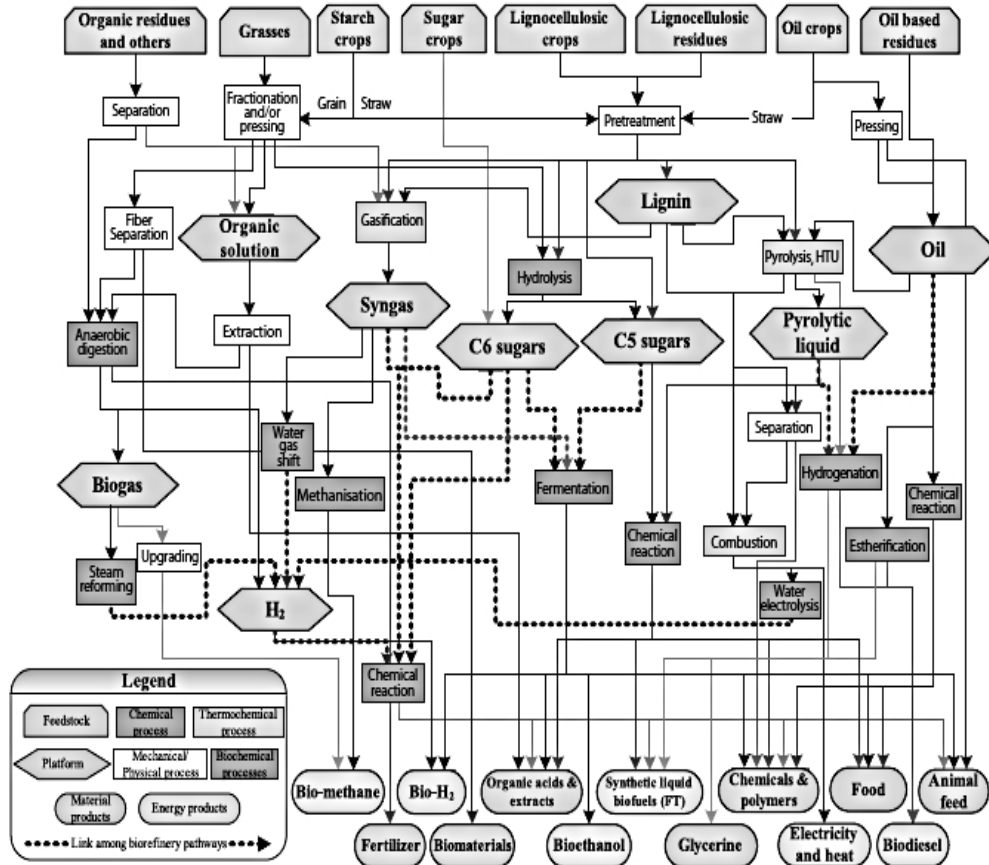


Fig. 7 Full network of the platforms, products, feedstocks and conversion processes

Basically, the biorefinery process chain consists of dedicated processes for the pre-treatment and preparation of biomass, as well as for the separation of biomass components

(primary refining) and the subsequent conversion/processing steps (secondary refining), see Figure 8.

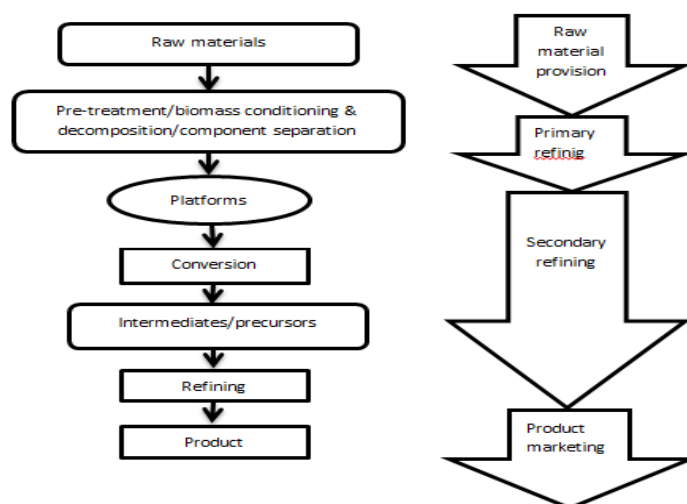


Fig. 8 The biorefinery process chain

The first step in a biorefinery involves the separation of biomass components into intermediates (e.g. cellulose, starch, sugar, vegetable oil, lignin, plant fibres, biogas, synthesis gas), and usually also includes the pre-treatment and conditioning of the biomass. In the secondary refining, further conversion and processing steps generate a larger number of products from the intermediates. Thereby, in a first conversion step the intermediate materials are fully or partially processed into precursors, as well as into more intermediates; in further value creation at the site of the biorefinery, these are then fully or partially refined into products. The products from biorefineries can be both finished or semi-finished. The by-products that occur as a result of primary- and/or secondary refining are used to supply process energy or they are further processed into food or feed.

5. CONCLUSIONS

1. Biorefinery can make a significant contribution to sustainable development by adding value to the use of biomass. They can produce a large spectrum of bio-based products (food, feed, materials, chemicals) and bioenergy (fuels, power and/or heat) feeding the full bio-based economy. This should be performed by maximizing biomass conversion efficiency – minimizing raw material requirements while at the same time strengthening the economic position of market sectors such as agriculture, forestry, chemical, and energy.
2. Biorefinery is an explicitly integrative, multifunctional overall concept that uses biomass for the sustainable generation of a spectrum of different intermediates and

products (chemicals, materials, bioenergy/biofuels), allowing the fullest possible use of all raw material components. The co-products can also be food and/or feed. These aims require the integration of a range of different methods and technologies.

3. There is general agreement that biomass availability is limited, so raw materials should be used as efficiently as possible, hence the development of multi-purpose biorefineries takes place in a framework of scarce raw materials and energy.
4. Biorefineries can be considered as very adaptable production units, that are not bound to the obtaining of only one product and that can process a wide variety of raw materials. Several processes can be used to obtain a wide variety of products with the result of a minimal quantity of waste. In this respect, pulp and food industry represents sectors with a high potential of harnessed biomass.

6. REFERENCES

1. PP. 2012. *Biowaste biorefinery in Europe: opportunities and R&D needs, position paper of the section of environmental biotechnology*. European Federation of Biotechnology. Available from URL: www.efb-central.org/images/uploads/PP_biowastebiorefinery_26.02.2012.pdf.
2. Yuan, Z., B. Chen and R. Gani. 2013. Applications of process synthesis: Moving from conventional processes towards biorefinery processes. *Comput. Chem. Eng.* 49: 217-229.

3. Gavrilescu, M. and Y. Chisti. 2005. Biotechnology – sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnol. Adv.* 23:471-499.
4. Kamm, B. 2013. Introduction to biomass and biorefineries, *In The Role of Green Chemistry in Biomass Processing and Conversion*. Ed. by Xie H. and Gathergood N, Wiley, Hoboken, New Jersey, pp.1-26.
5. WEF. 2010. *The Future of Industrial Biorefineries*, World Economic Forum, Cologne, Geneva, Switzerland, Available from URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_FutureIndustrialBiorefineries_Report_2010.pdf.
6. Biorefinery Euroview. 2008. *Current situation and potential of biorefinery concept in the EEC, Strategic framework and guideline for its development*. FP6EEC Project. Available from URL: www.biorefinery.euroview.eu.
7. Xiu, S., B. Zhang and A. Shahbazi. 2011. Biorefinery processes for biomass conversion to liquid fuel. *In Biofuels Engineering Process Technology*, ed. by dos Santos MA, Intech Open Science, pp. 167-190.
8. Demirbas A., 2010. *Biorefineries: For Biomass Upgrading Facilities*. Springer Dordrecht, Heidelberg-London-New York.
9. Wageman, K. (ed.). 2009. *Biorefineries roadmap, as part of the German Federal Government action plans for the material and energetic utilisation of renewable raw materials*, Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV), Berlin. Available from URL: <http://www.research-in-germany.de/dachportal/en/downloads/download-files/111996/brochure-biorefineries-roadmap.pdf>.
10. Cherubini, F., G. Jungmeier, M. Wellisch, T. Willke, I. Skiadas, R. Van Ree and E. de Jong. 2009. Toward a common classification approach for biorefinery systems. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 3: 534–546.
11. Hackl, R. and S. Harvey. 2010. Opportunities for process integrated biorefinery concepts in the chemical cluster in Stenungsund. Research Project Report, Department of Energy and Environment, Division of Heat and Power Technology, Chalmers University of Technology, Available from URL: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/local_131485.pdf.
12. Martin, M. and I.E Grossmann. 2012. Optimal synthesis of sustainable biorefineries. *In Integrated Biorefineries: Design, Analysis and Optimization*. Ed. by Stuart PR and El-Halwagi MM. CRC Press, Boca Raton, pp. 325-347.
13. Popa, V.I., Biorefining in the Pulp and Paper Industry, Chapter 1 in: *Pulp Production and Processing: from Papermaking to High-Tech Products*, edited by V.I. Popa, Smithers Rapra, 2013, 1;
14. de Wild, P., Biomass pyrolysis for chemicals, Dissertation, on line at: http://www.biochar-international.org/sites/default/files/Thesis_pyrolyse_compleet_Paul_de_Wild.pdf
15. de Jong, E., R. van Ree and I.K. Kwant. 2009. Biorefineries: adding value to the sustainable utilization of biomass, IEA Bioenergy. Available from URL: <http://www.ieabioenergy.com/Libitem.aspx?id=6420>
16. NREL. 2009. *Biomass research – what is a Biorefinery?* Available from URL: www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html.

TENDINȚE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE PRIVIND UTILIZAREA ADITIVILOR NATURALI ÎN PROCESUL DE ÎNDEPĂRTARE A POLUANȚILOR DIN APELE UZATE INDUSTRIALE

Petronela Nechita

Universitatea “Dunărea de Jos” Galați, Facultatea de Inginerie Brăila, Departamentul
Mediu, Inginerie Aplicată și Agricultură

*Corespondența autor: Universitatea “Dunărea de Jos” Galați, Facultatea de Inginerie
Brăila, Calea Călărași nr. 29, e-mail: petronela.nechita@ugal.ro, tel: +40744704928*

Abstract

The new economic and environmental requirements involve the development of low-pollution technologies and finding the new "economically" and "environmentally friendly" materials which can be used in the practice of industrial wastewaters decontamination. A particular interest in this direction is assigned to the natural additives, biocompatible and biodegradable from renewable resources that have a high ability to retain the pollutants from wastewaters.

In this paper are presented the general aspects regarding the limits of synthetic additives use in the wastewater treatments and recent developments and research in the field of natural additives use, especially of lignocellulose materials, in the physico-chemical treatments of industrial wastewaters.

Key words: *depollution, industrial wastewaters, natural additives, adsorption*

Rezumat

Noile cerințe economice și de protecția mediului impun dezvoltarea de tehnologii cu grad scăzut de poluare și identificarea de noi materiale „economice” și “prietenoase mediului”, care să poată fi folosite în practica depoluării apelor provenite din activități industriale. Un interes deosebit în acest sens este atribuit aditivilor naturali, biodegrabili și biocompatibili, obținuți din resurse regenerabile, care au o capacitate mare de reținere a poluanților din apele uzate. În lucrare sunt prezentate câteva aspecte generale privind limitele utilizării aditivilor sintetici în procesele de epurare a apelor uzate și stadiul actual al studiilor și cercetărilor în domeniul utilizării aditivilor naturali, în procesele fizico-chimice de epurare a apelor uzate industriale, cu accent pe materialele de tip lignocelulozic.

Cuvinte cheie: *epurare, ape uzate industriale, aditivi naturali, adsorbție*

I. INTRODUCERE

Apa constituie o resursă importantă pentru populație și pentru toate domeniile economice, iar lipsa resurselor de apă proaspătă va deveni din ce în ce mai critică la nivel mondial odată cu creșterea demografică și cu accentuarea modificărilor climatice.

Apa uzată provenită din industrie reprezintă un factor de poluare foarte important,

motiv pentru care atenția cercetătorilor este orientată către identificarea și dezvoltarea unor metode alternative eficiente de reducere a acestuia. Gestionarea resurselor de apă oferă o multitudine de provocări și, în funcție de evoluția științei, tehnologiei și elaborarea politicilor, necesită o abordare integrată pentru a fi de succes.

Noile cerințe economice și de protecția mediului impun dezvoltarea de tehnologii cu grad scăzut de poluare și identificarea unor noi materiale „economice” și “prietenoase mediului”,

care să poată fi folosite în practica depoluării apelor provenite din activități industriale.

În ultimii ani, materialele naturale (biomasă vegetală, reziduuri din agricultură, derivați de celuloză, materiale lignocelulozice, chitosan etc.) au găsit o largă aplicabilitate ca adsorbanti "low cost" pentru reținerea poluanților din ape, mai ales datorită capacității lor ridicate de complexare, dar și a impactului redus asupra poluării mediului (sunt biodegradabili, biocompatibili și obținuți din resurse regenerabile). [1,2,3,4,5,6]

În literatura de specialitate sunt raportate tot mai multe studii și cercetări privind utilizarea aditivilor naturali în procesul de depoluare a apei, cu eficiență foarte bună pentru eliminarea coloranților, a metalelor bivalente (Fe, Ni), a unor metale grele (Cu, Pb), dar și a altor tipuri de poluanți (substanțe organice și anorganice). [7,9]

II. Limitele utilizării aditivilor sintetici în procesul de epurare a apelor uzate

Datorită simplității procesului și a gradului înalt de eficiență, *adsorbția* pare să fie una dintre cele mai potrivite metode fizico-chimice pentru îndepărtarea poluanților din apele uzate. Procesul de adsorbție are la bază fenomenul de reținere pe suprafața unui corp a moleculelor unei substanțe dizolvate în apă. Materialul solid sau lichid pe care are loc reținerea se numește *adsorbant* iar substanța care este reținută *adsorbit*. Reținerea se realizează prin forțe de natură fizică, schimb ionic sau chiar legături chimice. Substanțele reținute pot fi îndepărtate prin încălzire sau extracție, astfel încât adsorbantul își recapătă aproape în întregime proprietățile inițiale. Adsorbția are avantajul că permite reținerea unor poluanți chiar când aceștia sunt prezenți în concentrații mici care au rămas în apă după aplicarea celorlalte procedee și când se impune un grad ridicat de epurare, având selectivitate pentru anumite substanțe impurificatoare. [14]

Ca materiale adsorbante, fie pentru gaze sau pentru lichide se utilizează o mare diversitate, în funcție de afinitatea față de substanțele ce trebuie reținute și în funcție de costul acestor materiale. Este de dorit ca, granulația acestor substanțe să fie cât mai mică pentru a avea astfel, la o aceeași greutate, o suprafață de contact cât mai mare. Pentru epurarea apelor uzate se utilizează încă de foarte mult timp, ca materiale adsorbante: cărbunele activ, cocsul granulat, cenuși de la furnale, de la centralele de termoficare, cărbune fosil, diverse minerale

granulate (calcarul, dolomita etc.), precum și o serie de rășini sintetice.

