



Tehnološko-metalurški fakultet
Univerziteta u Beogradu
Faculty of Technology and Metallurgy
University of Belgrade



Faculty of Technology and Metallurgy
University of Belgrade
Center for Pulp, Paper, Packaging and
Graphics in Serbia

XXII MEĐUNARODNI SIMPOZIJUM IZ OBLASTI CELULOZE, PAPIRA, AMBALAŽE I GRAFIKE

XXII INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN THE FIELD OF PULP, PAPER, PACKAGING AND GRAPHICS

Zbornik radova Proceedings

**Zlatibor, 13.-16. jun 2017.
Zlatibor, June 13th-16th 2017**

**BEOGRAD
BELGRADE**

Izdavač – Publisher

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu
Centar celulozno-papirne, ambalažne i grafičke industrije Srbije

Za izdavača – In charge of Publishing

Prof. dr Đorđe Janačković, dekan

Glavni i odgovorni urednik – Editor-in-chief

Prof. dr Karlo Raić

Priprema za štampu – Prepress

Predrag Živković

Tiraž – Impression

100 primeraka

Štampa – Printed by

TMF, Beograd, RIC grafičkog inženjerstva
Karnegijeva 4, 11000 Beograd

ISBN 978-86-7401-346-5

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије



676(082)
621.798.14(082)
655(082)

МЕЂУНАРОДНИ симпозијум из области целулозе, папира, амбалаже и графике (22 ; 2017 ; Београд)

Zbornik radova = Proceedings / XXII međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, Beograd, 13.-16. jun 2017 = XXII International Symposium in the Field of Pulp, Paper, Packaging and Graphics, Belgrade, June 13th-16th 2017 ; [organizator] Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Centar CPA&G industrije = [organized by] Faculty of Technology and Metallurgy University of Belgrade, Center for Pulp, Paper, Packaging and Graphics in Serbia ; [glavni i odgovorni urednik, editor-in-chief Karlo Raić]. - Beograd : Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta, Centar celulozno-papirne, ambalažne i grafičke industrije Srbije, 2017 (Beograd : Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva TMF). - 144 str. : ilustr. ; 30 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 180. - Napomene i bibliografske reference uz radove. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7401-346-5

1. Технолошко-металуршки факултет (Београд). Центар целулозно-папирне, амбалажне и графичке индустрије Србије

- а) Индустрија хартије и целулозе - Зборници
- б) Индустрија амбалаже - Зборници
- с) Графичка индустрија - Зборници

COBISS.SR-ID 236534540

XXII MEĐUNARODNI SIMPOZIJUM IZ OBLASTI CELULOZE, PAPIRA, AMBALAŽE I GRAFIKE

XXII INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN THE FIELD OF PULP, PAPER, PACKING AND GRAPHICS

NAUČNI ODBOR SIMPOZIJUMA – SCIENTIFIC BOARD:

- Prof. Slobodan Jovanovic, Ph. D., Faculty of Technology and Metallurgy, (TMF) Belgrade, Serbia, chairman
- Prof. Djordje Janackovic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Lothar Göttching, Ph. D., University of Technology, Darmstadt, Germany
- Prof. Paul H. Wilson, Ph. D., TAPPI Pulp & Paper Safety Committee, Norcross, Georgia, USA
- Prof. Valentin I. Popa, Ph. D., Faculty of Chemical Industry, Iassi, Romania
- Prof. Stanka Nedeva, Ph. D., Pulp and Paper Institute, Sofia, Bulgaria
- Prof. Juha Leimu, Ph. D., TURKU AMK – Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland
- Prof. Nenad Milosavljevic, Ph. D., Faculty of Chemical Engineering, Åbo Academy University, Turku, Finland
- Prof. Predrag Zivkovic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Petar Uskokovic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Boris Loncar, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Ivanka Popovic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Vladimir Valent, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Srecko Nikolic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Zeljko Kamberovic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia
- Prof. Borislav Jeftenic, Ph. D., ETF, Belgrade, Serbia
- Prof. Goran Janek, Ph. D., Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia
- Branko Dunjić, Ph. D., Cleaner Production Center of Serbia, TMF, Belgrade, Serbia
- Aleksandar Nikolić, Ph.D., Electrical Engineering Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
- Marko Jagodic, BSc, DITP-Pulp and Paper Engineers and Technicians Association, Ljubljana, Slovenia
- Mateja Mesl, Mr. Sci., ICP - Pulp and Paper Institute, Ljubljana, Slovenia
- Prof. Diana Gregor Svetec, Ph. D., Faculty of Natural Sciences and Engineering, Ljubljana, Slovenia
- Dan Buteica, Ph.D., SC CEPROHART SA Braila, Romania
- Prof. Natasa Bogavac Cvetkovic, Ph. D., Union University - Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
- Sefkija Botonjic, Ph. D., Faculty of Metallurgy and Materials Science, Zenica, Bosnia & Herzegovina
- Prof. Rade Knezevic, Ph. D., Lepenka, Novi Knezevac, Serbia
- Prof. Salim Ibrahimfendic, Ph. D., Faculty of Technical Studies, Travnik, Bosnia & Herzegovina
- Prof. Milorad Krgovic, Ph. D., TMF, Belgrade, Serbia

ORGANIZACIONI ODBOR – ORGANIZATIONAL BOARD:

- Milorad Krgovic, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, chairman
- Nadezda Borna, TMF, Belgrade
- Marina Krsikapa, CPA&G, TMF, Belgrade
- Mijodrag Milojevic, KAPPA STAR GROUP, Belgrade
- Dejan Eric, FH BEOGRAD, Belgrade
- Milos Ljusic, UMKA, Umka
- Milan Markovic, FH BEOGRAD, Belgrade
- Sinisa Krzman, AVALA ADA, Belgrade
- Danijela Osap, UMKA, Umka
- Sasa Jovanovic, FH BEOGRAD, Belgrade
- Mirjana Vasic, INTER PAPIR, Belgrade
- Zoran Petkovic, KARTONVAL, Belgrade
- Rajko Stanisavic, LEPENKA, Novi Knezevac
- Josif Cosic, MAGNETIC, Cacak
- Zoran Devic, PROGRES, Belgrade
- Jesa Ercic, Chamber of Commerce and Industry of Serbia, Belgrade
- Mirko Stanic, NATRON HAYAT, Maglaj, B&H
- Milos Petrovic, TMF, Belgrade
- Darko Radosavjevic, TMF, Belgrade
- Predrag Zivkovic, TMF, Belgrade
- Slobodan Jovanovic, TMF, Belgrade

CONTRIBUTORS – POKROVITELJI

- **MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF REPUBLIC SERBIA, Belgrade, Serbia**
- **AMF d.o.o., Medvode, Slovenia**
- **LORENTZEN & WETTRE, Kista, SWEDEN**
- **API GmbH, Obertrum am See, Austria**
- **AQUABIOTEC ENGINEERING SARL, Paris, France**
- **AVALA ADA, A.D., Belgrade, Serbia**
- **BELINKA PERKEMIJA d.o.o., Ljubljana, Slovenia**
- **CRON CTP, Belgrade, Serbia**
- **FABRIKA HARTIJE BEOGRAD A.D., Belgrade, Serbia**
- **FASIL A.D., Arilje, Serbia**
- **KARTONVAL, Sabac, Serbia**
- **KEMIRA CHEMIE GesmbH, Krems, Austria**
- **KEMIRA KTM d.o.o., Ljubljana, Slovenia**
- **NATRON HAYAT D.D., Maglaj, Bosnia i Herzegovina**
- **OMYA, Gummern, Austria**
- **PULP AND PAPER INSTITUTE, Ljubljana, Slovenia**
- **SCHÄFERROLLS, d.o.o., Kranj, Slovenia**
- **SUPERLAB, Belgrade, Serbia**
- **UMKA A.D., Umka, Serbia**

**PROGRAM OF THE
XXII INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN THE FIELD OF PULP,
PAPER, PACKAGING AND GRAPHICS**

Zlatibor, Čigota, June, 13th-16th, 2017

**PROGRAM
XXII MEĐUNARODNOG SIMPOZIJUMA IZ OBLASTI
CELULOZE, PAPIRA, AMBALAŽE I GRAFIKE**

Zlatibor, Čigota, 13-16. jun, 2017.



*Faculty of Technology and
Metallurgy
University of Belgrade*

*Tehnološko-metalurški
fakultet
Univerzitet u Beogradu*



*Center for Pulp, Paper,
Packaging and
Graphics in Serbia*

*Centar celuložno-
papirne, ambalažne i
grafičke industrije Srbije*

Official languages: English and Serbian
Službeni jezici: engleski i srpski

TUESDAY, June 13th
UTORAK, 13.06.2017.
19:00-21:00

NOTIFICATION OF PARTICIPANTS AND
DISTRIBUTION OF MATERIALS (HOTEL CIGOTA
RECEPTION)

PIJAVA UČESNIKA I PODELA MATERIJALA
(RECEPCIJA HOTELA ČIGOTA)

WEDNESDAY, June 14th
SREDA, 14.06.2017.
08:00-09:00

NOTIFICATION OF PARTICIPANTS AND
DISTRIBUTION OF MATERIALS (HOTEL CIGOTA
RECEPTION)

PIJAVA UČESNIKA I PODELA MATERIJALA
(RECEPCIJA HOTELA ČIGOTA)

09:00-09:15

OPENING OF THE XXII SYMPOSIUM
OTVARANJE XXII SIMPOZIJUMA

09:15 – 12:00

Chairman – Predsedava:

S. Jovanović, G. Jankes, B. Jeftenić

09:15-09:45 Lecture 1 – Predavanje 1

STANJE INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA U
POSTKRIZNOM PRIVREDNOM AMBIJENTU SRBIJE
THE STATE OF CELLULOSE AND PAPER
INDUSTRY IN THE POST-CRISIS ECONOMIC
ENVIRONMENT IN SERBIA

Nataša Bogavac-Cvetković, Tamara Cvetković,
Milanka Bogavac

Faculty of Business and Law, "Union - Nikola Tesla"
University, Belgrade, SERBIA

09:45-10:15 Lecture 2 - Predavanje 2

CELULOZA: OD PRIRODE DO MATERIJALA
VISOKIH PERFORMANSI

CELLULOSE: FROM NATURE TO HIGH
PERFORMANCE MATERIALS

Mira Kostić, Matea Korica

Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, Belgrade, SERBIA

10:15-10:35 Lecture 3 – Predavanje 3

BUDUĆA TEHNOLOŠKA UNAPREĐENJA U
PROIZVODNJI U FABRICI KARTONA UMKA
FUTURE TECHNOLOGICAL IMPROVEMENTS IN
PRODUCTION IN CARDBOARD MILL UMKA

Saša Dobrić, Rade Krsmanović, Staniša Lukić
Umka Cardboard Mill, Umka, SERBIA

10:35-10:55 Lecture 4 – Predavanje 4

ESTIMATION OF ENERGY SAVING POTENTIAL OF
UKRAINIAN PULP AND PAPER INDUSTRY

PROCENA MOGUĆNOSTI UŠTEDE ENERGIJE U
UKRAJINSKOJ INDUSTRIJI CELULOZE I PAPIRA
Boldyryev S.¹, Ulyev L.², Samoylenko M.², Duic N.³

¹Centre for Sustainable Development of Energy,
Water and Environment Systems, Faculty of
Mechanical Engineering and Naval Architecture
University of Zagreb, CROATIA; ²National Technical
University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv,
UKRAINE; ³Department of Energy, Power Engineering
and Environment, Faculty of Mechanical Engineering
and Naval Architecture University of Zagreb,
CROATIA

10:55-11:15 Lecture 5 – Predavanje 5

PREZENTACIJA FIRME CRON, BEOGRAD, SRBIJA
NAJNOVIJA TEHNOLOŠKA DOSTIGNUĆA
INDUSTRIJE CTP UREĐAJA

PRESENTATION OF THE CRON COMPANY,
BELGRADE, SERBIA
THE LATEST TECHNOLOGY IMPROVEMENTS IN
CTP INDUSTRY

Dejan Đokić, Ivana Dizdarević, Mirko Milosavljević
CRON CTP, Beograd

11:15-11:35 Lecture 6 – Predavanje 6

WASTEWATER TREATMENT IN PULP & PAPER
INDUSTRY, NEW DEVELOPMENTS

TRETMAN OTPADNIH VODA U INDUSTRIJI
CELULOZE I PAPIRA, NOVI RAZVOJ

Alfred Helble¹, Andreas Rüdiger²

¹AH Consult dipl.-ing. Alfred Helble, Stuttgart,
GERMANY; ²Aquabiotec Engineering, Paris, FRANCE

11:35-12:00

DISKUSIJA I PAUZA ZA KAFU
DISCUSSION AND COFFEE BREAK

12:00-15:00

Chairman – Predsedavaju:

S. Ibrahimfendić, P. Živković, V. Valent

12:00-12:20 Lecture 7 – Predavanje 7

ENERGETSKA EFIKASNOST U INDUSTRIJI SA
OSVRTOM NA INDUSTRIJU PAPIRA

ENERGY EFFICIENCY IN THE INDUSTRY WITH A
REVIEW ON THE PAPER INDUSTRY

Marija Stamenić, Nikola Tanasić, Goran Jankes
Faculty of Mechanical Engineering University of
Belgrade, SERBIA

Innovation Center of the Faculty of Mechanical
Engineering, Belgrade, SERBIA

12:20-12:40 Lecture 8 – Predavanje 8

ZAVISNOST BOJE PROIZVEDENOG CLUPAK
PAPIRA OD STEPENA IZBJELJIVANJA
CELULOZNOG VLAKNA

DEPENDANCE OF CLUPAK PAPER COLOR ON
BLEACHING DEGREE OF THE CELLULOSE FIBER
Husejin Duraković, Edina Husić, Almir Muftić

Natron-Hayat d.o.o., Maglaj, BOSNIA AND
HERZEGOVINA

12:40-13:00 Lecture 9 - Predavanje 9

KLJUČNI POKAZATELJI USPEŠNOSTI
PROIZVODNJE SITA ZA INDUSTRIJU PAPIRA I
CELULOZE

KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR
PRODUCTION OF THE SCREENS FOR PAPER
AND PULP INDUSTRY

Nada Bojić¹, Ninoslav Stojanović²

¹Woven Wire Cloth and Bearings Factory - Fasil a.d,
Arilje; ²StandCert, Belgrade, SERBIA

13:00-13:20 Lecture 10 - Predavanje 10

IMPROVING THE PAPER STRENGTH WITH
MODIFIED UREA-FORMALDEHYDE OLIGOMERS

POVEĆANJE JAČINE PAPIRA MODIFIKOVANIM
UREA-FORMALDEHIDNIM OLIGOMERIMA
Natalia Zholnerovich, Natalia Chernaya, Irina
Nikolaichik

Belarusian State Technological University, Minsk,
BELARUS

13:20-13:40 Lecture 11 – Predavanje 11

STUDIES ON BIOPOLYMERIC ADDITIVES FOR
PAPERPAKING

PROUČAVANJE BIOPOLIMERNIH ADITIVA ZA
PAPIRNU AMBALAŽU

Sedat Ondaral

Dep. of Pulp and Paper Technology, Forest Product
Engineering, Faculty of Forestry, Technical University,
Karadeniz (Black Sea), TURKEY

13:40-14:00 Lecture 12 – Predavanje 12

UTICAJ PAKOVANJA U MODIFIKOVANOJ
ATMOSFERI I VAKUUMU NA ODRŽIVOST
ZLATIBORSKE PRŠUTE

INFLUENCE OF PACKAGING MATERIAL ON DRY-
CURED SHEEP HAM SUSTAINABILITY

Dragana Stanisavljević, Tanja Žugić-Petrović, Dragan
Veličković, Vlada Milojković, Danica Šošević, Predrag
Ilić

College of Agriculture and Food Technology,
Prokuplje, SERBIA

14:00-14:20 Lecture 13 – Predavanje 13

ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI
UPRAVLJANJA GRAĐEVINSKIM OTPADOM -
NEOPHODNOST UPRAVLJANJA OTPADOM U
CPAG INDUSTRIJI

LEGISLATION IN THE FIELD OF DEMOLITION AND
BUILDING WASTE MANAGEMENT – NECESSITY
OF WASTE MANAGEMENT IN PPPG INDUSTRY

Milena Lekić¹, Dejan Bojović², Vasilije Gašić³, Ivica
Ristović¹

¹University of Belgrade, Faculty of Mining and
Geology, Belgrade, SERBIA; ²Serbian Demolition
Association, Belgrade, Belgrade, SERBIA; ³Kolubara
Gradjevinar, Lazarevac, SERBIA

14:20-14:40 Lecture 14 – Predavanje 14

PREZENTACIJA FIRME SUPERLAB, BEOGRAD,
SRBIJA

PRESENTATION OF THE SUPERLAB COMPANY,
BELGRADE, SERBIA

Jelena Vučićević

Superlab, Novi Beograd, SERBIA

14:40-15:00 Lecture 15 – Predavanje 15

EFFECT OF PAPER SAMPLE-FORMING
CONDITIONS ON DEFORMATIONAL BEHAVIOR OF
PAPER

UTICAJ USLOVA FORMIRANJA UZORAKA PAPIRA
NA DEFORMACIONO PONAŠANJE PAPIRA

Yakov Kazakov, Anastasiya Romanova

Northern (Arctic) Federal University Named after M.V.
Lomonosov, Arkhangelsk, RUSSIA

14:40-15:00

DISKUSIJA I PAUZA – DISCUSSION AND BREAK

Thursday, June 15th

Četvrtak, 15. jun 2017.

08:30 – 11:30

Chairman – Predsedavaju:

M. Krgović, S. Jovanović, S. Nikolić

08:30-09:00 Lecture 16 - Predavanje 16

STRATEŠKO REPOZICIONIRANJE INDUSTRIJE
CELULOZE I PAPIRA U SRBIJI - KA ODRŽIVOSTI

STRATEGIC REPOSITIONING PULP AND PAPER
INDUSTRY IN SERBIA - TOWARDS
SUSTAINABILITY

Petar Đukić

Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, Belgrade, SERBIA

09:00-09:20 Lecture 17 – Predavanje 17

PERSPEKTIVE GLAVNIH TEHNIKA ŠTAMPE U
ŠTAMPI AMBALAŽE

PERSPECTIVES OF MAIN PRINTING TECHNIQUES
IN PACKAGING PRINTING

Predrag Živković

Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, Belgrade, SERBIA

09:20-09:40 Lecture 18 – Predavanje 18

HYDROGEN PEROXIDE AND PERACETIC ACID –
APPLICABLE SCIENCE IN OUR LIFE (OXIDATION,
DISINFECTION AND CLEANING)

VODONIK-PEROKSID I PERSIRČETNA KISELINA –
PRIMENJENA NAUKA U NAŠEM ŽIVOTU
(OKSIDACIJA, DEZINFEKCIJA I ČIŠĆENJE)

Ivan Grčar

Belinka Perkemija d.o.o., Ljubljana, SLOVENIA

09:40-10:00 Lecture 19 – Predavanje 19

PRESENTATION OF THE SCHÄFERROLLS D.O.O.,
KRANJ, SLOVENIA

PREZENTACIJA FIRME SCHÄFERROLLS D.O.O.,
KRANJ, SLOVENIJA

Gregor Ažman, Marjan Urh

Schäferrolls d.o.o., Kranj, SLOVENIA

10:00-10:20 Lecture 20 – Predavanje 20

A NOVEL TEST METHOD FOR PREDICTING
CRUSHING ELASTICITY IN MEDIUM FLUTING
WITH HIGHER RELEVANCE THAN THE
CURRENTLY USED METHODS LIKE CMT
NOVI METOD PREDVIĐANJA ELASTIČNOSTI
LOMA U SREDNJIM FLUTINZIMA SA VEĆIM
ZNAČAJEM OD UOBIČAJENIH METODA KAO ŠTO
JE CTM

Thomas Fürst

ABB AB, Lorentzen & Wettre Products, Kista,
SWEDEN

10:20 - 10:40 Lecture 21 – Predavanje 21

PRIMJENA MINERALA IZ BOSNE I HERCEGOVINE
KAO PUNILA U PROIZVODNJI PAPIRA

APPLICATION OF MINERALS FROM BOSNIA AND
HERZEGOVINA AS FILLERS IN PAPER
PRODUCTION

Salim Ibrahimfendić, Amra Tuzović, Marija Garić,
Aldin Obućina

Faculty of Technical Studies, University of Travnik,
BOSNIA AND HERZEGOVINA

10:40 -11:00 Lecture 22 – Predavanje 22

OPTIMIZING PRINTED SURFACE

OPTIMIZACIJA POVRŠINE KOJA SE ŠTAMPA

Helena Peuranen

Kemira OYJ, Espoo, FINLAND

11:00 -11:30

DISKUSIJA I PAUZA – DISCUSSION AND BREAK

12:00– 14:00

ROUND TABLE – OKRUGLI STO

Moderators:

M. Krgović, S. Jovanović, V. Valent,

S. Nikolić, J. Erčić

KRATKO PREDSTAVLJANJE SVIH UČESNIKA
BRIEF INTRODUCTION OF ALL PARTICIPANTS
STANJE U CELULOZNO – PAPIRNOJ,
AMBALAŽNOJ I GRAFIČKOJ INDUSTRIJI
SITUATION IN PULP, PAPER, PACKAGING AND
GRAPHIC INDUSTRY

14:00 – 14:15

CLOSING OF THE SYMPOSIUM

ZATVARANJE SIMPOZIJUMA

14:30 – 18:30

EXCURSION – ACCORDING TO THE CHOICE OF
PARTICIPANTS OF THE SYMPOSIUM:

- ANDRIĆGRAD, MOKRA GORA (SARGAN,
MEČAVNIK), OR
- SIROGOJNO – ETHNO VILLAGE.

IZLET – PO IZBORU UČESNIKA SIMPOZIJUMA:

- ANDRIĆGRAD, MOKRA GORA (ŠARGAN,
MEČAVNIK) ILI
- SIROGOJNO – ETNO SELO.

20:30 –

CEREMONIAL DINNER

SVEČANA VEČERA

SADRŽAJ – CONTENT

NATAŠA BOGAVAC-CVETKOVIĆ, TAMARA CVETKOVIĆ, MILANKA BOGAVAC POSLOVNI I PRAVNI FAKULTET, UNIVERZITET UNION - NIKOLA TESLA, BEOGRAD, SRBIJA STANJE INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA U POSTKRIZNOM PRIVREDNOM AMBIJENTU SRBIJE		11
THE STATE OF CELLULOSE AND PAPER INDUSTRY IN THE POST-CRISIS ECONOMIC ENVIRONMENT IN SERBIA		11
MIRJANA KOSTIĆ, MATEA KORICA TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET, UNIVERZITET U BEOGRADU, BEOGRAD, SRBIJA CELULOZA: OD PRIRODE DO MATERIJALA VISOKIH PERFORMANSI		17
CELLULOSE: FROM NATURE TO HIGH PERFORMANCE MATERIALS		17
STANIŠA LUKIĆ, RADE KRSMANOVIĆ, SAŠA DOBRIĆ UMKA D.O.O. FABRIKA KARTONA, BEOGRAD, SRBIJA BUDUĆA TEHNOLOŠKA UNAPREĐENJA FABRIKE KARTONA UMKA		23
FUTURE TECHNOLOGY IMPROVEMENTS IN BOARD MILL UMKA		23
BOLDYRYEV S.¹, ULYEV L.², SAMOYLENKO M.², DUIC N.³ ¹CENTRE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY, WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND NAVAL ARCHITECTURE UNIVERSITY OF ZAGREB, CROATIA; ²NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY “KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE”, KHARKIV, UKRAINE; ³DEPARTMENT OF ENERGY, POWER ENGINEERING AND ENVIRONMENT, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND NAVAL ARCHITECTURE UNIVERSITY OF ZAGREB, CROATIA ESTIMATION OF ENERGY SAVING POTENTIAL OF UKRAINIAN PULP AND PAPER INDUSTRY		27
PROCENA MOGUĆNOSTI UŠTEDE ENERGIJE U UKRAJINSKOJ INDUSTRIJI CELULOZE I PAPIRA		27
DEJAN ĐOKIĆ, IVANA DIZDAREVIĆ, MIRKO MILOSAVLJEVIĆ CRON CTP, BEOGRAD PREZENTACIJA FIRME CRON, BEOGRAD, SRBIJA NAJNOVIJA TEHNOLOŠKA DOSTIGNUĆA INDUSTRIJE CTP UREĐAJA		35
PRESENTATION OF THE CRON COMPANY, BELGRADE, SERBIA THE LATEST TECHNOLOGY IMPROVEMENTS IN CTP INDUSTRY		35
ALFRED HELBLE¹, DR. ANDREAS RÜDIGER² ¹AH CONSULT DIPL.-ING. ALFRED HELBLE, STUTTGART, GERMANY ² AQUABIOTEC ENGINEERING, PARIS, FRANCE WASTEWATER TREATMENT IN PULP & PAPER INDUSTRY, NEW DEVELOPMENTS		37
TRETMAN OTPADNIH VODA U INDUSTRIJI CELULOZE I PAPIRA, NOVI RAZVOJ		37
MARIJA STAMENIĆ, NIKOLA TANASIĆ, GORAN JANKES MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD, SRBIJA; INOVACIONI CENTAR MAŠINSKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD, SRBIJA ENERGETSKA EFIKASNOST U INDUSTRIJI SA OSVRTOM NA INDUSTRIJU PAPIRA		47
ENERGY EFFICIENCY IN THE INDUSTRY WITH A REVIEW ON THE PAPER INDUSTRY		ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.		
HUSEJIN DURAKOVIĆ, EDINA HUSIĆ, ALMIR MUFTIĆ NATRON-HAYAT D.O.O., MAGLAI, BOSNA I HERCEGOVINA ZAVISNOST BOJE PROIZVEDENOG CLUPAK PAPIRA OD STEPENA IZBJELJIVANJA CELULOZNOG VLAKNA		53
DEPENDANCE OF CLUPAK PAPER COLOR ON BLEACHING DEGREE OF THE CELLULOSE FIBER		53
NADA BOJIĆ¹, NINOSLAV STOJANOVIĆ² ¹FABRIKA SITA I LEŽAJA FASIL A.D, ARILJE, SRBIJA; ²STANDCERT, BEOGRAD, SRBIJA KLJUČNI INDIKATORI PERFORMANSI PROIZVODNJE SITA ZA INDUSTRIJU PAPIRA I CELULOZE		59
KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR PRODUCTION OF THE SCREENS FOR PAPER AND PULP INDUSTRY		59
NATALIA ZHOLNEROVICH, NATALIA CHERNAYA, IRINA NIKOLAICHUK BELARUSIAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, MINSK, BELARUS IMPROVING THE PAPER STRENGTH WITH MODIFIED UREA-FORMALDEHYDE OLIGOMERS		63
POVEĆANJE JAČINE PAPIRA MODIFIKOVANIM UREA-FORMALDEHIDNIM OLIGOMERIMA		63

SEDAT ONDARAL

DEP. OF PULP AND PAPER TECHNOLOGY, FOREST PRODUCT ENGINEERING, FACULTY OF FORESTRY,
KARADENİZ (BLACK SEA) TECHNICAL UNIVERSITY, TURKEY

STUDIES ON BIOPOLYMERIC ADDITIVES FOR PAPERPAKING 69

PROUČAVANJE BIOPOLIMERNIH ADITIVA ZA PAPIRNU AMBALAŽU 69

STANISAVLJEVIĆ D., ŽUGIĆ-PETROVIĆ T., VELIČKOVIĆ D., MILJOJKOVIĆ V¹, ŠOŠEVIĆ D., ILIĆ P.

COLLEGE OF AGRICULTURE AND FOOD TECHNOLOGY, PROKUPLJE, SERBIA

INFLUENCE OF PACKAGING MATERIAL ON DRY-CURED SHEEP HAM SUSTAINABILITY 79

UTICAJ PAKOVANJA U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI I VAKUUMU NA ODRŽIVOST

ZLATIBORSKE PRŠUTE 79

MILENA LEKIĆ¹, DEJAN BOJOVIĆ², VASILJE GAŠIĆ³, IVICA RISTOVIĆ¹

¹UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF MINING AND GEOLOGY, BELGRADE, SERBIA; ²SERBIAN

DEMOLITION ASSOCIATION, BELGRADE, BELGRADE, SERBIA; ³KOLUBARA GRADJEVINAR, LAZAREVAC,
SERBIA

ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI UPRAVLJANJA GRAĐEVINSKIM OTPADOM -

NEOPHODNOST UPRAVLJANJA OTPADOM U CPAG INDUSTRIJI 87

LEGISLATION IN THE FIELD OF DEMOLITION AND BUILDING WASTE MANAGEMENT -

NECESSITY OF WASTE MANAGEMENT IN PPPG INDUSTRY 87

JELENA VUČIĆEVIĆ

SUPERLAB, NOVI BEOGRAD, SERBIA

PREZENTACIJA FIRME SUPERLAB, BEOGRAD, SRBIJA 87

PRESENTATION OF THE SUPERLAB COMPANY, BELGRADE, SERBIA..... 93

YAKOV KAZAKOV, ANASTASIYA ROMANOVA

NORTHERN (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV, 17, SEVERNAYA

DVINA EMB, ARKHANGELSK, RUSSIA

EFFECT OF PAPER SAMPLE-FORMING CONDITIONS ON DEFORMATIONAL BEHAVIOR

OF PAPER..... 95

UTICAJ USLOVA FORMIRANJA UZORAKA PAPIRA NA DEFORMACIONO PONAŠANJE

PAPIRA..... 95

PETAR ĐUKIĆ

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET, UNIVERZITET U BEOGRADU

STRATEŠKO REPOZICIONIRANJE INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA U SRBIJI - KA

ODRŽIVOSTI 99

STRATEGIC REPOSITIONING FOR THE PULP AND PAPER INDUSTRY IN SERBIA -

TOWARDS SUSTAINABILITY 99

PREDRAG ŽIVKOVIĆ

FACULTY OF TECHNOLOGY AND METALLURGY, UNIVERSITY OF BELGRADE, BELGRADE, SERBIA

PERSPEKTIVE GLAVNIH TEHNIKA ŠTAMPE U ŠTAMPI AMBALAŽE 107

PERSPECTIVES OF MAIN PRINTING TECHNIQUES IN PACKAGING PRINTING 107

IVAN GRČAR

BELINKA PERKEMIJA, D.O.O., SLOVENIA

HYDROGEN PEROXIDE AND PERACETIC ACID – APPLICABLE SCIENCE IN OUR LIFE

OXIDATION, DISINFECTION AND CLEANING)..... 115

VODONIK-PEROKSID I PERSIRČETNA KISELINA – PRIMENJENA NAUKA U NAŠEM

ŽIVOTU (OKSIDACIJA, DEZINFEKCIJA I ČIŠĆENJE) 115

GREGOR AŽMAN, MARIAN URH

SCHÄFERROLLS D.O.O., KRANJ, SLOVENIA

PRESENTATION OF THE SCHÄFERROLLS D.O.O., KRANJ, SLOVENIA..... 123

PREZENTACIJA FIRME SCHÄFERROLLS D.O.O, KRANJ, SLOVENIJA..... 123

THOMAS FÜRST

ABB AB, LORENTZEN & WETTRE PRODUCTS, KISTA, SWEDEN

A NOVEL TEST METHOD FOR PREDICTING CRUSHING ELASTICITY IN MEDIUM

FLUTING WITH HIGHER RELEVANCE THAN THE CURRENTLY USED METHODS LIKE

CMT 125

NOVI METOD PREDVIĐANJA ELASTIČNOSTI LOMA U SREDNJIM FLUTINZIMA SA

VEĆIM ZNAČAJEM OD UOBIČAJENIH METODA KAO ŠTO JE CTM..... 125

SALIM IBRAHIMEFENDIĆ, AMRA TUZOVIĆ, Marija GARIĆ, ALDIN OBUĆINA

FAKULTET ZA TEHNIČKE STUDIJE, UNIVERZITET U TRAVNIKU, BOSNA I HERCEGOVINA

PRIMJENA MINERALA IZ BOSNE I HERCEGOVINE KAO PUNILA U PROIZVODNJI PAPIRA..... 137

APPLICATION OF MINERALS FROM BOSNIA AND HERZEGOVINA AS FILLERS IN PAPER

PRODUCTION 137

HELENA PEURANEN

KEMIRA OYJ, ESPOO, FINLAND

OPTIMIZING PRINTED SURFACE 143

OPTIMIZACIJA POVRŠINE KOJA SE ŠTAMPA..... 143

STANJE INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA U POSTKRIZNOM PRIVREDNOM AMBIJENTU SRBIJE

THE STATE OF CELLULOSE AND PAPER INDUSTRY IN THE POST- CRISIS ECONOMIC ENVIRONMENT IN SERBIA

*Nataša Bogavac-Cvetković, Tamara Cvetković, Milanka Bogavac
Poslovni i pravni Fakultet, Univerzitet Union - Nikola Tesla, Beograd, SRBIJA*

Izvod

Započeti reformski procesi imaju za cilj unapređenje i popravljjanje postojećeg privrednog ambijenta. Cilj je da se poveća proizvodnja, izvoz, priliv stranog kapitala i smanji nezaposlenost. U tom smislu značajni naponi se ulažu i u industriju celuloze i papira.

Ključne reči: ekonomija, industrija, celuloza, papir

Summary

Reform process that are in progress are aimed to improve and correct existing economic environment. The aim is to increase the production, the export, the inflow of foreign capital and to reduce the unemployment. In that sense, significant efforts are invested in the cellulose and paper industry.

Key words: economy, industry, pulp, paper

1. UVOD

Stvaranje podsticajnog privrednog ambijenta za funkcionisanje savremenih preduzeća je izazov sa kojim se suočava ne samo Srbija već i ostale zemlje bez obzira na nivo razvijenosti. Dugogodišnje ambijentalne okolnosti vezane za nedovršen proces tranzicije, prezaduženost zemlje i opštu nelikvidnost su se negativno odrazile na efikasnost poslovanja privrednih subjekata kao i na slabljenje njihovih finansijski potencijala. Imajući u vidu navedeno, neophodno je da se ukaže na činjenicu da je za izlazak iz postojećih ekonomskih problema bilo nužno započinjanje rigoroznih reformskih procesa. „Sprovođenjem reformi institucionalni ambijentu tranzicionim zemljama radikalno je promenjen: za veći deo cena uveden je, po pravilu vrlo brzo, sistem slobodnih cena, spoljna trgovina je liberalizovana, subvencije su ukinute, valute su devalvirane i učinjene konvertibilnim, uvedena je restriktivna kreditna politika, otvorene su granice za strani kapital, najveći deo državnih preduzeća je privatizovan. U većini slučajeva, sve to je učinjeno primenom „šok-terapije” (sve, odmah, istovremeno) ^{1.}”

Stabilna makroekonomska politika, posebno u oblasti monetarne i finansijske stabilnosti, je neophodna kako bi se servisirao visok nivo spoljnog duga, postigle što veće stope ekonomskog rasta i cenovna stabilnost. Budući razvoj Srbije se zasniva na smanjenju javnog duga, prilivu svežeg kapitala, porastu efikasnosti domaće proizvodnje i nivoa stope štednje.²

Prema izveštaju EBRD Srbija je imala tri recesije u poslednjih šest godina, s tim da se naznake skromnog oporavka javljaju tokom 2015. godine. Posebno teška za privredu je bila 2014. godina zbog poplava koje su prouzrokovala recesiju i smanjenje BDP od 2,0% u odnosu na prethodnu godinu. Tokom 2015. godine privreda je počela da se oporavlja, uglavnom zbog smanjenja potrošnje, i porasta izvoza kao rezultat porasta tražnje i investicija iz Evropske Unije. Navedene promene su delimično neutralisale kratkoročne negativne efekte fiskalne konsolidacije. Osnovni makroekonomski pokazatelji su prikazani u tabeli 1.

¹Bukvić, R. (2011) *Transformaciona kriza i perspektive privrede Srbije u epohi globalizacije i finansijske krize*, u: Svetska finansijska kriza - izazovi i strategija, Naučno društvo Srbije, Beograd, 2011, str. 156

²Stefanović, M. (2008) *Uticaj stranih direktnih investicija na razvoj nacionalne ekonomije*, Ekonomske teme, God. XLVI, br. 2, str. 138

Tabela 1. Osnovni makroekonomski pokazatelji (u %)

	2011	2012	2013	2014	2015
Rast BDP	1.4	-1.0	2.6	-1.8	0.5
Inflacija (prosek)	11.1	7.3	7.7	2.1	1.7
Stabilnost Vlade/ BDP (Government balance/GDP)	-4.1	-6.8	-5.3	-6.3	-4.0
Bilanste kućeg računa/BDP (Current account balance/GDP)	-8.6	-11.5	-6.1	-6.0	-4.0
Neto SDI/BDP (negativan znak - prilivi)	-9.9	-2.4	-3.8	-3.7	-3.5
Spoljni dug/BDP	76.5	92.6	88.0	82.7	n.a.
Bruto rezerve/BDP (Gross reserves/GDP)	33.5	35.4	33.9	27.5	n.a.
Kredit privatnom sektoru/BDP (Credit to private sector/GD)	47.6	49.5	43.6	43.8	n.a.

Izvor: EBRD (2015) *Transition Report 2015-2016*, Rebalancing finance;

http://2015.tr-ebrd.com/wp-content/uploads/2015/11/TR2015_16_CA_Serbia.pdf

Iz prezentiranih podataka se uočava da je u Srbiji u postkriznom periodu došlo do smanjenja stope realnog rasta BDP-a, smanjenja inflacije, porasta javnog duga i nezaposlenosti kao i do smanjenja priliva SDI, vrednosti spoljnotrgovinskih transakcija i ulaska privrede u fazu recesije. Poznato je da su u periodu od 2000. do 2008. godine ostvarene visoke stope rasta BDP-a. U njihovoj osnovi nalaze se efekti procesa privatizacije, visok priliv stranog kapitala i porast zaduživanja u inostranstvu. I pored blagih simptoma oporavka od 2015. godine stanje u privredi je i dalje nestabilno. Postkrizni period obeležava sprovođenje strukturnih reformi i mere fiskalne konsolidacije.

Fiskalna konsolidacija uz podršku strukturnih mera pokazuje preliminarne rezultate u Srbiji. Usled izrazito velikih fiskalnih deficita tokom nekoliko godina, javni dug (izražen u procentima prema BDP-u) je povećan sa oko 40% u 2009. godine, na preko 70% u BDP-u na kraju 2016. godine.

Fiskalno prilagođavanje i niski inflatorni pritisci su omogućili centralnoj banci da postepeno smanji referentnu kamatnu stopu. Kao posledica niske domaće tražnje i pada cena nafte inflacija je ispod ciljnog opsega centralne banke ($4 \pm 1,5\%$) od marta 2014. Narodna banka Srbije je ublažila monetarnu politiku kroz niz ključnih smanjenja kamatne stope, smanjujući je sa 11,75% u aprilu 2013. na 4,5% od oktobra 2015. godine. Očekuje se da će inflacija ostati niska, ali dalje smanjenje će zavisiti od monetarne politike u razvijenim ekonomijama, kao i domaćih inflatornih pritisaka.

Fiskalna prilagođavanja će nastaviti sa skromnim rastom u bliskoj budućnosti sa pozitivnim rizicima koji uglavnom potiču iz porasta izvoza. Ostvareno je povećanje BDP u 2015. i 2016. godini usled porasta eksterne tražnje i niže cene nafte. Izvoz je i dalje glavni pokretač rasta, uz porast EU tražnje, ponovnog pokretanja poslovanja velike čeličane, kao i normalizacije eksploatacije uglja i proizvodnje električne energije.

Što se tiče razvoja najvažnijih strukturnih reformi one se odnose na: sprovođenje zakonodavnih reformi koje su uvedene 2014. godine, privatizaciju, restrukturiranje i likvidaciju velikog broja državnih preduzeća, restrukturiranje državnih preduzeća u sektoru transporta i energetske infrastrukture, usvajanje zakona o zapošljavanju u javnom sektoru, usvajanje novog zakona o energetici koji dozvoljava domaćinstvima i malim preduzećima izbor dobavljača električne energije i gasa, ulaganju napora da se reši problem NPL kredita, podsticanju napretka u pogledu poslovnog okruženja.³

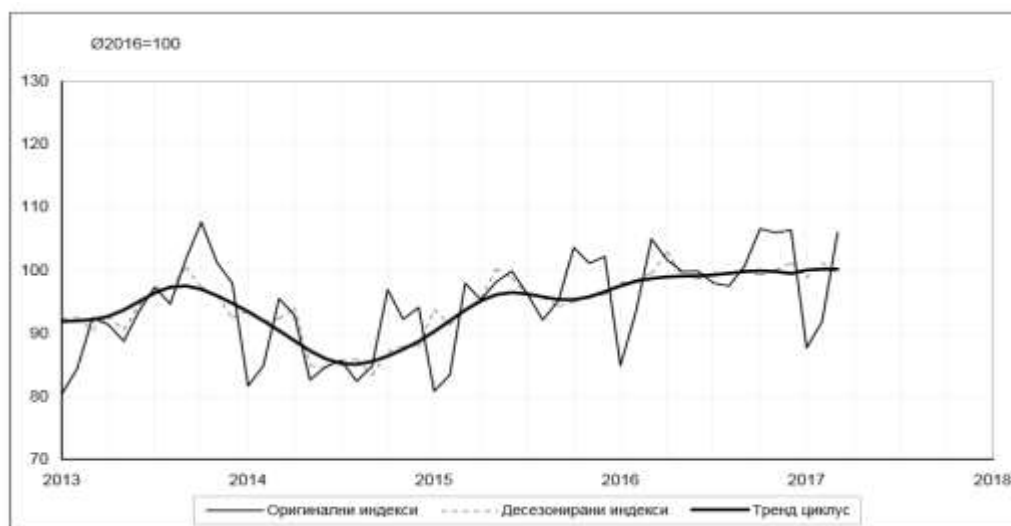
Efikasno funkcionisanje i razvoj srpske privrede uključujući i sektor celuloze i papira u narednom periodu će se zasnivati na podsticajnom i stimulativnom privrednom ambijentu. U takvim okolnostima veoma značanu ulogu dobijaju započeti reformski procesi kako bi se stvorili uslovi za uspostavljanje makroekonomske ravnoteže i privlačenje nedostajućeg kapitala.

³EBRD (2015) *Transition Report 2015-2016*, Rebalancing finance; preuzeto sa:

http://2015.tr-ebrd.com/wp-content/uploads/2015/11/TR2015_16_CA_Serbia.pdf; pristup: 09.04.2016.

2. EKONOMSKI POLOŽAJ INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA

Ostvaren rast industrijske proizvodnje u 2016. u odnosu na 2015. godinu od 4,7% je posledica rasta u sektoru prerađivačke industrije (5,3%), rudarstva (4,0%) i sektoru snabdevanja električnom energijom i gasom (2,7%). Tendencija rasta industrijske proizvodnje je nastavljena i u prva dva meseca 2017. godine (0,7%). Sektori koji su prema podacima Republičkog zavoda za statistiku doprineli rastu BDP od 2,5% u IV kvartalu 2016. u poređenju sa istim kvartalom 2015. godine su poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo, kao i trgovina i saobraćaj.⁴



Slika 1. Industrijska proizvodnja, 2013 – 2017

Izvor: RZS (2017) Saopštenje, Broj 104 - god. LXVII, 28.04.2017, Statistika industrije, Beograd, str.1.
<http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/47/04/in10042017.pdf>⁵

Industrijska proizvodnja u Republici Srbiji je veća za 0,7% u periodu januar–februar 2017. godine u odnosu na isti period 2016. godine. Kad su u pitanju sektorski rezultati zabeležen je rast od 5,5% u sektoru prerađivačke industrije, dok je pad od 2,9% ostvaren u rudarskom sektoru i u sektoru snabdevanje električnom energijom, gasom, parom i klimatizacija zabeležen od 9,8%.⁶ Iz navedenog proizilazi da tempo rasta proizvodnje diktira prerađivačka industrija, koja predstavlja dominantan sektor domaće industrije, a u čijem sastavu se nalazi i industrija celuloze i papira.

Tabela 2. Industrijska proizvodnja u RS, Proizvodnja papira i proizvoda od papira, 2015

	Jedinica mere	Proizvodnja
Proizvodnja papira i kartona	tona	172.617
Proizvodnja talasastog papira i kartona	tona	50.778
Proizvodnja ambalaže od papira i kartona	tona	175.418
Papirni proizvodi za domaćinstvo, sanitarne i toaletne potrebe	tona	45.458

Izvor: Republički zavod za statistiku (2016) *Statistički godišnjak Republike Srbije 2016*, Beograd, str. 260.

Prema podacima RZS najveći obim proizvodnje u okviru industrije celuloze i papira tokom 2015. godine ostvaren je u proizvodnji ambalaže od papira i kartona. Na drugom mestu je proizvodnja papira i kartona. Slede proizvodnja talasastog papira i kartona i proizvodnja papirnih proizvoda za domaćinstvo, sanitarne i toaletne potrebe.

⁴<http://www.pks.rs/PrivredaSrbije.aspx>

⁵Napomena: Republički zavod za statistiku od 1999. godine ne raspolaže podacima za AP Kosovo i Metohija, tako da oni nisu sadržani u obuhvatu podataka za Republiku Srbiju (ukupno).

⁶Republički zavod za statistiku (2017) *Mesečni statistički bilten*, 2/217, Beograd, str. 39.

Indeks industrijske proizvodnje za prva tri meseca 2017. u odnosu na isti period 2016. godine pokazuje da je za industriju (ukupno) ostvaren rast industrijske proizvodnje od 0,7%, za Prerađivačku industriju ostvaren rast od 7,3%, a za proizvodnju papira i proizvoda od papira ostvaren rast od 10,2%.

Indeks industrijske proizvodnje za mart 2017. godine, u odnosu na mart 2016. godine, za industriju – ukupno pokazuje da je ostvaren rast od 0,9%, za Prerađivačku industriju rast od 10,3%, a za proizvodnju papira i proizvoda od papira ostvaren je rast od 14,9%. Dakle, u posmatranom periodu, rast u proizvodnji papira i proizvoda od papira je veći od rasta u ukupnoj industriji i od rasta u prerađivačkoj industriji.

Tabela 3. Indeksi industrijske proizvodnje, po nameni, sektorima i oblastima, 2017.

Indeksi industrijske proizvodnje po nameni, sektorima i oblastima	2016=100			III 2017	I-III 2017
	II	III	I-III	III 2016	I-III 2016
Industrija–ukupno	91,9	106,0	95,2	100,9	100,7
Prerađivačka industrija	88,8	111,3	93,6	110,3	107,3
Prerada drveta i proizvodi od drveta, osim nameštaja	95,6	108,0	94,5	108,5	104,9
Proizvodnja papira i proizvoda od papira	97,0	118,8	101,8	114,9	110,2

Izvor: RZS (2017) *Saopštenje*, Broj 104 - god. LXVII, 28.04.2017, Statistika industrije, str. 2

<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/47/04/in10042017.pdf>

Prema podacima RZS, ukupan broj zaposlenih u 2015. godini u odnosu na prethodnu je povećan za 2,8% i iznosio je 1.896 hiljada lica. Smanjenje zaposlenosti je zabeleženo u sektorima poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, u oblasti rudarstva, snabdevanja električnom energijom, gasom i parom, oblasti snabdevanja vodom i upravljanja otpadnim vodama, u građevinarstvu, i u oblasti saobraćaja i skladištenja. Istovremeno je ostvaren rast zaposlenosti u oblasti prerađivačke industrije, kojoj pripada i industrija celuloze i papira, u uslužnim sektorima trgovine na veliko i malo i popravci motornih vozila, kao i uslugama smeštaja i ishrane.⁷

Tabela 4. Broj zaposlenih, 2011-2015., Republika Srbija - godišnji proseki

O P I S	2011	2012	2013	2014	2015
Zaposleni ukupno	1.866.170	1.865.614	1.1.864.783	1.845.494	1.896.295
Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo	42.142	40.629	40.599	38.960	36.708
Rudarstvo	24.270	24.908	24.897	24.479	22.388
Prerađivačka industrija	393.377	382.075	378.419	369.003	380.336

Izvor: RZS (2017) *Statistički kalendar RS*, Beograd, str. 41

Prema najnovijim podacima Republičkog zavoda za statistiku⁸ došlo je povećanja broja zaposlenih i u 2016. godini, tako da je ostvaren porast zaposlenosti za 2,5% u februaru 2016. Navedeni porast je rezultat porasta zaposlenih kod pravnih lica od 2,0% i kod preduzetnika od 5,7%.

Tabela 5. Nezaposlena lica prema stepenu stručnog obrazovanja

O P I S	2015	2016
Ukupno	712.096	700.947
Visoko, više i srednje stručno obrazovanje	317.193	310.519
Visokokvalifikovani i kvalifikovani	179.584	167.843
Priučeni polukvalifikovani i niže stručno obrazovanje	26.499	24.741
Nekvalifikovani	200.820	197.844
Žene	371.973	360.877

Izvor: RZS (2017) *Statistički kalendar RS*, Beograd, str. 45.

U 2016. godini je smanjena nezaposlenost sa 712.096 na 700.947 lica tj. za 1,6%. Najveće smanjenje nezaposlenih je zabeleženo među visokokvalifikovanim i kvalifikovanim radnicima a potom među osobama

⁷RZS (2017) *Statistički kalendar RS*, Beograd, str. 41

⁸Republički zavod za statistiku (2017) *Mesečni statistički bilten*, 2/217, Beograd, str. 23.

sa visokim, višim i srednjim stručnim obrazovanjem. Značajan je i podatak koji ukazuje na značajno smanjenje nezaposlenosti među ženskom populacijom sa 371.973 na 360.877 tj. za 3%.

Tabela 6. Prosečne zarade po zaposlenom u Republici Srbiji, po delatnostima, 2017. godine RSD

O P I S	2017	
	III 2017	I-III 2017
UKUPNO	65.695	62.588
Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo	57.400	55.436
Prerađivačka industrija	60.645	58.663
Proizvodnja prehrambenih proizvoda	54.100	50.877
Proizvodnja pića	94.691	98.435
Proizvodnja kože i predmeta od kože	41.169	36.007
Prerada drveta i proizvodi od drveta, osim nameštaja	37.903	37.309
Proizvodnja papira i proizvoda od papira	75.192	75.062
Građevinarstvo	60.039	56.571
Trgovina na veliko i malo i popravka motornih vozila	52.015	49.408
Saobraćaj i skladištenje	68.478	65.596

Izvor: RZS (2017) *Saopštenje*, Broj 104 - god. LXVII, 25.04.2017, Statistika zaposlenosti i zarada, Republika Srbija, Beograd, str. 1.

Prema podacima RZS prosečne zarade zaposlenih u industriji celuloze, papira i preradi papira u Srbiji su nešto više od proseka privrede za period januar-mart 2017. godine kada su iznosile 75.062 dinara.

Spoljnotrgovinska razmena celuloze, papira i prerade papira je u poslednje dve godine ostvarila značajan rast. Nastavljena je tendencija porasta izvoza u 2017. u odnosu na 2016. godinu (stopa porasta 4,9%). Za razliku od porasta ukupnog uvoza za 8,1% zabeleženo je smanjenje uvoza papira i proizvoda od papira za 5,2%, što predstavlja pozitivan pokazatelj za ovu industrijsku granu.

Tabela 7. Izvoz i uvoz po delatnostima u mil. USD

O P I S	Izvoz			Uvoz		
	2016	2017	Indeks	2016	2017	Indeks
Ukupno	2.108,1	2.211,9	104,9	2.679,7	2.896,6	108,1
Prerađivačka industrija	1.919,4	2.019,6	105,2	1.900,7	1.982,3	104,3
Prerada drveta i proizvodi od drveta, osim nameštaja	28,8	29,6	102,7	19,9	22,9	115,1
Proizvodnja papira i proizvoda od papira	50,7	59,9	118,1	87,9	83,3	94,8

Izvor: RZS (2017) *Mesečni statistički bilten*, 2/2017, Beograd, str. 48.

<http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2017/pdf/G20173005.pdf>

Prema podacima RZS, ukupna robnu razmena papira i proizvoda papira, u 2017. godini karakteriše:

- vrednost realizovanog *izvoza* od 59,9 miliona USD;
- *uvoz* je ostvaren u vrednosti od 83,3 miliona USD;
- *izvoz* je veći za 9,2 miliona dolara, a *uvoz* manji za 4,6 miliona dolara u poređenju sa 2016. godinom.

Izraženo u proizvedenim količinama ostvareno je značajno povećanje izvoza celuloze i hartije i kartona u 2016. u odnosu na prethodnu godinu. Uvoz hartije i kartona je povećan za 7,7 hiljada tona u istom periodu. Trend porasta izvoza i smanjenja uvoza u poslednje dve godine utiče na stvaranje trgovinskog suficita u industriji celuloze i papira. Nakon kriznih godina primećuju se prvi znaci oporavka u ovoj privrednoj grani.

Tabela 8. Izvoz važnije robe u industriji celuloze i papira

O P I S	Količina u jedinicimere		Vrednost, umil. USD	
	2015	2016	2015	2016
Izvoz važnije robe				
Celuloza, hilj. t	69,96	87,66	10,0	13,5
Hartija i karton, hilj. t	198,5	220,3	239,4	248,4
Uvoz važnije robe				
Hartija i karton, hilj. t	461,5	469,2	475,8	487,6

Izvor: RZS (2017) *Mesečni statistički bilten*, 2/2017, Beograd, str. 49-51.

<http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2017/pdf/G20173005.pdf>

Imajući u vidu navedene tendencije uočava se da na domaćem tržištu i dalje postoji potreba za uvozom proizvoda od papira budući da tražnja daleko prevazilazi domaću proizvodnju. Negativni efekti liberalizacije spoljnotrgovinskog poslovanja reflektovali su se i na ovu privrednu granu. Smanjenje dispariteta između domaćih i uvoznih cena može se postići reformskim procesima zasnovanim, između ostalog, na strukturnim promenama u industriji papira i celuloze.

4. ZAKLJUČAK

Postojeći poslovni ambijent značajno utiče na efikasnost industrije celuloze i papira. Prvi znaci oporavka nacionalne privrede se manifestuju 2015. godine u vidu blagog porasta stope realnog rasta BDP-a, smanjenja inflacije, kao i porasta priliva SDI. U takvim okolnostima industrija celuloze i papira beleži pozitivne pomake, prvenstveno kroz stvaranje spoljnotrgovinskog suficita.

Literatura

1. Bukvić, R. (2011) *Transformaciona kriza i perspektive privrede Srbije u epohi globalizacije i finansijske krize*, u: Svetska finansijska kriza - izazovi i strategija, Naučno društvo Srbije, Beograd, 2011, str. 139–174.
2. EBRD (2015) *Transition Report 2015-2016*, Rebalancing finance;
3. http://2015.tr-ebrd.com/wp-content/uploads/2015/11/TR2015_16_CA_Serbia.pdf
4. Stefanović, M. (2008) *Uticaj stranih direktnih investicija na razvoj nacionalne ekonomije*, Ekonomske teme, God. XLVI, br. 2, str. 138.
5. RZS (2017) *Saopštenje*, Broj 104 - god. LXVII, 28.04.2017, Statistika industrije, Beograd
6. <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/47/04/in10042017.pdf>
7. <http://www.pks.rs/PrivredaSrbije.aspx>
8. Republički zavod za statistiku (2016) *Statistički godišnjak Republike Srbije 2016*, Beograd
9. Republički zavod za statistiku (2017) *Mesečni statistički bilten*, 2/217, Beograd
10. <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/G2017/pdf/G20173005.pdf>
11. RZS (2017) *Statistički kalendar RS*, Beograd
12. RZS (2017) *Saopštenje*, Broj 104 - god. LXVII, 25.04.2017, 3P11, Statistika zaposlenosti i zarada, Republika Srbija, Beograd

Presenting author:

Nataša Bogavac-Cvetković

Poslovni i pravni Fakultet

Univerzitet Union – Nikola Tesla

11000 Beograd, Srbija

E-mail: nacasn@hotmail.com

CELULOZA: OD PRIRODE DO MATERIJALA VISOKIH PERFORMANSI

CELLULOSE: FROM NATURE TO HIGH PERFORMANCE MATERIALS

Mirjana Kostić, Matea Korica
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, SRBIJA

Izvod

Celuloza kao najzastupljeniji bioobnovljivi polimer dobija na značaju kako zbog ekonomskih razloga i mnogobrojnih mogućnosti primene, tako i zbog sve veće pažnje koju prirodnim resursima i održivom razvoju poklanjaju naučna zajednica i industrija. U ovom radu dat je prikaz savremenih istraživanja u oblasti celuloze usmerenih na razumevanje procesa, unapređenje znanja i oblasti primene ovog najznačajnijeg bioobnovljivog resursa. Posebna pažnja posvećena je funkcionalizaciji celuloze i razvoju celuloznih materijala specijalnih svojstava na bazi nanofibrilisane celuloze.

Ključne reči: funkcionalizacija celuloze, nanofibrilisana celuloza, svojstva, primena

Summary

Cellulose, the most abundant natural and renewable polymer, gains on importance regarding to its economic value, the wide area of possible applications and due to increased attention of the industrial and the scientific community on natural resources and sustainability issues. This paper gives an overview of the current cellulose research directed towards an advanced understanding and application of this most important bioresource. Emphasis is placed on the cellulose functionalization and development of high performance tailored cellulose materials based on nanofibrillated cellulose.

Keywords: cellulose functionalization, nanofibrillated cellulose, properties, application

1. UVOD

Celuloza kao najzastupljeniji bioobnovljivi polimer dobija na značaju kako zbog ekonomskih razloga i mnogobrojnih mogućnosti primene, tako i zbog sve veće pažnje koju prirodnim resursima i održivom razvoju poklanjaju naučna zajednica i industrija. Ova najrasprostranjenija i najznačajnija skeletna materija biljnog sveta, oko 40% ukupne biomase, pojavljuje se u ćelijskim zidovima viših i nižih biljnih vrsta, kod nekih ameba, morskih organizama-protihordata, algi, bakterija i gljiva. Komercijalno značajni izvori celuloze su pamuk i drvo, ali se u poslednje vreme posebna pažnja poklanja dobijanju celuloze iz nekonvencionalnih izvora kao što su jednogodišnje biljke, npr. lan, konoplja, juta, ramija, i sl., koje imaju mali ili nikakav negativan uticaj na ekosistem [1,2].

Celuloza predstavlja osnovnu sirovinu mnogim industrijskim granama, kao što je industrija papira i ambalaže ili dobrim delom tekstilna industrija, a brojna područja primene celuloze, uz određene modifikacije, mogu se veoma proširiti. Savremena istraživanja u oblasti celuloze usmerena na razumevanje procesa, unapređenje znanja i oblasti primene ovog najznačajnijeg bioobnovljivog resursa, obuhvataju sledeće oblasti: analitičke metode karakterizacije, postupke i mehanizme modifikovanja, definisanje potpuno novih proizvoda i oblasti primene, kao i pitanja koja se odnose na masovnu proizvodnju zasnovanu na ovom polimeru [3-7].

U ovom radu dat je kratak prikaz različitih fizičkih i hemijskih metoda za modifikovanje celuloze kojima se celuloznim materijalima, uz postojeća izuzetna svojstva kao što su velika jačina, mala gustina, netoksičnost, bioobnovljivost, biodegradabilnost, dodaju nova svojstva, čineći ih pogodnim materijalima za ojačavanje različitih polimera, izradu različitih sorbenata, uključujući i ugljenične, kao i proizvoda na bazi mikro- i nanofibrilisane celuloze. Posebna pažnja je posvećena različitim postupcima za dobijanje mikro- i nanofibrilisane celuloze, prednostima i primeni ovih nanostrukturnih biomaterijala.

2. MODIFIKOVANJE CELULOZE

Povećano interesovanje različitih industrijskih sektora za korišćenje celuloze i celuloznih vlakana uticalo je na razvoj postupaka za njihovu preradu i modifikovanje u cilju homogenizacije njihove strukture i svojstava, čišćenja površine vlakana, smanjenja sadržaja neceluloznih supstanci, povećanja stepena elementarizacije i

hrapavosti površine, poboljšanja mehaničkih svojstava, modifikovanja sorpcionih svojstava (povećanje/smanjenje hidrofilnosti) i sl. Osnovna podela ovih postupaka je na hemijske, fizičke i biološke tretmane.

Fizički tretmani menjaju strukturne i površinske karakteristike celuloze i celuloznih vlakana bez upotrebe hemijskih sredstava. Prema postignutim efektima dele se na tretmane koji promovisu dezintegraciju tehničkih vlakana u homogenije strukturne elemente - elementarna vlakna, kao što su istezanje, kalandrovanje, eksplozija vodene pare (STEX), termomehaničke i ultrazvučne tretmane; i tretmane za modifikovanje površine celuloznih vlakana i materijala, poput korone, dielektričnog barijernog i plazma pražnjenja, a odnedavno lasera i UV zračenja.

STEX tretman razdvaja lignocelulozna vlakna na glavne komponente: celulozna vlakna, lignin i hemiceluloze, bez dezintegracije elementarnih vlakana. Kombinacija hemijskih i fizičkih tretmana, npr. impregnacija lignoceluloznih vlakana sa NaOH (0,1-0,5%) pre STEX tretmana, olakšava njihovu dezintegraciju na elementarna vlakna. Različiti termomehanički procesi razdvajaju snopove vlakana na elementarna vlakna, slično STEX tretmanu, dajući čista vlakna povećane hrapavosti površine, stepena kristalnosti i jačine. Tretiranje lignoceluloznih vlakana ultrazvukom može, takođe, izazvati morfološke i strukturne promene vlakna (npr. povećanje poroznosti ćelijskog zida i sadržaja karbonilnih grupa, promene sorpcionih i mehaničkih svojstava). Različiti plazma tretmani, na niskom i atmosferskom pritisku, zaslužuju posebnu pažnju kako zbog različitih efekata koji se mogu postići na površini tretiranih materijala (nagrizanje, čišćenje, aktivacija/povećanje površinske energije, funkcionalizacija/uvođenje novih funkcionalnih grupa, naslojavanje/depozicija tankih filmova) tako i ekološke prihvatljivosti samih postupaka [8,9].

Hemijski tretmani i dalje imaju dominantnu ulogu u oblasti funkcionalizacije celuloze i dobijanja novih polimera poboljšanih svojstava i mogućnosti primene, posebno onih sa, na molekulskom nivou, definisanim karakteristikama tzv. "biopolimera budućnosti". Hemijski tretmani se mogu primeniti na lignocelulozne materijale u cilju selektivnog uklanjanja neceluloznih komponenti, ali i uvođenja novih funkcionalnih grupa s obzirom da su hidroksilne grupe prisutne u celulozi, ligninu i hemicelulozi, podložne hemijskim reakcijama tipičnim za primarne i sekundarne alkohole (esterifikacija i eterifikacija, oksidacija, kuplovanje i sl.). Modifikovani celulozni materijali mogu biti korišćeni kao takvi zbog svojih specijalnih svojstava (npr. povećana hidrofilnost, hidrofobnost) ili dalje modifikovani korišćenjem uvedenih novih funkcionalnih grupa [3,6,9,10].

Najvažniji derivati celuloze sa aspekta primene su estri i etri. Esterifikacija, naročito acetilovanje, koje je izvorno korišćeno za tretman drveta u cilju poboljšanja dimenzione stabilnosti i zaštite od vlage i degradacije pod dejstvom atmosferilija, je rasprostranjena metoda za smanjenje hidrofilnog karaktera različitih lignoceluloznih vlakana (lan, konoplja, juta, sisal, i dr.) i njihovu primenu u oblasti kompozitnih materijala [3,4,9]. Eterifikacija celuloze metilovanjem, karboksimetilovanjem, cijanoetilovanjem, hidroksipropilovanjem, sililovanjem, pojedinačno ili u kombinaciji, je jedan od najvažnijih načina funkcionalizacije celuloze [3]. Oksidacija i tretman alkalijama su najčešće korišćeni hemijski tretmani za uklanjanje neceluloznih komponenti i poboljšanje kvaliteta biljnih vlakana [1,6]. U zavisnosti od korišćenog oksidacionog sredstva, koje može biti selektivno ili neselektivno, hidroksilne grupe se oksidišu do karbonilnih (aldehiden i keto) grupa, odnosno karboksilnih, uz simultano uklanjanje neceluloznih komponenti [1,10].

Alternativu fizičkim i hemijskim tretmanima predstavlja upotreba bioloških sredstava, kao što su gljivice i enzimi, koja se mogu koristiti za selektivno uklanjanje hidrofilnog pektinskog i hemiceluloznog materijala, uz značajno nižu potrošnju energije i recikliranje enzima nakon svake upotrebe [9].

3. NANOCELULOZA

Povećana potražnja za materijalima visokih performansi sa prilagodljivim mehaničkim i fizičkim svojstvima čini nanocelulozu najatraktivnijim obnovljivim materijalom za napredne primene. Celuloza je proizvod biosinteze biljaka, životinja ili bakterija, dok se opšti pojam "nanoceluloza" odnosi na izolovane ili obrađene celulozne materijale koji su definisani nano dimenzijama strukturnih elemenata [11].

Nanoceluloza poslednjih godina privlači veliku pažnju zbog svoje biodegradabilnosti, velike specifične površine, visoke kristalnosti, velike jačine i mogućnosti da formira filmove. Predstavlja veoma reproduktivan i ekološki prihvatljiv nanomaterijal koji može biti upotrebljen kao nano-punilac, za dobijanje tankih prevlaka i filmova koji se dalje mogu primeniti za proizvodnju mnogih uobičajenih i inovativnih proizvoda [12-16].

Na osnovu dimenzija, funkcija i metoda dobijanja, nanoceluloza se može razvrstati u tri kategorije:

- mikrofibrilisana celuloza - MFC (prečnik 5-60 nm, dužina nekoliko μm),

- nanokristalna celuloza - NCC (prečnik 5-70 nm, dužina 100-250 nm za biljnu celulozu do nekoliko μm za celulozu koja potiče od plaštaša, algi i bakterija) i
- bakterijska nanoceluloza - BNC (prečnik 20-100 nm, različiti tipovi mreže nanovlakana) [14].

Zbog različitih termina koji se upotrebljavaju za opisivanje celuloznih materijala nekoliko tehničkih komiteta i organizacija (ISO TC 6 i TC 229; TAPPI i CSA Z5100-14) je pokrenulo standardizaciju različitih tipova nanoceluloze [17].

Postoje brojni postupci proizvodnje nanoceluloze gde se korišćeni tretmani generalno mogu podeliti na mehaničke i hemijske, od kojih se prvi koriste za dobijanje MFC, a drugi za dobijanje NFC [12].

3.1 Proizvodnja mikrofibrilisane celuloze

Siro i Plackett [18] su postupke za proizvodnju MFC generalno podelili na čisto mehaničke i postupke sa pred/post-tretmanima.

Rafinacija, homogenizacija (uz upotrebu homogenizatora i mikrofluidizera) i mlevenje su najčešće tehnike koje se koriste za mehaničku proizvodnju MFC. Ove tehnike su najefikasnije za razdvajanje ćelijskog zida vlakna i izolaciju MFC. Stoga, one se danas koriste za industrijsku proizvodnju MFC [16].

Proces rafinacije, uobičajen u industriji papira, poznat je po bubrenju i razdvajanju ćelijskih zidova vlakna u vodenom medijumu, uz povećanje specifične površine i zapremine vlakna čime se povećava dostupnost mikrofibrila za dalje biološke ili hemijske tretmane zbog čega se ovaj tretman obično koristi kao predtretman u proizvodnji MFC [17].

Homogenizacija pod visokim pritiskom u homogenizatorima i mikrofluidizerima se koristi za mehaničku dezintegraciju celuloznih vlakana do MFC. Već dugo vremena glavna prepreka za komercijalni uspeh procesa homogenizacije je velika potrošnja energije koja može da dostigne 70 MWh/t. Međutim, sa razvojem metoda predtretmana (npr. enzimskih ili oksidacionih) ova vrednost je drastično smanjena na oko 2 MWh/t. Još jedan nedostatak homogenizacije (uglavnom sa mikrofluidizerima) se ogleda u začepljenju sistema pri korišćenju dugačkih vlakana, što ostaje glavni izazov za poboljšanje tog procesa [16,19].

Postupak mlevenja se sastoji u degradaciji strukture ćelijskog zida usled smicanih sila generisanih od strane brusnog kamena. Pulpa prolazi između statičkog i rotirajućeg kamena sa brzinom obrtaja oko 1500 o/min. Nanovlakana koja izgrađuju ćelijski zid višeslojne strukture se tako individualizuju iz pulpe. Za razliku od procesa homogenizacije, mlevenje zahteva manje prolaza za dobijanje MFC. Međutim, ovaj proces može da degradira vlakna iz pulpe i smanji njihovu dužinu, što kasnije može da utiče na fizička svojstva MFC [17].

Blendiranjem celulozne suspenzije primenom blendera velike brzine moguće je proizvesti MFC sličnog prinosa u odnosu na suspenziju dobijenu uz upotrebu homogenizatora. Blendiranjem se može postići isti stepen fibrilacije uz manje oštećenje MFC u poređenju sa mlevenjem. Kriogeno drobljenje je metoda koja se retko koristi, a zasniva se na drobljenju, jakim smicajnim silama, pulpe zamrznute tečnim azotom. Formirani kristali leda unutar ćelija tokom mehaničke prerade olakšavaju cepanje ćelijskih zidova i izdvajanje ćelijskih fragmenata [12,16]. Ultrazvučna dezintegracija se sastoji u izlaganju tečnosti ultrazvučnim talasima tj. naizmeničnoj smeni talasa niskog i visokog pritiska što dovodi do stvaranja i raspada kavitacionih mehurića uz stvaranje jakih hidrodinamičkih sila smicanja koje razdvajaju ćelijski zid vlakna [18].

Upotrebom samo mehaničkih tretmana se proizvodi materijal koji je nehomogen i koji može da sadrži veliki udeo slabo fibrilisanih frakcija, dok proizvodnja fibrila homogenih dimenzija može da zahteva velike troškove, uključujući troškove koji se odnose na predtretman i veliku potrošnju energije koja potiče od mehaničkih tretmana. Radi smanjenja potrošnje energije, a dodatno i radi poboljšanja kvaliteta, MFC se danas najčešće dobija kombinovanjem mehaničkih i hemijskih tretmana (karboksilacija posredstvom TEMPO oksidacije, karboksimetilovanje, acetilovanje, kvaternizacija, enzimaska hidroliza, i sl.) [16].

Od različitih postupaka koji se koriste za dobijanje nanoceluloze, postupak koji se zasniva na kombinovanju selektivne oksidacije nitroksil radikalima i ultrazvučne dezintegracije spada u postupke koji najviše obećavaju. Oksidacija nitroksil radikalima je veoma efikasna metoda za uvođenje funkcionalnih grupa u polisaharide velike molekulske mase. Iz serije nitroksil radikala najveću primenu ima 2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oksil, poznat kao TEMPO radikal. Za oksidaciju koja je katalizovana TEMPO radikalom uobičajen je naziv TEMPO-oksidacija. U toku TEMPO-oksidacije primarne hidrosilne grupe na C-6 atomu glukopiranoznog prstena celuloze konvertuju se u karboksilne grupe preko aldehidnih intermedijera. TEMPO oksidacijom prirodnih celuloznih vlakana i sukcesivnim mehaničkim i/ili ultrazvučnim tretmanima dobija se nanofibrilisana celuloza sa povećanim sadržajem karboksilnih grupa tzv. TEMPO oksidisani celulozni nanofibrili (TOCN). Veliki sadržaj funkcionalnih grupa i veoma razvijena

površina čine TOCN veoma pogodnim supstratom za dalju funkcionalizaciju u cilju unapređenja postojećih ili davanja potpuno novih svojstava [20].

3.2 Svojstva i karakterizacija MFC

Morfologija MFC je jedan od najvažnijih parametara za kontrolu tokom proizvodnog procesa i veoma zavisi od izvora celuloze i proizvodnog procesa. Upotrebljeni mehanički tretmani i predtretmani imaju određeni uticaj na morfologiju MFC, ali je na osnovu dostupne literature i dalje teško precizno uporediti njihov uticaj na dimenzije MFC jer su korišćeni različiti izvori celuloze koji se odlikuju različitim kvalitetom, dužinom, uglom mikrofibrila, sadržajem zaostalog lignina i hemiceluloza i još nekim dodatnim karakteristikama ukoliko potiču od lignoceluloznog otpada [12].

MFC sama po sebi nije nužno nanomaterijal, ali sadrži nanostrukture, tj. nanofibrile. Da bi se MFC definisao kao nanostruktura, potrebno je imati uvid u udeo fibrilisanih vlakana, udeo nanofibrila i morfologiju nanofibrila u MFC materijalu. Ukoliko se određena MFC sastoji od odgovarajućeg udela individualiziranih nanofibrila, MFC će imati pozitivan uticaj na reološka, optička, mehanička i barijerna svojstva materijala u čiji sastav ulazi [14]. Step en kristalnosti, step en polimerizovanja i jačina MFC su svojstva koja su posebno važna za razvoj nanokompozita dobrih mehaničkih svojstava [12].

Ukoliko su vršeni pred- ili post-tretmani, posebno je važno da se okarakteriše hemija površine MFC. S obzirom na raznovrsnost mogućih pred- i post-tretmana i hemija površine MFC može biti veoma različita. U slučaju TOCN, sadržaj karboksilnih i aldehidnih grupa ima veliki uticaj na njena svojstva. Uprkos niskoj koncentraciji funkcionalnih grupa nastalih oksidacijom, ranga $\mu\text{mol/g}$, one su jedan od najvažnijih faktora koji određuje makroskopska svojstva i hemijsko ponašanje celuloznih materijala [20].

Kao i kada je svaki novi nanomaterijal u pitanju, neophodno je baviti se njegovom toksičnošću i uticajem na životnu sredinu. Izvor celuloze, predtretman i mehanički tretman su nezaobilazni aspekti pri razmatranju toksičnosti MFC jer, kako je ranije objašnjeno, njena svojstva i karakteristike zavise od navedenog [12-15].

3.3 Primena MFC

MFC se izvorno proizvodi u obliku disperzija, čijom daljom preradom, a u zavisnosti od namene, mogu da se formiraju i druge strukture: nanokompoziti, prevlake (ili višeslojni filmovi), 100% MFC filmovi [11-16,18].

Nanokompoziti su definisani kao kompoziti čiji punioci imaju najmanje jednu dimenziju u nanometarskom opsegu. MFC se koristi kao punilac u nanokompozitima zbog svojih mehaničkih svojstava i pružanja ojačanja kompozitima, kao i sposobnosti da formira visokotransparentne i fleksibilne filmove sa barijernim svojstvima koja se mogu varirati u širokom opsegu [12].

Sušenjem MFC disperzija mogu se dobiti MFC filmovi čija svojstva variraju u zavisnosti od vrste upotrebljene MFC i korišćenog postupka za njegovo formiranje. Nakon uklanjanja vode iz MFC disperzije (npr. sušenje vazduhom, filtracija pod pritiskom, termopresovanje ili sprej tehnika) formira se mreža nanovlakana povezanih interfibrilarnim vodoničnim vezama [17]. MFC filmovi se odlikuju niskim temperaturnim koeficijentom ekspanzije (12,0-28,5 ppm/K), dobrim barijernim svojstvima i velikom transparentnošću (80-90%) u vidljivom spektru talasnih dužina usled malih dimenzije nanovlakana i njihovog gustog pakovanja, što značajno smanjuju rasipanje svetlosti. Takođe, modul elastičnosti MFC filmove može dostići vrednost od 20 GPa, a jačina 240 MPa [18].

Prve primene MFC disperzija su bile u formi filmova i nanokompozita, a tek u skorije vreme je objavljeno nekoliko naučnih studija o kombinovanju MFC i papira pri čemu je ustanovljeno da MFC kao prevlaka u takvoj strukturi može značajno da poboljša mehanička i barijerna svojstva papira što je izazvalo interesovanje za primenu takve strukture u pakovanju hrane i štampanju [11,12,14,20].