Cărbunele activ a fost primul material de adsorbție și cel mai mult utilizat pentru reținerea poluanților, în special a metalelor grele din apele uzate. Cărbunele activ se prezintă sub formă granulară având particule cu un diametru cuprins între 1 și 6 mm sau sub formă de pulbere, cu diametrul cuprins între 0,1 și 0,5 mm. Capacitatea mare de adsorbție a cărbunelui activ este dată de textura poroasă a particulelor și de suprafața specifică ridicată.

Cu toate acestea cărbunele activ *prezintă unele dezavantaje*: este non-selectiv, are preț de cost relativ ridicat pentru preparare și necesită agenți suplimentari de complexare pentru îmbunătățirea performanțelor de adsorbție. În plus, regenerarea acestuia se realizează prin procedură termică sau chimică care este de asemenea costisitoare și are ca rezultat pierderi însemnate de adsorbant. [25]

Folosirea *rășinilor sintetice* (polimeri organici cu structură poroasă) în procesele de adsorbție, este o alternativă eficientă de îndepărtare a compușilor organici nebiodegradabili din apele uzate. Principiul de reținere este similar cu cel al adsorbției pe cărbune activ: moleculele organice, care intră în contact cu suprafața rășinii, sunt reținute la suprafață prin forțe fizice și apoi îndepărtate în cursul operației de regenerare. Rășinile sintetice pot fi obținute folosind o varietate de monomeri care diferă între ei prin polaritatea lor, rezultând astfel o afinitate diferită pentru diverși compuși organici. Alegerea tipului de rășină în combinație cu modificări în structura poroasă poate conduce la o specificitate a adsorbantului în reținerea unor clase speciale de compuși organici. Rășinile sintetice folosite drept adsorbanti prezintă câteva caracteristici diferite față de cărbunele activ, fapt care conferă și particularități procesului de adsorbție, cum ar fi: forțele de atracție în cazul adsorbției pe rășini sintetice sunt mai slabe față de cele ale adsorbției pe cărbune activ, de aceea și regenerarea adsorbantului se poate realiza mai ușor și cu costuri mai mici, prin spălarea cu solvenți adecvați, existând posibilitatea recuperării compusului organic adsorbit (ex: solvenți prețioși); au conținut scăzut de cenușă și rezistență ridicată la creșterea bacteriană, datorită unei structuri poroase fine care inhibă pătrunderea bacteriilor. Cu toate acestea, costul rășinilor sintetice este mai mare decât al cărbunelui activ, de aceea adsorbția pe rășini sintetice este recomandată cazurilor în care poluanții eliminați au valoare mai mare când sunt recuperați. [25]

Toate aceste limitări ale aditivilor obținuți prin reacții de sinteză, au dus la identificarea unor metode alternative, prin găsirea unor materiale naturale cu performanțe la fel de bune cu cele ale aditivilor sintetici, cu preț de cost redus, din resurse regenerabile și biodegradabile, care pot fi utilizate în procesele de epurare fizico-chimică, în special în cele de adsorbție a poluanților din apele uzate.[15]

III. Stadiul actual al cercetărilor în domeniul utilizării aditivilor naturali în procesul de epurare a apelor

Contaminarea apelor uzate industriale cu ioni de metale grele, compuși organici persistenti și coloranți, constituie o poluare gravă care a atras atenția multor colective de cercetare în vederea elaborării și dezvoltării tehnologiilor de epurare avansată.

În legislația națională, metalele grele sunt încadrate în categoria substanțelor prioritare/prioritar periculoase datorită mobilității lor în eco-sistemele acvatice (bioacumulare) și a gradului ridicat de toxicitate. Îndepărtarea poluanților din apele reziduale (ioni ai metalelor grele, compuși organici persistenti, coloranți etc.) se realizează în mod curent prin metode fizico-chimice precum: adsorbție pe cărbune activ, schimb ionic, precipitare și oxidare chimică, ultrafiltrare sau metode electrochimice. Cu toate că aceste metode prezintă eficiențe notabile în eliminarea poluanților din apele uzate, implică costuri ridicate atât pentru echipamente cât și pentru sistemele de control și sunt, din punct de vedere tehnic, foarte complexe. Aceste dezavantaje au impus re-direcționarea atenției cercetătorilor pentru dezvoltarea unor metode alternative care utilizează materiale organice naturale de origine biologică și vegetală. Aceste materiale, prin structură și compoziție sunt „*prietenoase mediului*”, sunt puțin costisitoare, iar pentru eliminarea concentrațiilor toxice de compuși poluanți din apele reziduale acționează ca materiale solide cu dublu efect și anume: *adsorbanti și schimbători de ioni*. O serie de lucrări de specialitate au pus în evidență posibilitatea îndepărtării metalelor grele și a compușilor organici persistenti utilizând materiale naturale alternative (ieftine și disponibile local sau regional în cantități considerabile) precum: rumegușul, mușchiul de turbă, deșeurile agricole, cenușa, argila, biomasa moartă etc. Pe lângă costul scăzut al materialelor folosite, tehnicile de depoluare în care sunt

utilizate aceste materiale sunt caracterizate de procese mai puțin destructive și pot fi folosite „*on-site*” eliminând astfel transportul materialelor toxice la locul de tratament.[8]

Avantajele și dezavantajele îndepărtării poluanților prin utilizarea biomasei vegetale inactivate au fost analizate de o serie de cercetători care au scos în evidență faptul că: biomasa inactivată se comportă ca un bun schimbător de ioni, iar procesele, destul de rapide, se desfășoară fără constrângeri fiziologice ca în cazul celulelor vii. În același timp, utilizarea materialelor naturale în procesele de depoluare a apei, constituie o soluție impusă de necesitatea diminuării costurilor bio-remedierii. [11]

De aceea utilizarea materialelor neconvenționale naturale pentru reducerea încărcăturii de poluanți din apele uzate a devenit un domeniu de interes în cercetările actuale de specialitate cu potențial aplicativ ridicat.

În acest context, aplicarea acestor bio-materiale ne-costisitoare asigură intervenția operativă în combaterea poluărilor accidentale cu produse petroliere în special a apelor de suprafață (ape marine, fluviale, râuri, lacuri, etc.), dar și a apelor subterane.[15]

În literatura de specialitate sunt raportate tot mai multe studii și cercetări privind utilizarea aditivilor naturali în procesul de depoluare a apei, cu eficiență foarte bună pentru eliminarea coloranților, a metalelor bivalente (Fe, Ni), a unor metale grele (Cu, Pb), dar și a altor tipuri de poluanți (substanțe organice și anorganice).

Astfel, *materialele lignocelulozice* cum ar fi paiele de orez, tulpinele de in, coaja de pin, lignina tehnică, biomasa din plută au fost utilizate pentru îndepărtarea metalelor grele din apele uzate, dar și la recuperarea unor metale prețioase (Ag). Mecanismul de îndepărtare constă în adsorbția poluanților de către componenții acestor materiale (proteine, carbohidrați, compuși fenolici) dar și posibilității de complexare dată de prezența grupelor carboxil, hidroxil, sulfat și a grupărilor de aminoacizi care pot lega ionii metalici. De asemenea, multe studii și cercetări prezintă rezultatele de îndepărtare a coloranților cationici din apele uzate cu ajutorul deșeurilor lignocelulozice prin procese de adsorbție. În general, deșeurile agricole sunt materiale cu o structură poroasă complexă, în care predomină pori de dimensiuni mici și medii, care asigură reținerea prin procese de adsorbție a poluanților din apele uzate în mono- sau multi-strat. Aceste materiale conțin în structura lor numeroase grupări funcționale ($-OH$, $-COOH$, $-C=O$, $-NH_2$, etc), provenite de la hemiceluloză, lignină, lipide, extractibile, proteine, zaharuri, etc., care ionizează

cu ușurință în anumite condiții experimentale, și pot lega astfel ionii metalici, prin complexare sau schimb ionic. Astfel, cationii sunt atrași de sarcinile negative din structura materialelor lignocelulozice, eliberate de grupele hidroxil și carbonil. În structura celulozei și ligninei, însă, aceste grupe sunt legate prin legături de hidrogen și nu sunt disponibile fără ruperea lor prin modificare chimică.[7,12]

Algele marine – denumite și *iarbă de mare* sau *biomasă de alge (algae biomass)* sunt plante (materie vegetală) care cresc și se dezvoltă în apele mărilor și oceanelor (ape cu salinitate ridicată). Deși până în prezent sunt cunoscute peste 13.000 de specii de alge marine, acestea pot fi încadrate în trei clase mari: alge roșii, alge verzi și alge maro. Indiferent de clasa din care fac parte, algele marine conțin în structura lor fibroasă lignină, celuloză, hemiceluloză, polizaharide, proteine și lipide. Studiile existente în literatură au arătat că eficiența cea mai mare în reținerea ionilor metalici din soluții apoase o au algele maro, care au în structura lor un conținut mare de polizaharide, care determină o capacitate de schimb ionic pronunțată. Acest lucru se datorează prezenței alginatului sub formă de gel în pereții celulelor lor. De asemenea, structura lor macroscopică oferă o bază convenabilă pentru producerea de particule biosorbante care sunt potrivite pentru aplicații în procesul de sorbție. Cu toate acestea, trebuie remarcat faptul că algele marine nu sunt considerate deșeuri, în fapt, ele sunt singura sursă pentru producția de agar, alginat și caragenan. [13, 18,23]

În ultimii ani, utilizarea **polizaharidelor de tipul derivaților celulozici** (dietilaminoetil celuloza, - DEAEAC, acetatul de celuloză, hidroxietil celuloză, carboximetilceluloză) și **chitosanului** au cunoscut un interes deosebit pentru îndepărtarea poluanților din apele uzate (ioni ai metalelor grele, coloranți, cianuri, sulfuri etc.). Polizaharidele sunt în prim planul celor mai multe cercetări datorită faptului că sunt obținute din resurse regenerabile și se caracterizează prin amprentă de carbon redusă. Astfel, chitina este al doilea biopolimer ca abundență după celuloză, iar produsul său de dezacetilare, *chitosanul* este un biopolimer cu proprietăți unice, cunoscut ca o materie primă prietenoasă mediului, cu utilizări din ce în ce mai multe în procesele de epurare a apelor (adsorbție, coagulare-floculare). Chitosanul a atras un interes considerabil în tratarea apelor uzate, datorită unei combinații unice de proprietăți, precum biocompatibilitate, biodegradabilitate, capacitate de coagulare și complexare, schimbător de ioni. Adsorbția ionilor metalici pe chitosan se bazează pe reacții de

echilibru, astfel încât eficiența procesului de adsorbție va depinde atât de proprietățile superficiale ale chitosanului, cât și de condițiile experimentale de lucru. În procesul de adsorbție a ionilor metalici pe chitosan sunt implicate predominant grupările funcționale de pe suprafața sorbentului, iar interacțiunile dintre acestea și ionii metalici sunt cel mai probabil de tip electrostatic sau de complexare. Ionii metalici din apropierea grupărilor funcționale tind să interacționeze predominant cu centrul activi care au disponibilitatea (geometrică) cea mai mare, iar odată ce acești centri activi sunt ocupați, apar împiedicări sterice care limitează foarte mult pătrunderea altor ioni din soluție spre grupări funcționale rămase libere. [2,7,10, 16]

Cochiliile de scoici (midii, scoici) sunt capabile de a elimina ionii metalici din apele uzate în mod eficient, datorită prezenței aragonitului, o formă biogenă de carbonat de calciu, care are capacitatea de a schimba ușor ionii de calciu cu ionii de metale grele. Cochiliile de scoici conțin aragonit, un mineral care are o bună capacitate de schimb ionic și care poate constitui o alternativă la schimbătorii de ioni de tip sintetic. În plus, prin calcinare la 600°C – 800°C, cochiliile de scoici au un randament mult mai mare în adsorbția și a altor poluanți deoarece carbonatul de calciu se transformă în oxid de calciu. Reactivitatea diferitelor tipuri de carbonați de calciu naturali scade în ordinea: *dolomită* < *cretă* < *marmură* < *calcar de scoici*. [21]

Mușchiul de turbă este un alt aditiv natural utilizat cu rezultate bune pentru reținerea eficientă a ionilor de Cu, Pb, Zn, Cd și Cr din apele uzate. Conținutul mare de acizi humici din compoziția turbei (cu un grad mare de polimerizare) și structura lor de macropolianioni conferă o îmbunătățire marcantă a proprietăților de schimb ionic. Cationii relativ mici pot fi reținuți prin legături predominant ionice în asociere cu o singură grupă reactivă, sau prin legături coordinative. Datorită formelor sale coloidale dar și a coloizilor ce apar în procesele chimico-microbiologice, humusul din compoziția turbei contribuie alături de celelalte fibre celulozice modificate la formarea unor agregate stabile într-o măsură mult mai mare decât o realizează orice alte forme de schimbători de ioni convenționali. Grupele reactive ale acizilor humici care participă la schimbul ionic în procesul de filtrare/bio-sorbție sunt: grupele hidroxil fenolice, carboxilice și grupele aminice din heterocicli. [16,17,19]

Utilizarea cu succes a **zeoliților naturali** în procesele de depoluare are la bază proprietățile de schimb ionic ale acestora precum și capacitatea

de adsorbție-desorbție. Schimbul ionic prin utilizarea zeoliților naturali poate fi considerat una dintre cele mai atractive metode, datorită faptului că aceștia se găsesc din abundență, iar prețul de cost este scăzut. În natură, zeoliții s-au format prin depunerea cenușii vulcanice în lacuri cu apă sărată. Zeoliții naturali sunt reprezentați prin alumino silicați naturali de calciu, stronțiu, sodiu, potasiu, bariu, magneziu și se găsesc în natură mai ales în cavitățile rocilor vulcanice unde s-au format prin contactul lavei cu apa mării. Ei pot fi translucizi, incolori, albi, colorați în nuanțe deschise, culoare datorată impurităților fin dispersate, în special oxizi și hidroxizi de fier și mangan. Au o duritate și densitate mică. Performanțele zeoliților în purificarea apelor uzate sunt cu atât mai ridicate, cu cât aceste materiale conțin compuși cu proprietăți adsorbante mai bune, de tipul clinoptilolitului (adevăratul tuf vulcanic cu proprietăți speciale) obținut dintr-un zăcământ de foarte bună calitate. [15, 16,26]