4. UMEŠTO ZAKLJUČKA

Celuloza predstavlja jedinstveni bioobnovljivi materijal čijim se modifikovanjem mogu dobiti novi materijali značajno poboljšanih svojstava i/ili nove funkcionalnosti, koji se mogu koristiti kao ojačavajuća komponenta u kompozitima, za izradu hidro- i aero gelova, različitih sorbenata, filmova sa barijernim svojstvima, u proizvodnji papira i mikroelektronike, kao i različitih biomaterijala za primenu u medicini i kozmetici. Očekuje se da će u 21.veku nanomaterijali na bazi celuloze (nanokristalna i mikrofibrilisana celuloza) imati vodeću ulogu u razvoju naprednih materijala visokih performansi.

Zahvalnica

Ovaj rad je jedan od rezultata projekta ON172029 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije.

Literatura

- [1] Kostic, M., Vukcevic, M., Pejic, B., Kalijadis, A., 2014. Hemp Fibers: Old Fibers - New Applications, pp 399-446, in *Textiles: History, Properties and Performance and Applications*, ed. Md. Ibrahim M. Mondal, Nova Science Publishers, Inc. New York.,
- [2] Fernando, L., Duarte, M. P., Vatsanidou, A., Alexopoulou, E., 2015. Environmental aspects of fiber crops cultivation and use. *Industrial Crops and Products*, 68, 105–115.
- [3] Varshney, V.K., Naithani, S., 2011. Chemical Functionalization of Cellulose Derived from Nonconventional Sources, in: S. Kalia et al. (eds.), *Cellulose Fibers: Bio- and Nano-Polymer Composites*, Springer, Berlin Heidelberg, 43-40.
- [4] Müssig, J., (Ed.) 2010. *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications*. Wiley, Chichester
- [5] FAO, 2012. (Food and Agriculture Organization of the United Nations), *Unlocking the commercial potential of Natural Fibres*.
- [6] Figueiredo, J.A., Ismael, M.I., Anjo, C.M.S., Duarte, A.P., 2010. Cellulose and derivatives from wood and fibers as renewable sources of raw-materials. *Topics in Current Chemistry*, 294, 117-128.
- [7] Stokke, D.D., Wu, Q., Han, G., (Eds.) 2014. *Introduction to wood and natural fiber composites*, Wiley, Chichester
- [8] Belgacem, M.N., Gandini, A., 2005. The surface modification of cellulose fibres for use as reinforcing elements in composite materials. *Composite Interfaces*, 12, 41-75.
- [9] Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H.-P., Sain, M., 2014. Progress report on natural fiber reinforced composites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299, 9-26.
- [10] Kostić, M., Škundrić, P., Praskalo, J., Pejić, B., Medović, A., 2007. New functionalities in cellulosic fibers developed by chemical modification. *Hemijska industrija*, 61, 233-237.
- [11] Abitbol, T., Rivkin, A., Cao, Y., Nevo, Y., Abraham, E., Ben-Shalom, T., Lapidot, S., Shoseyov, O., 2016. Nanocellulose, a tiny fiber with huge application. *Current Opinion in Biotechnology*, 39, 76–88.
- [12] Lavoine, N., Desloges, I., Dufresne, A., Bras, J., 2012. Microfibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review. *Carbohydrate Polymers*, 90, 735– 764.
- [13] Khalil, A.H., Bhat, A., Ireana Yusra, A., 2012. Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review. *Carbohydrate Polymers*, 87, 963– 979.
- [14] Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Gray, D., Dorris, A., Lindstrom, T., Aknerfors, M., 2012. Nanocelluloses: A new family of nature-based materials. *Angewandte Chemie - International Edition*, 50, 5438-5466.
- [15] Habibi, Y., Lucia, A., Rojas, J., 2010. Cellulose nanocrystals: Chemistry, selfassembly, and applications. *Chemical Reviews*, 110, 3479–3500.
- [16] Dufresne, A., 2012. *Nanocellulose: from nature to high performance tailored materials*, De Gruyter, Berlin
- [17] Nechyporchuk, O., Belgacem, M., Bras, J., 2016. Production of cellulose nanofibrils: A review of recent advances. *Industrial Crops and Products*, 93, 2-25.
- [18] Siró, I., Plackett, D., 2010. Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: A review. *Cellulose*, 17, 459–494.
- [19] Spence, L., Venditti, A., Rojas, J., Habibi, Y., Pawlak, J., 2011. A comparative study of energy consumption and physical properties of microfibrillated cellulose produced by different processing methods. *Cellulose*, 18, 1097–1111.
- [20] Isogai, A., Saito, T., Fukuzumi, H., 2011. TEMPO-oxidized cellulose nanofibers. *Nanoscale*, 3, 71–85.

Presenting author:

Prof. dr Mirjana Kostić, dipl.inž.

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Karnegijeva 4

11000 Beograd

Srbija

E-mail: kostic@tmf.bg.ac.rs

BUDUĆA TEHNOLOŠKA UNAPREĐENJA FABRIKE KARTONA UMKA

FUTURE TECHNOLOGY IMPROVEMENTS IN BOARD MILL UMKA

Staniša Lukić, Rade Krsmanović, Saša Dobrić
Umka D.O.O. Fabrika Kartona, Beograd, Srbija

Izvod

Savremena proizvodnja kartona iziskuje konstantna unapređenja procesa i praćenje tehnoloških trendova kako bi se ostalo u trci sa najvećim proizvođačima u ovoj oblasti. Iz tog razloga Umka d.o.o. Fabrika Kartona 2017. godine započinje novi investicioni ciklus koji će omogućiti optimizaciju troškova proizvodnje, unapređenje kvaliteta gotovog proizvoda uz istovremeno povećanje proizvodnih kapaciteta. U radu su prikazane prve dve investicije koje će biti realizovane u avgustu i septembru ove godine – ugradnja kalendera i deinking postrojenja, uz očekivane benefite i buduće korake vezane za pomenuta ulaganja.

Ključne reči: karton, investicije, kalender, deinking sistem

Abstract

Modern cardboard production requires constant process improvements and implementation of new technologies in order keep up with the latest trends of the largest manufacturers. Therefore, in current year, Umka Cardboard Mill, starts new investment cycle that leads to production cost optimization and improvement of the quality of final product, along with increase of production capacities. This paper elaborates the first two planned investments that will be realized in August and September – installation of calender and deinking plant, while highlighting expected benefits and future investment steps.

Key words: cardboard, investment, calender, deinking system

1. UVOD

Umka d.o.o. Fabrika Kartona bavi se proizvodnjom hromo kartona tri različita kvaliteta – UMKA COLOR (GD2¹), UMKA PAK (GD3) i UMKA SPECIAL (GT2) u gramaturama između 230 g/m² i 500 g/m² u zavisnosti od želje kupaca. Kao ulazna sirovina pri proizvodnji koristi se reciklirani papir različitih klasa koje određuju njegovu strukturu i kvalitet. Proizvedeni karton svoju široku primenu nalazi u izradi ambalažnih kutija za potrebe konditorske, prehrambene, farmaceutske, duvanske, elektro, mašinske i drugih industrija na domaćem i preko trideset inostranih tržišta.

Sa ciljem postizanja što boljih rezultata, održavanja optimalnog kvaliteta uz povećanje kapaciteta i optimizaciju troškova i parametara proizvodnje poslednjih godina uložena su značajna sredstva za realizaciju projekata kupovine novih uređaja i opreme. Neka od najznačajnijih su nabavka nove sušne haube, instaliranje automatske linije za pakovanje gotovog proizvoda, kupovina poprečnog rezača itd. Zahvaljujući ovim, ali i prethodnim ulaganjima (Shoe presa, prese na pripremi mase, proširenje partije formera, novi Navijalni aparat i Uzdužni rezač itd.) kapacitet proizvodnje poslednjih godina povećan je za 50% i prethodne godine je iznosio 106.000 t. U tekućoj 2017. godini Fabrika Kartona Umka ulazi u novi investicioni ciklus zahvaljujući kome se očekuje dodatno povećanje kvaliteta i kapaciteta uz istovremenu optimizaciju i umanjeње troškova proizvodnje. Prve dve investicije koje zahtevaju višemilionska ulaganja, ali koje će doprineti ostvarenju pomenutih ciljeva očekuju nas u mesecima koji slede, a tiču se ugradnje novog Kalendera na karton mašini i Deinking postrojenja u sektoru pripreme mase.

2. PROJEKAT UGRADNJE KALANDERA

Prvi veliki projekat koji će biti u potpunosti realizovan početkom avgusta 2017. godine je ugradnja novog uređaja u delu proizvodnje karton mašine tzv. kalendera. Proces kalandriranja podrazumeva modifikaciju površinskih karakteristika kartona bitnih za njegovo dalje korišćenje pri štampanju. Parametri koji su u tom smislu veoma važni odnose se na glatkoću i sjaj kartona, dok kalender veliki uticaj ima i na gustinu tj. debljinu kartonske trake.

¹ Internacionalna oznaka

Rezultati koji su dobijeni analizama rađenim tokom 2016. godine na našem kartonu u renomiranim evropskim kompanijama ANDRITZ i VOITH su bili takvi da su u potpunosti opravdali ulaganja u ovakav tip uređaja. Sistem koji se trenutno koristi pri proizvodnji sa glet (Yankee) cilindrom, nemačkom presom i starim kalanderom (slika 1) daje dobre rezultate u pogledu parametra glatkoće gornjeg sloja do određenog kapaciteta karton mašine. Kako ovaj parametar ne bi bio ograničavajući faktor za dalje povećanje kapaciteta, a u skladu sa dobijenim probnim rezultatima odlučeno je da se uđe u pregovore o kupovini novog kalandera. U skladu sa potrebama proizvodnje doneta je odluka da se nabavi tzv. **TurboCal Hard** kalander nemačke kompanije Bellmer GapCon. TurboCal se sastoji iz dva čelična valjka (slika 2) između kojih prolazi kartonska traka. Pritisak u nipu između valjaka je promenljiv i može da varira u opsegu 10 – 120 kN/m. Gornji valjak koji je u kontaktu sa gornjim slojem kartona se greje termalnim uljem do maksimalne radne temperature od 230°C [1]. Ova činjenica, uz dodatni uređaj za ovlaživanje gornjeg sloja koji će biti instaliran na kraju sušne partije, doprineće boljem efektu glačanja kartona.



Slika 1: Izgled starog kalandera



Slika 2: Budući izgled novog kalandera



Slika 3: Šematski prikaz kalandera, uređaja za sprovođenje kartonske trake i ovlaživača

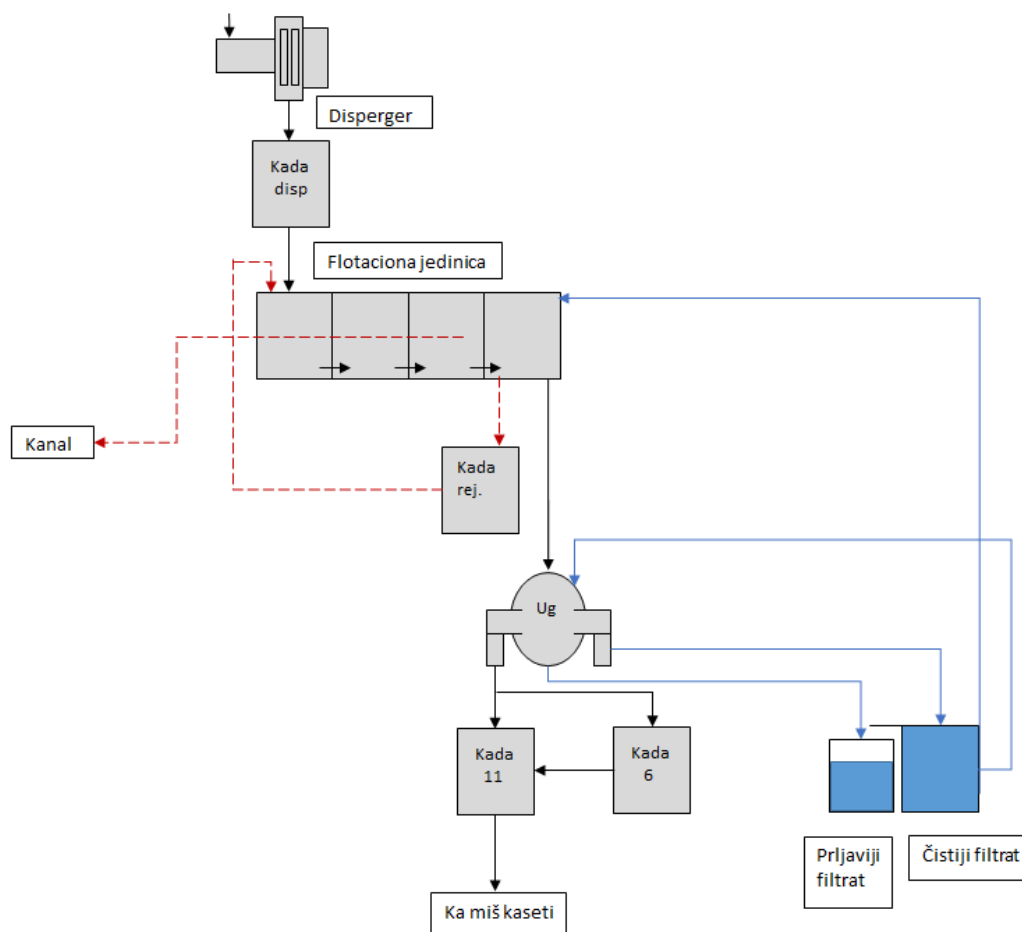
Pored kalandera i ovlaživača u skopu istog projekta biće instaliran i uređaj za automatsko sprovođenje trake između sušne partije i kalandera (slika 3). Veoma bitna karakteristika novog kalandera je ta da konstrukcijski omogućava potencijalnu nadogradnju tzv. belta koji dodatno povećava efikasnost procesa. Nakon puštanja u rad plan je da se u prvom periodu proizvodnja vrši sa trenutnim parametrima na glet cilindru i nemačkoj presi. Ukoliko kalander postigne očekivane rezultate, nemačka presa bi mogla biti izuzeta iz rada, što bi otvorilo mogućnost uklanjanja glet cilindra, proširenja sušne partije, uz ugradnju belta na kalanderu,

čime bi se ostvarilo povećanje kapaciteta u godinama koje slede. Potencijalno povećanje kapaciteta koje se očekuje samo zahvaljujući investiciji u 2017. godini iznosi 10 – 15%.

3. PROJEKAT UGRADNJE DEINKING POSTROJENJA

Druga polovina 20. i početak 21. veka sa aspekta proizvodnje kartona kod mnogih evropskih i svetskih proizvođača obeležilo je prilagođavanje uređaja procesu proizvodnje sa primarnih celuloznih na sekundarna reciklirana vlakna. Ovaj trend je izazvao nagli porast potražnje starog papira što direktno za posledicu ima rast cena sirovine. Paradoks je to što je s početka ovakvog načina proizvodnje stara hartija nabavljana praktično bez naknade jer je to bio način oslobađanja od generisanog otpada. Samo nekoliko godina kasnije porast potražnje izazvao je problem nabavke neophodnih količina, bez obzira na prilično visoku cenu.

Hromo karton koji se proizvodi u Fabrici Kartona Umka sastoji se iz četiri sloja – donji, srednji, zaštitni i gornji koji su pojedinačno sačinjeni od različitih ulaznih sirovina. Kako je gornji sloj štamparski on mora da zadovolji neophodne parametre kvaliteta od kojih je jedan od osnovnih belina kartona. Da bi bio u propisanom standardu sirovina od koje se proizvodi gornji sloj papira je najčistija u čitavom procesu, a čini je celulozni beli papir. Zbog svojih karakteristika ova sirovina je najskuplja, dok je istovremeno na tržištu veoma teško do nje doći. Zbog svega navedenog razvijen je tzv. deinking sistem koji, kako i sam naziv govori, podrazumeva uklanjanje štamparske boje tj. hidrofobnih suspendovanih čestica iz papirnih vlakana. Sam proces se odvija u flotacionim jedinicama spregom fizičko-hemijskih postupaka. Zahvaljujući deinkingu jeftinije klase starog papira se izbeljuju i dobijaju pogodan oblik za proizvodnju gornjeg sloja kartona.



Slika 4: Blok šema deinking postrojenja

Kako je prikazano na slici 4. nakon dispergovanja masa određene konzistencije se dovodi na flotacione jedinice gde se meša sa vazduhom što dovodi do formiranja mehurova koji putuju ka površini mase noseći nečistoće. Na površini dolazi do formiranja pene koja se kontinualno preko preliva odvodi iz sistema. Stvaranje pene je posledica dodavanja sapuna (na bazi natrijuma ili kalijuma) u sistem radi povećanja hidrofobnosti čestica štamparske boje što poboljšava efekat flotacije [2]. Pored nabavke flotacionih jedinica

investicija obuhvata i ugradnju novog ugušćivača čija je uloga da prečišćenu masu ugusti do zahtevane konzistencije nakon čega je spremna za korišćenje na karton mašini. Dobijena masa treba da ispuni neophodne zahteve kvaliteta koji se pre svega tiču beline gornjeg sloja.

Pripremni radovi za ovaj projekat su u toku. U septembru mesecu 2017. godine biće kompletno instalirana i puštena u rad tzv. **InjectaCell Compact** (slika 5) deinking flotaciona jedinica sa četiri ćelije proizvođača VOITH kapaciteta 120 t/dan [3].



Slika 5: Izgled InjectaCell Compact flotacione jedinice

Trenutna potrošnja celulozne bele sirovine za gornji sloj iznosi cca 2.000 t na mesečnom nivou. Plan je da se nakon puštanja postrojenja u rad 30% supstituiše deinking sirovinom koja će biti u vidu ilustrovanih celuloznih časopisa. Cena ove sirovine je značajno niža što će doneti osetne uštede. Ukoliko po pitanju kvaliteta gornjeg sloja sve bude u redu pokušać se sa povećanjem udela deinking sirovine. Na ovaj način se pored optimizacije troškova osigurava izvor neophodne količine sirovine pri procesu proizvodnje.

4. ZAKLJUČAK

Tokom 2017. godine Fabriku Kartona Umka očekuju dve velike investicije čija je vrednost višemilionska. Ugradnja novog kalandera doprineće poboljšanju površinskih karakteristika gornjeg, štampanog, sloja što ubuduće neće biti ograničavajući faktor za povećanje kapaciteta. U 2018. očekivani kapacitet zahvaljujući ovoj investiciji biće 115.000 t/god, uz dodatni rast narednih godina. Sa druge strane očekivani benefiti projekta ugradnje deinking postrojenja su supstituisanje najskuplje ulazne sirovine – celuloznih belih papira značajno jeftinijom sirovinom – ilustrovanim celuloznim magazinima što će pojeftiniti proces proizvodnje gornjeg sloja i osigurati neophodne količine za njegovu proizvodnju. Pored ova dva najveća ulaganja očekuje nas i niz manjih projekata (ugradnja novih visokopritisnih špriceva za pranje filčeva, ugradnja novih regulatora hoda filčeva i sita, već završena kupovina novih transportnih sredstava u proizvodnji itd.) što će dodatno doprineti sveukupnoj optimizaciji procesa proizvodnje.

LITERATURA

- [1] *** Tehnička dokumentacija proizvođača Bellmer GapCon <http://www.gapcon.com/>
- [2] Maja S. Trumić, Milan Antonijević, Milan Ž. Trumić, Grozdanka Bogdanović - Reciklaža štampanog papira primenom procesa pripreme mineralnih sirovina, Reciklaža i održivi razvoj 9 (2016), str. 47-57
- [3] *** Tehnička dokumentacija proizvođača Voith <http://voith.com/en/index.html>

Corresponding author:

Saša Dobrić M.Sc, inženjer proizvodnje

Umka d.o.o. Fabrika Kartona, 13 Oktobar br. 1, 11260 Umka, Srbija

E-mail: sasa.dobric@umka.rs

ESTIMATION OF ENERGY SAVING POTENTIAL OF UKRAINIAN PULP AND PAPER INDUSTRY

PROCENA MOGUĆNOSTI UŠTEDE ENERGIJE U UKRAJINSKOJ INDUSTRIJI CELULOZE I PAPIRA

Boldyryev S.¹, Ulyev L.², Samoylenko M.², Duic N.³

¹Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb, CROATIA

²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, UKRAINE

³Department of Energy, Power Engineering and Environment, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb, CROATIA

Summary

This paper presents the estimation of energy saving potential of Ukrainian pulp and paper industry and strategy for efficient retrofit. Thermodynamically available and economically viable improvement were investigated by Process Integration approach with representative case study of one typical process. The case study investigated the process of cellulose production with capacity of 250 kg/h. Optimisation of heat recovery of analysed process reduced and hot utility consumption by 68% taking into account the efficiency of utility generation system. Cooling system capacity was decreased by 47%.

Key words: Process Integration, Pulp and Paper, Pinch Analysis, Energy Efficiency

Izvod

U radu je prikazana procena mogućnosti uštede energije u industriji celuloze i papira Ukrajine i strategija za efikasan remont. Termodinamički raspoloživa i ekonomski efikasna unapređenja su istraživana pristupom integracije procesa sa reprezentativnim studijama slučaja jednog tipičnog procesa. Studijom slučaja ispitan je proces proizvodnje celuloze u postrojenju kapaciteta 250 kg/h. Optimizacijom rekuperacije toplote analiziranog procesa smanjena je potrošnja za 68%, uzimajući u obzir efikasnost sistema za generisanje. Kapacitet sistema za hlađenje je smanjen za 47%.

Ključne reči: Integracija procesa, celuloza i papir, "pinč" analiza, energetska efikasnost

1. INTRODUCTION

The production of cardboard and paper in Ukraine is 34,4 kg/year per person that is twice less than average worldwide. For example, in Western European countries and US this index is higher than 200 kg/year. Belgium and Finland have the biggest consumption of paper and cardboard, which is more than 300 kg/year. Pulp and paper industry in Ukraine has about 100 production factories but totally with traders, scientific staff and service organizations, that is around 300 with 30 thousand employees. Ukrainian pulp and paper industry produces mainly containerboard, paper for corrugating, cardboard box, paper for sanitary [1]. Production of different types of white paper is limited and other types of paper are imported, for example, 88% of printing paper and 75% of newsprint paper. Biggest importers of paper and cardboard to Ukraine are Finland and Russian Federation, they import 50% paper and paper goods [2]. The main barriers for development of pulp and paper industry in Ukraine are the low technical level of industry, absence of raw material production, small production of white kinds of paper. The optimal solution for development of Ukrainian pulp and paper industry can be achieved by innovative-investment way which includes the speed-up of modernization and application of energy saving technologies, the improvement of investment climate, development of raw material production and development of production of printing kinds and high quality paper.

Currently, the energy and environmental situation in Ukraine is critical, especially because of the state energy self-sufficiency is about 37% and harmful emissions are 60 million tons per year including 20 emissions to the atmosphere [2]. Ukrainian industry consumes 45-50% of state energy use and are the major sources of pollutants and greenhouse gases. Industrial regions of Ukraine have high level of emissions which is 110 tons/km² per year due to the high concentration of industrial enterprises. Specific energy consumption

in Ukrainian industry is 2-3 times higher than in developed countries, it means high energy saving potential in industry as well as the possibility of reducing the anthropogenic environmental impact.

Industrial systems are very complicated objects with huge amount of process streams and utilities that should be optimized. It is difficult to obtain an optimal solution without a detailed analysis of process streams, its potential, efficient recovery and heat transfer optimisation. One of the most advanced methodology to achieve an optimal energy consumption is Process Integration [3]. This methodology has considerable potential in the different processing industries, as it was demonstrated in many publications by different contributors worldwide [4].

One direction is a mathematical programming which includes linear and nonlinear ones [5]. The task of linear programming is to find the minimum (or maximum) linear function with linear constraints. So, Yang Y. et al. used a linear programming for optimal design of district-scale distributed energy resource systems. The proposed distributed energy resource systems are found to reduce the total annual cost by 14.1 % [6]. However, in the most engineering problems the mathematical models cannot be reduced to a linear programming problem. Most mathematical programming tasks that occur in research and in designing tasks are a problem of a nonlinear programming. However, the design of heat exchangers networks and heat recovery of industrial sites has too many variables, which greatly complicates the use of mathematical programming for this purpose.

Pinch Analysis is an another one direction and it is used in different areas, from specific industrial applications to energy, water and environmental systems. For example, a new graphical method, based on Pinch Analysis, for the grassroots design of heat exchanger networks was presented in [7]. Network design achieved by this technique guarantees maximum heat recovery. The new technique can also be employed to simulate basic designs of heat exchanger networks. In [8] carbon emission Pinch Analysis is considered. Method has been modified for improved application to large transport systems. The modified method is applied to investigate the feasibility of New Zealand reaching a 1990 emission levels for transport by 2050. Grip et al [9] studied an integrated steel plant. This study confirmed that Pinch Analysis is a powerful tool for targeting energy savings in areas where thermal energy flows dominate the local energy system, e.g., the gas cleaning area at the coke plant.

This paper presents the estimation of energy saving potential of Ukrainian pulp and paper industry and strategy for efficient retrofit with use of Pinch Analysis. The retrofit of pulp and paper was designed and new process flow diagram was created taking into account the automation and safety issues. Economic analysis of proposed retrofit project was done to provide the decision making background for potential investors.

2. METHODS

The design of the industrial heat exchangers networks (HEN) with the minimal energy consumption is a difficult technical problem. The development of optimal heat recovery system requires finding the decision from a huge number of possible options. For example, there are 3×10^6 variations of process flowsheet in a problem with five process streams [10]. The important stage of the decision is the formulation of an objective function. Traditional design does not allow estimation of the total costs before the flowsheet is created. Application of mathematical optimisation methods involve substantial computational difficulties due to the necessity for the solution of mixed integer nonlinear programming (MINLP) problems of big dimension. It causes the creation of local methods, which in many cases do not give universal algorithm and reliable strategy to find global optimum.

Linnhoff et al. developed method of Pinch Analysis for synthesis of optimal flowsheets [11] which later updated by other researchers (for most recent guidance see [12]). The methodology is based on thermodynamic analysis of Composite Curves and enables in understandable form to find the solution which is very close to optimum. The analysis of energy saving potential for case study of Ukrainian pulp and paper production by Process Integration (PI) approach was done. The authors previously presented the results of PA application in phosphoric industry [13], chemical [14], coke-to chemicals [15], refinery [16], cement [17], integration of geothermal energy in industry [18] and others [19].

The general procedure of used method in present paper is the next:

- data extraction and data reconciliation;
- process modelling by UniSim Design [20];

- construction of Composite Curves, Grand Composite Curve, Balanced Composite Curves and utility profiles;
- analysis of existing grid diagram and identification of inefficient matches;
- estimation of energy saving potential;
- selection of optimal temperature approach and finding viable solution;
- new HEN synthesis and selection of heat exchangers type;
- process flow diagram of retrofitted pulp and paper unit;
- economic evaluation of proposed retrofit.

All calculations were delivered by AHILES software [21]. Retrofit options include the targeting of heat transfer area and planning of retrofit projects accounting Time Super Targeting. Decision making tool was shown the investment, discounted payback based on HEN parameters such as temperature difference and utility target.

3. CASE STUDY

The case study of the cellulose production with capacity of 250 kg/h was analysed. The production consists of following key stages:

- impregnation of row material by boiling solution;
- cooking of raw materials;
- flushing product;
- regeneration of organic solvent;
- dehydration washed fiber products;
- collection and absorption of vapors and gases;
- preparation of cooking solution with use of reagents.

The process flow diagram of existing cellulose production is presented in Fig.1. Data extraction was done by investigation of process regulation documents, measurements of temperatures and flow rates of main process streams, utility consumption etc. There are six process streams were selected for analysis accounting basic Process Integration principles and technical limitations and restrictions. All streams selected for further analysis are available in Table 1. Thermal-physical properties and composition of investigated process streams and utilities were provided by plant laboratory division.

Table 1. Data of process streams selected for analysis.

No	Name	Type	$TS, ^\circ C$	$TT, ^\circ C$	$G, \text{ kg/h}$	$CP, \text{ kW/}^\circ C$	$\Delta H, \text{ kW}$
1	Solution from C1 to C2	Hot	50	20	310	0,37	11,09
2	Steam from separator AB	Hot	150	150	51		17,55
3.1	Condensation of cooking solution	Hot	170	170	260		119,24
3.2	Condensate cooling	Hot	170	20	260	0,30	45,39
4	Concentrate of cooking solution from B	Hot	83	20	325	0,42	26,46
5	Cooking solution	Cold	45	85	600	0,51	20,40
6	Heating of solution for BK	Cold	150	175	5670	5,2	130

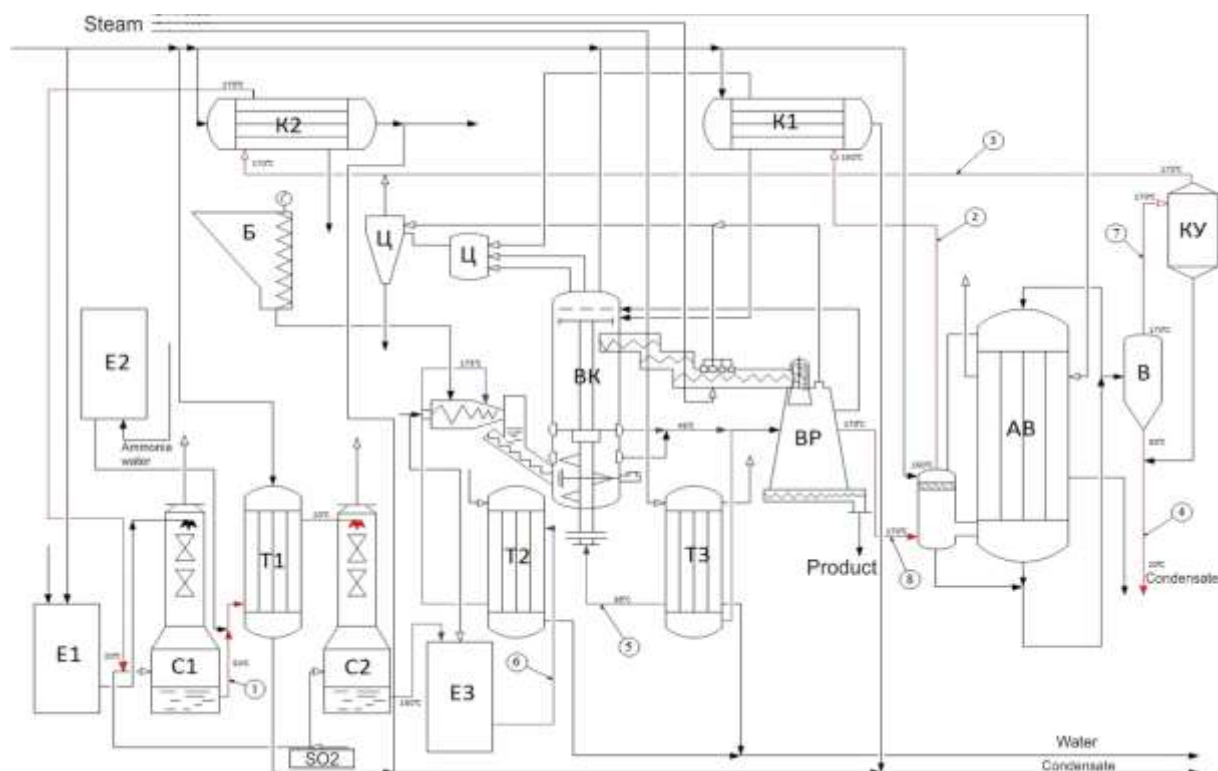


Fig. 1. PFD of existing cellulose production. E1, E3 - tanks; E2 – closed tank; C1, C2 - scrubbers; T1 – heat exchanger (cooler); T2, T3 – heat exchangers (heaters); K1, K2 - condensators; B - bunker; BK – cooking reactor; BP – product tank; AB - evaporator; B - separator; KY – drip trap; U – cyclone.

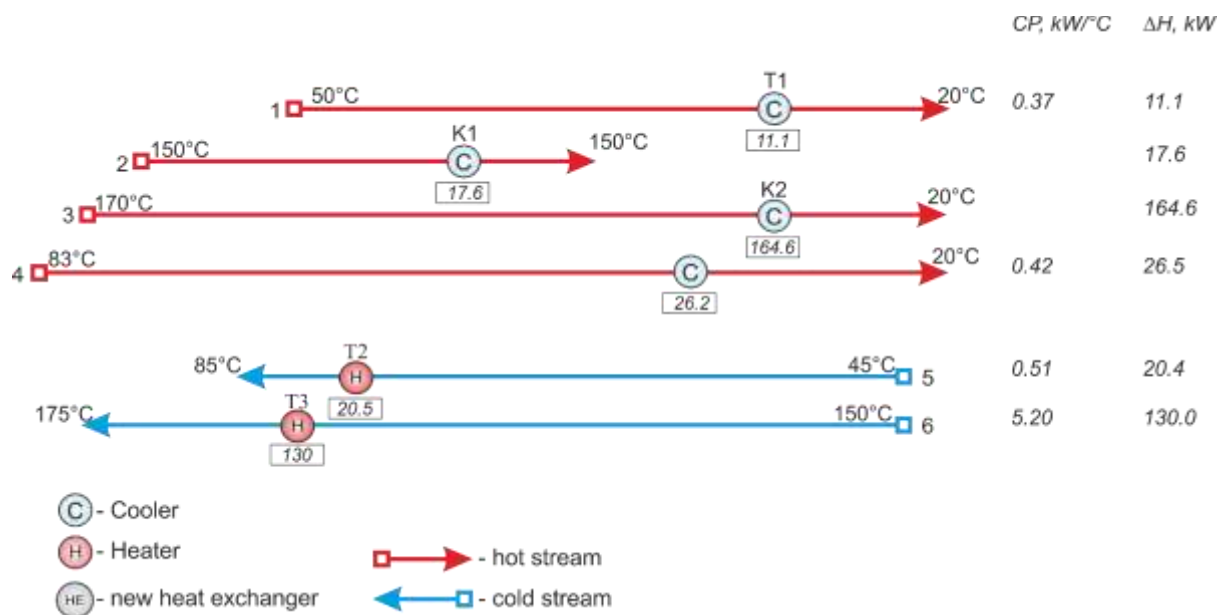


Fig. 2. Grid diagram of existing heat exchangers network.

Grid diagram (Fig. 2) of existing process shows that there is no heat integration inside the factory. It means the use of cold and hot utility without heat recovery is provided. Energy saving potential of cellulose process was estimated by Composite Curves (Fig. 3).

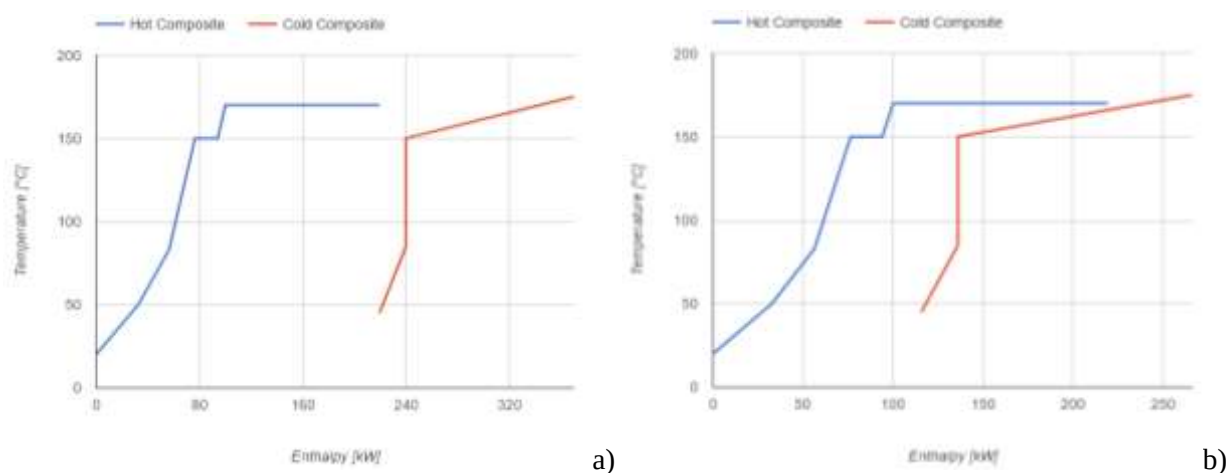


Fig. 3. Composite curves of cellulose production. a – existing process; b – integrated process.

There is an energy recovery gap of 103.6 kW that means potential of 68 % heating and 47 % of cooling capacities. Hot utility (steam) is provided by boiler house with steam generator efficiency 93% and caloric of liquid fuel 41.06 MJ/kg. Basing on Composite Curves analysis the fuel consumption could be decreased by 10 kg/h. Cold utility is provided by cooling tower and the reduction of power consumption is possible at 9.5 kW. The price of power is 0.1 EUR/kWh and price of liquid fuel is 275 EUR/t. Annual saving, accounting current energy prices, is 29 367 Euro. So, the specific energy saving potential of investigated process is 117.43 EUR/kg per year.

Potential application of process retrofit is very important to make the estimated energy saving potential of cellulose production achievable. For grass root design it is required to define minimum approach of heat exchangers network and targets of cold and hot utilities. Utility targets were obtained by Composite Curves.

For optimal heat exchangers network the main economic indicators should be defined. Cost of hot utilities is taken at 358 EUR/kWy, that corresponds to the price of 304 EUR for 1,000 m³ of natural gas and for 8,760 working hours per year. Cost of cold utility is accepted as 10% from cost of hot utility, i.e. 36 EUR/kWy. Specific price of heat transfer area is taken equal to 1,200 EUR/m². Installation and revamp cost of 1 plate heat exchanger is 15,000 EUR. Cost of heat transfer are depended on such factors as stream aggressiveness, impurities, pressure drop and other. Calculations are made for 5-year contract period and return on capital employed of 10%.

Cost curves presented in Fig 4 and the optimal minimum approach is located at 4 °C, such small approach can be satisfied by high effective plate heat exchangers.