Alte tipuri de aditivi naturali sunt: *materialele cu proprietăți fungice* care includ *Aspergillus*, *Rhizopus* și *Penicillium*. Aceste microorganisme sunt utilizate pe scară largă în diferite produse alimentare/industria farmaceutică, fiind generate ca deșeuri cu preț de cost scăzut; *semințele de mere* - utilizate atât pentru reținerea metalelor grele, cât și pentru îndepărtarea coloranților din apele uzate.[3,6]

IV. Procese de epurare a apelor uzate în care sunt utilizați aditivii naturali

În ultima perioadă s-au intensificat cercetările și studiile care prevăd utilizarea aditivilor naturali în procesele fizico-chimice de epurare a apelor. Principalele procese în care aceste materiale au găsit aplicabilitate tot mai mare sunt:

1. Adsorbția poluanților din apă (biosorbție) (figura 1), proces care prezintă următoarele avantaje:

- costul scăzut al materialelor utilizate;
- disponibilitatea mare a acestor materiale (*turba, alge marine, cochilii de scoici, chitosan, semințe de mere*, deșeuri agricole și forestiere, materiale lignocelulozice etc);
- utilizarea deșeurilor biologice și casnice ca sorbenți;
- ușor de realizat practic în comparație cu alte metode;
- capacitatea de reținere a ionilor metalici cu eficiență ridicată într-un domeniu larg de pH;
- posibilitatea de a îndepărta specii complexe ale ionilor metalici, care de cele mai multe ori nu este posibilă prin utilizarea altor metode de epurare a apelor uzate;
- este o metodă ecologică, prin care se poate realiza o valorificare superioară a unei game variate de deșeuri existente în natură.[4,8,20]



Deșeuri din lemn



Cochilii de scoici



Mușchi de turbă



Semințe de mere



Alge marine



Chitosan

Fig. 1 Tipuri de materiale naturale utilizate în procesele de adsorbție a poluanților din apele uzate

2. Coagularea particulelor coloidale și dizolvate din apele uzate

Reprezentative pentru acest proces sunt polizaharidele de tipul:

- Derivaților celulozici (CMC, HEC);
- Amidonului din porumb și cartofi;
- Chitosanului (derivat de chitină).

Studiile de literatură au condus la identificarea unor limite și dezavantaje ale aplicațiilor unor bioaditivi pe bază de polizaharide, cum ar fi derivații de amidon și derivații de celuloză, evidențiind în același timp potențialul tot mai accentuat de utilizare a chitosanului sau derivaților de chitosan ca bioaditivi în procesele de epurare a apelor uzate (figura 2).

Chitosanul, singurul bio-polimer cu încărcare cationică naturală, poate fi considerat o alternativă la aplicațiile aditivilor sintetici și a bioaditivilor pe bază de polizaharide convenționale, respectiv derivați de amidon și derivați de celuloză. Acesta poate fi utilizat în procesele de coagulare - floclare a impurităților

din apele uzate, acționând asupra neutralizării sarcinii negative a particulelor coloidale și facilitând aglomerarea lor în agregate de dimensiuni mari, mai ușor de îndepărtat prin sedimentare.

Chitosanul este un polimer hidrofilic, biodegradabil, non-toxic, din resurse regenerabile, cu capacitate de complexare a ionilor metalici din apele uzate, format din lanțuri de grupări [-β (1, 4)-2-amino-2-deoxi-D-glucopiranoză], obținut prin reacția de dezacetilare a chitinei care este al doilea material organic ca abundență după celuloză. Chitina este componenta majoră structurală a exoscheletului nevertebrat, în special în crustacee, moluște și insecte, precum și principalul polimer fibrilar în peretele celular al fungilor. Pe lângă grupările OH reactive primare și secundare, versatilitatea chitosanului este dată de grupările amino care sunt accesibile reacțiilor chimice și asigură potențial pentru reacții de acetilare, alchilare, cuaternizare, grefarea și complexarea cu metale. [2, 5, 10, 24]



Chitina - chitosan



Carboximetilceluloză



Amidon din cartofi și porumb



Fig. 2 Tipuri de polizaharide utilizate în procesul de epurare a apelor uzate

Cercetări în domeniul utilizării chitosanului în procesul de coagulare a particulelor coloidale din apele uzate au scos în evidență că la adaos cuprins între 12 mg/l și 30 mg/l se înregistrează reducerea importantă a consumului chimic de oxigen (figura

3) și a turbidității apei uzate (figura 4). Acest fenomen poate fi explicat pe baza densității de sarcină, care la chitosan este mai mare decât în cazul altor coagulanți. Aceasta are ca rezultat destabilizarea rapidă a echilibrului coloidal.[24]

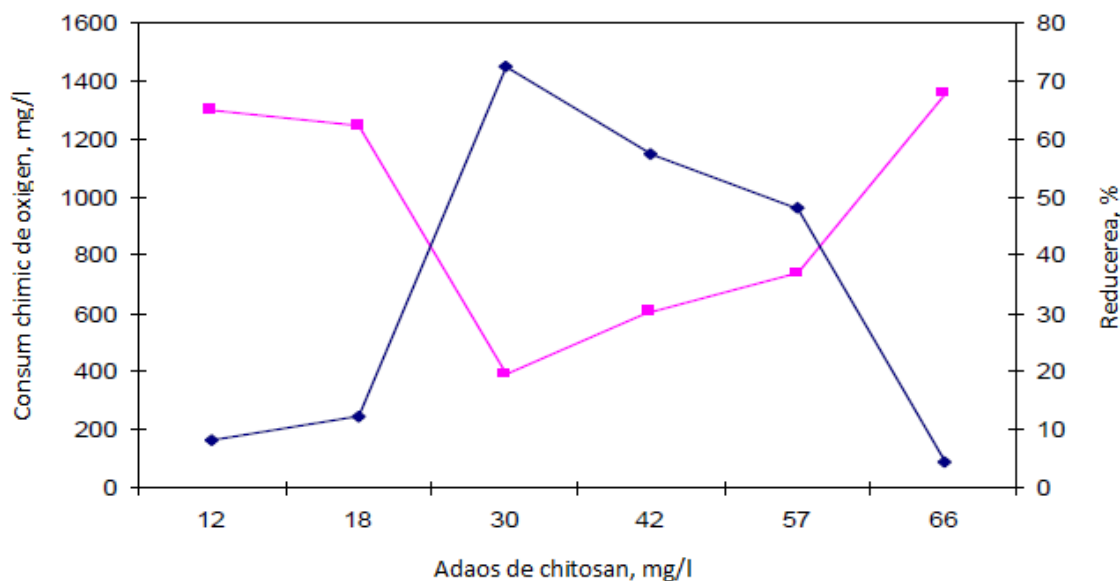


Fig. 3 Efectul adaosului de chitosan asupra nivelului CCO (■) și a reducerii acestui parametru (◆)

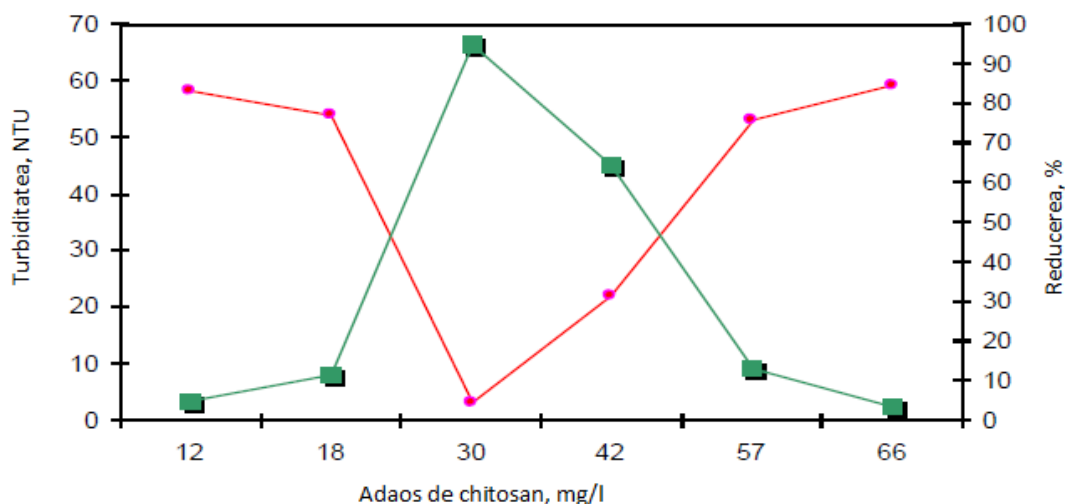


Fig.4 Efectul adaosului de chitosan asupra nivelului turbidității (●) și a reducerii acestui parametru (■)

3. Schimbul ionic

Caracteristica cea mai importantă care recomandă utilizarea aditivilor naturali în procesul de epurare a apelor uzate este cea de schimb ionic, astfel putând înlocui schimbătorii de ioni sintetici și cu preț de cost ridicat.

Dintre cele mai reprezentative materiale naturale care au această proprietate de schimb ionic, **zeoliții naturali** reprezintă o sursă tehnologică ecoalternativă a cercetărilor viitoare din domeniul epurării apelor uzate.

În natură, zeoliții s-au format prin depunerea cenușii vulcanice în lacuri cu apă sărată. Zeoliții naturali sunt reprezentați prin

alumino silicați naturali de calciu, stronțiu, sodiu, potasiu, bariu, magneziu și se găsesc în natură mai ales în cavitațiile rocilor vulcanice unde s-au format prin contactul lavei cu apa mării. Ei pot fi translucizi, incolori, albi, colorați în nuanțe deschise, culoare datorată impurităților fin dispersate, în special oxizi și hidroxizi de fier și mangan. Au o duritate și densitate mică. Din punct de vedere economic, mai importante sunt boabele fine de zeolit, cum ar fi clinoptilolitul format prin alterarea granulelor fine ale depozitelor vulcanice de către apa subterană (figura 5). [15]



Fig. 5 Tipuri de zeoliți naturali

Rezultatele obținute în urma studiilor și cercetărilor în domeniul utilizării aditivilor naturali în procesul de epurare a apelor uzate industriale au condus la evidențierea unor avantaje nete ale utilizării acestor tipuri de materiale (tehnologii neconvenționale), în

detrimentul tehnologiilor clasice, convenționale care utilizează auxiliari chimici obținuți prin procese de sinteză și de obicei cu preț de cost ridicat. Concret, aceste avantaje sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1 Avantajele metodelor neconvenționale comparativ cu metodele de epurare clasice

Parametrul	Tratament cu aditivi naturali (Metode neconvenționale)	Metode convenționale
Compatibilitatea cu mediul	Sunt biodegradabili, netoxici și provin din resurse regenerabile	Sunt obținuți prin procese chimice de sinteză
Eficiența de îndepărtare poluanți	Eficiență ridicată în reducerea conținutului de metale grele, a culorii și a substanțelor organice oxidabile	Eficiență moderată de îndepărtare a poluanților
Prețul de cost și complexitatea operațiilor	Preț de cost redus (unii bioaditivi sunt disponibili în natură) Proces simplu, care nu implică operații suplimentare de prelucrare și dozare Metodă accesibilă pentru stații de epurare de mare capacitate Tratamentele se pot realiza “on site” reducându-se astfel chltuielile generate de transport	Preț de cost ridicat pentru prelucrarea materialelor în vederea obținerii unor performanțe ridicate Operații complexe de preparare și dozare
Posibilitatea regenerării materialului după epuizare	Pot fi reutilizați și regenerați (chiar până la 30 de cicluri în cazul zeoliților) iar deșeurile rezultate din aplicațiile lor sunt mult mai puțin nocive față de poluanții ca atare. În cazul tufurilor zeolitice, după epuizare acestea pot fi utilizate ca material în componența unor materiale de construcții, pavaje, zguri etc.	Regenarare mai complexă, deșeuri rezultate toxice
Concentrația reziduală în apa tratată	Redusă	Cantități mari de produși reziduali (în special în urma utilizării coagulanților de tipul FeCl ₃ și AlCl ₃)

V. CONCLUZII

Metodele neconvenționale de îndepărtare a poluanților din apele reziduale cu ajutorul aditivilor naturali pot constitui o alternativă ieftină și eficientă pentru epurarea apelor uzate industriale, înlocuind astfel, în treapta de epurare fizico-chimică, utilizarea coagulanților sintetici și a cărbunelui activ, auxiliari cu preț de cost ridicat și cu impact negativ asupra mediului.

VI. BIBLIOGRAFIE

1. Adebawale K. O., Unuabonah I. E., Olu-Owolabi B. I., „*Adsorption of some heavy metal ions on sulfate- and phosphate-modified kaolin*”, Applied clay science, 2005, vol. 29, n^o2, pp. 145-148
2. Asandei, D., Bulgariu L., Bobu E., *Removal of Cu(II) ions from aqueous solutions by adsorption on chitosan – Proceedings of 14th International Symposium on Cellulose Chemistry and Technology*, Iași, 2010
3. Bailey, S.E., et al., *A review of potentially low cost sorbents for heavy metals*, Water Research, 33 (11), 1999
4. Bishnoi NR, Kumar R, Kumar S, Rani S., *Biosorption of Cr(III) from aqueous solution using algal biomass spirogyra spp.*, J Hazard Mater. 2007 Jun 25;145(1-2):142-7.
5. Dhanesh S., Anjali S., *Chitosan for the Removal of Chromium from Waste Water*, I. Res. J. Environment Sci., Vol. 1(3), 55-57, October (2012)
6. Demirbas A., *Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review*, Journal of Hazardous Materials, (157), 2008
7. Farkas, A.E. et.al , *Polysaccharides utilization for water decontamination*, Lucrările celui de Al VII lea Simpozion Internațional Tehnologii Avansate pentru Industria Celulozei, Hârtiei și Cartonului Ondulat, 2013, Brăila, Romania
8. Gavrilesco, M., *Removal of Heavy Metals from the Environment by Biosorption*, Engineering in Life Sciences, Vol.4, (3), p. 219-232, 2004
9. Gupta, V.K., Suhas A. *Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review*, Journal of Environmental Management 90 (2009) 2313–2342
10. Hassan, M.A.A, et al. *Removal of boron from industrial wastewater by chitosan via chemical precipitation*, Journal of Chemical and Natural Resources Engineering, Vol. 4(1): 1-11, 2009
11. Hlihor, R.M., Gavrilesco M., *Removal of some environmentally relevant heavy metals using low-cost natural sorbents*, Environmental Engineering and Management Journal, 8 (2), 2009
12. Hubbe, M. et al. - “*Cellulosic substrates for removal of pollutants from aqueous systems: a review. I. Metals*”, BioResources, 6(2), 2161 – 2287 (2011)
13. Lupea, V.M., - “*Studii privind utilizarea algelor marine ca sorbent low-cost pentru îndepărtarea ionilor metlici din apele uzate*”, Teza de doctorat, Iași, 2012
14. Macoveanu M., Balba D., Balba N., Gavrilesco M., Soreanu G., (2002), *Procese de schimb ionic in protectia mediului*, Ed. Matrix Rom, Bucuresti.
15. Popa M.D., *Metode neconvenționale ecologice de epurare a apelor uzate*, Teza de doctorat, USAMV Cluj Napoca, 2011
16. Santos, A., Yustos, P., Quintanilla, A., Garcia-Ochoa, F., Casas, J.A., Rodriguez, J.J., “*Evolution of Toxicity upon Wet Catalytic Oxidation of Phenol*”, Environmental Science and Technology, 2004, 38, 133-38.
17. Sari A, Tuzen M, *Kinetic and equilibrium studies of biosorption of Pb(II) and Cd(II) from aqueous solution by macrofungus (Amanita rubescens) biomass*, J Hazard Mater. 2009 May 30;164(2-3):1004-11.
18. Sharma, Y.C. , *Cr(VI) Removal from industrial effluents by adsorption on an indigenous low-cost material*, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, March 2003, vol. 215, no. 1-3, p. 155-162.
19. Suleman, Q., et al. *Electron Journal of Biotechnology*, (10), 3, 2007
20. Șuteu, D. et al – “*Industrial cellolignine wastes as adsorbent for removal of Methylen blue dye from aqueous*

- solutions*”, BioResources, 8(1), 427-446 (2013)
21. Tudor, H.E.A., Gryte, C.C., Harris, C.C., - “*Sea shells : Detoxifying agents for metal-contaminated waters*”, Water, Air, and Soil Pollution, 173: 209–242 (2006)
22. Volesky, B., Holan, Z.R., *Biosorption of Heavy Metals. Review*, Biotechnol. Prog., 1995, Vol. 11, No.3
23. Zarraa, M.A., *A study pn the removal of chromium (VI) from waste solutions by adsorption on to sawdust in stirred vessel*, Adsorption Science and Tecnology, 12 (2), 1995
24. M.A.A,Hassan, T.Pei Li, Z.Z.Noor, *Coagulation and flocculation treatment of wastewater in textile industry using chitosan*, Journal of Chemical and Natural Resources Engineering, Vol.4(1):43-53, 2009
25. Nechita, P., *Procese și echipamente pentru protejarea și epurarea apelor*, Ed. Europlus Galați, 2014
26. Ross, Clarence S., and Shannon, Earl V., *The Minerals of Bentonite and Related Clays and their Physical Properties: Jour. Am. Ceratnic Soc.*,1926, **9**, pp 77-96

CARTONUL ONDULAT - TENDINȚE ȘI PROVOCĂRI

Constantin Chiriac^{*)}, Dan Gavrilescu^{**)}, Teofil Câmpean^{***)}, Florin Grad^{****)}

^{*)}Patronatul Industriei de Celuloză și Hârtie, ROMPAP, București, România, ^{**)}Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iași, România, ^{***)}RONDOCARTON SRL, Cluj, România

Corespondență autor: Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași, Facultatea de Inginerie Chimică și Protecția Mediului, B-dul D. Mangeron 71, Iași, România, gda@ch.tuiasi.ro

Rezumat

Lucrarea se ocupă cu tendințele și provocările pe termen scurt și mediu ale industriei de carton ondulat pe plan mondial și în România. Se prezintă statistici care conturează dinamica producției și profilul pieței de carton ondulat. În acest context, sunt subliniate evoluția producției în zona Euro, China și SUA, precum și forțele motrice și riscurile industriei de carton ondulat. Se prezintă trăsăturile industriei de carton ondulat din România cu privire la structura producției și evoluția pieței de ambalaje. Se analizează factorii cel mai importanți care determină cererea de carton ondulat: mărimea și evoluția produsului intern brut, structura producției de mărfuri, reducerea gradului de ambalare, adoptarea sistemelor noi de vânzare cu amănuntul. Se fac considerații legate de ambalajele active și inteligente, ca ramură nouă de ambalare a produselor alimentare. Sunt discutate tendințele industriei de carton ondulat referitoare la migrarea producției din țările dezvoltate în țările în curs de dezvoltare, evoluții privind specificațiile ambalajelor, modificările privind consumul de hârtii pentru cartonul ondulat, creșterea performanțelor la fabricarea cartonului ondulat și ambalajelor. Se trec în revistă provocările viitoare ale industriei de carton ondulat.

Cuvinte cheie: carton ondulat, ambalaje, statistică, piață, tendințe

Abstract

The paper deals with the trends and challenges with short and medium term of corrugated board industry worldwide and in Romania. Statistics to illustrate production dynamics and global market profile of corrugated board are presented. In this respect, the evolution of production in Eurozone, China and USA is discussed and the driving forces and risks of the corrugated board industry are underlined. The features of the corrugated industry in Romania regarding production structure and packages market evolution are also presented. The key factors influencing demand for corrugated board such as: gross domestic product level and its evolution, structure of goods production, reduction of packaging degree, adoption of new retailing systems. Some considerations are made regarding active and smart packages as a new branch of food packaging. The tendencies of corrugated board manufacture referring to migration of production from developed countries to emergent regions, evolution of packaging specifications, changes regarding consumption of paperboards, increasing of performances concerning corrugated board and cases manufacture are also discussed. The prognosis of the challenges of corrugated board industry is reviewed.

Key words: corrugated board, packages, statistics, market, tendencies

1. DATE STATISTICE

Piața mondială a ambalajelor a avut o valoare de 797 miliarde dolari în anul 2013, Asia asigurând 36 %, Uniunea Europeană 29 % iar

SUA 23 %. Pe categorii de ambalaje, piața este dominată de ambalajele din hârtie și carton (40 %) și din materiale plastice (30 %). Ambalajele din metale ocupă 18 % din piață, iar cele din sticlă 7 %. Valoric, piața mondială a ambalajelor din

carton ondulat a fost estimată la 140 miliarde dolari în anul 2013 [1]. În cazul ambalajelor din hârtie și carton, cea mai mare piață este SUA cu o valoare de 50.5 miliarde dolari, după cum se observă din tabelul 1. Piețe majore de ambalaje sunt China și Japonia, urmate de țările dezvoltate din Europa.

Tabelul 1 Valoarea pieței mondiale de ambalaje din hârtie și carton în anul 2012 [2]

Țara	Valoarea pieței mondiale de ambalaje din hârtie și carton în anul 2012, (miliarde dolari)
SUA	50,5
China	30,1
Japonia	23,5
Germania	8,2
Franța	7,3
Canada	7,2
Italia	6,4
Marea Britanie	6,2
Indonezia	5,4
Rusia	4,8

Cartonul ondulat ocupă o poziție privilegiată printre celelalte materiale pentru fabricarea ambalajelor, pe plan mondial producându-se aproape 100 mil. tone (anul 2012). Cel mai mare producător de ambalaje din carton ondulat este China (28 % din totalul mondial), urmată de SUA și Uniunea Europeană. În Europa (țările membre FEFCO), s-au produs în același an 42,2 miliarde m² (22 mil. tone) de carton ondulat [3]. Se estimează că producția mondială de carton ondulat va crește în viitorii 5 ani cu un procent mediu anual de 4%, ajungând la 115 mil. tone în anul 2019.

Alături de consumul de hârtie, consumul de ambalaje de carton ondulat reflectă gradul de dezvoltare a unei țări și nivelul de trai a populației. În tabelul 2 se prezintă consumul de carton ondulat pe locuitor în principalele regiuni geografice. Se observă diferența mare între

America de Nord și Europa de Vest și celelalte regiuni, dar și faptul că asistăm la scăderea consumului de carton ondulat în regiunile dezvoltate. Cea mai mare creștere a consumului de carton ondulat s-a înregistrat în China, iar tendința se va menține. În celelalte regiuni vor fi creșteri modeste ale consumului de carton ondulat.

Tabelul 2 Consumul de carton ondulat pe plan mondial

Regiunea	Consumul de carton ondulat pe locuitor (kg) în anul:		
	2007	2012	2016*
America de Nord	104	95	97
America de Sud	20	20	22
Europa de Vest	84	81	83
Europa de Est	30	37	39
Asia de sud-est	8	9	10
China	27	38	45
Inelul Pacif.	98	87	88
Alte regiuni	4	5	6
Media mondială	29	30	32

* prognoză ICCA [6]

În România, producția de carton ondulat și de confecții de carton ondulat a cunoscut o dezvoltare continuă. Creșterea producției s-a datorat mai ales investițiilor în mașini de carton ondulat noi și în echipamente pentru fabricarea ambalajelor. În același timp, au fost modernizate mașinile existente prin achiziționarea de grupuri de ondulare mai performante, cuțite noi, completarea cu splicere etc. Conform datelor ARFCO (Asociația Română a Fabricanților de Carton Ondulat), în intervalul 2008-2013, producția de carton ondulat a crescut cu un ritm mediu anual de 6,3 %. În tabelul 3 se prezintă dinamica producției de carton ondulat din România în intervalul 2008-2013.

Tabelul 3 Dinamica producției de carton ondulat din România în intervalul 2008-2013 [4]

Indicatorul	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2013/2008
Producția de carton ondulat, tone	190242	172178	205398	242963	247190	262679	+38,1
Producția de confecții, tone	112461	106878	126020	149275	156631	168830	+50,1
Producția de plăci, tone	74488	62930	76827	91410	88818	92092	+23,6
Producția de carton ondulat, mil. mp	407	368	433	498	509	532	+30,7
Producția, mil. Euro	132	103	129	177	181	193	+46,2

Datele din tabelul 3 arată faptul că industria de carton ondulat și de confecții din carton ondulat a cunoscut o dezvoltare apreciabilă, producția de carton ondulat fiind în anul 2013 cu 38 % mai mare decât în 2008, iar cea de confecții cu 50 % mai ridicată. În aceeași perioadă și producția valorică a înregistrat o creștere robustă de peste 46 %, ceea ce demonstrează precupările societăților comerciale pentru valorificarea superioară a producției. Creșterea valorică nu se datorează numai mării producției ci și reducerii proporției de plăci vândute la terți de la aproape 40 % în 2008, la 35 % în 2013. Pentru perioada următoare, ARFCO estimează menținerea ritmului actual de dezvoltare a sectorului de carton ondulat și de confecții din carton ondulat.

2. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ CEREREA DE AMBALAJE DIN CARTON ONDULAT

Cererea de ambalaje este influențată de nivelul de dezvoltare a industriei, agriculturii, construcțiilor, serviciilor, care se contorizează cumulat prin nivelul produsului intern brut. Valoarea produsului intern brut este principalul factor care influențează cererea de ambalaje, în particular a celor din carton ondulat. În figura 1 se prezintă dependența dintre produsul intern brut și producția de carton ondulat din unele țări europene și se observă că cei doi indicatori se corelează cu un grad de încredere suficient de ridicat, ($R^2 = 0,78$).

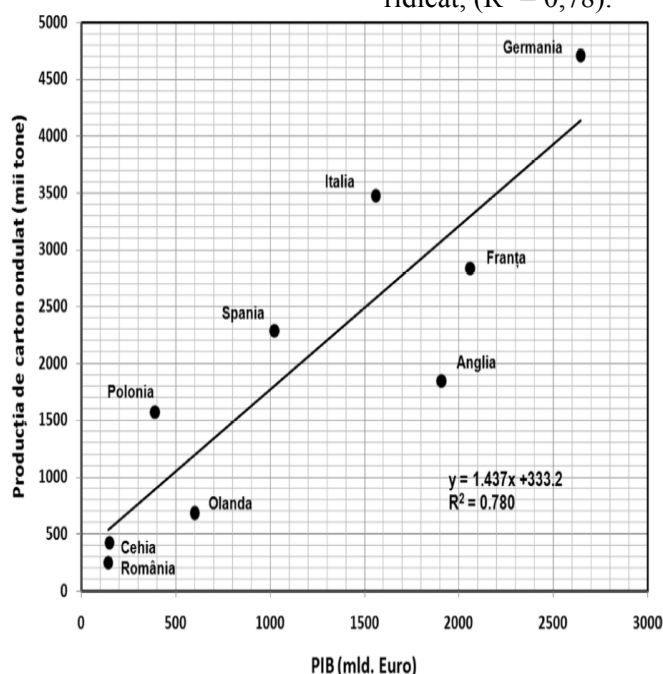


Fig. 1 Dependența dintre produsul intern brut și producția de carton ondulat din unele țări europene (anul 2012)

Din punct de vedere analitic, ecuația de dependență dintre producția de carton ondulat și produsul intern brut din figura 1 ($y = 1,437x + 333,2$) arată faptul că o creștere a produsului intern brut cu fiecare 1 miliard de euro determină mărirea producției de carton ondulat cu 1770 tone, cu o abatere medie de 22%.

Creșterea produsului intern brut este întotdeauna însoțită de mărirea producției de carton ondulat, aspect valabil și în cazul României, după cum se prezintă în tabelul 4. În perioada 2002-2012 produsul intern brut a crescut continuu, cu excepția anilor de criză 2009 și 2010, iar producția de carton ondulat a urmat creșterea produsului intern brut, cu unele oscilații.

Tabelul 4 Evoluția produsului intern brut (PIB) și producția de carton ondulat (PCO) în România

Indicatorul	Anul										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PCO, mii tone	178,6	158,0	157,5	168,9	178,6	198,0	190,2	229,3	205,4	242,9	247,2
PIB, mld. Euro	49	53	61	80	98	125	140	117	122	131,2	131,7
PCO/PIB	3.6	2.9	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.9	1,7	1.85	1.88

Tabelul 4 prezintă și raportul dintre produsul intern brut și producția de carton ondulat (PIB/PCO), indicator care reflectă contribuția PIB la producția internă de carton ondulat. Se observă că în ultimii ani, creșterea PIB cu fiecare 1 miliard de euro a însemnat, în cazul României, o producție suplimentară de carton ondulat cuprinsă între 1,7-1,9 mii tone. Desigur că economia României este încă insuficient stabilizată, fiind posibile modificări pe termen scurt privind nivelul producției diferitelor sectoare industriale, ceea ce afectează și cererea de ambalaje din carton ondulat în diferite perioade.