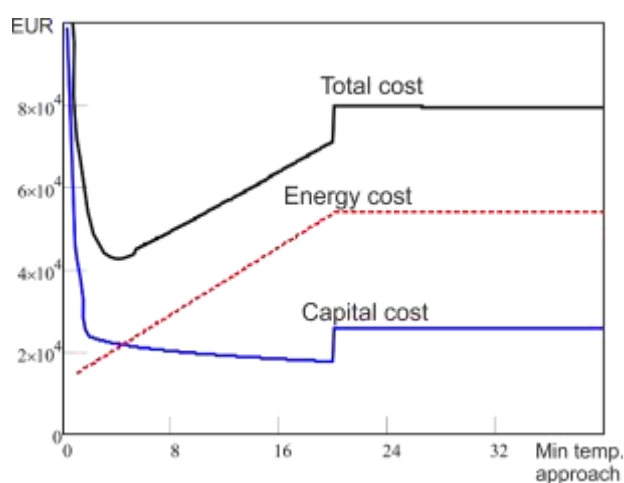


Fig. 4. Cost curves of cellulose production.

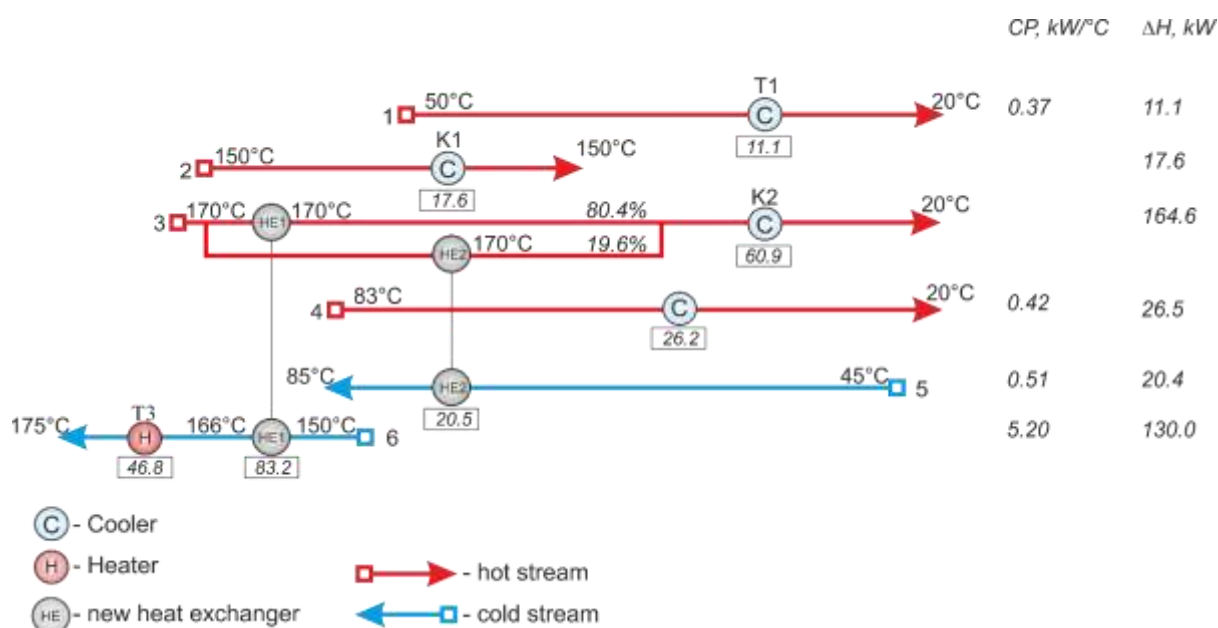


Fig. 5. Grid diagram of retrofitted heat exchangers network.

In Fig. 5 presented retrofitted grid diagram which is corresponded to energy targets and minimum approach 4 °C. There two new heat exchangers are installed with total heat transfer 16 m². The price including installation and revamp of 2 new heat exchangers is 32,604 Euro [22]. Reduced annual investment cost for of retrofit is 130 Euro per 1 kg of produced cellulose. The calculation of discounted economic indicators of proposed retrofit project presented below in Table 2.

Table 2. Economic indicators of retrofit project

NPV	94 035
IRR	137%
DPP	2,0
PI	2,39

4. CONCLUSION

The optimisation of heat recovery of current process reduces the hot utility consumption by 68% taking into account the efficiency of utility generation system. Cooling system capacity was decreased by 47%. The retrofit project of investigated pulp and paper production was designed and 2 new heat exchangers network is calculated. Economic indicators of proposed retrofit were obtained and annual saving of investigated cellulose production was estimated as 117.43 EUR/kg with investment of 130 EUR/kg. IRR of proposed retrofit is 137% that is attractive for investors and NPV is 94 035 Euro accounting 5 years' period. Discounted payback period of investment is 2 years.

The results of this work can be used for creation of development strategy of Ukrainian pulp and paper industry, estimation of investment level and policy makers. The approach could be potentially used for development of other reprocessing industry in Ukraine and other countries.

Acknowledgements

This work was supported by the EC and Croatian Ministry of Science Education and Sports project "CARBEN" (NEWFELPRO Grant Agreement No. 39).

References

- [1] UkrPaper association, <www.ukrpapir.org/news.php>, accessed 21.02.17.
- [2] State statistics service of Ukraine, <www.ukrstat.gov.ua/>, accessed 12.03.17.
- [3] Klemeš J. J., Varbanov P. S., Wan Alwi S. R., Manan Z.A., 2014, Process Integration and Intensification Saving Energy, Water and Resources. De Gruyter.
- [4] Klemes J., Perry S., 2014, Process optimisation to minimise energy use in food processing. In: Waldron K, editor. Handbook of waste management and co-product recovery in food processing, vol. 1. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited; pp 59–89.
- [5] Biegler, L. T., Grossmann, I. E., Westerberg, A. W., 1997, Systematic methods for chemical process design, 796.
- [6] Yang Y., Zhang S., Xiao Y., 2015, An MILP (mixed integer linear programming) model for optimal design of district-scale distributed energy resource systems, Energy, 90, 1901–1915.
- [7] Gadalla M. A., 2015, A novel graphical technique for Pinch Analysis applications: Energy Targets and grassroots design, Energy Conversion and Management, Vol. 96, pp 499–510.
- [8] Walmsley M.R.W., Walmsley T.G., Atkins M.J., Kamp P.J.J., Neale J.R., Chand A. Carbon Emissions Pinch Analysis for emissions reductions in the New Zealand transport sector through to 2050, Energy, doi:10.1016/j.energy.2015.04.069.
- [9] Grip C.E., Isaksson J., Harvey S., Nilsson L., 2013, Application of Pinch Analysis in an Integrated Steel Plant in Northern Sweden, ISIJ International, Vol. 53, Issue 7, pp 1202–1210.
- [10] Klemeš J., Ptáčník R., 1987, Synthesis of heat transfer optimal structure (in Russian), Theoretical Foundations of Chemical Engineering 21(4) 488– 498.
- [11] Linnhoff B., Hindmarsh E., 1983, The pinch design method for heat exchanger networks, Chemical Engineering Science 38(5) 745–763.
- [12] Smith R., 2016, Chemical Process Design and Integration, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 920 ps. ISBN: 978-1-119-99014-7.
- [13] Tovazhnyansky L., Kapustenko P., Ulyev L., Boldyryev S., Arsenyeva O., 2010, Process integration of sodium hypophosphite production. Applied Thermal Engineering, 30 (16), 2306–2314.
- [14] Boldyryev S., Varbanov, P.S., 2015, Low potential heat utilization of bromine plant via integration on process and Total Site levels. Energy. Vol. 90(1) 47–55.
- [15] Leonid M. Ulyev, Petro A. Kapustenko, Mikhail A. Vasilyev, Stanislav A. Boldyryev., 2013, Total Site Integration for Coke Oven Plant. Chemical Engineering Transactions, 35, 235–240.
- [16] L.L. Tovazhnyanskii, P.A. Kapustenko, L.M. Ul'ev, S.A. Boldyrev, O.P. Arsen'eva, M.V. Tarnovskii., 2009, Thermal Process Integration in the AVDU A12/2 Crude Distillation Unit during Winter Operation. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, Vol. 43, No. 6, pp. 906–917.
- [17] Boldyryev S., Mikulčić H., Mohorović Z., Vujanović M., Krajačić G., Duić N., 2016, The improved heat integration of cement production under limited process conditions: A case study for Croatia. Applied Thermal Engineering, Vol. 105, 839–848.
- [18] Barkaoui A., Boldyryev S., Duić N., Krajačić G., Guzović Z., 2016, Appropriate integration of geothermal energy sources by Pinch approach: Case study of Croatia. Applied Energy, Vol. 184, 1343–1349.
- [19] S. A. Boldyryev, A. O. Garev, J. J. Klemeš, L. L. Tovazhnyansky, P. O. Kapustenko, O. Yu. Perevertaylenko and O. P. Arsenyeva, 2013, Heat Integration of Ammonia Refrigeration Cycle into Buildings Heating Systems in Buildings. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, Vol. 47, No. 1, pp. 39–46.
- [20] UniSim Design software, Available from: <Ahpsweb.honeywell.com/Cultures/en-US/Products/ControlApplications/simulation/UniSimDesign/default.htm>.
- [21] AHILES Software, Available from Powerlab, University of Zagreb, Croatia: <powerlab.fsb.hr/sboldyryev/pinch/>, accessed on 14.03.2017.
- [22] Alfa Laval, Available from: <www.alfalaval.com/about-us/our-company/>, accessed on 15.03.2017.

Corresponding author:

Stanislav Boldyryev

Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems

Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

Ivana Lucica 5, 10002, Zagreb, Croatia

e-mail: stas.boldyryev@fsb.hr

PREZENTACIJA FIRME CRON, BEOGRAD, SRBIJA
NAJNOVIJA TEHNOLOŠKA DOSTIGNUĆA INDUSTRIJE CTP UREĐAJA

PRESENTATION OF THE CRON COMPANY, BELGRADE, SERBIA
THE LATEST TECHNOLOGY IMPROVEMENTS IN CTP INDUSTRY

Dejan Đokić, Ivana Dizdarević, Mirko Milosavljević
CRON CTP, Beograd



KONCEPT CTP I UV CTP
TEHNOLOŠKE PREDNOSTI

“USER FRIENDLY” filozofija

Sve opcije i podešavanja su dostupna korisniku.
Potpuna kontrola nad parametrima.



**PRAVO MODULARNO
REŠENJE**

Mogućnost naknadnog dodavanja i izmene
dodatnih uređaja – RIP-ova, autoloadera,
razvijačica, pančeva...

Osvetljavanje ploča svih proizvođača.
Potpuna nezavisnost i sigurnost.

Fleksibilno i pouzdano



SERVIS I ODRŽAVANJE
PREDNOSTI PODRŠKE

Servis i održavanje – BESPLATNI tokom 3 godine garancije

CRON	Ostali
Besplatan servis	Nema
Osnovni i potrošni delovi se dobijaju uz mašinu za samougradnju	Nema

PREDNOSTI NOVOG REŠENJA

- ✓ Ušteda novca i vremena
- ✓ Nezavisnost od servisera

WASTEWATER TREATMENT IN PULP & PAPER INDUSTRY, NEW DEVELOPMENTS

TRETMAN OTPADNIH VODA U INDUSTRIJI CELULOZE I PAPIRA, NOVI RAZVOJ

Alfred Helble¹, Dr. Andreas Rüdiger²

¹AH Consult Dipl.-Ing. Alfred Helble, Stuttgart, GERMANY

²Aquabiotec Engineering, Paris, FRANCE

Izvod

Koncepti za tretman otpadnih voda iz industrije celuloze i papira se stalno razvijaju na osnovu najboljih dostupnih tehnika. Zavisno od vrste proizvodnje i svojstava otpadnih voda, biološki tretmani mogu se sastojati od početnih anaerobnih i aerobnih visoko opterećenih početnih procesa, praćenih nisko opterećenim procesima aktivnog mulja. Aerobni biofilteri se koriste za tercijarni tretman otpadnih voda u jednostepenim ili dvostepenim biofiltracionim postrojenjima za dodatni biološki proces posle primarne obrade. Primenom naprednih oksidacionih procesa u kombinaciji sa ozonskim i biofiltracionim procesima, dostižu se standardi najbolje dostupne tehnike. U ovom radu su prikazana nova poboljšanja i njihova primena u velikim postrojenjima za tretman otpadnih voda.

Ključne reči: Reaktor sa biofilmom na pokretnom nosaču, ekspanzirani reaktor sa granularnim muljnom pokrivanom, membranski bioreaktor, jednostepena i dvostepena biofiltracija, tercijarni biofilter, napredni tretman, ozonizacija, unapređeni proces oksidacije, ponovna upotreba tretiranog efluenta

Summary

Concepts for wastewater treatment of pulp and paper mill effluents have steadily been developed in recent years according to the best available technique (BAT). Depending on the production and wastewater characteristic biological stages consist of an anaerobic or aerobic high loaded first stage followed by a low loaded activated sludge system. Aerobic wastewater biofilters are used as tertiary treatment and in single or two-stage biofiltration plants for the full biological treatment after primary treatment. By applying an advanced oxidation process (AOP) with a combined ozone and biofiltration process, the BAT quality standards are exceeded by far. New developments and large-scale applications are presented in this paper.

Key words: Moving bed biofilm reactor (MBBR), expanded granular sludge blanket reactor (EGSB), membrane bioreactor (MBR), one - two stage biofiltration, tertiary biofilters, advanced treatment, ozonation, advanced oxidation process (AOP), treated effluent reuse

1. INTRODUCTION

Wastewater load and wastewater characteristics for pulp and paper mills strongly depend on the type of process for chemical pulp mills or type of production and paper grades in paper mills.

New wastewater treatment concepts have continuously been developed during the last years considering process combinations according to the type of production and resulting effluent, long time experience, site specific conditions as well as regional legal requirements. Basic design standards must follow these preconditions representing state of the art rules. The European Union has documented the conditions and rules for the respective key industries in the *Best Available Technique (BAT) Reference Documents (BREF)*, for the pulp and paper industry in the reference document for the production of Pulp, Paper and Board [BREF (2015)].

Aerobic high loaded stages as the first biological stage are generally using the suspended carrier biofilm process (also called *moving bed biofilm reactor* MBBR). Anaerobic high loaded stages are using the *expanded granular sludge blanket process* (EGSB). In case of the anaerobic process as first biological stage the energetic use of the biogas is an essential part of the economic considerations. The low energy demand and the low production of biological excess sludge are further economic (and ecologic) advantages of the

anaerobic process. A downstream low loaded activated sludge system is used for the final biological treatment as biological second stage.

The advantages of the *membrane bioreactor* (MBR) process – which as a single stage process has to be compared to aerobic two stage processes – are smaller bioreactor volume (due to higher biomass concentrations) and no secondary clarifier due to the membranes retaining the activated biomass. The MBR therefore needs much less area compared to a standard aerobic system. The treated effluent is virtually free of suspended solids. The MBR is predestined for internal water circuit treatment in papermills (kidney systems) and treated effluent reuse. However, only few MBR systems are in operation for pulp and paper effluents so far.

Aerobic wastewater biofilters are used for secondary treatment in single or two-stage biofiltration plants for the full biological treatment at low to medium BOD concentrations following primary treatment and as tertiary treatment (tertiary biofilters) after the secondary biological treatment (down flow the secondary clarifier in an activated sludge system).

Finally an advanced treatment step has to be added when water quality of the receiving river requires far lower organic concentrations than can be achieved by a wastewater treatment plant designed according to BAT.

By applying an *advanced oxidation process* (AOP) with a combined ozonation and biofiltration process, an effluent quality for discharge exceeding BAT quality standards by far is reached (Emerging technique).

Existing plants shall be checked according to the rules for new processes. A chemical mechanical treatment will be sufficient only very rarely for a limited time. Whenever they do not meet the state of the art requirements, a renovation must be prepared. The instant of the execution then depends on different factors (requests, financing).

In order to adopt the state of the art for existing plants, the best possible variant of process combinations has to be chosen, regarding existing parts, predictable development of the effluent to be treated and of the authorities requirements and above all the local situation.

New developments enabling improved operation with further developed systems and innovative process combinations are presented here.

2. DETERMINATION OF BASIC DESIGN PARAMETERS

For determination of basic design parameters and selection of the most effective and reliable treatment process, a link to the production is indispensable. Wastewater load and wastewater characteristics for pulp and paper mills strongly depend on the type of process for chemical pulp mills (kraft pulp, sulphite pulp, integrated chemical pulp and papermills) or type of production and paper grades produced in paper mills (integrated mechanical pulp and recycling fibre paper mills and non integrated paper mills).

If we focus to the paper production within this short overview, it must be pointed out that the type of production essentially influences the organic load of the resulting wastewater, but also the specific wastewater consumption and thus the concentration of all dissolved substances. An overview of results found for a set of paper products according to a survey made in German papermills effluent after mechanical treatment in the early 1990's (basically being still representative) is published [Möbius, Cordes-Tolle, (1993)], [Möbius (2016)].

Brief information about the recommended wastewater treatment processes according to our current level knowledge related to the type of pulp and paper grades produced and resulting typical BOD concentration levels (and resulting BOD-load as basis for design of the aerobic bio-reactors respectively the COD-concentration and -load for anaerobic reactors) is shown in **Table 1**.

Designing a wastewater treatment plant for a pulp and papermill, as well for a greenfield mill as for an extension to an existing plant, primarily a decision on the treatment system is required. Preparing this, it is necessary to take into consideration a forecast of quantity and quality of the production wastewater to be treated (as consequence of future production capacity and type of production), and the required effluent quality for discharge.

The task often will need a variant study in which at least two systems with a complete dimensioning and cost estimate (CAPEX and OPEX) are examined. If the wastewater to be treated cannot be examined in sufficient extent (because the production plant has to be set up first or the treatment has to be chosen for a

planned change of production), published information and benchmark together with specific experience of experts will help to determine the required data.

Table 1: Recommended effluent treatment concepts depending on the pulp and paper grades

Pulp and Paper production		Recommended biological process
Kaft pulp		Pure oxygen activated sludge cascade system MBBR + activated sludge
Sulphite pulp		Anaerobic for condensates Pure oxygen activated sludge cascade system MBBR + activated sludge system
Woodfree paper	BOD < 80 mg/l	Biofilters
	BOD > 80 mg/l	Two-stage biofilters
	BOD > 200 mg/l	Activated sludge cascade system
Coated paper	BOD 150 - 250 mg/l	Activated sludge cascade system
	BOD > 200 mg/l	MBBR + activated sludge system
Printing paper (mechan. and secondary fibres)	BOD < 1000 mg/l	MBBR + activated sludge system
Packaging paper (secondary fibres)	BOD < 1000 mg/l	MBBR + activated sludge system
	COD > 1500 mg/l	Anaerobic + activated sludge system

The use of statistically evaluated data for dimensioning of waste- water treatment plants is necessary. The load used for dimensioning of bioreactors – BOD for aerobic, COD for anaerobic reactors – always refers to the 24 hr per day filtered samples for load calculation. In order to take into account the statistical fluctuations of loads, and make different plants comparable, the 80th or 85th percentile of the data set is used as dimensioning value (in practice taken as mean value plus standard deviation $mv+s$ of the data set used). In principle, the hydraulic dimensioning of the hydraulic related reactors such as primary and secondary clarifiers has to use the hydraulic peak flow. This is described as a short time value and met sufficiently well by use of the maximum hourly wastewater quantity. Unless daily hydrographs are not available, it is acceptable to calculate $Q_{h,max}$ by multiplying $Q_{d/24}$ with a proper factor, generally 1.6 to 2 before a hydraulic buffer and 1.3 - 1.6 following a hydraulic buffer. The factor itself is dependent of the statistical quality of Q_d , which well may be a mean value of yearly data. However, the design of pumps and pipes need to have the security factor for a reliable and energy efficient operation.

An overview of effluent treatment process processes proven in the pulp and paper industry is given in **Figure 1**, whereby the key position of the biological processes is to be emphasized. This result from the fact that the most economic way to achieve low BOD treated effluent concentrations is by biological methods.

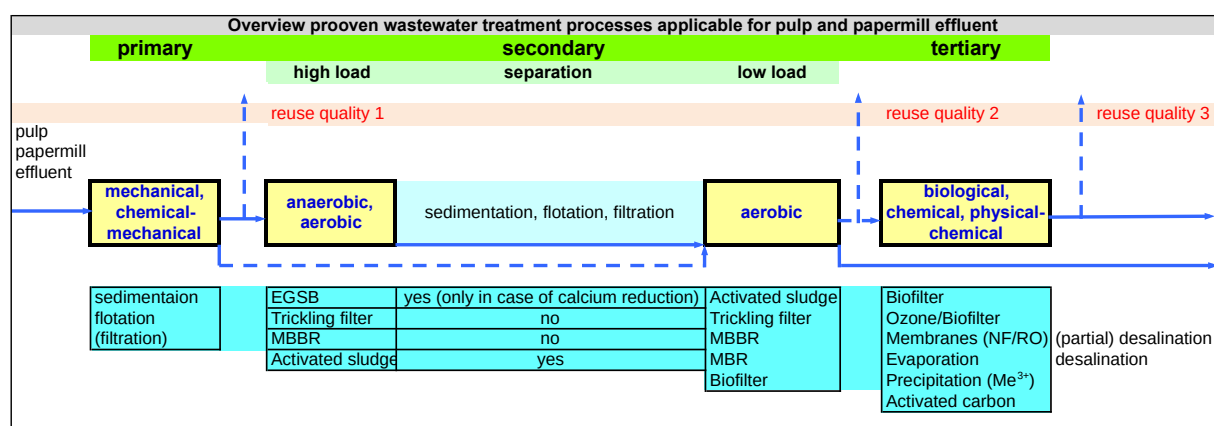


Figure 1: Proven wastewater treatment process combinations

3. WASTEWATER TREATMENT PROCESSES

3.1 Moving bed biofilm reactors (MBBR)

Generally an MBBR is used as an aerobic high loaded first biological stage, followed by a low loaded activated sludge reactor. A BOD removal efficiency of 50 to 60 % is achieved with design load in the range of 4 to 7 kg of BOD per m³ of reactor volume and day. Two-stage designed MBBR's with the same volume

load achieve a higher BOD removal efficiency up to 70 to 75 % of BOD [Helble (2002)], [Helble, Jansen (2002)].

The type of carrier media and the biomass control of the carrier media could be optimised the last years. **Figure 2** shows the aerated surface with the airlift pump on the left used for control of the biofilm thickness. Both, airlift and type of carrier have a big influence on operation, performance and efficiency of the process. **Figure 3 to 5** shows different carrier media as an excerpt applied for pulp and papermill effluent treatment today. Other types of carrier media are available on the market.

Some types of carriers developed in the 1990's did not succeed since they lead to big problems with incrustations and thick biofilms. Newly developed carriers claim to be more stable and increase the efficiency of the process so much, that multiple BOD volume loads compared with the standard systems are possible without loss of elimination efficiency.



Fig. 2: MBBR with airlift (left)

Fig. 3: AnoxKaldness™

Fig. 4: BIOFIT® H

Fig. 5: Mutag BioChip™

3.2 Expanded granular sludge blanket reactors (EGSB)

After a period, when different anaerobic processes were tested (for example contact sludge, film, hybrid) and used in pulp and paper industry, the up flow anaerobic sludge blanket (UASB) process got standard (**Fig. 6**). The hybrid reactor as a most promising combination of pellet reactor in the lower part and film reactor in the upper part, which has been in wide spread use in North America, could not succeed in Europe.

The UASB reactor was mainly in use in packaging paper production (paper for corrugated board) starting in the 1990's. Since more than 10 years now the dominating process is a further developed granular anaerobic process called expanded granular sludge blanket (EGSB) process. **Figure 6 - 13** shows examples of dominating EGSB reactor types applied in the pulp and paper industry (Figures taken from homepages of suppliers in the pulp and paper undustry).



Fig. 6: Principle of the UASB

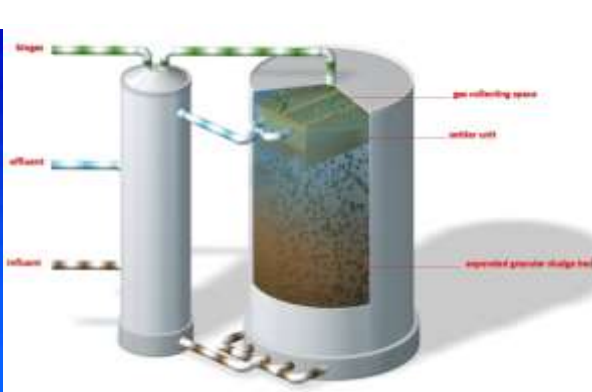


Fig. 7: BIOBED®



Fig. 8: BIOPAQ® IC

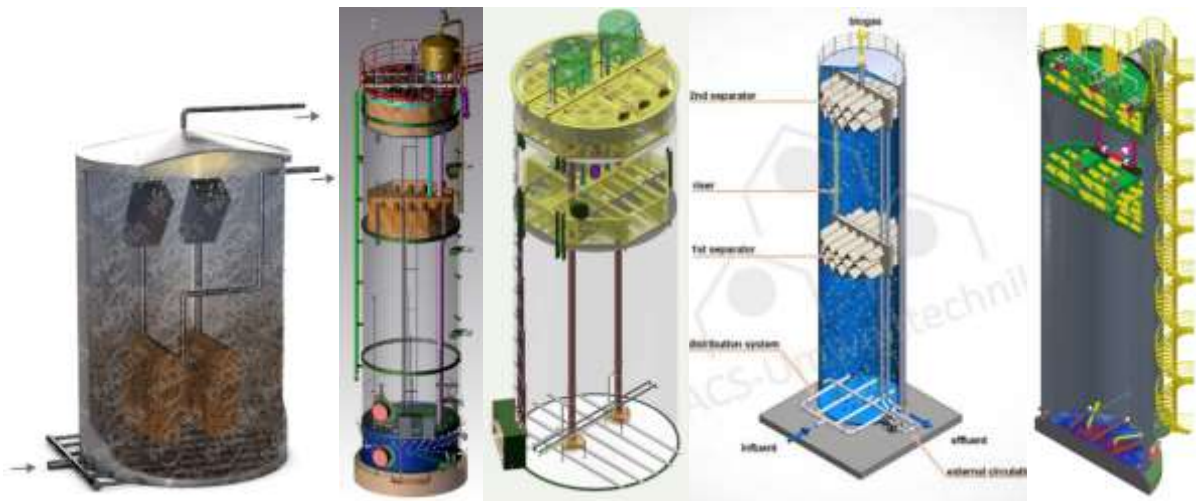


Fig. 9:
BIOPAQ® ICX

Fig. 10: R2S®

Fig. 11:
ANAFIT®.AC

Fig. 12: ©ACS

Fig. 13: Econvert
IR®

Today anaerobic high loaded stages are using the EGSB process. In the last two years several new developments in this compartment claim to reach similar or better elimination efficiency in BOD and COD elimination with much higher COD volume load than the above mentioned standard EGSB processes. Typical COD volume load for design range between 20 - 25 kg/m³ d COD.

In case of the anaerobic process as first biological stage the energetic use of the biogas is an essential part of the economic considerations, especially when a refund may be expected in case of production of so called green energy, like in Germany from the EEG ("Erneuerbare Energien Gesetz" or renewable energy act). Another possibility can be cleaning the biogas to biomethan ("green gas"), supply into the natural gas net and decentralized usage in combined heat and power units. Additional costs for the biogas treatment and the green gas supply have to be evaluated in each case. A microturbine instead of a conventional combined heat and power unit (CHP) might be more cost efficient. The low energy required for operation and the less production of biological excess sludge are further economic (and ecologic) advantages of the anaerobic process.

However, there are several process conditions for a reliable application of anaerobic treatment. If the ratio of COD to SO₄ is too low, the process will not work properly due to the sulphate reduction and formation of sulphides. The key figure is the ratio of COD eliminated to chemically reduced sulphur, which optimal should be higher than 100 and not below 15 [Möbius, Demel, (2016)]. If the calcium concentration exceeds a certain level depending on the calcium carbonate content in the recycling paper itself and the level of a more closed circuit additional measures to avoid massive calcium carbonate precipitation must be implemented. One possibility applied in papermills is the stripping of the formed CO₂ and additional precipitation by pH increase with caustic soda done in an additional reactor after the EGSB before entering the activated sludge system. A recirculation of a certain flow back to inflow of the EGSB reactor might even stabilise the process and avoids precipitation in the EGSB-reactor itself. The process only works economical when the organic substrate concentration is high enough, given as COD for instance more than 1.500 to 2.000 mg/l depending on the conditions. For lower COD concentrations (about < 1.5 g/l COD) the volume load has to be decreased in order to get a good elimination rate. So the invest costs per COD eliminated are increased, which makes the system more expensive compared to aerobic high loaded reactors (MBBR) below a certain COD concentration. This however has to be studied from case to case. If the further optimization potential demonstrates economical and reliable operation at low COD concentrations even below 1.5 g/l COD, new anaerobic systems might further reduce the overall costs for many papermills in the near future [Helble, Möbius (2008)].

3.3 Membrane bioreactors (MBR)

The membrane bioreactor process (MBR) is a well developed and proven technology. Membrane materials and module systems have been developed continuously within the last years [Möbius, Helble (2007)], [Helble, Möbius (2009)]. Several installations have been built for municipal and industrial applications, but only few full-scale MBR plants are in operation in pulp and papermills [Wozniak, Renvoise (2007)], [Bauer, Helble (2014)].

The available technical MBR systems using either low pressure submerged membranes (Fig. 14, 15) or classical horizontal cross flow tubular modules or as a new development aerated vertical cross flow tubular modules.

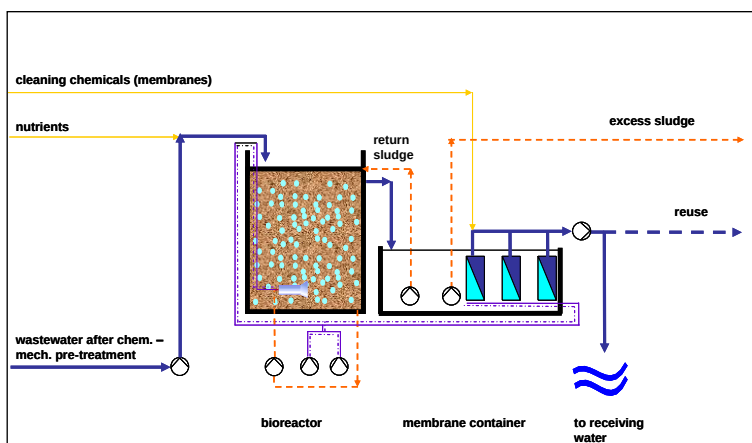


Figure 14: MBR schematic



Figure 15: Membrane container with flat sheet modules

The advantages of the MBR process – which as a single stage process has to be compared to aerobic two stage processes – are smaller bioreactor volume (due to higher biomass concentrations) and no secondary clarifier due to the membranes retaining the activated biomass. The MBR therefore needs much less area compared to a standard aerobic system. Depending on the pore size and membrane material high molecular dissolved organic compounds ($> 0,05 \mu\text{m}$) are hold back and might be further biodegraded, if possible, due to the higher sludge age. Our recommendation for MLSS design according to the available information is a moderate mixed liquor concentration of 10 – 12 g/l. The specific sludge loading in the activated sludge bioreactor related to biomass, also called F/M-ratio is recommended in the range of 0.08 – 0.12 kg/kgd. An optimal BOD removal efficiency (BOD effluent $< 5 \text{ mg/l}$) is required to minimise the fouling potential on the membranes. The MBR is predestined for internal water circuit treatment in papermills (kidney systems) and treated wastewater reuse.

The costs of the system (invest and operation) are higher than for the standard aerobic two-stage system suspended carrier reactor plus low load activated sludge treatment. So it will be used only in cases, where the above mentioned advantages justify the higher costs. A new aspect might be the use of ceramic membranes, which is not new at all, but could be more compatible regarding the costs due to new development. This, however, still needs more research and experience.

3.4 Biofiltration, advanced Treatment

The Aerated Upflow Biological Filtration (biofilter) represents a biological treatment with fixed film biomass. Biological treatment and filtration of suspended solids takes place in one and the same tank (Fig. 16).

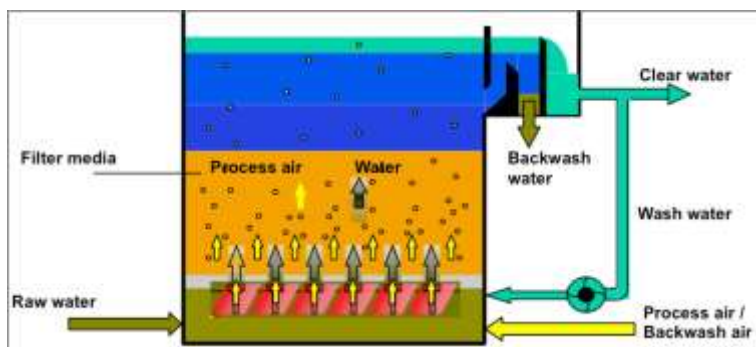


Figure 16: wastewater biofilter with modified wastewater

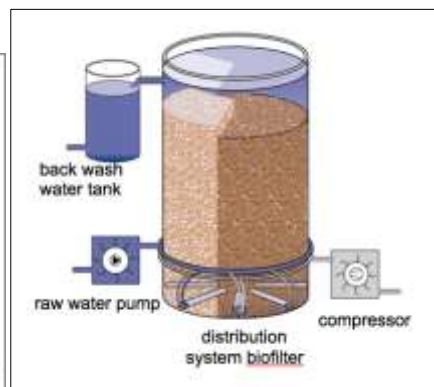


Figure 17: wastewater biofilter distribution and aeration system

The practical experiences show that the biological upflow filtration - depending on the objective – is particularly suitable to eliminate carbon, ammonium, nitrogen and phosphorus. In the same time, an advanced removal of suspended solids is achieved. A process air diffuser below the strainer plate distributes the oxygen needed for the oxidation of carbon and ammonium. New developments provide a modified economic wastewater and air distribution system with modular biofilters (**Fig. 17**) [Rüdiger (2005)]. The modular design of biofilters simplifies possible later upgrading. An equal oxygen supply on the total filter cross-section must be assured. Denitrification (mainly for municipal wastewater treatment) can be achieved by recirculation or by injection of external carbon source such as raw sewage or methanol.

Biofilters are adapted for biological treatment of low concentrated paper mill wastewaters, i.e. up to about 80-100 mg/l BOD as single stage plants after chemical-mechanical pre-treatment [Möbius (1999)]. For BOD concentrations below about 80-100 mg/l a one stage biofilter can be used. A two-stage biofiltration (same number of biofilter units in each stage operated in parallel, stage one / two serial) is used for wastewater up to about 200 mg/l BOD.

Tertiary biofilters for advanced treatment are following an activated sludge system. As advanced treatment process in pulp and paper industry generally carbon eliminating processes are used, mainly the tertiary wastewater biofilter (for COD polishing of 10 to 20 % and elimination of suspended solids). Depending on the objectives the height of the filter material can be varied between 2 - 4 m. By choosing the appropriate filter material a high concentration of attached biomass and high suspended solids retention can be guaranteed simultaneously. Typical filtration velocity for design is 4 - 8 m/h as specific surface load. Depending on the BOD concentration volume loads of 6 - 8 kg per m³ of media and day are achieved. In two stage biofilters a higher BOD volume load can be accepted in the first stage for design. However, the limiting factor is the operation time until the backwash of the biofilter is required due to biomass growth and increased pressure loss over the filter media. The backwash cycle shall not be below 12 h (typically 24 h).

3.5 Tertiary treatment with Advanced Oxidation Process (AOP): Ozonation in combination with biofiltration

The combined process uses the chemical / biochemical oxidation (chemical oxidation with ozone; biochemical oxidation with biofiltration) in an optimized ozone application representing an efficiency standard far above the European BAT level. The process is attributed to the group of advanced oxidation processes (AOP). The combination makes use of the effect of partial oxidation in which with reduced consumption of ozone (far reduced operation costs) of non-biodegradable (persistent) COD becomes biodegradable. For advanced treatment of the resulting biodegradable organic compounds, biofiltration is applied (see chapter 3.4). High elimination rates of persistent COD and other compounds are achieved simultaneously, such as, AOX, colour, chelating agents (i.e. DTPA, EDTA), optical brighteners, surface-active substances, micro pollutants, microorganism (disinfection).

The principle of this AOP is given in **Figure 18**. COD elimination generally is about 50 %, with a two stage system 85 % COD elimination may be reached. AOP with pressurized ozone reactors with shorter hydraulic retention time (HRT approx. 5 min at around 3 bar) and depressurized ozone reactors (HRT approx. 25 min, atmospheric pressure) are in large-scale applications in papermills [Haase, Helble (2015)], [Kaindl (2005)].

The depressurised ozone reactor concept (upstream the biofiltration, see chapter 3.4 above) with ozone injection and diffusion system is schematically shown in **Figure 19**. The objective of this application is a further reduction of the specific ozone consumption required for the removal of persistent COD and overall improved energy efficiency.

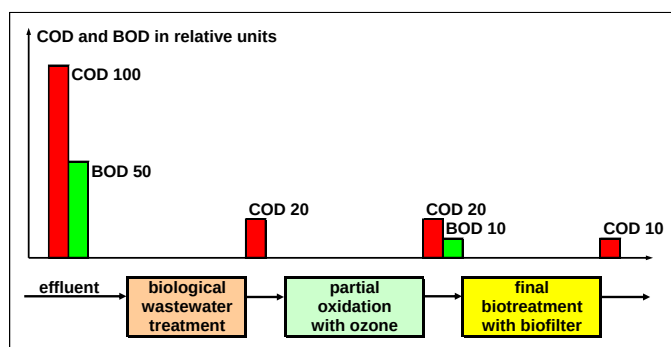


Figure 18: AOP for tertiary treatment

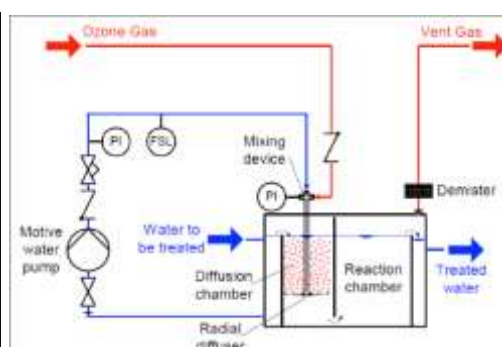


Figure 19: depressurized ozone reactor

The tertiary treated effluent by AOP is predestined for effluent reuse and to decrease the fresh water consumption. Tertiary treatment, however, is not a standard procedure in pulp and paper industry (to be classified as emerging technique not as BAT). It is used only when standard mechanical biological treatment according to BAT is not sufficient to meet the quality requirement of the receiving water or a high reuse rate with high water quality is required.