Tabelul 5 Evoluția produsului intern brut (PIB) și producția de carton ondulat (PCO) în Germania

Indicatorul	Anul				
	1995	2000	2005	2010	2012
PCO, mii tone	3.23	3.87	5.46	4.61	4.77
PIB, mld. Euro	1929	2045	2224	2496	2645
PCO/PIB	1.67	1.82	1.55	1.84	1.80

Datele din figura 1 și din tabelele 4 și 5 confirmă faptul că valoarea PIB al unei țări este indicatorul de bază care dimensionează producția de carton ondulat. Deasemenea, se observă că atât în cazul României cât și al Germaniei se verifică ecuația de dependență dintre producția de carton ondulat și produsul intern brut, prezentată în figura 1. Pentru România, se poate preziona faptul că, cel puțin pentru perioada imediat următoare, tendința de creștere a producției de carton ondulat și de

Pentru a cuantifica mai exact contribuția produsului intern brut al unei țări asupra producției de carton ondulat s-a considerat cazul Germaniei, o economie bine dezvoltată, matură și stabilizată. Din tabelul 5 se observă că în cazul Germaniei creșterea PIB cu fiecare 1 miliard de euro a însemnat, o producție suplimentară de carton ondulat cuprinsă între 1,6-1,8 mii tone, valoare apropiată de cea găsită pentru cazul României.

ambalaje din carton ondulat se va menține la dinamica înregistrată în ultima perioadă.

În afară de valoarea PIB, producția de ambalaje din carton ondulat este influențată și de structura producției industriale și agricole. Este cunoscut faptul că necesarul de ambalaje diferă sensibil între sectoarele economice, funcție de specificul mărfurilor produse. Structura consumului de ambalaje de carton ondulat în România este prezentată în tabelul 6. Analiza datelor arată că sectorul alimentar și agricultura domină cu o valoare de 37 % din cererea de ambalaje. Alte sectoare importante sunt industria mobilei, industria ceramică, a echipamentelor electrice și a pieselor de schimb. Sectoarele mai puțin consumatoare de ambalaje din carton ondulat sunt producția de substanțe chimice, detergenți și cosmetice, coletăria și ambalajele necesare industriei mijloacelor de transport. Se remarcă procentul ridicat de plăci livrate la transformatori (26,1 %).

Tabelul 6 Structura consumului de ambalaje de carton ondulat, 2012 [3]

Sectorul economic	Cantitatea, %	
	România	Media FEFCO
Alimente procesate	26,0	27,0
Agricultură	7,0	9,3
Băuturi	4,0	7,8
Industria tutunului	1,0	1,0
Îmbrăcăminte	1,8	1,2
Mobilă	6,5	1,9
Produse de papetărie, imprimate	2,9	5,2
Chimicale	1,6	4,5
Cosmetice, detergenți	1,5	3,4
Articole ceramice	3,6	1,5
Aparatură, piese de schimb	7,0	1,6
Echipamente electrice	2,0	2,1
Articole sportive, jucării	2,4	1,1
Mijloace de transport	0,2	2,1
Coletărie	0,1	2,7
Produse industriale diferite	1,5	5,3
Alte sectoare	4,8	9,6
Plăci livrate la transformatori	26,1	12,7

Comparația dintre structura consumului de ambalaje din carton ondulat din România cu cea a țărilor membre FEFCO relevă diferențe importante. Astfel, sectorul alimentar și agricultura din țările membre FEFCO consumă mai multe ambalaje din carton ondulat (44,1%) decât România (37%), în special în agricultură și în sectorul de băuturi. Diferența este importantă și arată că aceste sectoare prezintă potențial de creștere a cererii de ambalaje în cazul României. Media FEFCO este mai mare și la ambalajele pentru sectoarele producătoare de chimicale, articole de papetărie, alte produse industriale și pentru activitatea de colectare. Se mai observă decalajul dintre procentul de plăci livrate la transformatori, media țărilor membre FEFCO fiind mult mai mică decât în cazul României.

Gradul de ambalare a mărfii reprezintă un alt factor care condiționează cererea de ambalaje din carton ondulat. Producătorii și ambalatorii de mărfuri sunt interesați în reducerea costurilor cu ambalajele și cu operațiunea de ambalare, măsură care influențează negativ cererea de ambalaje. În acest sens, înlocuirea ambalării în carton ondulat, în favoarea materialelor mai ieftine este practică deja pe scară largă. Cazul tipic îl reprezintă ambalarea în folie contractibilă a buteliilor din plastic, a sticlelor, dozelor de bere etc. Folosirea ambalajelor colective care grupează un număr mare de unități de vânzare s-a extins atât în cazul ambalajelor secundare cât și a celor terțiare (de transport). În acest mod, beneficiarul de ambalaje din carton ondulat realizează economii prin reducerea gradului de ambalare a mărfurilor.

Economii se realizează și prin modificarea specificațiilor ambalajelor, respectiv prin scăderea gramajului cartonului, prin proiectarea unor clape mai mici, a unor benzi de asamblare mai înguste, prin reducerea numărului și mărimii separatoarelor. Cutiile clasice se înlocuiesc în multe situații cu cele deschise, fără clapele superioare sau fără capac. Creșterea miniaturizării produselor în multe sectoare industriale a redus necesarul de ambalare și cererea de ambalaje din carton ondulat. Astfel, calculatoarele de birou au fost înlocuite cu laptopuri și cu tablete, mult mai ușoare și cu dimensiuni reduse. Alte produse electrotehnice și electronice și-au redus apreciabil mărimea (televizoarele, telefoanele mobile, aparatura de măsură și control, de automatizare).

Dezvoltarea vânzărilor cu amănuntul prin adoptarea ambalării în sistemul gata de vânzare (Retail Ready Packaging sau Shelf Ready Packaging) este utilizată pe scară largă de către lanțurile de supermagazine, deoarece produsele sunt aduse la raft cu minimum de manoperă. În acest fel se elimină ambalajul primar și se combină funcțiile ambalajului secundar cu cele ale ambalajului de transport. Prin această metodă se reduce accentuat gradul de ambalare pe unitate de produs.

Dezvoltarea spectaculoasă a magazinelor online (vânzarea pe internet) a determinat schimbări și în privința cererii de ambalaje. S-a constatat că acest sistem de vânzare are efect favorabil asupra cererii de ambalaje din carton ondulat, deoarece necesită transportul produsului comandat de la depozit direct la consumator, ceea ce impune creșterea gradului de ambalare.

3. TENDINȚE PRIVIND INDUSTRIA DE CARTON ONDULAT

În industria cartonului ondulat și ambalajelor din carton ondulat se manifestă tendințe care vizează:

- migrarea producției din țările dezvoltate (SUA și zona Euro) în țările în curs de dezvoltare (China și restul Asiei);
- specificațiile ambalajelor;
- consumul de hârtii pentru cartonul ondulat;
- creșterea performanțelor la fabricarea cartonului ondulat și ambalajelor

Migrarea producției de mărfuri la nivel mondial, ca efect a globalizării se produce prin două acțiuni: (I) mutarea fabricilor deja existente din țările dezvoltate în cele cu forță de muncă mai ieftină; (II) schimbarea amplasamentului unităților de producție noi în regiunile cu economii emergente, mai ales cele din Asia. Scopul este maximizarea profitului companiilor în condițiile gășirii unor noi piețe de desfacere, folosirii forței de muncă ieftine și legislației de mediu mai puțin severe. Migrarea producției de mărfuri este urmată și de deplasarea producției de ambalaje în noile regiuni economice. Această tendință este cel mai bine conturată de evoluția produsului intern brut pe plan mondial, ilustrată în tabelul 7.

Tabelul 7 Evoluția produsului intern brut în principalele regiuni geografice [5]

Regiunea	Anul										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
America de Nord	2,8	2,0	-0,1	-3,6	2,7	2,0	2,3	2,2	2,9	3,3	3,3
Zona Euro	3,8	3,6	0,7	-4,4	2,5	2,1	0,4	1,0	1,9	2,2	2,3
China	12,7	14,2	9,6	9,2	10,4	9,2	7,8	8,2	7,5	7,5	7,5
Restul Asiei	7,6	8,1	5,1	3,7	8,6	5,5	4,9	5,6	5,8	6,0	6,2
America de Sud	4,8	6,4	5,2	-0,2	7,6	3,8	1,9	3,9	4,2	4,2	4,1
Media mondială	5,2	5,4	2,8	-0,6	5,1	3,9	2,6	2,9	3,5	3,8	3,9

Datele din tabelul 7 arată ritmuri de creștere foarte diferite între principalele regiuni geografice. Regiunile dezvoltate economic (America de Nord și zona Euro) au înregistrat creșteri modeste sau chiar scăderi ale PIB în timp ce China a cunoscut o dezvoltare accelerată, chiar și în timpul crizei din anii 2008-2009. Pe termen scurt, ritmurile de dezvoltare vor fi superioare în China și în celelalte regiuni în curs de dezvoltare, în comparație de regiunile dezvoltate. În aceste condiții este de așteptat ca și industria de ambalaje, în particular de carton ondulat să

urmeze aceeași tendință. Asociația internațională a producătorilor de ambalaje din carton ondulat din SUA (International Corrugated Case Association - ICCA) estimează pentru perioada 2012-2016 creșterea producției mondiale de carton ondulat cu aproape 38 miliarde m², iar distribuția acesteia se prezintă în tabelul 8 [6].

Tabelul 8 Prognoză privind creșterea producției mondiale de carton ondulat pentru perioada 2012-2016

Regiunea	Creșterea producției de carton ondulat în perioada 2012-2016	
	milioane m ²	%
Regiuni dezvoltate economic		
America de Nord	3344	8,8
Europa	3773	10,0
Japonia	426	1,1
Oceania	118	0,3
Total	7661	20,2
Regiuni în curs de dezvoltare		
Inelul Pacificului	1006	2,7
China	18298	48,3
Restul Asiei	7683	20,3
America de Sud	1883	5,0
Alte regiuni	1349	3,6
Total	30219	79,8
Total general:	37880	100,0

Datele din tabelul 8 arată evoluția diferită a creșterii producției de carton ondulat între țările dezvoltate economic și cele în curs de dezvoltare, în favoarea celor din urmă. Se observă că aproximativ 80 % din creșterea de producție va avea loc în țările în curs de dezvoltare, cu precădere în China care va contribui cu peste 48 % din total. Una dintre consecințe este inversarea ponderii celor două mari grupe de regiuni economice în privința producției de carton

ondulat. Dacă în anul 2012 țările dezvoltate produceau 53% din cantitatea de carton ondulat, pentru anul 2016 se estimează că grupul țărilor în curs de dezvoltare va devansa grupul țărilor dezvoltate la producția de carton ondulat (52 % față de 48 %).

Schimbări vor avea loc și privind specificațiile ambalajelor din carton ondulat, care pot fi cuantificate pe trei direcții:

- continuarea tendinței de reducere a masei cartonului ondulat;
- creșterea ponderii ambalajelor ștanțate în defavoarea celor șlițuite;
- modificarea raportului dintre cantitățile de carton ondulat cu trei, cinci și șapte straturi; creșterea ponderii cartonului cu microondule;

Masa medie a cartonului ondulat va continua să se reducă datorită creșterii cantității de carton cu trei straturi, folosirii pe scară mai mare a microondulelor și tendinței de reducere a masei hârtiilor. În tabelul 9 se prezintă evoluția masei medii a cartonului ondulat produs în principalele regiuni geografice.

Tabelul 9 Evoluția masei medii a cartonului ondulat produs în principalele regiuni geografice [6]

Regiunea	Anul					Reducere în 2016 față de 2012, %
	2012	2013	2014	2015	2016	
America de Nord	634	632	630	628	627	-0,3
Europa	515	511	507	503	499	-0,8
Inelul Pacificului	636	633	630	627	624	-0,4
China	652	639	626	614	601	-2,0
Restul Asiei	588	586	584	583	581	-0,3
America de Sud	587	584	580	578	577	-0,4
Alte regiuni	566	563	561	558	555	-0,5
Totalul mondial	600	595	590	585	580	-0,8

Din tabelul 9 rezultă că masa medie a cartonului ondulat diferă sensibil funcție de regiune cea mai mică fiind în Europa, iar cea mai mare în America de Nord. Scăderea masei va continua și pe termen scurt, existând rezerve mai ales acolo unde masa medie a cartonului ondulat este ridicată. Cea mai accentuată scădere va avea loc în China, urmată de Europa, spre deosebire de America de Nord unde reducerea masei va fi modestă.

O altă tendință în industria ambalajelor din carton ondulat este creșterea ponderii ambalajelor ștanțate în defavoarea celor șlițuite. Procentul de ambalaje obținute prin ștanțare diferă sensibil între principalele regiuni, fiind cel mai ridicat în America de Nord, după cum rezultă din tabelul 10.

Tabelul 10 Procentul de ambalaje obținute prin ștanțare în principalele regiuni geografice [6].

Regiunea	Ambalaje ștanțate, %			
	2000	2008	2012	2016*
America de Nord	55	60	70	73
Europa	48	52	62	64
China	40	50	55	58
Media mondială	47	53	62	65

* prognoză ICCA

Se observă că procentul de ambalaje ștanțate depășește semnificativ 50 %, în toate regiunile, iar media mondială în anul 2012 a fost 62 %. Conform datelor grupului Bobst, confecțiile obținute pe stanțe rotative au reprezentat 24 %, iar cele pe stanțe plane, 38 % [7]. În România, procentul de cutii ștanțate a fost 30 % în anul 2012, conform datelor publicate de FEFCO [3]. Creșterea ponderii ambalajelor ștanțate va

continua pe termen scurt în toate regiunile mari producătoare de ambalaje din carton ondulat, după cum rezultă din tabelul 10.