4. REUSE OF TREATED EFFLUENT

For reuse in paper production a treated effluent has to meet certain requirements, which are strongly depending on the type of production [Helble, Möbius (2001)]. Generally the reused effluent should have a low concentration of suspended solids, BOD and – more or less, depending of the production – COD. Colour might be a quality parameter for white papers, but certainly only when a high percentage of the fresh water shall be substituted by treated effluent.

In any case the treated effluent must not contain any remarkable concentration of iron.

Microorganism contamination shall be low, but the effluent does not have to be sterile.

Regarding these requirements, quality of the different treatment systems can be evaluated as follows: The standard system high load first stage (either anaerobic or aerobic) plus low loaded activated sludge treatment generally delivers a treated effluent containing a concentration of suspended solids SS below about 30 mg/l (in case of bad settling in the secondary clarifier much more), a rather low BOD concentration (BOD < 15 mg/l) and a COD concentration depending on the biodegradability of the wastewater (between about 100 and 500 mg/l). The colour is often brown, except for paper production using only Bleached chemical pulp (BCP) as fibre stock, generally with a higher intensity than the untreated effluent. Microbiological contamination is expected not to be a problem for recycling rates up to about 50 %. The effluent can be improved for reuse by a sand filter (or even better tertiary biofilter) following the secondary clarifier. Disc filters are a further option. However, when settling is very bad (bulking sludge), all types of filter systems will be not operable and the reuse has to be stopped.

The secondary biofilter is a good option for reuse of the water. In cases when this system is operable the organic concentrations are low anyway. The suspended solids concentration after the filter is low, but some abrasive broke of the carrier material (generally expanded clay granules) will be in the treated water. The colour will be more intense than before treatment, but effluents, which can be treated with biofilter, have usually a bright colour anyway. The microbiological contamination will be in the same range than with activated sludge plant.

In terms of suspended solids and microbiological contamination the MBR treated effluent has the best quality for reuse in the production. Suspended solids are normally below 3 mg/l.

Regarding colour, COD and some other parameters like chelating agents the runoff of an advanced oxidation process (ozonation plus biofilter) has the best quality for reuse. However, suspended solids and microorganisms are determined by the final step, which is the biofilter.

References

- BREF, 2015.** Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Best Available Tech-niques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board (2015). World Trade Centre, Seville / Spain, <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/pp.html>.
- Bauer, H., Helble, A., 2014.** Environmental management through integrated wastewater treatment in an MBR system with reuse in a specialty papermill: 4 years of operating experience. Vortragspräsentation veröffentlicht im Vortragsband PTS-Seminar MT 1415_13, Juni 2014.
- Haase, W., Helble, A., 2015.** AOP for advanced effluent treatment: Efficiency increase by innovative 2-stage ozonation in combination with biofiltration. PTS Symposium WU 1508, PTS Umwelt Symposium 06 - 07 Mai 2015.
- Helble, A., Möbius, C.H., 2001.** Technological solutions for reduction of the specific water consumption in papermills. COST E 14 and PTS-Environmental Technology Symposium, H. Grossmann und I. Demel (Hrsg.), München: PTS 2001.
- Helble, A., 2002.** Increasing the performance of a wastewater treatment plant using the moving bed biofilm reactor. In: Demel, I.; Schmid, F. (Hg.): Seminar: Betrieb biologischer Abwasserreinigungsanlagen, München: PTS 2002.
- Helble, A., Jansen, F., 2002.** Optimisation and improved performance of the effluent treatment plant of a large paper mill. In: ipw Das Papier, Jg. -, H. 12, S. T203-T206.

- Helble, A., Möbius, C.H., 2008.** Comparing aerobic and anaerobic wastewater treatment processes for papermill effluent considering new developments. Vortrag ZELLCHEMING-Hauptversammlung 25.06.2008, Wiesbaden. Kurzfassung: ipw Das Papier -, (2009), Nr. 5, T42 – T46.
- Helble, A., Möbius, C.H., 2009.** Current experience with the use of membrane bioreactor technology for the treatment of paper mill effluent. PTS – Wasser- und Umwelttechnik Symposium 2009, Vortragsband. PTS - Symposium Water & Environmental Technology 2009, Proceedings H.-J. ÖLLER, A. HUTTER (Hrsg.), München, PTS, 2009.
- Joore, L., Wortel, N., Bronold, N., 2002.** Some perspectives of thermophilic membrane bioreactor technologies (MBR) in waterloop closure concepts in Dutch recycled papermills. From pilot From pilot towards full scale installations. Wochenblatt für Papierfabrikation 129 (2002), Nr. 7, S. 432-439.
- Kaindl, N., 2006.** Advanced wastewater treatment with ozonation and downstream biofiltration. ipw Das Papier, No 1, p. T1-T6.
- Möbius, C.H., Cordes-Tolle, M., 1993.** Product specific wastewater composition and consequences for wastewater treatment. Das Papier 47, (1993), Nr. 10 A, S. V 53 - V 62.
- Möbius, C.H., 2005.** Inside wastewater biofilters used for advanced treatment of papermill effluent. Water Science and Technology 40, 1999, No 11-12, S. 101-108.
- Möbius, C.H., Helble, A., 2007.** Membrane bioreactors compared to standard aerobic wastewater treatment systems for papermill wastewater. Vortrag ZELLCHEMING-Hauptversammlung 29.06.2006, Wiesbaden Kurzfassung: ipw Das Papier -, (2007), Nr. 5, T48-T52.
- Möbius, C.H., 2016.** Wastewater of pulp and paper industry. 4. Auflage (4th edition), Dezember 2010, Revision 4.16. Quelle (source): <http://www.cm-consult.de>, Datei AbwasserCM_416.pdf.
- Möbius, C.H., Demel, I., 2016.** Anaerobic wastewater treatment in the pulp and paper industry. In: Wochenblatt für Papierfabrikation Nr. 6, Juni 2016.
- Rüdiger, A. 2005.** Wastewater treatment in paper industry according to IPPC regulations. 32nd International Meeting of Slovenian Papermakers “New trends in papermaking”, 9-10 November 2005, Bled, Slovenia.
- Wozniak, T., Renvoise, L. 2007.** Several years of MBR experience at the effluent treatment plant of the Lacaux paper mill in Limoges. PTS Symposium Water and Environmental Technology, H.-J. Öller and P. Hutter (eds.), Munich : PTS 2007, PTS Symposium WU 708.

Presenting author:

Alfred Helble

Lehenstraße 48

70180 Stuttgart

Germany

E-mail: ah@ah-consult.com

www.ah-consult.com

ENERGETSKA EFIKASNOST U INDUSTRIJI SA OSVRTOM NA INDUSTRIJU PAPIRA

ENERGY EFFICIENCY IN THE INDUSTRY WITH A REVIEW ON THE PAPER INDUSTRY

Mirjana Stamenić, Nikola Tanasić, Goran Jankeš
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

Izvod

U radu je dat prikaz energetske politike u Republici Srbiji, sa posebnim osvrtom na implementaciju sistema energetskog menadžmenta primenom odredaba Zakona o efikasnom korišćenju energije. Prikazano je stanje u pogledu nivoa energetske efikasnosti u industrijskom sektoru Republike Srbije sa posebnim osvrtom na sektor proizvodnje papira. Dat je pregled i preporuka za implementaciju najboljih dostupnih tehnika u papirnoj industriji u cilju smanjenja potrošnje energije u proizvodnom procesu.

Ključne reči: energetska efikasnost, sistem energetskog menadžmenta, industrijski sektor, najbolje dostupne tehnike (BAT).

Abstract

The paper presents the energy policy of the Republic of Serbia, with special emphasis on the implementation of the energy management system by applying the provisions of the Energy efficiency law. Present state regarding the level of energy efficiency in the industrial sector of the Republic of Serbia is presented, with the reference on the paper production sector. The overview of recommendations for implementation of best available techniques for rational use of energy in the production process in paper industry is presented in this paper.

Key words: energy efficiency, energy management system, industrial sectors, best available techniques (BAT).

1. UVOD

Potreba za energijom se iz dana u dan povećava, a u bliskoj budućnosti realno je za očekivati da tražnja za energentima bude veća od ponude. Ovakav scenario će svakako uticati na porast cene svih neobnovljivih izvora energije (fosilnih goriva). Za svaku državu je od izuzetne važnosti da za sve potrošače obezbedi sigurno i redovno snabdevanje energijom, da je uvozna zavisnost svedena na najmanju moguću meru, odnosno da se promoviše korišćenje obnovljivih izvora energije. Održivi razvoj je postao imperativ za svaku ljudsku aktivnost, a posebna briga se posvećuje da se budućim generacijama obezbede jednaki uslovi za privredni rast, ekonomski razvoj i kvalitet životne sredine. Uticaj energetike kako na ekonomski razvoj tako i na narušavanje kvaliteta životne sredine nameće potrebu za detaljnom analizom i strateško planiranje razvoja ovog sektora na više različitih nivoa – globalnom, regionalnom, nacionalnom i lokalnom. U ovom procesu problem se posmatra sa više različitih aspekata: tehno-ekonomski, ekološki, socijalni i dr.

2. POLITIKA ENERGETSKE EFIKASNOSTI REPUBLIKE SRBIJE

Energetska politika i planiranje razvoja energetike Republike Srbije definiše se Strategijom razvoja energetike države [1]. U zakonodavstvu Republike Srbije aktivnosti koje su prepoznate u Strategiji bliže se razrađuju Programom ostvarivanja Strategije, a realizuju se primenom Zakona o energetici, Zakona o efikasnom korišćenju energije [4] i pratećim podzakonskim aktima (uredbe, pravilnici i dr.) koji zaokružuju pravni okvir u oblasti energetske efikasnosti.

Radi realizacije strateški postavljenih ciljeva koji se odnose na unapređenje energetske efikasnosti i ispunjavanja obaveza prema međunarodnoj zajednici, 2013. godine donet je Zakon o efikasnom korišćenju energije. Po prvi put se uspostavlja pravni okvir kojim se uređuje oblast efikasnog korišćenja energije. Ovaj zakon, kao jedan od ključnih mehanizama uvodi Sistem energetskog menadžmenta čiji je cilj da obaveže

velike potrošače energije u industriji i javni sektor da racionalno koriste energiju i ostvare uštede energije primenom mera za koje smatraju da će doneti maksimalne uštede uz minimalna ulaganja.

Sistem energetskeg menadžmenta (SEM) predstavlja sistem organizovanog upravljanja energetskeim tokovima od mesta proizvodnje energije, preko procesa prenosa i distribucije, pa sve do potrošnje u smislu optimizacije i racionalizacije. Sistem obuhvata širok skup regulatornih, organizacionih, podsticajnih, tehničkih i drugih mera i aktivnosti koje u okvirima svojih ovlašćenja utvrđuju i sprovode subjekti ovog sistema: Vlada, ministarstvo nadležno za poslove energetike, obveznici sistema energetskeg menadžmenta, energetskei menadžeri i ovlašćeni energetskei savetnici. Ovim sistemom se, kroz organizovano praćenje svih procesa u lancu transformacije energije, njihovo sagledavanje i analizu sa aspekta različitih kvantitativnih i kvalitativnih parametara, stvaraju uslovi za identifikaciju energetskei najslabijih karika i za preduzimanje odgovarajućih mera i aktivnosti za njihovo otklanjanje.

Veoma važnu ulogu u funkcionisanju SEM-a imaju obveznici sistema energetskeg menadžmenta, među koje spadaju i privredna društva čija je pretežna delatnost u proizvodnom sektoru, ako koriste više od 2.500 toe (104,67 TJ ili 29,08 GWh). U industriji Republike Srbije sva privredna društva čija je pretežna delatnost proizvodnja kartona i papira su prepoznati kao obveznici SEM-a. Za sve obveznike SEM-a propisan je godišnji cilj uštede energije u tekućoj kalendarskoj godini na nivou od 1% u odnosu na ostvarenu potrošnju primarne energije u prethodnoj kalendarskoj godini. Pored ove obaveze, obveznici SEM-a dužni su da: (1) donesu program i plan energetske efikasnosti; (2) sprovode mere za efikasno korišćenje energije predviđene programom, odnosno planom energetske efikasnosti; (3) Ministarstvu nadležnom za poslove energetike dostavljaju godišnje izveštaje o ostvarivanju godišnjeg cilja uštede energije, odnosno mera i aktivnosti sadržanih u programu i planu; (4) sprovode obavezne periodične energetske preglede jednom u pet godina i (5) preduzimaju druge aktivnosti i mere u skladu sa Zakonom [4].

Lica koja su ovlašćena da sprovode odredbe definisane Zakonom [4] u privrednim društvima čija je pretežna delatnost u proizvodnom sektoru koja su obveznici SEM-a su energetskei menadžeri za oblast industrijske energetike. To su lica koja poseduju odgovarajuća stručna znanja i veštine, i koja poseduju licencu izdatu od strane Ministarstva nadležnog za oblast energetike. Za potrebe pripreme za polaganje stručnog ispita, koji je preduslov za dobijanje Licence, organizuju se obuke u instituciji koja je ovlašćena od strane Ministarstva za obavljanje obuke kandidata za energetske menadžere.

Implementacija SEM-a u Republici Srbiji započela je u 2016. godini sa organizacijom prvih obuka kandidata za energetske menadžere na Mašinskom fakultetu u Beogradu (ovlašćena organizacija za sprovođenje teoretske i praktične obuke od strane Ministarstva rudarstva i energetike), a prvi godišnji izveštaji obveznika SEM-a očekuju se da će prispeti u Ministarstvo rudarstva i energetike do septembra 2017.godine.

3. ENERGETSKA EFIKASNOST U INDUSTRIJI

U finalnoj potrošnji energije u 2014. godini industrijskei sektor u zemljama EU-28 učestvuje sa 25,9%, dok je u Republici Srbiji taj udeo iznosio 26,4%. Sektor proizvodnje papira učestvuje sa 4,5% u finalnoj potrošnji energije u srpskoj industriji [2], [3].

Industrijskei sektor Srbije u proseku ima 1,5 do 2 puta veći energetskei intenzitet u odnosu na zemlje EU-28. To znači da postoji značajan potencijal za uštedama, i to predstavlja veoma ozbiljan energetskei resurs. Stanje u industrijskim preduzećima u Srbiji je različito. Postoje razlike u pristupu kod pojedinih kompanija, zavisno od veličine i vlasničke strukture. Kod kompanija koje su deo velikih sistema se posle, ili paralelno sa ulaganjima u tehnologiju, ulagalo i u mere za unapređenje energetske efikasnosti budući da je to deo poslovne politike sistema. Primer za to su fabrike za proizvodnju kartona i papira, šećera, cementa, piva i druge velike kompanije u prehrambenoj industriji. Čak i kod ovih kompanija gde su urađeni značajni pomaci, ima dosta posla na unapređenju energetske efikasnosti, pre svega na modernizaciji energetskeih sistema, na korišćenju otpadne toplote, zameni goriva i sistematskom praćenju potrošnje energenata. Pojedine veće kompanije uvele su sistem za upravljanje energetskeim resursima – SRPS ISO 50001:2012.

Problem prepoznavanja energetske efikasnosti, odnosno mera za smanjenje potrošnje energije kao dobre šanse za povećanje dobiti je više izražen kod manjih i srednjih preduzeća. Za prepoznavanje značaja i potencijala za smanjenje potrošnje energije važne su informacije o primerima dobre prakse koje se dobijaju, pre svega, kroz razmenu iskustava, ali i kroz različite vidove obuke i promocija. Inicijativa za pokretanje programa za poboljšanje energetske efikasnosti kod ovih preduzeća najčešće potiče od uticajnih inženjera, nekada od tehničkih direktora, a retko kad od generalnog direktora firme. Saznanja o mogućnostima

povećanja profita firme koje donosi realizacija programa energetske efikasnosti, kao i saznanja o mogućnosti za finansiranjem ovih programa direktno utiču na odluke o njihovom pokretanju. Iz tog razloga je neophodno da se podstiče i promoviše ulaganje u prepoznavanje potencijala za povećanje energetske efikasnosti kod malih i srednjih preduzeća, što se najefikasnije i postiže kroz kratke energetske preglede i putem specijalističkih obuka zaposlenih. To omogućava da se dođe do ključnih saznanja na osnovu kojih vlasnik, ili direktor donosi odluku o tome: šta treba uraditi, koliko košta to šta se predlaže, kolika je dobit i kako se finansira predloženi projekat. Najčešće, kod malih i srednjih preduzeća nema dovoljno potencijala u samoj firmi da se dođe do odgovora na sva postavljena pitanja, te se u tom slučaju angažuje eksterni ekspert ili ekspertski tim. Veće kompanije mogu formirati tim zaposlenih koji se stalno bave praćenjem i upravljanjem tokova energenata i vode. Praksa u EU zemljama pokazala je da se implementacijom sistema energetskeg menadžmenta kroz ISO 50001 standard mogu ostvariti uštede na nivou od 15-25%, u zavisnosti od polaznog stanja u pogledu energetske efikasnosti kompanije. Ovi podaci su potvrđeni i u nekoliko preduzeća u Srbiji koja su primenila odredbe ovog standarda u svojim sistemima.

4. ENERGETSKA EFIKASNOST U INDUSTRIJI PAPIRA

Industrija celuloze i papira je energetski intenzivan sektor. Na globalnom nivou, ova industrija se nalazi na četvrtom mestu, sa udelom od 5,7% od ukupne potrošnje energije u industrijskom sektoru [5]. Treba napomenuti da kod proizvodnje celuloze i papira postoji širok spektar tehnoloških procesa i proizvoda, svaki sa različitim potrebama po pitanju utroška energije. Za proizvodnju jedne tone papira potrebno je u proseku oko 11,5 GJ primarne energije, u zavisnosti od vrste sirovinske osnove, kvaliteta proizvoda i tehnologije koja je primenjena u proizvodnji. Specifična potrošnja energije u papirnoj industriji je uporediva sa drugim energetski intenzivnim proizvodima, kao što su cement ili čelik.

Od ukupne proizvodnje papira u EU u 2008. udeo grafičkog papira je iznosio 48%, udeo ambalažnog papira 40,7%, udeo sanitarnog papira 6,8% dok je udeo ostalih vrsta papira bio na nivou od 4,5%. Od 47,5 miliona tona grafičkog papira koji je proizveden u zemljama koje čine Savez evropske industrije papira (CEPI), manje od polovine je grafički papir sa premazom (19,5 miliona tona/god) [5].

Najvažniji prirodni resurs za proizvodnju papira je biomasa tj. drvo kao glavni izvor celuloznih vlakana. U Evropskoj uniji papirna industrija spada među najveće proizvođače i korisnike obnovljivih izvora energije, sa udelom biomase od 52,5% u potrošnji primarne energije u 2008. godini [5].

Primena principa energetske efikasnosti uz smanjenje utroška fosilnih goriva je imperativ za svaki industrijski sektor koji teži da bude konkurentan na tržištu po principima održivog razvoja. U zemljama EU, raspoloživi su mnogobrojni programi za promociju energetske efikasnosti. I pored toga potrošnja energije u sektoru proizvodnje celuloze i papira je idalje visoka. Jedna od najznačajnijih tehnologija koja se primenjuje za povećanje energetske efikasnosti je kogeneracija električne i toplotne energije. Industrija celuloze i papira u EU u velikoj meri koristi prednosti ove tehnologije, koja omogućava fabrikama papira da uštede i do 30% energije u poređenju sa konvencionalnim tehnologijama i na taj način doprinesu smanjenju emisija gasova staklene bašte. U 2007. godini, 95,8% (50919 GWh) od ukupne potrošnje električne energije u fabrikama papirne industrije u EU je proizvedeno u kogenerativnim postrojenjima [5].

Za proizvodnju celuloze i papira potrebna je toplotna energija u različitim oblicima kao i električna energija. Toplotna energija, najčešće u obliku pregrejane pare visokog pritiska, se koristi u turbo generatorskim postrojenjima za proizvodnju električne energije. Para niskog pritiska (3-5 bar) koja izlazi iz turbine koristi se za zagrevanje i pripremu papirne mase kao i za potrebe sušenja papira u sušnoj sekciji papir mašine. Najveći deo toplotne energije u jednoj tipičnoj fabrici papira se utroši na termičko sušenje papira (blizu 50% od ukupno utrošene toplotne energije). Električna energija se koristi za pogon, pumpi, ventilatora, mešalica, pužnih transportera, kompresora kao i za pogon sušnih valjaka. Povećanje specifične potrošnje električne energije u procesu proizvodnje papira nastaje usled: povećanih zahteva za kvalitetom proizvoda, povećane brzine papir mašina, primene novih tehnologija presovanja i sušenje koje smanjuju potrošnju toplotne energije (npr., električni infracrveni sušači), dodatnih potrošača zbog zahteva vezanih za zaštitu životne sredine (npr. prečišćavanje otpadnih voda, prečišćavanje produkata sagorevanja iz kotlovskih postrojenja i dr.).

U tabeli 1. je prikazana referentna specifična potrošnja toplotne i električne energije kod proizvodnje ambalažnog papira od recikliranih vlakana, pri čemu se donje granične vrednosti odnose na energetski efikasne fabrike koje imaju implementiranu BAT tehnologiju.

Tabela 1. Referentne vrednosti za specifičnu potrošnju energije za proizvodnju ambalažnog papira od recikliranih vlakana [5]

Toplotna energija	1100 do 1800 kWh/t (3,96 do 6,48 GJ/t)
Električna energija	300 do 700 kWh/t

Poboljšanje energetske efikasnosti moguće je postići primenom alata kao što su energetske preglede, zatim tehnikama integracije procesa i nabavkom i ugradnjom nove energetske efikasne opreme. Takođe, efikasnost u procesu proizvodnje papira i proizvodnji energije se dodatno može poboljšati implementacijom sistema energetske menadžmenta i ugradnjom merno-akvizicione opreme, čime se postiže sistematsko praćenje parametara važnih za proizvodni proces. Kvalifikovani i motivisani kadar i dostupnost validnih informacija o procesnim parametrima omogućavaju vođenje proizvodnog procesa na energetske efikasan način.

U tabeli 2 sumirane su preporuke za implementaciju najboljih dostupnih tehnika u papirnoj industriji u cilju smanjenja potrošnje energije u proizvodnom procesu [6].

Tabela 2. Pregled najboljih dostupnih tehnika u papirnoj industriji [6]

Tehnika	Mogućnost primene
Korišćenje sistema za upravljanje tokovima energije koji omogućava praćenje količine proizvedene i utrošene energije, lociranje i kvantifikovanje toplotnih gubitaka i analizu mogućnosti rekuperacije toplote uz optimizaciju potrošnje energije.	Generalno primenljivo u svim podsistemima.
Sagorevanje čvrstog otpada i ostataka iz proizvodnje celuloze i papira koji imaju visok udeo organskih materija i toplotnu moć uz rekuperaciju energije.	Primjenjivo je samo u slučaju da se otpad i ostaci iz proizvodnje ne mogu reciklirati ni ponovno iskoristiti u pripremi papirne mase.
Korišćenje električne i toplotne energije u što je moguće većoj meri iz kogeneracije.	Primjenjivo je na sve nove pogone i kod kapitalne rekonstrukcije parne kotlarnice ili energane.
Korišćenje viška toplotne energije za sušenje biomase i mulja, zagrevanje kotlovske napojne vode, tehnološke vode, grejanje objekata itd.	Primjenjivost ove tehnike može biti ograničena u slučajevima kada su izvori toplote udaljeni od lokacija gde se mogu iskoristiti.
Korišćenje termokompresora u parno-kondenzacionom sistemu.	Primjenjivo je na nove i postojeće pogone za sve vrste papira i na postrojenja za premaz, na kojima se koristi vodena para kao medijum za sušenje.
Termička izolacija cevovoda i aparata u okviru parno-kondenzacionog sistema.	Generalno primenljivo u svim podsistemima.
Korišćenje energetske efikasne vakumskih sistema za odvodnjavanje kod pripreme papirne mase.	
Korišćenje visoko efikasne elektromotornih pogona, pumpi i mešalica.	
Korišćenje frekventnih pretvarača za ventilatore, kompresore i pumpe.	
Usklađivanje pritiska vodene pare sa stvarnim potrebama.	
Optimizacija i integracija konfiguracije mreže razmenjivača toplote.	
Zatvaranje krugotoka vode u fabrici.	

5. ZAKLJUČAK

U finalnoj potrošnji energije u 2014. godini industrijski sektor u zemljama EU-28 učestvuje sa 25,9%, dok je u Republici Srbiji taj udeo iznosio 26,4%. Industrija celuloze i papira je energetske intenzivan sektor. Na globalnom nivou, ova industrija se nalazi na četvrtom mestu, sa udelom od 5,7% od ukupne potrošnje energije u industrijskom sektoru, dok je u srpskoj industriji to vrednost 4,5%.

U Evropskoj uniji papirna industrija spada među najveće proizvođače i korisnike obnovljivih izvora energije, sa udelom biomase od 52,5% u potrošnji primarne energije (2008.godina). Jedna od najznačajnijih tehnologija koja se primenjuje za povećanje energetske efikasnosti je kogeneracija električne i toplotne energije. Industrija celuloze i papira u EU u velikoj meri koristi prednosti ove tehnologije, koja omogućava fabrikama papira da uštede i do 30% energije u poređenju sa konvencionalnim tehnologijama i na taj način doprinesu smanjenju emisija gasova staklene bašte. U 2007. godini, 95,8% (50919 GWh) od ukupne potrošnje električne energije u fabrikama papirne industrije u EU je proizvedeno u kogenerativnim postrojenjima. Vrednost specifične potrošnje energije (SPE) u papirnoj industriji Srbije varira od kompanije do kompanije i u poređenju sa preporučenim vrednostima u BAT dokumentu za papirnu industriju ove vrednosti su više i do 30% u odnosu na gornju granicu preporučenog opsega za SPE.

Praksa u EU zemljama pokazala je da se implementacijom sistema energetskeg menadžmenta kroz ISO 50001 standard mogu ostvariti uštede na nivou od 15-25%, u zavisnosti od polaznog stanja u pogledu energetske efikasnosti kompanije. Ovi podaci su potvrđeni i u nekoliko preduzeća u Srbiji koja su primenila odredbe ovog standarda u svojim sistemima.

ZAHVALNICA

Prikazani rezultati su dobijeni u toku realizacije naučno-istraživačkog projekta pod nazivom „Povećanje energetske efikasnosti u odabranom industrijskom sektoru kroz implementaciju sistema energetskeg menadžmenta u malim i srednjim preduzećima“ (evid. br. projekta: TR33017), koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- 1 Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. Godine, Sl. Glasnik RS, br. 101/15
- 2 Energy balance sheets – 2014 data, Statistical books, Eurostat, 2016
- 3 Key figures on Europe, Statistical books, Eurostat, 2016
- 4 Zakon o efikasnom korišćenju energije, „Službeni glasnik RS“, br. 25/2013
- 5 <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>, The European IPPC Bureau, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), 2015
- 6 <http://publications.europa.eu>, COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 26 September 2014 establishing the best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, for the production of pulp, paper and board (2014/687/EU)

Presenting author:

dr Mirjana Stamneić

Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Kraljice Marije 16

11120 Beograd

E-mail, mstamenic@mas.bg.ac.rs

ZAVISNOST BOJE PROIZVEDENOG CLUPAK PAPIRA OD STEPENA IZBJELJIVANJA CELULOZNOG VLAKNA

DEPENDANCE OF CLUPAK PAPER COLOR ON BLEACHING DEGREE OF THE PULP FIBER

Husejin Duraković, Edina Husić, Almir Muftić

Natron-Hayat d.o.o., Maglaj, BOSNA I HERCEGOVINA

Husejin Duraković, Edina Husić, Almir Muftić „Natron-Hayat“ d.o.o. Maglaj,

Sažetak

Ovaj istraživački rad obradjuje modifikaciju boje clupak papira u komercijalnim uslovima dinamičke proizvodnje. Po standardnoj tehnologiji proizvodnje kraft celuloze, od koje se proizvodni clupak papir, dobijeni papir je tamnosmedje boje.

Zahtjevi tržišta su da boja clupak papira bude svjetlo-smedje boje, pa se to traži i od naše kompanije. Ovo se može riješiti na tri načina i to: tehnološkim postupkom pri proizvodnji kraft celuloze, bojenjem celuloznog vlakna i izbjeljivanjem istog. U radu su prikazana istraživanja sa ciljem dobijanja svetlije nijanse sredje boje clupak papira.

Ključne riječi: *clupak papir, bojenje, izbjeljivanje.*

Summary

This research work deals with modification of the color of paper in commercial clupak dynamic image registration. According to the standard technology of production of kraft pulp, from which the production clupak paper, the paper obtained is dark brown in color.

Market demand is based on quality and price of the product. Step further in these demands is demand for certain balanced and brighter shade of color of sack kraft paper. Lately it is demanded from our company to produce sack kraft paper with lighter shade of color. This problem can be solved in two ways: by coloring pulp fiber and by bleaching it. Methods of production of sack kraft paper with lighter shade, as well as results achieved, will be presented in this document.

Keywords: *clupak paper, coloring, bleaching.*

1. UVOD

Proizvodnja clupak papira je složeni tehnološki proces. Da bi se proizveo ovaj papir treba obezbjediti određene uslove, kako u odabiru drveta, pripremi sječke, proizvodnji celuloze određenog kappa broja, te načina pripreme i obrade vlakna pri proizvodnji papira, a u svrhu da se dobije proizvod određenog kvaliteta i odgovarajuće boje..

Jedna od vrlo važnih operacija u proizvodnji clupak papira jeste obrada celuloznog vlakna. Sama obrada vlakna podrazumjeva niz operacija kao što su pranje, ugušćivanje, mljevenje, prečišćavanje, dodatak određenih hemijskih sredstava, te formiranje papirnog lista na situ papir mašine.

Različiti su uticaji sirovine, hemijskih sredstava i obrade vlakna na boju proizvedenog clupak papira.

Cilj ovog rada je da pokaže da se svjetlija nijansa clupak papira može dobiti sa manjim kappa brojem celuloznog vlakna, te da se ista takva nijansa može dobiti bojenjem različitim bojama ili izbjeljivanjem celuloznog vlakna sa određenim hemijskim komponentama.

2. PRIPREMA DRVETA I PROIZVODNJA CELULOZNOG VLAKNA

Proizvodnja celuloznog vlakna za kvalitetan clupak papir se radi na način da se koristi drvo četinara i to 70 % jela (smrča), 30 % bor. Ovaj odnos je bitan zbog dužine vlakana koje posjeduju navedene vrste drveta. U tabeli 2.1 date su vrijednosti dužine i širine vlakna četinarskog drveta, a na slici 2.1. prikazani su drvni sortimenti, sječka i celulozno vlakno.

Tabela 2.1. Dužine vlakana kod pojedinih vrsta četinara

R/B	VRSTA ČETINARA	DUŽINA VLAKNA, [mm]	ŠIRINA VLAKNA, [mm]
1.	Jela	2,6 – 4,4	0,030 – 0,075
2.	Bor	2,6 – 4,4	0,030 – 0,075
3.	Smrča	2,4 – 3,8	0,025 – 0,070

Drvni sortimenti**Sječka****Celulozno vlakno****Slika 2. 1. Način priprema celuloznog vlakna iz drvnih sortimenata**

Celulozno vlakno je homopolisaharid, sastavljena je iz velikog broja (300 - 15000) glukoznih ostataka međusobno povezanih β (1>4) glikozidnim vezama. Molekuli celuloznog vlakna su linearni. Celulozno vlakno je nerastvorna u vodi i organskim rastvaracima, slabo je reaktivna i ima veliku mehaničku otpornost. Za čovjekov organizam nije hranjiva jer ljudi ne posjeduju enzime koji bi je mogli rasložiti do glukoze.

Celulozno vlakno se u industrijskim razmjerama dobija iz različitih sirovina biljnog porijekla. Najčešće se dobija iz drveta, kako četinarskog (bor, jela, smrča).

Proizvodnja celuloznog vlakna obuhvata mehanički i hemijski tretman sirovine. Pod mehaničkim tretmanom se podrazumjeva usitnjavanje drveta ili drugih sirovina, što se postiže korišćenjem specijalnih uređaja.

Pri hemijskom tretmanu usitnjene sirovine dolazi do razlaganja i rastvaranja lignina, hemiceluloze i ostalih pratećih materija, a kao nerastvorena zaostaje celulozno vlakno različitog stepena čistoće. Lignin je rastvoran u toplim rastvorima alkalnih hidroksida i u kiselom rastvoru alkalnih i zemnoalkalnih bisulfita, dok se hemiceluloza rastvara u razblaženim kiselinama i alkalijama na sobnoj temperaturi. Zavisno od vrste sirovine i željenog kvaliteta celuloznog vlakna, u industriji se primjenjuju dva postupka: alkalni (sulfatni) i kiseli (bisulfatni) postupak.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Kako bi pokazali različite uticaje na svijetliju nijansu proizvedenog clupak papira planirano je probno ispitivanje načina na koji djeluje kappa broj na boju proizvedenog papira. Takođe je planiran laboratorijski test bojenja celuloznog vlakna različitim bijama, kao i industrijski test izbjeljivanja celuloznog vlakna.

3.1. Metoda određivanje kappa broja celuloznog vlakna

Kappa broj je pokazatelj sadržaja lignina (tvrdoće) ili bjeline celuloznog vlakna. Ne postoji neki opšti odnos između Kappa-broja i sadržaja lignina u celuloznom vlaknu. Ovaj odnos se mijenja zavisno od vrste drveta i načina delignifikacije. Ako se Kappa brojem izražava indeks sadržaja lignina u celuloznom vlaknu, onda se za svaki tip celuloznog vlakna daje poseban odnos.

3.1.1. Uzimanje i priprema uzoraka

Uzorci celuloze u balama ili rolama se uzimaju prema standardu ISO 7213:1981. Od pripremljenog reprezentativnog uzorka celuloze osušenog na vazduhu iscjepka se ili isječe na male komade 3 do 10 gr. Prije mjerenja uzorak se drži najmanje 20 min u atmosferi u blizini vage. Uzorke nesortiranog celuloznog vlakna sa mjesta C49-Kamyra uzima posada Kamyra. Uzorke sa Kamyra donose PHL/Laborant I/laborant II. Nakon sortiranja na sortireru od celulozne mase se pravi list na aparatu koji se zove Blat blinder. List se suši u sušnici do apsolutne suhoće.

3.1.2. Postupak rada

Izmjeri se, sa tačnošću od 0,001 g. količine celuloznog vlakna koja bi potrošila približno 50% (m/m) rastvora kalijum – permanganata. Potrošnja kalijum – permanganata mora biti između 30 i 70% (m/m). Istovremeno se odmjeri uzorak za određivanje sadržaja suve materije prema standardu ISO 638:1978- za celulozna vlakna u balama i rolama. Uzorak se razvlakni u najviše 500 ml destilovane vode dok se ne razbije grudvice i snopići širokih vlakana. Pri razvlaknjivanju se pazi da ne dođe do oštećenja samog vlakna. Razvlaknjeni uzorak se prenese u laboratorijsku čašu od 1500 ml ili dezintegrator ispere vodom tako da se dobije ukupno zapremine od 790 ml. Čaša se stavi u vodeno kupatilo koje je podešeno tako da održava temperaturu u toku cijele reakcije u posudi na $25,0 \pm 0,2$ °C. Mješalica se podesi tako da se u rastvoru dobije vrtlog dubine oko 25 mm. U laboratorijsku čašu od 250 ml. Pipetom se ulije $100,0 \pm 0,1$ ml rastvora kalijum-permanganata i 100 ml sumporne kiseline. Temperatura smjese se podesi na 25 °C i smjesa brzo doda u pripremljen uzorak. Istovremeno se uključi mjerač vremena. Čaša se ispere sa najmanje 10 ml destilovane vode koja se doda reakcionoj smjesi. Ukupna zapremina mora da bude 1000 ml. Poslije tačno 10,0 min. reakcija se prekida dodavanjem 20 ml rastvora kalijum-jodida odmjerenog u menzuri. Odmah po mješanju, ali bez filtriranja, titriše se slobodan jod rastvorom natrijum-tiosulfata (. Pred kraj titraciju doda se nekoliko kapi rastvora skroba.

3.1.3. Izračunavanje i izražavanje rezultata

Izračunavanje rezultata

Kapa – broj X. Izražen samo kao brojčana vrijednost, dobija se iz formule:

$$V_1 = \frac{(V_2 - V_3)c}{0,02 \times 5}; \quad X = \frac{V_1 d}{M}$$

gdje je:

V_1 – zapremina rastvora kalijum – permanganata (t.4.3) potrošenog za određivanje, u mililitrima:

V_2 – zapremina rastvora natrijum – tiosulfata (t.4.4) potrošenog za slijepu probu, u mililitrima:

V_3 – zapremina rastvora natrijum – tiosulfata (t.4.4) potrošenog za određivanje, u mililitrima:

c – koncentracija rastvora natrijum – tiosulfata (t.4.4) , u molovima po litru: (0,02 mol/l)

d – Korekcionni faktor za potrošnju 50% (m/m) permanganata: d . Zavisi od vrijednosti V_1 (vidi tabelu 1):

m – masa uzorka osušenog u sušnici, u gramima.

Izražavanje rezultata

Kapa – broj celuloze se izražava kao srednja aritmetička vrijednost dva određivanja sa slijedećom tačnošću:

Kapa – broj ≤ 50 , do najbližeg 0,1:

$50 < \text{Kapa} - \text{broj} \leq 100$, do najbližeg 0,5:

Kapa – broj > 100 , bez decimala

3.1.4. Izvještavanje

Rezultate ispitivanja laborant I/II, laborant za celulozu i papir javljaju u „Proizvodnju“ telefonom u elektronskoj formi odmah nakon izrade analize ili pisanoj formi (prikazano u planovima kontrole). Izvještaj o ispitivanju ukoliko se radi o uzorku koji se ne radi prema planovima kontrole mora da sadrži slijedeće podatke :

a/ oznaka standarda ISO 302-1981 (E) ; (SCAN-C 1:00; JUS H.N8.180) sa kojim je ova metoda u skladu ili navesti da li se radi o internoj metodi

b/ sve informacije neophodne za potpunu identifikaciju uzorka (naziv, datum, mjesto uzorkovanja);

c/ broj određivanja ako je veći od 1

d/ varijanta standardnog postupka, ako je primjenjena;

e/ rezultati, izraženi kao brojčana vrijednost.

f/ zapažanja uočena u toku ispitivanja;

g/ radnje koje nisu obuhvaćene ovom metodom, a koje mogu da utiču na rezultate.