Se modifică și raportul dintre cantitățile de carton ondulat cu trei, cinci și șapte straturi. Se constată tendința de creștere a cantității de carton cu trei straturi, mai ales cu ondula B și cu microondulă (ondula E). Ondulele B și C contribuie cu aproximativ 90 % din cantitatea de carton ondulat fabricată pe plan mondial, ondula E cu 9 % iar microondulele (N, F, G, O) cu 1 %. De dată recentă este apariția ondulei R, poziționată între ondulele B și E, care prezintă avantaje legate de consumul de hârtie, de rezistența la aplatizare a cartonului și de gradul mai mare de încărcare a paleților cu confecții. În România, cartonul ondulat se fabrică cu ondule A, C, B și E. În tabelul 11 se prezintă structura cartonului ondulat fabricat în România, funcție de tipul de ondulă. Se observă faptul că 88 % din carton se fabrică cu ondule B și C, iar raportul dintre ondulele B și C s-a schimbat în intervalul 2006-2012 în favoarea ondulei B.

Tabelul 11 Structura cartonului ondulat fabricat în România [3]

Tipul de carton ondulat	Cantitatea fabricată (procentual) în anul:			
	2006	2008	2010	2012
Tip III, ondulă B	30	32	35	36
Tip III, ondulă C	40	38	35	34
Tip V, ondule BC	18	17	18	18
Tip III, ondulă E	2	2	1	2
Alte tipuri: ondule BE, tip VII etc.	10	11	10	10

În România, pe termen mediu sunt de așteptat menținerea ponderii cartonului cu ondule B și C și creșterea ponderii cartonului cu microondule.

Pentru imprimarea cartonului ondulat se folosește procedeul flexografic deoarece el se pretează la tipărirea hârtiilor cu netezime redusă, iar presiunea de imprimare este scăzută și nu se deformează cartonul. Deasemenea, cernelurile folosite de acest procedeu se usucă repede. O dezvoltare deosebită o cunoaște procedeul flexografic de înaltă calitate, ca alternativă la preimprimarea hârtiei capac și la tiparul offset. Se mai folosește și tiparul offset direct pe carton (numai la cartonul cu ondule fine F, G, N) sau,

mai ales, pentru preimprimarea hârtiei pentru laminare. Tiparul digital câștigă constant teren, prin creșterea vitezei de lucru, a suprafeței care poate fi imprimată și a rezoluției. Procedeul serigrafic nu este folosit pe scară largă. În tabelul 12 se prezintă tendințele privind evoluția procedeeleor de tipar folosite în industria cartonului ondulat.

Tabelul 12 Tendințele privind imprimarea ambalajelor [7]

Procedeul de tipar	Tendința
Tiparul digital	Dezvoltare
Tiparul offset direct pe carton	Stagnare
Tiparul offset pe hârtie pentru laminare	Dezvoltare
Tiparul flexografic pe carton	Dezvoltare
Tiparul flexografic pe hârtie	Stagnare
Tiparul serigrafic	Stagnare

Se prognozează faptul că procedeul flexografic va continua să domine autoritar, inclusiv prin varianta pentru imprimări de calitate ridicată.

În ultimul timp s-au dezvoltat sistemele de ambalare activă și inteligentă, care vizează îndeosebi produsele industriei alimentare. Ambalarea activă se referă la încorporarea unor aditivi în materialul folosit pentru ambalare sau în interiorul ambalajului cu scopul prelungirii duratei de garanție a produsului ambalat. Ambalarea inteligentă urmărește monitorizarea unor parametri ai produsului ambalat sau ai ambalajului (durată, temperatură, umiditate, agenți patogeni). Ambalajele din carton ondulat trebuie adaptate corespunzător, în măsura în care se vor folosi pentru sisteme de ambalare activă sau inteligentă [8].

4. CONCLUZII

1. Cererea de ambalaje este influențată de nivelul de dezvoltare a industriei, agriculturii, construcțiilor, serviciilor, care se contorizează cumulat prin nivelul produsului intern brut. Valoarea produsului intern brut este principalul factor care influențează cererea de ambalaje, în particular a celor din carton ondulat. Alți factori sunt structura producției industriale și agricole, gradul de ambalare a mărfurilor, sistemele de vânzare a produselor.
2. Industria de carton ondulat și de confecții din carton ondulat din România a cunoscut o

dezvoltare apreciabilă, producția de carton ondulat fiind în anul 2013 cu 38 % mai mare decât în 2008, iar cea de confecții cu 50 % mai ridicată. În aceleași perioadă și producția valorică a înregistrat o creștere robustă de peste 46 %. Pentru perioada următoare, ARFCO estimează menținerea ritmului actual de dezvoltare a sectorului de carton ondulat și de confecții din carton ondulat.

3. Structura consumului de ambalaje de carton ondulat din România arată că sectorul alimentar și agricultura domină cu o valoare de 37 % din cererea de ambalaje din carton ondulat. Alte sectoare importante sunt industria mobilei, industria ceramică, a echipamentelor electrice și a pieselor de schimb. Sectoarele mai puțin consumatoare de ambalaje din carton ondulat sunt producția de substanțe chimice, detergenți și cosmetice, coletăria și ambalajele necesare industriei mijloacelor de transport.
4. Principalele tendințe care se manifestă pe plan mondial în industria cartonului ondulat și ambalajelor din carton ondulat sunt: migrarea producției din țările dezvoltate în țările în curs de dezvoltare; schimbarea unor specificații ale ambalajelor; modificarea caracteristicilor hârtiilor pentru cartonul ondulat; creșterea performanțelor la fabricarea cartonului ondulat și ambalajelor.

5. BIBLIOGRAFIE

1. The Future of Sustainable Packaging to 2018, Smitherspira, www.smitherspira.com/market-reports/packaging
2. World Packaging Organization, 2013, <http://www.worldpackaging.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3281>
3. Fefco Annual Statistics 2012, <http://www.fefco.org>
4. Asociația Română a Fabricanților de Carton Ondulat - ARFCO, date nepublicate
5. World Bank - Data Catalog, <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL>
6. Global Corrugated Forecast 2012-2016, International Corrugated Case Association - ICCA, <http://www.iccanet.org/DataServices/Statistics.aspx>
7. Bobst Group, Packaging trends in the corrugated industry, Tappi Summit, 2013, www.bobstgroup.com
8. Suppakul P., Miltz J., Sonnenfeld K., Bigger S.W., Active Packaging Technologies with an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications, JOURNAL OF FOOD SCIENCE—Vol. 68, Nr. 2, 2003, 408-420;

PROIECTE DE CERCETARE**HÂRTII PENTRU TIPAR DE SECURITATE CU PROPRIETĂȚI MAGNETICE
- HARTDETECT -**

*Cătălina Talașman, Constantin Constantin, Argentina Radu, Maricica Burlacu, Mihaela Dumitran,
Gabriela Militaru, Ionuț Dumitrașcu, Veronica Priceputu - SC CEPROHART SA Brăila
Iulian Avram, Ramona Tudor, Constantin Sbârcea – CN Imprimeria Națională București*

Proiectul se derulează sub coordonarea SC CEPROHART SA Brăila în parteneriat cu Compania Națională Imprimeria Națională și este finanțat de UEFISCDI prin Planul Național II INOVARE - Dezvoltare Produse – Sisteme – Tehnologii – Produse – Sisteme – Tehnologii. Durata proiectului este de 26 luni și are o valoare totală de 5.018.000 lei

Lupta împotriva contrafacerilor are o importanță globală. Fenomenul contrafacerii provoacă pierderi anuale de ordinul sutelor de miliarde de dolari (între 5÷8% din comerțul internațional). În acest context, atât statele cât și marile companii dezvoltă continuu cercetarea în domeniul tehnicilor de securitate pentru hârtii destinate documentelor de valoare, cât și în domeniul tiparului de securitate. În acest domeniu, prețul produsului este mai puțin important, interesul fiind focalizat în primul rând pe asigurarea unui grad ridicat și specific de securitate. Producătorii de hârtii destinate documentelor de valoare care introduc pe piață tehnici de securizare complexă și cu un grad ridicat de unicitate pot căpăta un avantaj competitiv care să le permită maximizarea profiturilor și implicit crearea de resurse pentru susținerea cercetării în domeniu. Cerința fundamentală a pieței documentelor de valoare este de a fi mereu cu un pas înaintea falsificatorilor prin tehnici și tehnologii de securizare inovative noi și cu un grad ridicat de complexitate și dificultate tehnică.

Obiectivul principal al proiectului este realizarea unui concept inovativ de securitate cu ajutorul căruia hârtiile de valoare vor fi înalt protejate în fața manifestării atât a fenomenelor de

contrafacere și falsificare, cât și a celor de furt și sustragere. Proiectul urmărește obținerea unor hârtii de valoare (timbre și banderole pentru produsele accizabile, diplome, acte identitate, pașapoarte, facturi, bilete cec, ordine de plata, etc) prin încorporarea în suportul de hârtie a unor microfibre feromagnetice (MF), în variantele fire continui și fire discontinui, ca elemente de securitate, care asigură o garanție superioară de autenticitate și un grad ridicat de securizare împotriva furtului și sustragerilor pe întreg traseul fabricant de hârtie – tipografie – utilizator final. Hârtia obținută în cadrul proiectului va fi protejată împotriva contrafacerilor prin MF conținute, elemente cu o structură unică, cu proprietăți magnetice, cu rezistență chimică și la temperaturi ridicate, imposibil de a fi imitate/contrafăcute, cu posibilitate de autentificare de control simplă, care permit identificarea medico-legală și în cazul documentelor arse; în aceste condiții hârtia sustrasă/contrafăcută va putea fi detectată de la distanțe mici prin punerea în evidență a prezenței MF cu structură unică, proprie fabricantului de hârtie. Acesta va fi detectat și validat electronic cu ajutorul unui senzor de câmp. O calitate care le deosebește de celelalte elemente de securizare este aceea a detectării hârtiei astfel securizate de la

distanță cu ajutorul sistemelor de detectare tip „poartă”.

Obiectivele specifice ale proiectului sunt:

- Modernizarea instalației pilot de obținere a produselor papetare speciale și inovative și a laboratoarelor de CD pentru controlul caracteristicilor de calitate, în conformitate cu standardele și tendințele la nivel european;
- Diversificarea gamei de produse papetare speciale și deschiderea unor noi direcții de cercetare în domeniul securizării hârtiilor
- Dezvoltarea și validarea de noi tehnologii pentru produse papetare speciale cu aplicații în domenii de vârf;
- Diversificarea structurii calitative de personal de CD și crearea de noi locuri de muncă pentru tineri și specialiști de înaltă calificare în domeniul sortimentelor papetare speciale;
- Creșterea potențialului științific și intensificarea activității de diseminare a rezultatelor CD prin publicare și brevetare la nivel național și internațional.

Activitățile proiectului vor urmări:

- identificarea unor MF cu o structură unică, rezistență chimică și fizico-mecanică superioară și eficiență magnetică maximă adecvate utilizării într-un mediu apos – coloidal, supus la acțiuni de tensionare-detensionare, precum cel existent în tehnologia fabricării hârtiei.
- identificarea unor tehnici inovative de înglobare a MF - în variantele fire continui și fire

discontinui – în structura benzii de hârtie și de compatibilizare a elementelor matricii hârtie – MF – aditivi de proces, astfel încât produsul papetar final să beneficieze de proprietăți de detecție magnetică superioare.

- adaptarea instalației industriale de obținere a hârtiei securizate prin: adaptarea dispozitivului de inserare a microfirului continuu în banda de hârtie la caracteristicile dimensionale, magnetice și de rezistență ale acestuia; realizarea unei instalații de dozare a MF discontinui care să asigure o distribuție uniformă și omogenă a acestora în foaia de hârtie; achiziția și montarea unor echipamente de monitorizare și control online a prezenței MF în banda de hârtie, a densității și uniformității MF

- aplicarea la nivel industrial a tehnologiei de inserare a MF continuu în banda de hârtie în condițiile asigurării paralelismului microfiredor, realizării unei eficiențe magnetice crescute a MF încorporate în banda de hârtie, monitorizării și controlului electronic a prezenței MF în banda de hârtie, obținerii unor caracteristici superioare de prelucrabilitate a hârtiei cu MF

- obținerea la nivel industrial a hârtiei cu MF discontinui (MF cu diferite compoziții, lungimi, grosimi), atenția principală fiind îndreptată către asigurarea unei densități optime a MF, unei distribuții uniforme și omogene a MF în foaia de hârtie, precum și asupra detectării online a densității și uniformității repartizării MF pe suprafața hârtiei

- brevetarea produsului hârtie cu MF continuu și a tehnologiei de obținere a acesteia.



1. Obținere microfir cu proprietăți magnetice controlate



2. Introducere în rețeaua de fibre celulozice (hârtie)



3. Testare și validare



4. Hârtie cu microfibre feromagnetice

PLANUL DE REALIZARE A PROIECTULUI ȘI ROLUL PARTENERILOR

Etapa 1 – Analiza / evaluarea factorilor tehnici și tehnologici aferenți introducerii în fabricație a sortimentelor de hârtii speciale securizate cu MF
A1.1 - Stabilirea condițiilor de introducere în circuitul de fabricație a MF discontinui și continui Responsabil: SC CEPROHART SA
A1.2 - Evaluarea stării tehnice și adaptarea instalației industriale în vederea realizării transferului tehnologic/ Responsabil : SC CEPROHART SA
A1.3 - Achiziții echipamente pentru detecția on-line a MF și stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice ale hârtiilor securizate / Responsabil : SC CEPROHART SA
Etapa 2 – Experimentarea modelului funcțional – hârtie securizata cu MF discontinui – și demonstrarea funcționalității și utilității modelului
A2.1- Determinarea proprietăților magnetice ale MF și aprecierea performanțelor de detectare magnetică ale compozitului fibre celuloză – MF - materiale auxiliare / Responsabil : SC CEPROHART SA
A2.2 - Realizare loturi pilot de hârtie securizata cu MF cu diferite caracteristici funcționale și dimensionale (fir cu diametru de 15-50 micrometri, respectiv cu lungime 5-25mm) Responsabil : SC CEPROHART SA

A2.3 - Demonstrarea funcționalității soluției propuse. Testarea loturilor de hârtie securizata in vederea stabilirii caracteristicilor fizico / mecanice și performanțelor de detectare magnetică Responsabil : SC CEPROHART SA
A2.4 - Demonstrarea funcționalității soluției propuse. Testarea loturilor de hârtie securizată în vederea evaluării caracteristicilor funcționale de tipărire și a prelucrabilității hârtiei securizate cu MF Responsabil : CN Imprimeria Națională
A2.5 - Elaborarea referențialului pentru hârtia securizată cu MF discontinui Responsabil : SC CEPROHART SA
A2.6 - Diseminare rezultate: publicarea de articole științifice, participarea la manifestări științifice sau expoziții / Responsabil : SC CEPROHART SA + CN Imprimeria Națională
Etapa 3 – Realizarea producției experimentale de hârtie securizata cu MF discontinui
A3.1 - Elaborarea documentației de execuție pentru hârtia securizata cu MF discontinui Responsabil : SC CEPROHART SA
A3.2 - Realizarea producției experimentale de hârtie securizata cu MF discontinui Responsabil : SC CEPROHART SA
A3.3 - Testarea hârtiei securizate în vederea stabilirii caracteristicilor fizico – mecanice și performanțelor de detectare magnetică / Responsabil : SC CEPROHART SA
A3.4 - Testarea hârtiei securizate în vederea stabilirii caracteristicilor de tipărire Responsabil : CN Imprimeria Națională
A3.5 - Diseminare rezultate: publicarea de articole științifice, participarea la manifestări științifice sau expoziții / Responsabil : SC CEPROHART SA + CN Imprimeria Națională
Etapa 4 – Elaborarea tehnologiei de laborator pentru fabricarea hârtiei securizate cu MF continui
A4.1 - Cercetări privind tehnicile de introducere a MF continui în structura hârtiei; compatibilizarea elementelor componente din punct de vedere al dimensiunilor, caracteristicilor fizico-chimice, performanțelor de detectare magnetică; elaborarea referențialului inițial pentru hârtia securizată cu MF continui / Responsabil : SC CEPROHART SA
A4.2 - Demonstrarea funcționalității soluției propuse. Stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice si performanțelor de detectare magnetică ale hârtiei securizate cu MF continui Responsabil : SC CEPROHART SA
A4.3 - Demonstrarea funcționalității soluției propuse. Evaluarea caracteristicilor funcționale de tipărire și a prelucrabilității hârtiei securizate cu MF continui. / Responsabil : CN Imprimeria Națională
A4.4 - Diseminare rezultate: publicarea de articole științifice, participarea la manifestări științifice sau expoziții / Responsabil : SC CEPROHART SA + CN Imprimeria Națională
Etapa 5 – Experimentarea tehnologiei de fabricare a hârtiei securizate cu MF continui
A5.1 - Elaborarea documentației tehnice de realizare a produsului Responsabil : SC CEPROHART SA
A5.2 - Realizarea producției experimentale de hârtie securizată cu MF continui Responsabil : SC CEPROHART SA
A5.3 - Testarea hârtiei securizate în vederea stabilirii caracteristicilor fizico – mecanice și funcționale. Evaluarea performanțelor de detectare magnetică / Responsabil : SC CEPROHART SA
A5.4 - Testarea hârtiei securizate în vederea evaluării caracteristicilor funcționale de tipărire și a prelucrabilității hârtiei securizate cu MF continui. / Responsabil : CN Imprimeria Națională
A5.5 - Elaborarea documentației de brevetare pentru protejarea drepturilor de dezvoltare experimentală Responsabil : SC CEPROHART SA
A5.6 - Diseminare rezultate: publicarea de articole științifice, participarea la manifestări științifice sau expoziții / Responsabil : SC CEPROHART SA + CN Imprimeria Națională

CEPROHART este deținătorul unui know-how la nivel laborator obținut în cadrul proiectului „Elemente de securizare cu MF și senzor de câmp pentru aplicații în detecția electronică de validare”, finanțat prin programul Parteneriate. CEPROHART a definitivat în anul 2012, prin cercetarea proprie la nivel pilot, tehnologia de producere a hârtiei cu MF cu lungimea de 10 mm încorporate aleatoriu în foaia de hârtie. Proiectul de față pornește de la rezultatele introduse în

cererea de brevet și urmărește realizarea transferului tehnologic și introducerea în fabricație a produsului "hârtie securizată cu detectare și validare electronică".

Transferul rezultatelor de laborator / pilot și continuarea cercetărilor pe mașina de hârtie vor avea ca obiectiv stabilirea punctului optim și a modalității de dozare a elementului de securizare – microfirul feromagnetic, pentru realizarea la nivel industrial a randamentului de retenție cel

mai bun, a densității și uniformității pe toată suprafața colii de hârtie. Pentru realizarea obiectivului, se vor testa MF cu diferite caracteristici, și anume fire cu diametrul de 15-50 micrometri, respectiv cu lungime 5-25 mm. Datorită caracteristicilor diferite ale MF (densitatea, lungimea, proprietățile magnetice) față de componenții structurali ai hârtiei se impune o atenție deosebită la dozarea pe mașina de hârtie. Dozarea MF în pasta de hârtie trebuie să realizeze o densitate în vederea detecției electronice și o înglobare uniformă în structura hârtiei pentru a nu modifica proprietățile de tipărire. Prin adaptări ce se vor realiza în cadrul prezentului proiect se vor

asigura condițiile de introducere în structura benzii de hârtie a MF discontinui cu diferite dimensiuni și proprietăți magnetice, precum și MF continui. Cunoștințe privind tehnica de inserare a firului continuu în banda de hârtie și asigurarea paralelismului, obținerea unei eficiențe magnetice crescute a MF încorporat în banda de hârtie, monitorizarea și controlul electronic al prezentei MF în banda de hârtie, obținerea unor caracteristici superioare de prelucrabilitate a hârtiei cu MF vor fi obținute prin activitățile de cercetare industrială și dezvoltare experimentală din proiect.

Persoană de contact:

Ing. Cătălina Mihaela Talașman – Director de proiect
ctalașman@yahoo.com, tel: 0755 788 983

„Acest proiect a fost realizat prin programul INOVARE – Subprogramul Dezvoltare Produse – Sisteme - Tehnologii – PN II, derulat cu sprijinul MEN, CCCDI – UEFISCDI, proiect număr PN-II-IN-DPST-2012-1-0028”

Bio4Build



UNITATEA EXECUTIVĂ
PENTRU FINANȚAREA
ÎNVĂȚĂMANTULUI
SUPERIOR, A CERCETĂRII
DEZVOLTĂRII ȘI INOVĂRII

PN-II-PT-PCCA-2013-4

Contract nr. 93/2014

Domeniul 3: Mediu

Bio4Build: BIOCUMPOZITE DIN RESURSE REGENERABILE – CERCETĂRI ȘI SOLUȚII AVANSATE PENTRU CREȘTEREA EFICIENȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR

OPORTUNITATEA ȘI CONCEPTUL PROIECTULUI

Scopul proiectului **Bio4Build** constă în realizarea unor materiale biocompozite din fibre vegetale (provenite din deșeuri ligno-celulozice, carton și hârtie recuperate) și bio-lianți pe bază de rășini cu proprietăți termorigide obținute din procesele de biorafinare a diferitelor tipuri de biomasă. Aceste materiale vor fi testate pentru utilizarea la placarea exterioară a clădirilor în vederea îmbunătățirii procesului de izolare termică. Se va pune accent pe utilizarea acestor materiale biocompozite într-un context de management energetic eficient, astfel încât soluția găsită să fie una eficientă energetic, dar în egală măsură și ecologică.

În acest domeniu, dezvoltarea unor materiale, produse și procese de nouă generație, este caracterizată de sustenabilitate, eficiență ecologică și pe aplicarea principiilor chimiei verzi. În plus, perspectiva aplicării conceptelor de înaltă eco-eficiență este puternic dependentă de condițiile pieței și de reglementările locale. Scopul este de a găsi materialele potrivite, care puse într-o anumită formă să definească noi soluții care pot concura și câștiga piețele, dominate la ora actuală de materiale fabricate în exclusivitate din produse de sinteză pe bază de petrol.

De aceea, cercetarea propusă a se desfășura în acest proiect este susținută de necesitatea găsirii unei soluții bazate pe un bilanț optim de masă/energie/preț, prin valorificarea experienței echipei de cercetare a proiectului și a informațiilor inovatoare din acest domeniu. Tema de cercetare propusă se găsește la granița domeniilor actuale de interes economic: reducerea

deșeurilor prin reciclare și folosirea potențialului lor energetic, utilizarea resurselor regenerabile, limitarea consumului și a pierderilor de energie a clădirilor și găsirea soluțiilor alternative pentru combustibilii fosili și a resurselor de materii prime.

Astfel, **Bio4Build** își propune să dezvolte bio-materiale noi care să permită o îmbunătățire substanțială a performanțelor energetice ale clădirilor, prin intermediul transferului de informație științifică și includere a rezultatelor cercetării socio-economice printr-o planificare și un comportament integrat al utilizatorilor.

În ultimul timp au fost dezvoltate multe tipuri de materiale bio-compozite, cele mai multe prin combinația bio-fibrelor, cum ar fi: chenaf, cânepă, in, iuta, fibre din frunze de ananas, cu matrici de polimeri sintetici. Compozitele de tipul fibră naturală-polipropilenă au devenit atracție comercială în industria auto. Dar în domeniul construcțiilor de clădiri și în mod special în renovarea și izolarea termică a vechilor clădiri, compozitele fibră-naturală-polipropilenă sau fibră naturală-poliester nu sunt suficient de “*ecoprietenoase*” din cauza hidrocarburilor din compoziție și a naturii ne-biodegradabile a matricii polimer. Folosind fibre naturale cu polimeri pe baza de bio-lianți din resurse regenerabile, o parte din aceste probleme legate de mediu vor fi rezolvate.

Bio4Build va promova și disemina rezultatele cercetării tehnologice obținute în cadrul proiectului, inclusiv orice nouă informație câștigată din diferite domenii de expertiză prin colaborare în vederea îmbunătățirii performanțelor materialelor sustenabile. Inițiativa proiectului va facilita elaborarea noilor tehnologii care vor fi

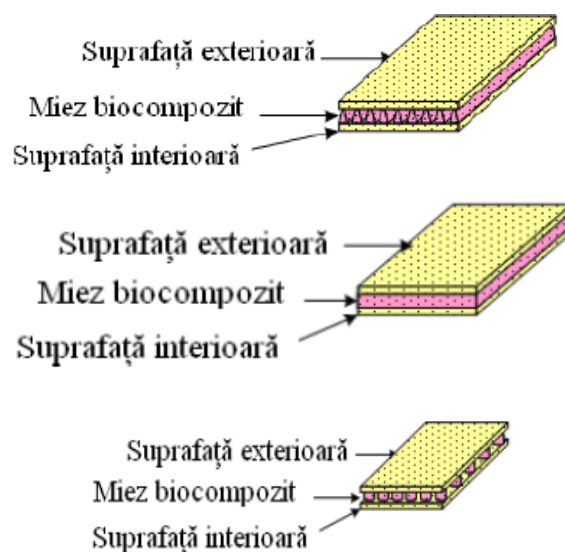
evaluate în scopul introducerii pe piață a acestor materiale eficiente noi și performante din punct de vedere al costului. Rezultatele proiectului vor fi furnizate proiectanților urbani, arhitecților, inginerilor, integratorilor de soluții, investitorilor, fabricanților, asociațiilor de proprietari prin intermediul instrumentelor moderne de comunicare a informațiilor.

Organizarea proiectului

Etapa I : Analiza stadiului privind direcțiile de integrare a materialelor din resurse regenerabile în noi concepte de izolare termică. Dezvoltarea protocolului de cercetare (2014) care are ca obiectiv realizarea unor studii privind stadiul de utilizare a materialelor compozite din resurse regenerabile la izolarea termică a clădirilor și tipurile de fibre și rășini utilizate la obținerea materialelor compozite pentru izolarea termică a clădirilor în scopul stabilirii direcțiilor de cercetare în cadrul proiectului.

Etapa II : Stabilirea elementelor structurale, obținerea și caracterizarea variantelor de panouri compozite cu proprietăți de izolare termică (structura sandwich) (2015) în cadrul căreia se vor realiza următoarele activități: identificarea celor mai potrivite tipuri de materiale pentru realizarea miezului panoului compozit; identificarea celor mai potrivite tipuri de materiale (din resurse regenerabile) pentru realizarea fețelor de lucru: *componente de consolidare: fibre de celuloză din lemn sau deșuri agricole, deșuri fibre de celuloză și Matricea polimerică* – uleiuri vegetale, derivați de lignină, rășini termorigide, rășini obținute în urma valorificării deșeurilor de biomasă; Identificarea celor mai potrivite **sisteme de asamblare** a miezului cu fețele de lucru: sisteme tip adeziv.

Etapa III: Elaborare model experimental: panou compozit (structură tip sandwich) cu proprietăți termoizolante utilizat la placările exterioare ale clădirilor (2016): care cuprinde următoarele activități: elaborare variante experimentale de panouri tip sandwich cu dimensiune panou: 300 x 300 mm; analiza comportării sistemului perete-panou în diferite condiții ale mediului și la acțiuni mecanice, vânt; analiza impactului asupra mediului și analiza tehnico-economică a soluției propuse; diseminare rezultate și obținerea drepturilor de proprietate intelectuală.



Diverse forme ale panourilor compozite

Organizații partenere în proiect



**Universitatea “Dunărea de Jos” Galați (UGal),
Coordonator (CO)** – Facultatea de Inginerie Brăila –
Departament Mediu, Inginerie Aplicată și Agricultură



SC CERTINCON SRL București – Partener 1



**Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
(UTIasi), Partener 2** – Facultatea de Inginerie Chimică și
Protecția Mediului – Departamentul Polimeri naturali și sintetici –
colectiv Ingineria Hârtiei

Persoane de contact

Director proiect,

Șef lucr. dr. ing. Ștefania Mița Ionescu (stefania.ionescu@ugal.ro)

Responsabil tehnic proiect,

Șef lucr. dr. ing. Petronela Nechita (petronela.nechita@ugal.ro)

BOOK REVIEWS**PULP PRODUCTION AND PROCESSING: FROM PAPERMAKING TO HIGH TECH PRODUCTS**

Valentin I. Popa (Ed.), *Smithers Rapra Technology Ltd, Shawbury, Shropshire, SY4NR, UK, 2013, 520 pp., ISBN 978-1-84735-634-5*

The production of pulp and paper is an important economic activity based on renewable resources. By implementing the newest technological findings, this industry has lately increased its environmental friendliness and sustainability. New concepts, such as biorefining, have emerged, which, transferred into practice, aim at increasing the potential and products diversity of the pulp and paper industry, already acknowledged by some works as a “first generation biorefinery”. In this context, there are multiple opportunities of developing new methods for the valorization of lignocellulosic biomass towards materials, chemicals and energy. The book reviews the progress and state of the art of the technologies and methods for conversion of cellulosic materials up to high-tech products with a wide range of applications.