3.2. Bojenje celuloznog vlakna pri proizvodnji clupak papira

Kako bi se došlo do podatke u kojoj mjeri se mogu koristiti određene boje za bojenje celuloznog vlakna pri proizvodnji clupak papira određene nijanse boje bilo je neophodno uraditi različite testove, sa različitim bojama.

Prilikom laboratorijskog bojenja papira korištene su boje: 0,30 % Astra braun Y; 0,03% Astra blau RL i 0,06% Levacell braun 6R.

Proba je rađena u laboratorijskim uslovima na više uzoraka sa različitim udjelima boja i upoređivani sa uzorkom papira na kome nije dodavana boja. Načina rada je da se se uzme uzorak pripremi celulozno vlakno određene koncentracije u koje se dodaje boja, nakon miješanje i homogenizacije smjese uzima se uzorak celuloznog vlakna za izradu listova. Nakon sušenja se dobije papirni list određene boje koji se može upoređivati sa listovima na kojima nije vršen dodatak boje ili sa listovima koje je dostavio kupac(na kome je zahtjev za nijansu boje).

3.3. Izbjeljenje celuloznog vlakna pri proizvodnji clupak papira

Navedeni postupak se zasniva na reduktivno Borino izbjeljivanju. Reduktivno Borino izbjeljivanje tehnologija se zasniva na doziranju dva hemijska sredstva direktno u tok celuloznog vlakna, i to:

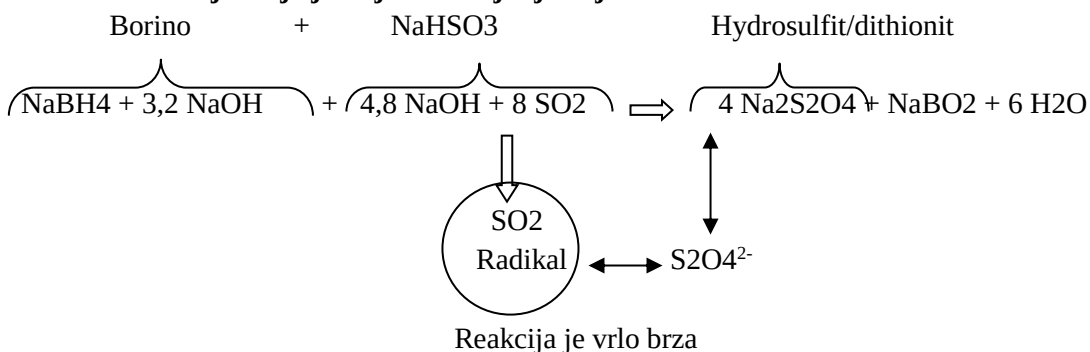
A/ Natrijum bisulfit (NaHSO₃)

B/ BORINO

BORINO je alkalni natrijum borohidridni rastvor sa

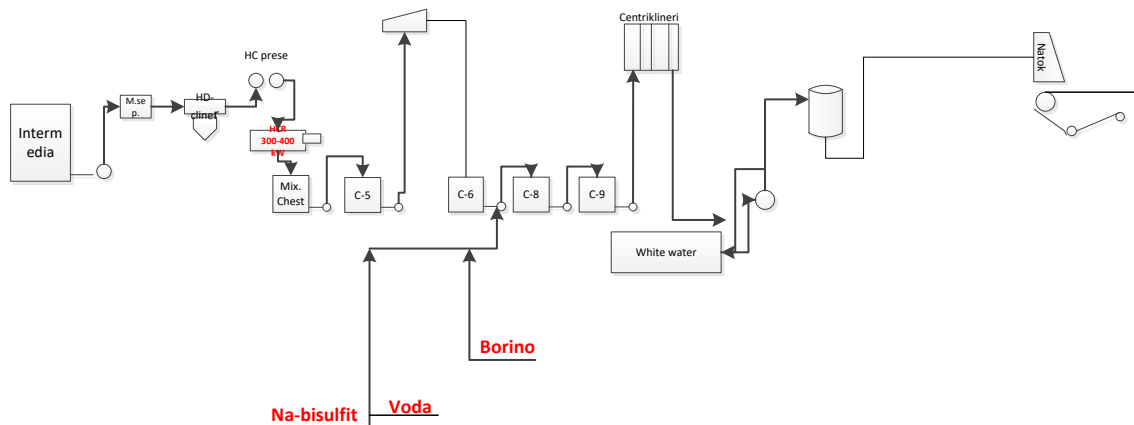
- NaBH₄ = 12%
- NaOH = 40% i
- Vode kao balansa sistema

BORINO reakcija izbjeljivanja i uklanjanje boje



Doziranje hemikalija:

Na slici 3.1. koja slijedi prikazano je mjesto doziranja kemikalija.



Slika 3.1. Šematski prikaz dozirnih mjesta

U tabeli 3.1. su prikazana hemijska sredstva sa količinama doziranja,

Tabela 3.1. Sredstva i normativi kemikalija za proizvodnju clupak papira određene svjetline

R/B	NAZIV SREDSTVA	MJESTO DOZIRANJA	NORMATIV[kg/tp]
1.	KemBorino (Sodium Borohydride NaBH ₄ , solution)	Ispred pumpe P-6 (masa nakon mljvenja na LC mlinovima)	0,95
2.	Sodium bisulfite solution		6,80

4.0. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

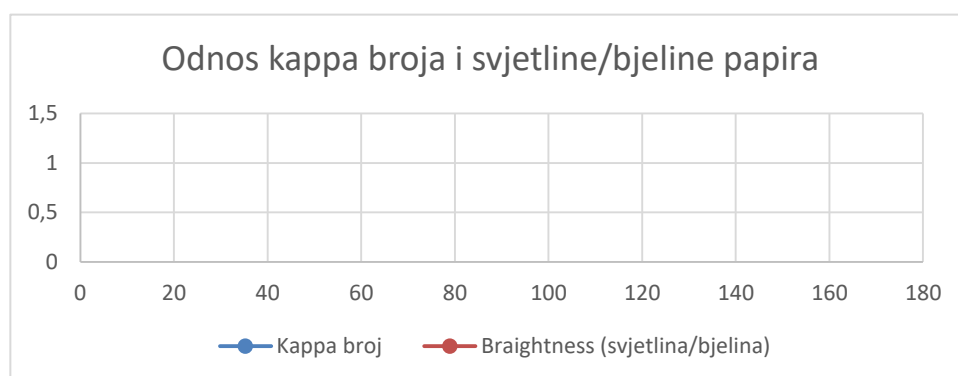
Nakon provedenih laboratorijskih i industrijskih istraživanja došlo se sljedećih rezultata.

4.1. Vrijednosti kappa broj celuloznog vlakna i svjetline proizvedenog clupak papira

Praćenjem kappa broja proizvedenog celuloznog vlakna u određenom vremenskom došlo se do sljedećih zavisnosti kappa broja i svjetline proizvedenog clupak papira, što je pokazano u tabeli 4.1. i na slici 4.1.

Tabela 4.1. Svjetlina clupak papira u odnosu na kappa broj celuloznog vlakna

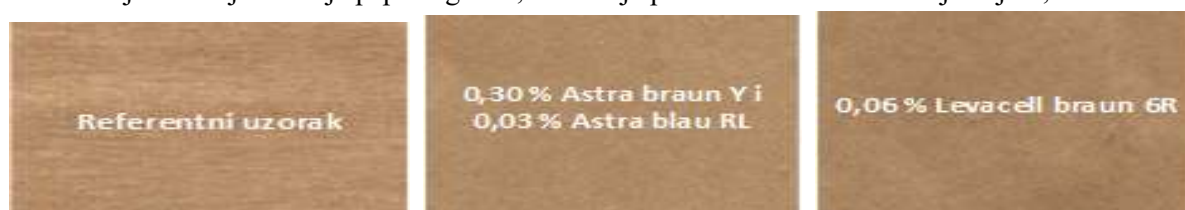
Redni broj uzorka papira	Kappa broj celuloze	Svjetlina (Braightness) papira
1	33,5	58,43
2	39,3	57,50
3	40,8	56,68
4	43,1	53,67
5	45,9	53,00
6	47,3	52,50



Slika 4.1. Dijagram svjetline clupak papira u odnosu na Kappa broj celulozne mase

4.2. Rezultati bojenja celuloznog vlakna i dobivanje uzoraka papira

Nakon provedenog laboratorijskog testa i dodatka različitih pripremljenih boja u celulozno vlakno dobivene su sljedeće nijanse boje papirnog lista, kao što je pokazano na slici 4.2. koja slijedi,



Slika 4.2. Referentni i laboratorijski bojeni uzorci papira

4.3. Rezultati izbjeljivanja celuloznog vlakna pri proizvodnji clupak papira

Nakon provedenog industrijskog postupka izbjeljivanja celuloznog vlakna dobivene su određene nijanse boje clupak papira kao što je pokazano na slici 4.3. koja slijedi,



Slika 4.3. Industrijski uzorci nijansi boje clupak papira

5.0. ZAKLJUČAK

Analizirajući predhodno provedena laboratorijska i industrijska istraživanja može se doći do slijedećih zaključaka:

1. Praćenjem vrijednosti kappa broja celuloznog vlakna i dobivene boje clupak papira dolazi se do zaključka da je sa većim kappa brojem celuloznog vlakna manja svjetlina proizvedenog clupak papira,
2. Bojenjem celuloznog vlakna različitim vrstama boja dobile su se vrlo tamne neujednačene nijanse boje papirnog lista, što ne bi zadovoljilo tržište, koje traži svjetlije nijanse smeđeg clupak papira,
3. Izbjeljivanjem celuloznog vlakna koristeći hemikalije borino i natrijum bisulfit dobivene su različite nijanse boja proizvedenog smeđeg clupak papira, što ako se ponudi kupcima isti mogu odabrati željenu nijansu boje smeđeg clupak papira koja im odgovara,
4. Provedeni eksperimenti su pokazali da su troškovi bojenja i izbjeljivanja celuloznog vlakna radi dobivanja svjetlije nijanse smeđeg clupak papira vrlo visoki i kreću se od 10 do 15 €/tp, što može biti problem pri plasmanu ovih proizvoda na tržištu.

Literatura

- [1] Tehničko upustvo firme Kemira, Austrija,
- [2] Duraković H., „Proizvodnja clupak papira“, Planjax Tešanja 2010.godine,
- [3] Tehnička dokumentacija PM-4, Natron-Hayat, firma SANO Japan
- [4] Plan pogonskih istraživanja optimizacije procesa proizvodnje clupak papira (2014).

Corresponding addresses:

Husejin Duraković

„Natron-Hayat“ d.o.o. Maglaj

Liješnica b.b. Maglaj, BiH

E-mail; husejin.durakovic@natron-hayat.ba

KLJUČNI INDIKATORI PERFORMANSI PROIZVODNJE SITA ZA INDUSTRIJU PAPIRA I CELULOZE

KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR PRODUCTION OF THE SCREENS FOR PAPER AND PULP INDUSTRY

Nada Bojić¹, Ninoslav Stojanović²

¹*Fabrika sita i ležaja Fasil a.d, Arilje, SRBIJA*

²*StandCert, Beograd, SRBIJA*

Izvod

U savremenom poslovanju i upravljanju poslovnim procesima standardizacija svih postupaka omogućava stvaranje konkurentnosti, dodatne vrednosti i uspešnosti u poslovanju. U tom smislu primena ključnih indikatora performansi KPI pomaže Fasilu a.d. iz Arilje da definiše i meri napredak prema postavljenim ciljevima. Cilj ovih istraživanja, jeste da se utvrde mogućnosti upravljanja procesom proizvodnje sita, koja se koriste u industriji celuloze i papira određivanjem i praćenjem ključnih indikatora performansi proizvodnje.

Ključne reči: *ključni indikatori performansi, sita, proizvodnja celuloze i papira.*

Summary

In the contemporary business and management business processes standardization of procedures to create competitiveness, added value and success in business. In this sense, the implementation of key performance indicators, KPI helps Fasil from Arilje to define and measure progress toward organizational aim. set for managing the production of sieves for pulp and paper industry. The aim of this research is to determine the possibilities of production process control screens, which are used in the pulp and paper industry by determining and monitoring of key performance indicators of production.

Key words: *key performance indicators, sieves, pulp and paper.*

1. UVOD

U industriji celuloze i papira koriste se formirajuća i sušna sita, koja se proizvode u Fasilu a.d.. Sušna sita se proizvode tkanjem ili spiralnim oblikovanjem žice, termostabilizovana su, sa nemarkirajućim spojem i obrađenim ivicama. Materijali od kojih se proizvode sušna sita su monofili od poliestera i drugi hidrolizno postojani materijali za rad na temperaturama 140 do 200°C. Osnovne karakteristike sušnih sita izrađenih tkanjem su: stabilnost i pouzdanost u radu, ravnomernost strukture sita i velika kontakta površina za sušenje, otpornost na prljanje i habanje, glatka i ravna površina profilisanog monofilamenta, dobra aerodinamika za rad pri visokim brzinama, otpornost za rad pri visokim temperaturama. Formirajuća sita se proizvede postupkom tkanja, termostabilizovana su sa utkanim nemarkirajućim spojem i obrađenim ivicama. Materijali od kojih se proizvode sita su monifili: poliester i poliamid sa visokim mehaničkim i fizičkim osobinama. Njegove osnovne karakteristike su: stabilnost u radu, visoka otpornost na habanje, ravnomernost strukture sita, visok stepen retencije, otpornost na prljanje, glatka i ravna strana papira, pouzdan rad pri svim uslovima eksploatacije.

Kako savremeno poslovanje i upravljanje poslovnim procesima teži standardizaciji svih postupaka, pa tako i postupaka vezanih za proces proizvodnje sita za industriju papira i celuloze. U okviru organizacije koja se bavi proizvodnjom sita integriše se SRPS ISO 9001:2015. Provera minimalnih propisanih mera, koje organizacija sprovodi sa ciljem ocene sopstvenog uticaja na proces proizvodnje ne znače obavezno i da će one ispuniti zakonske norme. Poboljšanje poslovnih procesa može se postići merenjem realizacije postavljenih/zadatih ciljeva pomoću KPI. Ključni indikatori performansi (KPI) proizvodnje koriste se, kako bi se dobile informacije o tome kakvo je stanje proizvodnje sita i na osnovu toga se prilagođavalo promenjenim okolnostima [1]. Ovi pokazatelji uspešnosti pomažu organizaciji da definiše i meri napredak prema postavljenim ciljevima. Ciljevi organizacije određuju njegove težnje u postupcima ostvarenja vizije i zadovoljenja misije organizacije, željena buduća stanja i rezultate koje je potrebno ostvariti planiranim i organizovanim aktivnostima organizacije [2]. Kada su ciljevi postavljeni na navedeni način moguće je pratiti

uspešnost njihovog postizanja. Ciljevi moraju biti određeni, merljivi i da opisuju rezultat koji je vidljiv za zainteresovane strane.

2. KLJUČNI INDIKATORI PERFORMANSI

Kako bi unapredili poslovanje Fasila donosioci odluka moraju usklađivati poslovne procese sa ciljevima poslovanja kontinuiranim praćenjem, merenjem i upravljanjem poslovnim performansama izraženim putem mera performansi [3]. Svaki proces trebalo bi da se meri sa jednim ili dva indikatora koji karakterišu suštinu njegovog rada [4]. Ključni indikatori performansi predstavljaju kvantitativne ili kvalitativne pokazatelje pomoću kojih se, direktno ili indirektno, može proceniti ili izmeriti nivo ili stepen ostvarenja određenog cilja, kao i brzina, odnosno vreme ili rok ostvarenja cilja [5].

Često je uspeh definisan kao napredovanje u ostvarenju određenog strateškog cilja. Zbog toga je, odabir pravog KPI od izuzetne važnosti kako bi se ostvarili poslovni ciljevi. Pri izboru ključnih indikatora performansi, Fasil treba da osigura da oni obezbeđuju informacije koje su tačne, merljive, pouzdane i upotrebljive za primenu korektivnih mera u cilju poboljšanja efektivnosti i efikasnosti procesa. Proces praćenja i merenja indikatora performansi procesa proizvodnje sušnih i formirajućih sita odvija se u vremenu. Informacije koje se dobiju koriste se za poređenje sa rezultatima iz prethodnih merenja i sa postavljenim ciljnim vrednostima pokazatelja.

Naravno, postoji mogućnost da Fasil a.d. odredi indikatore performansi, koji služe samo gruboj proceni i koji su nedovoljno precizni. U slučaju da se više pažnje posvećuje samom merenju nego kvalitetu sprovođenja poslovnog procesa primena KPI takođe može dovesti do lažnih informacija i neželjenih posledica.

3. ODREĐIVANJE CILJEVA I KLJUČNIH INDIKATORI PERFORMANSI.

Uobičajeno je da se mere oni procesi koji su najznačajniji za korisnike, procesi se mogu klasifikovati na: prioritete, kritične i ključne procese. U radu će se istraživati ključni proces, a to je proizvodnja sita namenjenih za industriju celuloze i papira. Merenjem performansi procesa Fasil a.d. procenjuje koliko je proizvodnja efektivna i efikasna. U teoriji i praksi je identifikovano mnogo mogućih pokazatelja merenja performansi procesa organizacije. Glavni problem je kako od nekoliko stotina mogućih pokazatelja izabrati 10-15 ključnih indikatora performansi. Detaljnom analizom procesa proizvodnje sita postavljaju se ciljevi, na osnovu kojih se uočavaju mogući nedostaci i poboljšanja u proizvodnji (tabela 1.).

Tabela 1. Nedostaci i mere za otklanjanje nedostataka procesa proizvodnje u Fasilu su:

Nedostaci	Mere
Sušna i formirajuća sita sa neodgovarajućom konstrukcijom	Povećanje tačnosti prepletaja
Vreme kašnjenja isporuka	Smanjenje vremena kašnjenja na 0 ako je moguće ili eliminacija vremena kašnjenja ili bez kašnjenja 100%
Skupljanje sušnih i formirajućih sita po širini usled termofiksiranja	Održavati temperature u granicama 100-180C°
Zaprljanost sita	Poboljšanje higijenskih uslova
Istegnuta žica	Praćenje kvaliteta nabavljene žice
Prekid na spoju sita	Smanjiti predzatezanje u zavisnosti od tipa sita

Kako bi se ostvarili poslovni ciljevi, vrši se odabir ključnih indikatora performansi (tabela 2.). Po preporuci standarda za čeličnu žicu, maksimalno odstupanje je ϕ žice $\pm 20\%$ od prečnika žice.

Tabela 2. Ključni indikatori performansi (KPI) za žicu ϕ 0,5 mm

rb	proces	KPI	JM	granična vrednost	period merenja	veza	Nosilac odgovornosti
1	nabavka	Materijal parametar - prečnik žice	mm	ϕ žice $\pm 20\%$ (0,4 -0,6 mm)	kontrola svakog prijema	Radni nalog 1271601	Prijemna kontrola
2	nabavka	Materijal parametar - istežanje poliester žica	%	8-14	kontrola svakog prijema	Radni nalog 1241601	Prijemna kontrola
3	nabavka	Materijal parametar - istežanje poliamid žica	%	15-22	kontrola svakog prijema	Radni nalog 1251602	Prijemna kontrola
4	proizvodnja	Parametar procesa proizvodnje mašine - brzina tkanja	Udar/min	20-40	merenje svake serije (min. 20x)	Radni nalog 1131602	Rukovodilac proizvodnje
5	proizvodnja	Parametar procesa proizvodnje mašine-numera (korak tkanja)	mm	2-15	merenje svake serije (min. 20x)	Radni nalog 1171601	Rukovodilac proizvodnje
6	proizvodnja	Skupljanje sušnih sita po širini usled termofiksiranja	%	2-8	merenje svake serije (min. 20x)	Radni nalog 1121601	Rukovodilac proizvodnje
7	proizvodnja	Skupljanje formirajućih sita po širini usled termofiksiranja	%	8-22	merenje svake serije (min. 20x)	Radni nalog 1161602	Rukovodilac proizvodnje

Izmerene vrednosti za parametre 1-7 prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3. Izmerene vrednosti za parametre 1-7

R.b. parametra / br. merenja	1. param. (mm)	2. param. (%)	3. param. (%)	4. param. (udar/min)	5. param. (mm)	6. param. (%)	7. param. (%)
1. merenje	0,501	10,83	18,600	22	4	5,00	10
2. merenje	0,586	8,10	17,035	24	8	5,10	15
3. merenje	0,570	9,23	16,400	29	4	5,35	12
4. merenje	0,588	8,27	18,000	21	8	5,23	9
5. merenje	0,564	11,00	17,890	23	6	5,82	16
6. merenje	0,460	13,10	19,200	21	6	5,96	14
7. merenje	0,483	10,20	18,670	23	10	5,88	11
8. merenje	0,520	9,05	20,060	23	2	5,74	13
9. merenje	0,465	12,07	18,340	25	8	5,31	17
10. merenje	0,442	13,00	18,054	28	8	6,01	10
11. merenje	0,478	10,05	16,380	29	6	6,46	9
12. merenje	0,450	10,00	16,120	21	4	6,08	18
13. merenje	0,500	10,75	18,670	22	6	4,98	13
14. merenje	0,500	9,07	18,230	27	4	4,87	11
15. merenje	0,503	9,17	17,200	26	4	4,93	11
16. merenje	0,510	10,1	17,590	26	4	4,72	12
17. merenje	0,512	12,04	18,510	30	8	5,04	14
18. merenje	0,467	10,09	18,700	23	6	5,46	9
19. merenje	0,458	11,32	16,900	32	8	5,80	10
20. merenje	0,478	10,41	17,990	25	4	4,92	10
Prosečna vrednost odstupanja	0.50175	10.3925	17.92695	25	5.9	5.433	12.2

Izmerene vrednosti parametara nalaze se u okviru graničnih vrednosti. Na osnovu određenih ključnih indikatora performansi određuje se njihov uticaj na rezultate poslovanja Fasil a.d (tabela 4.).

Tabela 4. Uticaj praćenih KPI na rezultate poslovanja Fasil a.d.

2016	proizvodnja	upravljanje Fasilom	upravljanje Fasilom	upravljanje Fasilom
	škart po praćenom r/n (komada)	cena utrošene el.energije mere/rn br.(din)	profit din. po jedinici mere za rn br. (din)	Razlika između ostvarenog profita po jedinici mere proizvoda i ukupnih troškova (din), (+)dobit, (-)gubitak po radnom nalogu
Jan.	0	162,12	307,26	+2107,07
Feb.	1	122,30	1546,84	-901,86
Mart	0	118,75	289,88	+3116,65
Apr.	1	62,12	2144,22	-234,89
Maj	0	80,19	1787,96	+2195,16
Jun	0	106,57	58,51	+3257,86
Jul	0	106,62	1442,50	+2934,89
Avg.	0	115,90	429,10	+3312,06
Sept.	0	79,01	2869,82	+335,24
Okt.	1	85,52	1432,98	-1195,40
Nov.	0	149,71	454,36	+3738,94
Dec.	0	108,29	970,91	+2635,43

4. ZAKLJUČAK

U Srbiji je trenutno mali broj preduzeća koje koriste sistem ključnih indikatora performansi. Iako je sam postupak lak za razumevanje, razvoj indikatora i njihova implementacija predstavlja izazovni zadatak. Struktura i broj ključnih indikatora performansi bitno se razlikuje u zavisnosti od svrhe i namene. Obzirom da je proces proizvodnje jedan od pokazatelja uspešnog poslovanja Fasila, može se zaključiti da je utvrđivanje KPI u području procesa proizvodnje sita, pomaže u definisanju i merenju postignuća poslovnih ciljeva. Realizacija ciljeva Fasila a.d dovodi do povećanja prihoda prikazanih u tabeli 4.(profit din. po jedinici mere za rn br.) smanjivanja negativnog uticaja na životnu sredinu, što opravdava uvođenje ključnih pokazatelja uspešnosti (KPI).

LITERATURA

- [1] Snežana Nestić, Miladin Stefanović, Danijela Tadić, Aleksandar Đorđević, Slavko Arsovski, Svetlana Stojanović, Model za procenu ključnih indikatora performansi i kvaliteta procesa strategije, 40. Nacionalna konferencija o kvalitetu FQ 2013, Kragujevac 2013.
- [2] [Velimirović Dragana](#), [Velimirović Milan](#), [Stanković Rade](#), Uloga i značaj merenja ključnih indikatora performansi (KPI), Serbian Journal of Management 2011, vol. 6, br. 1, str. 63-72.
- [3] Nina Turajlić, Siniša Nešković, Milica Vučković, Mesto mera performansi u modelima poslovnih procesa, INFOTEH-JAHORINA Vol. 8, Ref. E- III-18, p. 598-602, March 2009.
- [4] Weske, M., "Business Process Management", Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [5] M., Medugorac, M., Savić, U., Sikimić, M., Šakota: "Razvoj i implementacija ključnih indikatora performansi kao sredstvo modernog upravljanja kompanijom", XVII skup trendova razvoja "Evropa 2020: društvo zasnovano na znanju", Kopaonik 07.-10.03.2011, pp. 1-3.

Presenting author:

Nada Bojić

Svetolika Lazarevica 18

31230 Arilje, Srbija

E-mail: nalemfkg@gmail.com

IMPROVING THE PAPER STRENGTH WITH MODIFIED UREA-FORMALDEHYDE OLIGOMERS

POVEĆANJE JAČINE PAPIRA MODIFIKOVANIM UREA-FORMALDEHIDNIM OLIGOMERIMA

Natalia Zholnerovich, Natalia Chernaya, Irina Nikolaichik
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

Summary

Chemical modification of urea-formaldehyde oligomers with ϵ -caprolactam provides the toxicity reducing of obtained products as well as increasing their solubility in water. It was shown that the modification of this class of amino-aldehyde oligomers increases the cross-link density of the cured urea-formaldehyde resin, which allows us to predict improving of the physical and mechanical paper properties.

Keywords: *modification, urea-formaldehyde oligomers, caprolactam, synthesis, paper strength, IR spectroscopy, thermogravimetric analysis*

Izvod

Hemijskim modifikacijama urea-formaldehidnih oligomera sa ϵ -kaprolaktanom smanjuje se otrovnost dobijenog proizvoda kao i povećanje njegove rastvorljivosti u vodi. Pokazan je da se modifikacijama ove klase amino-aldehidnih oligomera povećava gustina poprečnih veza tretiranih urea-formaldehidnih smola, na osnovu čega se može predvideti poboljšanje fizičkih i mehaničkih svojstava papira.

Ključne reči: *modifikacija, urea-formaldehidni oligomeri, kaprolaktam, sinteza, jačina papira, IR spektroskopija, termogravimetrijska analiza*

INTRODUCTION

Today, chemical additives are widely used in the paper industry to increase the physical and mechanical paper properties, to impart hydrophobicity, to improve drainage and forming process as well as retention all components into paper structure [1, 2]. Importance is the use of chemicals when secondary raw materials (waste paper) are involved in the paper production. Reduced paper-forming properties of the waste paper fibers and the presence of a significant amount of fines lead to decreasing in the mechanical properties of paper materials. Application of urea-formaldehyde oligomers in the paper stock composition is a promising solution to problems caused by using of waste paper. Their inherent high binding properties due to the polymer solid state transition of oligomers are valuable advantage. Besides accessibility and low cost of the raw materials needed for their preparation – mainly urea and formaldehyde as well as water soluble extend the prospect of urea-formaldehyde oligomers application in the paper industry.

However, the high content of free formaldehyde, limited solubility in water as well as the low flexibility and the presence of a significant amount of hydrogen bonds in macromolecules of cured oligomers, causing brittleness and reduced elasticity, are the main disadvantages of this class of amine aldehyde synthetic materials and significant inhibiting factors of their application in paper production. In this case chemical modification contributes to reduce the negative properties of products based on urea-formaldehyde oligomers and opens up the possibility of practical application of such products in the capacity of synthetics to improve the physical and mechanical properties of paper materials produced on the base of waste paper.

In this case the key aspect is the choice of the modifying agent, which is due to its chemical nature, the ability to react with the urea-formaldehyde oligomers, water solubility, non-toxicity and availability of the raw material base. The ϵ -aminocaproic acid lactam (ϵ -caprolactam) corresponds completely to the above requirements. The presence of the carboxyl group formed as a result of the hydrolysis of caprolactam will increase the affinity of the oligomers to the cellulose fiber, improve the water solubility as well as increase the efficient interaction with the pulp components.

EXPERIMENTAL

Urea-formaldehyde (UF) oligomers are thermosetting products whose composition, structure and properties depend on the quantitative ratio of urea and formaldehyde and on the synthesis conditions (temperature, duration, pH of the reaction mixture).

The studied urea-formaldehyde oligomers were obtained on the basis of urea-formaldehyde concentrate (TU 2181-032-00203803-2003). All the chemicals used are described in Table 1.

Table 1. Experimental Materials

Materials	Chemical formula	Comments
Urea (U)	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	mp 34°C analytical grade
Urea-formaldehyde (UF) Concentrate	—	85% aqueous solution, 15% H_2O , 25% $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, 60% CH_2O density 1.33g/cm ³ viscosity 50 cp
ϵ -caprolactam	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$	industrial grade
Ammonium chloride	NH_4Cl	analytical grade
Sodium hydroxide	NaOH	analytical grade

The oligomer synthesis consisted of several stages: the preparation of urea methylol derivatives; polycondensation of methylol urea derivatives; resin pre-condensation and resin modification. The main variable process factors were the mass ratio of urea/caprolactam, the temperature and duration of individual stages of synthesis. The process was controlled by pH.

Urea-formaldehyde oligomers were synthesized at a constant molar ratio of urea/ formaldehyde 1/2.

To prevent the formation of methyleneurea and to provide receipt of hydroxymethyl derivatives, which are then converted into oligomers in a slightly acidic medium, the initial stage of the synthesis process should be carried out in a neutral or slightly alkaline medium.

After completion of the process of pre-condensation of the resin, the product was modified by dosing into the reaction mixture a certain amount of a modifier (an aqueous ϵ -caprolactam solution).

Under alkaline medium, in the presence of water, caprolactam is hydrolyzed to ϵ -aminocaproic acid. The available reactive amine group allows to interact with hydroxymethyl groups of oligomers. This contributes to the formation stronger bonds and provides the content decrease of free formaldehyde in the obtained products.

The products with different content of free formaldehyde and water solubility were obtained depending on the mass ratio of urea/caprolactam varied from 1/0.16 to 1/0.5.

The unmodified oligomer sample was as the object for comparison. Synthesized urea-formaldehyde oligomers (modified and unmodified samples) are a clear or cloudy-white product. Solids content of the obtained oligomers was set to 58–62% as well as refractive index to 1.4430–1.4530.

Based on the obtained data, it was found that if the urea-formaldehyde oligomers were modified the content of free formaldehyde decreases three-fold (from 1.3 to 0.43% mass.) as compared to the unmodified sample. The modification of urea-formaldehyde oligomers also contributes to the increase of their solubility in water and viscosity decrease, which is probably due to redistribution of intermolecular hydrogen bonds in oligomers owing to the interaction with ϵ -aminocaproic acid.

Identification of the chemical structure of modified / unmodified urea-formaldehyde oligomers and the directional of the proceeding chemical reactions was carried out on infrared spectrometer with Fourier transform (Thermo Nicolet, USA) in the range 700–3600 cm^{-1} .

The IR spectra of the oligomer samples studied show characteristic absorption bands. The absorption bands at 3337 cm^{-1} (unmodified sample) and 3346 cm^{-1} (modified sample at mass ratio of urea / caprolactam 1 / 0.5) correspond to the stretching vibrations of the hydrogen bonded hydroxyl group.

The absorption bands at 2959 cm^{-1} and 2851 cm^{-1} (modified sample) correspond to the stretching vibrations of the methylene groups $-\text{CH}_2-$. Increasing in the bands intensity proves the appearance of new methylene bonds in the molecule structure corresponding to asymmetric stretching vibrations, caused by the interaction between oligomers and ϵ -aminocaproic acid.

In the region of carbonyl absorption one can find the bands inherent to urea-formaldehyde resins at 1655 cm^{-1} , 1552 cm^{-1} (unmodified sample) and 1655 cm^{-1} , 1560 cm^{-1} (modified sample) corresponding to the amides [3].

The comparative analysis of the IR spectra of the modified/unmodified oligomer samples confirms the broadening of the absorption bands of stretching vibrations, which may be associated with changing in the nature of intermolecular bonds. In addition, the appearance of absorption bands can be observed at 1362 cm^{-1} , 1336 cm^{-1} and 1198 cm^{-1} on the IR spectrum of the modified oligomer is due to the change in the character of the C–N bond in $\text{CH}_2\text{--N}$ [3]. This may indicate the addition of ϵ -aminocaproic acid at the reaction center of nitrogen to the methylol group of the urea-formaldehyde oligomer molecule at the modification step.

The cross-link density increase of cured urea-formaldehyde resin was determined by thermogravimetric analysis (TGA) using the thermoanalytical system TGA/DSC-1 HT/319 METTLER TOLEDO Instruments (Fig. 1).

The temperatures of the beginning, end, and half-period of the decomposition stage of the test samples of cured resins have been found experimentally, as well as the temperature of their maximum decomposition rate, indicate an increase in the thermal stability of the products when they are modified. This is confirmed by the calculation of the activation energy of the thermo oxidative degradation of the studied oligomers by the method of A. Broido [4] adapted for polymers.

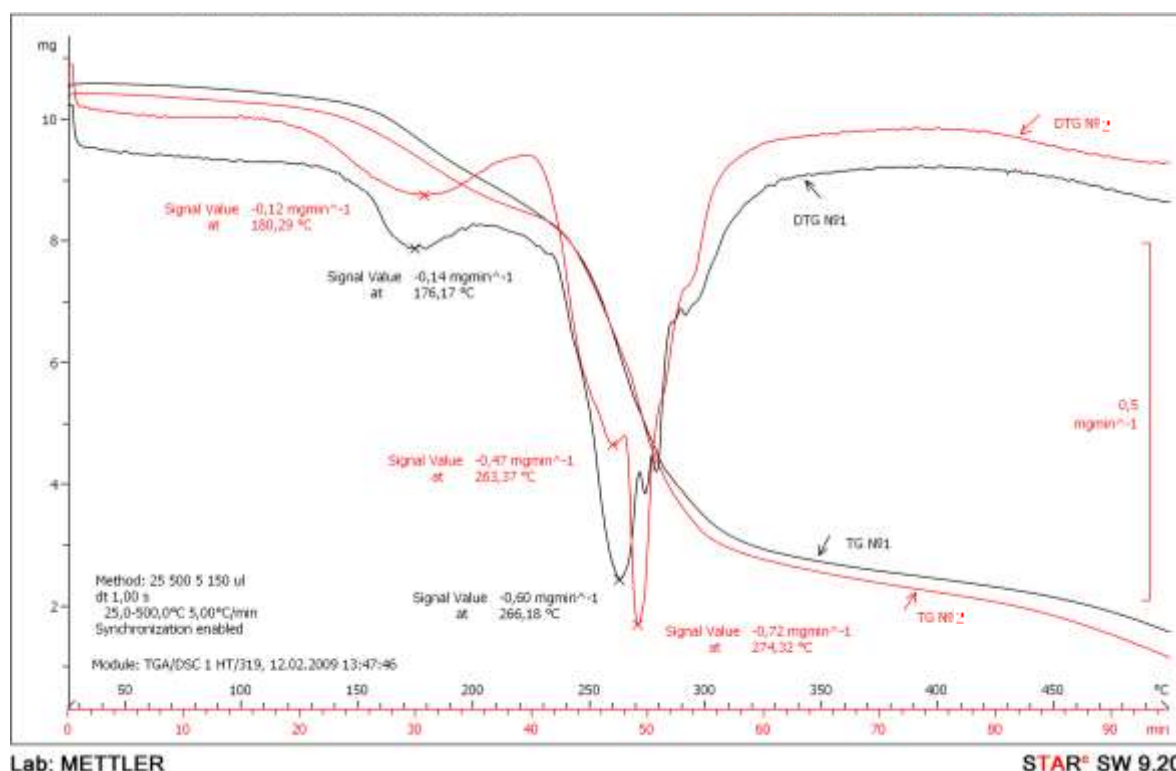


Fig. 1. TGA results for unmodified (1) and modified oligomers sample (2) (by mass ratio urea / caprolactam of 1 / 0.5)

These results (Fig. 2) indicated that the activation energy of cured resins increased with the addition of caprolactam. The addition of ϵ -caprolactam to the composition of oligomers increases the value of the activation energy by almost 2 times, which indicates an increase cross-link density of the cured urea-

formaldehyde resin via appearing additional functional groups in the modified oligomer molecule. This fact allows us to predict the increase the physical and mechanical paper properties. To confirm this fact, the effect of modified oligomers on the change of the recycled paper properties was studied.

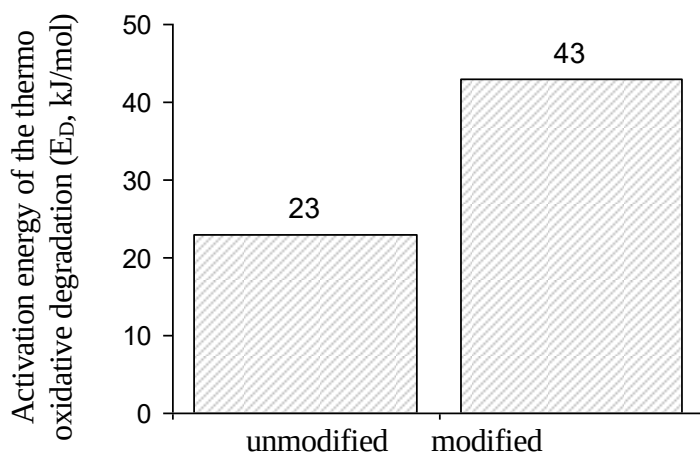


Fig. 2. Activation energy of the thermo oxidative degradation unmodified and modified oligomers sample (by mass ratio urea / caprolactam of 1 / 0.5)

To study the effect of modified oligomers paper samples 80 g/m² were prepared from wastepaper. The following additives were used in the pulp composition in sequence: cationic starch (Hi-Cat C 323A of 0.8% of a. d. f.), alkyl ketene dimmer (Hydrores 225YP of 0.16% of a. d. f.) and a sample of modified oligomers with various consumption of 0.5–2.0% of a. d. f.

Figures 3–4 show comparative data for an unmodified and modified sample of oligomers at ratio 1 / 0.5 urea / caprolactam.

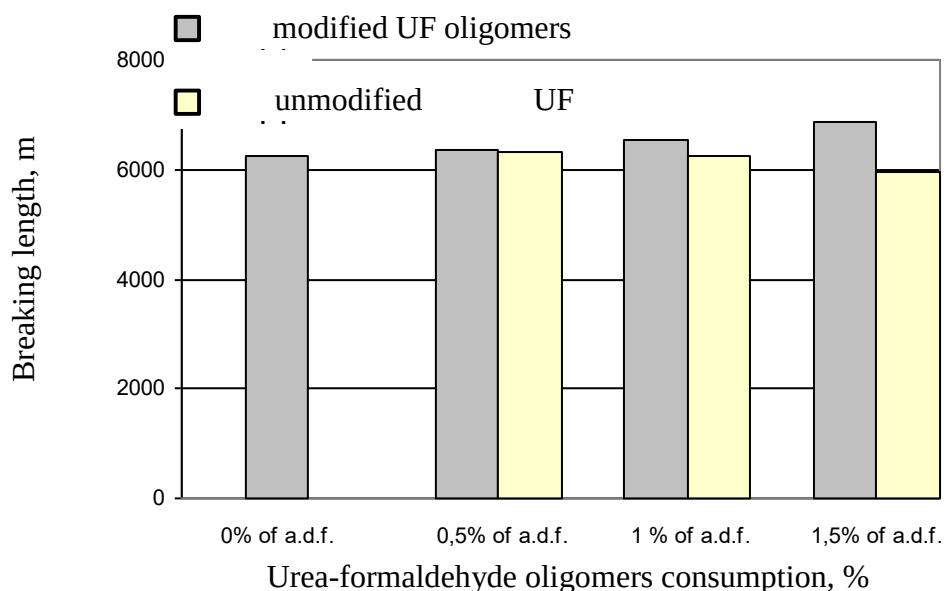


Fig. 3 Breaking length at different urea-formaldehyde oligomers consumption

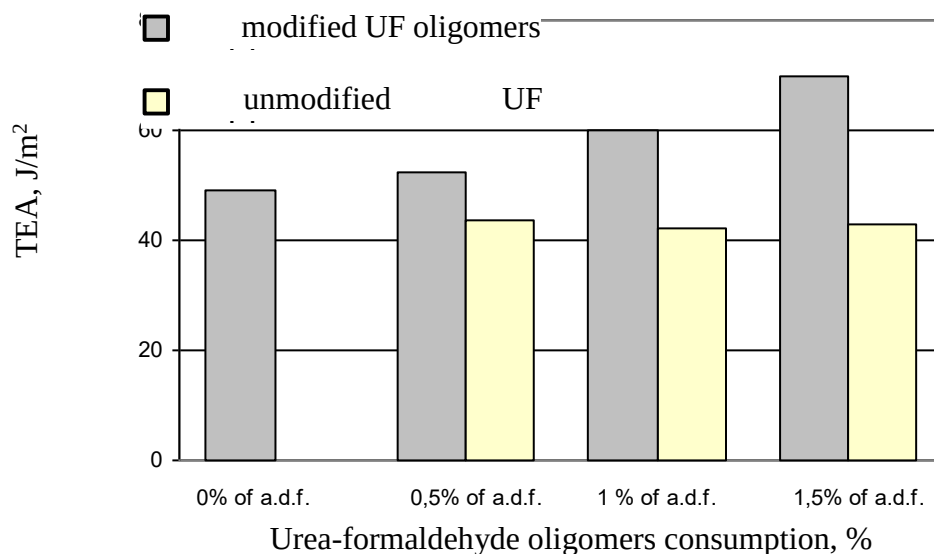


Fig. 4 TEA at different urea-formaldehyde oligomers consumption

The submitted data (Fig. 3–4) show that the affinity for cellulose fibers, due to the presence of hydrophilic methylol and carboxyl groups in the molecule of modified oligomers, allows them to be retained in the paper structure when the paper web is dewatering on the paper machine. As a result of the subsequent high-temperature drying, the oligomers are cured to form a "crosslinked" spatial structure, thereby increasing the paper strength. The hydroxyl groups of cellulosic fibers can also participate in curing, which also contributes to an additional increase in the strength of the paper from the waste paper.

CONCLUSION

Thus, the modification of urea-formaldehyde oligomers with ϵ -caprolactam reduces the free formaldehyde content in the obtained product by more than three times as well as contributes to its water solubility. In addition, the oligomer modification promotes the formation of chemical products with increased thermal stability, capable of forming an increased cross-link density of the cured urea-formaldehyde resin due to interacting of the functional carboxyl and amine groups of the hydrolyzed caprolactam molecule. It was found that the using of modified products based on urea-formaldehyde oligomers in the pulp composition in combination with functional and process chemicals allows to increase tensile energy absorbed from 49.2 to 70.0 J / m², breaking length to 6860 m and compressive strength (SCT) to 31.4 Nm/kg.

REFERENCES

1. Handbook of Paper and Board. H. Holik WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, p. 505, 2006.
2. Handbook of pulping and papermaking / by Christopher J. Biermann, 2nd ed., Academic Press Limited, London, p. 754, 1996.
3. Bellamy LJ. The Infrared Spectra of Complex Molecules, 2nd ed., Chapman & Hall, London, Vol. 1, p. 157, 1975.
4. Broido, A. (1969). A Simple, Sensitive Graphical Method of Treating Thermogravimetric Analysis Data / A. Broido // J. Polymer. Sci. Part A2. 7(10), 1761–1773.

Corresponding author:

Natalia Zholnerovich

Belarusian State Technological University,

13a, Sverdlova, Minsk, Belarus.

E-mail: nzholnerovich@gmail.com

STUDIES ON BIOPOLYMERIC ADDITIVES FOR PAPERPAKING

PROUČAVANJE BIOPOLIMERNIH ADITIVA ZA PAPIRNU AMBALAŽU

Sedat Ondaral

Dep. of Pulp and Paper Technology, Forest Product Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz (Black Sea) Technical University, Turkey

Summary

This paper includes two different studies about applications of nanofibrillated celluloses (NFC) and aldehyde starches in papermaking. In the first part, the cationic and anionic NFCs were prepared by using a bleached sulphite pulp and their adsorption properties and effects on paper strength were investigated. Cationic nanofibrillated cellulose (CNFC) was produced by homogenization of pulp fibres after cationic modification with 3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride. The anionic nanofibrillated cellulose (ANFC) was produced by oxidizing fibres with 2,2,6,6-Tetramethylpiperidin-1-oxyl (TEMPO), followed by final disintegration of fibres to nanofibrils by means of a high pressure homogenizer. In the second part, the complexes produced with mixing cationic and anionic starches containing aldehyde functionality (CAS and AAS) were compared with complexes consisting polyamidoamine epichlorohydrine (PAE) and AAS regarding adsorption to the sensor surface coated with nanofibrillated cellulose (NFC) by Quartz Crystal Microbalance with Dissipation (QCM-D) and efficiency in providing paper strength in wet and dry conditions.

Key words: Nanofibrillated cellulose, aldehyde starches, tensile strength, QCM-D

Izvod

Ovim radom obuhvaćene su dve različite studije o primeni nanofibrilisane celuloze (NFC) i aldehidnih skrobova u proizvodnji papira. U prvom delu, katjonska i anjonska NFC pripremljena je od beljene sulfite celuloze i ispitan je uticaj NFC na jačinu papira. Katjonska nanofibrilna celuloza (CNFC) napravljena je homogenizacijom vlakana celuloze posle katjonske modifikacije sa 3-hloro-2-hidroksipropiltrimetilamonijum hloridom. Anjonska nanofibrilna celuloza (ANFC) proizvedena je oksidacijom vlakana sa 2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-oksil (TEMPO), praćenom konačnom dezintegracijom vlakana u homogenizatoru pod visokim pritiskom. U drugom delu upoređena su svojstva kompleksih proizvoda proizvedenih mešanjem katjonskih i anjonskih skrobova koji imaju aldehidnu funkcionalnost (CAS i AAS), sa kompleksima koji se sadrže poliamidoamin epihlorohidrin (PAE) i AAS, u pogledu adsorpcije na senzorsku površinu prevučenu nanofibrilnom celulozom (NFC) pomoću kvarcne kristalne vage sa disipacijom, i u pogledu efikasnosti u dobijanju papira velike jačine u vlažnim i suvim uslovima.

Gljučne reči: Nanofibrilna celuloza, aldehidni skrobovi, zatezna jačina, QCM-D

INTRODUCTION

The nanofibrillated cellulose (NFC) has a diameter between 5 and 100 nm and several micrometres length, having unique properties. It has Young modulus of up to 135 GPa, a high strength in the range of a few GPa's, as well as high aspect ratio, homogeneous solution, biodegradability and high chemical reactivity.¹⁻⁴ The NFC is produced by delamination of wood fibres via intense mechanical shearing forces promoted by pre-treatment with chemicals and/or enzymes. Formation of anionic groups on cellulose chain has been used for isolation of nanofibrils. The oxidation with 2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl (TEMPO) can be applied to modify C6 of glucose unit to carboxyl groups and obtain an anionic charged structure. Although, the carboxymethylation and sulfonation of glucose have been applied also, the TEMPO oxidation attracts researchers because it needs very little mechanical shearing forces.⁵⁻⁷ Anionic NFC has been used in wide range of applications, such as nanoscaled papers⁸⁻¹⁰, papermaking additive^{1,11}, reinforcing of nanocomposites¹²⁻¹⁷, rheology modifiers in foods, paints, cosmetics, and pharmaceutical products, etc.^{3,4} The cationization of NFC has been conducted with different chemical treatments: 2,3-epoxypropyl trimethylammonium chloride,² glycidyl trimethylammonium chloride¹⁸ and etherification with chlorocholine in DMSO.¹⁹ It is noteworthy that presence of cationic groups on cellulose chains can give advantages in papermaking system by replacing cationic synthetic polyelectrolyte as well as, by conferring antibacterial properties to paper surface.^{2, 20}

Starch has been used increasingly in different areas, especially in food and papermaking industries, because of its low cost, availability and ability to change functionality for wide range products as well as less environmental problems.^{21,22} In paper industries, different kinds of starches are used for different purposes, such as strength enhancement of paper, retention and flocculation of fine materials, and surface sizing of papers.² Modification of starches has been needed for their specific applications. The cationization of starch is taken place with cationic monomeric units, such as N-(3-chloro-2-hydroxypropyl) trimethylammonium chloride, at hydroxyl groups resulting in different degree of substitutions. The cationic starches are generally used for binding fibrous materials and filler together to give sufficient retention and dry strength properties to paper.^{23,24} Ionic interaction between cationic sites of starch and negatively charges on the fibres and fillers is the driving mechanism during papermaking process. Additionally, hydrogen bonding also play role in starch adsorption to fibre surface.²⁵

Oxidation reactions on starches are used to adjust viscosity and to give anionic and/or aldehyde functionality.²³ The selective oxidation of starch with periodic acid/periodate ions is taken placed at adjacent hydroxyl groups on C₂-C₃ to form two aldehyde groups and product is called as dialdehyde starch (DAS).²⁶ Sodium hypochlorite (NaOCl), hydrogen peroxide (H₂O₂) and 2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl (TEMPO) have been also used for production DAS with high carbonyl content. During TEMPO oxidation, nitroxyl radicals specifically convert primary hydroxyl group at C₆ position to carboxyl and hydroxyl groups. DAS has been used for enhancing temporary wet strength properties of tissue papers whose water resistance is needed for short periods. It has taken attention of other industrial applications, such as packaging, superabsorbent, cleaning trap, drug carrier etc., due to the cross-linking ability. However, the most amount of DAS is consumed as wet strength additive for paper industry.²⁷⁻³⁰ Aldehyde groups of DAS can react with hydroxyl groups forming hemiacetal and acetal bonds. Since cellulosic fibre has negative charges inherently, cationic aldehyde starch (CAS) is more effective due to the its higher affinity to fibre. CAS is produced by reaction of DAS with betaine hydrazide hydrochloride resulting anchoring quaternary ammonium groups to starch.³¹ Cizmecioglu and Thomaldes³² prepared CAS with higher carbonyl content by using TEMPO/NaBr/NaOCl mediated oxidation at pH 9.5. The oxidized cationic waxy maize starch was used as temporary wet strength additive and successful results depending amounts of aldehyde and carboxyl groups were achieved.³²

This paper is a brief of two articles; "Cationic and anionic nanofibrillated celluloses as dry strength additives for papermaking- Cellulose Chem. Technol., 49 (7-8), 617-623 (2015)" and "Comparison study on aldehyde starch complexes as a wet strength agent" submitted to Cellulose Chemistry and Technology.

EXPERIMENTAL SECTION

Materials

The bleached sulphite pulp used to produce the CNFC and ANFC was kindly supplied by Biocel Paskov a.s., Czech Republic. The bleached softwood kraft pulp (Billerund Korsnas, Karlstad, Sweden) was used to produce handsheets. TEMPO, GTMAC, NaClO₂, NaBr, NaCl, NaOH, and HCl were purchased from Sigma-Aldrich. The endoglucanase enzyme was kindly supplied by Novozymes, Denmark.

PAE (PWS125) was kindly supplied by Setas Chemical Co., Turkey. PAE had following properties: 13.92 mg KOH/g acid value, 1.085 mg HCl/g amine value, and 22 cP viscosity at 12.5% solid content. The cationic starch (Pencat 700) and anionic aldehyde starch were provided by Penford Products Co., USA and Solam GmbH, Germany, respectively. The bleached softwood kraft pulp (SCA, Sweden) was used to manufacture test papers. Other chemicals were purchased from Sigma-Aldrich. De-ionised water was used in all experiments.

Methods

ANFC and CNFC production

The bleached sulphite fibres were oxidized according to the method developed by Isogai et al.⁶ The concentration of fibre suspension was adjusted to 0.5% and passed through APV high pressure homogenizer at 100 bar. The ANFC was stored at 4 °C until its use. Cationization of fibril was achieved according to a revised method of Aulin et al.¹⁸ and Zaman et al.³³ The sulphite pulp fibres were firstly beaten to approximately 35 °SR using PFI mill and afterwards enzymatically treated with 2% of endoglucanase at pH 7 using a trizma buffer at 50 °C for 2 hours. After stopping reaction at 80 °C in an oven, pulp was further

beaten to 84 °SR and then homogenized by APV high pressure homogenizer at 500 bar 5 times resulting in more fibrillated structure. In the cationization process, 10% of pulp fibre was put into polyethylene bag with the addition of 1N NaOH. Then, GTMAC was added into suspension with 4:1 ratio to anhydroglucose units in the fibres. The reaction was preceded in a water bath with ultrasonication at 65 °C for 2 hours. The suspension was kneaded by hand every 15 min during reaction period. After cationization, fibres were precipitated with ethanol and diluted again with ethanol and precipitated via centrifugation at 4000 rpm. After 3 times ethanol washing, fibres were washed with de-ionized water with the same procedure. The suspension of cationically modified fibre suspension (1%) was passed through APV high pressure homogenizer at 700 bar 10 times. CNFC gel was stored at 4 °C until its use.

Preparation of cationic aldehyde starch (CAS)

CAS was produced by modification of cationic starch with TEMPO/NaBr/NaClO oxidation.¹² Before oxidation, cationic starch was gelatinized by exposing with steam under vigorous mixing and cooled to the room temperature. TEMPO and NaBr were added to starch solution and mixed while being cooled to 5 °C in an ice bath. The pH was adjusted to 9.5 adding 0.1 M NaOH and sodium hypochlorite was added into mixture solution by dropwise keeping the temperature below 15 °C. When hypochlorite solution was finished, oxidation was completed and 25 ml ethyl alcohol was added to consume all hypochlorite. pH of solution was reduced to 4.8 adding 0.1 M HCl. The modified starch was precipitated with ethyl alcohol and filtered with a coarse filter paper through a Buchner funnel. Starch was dried at the room temperature and stored inside a plastic bag. Aldehyde and carboxyl contents were determined as 0.5 mmol/g and 0.1 mmol/g, respectively.³⁴

Adsorption studies

The adsorption properties of polymer and complexes were studied with Quartz Crystal Microbalance with Dissipation (QCM-D, E-1 model) from Q-Sense Ab, Gothenburg, Sweden. QCM crystals coated with silica were also supplied by Q-Sense (QSX 303/50 SiO₂). With this technique the resonant frequency of the crystal is decreased as the adsorbed mass, Δm , is increased. If the adsorbed mass is evenly distributed, rigidly attached and small compared to the mass of the crystal, then,

$f - f_0 = \Delta f$ is related to the adsorbed mass per unit surface, Δm , by the Sauerbrey equation:³⁵

$$\Delta m = - \frac{C \Delta f}{n} \quad (1)$$

where, n is the overtone number and C is a constant that describes the sensitivity of the device to the changes in mass for the crystals. $C = 0.177 \text{ mgm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ and $n=1, 3, 5$ or to 11.

When the driving power to the crystal is switched off there is decay in the oscillation due to frictional losses in the crystal in the adsorbed layer and in the surrounding solution. The energy dissipation is characterized by dissipation factor D which is related to decay time constant τ as follows:³⁶

$$D = \frac{1}{\pi f \tau} \quad (2)$$

where f is resonance frequency.

The QCM-D instrument measures the change in the dissipation factor during the adsorption process,

$$\Delta D = D - D_0 \quad (3)$$

where D_0 is the dissipation factor of pure quartz crystal immersed in the solvent, D is the dissipation factor when the mass is adsorbed.

After mounting the crystal in the chamber of QCM-D, it was exposed to an aqueous buffer solution containing the same salt concentration (10^{-2} M NaCl) and pH as used for preparation of the nanofibril solution for ensure a stable baseline for the frequency and energy dissipation. The adsorption experiments were then started by exchanging buffer with nanofibril solution. Residual nanofibrils were removed after 15 min by addition of the aqueous buffer solution. The Qsoft software from Q-Sense was utilized to record the changes in the properties of adsorbed nanofibril layer at different overtones during adsorption process. Of these, the third overtone was used for evaluation data basically due to its stability. The concentration of the nanofibril solution was 100 mg L^{-1} in all experiments. All QCM experiments were conducted at constant temperature of 24.0 °C.

Adsorption properties of complexes and polymers were investigated using cellulose model surface. Nanofibrillated cellulose (NFC) was used to prepare model cellulose layer on the silicon oxide crystal used in Quartz Crystal Microbalance with Dissipation (QCM-D) experiments. The NFC was prepared according to a procedure reported in a study of Saito and Isogai³⁷. The mole of COOH of NFC was determined as 1.5 mmol/g.³⁴ Cellulose layer was built on SiO₂ crystal surface with a spin coater. Before using the QCM crystal, it was treated with piranha cleaning solution (H₂SO₄:H₂O₂=3:1) for one minute. It was rinsed with Millipore quality water and dried with N₂ gas. Cleaned QCM-D crystal was dipped in a solution of %1 polyethyleneimine for 5 minutes and rinsed with de-ionized water and dried with N₂ gas. The NFC suspension (0.2%) was dropped on the cationically modified surface of crystal mounted on a chuck of spin coater. Once NMF was dropped to the surface, crystal was started to spin at 3500 rpm for a minute. Then surface was healed in an oven for 4 hours at 105 °C.

Determination of charge density

The particle charge detector PCD III (MÜTEK GmbH, Herrsching) was used to determine the charge densities of the CNFC and ANFC by the polyelectrolyte titration. The volume of polyelectrolyte consumed to reach izoelectric point (0 mV of streaming potential) of samples was recorded and the charge density (q) was calculated by following formulation:³⁸

$$q = \frac{V \cdot n}{m} \quad (4)$$

where V is the volume of polyelectrolyte titrant (mL), n is titrant concentration (eq/mL), m is amount of nanofibrillated cellulose (g). Charge density was calculated in meq/g. The P-DADMAC and polyethylenesulphonate sodium salt (PES-Na) were used as standard cationic titrant and an anionic titrant, respectively.

Conductometric titration

The carboxyl content of ANFC was determined by conductometric titration by calculating from the weak acid curve obtained during titration.³⁹

Handsheet preparation and tensile strength measurement

First, the softwood kraft pulp was beaten in PFI mill (Tappi T 248) at 40 °SR; then the pulp was diluted to 0.5% and after adjusting pH to 7.0 ±0.3, the CNFC was added to suspension. After 10 min mixing at 750 rpm, 400 mL of suspension was used to obtain a handsheet on Rapid Köthen former (Tappi T 205). Afterwards, the wet sheet was dried at 93 °C at a pressure of 90 kPa for 10 min. In the experiments in which the ANFC was used, ANFC was added after addition of CNFC with at a ratio of 1:1; the suspension was mixed for 10 min after each addition. The tensile strength of paper was measured on Zwick Z2.5 Model Universal testing machine equipped with 2.5 kN load cell (Tappi T 494).

RESULTS AND DISCUSSION

Adsorption NFCs on silicon oxide surface

QCM-D studies showed that frequency decreased significantly due to the CNFC adsorption to the negatively charged SiO₂ surface. Electrostatic interaction between CNFC and surface was dominating interaction for this adsorption. During rinsing surface with water (10⁻² M NaCl) at pH 7, frequency increased slightly. It can be due to removing surrounding and entangled nanofibrils from the adsorbed layer of CNFC. The amount of CNFC adsorbed on the SiO₂ surface calculated by Sauerbrey equation is about 1.2 µg/cm². It is similar with adsorption of cationic polyacrylamide (0.5 meq/g charge density and 4.6 10⁶ Da molecular mass) on SiO₂ surface.³¹ After rinsing, 0.3 µg/cm² of mass was removed from the surface. The adsorbed amount of ANFC on CNFC layer is approximately 0.3 µg/cm².

The dissipation value increased substantially with the adsorption (Figure 1). Higher change due to the adsorption indicates the CNFC forms thicker and more viscoelastic layer and uptakes more water molecules. On the other hand, both frequency and dissipation change due to the ANFC adsorption to cationic layer of CNFC are not higher comparing with CNFC adsorption to SiO₂ surface. This indicates that less adsorption of ANFC occurred resulting in a thinner and stiffer layer because of higher charge density and smaller size

of the ANFC. It is noteworthy that dissipation decreased after ANFC adsorption. This was due to the decreasing layer thickness and/or crosslinking CNFC layer by ANFC entering the gaps of layer.

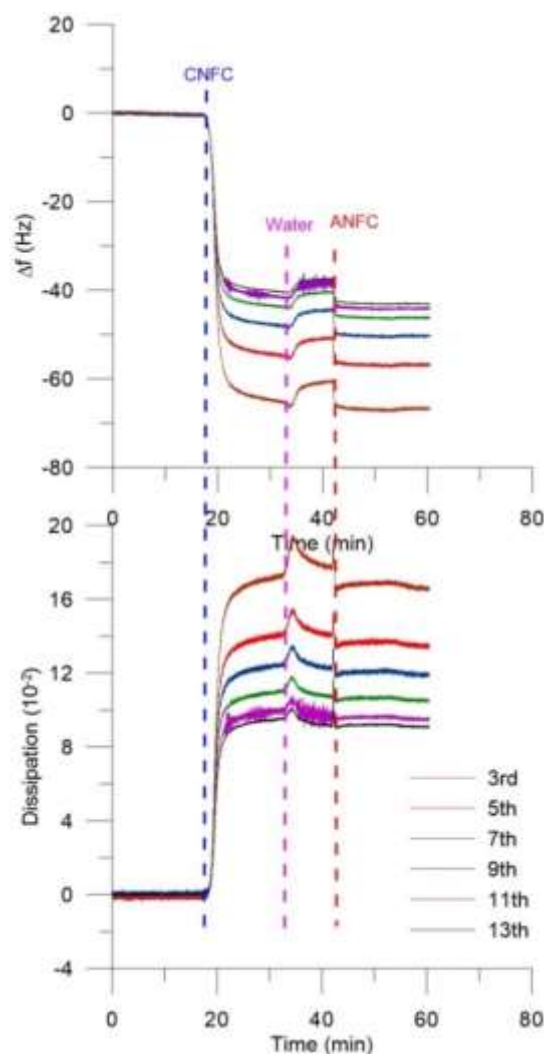


Figure 1. QCM-D data obtained during adsorption nanofibrils (concentration 0.1 g/l, pH 7 and NaCl concentration 10^{-2} M).⁴⁰

Dry strength of paper with NFCs addition

The nanofibrillated celluloses with cationic and anionic charges were also used to enhance dry strength of paper. CNFC was added to fibre solution alone because it has an electrostatic affinity to pulp fibres which present electronegative charge due to carboxyl groups of pulp fibres. On the other hand, the ANFC was added into fibre suspension after treating fibres with CNFC giving cationic charge on the surface for anchoring ANFC. The tensile index of paper increased from 30 kNm/kg to 47 kNm/kg by adding 50 mg/g of CNFC. However, when CNFC was used together with ANFC by half and half, the tensile index increased up to 53 kNm/kg. The second layer with ANFC increased molecular contact area providing more joint points between fibres. The 3D network formation of CNFC and ANFC layers also help interlocking and inter-diffusion mechanisms of fibrils on pulp fibres ensured by beating.

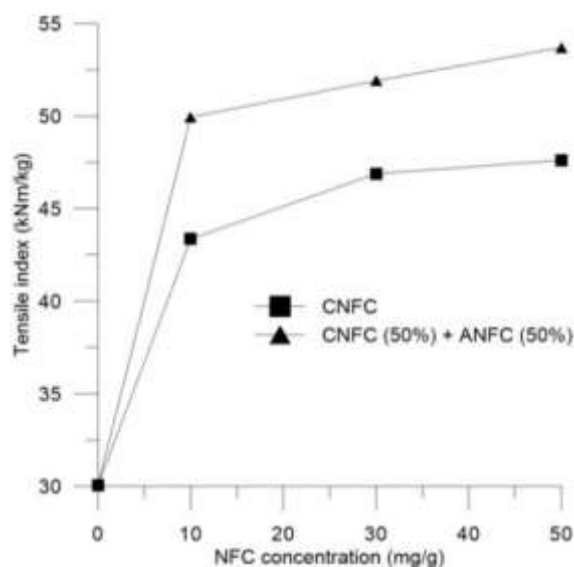


Figure 2. The effect of nanofibrillated celluloses on tensile index of papers.⁴⁰

Adsorption NFCs on cellulose model surface

The adsorbed amount of CAS was higher than that of its complex (SC1), Figure 3a. This is an unexpected result because polyelectrolytes with lower cationic charge density is adsorbed to anionic surface more than polyelectrolyte with higher charge density due to the 1:1 stoichiometric interaction. Aldehyde starch can build the hemiacetal and acetal bonds between aldehyde groups and hydroxyl groups.⁴⁰ Because not only electrostatic interaction but also hydrogen bonding play role during adsorption of cationic starch, decrease in number of free aldehyde and hydroxyl group cause to less adsorption to cellulosic model surface. It can be seen from dissipation curve, CAS formed thicker and softer layer than SC1.

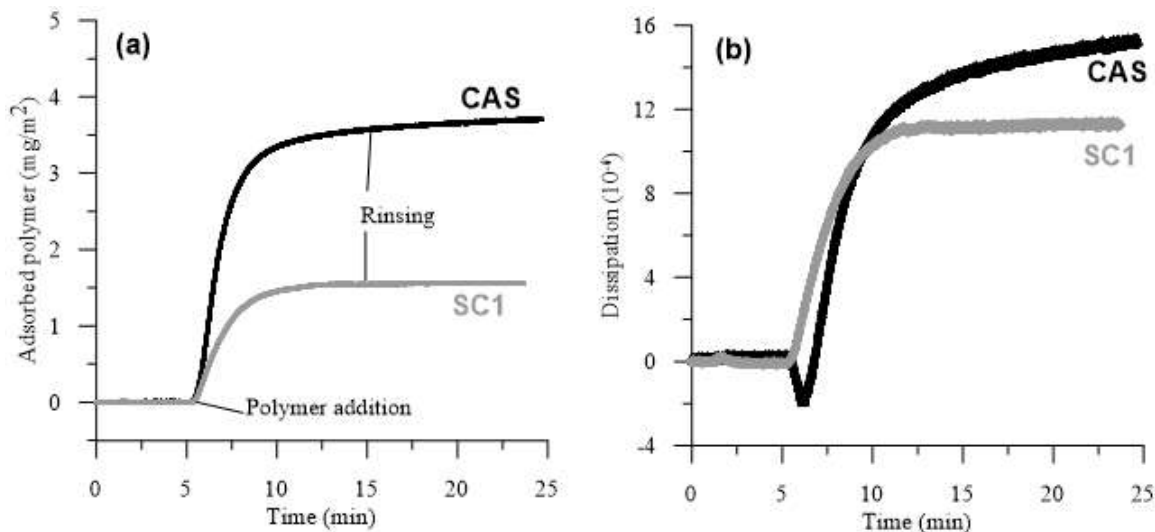


Figure 3. Adsorption of CAS and its complex (SC1) NFC model surface studied by QCM-D (a: Adsorbed polymer and b: Dissipation value).⁴²

The adsorbed amount of PAE is less than its complex because PAE has higher charge density (Figure 4a). Addition to electrostatic interaction, acetal bonds between aldehyde groups and hydroxyl groups can also form between starch molecules and at starch/fibre interface. The dissipation value of PC1 layer is higher because the bigger complex size and higher water interaction, especially with hydroxyl and aldehyde groups on starch.

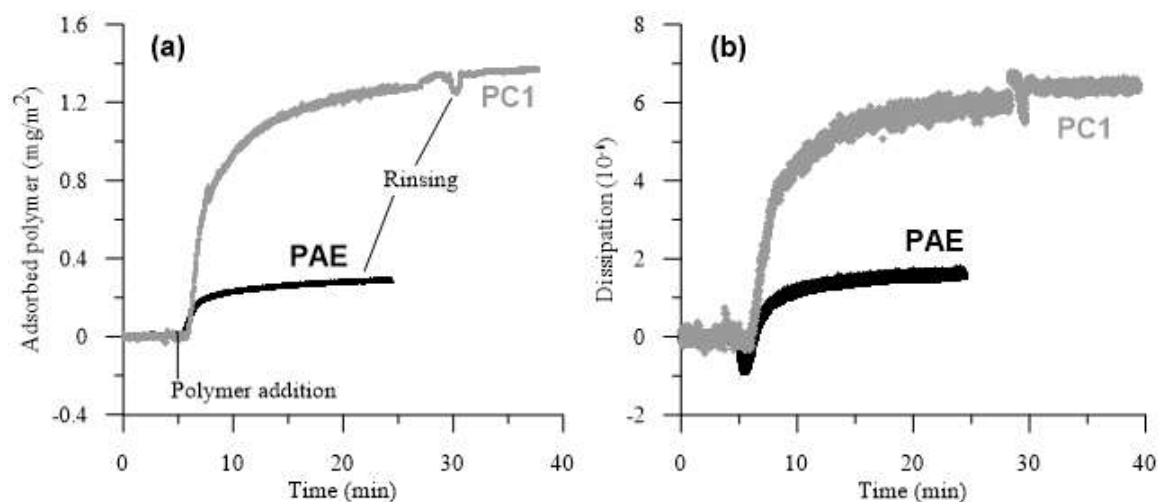


Figure 4. Adsorption of PAE and its complex (PC1) on NFC model surface studied by QCM-D (a: Adsorbed polymer and b: Dissipation value).⁴²

Dry and wet strength properties of paper

Both dry and wet strength enhancements were aimed by mixing two oppositely charged starches having capacity for formation acetal bonds between cellulose. In Figure 5a and b, the efficiency of cationic aldehyde starch and its complexes with AAS in both dry and wet strength of paper were given. The initial positive change of dry tensile strength due to the CAS addition was higher than its complexes (SC1 and SC2), as seen in Figure 5a. However, complexes became more effective after 3 mg/g due to higher adsorption on fibre surface. The initial dry strength increment is parallel to the QCM-D results, which showed higher CAS adsorption compared to its complex. Higher adsorption could provide more hydrogen and acetal bonds addition to electrostatic interaction between fibres.

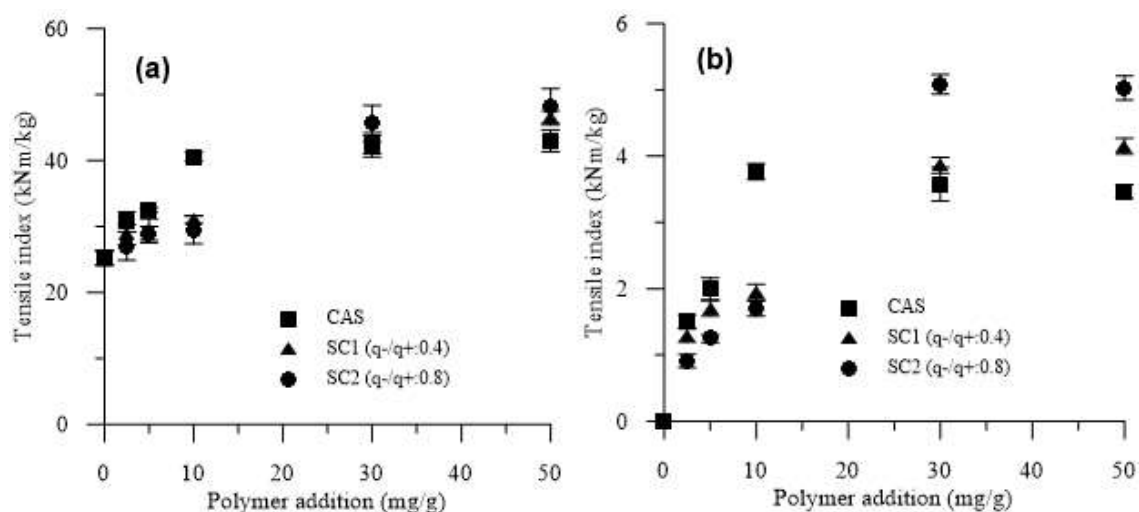


Figure 5. Dry (a) and wet strength (b) improvement of paper depending on addition amount of CAS and its complexes with AAS.⁴²

It is obvious that CDAS increase wet strength to 3.8 kNm/kg i.e. 9.5% relative increase for wet strength which is enough to provide temporary wet strength for toilet papers (Figure 5b). Once polymer addition increased to 3 mg/g complexes gave better performance. It is also found that SC2 (0.8 charge ratio) improved wet strength better than SC1 (0.4 charge ratio). Increase in charge ratio (0.4 to 0.8) means that amount of AAS in complex production increase double times. This causes to decrease in charge density resulting in decreasing adsorption.

It is clear in Figure 6a that single PAE addition to paper provide about 35 kNm/kg dry tensile index which is less than CAS performance. However, PAE gave higher wet strength to paper, as seen in Figure 6b. As mentioned before, PAE has different chemical structure and groups, especially azetidinium groups which

are able to bind to carboxyl group of cellulose with covalent bonds making stronger fibre-fibre network.²⁵ This is also contribute to dry strength of paper, but not as much as aldehyde starches. When the PAE-AAS complex was used, dry tensile index increased at higher polymer concentration, i.e., higher AAS addition. However wet strength of paper decreased when the complexes used.

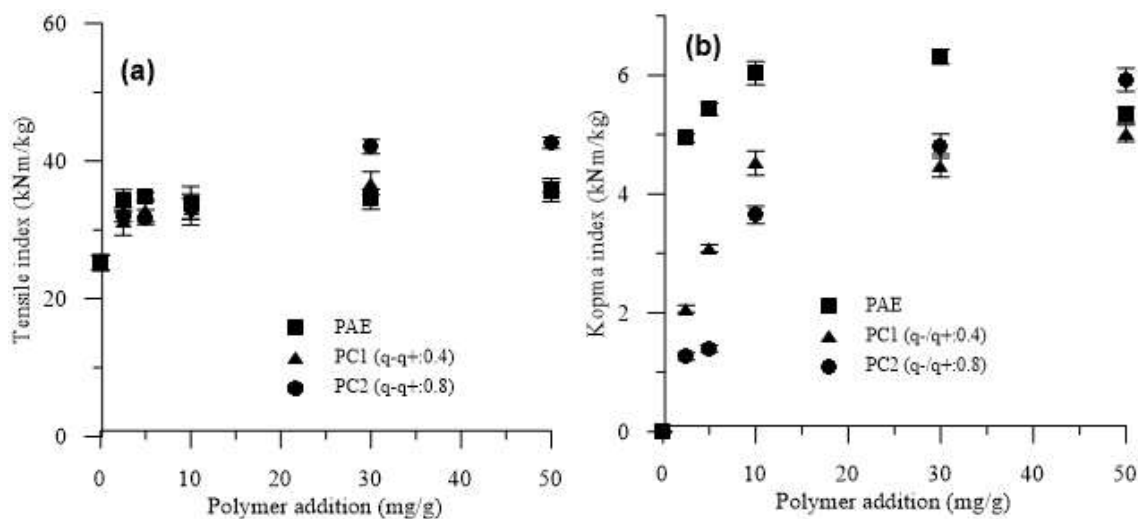


Figure 6. Dry (a) and wet strength (b) improvement of paper depending on addition amount of PAE and its complexes with AAS.⁴²

CONCLUSIONS

The cationic and anionic charged nanofibrils (CNFC and ANFC) were prepared using bleached sulphite pulp. It was found from QCM-D data that CNFC forms thicker layer than ANFC because CNFC has larger size and lower charge density. The tensile index of paper obtained by sequentially addition of the CNFC and ANFC is higher comparing with single addition of the CNFC to fibre suspension. The main reason for that is increase in molecular contact area in the network of pulp fibres with increasing amount of adsorbed cellulose nanofibrils. Moreover, interdiffusion of nanofibrils throughout the adjacent fibres can also increase after ANFC addition and this interlock the fibres network more strongly resulting enhanced paper strength.