The first book chapter, *Biorefining and the Pulp and Paper Industry* (Valentin I. Popa), constitutes a comprehensive description of the biomass composition and properties and possible technological approaches for its valorization. In the introductory part, the pulp mills are described as having the characteristics of biorefineries. This is justified by the fact that the modern pulp mills make use of the entire organic feedstock to produce materials (pulp fibers) and energy. Furthermore, by being energy efficient, the excess organic materials (mostly lignin) are to be extracted and processed to various chemicals and fuel types. Thus, the modern pulp mills may be easily assimilated to a biorefining facility satisfying the definition provided by most of the literature in the field. Having in mind the diversity of vegetal world, a particular attention was given to the chemical composition of available biomass, subchapter 1.2.2 being particularly dedicated to plant cell wall components. Routes of biomass fractionation and possible separated products are described as possible ways of integration in the pulp industry. Lignin is one major lignocellulosic biomass component and is worth particular attention. Separation of lignin from the black liquor is one way of using the current energy excess of pulp mills. Separated lignin is envisaged as a possible source of high energy upgraded fuels, chemicals and raw material for synthesis

gas production. Polysaccharides and their degradation products, which are also contained in the black liquor, represent a source of different chemicals. In the conclusions, the plant cell wall biomass is foreseen as an important raw material for the new biorefinery plants, which should display a high level of integration and optimization for the efficient separation of components.

The second chapter, *Pulping Fundamentals and Processing* (Dan Gavrilescu), describes the main aspects of the most important route of lignocellulosic material processing. The pulping processes generate fibrous materials with various levels of lignin content, which represent the raw material both for papermaking and for the production of cellulose derivatives. The chapter includes descriptions of the main pulping processes: mechanical pulping, thermomechanical pulping, chemithermomechanical pulping and chemical pulping. A large extent of the work is dedicated to the kraft pulping reasoned by the fact that this dominates the worldwide pulp production. Organosolv pulping processes, described in the last part of this chapter, represent an environmentally friendly alternative of the kraft pulping, making use of organic solvent for lignin dissolution and fiber liberation. The development of such processes is intended to overcome some major drawbacks of kraft process, such as generation of malodorous gases and other environmental impacts, and relatively low pulp yield. Issues, such as solvent costs, recovery options and lower pulp quality obtained by using organosolv technologies, have prevented such methods from replacing conventional pulping methods at a large industrial scale.

Chapter 3 *Chemical Pulp Bleaching* (Ivo Valchev) discusses the most important issues regarding bleached pulp production. The residual lignin and other chromophores present in unbleached pulp may be removed by using different bleaching agents, therefore improving optical properties, such as brightness. Conventional elemental chlorine bleaching is omitted due to the fact that it is probably considered obsolete and polluting. Different

stages of the bleaching technologies, such as oxygen delignification, chlorine dioxide, peroxide and ozone, are overviewed, along with reaction mechanism, kinetics, process parameters and technology details. The use of enzymes in the bleaching process, particularly of xylanases, is regarded as a success story of biotechnological approaches in the pulp industry.

The fourth chapter is dedicated to the probably most important development in pulp bleaching technology. *Oxygen Bleaching* (Jorge Luiz Colodette, Daniela Correia Martino) presents the fundamental aspects of oxygen alkali residual lignin pulp removal integrating the most important advantages, but also drawbacks. Starting with the basics of on site oxygen production by either the cryogenic or non-cryogenic methods, the discussion further proceeds to the elements regarding delignification chemistry and integrates technology description together with the process parameters and control issues or impact on the bleaching effluent load.

The fifth chapter, *Chemistry and Physics of Cellulose and Cellulosic Substances* (Miloslav Milichovsky), deals with interesting information on the physico-chemical properties of cellulosic materials. The work includes aspects of cellulose polymorphs and investigation methods. Furthermore, the interactions in the water-cellulose/cellulosic substances systems are described considering the existence of supermolecular and hypermolecular shapes of this compound, which is water inter-connected.

The sixth chapter *Physico-chemical Characterization of Cellulose from the Broussonetia payrifera Barkand Stem and Eucommia ulmoides Oliver Stem* (Feng Peng, Jing Bian, Pai Peng, Xue-Ming Zhang, Feng Xu and Run-Cang Sun) deals with the characterization of cellulose obtained from naturally occurring plants, such as paper mulberry and eucommia, the latter being cultivated for medicinal uses. The work focuses on analyzing the structure and thermal properties of the α -cellulose isolated from different parts of the concerning plants' tissue.

Papermaking is currently the most important and widely used method of adding value to cellulose fibers.

This subject is tackled in the seventh chapter, *Cellulose Fibres in the Papermaking Process* (Florin Ciolacu), which overviews the raw materials in the paper production. The importance of recovered paper as sources of secondary fiber is emphasized, as well as the importance of the papermaking properties and suitability of

cellulose fibers. The question regarding the suitability of the fibers for papermaking is thoroughly discussed taking into account important properties, such as chemical composition, morphological features and dimensional distribution, cell wall thickness and fiber coarseness and wet or dry fiber properties. The transformations of the fibers during the papermaking process are pictured taking into account different scenarios, such as integrated or non-integrated paper mills. The refining process is also considered as an important route of inducing fiber structural modification and modifying the properties of the obtained paper. The chapter ends with several conclusions on the importance of cellulose fibers as raw materials in papermaking, the need for continuous exploration of their changes during the processing pathway and also on regaining the papermaking potential of secondary fibers.

Esterification of cellulose has opened important ways of creating new and useful materials with a wide range of applications. Chapter eight, *Cellulose Esters - From Traditional Chemistry to Modern Approaches and Applications* (Diana Ciolacu, Liliana Olaru, Dana Suflet and Niculae Olaru) covers an important section in cellulose chemistry. Since 1865, the year of the discovery of cellulose acetate by Schützenberger, major discoveries and developments have been made, therefore important progress from the initial esterification methods involving acid chlorides or anhydride have to be noted. The most consistent research efforts have been made regarding the possibility of overcoming some important disadvantages of classical esterification methods, such as the long reaction times and solubility in adequate solvents. Most of the improvements on the esterification processes have been achieved by using new solvent systems, new catalysts or reaction conditions including microwave or enzyme assistance. Particular attention is given to the cellulose solvent systems taking into consideration that the dissolution of nature's most abundant polymer is an important step in the homogenous esterification process. Cellulose esters have lately been found to be of great value in the nanotechnology. Electrospinning and electrospraying have proven to be versatile methods in producing nanostructured cellulose derivatives and thus new ways of producing nanocomposite materials are currently under development. These materials are to be applied in many medical and engineering fields.

The processes of production of new and improved cellulose fibers are the subject of the ninth book chapter – *Lyocell Processes and Products* (Patrick A. White and Heinrich Firgo). The processes date back to the 70's and were developed with the aim of producing improved cost/performance fiber together with an increased environmental responsibility. The beginning of these processes is identified in 1968, when Eastman Kodak developed the first methods for the dissolution and regeneration of cellulose in cyclic amine oxide. From the origin up to present, the production of regenerated cellulose fibers continuously increased following the needs of the market. The production process and different technological aspects are discussed in the chapter. Parameter controls in different stages, such as temperature of cellulose NMMO solution, are peculiarly important. The TENCEL fibers processing and conversion to yarn and fabrics are discussed at the end of the chapter, including the usage of these materials for the production of non-woven or paper type products.

By dealing with *Functional Cellulose Microspheres* (Jani Trygg, Martin Gericke and Pedro Fardim), chapter ten provides useful information on the possibility of creating and using functionalized cellulose spherical particles. These 10 μm particles may be either physically or chemically modified to satisfy different needs and desired properties according to the applications intended: liquid chromatography columns, protein immobilization, and drug delivery. The first stage in the route of preparing such particles is the dissolution of cellulose in conventional solvents or in the so-called "green solvents". The conventional solvent systems are briefly reviewed together with their advantages and disadvantages. By having the advantage of being less toxic and posing fewer threats to the environment, the green solvents are an environmentally friendly alternative. Pretreatments of the cellulose fibers facilitate the access of the chemicals to the inner structure of the fiber, but also aim at lignin and hemicelluloses removal. The techniques of microsphere preparation include dispersion at different levels of stirring, thus manipulating the dimensions of the spheres. During the coagulation stage, the properties of the microspheres may be modified. The chapter concludes with the idea that more research is needed to fully understand the potential of these materials. The production of micro and nanocellulose fibers opens new ways for using cellulose as new environmentally friendly replacement of some market materials.

The 11th chapter, *Processing Cellulose Fibers to the Micron and Nanoscale* (Youssef Habibi) reviews the most important methods of obtaining these resourceful new types of materials, which may be used for interesting applications, such as foams and aerogels, films and nanopapers or polymeric nanocomposites. Starting with a short but comprehensive presentation of the cellulose fiber ultrastructure and morphology, the discussion is further continued by the description of the methods of producing microcrystalline and nanocrystalline cellulose. In short, both types of cellulosic preparation may be obtained by sequences of treatments involving acid hydrolysis and disintegration. Pretreatments of fibers, such as enzyme hydrolysis, alkaline steam explosion and Tempo oxidation, are intended to reduce energy consumption in the disintegration stages. The conclusions of the chapter point out to the significance of the scientific and technological challenges of the production and further applications of micro and nanocrystalline cellulose.

Cellulose esters have long been used as photographic films due to their good transparency. In the perspective of using cellulose esters for high tech applications, such as the production of liquid crystal displays, the optical properties of these derivatives have a tremendous importance.

Therefore, chapter 12 *Optical Properties of Cellulose Esters and Applications to Optical Functional Films* (Masayuki Yamaguchi and Mohd Edeerozey Abd Manaf) is especially dedicated to the description of these groups of characteristics and their applications. The chapter includes the fundamentals of the optical properties of polymeric materials films and further debates particular issues regarding the cellulose derivatives, such as esters. Optical anisotropy plays an important role in establishing the optical properties of the polymer, and therefore is also taken into consideration together with the methods of controlling it, such as the modification of the substitution groups. It is concluded that developing cellulose esters with positive birefringence may be achieved by introducing propionyl and butyryl groups, while negative birefringence is induced by the acetyl groups.

The fight against disease-causing microorganisms has long been fought by using of antibiotics. The main drawback of the antibiotics usage is the evolution of certain bacteria to antibiotic resistant forms.

Chapter thirteen, *Antibacterial Fibres* (Josefin Illegard, Lars Wagberg and Monica Ek) develops the idea of the current and potential usage of cellulose fibers in the manufacturing of different commercial products for prevention and fighting of bacterial caused diseases. From products such as wet wipes to advanced design sport equipment or band aids, all of the existing products and further developments are driven by the need of protection against unwanted microbial development. The chapter outlines the routes for the production of antibacterial materials and also reviews the methods of controlling the release of the active agents and the testing of the obtained products. Methods of production of antibacterial fiber based products, such as adsorption and grafting of different bioactive polymers, are included. Having the advantage of being renewable, cellulose fibers may constitute raw materials for the mass production of life-saving goods.

Recent Advances in the Processing of Biomass for Biohydrogen Production (Ioannis A Panagiotopoulos and Emmanuel G. Koukios) is the 14th and the last book chapter and deals with the topical and interesting theme of biomass conversion to hydrogen production as a way to overcome different environmental aspects, such as global warming resulted from the intense use of fossil fuels. The characteristics of biomass, such as renewability and carbon sequestration, recommend them as alternative feedstocks in different chemical and energy facilities. Advanced biomass usage such as conversion to second generation ethanol or other biofuels represent a hot issue since these technologies are regarded as immature. On the other hand, the generation of hydrogen from biomass is regarded as a more facile alternative process of valorization. The pretreatments of lignocellulosics by mechanical, thermal, chemical or enzymatic means, which facilitate the access of hydrogen producing organisms to the substrate, are reviewed and considered as an essential stage in the process of biomass to hydrogen production. Sugar rich raw materials, such as sugar beet and sweet sorghum, contain readily available sugar, which may be used for hydrogen fermentation in hot climate areas. Complex organic materials, such as agricultural, food, paper or municipal wastes, have lately received attention and have been proposed as potential substrates.

The fermentation stage employs bacteria, such as *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* or *Thermotoga neapolytana*, which consume either glucose or xylose or both. One identified

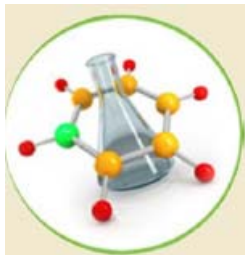
disadvantage of the dilute acid hydrolysis is the formation of inhibitors, such as acetic acid, furfural and derivatives or phenolic derivatives resulted from lignin degradation. To overcome this difficulty, hydrolysis conditions need to be optimized in such a manner that the generation of inhibitors should be minimal.

The final remarks of the chapter outline that the pretreatment sequence is of particular importance for liberation of fermentable carbohydrates and should be carefully chosen by taking into account the category of biomass used. Future research is needed for the generation of highly fermentable substrates to maximize the bio-hydrogen production. By gathering both interesting and important information, starting with the chemical composition of biomass, pulp production processes, papermaking and further to different types of advanced materials, the book constitutes itself as a promising knowledge resource for researchers, postgraduates, students and for any others concerned with renewable resources processing. The entire work is the result of the contributions of renowned specialists from areas concerning pulp, paper and cellulose derivatives production and is accompanied by an index to facilitate the access to different issues.

Adrian Cătălin Puișel
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE

”Innovative Materials and Processes”



2nd International Conference on Chemical Engineering

România, Iași, 05-08 November 2014



The Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection, “GHEORGHE ASACHI” Technical University from Iași, and ALUMNI Association of Faculty of Industrial Chemistry will organized of The 2nd International Conference on Chemical Engineering “*Innovative Materials and Processes*” which will be held in Iasi, Romania, between 5th and 8th November 2014.

The conference is designed as an international forum for effective exchange of knowledge and experience among researchers, from all over the world, active in various theoretical and applied areas of organic and inorganic chemistry, innovative processes and technologies, polymers and advanced materials, bioprocesses, biocatalysis, biotechnologies, pulp and paper, environmental management and sustainable development.

As a key objective, the event promotes fruitful exchanges among participants from universities and chemical industry.

The information concerning registration form, registration fee, payment, submission of abstracts, conference program, accommodation and other details are available on the official website of the conference: <http://www.ch.tuiasi.ro/ICCE2014/>