The cationic starch containing aldehyde groups (CAS) and PAE were compared regarding their complexes with anionic aldehyde starch (AAS). QCM-D results showed that CAS adsorption on NFC surface was higher than its complex with 0.4 charge ratio ($q-/q+$). However, PAE adsorption was found higher than its complex. This decrease for CAS-AAS complex was attributed to decrease in available hydroxyl and aldehyde groups, which are able to be adsorbed on cellulose by hydrogen and acetal bonds. Finally, complexes of CAS and AAS with aldehyde groups and PAE-AAS can be formed and applied to provide wet strength as well as dry strength improvement of paper, especially when lower and temporary wet strength is needed. The further studies on these kind of complexes should be done regarding the number of functional groups and molecular structure to improve their efficiencies.

Acknowledgements

The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) is kindly acknowledged for financial supports (project number: 110o554).

REFERENCES

1. I. Gonzales, S. Baufi, M. A. Pelach, M. Alcala, F. Vilaseca and P. Mutje, *Bioresources*, **7**, 5167 (2012).
2. A. Olszewska, P. Eronen, L. S. Johansson, J. M. Malho, M. Ankerfors, et al., *Cellulose*, **18**, 1213 (2011).
3. S. Kalia, S. Boufi, A. Celli, S. Kango, *Colloid Polym Sci*, **292**, 5 (2014).
4. H. P. S. A. Khalil, Y. Davoudpour, Md. N. Islam, A. Mustapha, K. Sudesh, et al., *Carbohydr. Polym.*, **99**, 649 (2014).

5. S. Iwamoto, A. Isogai, T. Iwata, *Biomacromolecules*, **12**, 831 (2011).
6. **A. Isogai, T. Saito and H. Fukuzumi**, *Nanoscale*, **3**, 71 (2011).
7. T. Saito, S. Kimura, Y. Nishiyama and A. Isogai, *Biomacromolecules*, **8**, 2485 (2007).
8. M. Henriksson, L. A. Berglund, P. Isaksson, T. Lindström, T. Nishino, *Biomacromolecules*, **9**, 1579 (2008).
9. M. Nogi, S. Lwamoto, A. N. Nakagaito, H. Yano, H. Adv. *Mater.*, **21**, 1595 (2009).
10. H. Sehaqui, N. E. Mushi, S. Morimune, M. Salajkova, M., T. T. Nishino, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **4**, 1043 (2012).
11. T. Taipale, M. Österberg, A. Nykänen, J. Ruokolainen, J. Laine, *Cellulose*, **17**, 1005 (2010).
12. L. M. Manocha, J. Valand, N. Patel, A. Warriar, S. Manocha, *Indian J. Pure. Ap. Phy.*, **44**, 135 (2006).
13. M.O. Seydibeyoglu and K. Oksman, *Compos. Sci. Technol.*, **68**, 908 (2008).
14. T. Zimmermann, N. Bordeanu and E. Strub, *Carbohydr. Polym.*, **79**, 1086 (2010).
15. M. Jonoobi, J. Harun, P.M. Tahir, A. Shakerib, S. Saiful Azry, et al., *Mater. Lett.*, **65**, 1098 (2011).
16. S. Srithongkham, L. Vivitchanont, and C. Krongtaew, *C. J. Mater. Sci. Eng. B*, **2**, 213 (2012).
17. S. Y. Lee, S. J. Chun, I. A. Kang and J. Y. D. Park, *J. Indian Eng. Chem.*, **15**, 50 (2009).
18. A. Pei, N. Butchosa, L. A. Berglund, Q. Zhou, *Soft Matter*, **9**, 2047 (2013).
19. T. T. T. Ho, T. Zimmermann, R. Hauert and W. Caseri, *Cellulose*, **18**, 1391 (2011).
20. J. Illergård, U. Römling, L. Wågberg, M. Ek, *Cellulose*, **19**, 1731 (2012).
21. P. D. Clerck, in “Applications of Wet-End Paper Chemistry”, edited by I. Thorn and C. O. Au, Springer, 2009, pp. 171-194.
22. H. W. Maurer, in “Starch: Chemistry And Technology”, edited by J. B. Miller and R. Whistler, Academic Press, Elsevier, 2009, pp. 663-666.
23. A. C. Bertolini, in “Starches-Characterization, Properties and Applications”, edited by A. C. Bertolini, CRC Press, Taylor & Francis, 2010, pp. 1-2.
24. S. Pal, D. Mal, R.P. Singh, *Carbohydr. Polym.*, **59**, 417 (2005).
25. J. C. Roberts, “The Chemistry of Paper”, The Royal Society of Chemistry, 1996, pp. 119-122.
26. H. Holik, “Handbook of Paper and Board”, Wiley-VCH, 2006, p. 94.
27. X. Yi, S. Zhang, B. Ju, *Starch/Stärke*, **65**, 1 (2013).
28. P. S. Chang, K. O. Park, H. K. Shin, D. S. Suh, K. O. Kim, *J. Food Sci.*, **73**, C173 (2008).
29. Y. DanMi, X. SuYao, T. ChunYi, C. Lin, L. XuanMing, *Chinese Sci. Bull.*, **52**, 2913 (2007).
30. M. Fiedorowicz and A. Para, *Carbohydr. Polym.*, **63**, 360 (2006).
31. B. Andreasson and L. Wagberg, in “Paper Products Physics and Technology”, edited by M. Ek, G. Gellerstedt, G. Henriksson, De Gruyter, 2009, pp. 185-208.
32. A. L. Cimecioglu and J. S. Thomaides, United States Patent No:US 6,586,588 B1 (2003).
33. M. Zaman, H. Xiao, F. Chibante, Y. Ni, *Carbohydr. Polym.*, **89**, 163 (2012).
34. T. Saito, S. Kimura, Y. Nishiyama, A. Isogai, *Biomacromolecules*, **8**, 2485 (2007).
35. G. Sauerbery, *Z. Phys.*, **155**, 206 (1959).
36. F. Höök, M. Rodahl, P. Brzezinski, B. Kasemo, *Langmuir*, **14**, 729 (1998).
37. T. Saito and A. Isogai, *Colloid Surf. A*, **289**, 219 (2006).
38. S. Suty and V. Luzakova, *Colloids Surf. A*, **139**, 271 (1998).
39. T. Saito, S. Kimura, Y. Nishiyama and A. Isogai, *Biomacromolecules*, **8**, 2485 (2007).
40. S., Ondaral, G. Hocaoglu and M. E. Ergün, *Cellulose Chem. Technol.*, **49**, 617 (2015).
41. H. H. Espy, *Tappi J.*, **78**, 90 (1995).
42. S. Ondaral, G. Öztürk, M. E. Ergün, O. Ç. Kurtuluş, İ. Yakin, A Comparison Study On Aldehyde Starch Complexes As A Wet Strength Agent, submitted to *Cellulose Chem. Technol.*

Corresponding author:

Sedat Ondaral

Dep. of Pulp and Paper Technology, Forest Product Engineering

Faculty of Forestry, Karadeniz (Black Sea) Technical University, Turkey

E-mail: ondaral@ktu.edu.tr

INFLUENCE OF PACKAGING MATERIAL ON DRY-CURED SHEEP HAM SUSTAINABILITY

UTICAJ PAKOVANJA U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI I VAKUUMU NA ODRŽIVOST ZLATIBORSKE PRŠUTE

Stanisavljević D., Žugić-Petrović T., Veličković D., Milojković V., Šošević D., Ilić P.
College of Agriculture and Food Technology, Prokuplje, Serbia

Abstract

Modern consumers are looking for high quality safe food, produced from raw materials whose quality is defined in terms of sensory, physico-chemical and microbiological characteristics. Food as well must comply with the advancements of the existing packaging processes and application of new developments in that field. Packaging may affect the sustainability of meat and meat products. Vacuum packaging (VP) and modified atmosphere packaging (MAP) are important in ensuring the longer product shelf life without compromising its quality. The aim of the research was to examine the influence of the type of packaging on the sustainability of Zlatibor dry-cured sheep ham.

Keywords: Zlatibor dry-cured sheep ham, MAP packaging, Vacuum packaging, quality, sustainability

Izvod

Savremeni potrošač traži zdravstveno bezbednu hranu, visokog kvaliteta proizvedenu od sirovina definisanog kvaliteta u pogledu senzornih, fizičko-hemijskih i mikrobioloških karakteristika. Prehrambeni proizvodi, prate napredak u postojećim i primenu novih dostignuća u oblasti pakovanja. Pakovanje može uticati na održivost mesa i proizvoda od mesa. Pakovanje u modifikovanoj atmosferi (MAP) i Vakuumsko pakovanje (VP) su značajni u obezbeđenju što duže trajnosti proizvoda bez negativnog uticaja na kvalitet. Cilj istraživanja je ispitivanje uticaja vrste pakovanja na održivost zlatiborske pršute.

Ključne reči: Zlatiborska sušena šunka, MAP pakovanje, vakuum pakovanje, kvalitet, održivost

1. INTRODUCTION

Nowadays the ever increasing demand for fresh, naturally preserved and high-quality food products that are as little as possible physically and chemically treated during production. This trend imposes before the producers the task to pay attention to the development of processing methods that extend the duration and which exclude artificial additives and preservatives (1). In order to preserve the original sensory and nutritional properties of the raw material it is necessary to apply more lenient treatment in its production, especially milder methods of preservation. Commercial sterility is in such minimally treated food as a rule cannot be achieved, however, in order to extend its sustainability, special attention must be paid to the choice of packaging material (impermeable to gases and moisture) and selection of the packaging (2). For such products most widely used methods of packaging are: modified atmosphere packaging, vacuum packaging and aseptic packaging (2).

Meat packaging under vacuum is an alternative to fresh meat packaging, suitable for storage of the product for up to three weeks. In vacuum packaging, removal of air in the packaging impermeable to oxygen produces anaerobic / microaerophilic eco systems. The oxygen remaining in the packaging turns into carbon dioxide due to meat tissue respiration and bacterial activity. The resulting anaerobic conditions and the inhibiting effect of CO₂ suppress the growth of bacteria *Pseudomonas* and *Achromobacter* species and enable the growth of facultative anaerobes, such as *Lactobacillus* and *Leuconostoc* species (3).

Modified atmosphere packaging can be defined as the removal of air from the packaging and its replacement with a specific gas or mixture of gases. The purpose of this technology is to extend the food shelf life by preventing or slowing down the biochemical processes (oxidation of fats, the formation of metmyoglobin) and the growth of spoilage bacteria (4). Gases that are most frequently used in the modified atmosphere packaging technology are carbon dioxide (CO₂), oxygen (O₂) and nitrogen (N₂) (5). While other gases, such as nitrogen oxide, sulfur dioxide, ethylene, chlorine, ozone, and the propylene oxide are experimentally used, they are not used in MAP technology due to the safety of the product and regulations which limit their use and the price of the packaging (6). In order to properly use the gases it is necessary to

have a thorough understanding of the properties and the role of protective gases as well as the nature and characteristics of the packaged products, such as: the percentage of moisture content, lipid levels, color, pH, etc. While N_2 is an inert gas whose task is to prevent the collapse of packing, CO_2 can inhibit the growth of several types of microorganisms, particularly those that cause spoilage and odors in food stored at refrigeration temperatures, and the advantage is that it is not toxic to humans (7). The presence of oxygen is maintained in the meat by oxygenated myoglobin, oxyhaemoglobin, which gives a bright red color to the meat, which is acceptable for the consumer, and it is of an importance especially in the packaging of fresh meat (5). The parameter of the water activity a_w has been widely used to predict and determine the stability of food, but is correlated with the growth and reproduction of microorganisms, and an array of enzymatic and physical changes that lead to changes in the qualitative sense of the product (8). Special attention was paid to the sustainability of smoked fish that is usually determined with bacteriological status, physical and physico-chemical properties and sensory properties (9, 10, 11, 12).

The aim of the research was to examine the influence of the type of packaging on the speed of microbiological degradation rate of dry-cured sheep ham. To achieve this goal the following parameters were examined:

- change in water activity (a_w value of the hams packed in MAP and VP packaging)
- the presence of microorganisms which are indicators of hygiene, that is, microorganisms of meat spoilage (the total number of aerobic bacteria, the total number of bacteria in the family *Enterobacteriaceae*, the total number of lactic acid bacteria and the total number of *Staphylococcus* species) at specified time intervals of 0, 3, 7, 14, 21, days from the date of packaging.

2. MATERIALS AND METHODS

This research used samples obtained from Zlatibor pork ham, taken from 3 different households with the same method of manufacture in the area of Mackat (Zlatibor), under identical microclimate conditions and of the autochthonous animal species - white pigs, 12-24 months old.

Ham was prepared in a similar manner in all 3 households. The meat was first well rubbed with salt. Salted meat is left so that salt penetrates by diffusion into the deeper layers and evenly throughout the meat, and then added an additional amount of salt. Diffusion of salt in hams cured with 5-6% of salt lasted for at least 4 days per one kilogram of the leg, and in hams cured with 3-4% of salt in proportionally extended period of time. After this phase, the meat was hung on rods in a well-ventilated place where it is pressed for 2-3 hours. Meat prepared in this way is then smoked by cool beech smoke to $16^\circ C$ and dried in a draft.

After the first curing period of 2 months, the ham was washed in order to remove as much salt, then left in a cool, well darkened and ventilated room until complete curing. Because of the traditional way of making dry-cured sheep ham production process begins in the winter months when the temperature is medium-low and humidity high. For microbiological examination 3 samples of Zlatibor ham were taken, packed in MAP and VP, 30 packagings in total. Samples were packed in a modified atmosphere with the ratio of gases: 70% CO_2 + 30% N_2 , while others were packed in vacuum. Intrama Accent 420 automated line was used for packaging in a vacuum and modified atmosphere, produced in Bulgaria. The machine corresponds to Bulgarian and European standards: BDS EN 5022; EN ISO 12100; EN 60204; BDS EN 415-3. MAP and VP packagings hams were maintained throughout the study under laboratory environmental conditions, and at a temperature of $20^\circ C$. Picture 1. shows ham packagings.



Picture 1. Ham packaging

Determination of a_w -value

Measurement of water activity (a_w) in ham packaging was performed by portable device (Decagon Devices, Inc. 2365 NE Hopkins Court, Pullman WA 99163, AquaLab Pawkit water activity meter) according to the manufacturer procedure.

Solution preparation

For ham samples packages were removed with sterile instruments. 10 g were taken from each sample and added to 90 cm³ of sterile saline with peptone (0.8 g NaCl/dm³ and 1 g of peptone/dm³) and stirred for 15 minutes. All further dilutions were accomplished by passing an aliquot of 1 ml volume in a series of decimal dilutions in saline, in accordance with the standard method of sample preparation (SRPS EN ISO 6887-1:2008). After preparation of the primary dilution, further dilutions were carried out in accordance with the aforementioned standard ISO method.

Determination of total number of aerobic bacteria (ACC)

Determination of the number of cells which form colonies on the solid media was carried out by SRPS EN ISO 6887-1: 2008 standard method. 1 ml of the appropriate dilution of the sample is blurred in petri plates for determination of total aerobes (Aerobic Plate Count Petrifilms; 3M Health Care, St. Paul, USA). Petri plates were then incubated at 37°C/72 h, after which colonies were counted.

Determination of number of *Enterobacteriaceae* (EBC)

1 ml of dilution of or its corresponding dilution is blurred on the Petri plates to determine the number of enterobacteria (*Enterobacteriaceae* Count Plates Petrifilms; 3M Health Care, St. Paul, USA). Petri dishes were then incubated at 37°C/24 h, after which typical colonies were counted (AFNOR validated method 3M 01/06 09/97).

Determination of number of *Staphylococcus* species

1 ml of primary dilution or its corresponding dilution was transferred to the solid base - Mannitol salt agar- Chapman Medium (Torlak, Beograd, Serbia), which is in accordance with the standard method of sample preparation (SRPS EN ISO 6887-1:2008). After incubation on mannitol salt agar-Chapman Medium of 37°C/72 h. For determining the number of cells forming colonies on the solid media method EN ISO 6887-1: 2008 is used.

Determination of number of LAB species

Primary or appropriate dilution in an amount of 1 ml was transferred to the solid support base MRS (Torlak, Beograd, Serbia), which is in accordance with the standard method of sample preparation (EN ISO 6887-1: 2008). After incubation on MRS at 37°C/72 h. For determining the number of cells forming colonies on solid media method ISO 15214: 1998 (MRS, Merck) is used.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Microbiological analysis of the ham packed in vacuum and MAP packages in the set period of time of 0, 3, 7, 14, 21 days at room temperature of 20°C, is presented in Figures 1-6. On day one the total number of microorganisms from samples of ham on the agar ranged from 2.58-2.85 log CFU/g, while the a_w value of basic samples ranged from 0.89 to 0.90. Storage of samples vacuum packed and MAP packaging, at room temperature of 20°C, showed an increase in the number of microorganisms all of the groups except for the number of *Enterobacteriaceae* (Figures 1-6). Good hygiene production practice of Zlatibor dry-cured sheep ham was confirmed by lack of isolation of pathogenic Gram negative bacteria in the *Enterobacteriaceae* Count Plates Petrifilms, in the basic pattern, later even in the samples defined by time intervals. Such results may be associated with a_w value which was in a range that does not corresponds to an increase of the

Enterobacteriaceae, which require a_w value of greater than 0.95 for their growth (13). Also, conservational effect of smoke should not be excluded, which is important in inhibiting the growth of pathogenic bacteria in cold smoke products, as well as in the drying process.

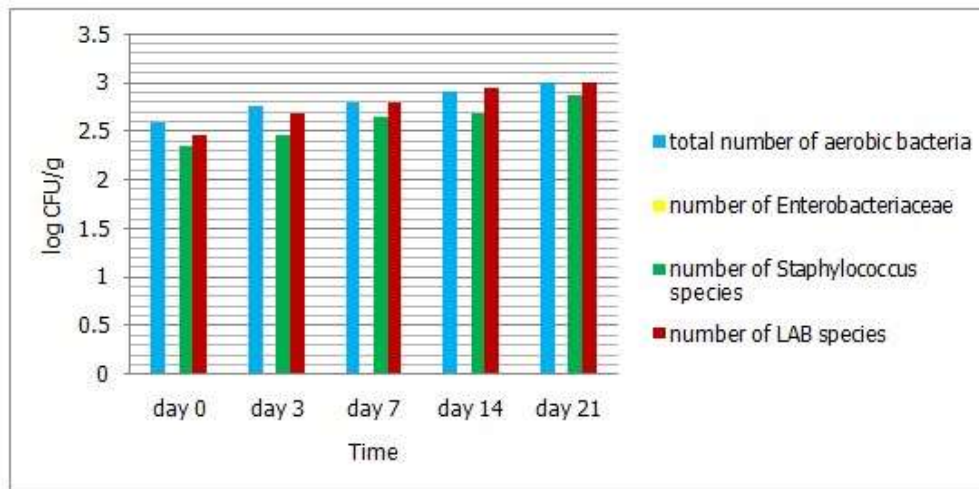


Figure 1. The change in the microbial population in sample I in vacuum packaging

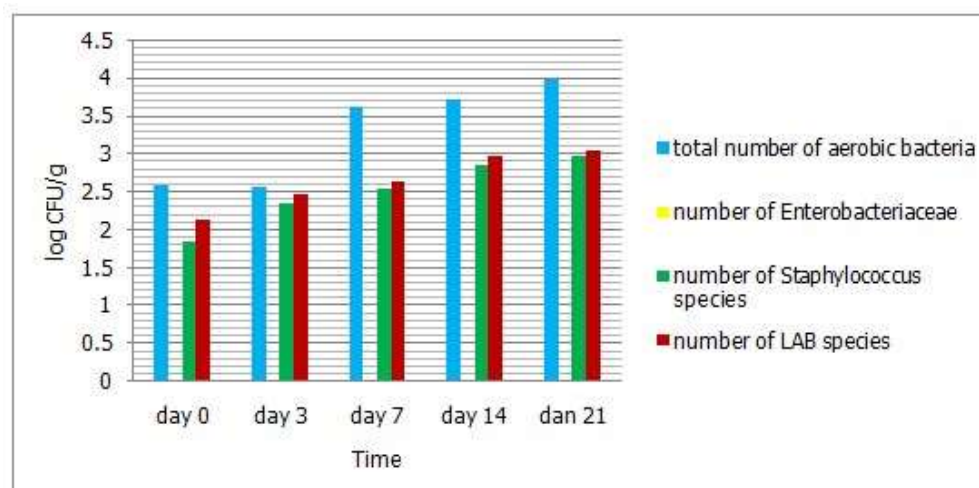


Figure 2. The change in the microbial population in sample II in vacuum packaging

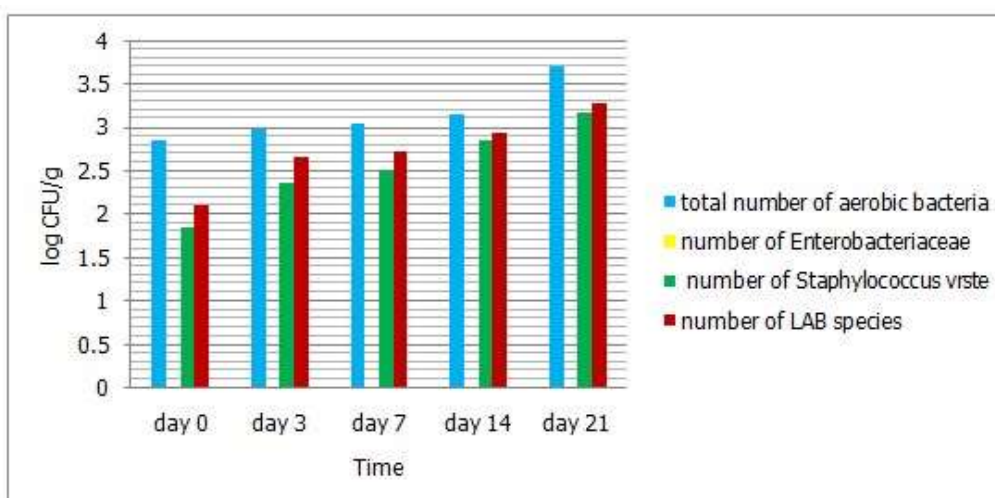


Figure 3. The change in the microbial population in sample III in vacuum packaging

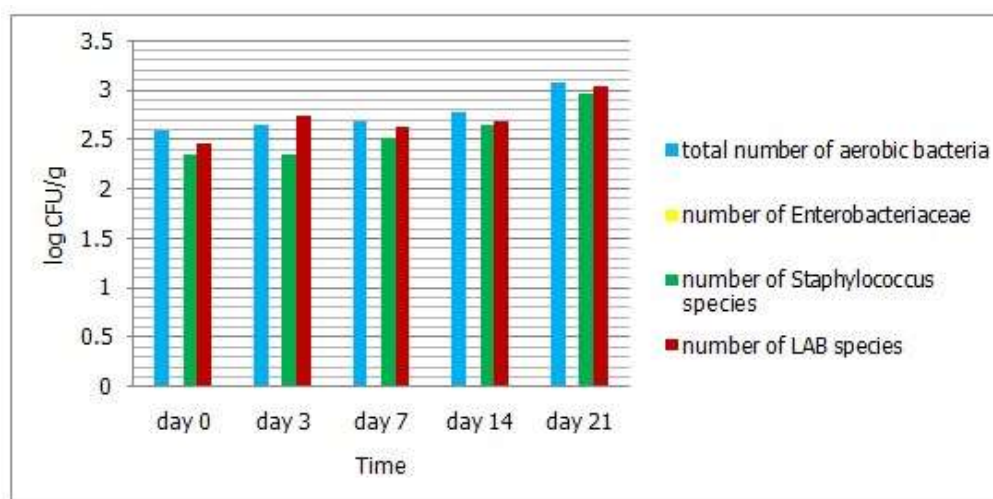


Figure 4. The change in the microbial population in sample I in MAP packaging

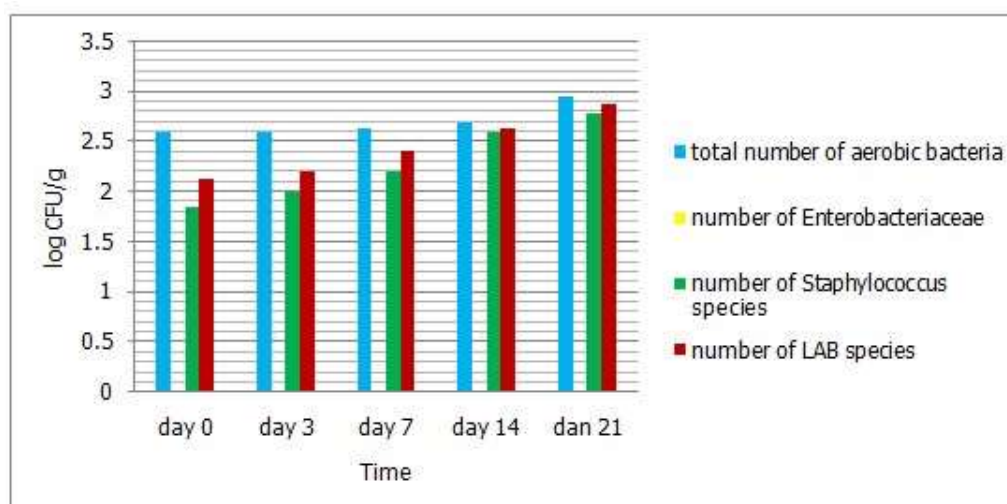


Figure 5. The change in the microbial population in sample II in MAP packaging

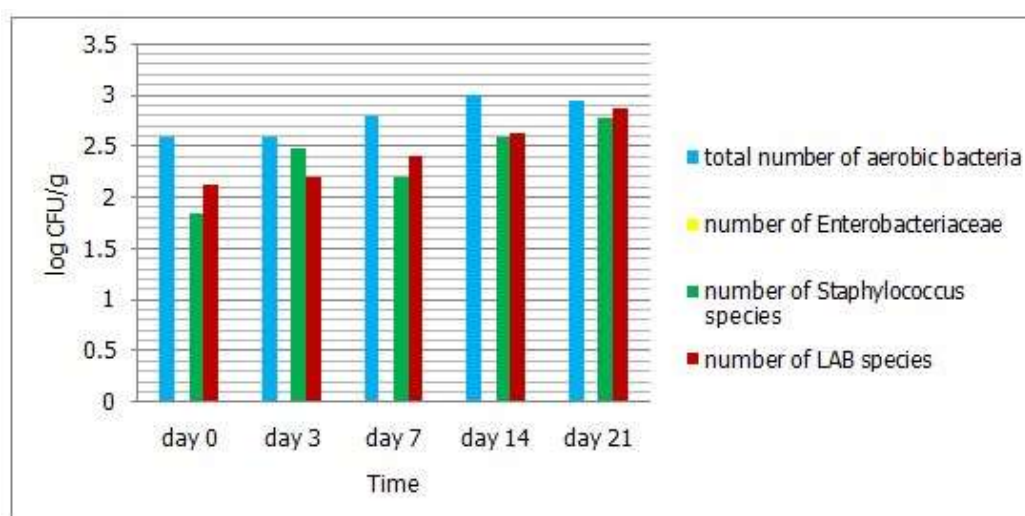


Figure 6. The change in the microbial population in sample III in MAP packaging

From the presented results it can be seen that the number of microorganisms varied and that the maximum increase in the total number of microorganisms detected on the 21st day on agar in a product packed in a vacuum container and it ranged from 3 to 3.98 ± 0.5 log CFU/g.

Gram-positive catalase and oxidase-negative bacilli which have been successfully grown on the MRS were detected as lactic acid bacteria (LAB). In vacuum packaging mucus and milky liquid was detected in all 3 samples which can be attributed to the dominant LAB. LAB were the second most dominant bacterial culture in the cured ham packed in a vacuum packaging, and their number increased from the value of 2.58 log CFU/g on day one in all 3 samples to the value of $3.3.28 \pm 0.1$ log CFU/g, after 21 days (Figures 1-3). As for the change in the number of *Staphylococcus* species of Zlatibor ham packed in vacuum packaging, it recorded lower growth increase in relation to the LAB, and has a value from 1.85 to 3.16 log CFU/g, on day one up to a value of 3.16 log CFU/g in the third sample on the 21st day, which is in accordance with results from other authors (14).

Kiermeier et al 2013 (15) present the results of their research showing that microbial community in MAP remains less diversified than the microbial community in the vacuum packaging of lamb meat, which is consistent with our results. Change in the number of microorganisms isolated from the MAP packaging in many ways is not very different from the number of isolates of vacuum package, so that the total number of microorganisms is slightly larger in the vacuum container and within the limit. Total number of aerobes in ham packed in MAP recorded a slight increase from day one to 21st day when the recorded population size ranged from 2.96 to 3.07 log CFU/g (Figures 4,5,6). Also, the number of microorganisms that grew on MRS medium is slightly higher than the increase detected in mannitol-salt agar in a product which was packed in MAP packaging. This value ranged from 2.8 to 3.03 log CFU/g on the 21st day on MRS, while on mannitol salt agar total number of aerobes in ham packed in MAP was 2.78-2.96 log CFU/g (Figures 4,5,6).

The paper also shows that there is a correlation between the growth of bacteria in the samples packaged in vacuum and MAP packaging and a_w values. Overall, a_w values of 0.98 to 0.99 are most conducive to the development of microorganisms (16). A_w value of 0.93 enables the growth of LAB, while lower a_w value of 0.86 enables the growth of the *Staphylococcus* species (13). The water activity (a_w) of the initial sample of ham packed under vacuum and MAP (samples 1, 2, 3) had a value of 0.89 to 0.90, while the value of a_w after 21 days was 0.94, when the maximum growth of LAB bacteria was detected as dominant microbiota in ham packed in vacuum packaging as wherein the product did not spoil.

4. CONCLUSION

According to the market indicators packaging industry is currently one of the fastest growing industrial sectors, especially in the nutrition, which, in Europe is one of the largest manufacturing production sectors. Vacuum packaging or modified atmosphere packaging may have a big influence on the viability of the product, but also to satisfy the demands of modern consumers seeking high-quality food, which has retained sensory characteristics and nutritional value of the raw material from which it is produced, and that happens to be safe for eating. The main objective of packaging food in a vacuum is the removal of oxygen from food, given that it allows the growth of aerobic microorganisms (bacteria, yeasts and molds) which often lead to the spoilage of meat and meat products, and the packaging of food in modified atmosphere where conservation effects of the applied gasses prevent or slow the growth and reproduction of microorganisms responsible for the possibility of spoilage.

Therefore, the presence and the change in the number of certain groups of microorganisms is often taken as a parameter of the sustainability of the meat. Based on the results it can be concluded that there is a significant correlation between the changes of the water activity (a_w) and the microbiological status of the VP and MAP packaged Zlatibor ham, which has been proven in time continuity of 0, 3, 7, 14 and 21 days, at a temperature of 20°C. Good hygiene practice production of Zlatibor dry-cured sheep ham was confirmed through lack of isolation of pathogenic Gram negative bacterial species of *Enterobacteriaceae*, which were not isolated from tested samples of ham.

REFERENCES

1. S. Kocić-Tanackov, G. Dimić, I. Tanackov, D. Pejin, Lj. Mojović, J. Pejin, Antifungal activity of *Origanum vulgare* L.) extract on the growth of *Fusarium* and *Penicillium* species isolated from food, Hem. Ind. 66(1) (2012), 33–41.

2. Z. Šumić, (2008), Uslovi savremenog pakovanja prehrambenih proizvoda, [www. tehnologijahrane.com](http://www.tehnologijahrane.com).
3. M. Vereš (2004), Principi konzervisanja namirnica, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
4. M. Milijašević, B. Velebit, L. Turubatović, J. Jovanović, J. Babić, Uticaj različitih smeša gasova na održivost svežeg junećeg mesa, *Tehnologija mesa* 49(5-6) (2008), 161–164.
5. L. Martinez, D. Djenane, I. Cilla, J.A. Beltran, P. Roncales, Effect of varying oxygen concentrations on the shelf life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere, *Food Chem.* 94(2006), 219–225.
6. A. L. Brody, „Nano, Nano“ Food Packaging Technology. *Journal of Food Technology*, 12 (2003), 52–54.
7. M. Sivertsvik, W.K. Jeksrud, J.T. Rosnes, A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products—significance of microbial growth, activities and safety, *Int. J. Food Sci. Tech.* 37(2002), 107–127.
8. J.H.B. Christian, Drying and reduction in water activity, In: Lund, B.M., Beird-Parker, A.C., Gould, G.W. *The Microbiological Safety and Quality of Foods*, Gaithersburg, MD: Aspen, (2000), 146–74.
9. S.M. Ibrahim, A.G. Nassar and N. El-Badry, Effect of Modified Atmosphere Packaging and vacuum Packaging Methods on Some Quality Aspects of Smoked Mullet (*Mugil cephalus*). *Global Veterinaria*, 2 (6) (2008), 296–300.
10. I. Siskos, A. Zotos, S. Melidou, R. Tsikritzi, The effect of liquid smoking of fillets of trout (*Salmo gairdnerii*) on sensory, microbiological and chemical changes during chilled storage. *Food Chemistry*, 101(2007), 458–464.
11. M. Cardinal, H. Gunnlaugsdottir, M. Bjoernevik, Marit, A. Ouisse, Vallet, J.L., Leroi, F., Sensory characteristics of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmosalar*) from European market and relationships with chemical, physical and microbiological measurements, *Food Research International*, 37 (2004), 181–193.
12. A.M. Røra, A. Kvale, T. Mørkøre, K. A. Rørvik, S.H. Steien, & M.S. Thomassen, Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmosalar*) in relation to raw material characteristics. *Food Research International*, 31(1998), 601–609.
13. I. Vuković (2012), Osnove tehnologije mesa. Četvrto izdanje, Veterinarska komora Srbije, Beograd.
14. C.M.A.P. Franz, and A. von Holy, *Bacterial populations associated with pasteurized vacuum-packed Vienna sausages. Food. Microbiology* 13 (1996), 165–174.
15. A. Kiermeier, M. Tamplin, D. May, G. Holds, M. Williams, A. Dann Microbial growth, communities and sensory characteristics of vacuum and modified atmosphere packaged lamb shoulders, *Food Microbiology* 36(2) (2013), 305–315.
16. D. Vranić, M. Milijašević, Z. Petrović, J. Đinović-Stojanović, J. Jovanović, S. Lilić, R. Petronijević, Uticaj vakuum pakovanja na hemijske promene u ohlađenom goveđem mesu, *Tehnologija mesa*, (2012), Beograd UDK: 637.514.62:621.798-982 ID:195330060.

Presenting author:

Tanja, Žugić-Petrović MA,

College of Agriculture and Food Technology

Prokuplje, Serbia

Corresponding author:

Stanisavljević Dragana

Bulevar Nemanjića 81/28

18000 Niš, Srbija

email: draganastanisavljevic72@gmail.com

ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI UPRAVLJANJA GRAĐEVINSKIM OTPADOM -NEOPHODNOST UPRAVLJANJA OTPADOM U CPAG INDUSTRIJI

LEGISLATION IN THE FIELD OF DEMOLITION AND BUILDING WASTE MANAGEMENT – NECESSITY OF WASTE MANAGEMENT IN PPPG INDUSTRY

Milena Lekić¹, Dejan Bojović², Vasilije Gašić³, Ivica Ristović¹

¹University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia; ²Serbian Demolition Association, Belgrade, Belgrade, Serbia; ³Kolubara Gradjevinar, Lazarevac, Serbia

Izvod

Stanje upravljanja otpadom od rušenja i upravljanje građevinskim otpadom u Republici Srbiji generalno se može opisati u nekoliko rečenica: Ne postoji zakonska regulativa koja bliže određuje postupak i način upravljanja građevinskim otpadom; Ne postoje zakonom propisane i registrovane deponije otpada od rušenja i građevinskog otpada; Ne postoje ozbiljno organizovane i registrovane firme i postrojenja za upravljanje, tačnije za reciklažu i ponovno korišćenje ovog otpada. Sagledavajući trenutnu situaciju u Srbiji kao i nepostojanje tačne evidencije o sastavu građevinskog otpada, možemo zaključiti da ne postoji ni tačna evidencija količinskog udela celuloze, papira, kartona i ambalaže u građevinskom otpadu.

Ključne reči: *Građevinski otpad, Zakonska regulativa, Upravljanje otpadom*

Abstract

Condition of waste management of demolition and construction waste management in the Republic of Serbia in general can be described in a few sentences: There is no legislative regulations that detail the procedure and manner of management of construction waste; Do not exist legally required and non landfill waste from demolition and construction waste; There is no serious organized and registered companies and plants management, specifically for the recycling and reuse of waste. Looking at the current situation in Serbia and the absence accurate data on the composition of construction waste, we can conclude that there are no accurate records of the quantity of shares of pulp, paper, paperboard and packaging in the construction waste.

Key words: *Demolition and Building Waste, Legislation, Waste management*

1. UVOD

Neadekvatno postupanje otpadom jedan je od ključnih problema u oblasti zaštite životne sredine u Republici Srbiji i isključivo je rezultat neadekvatnog stava društva prema otpadu. Ovaj problem je dobio na značaju u periodu ubrzane industrijalizacije zemlje, koga je pratila realna opasnost od iscrpljivanja nekih strateških resursa u vrlo kratkom vremenskom periodu i progresivan rast ukupne količine svih vrsta čvrstog otpada. Ta dešavanja nije pratila odgovarajuća politika zaštite životne sredine [1]. Porast ukupnog broja svetskog stanovništva doveo je do toga da se generiše sve veća količina otpada i bez ikakvog prethodnog tretmana odlaze na postojeća smetlišta u opštinama. Ovakva praksa onemogućava iskorišćavanje energetske potencijala iz otpada. Suštinski problem u oblasti upravljanja otpadom predstavlja nepostojanje odgovarajuće zakonske regulative i preciznih podataka o količinama generisanog otpada. Veliki broj JKP ne sprovode postupak merenja, niti poseduju adekvatnu opremu, kako bi se ovaj postupak primenio. Takođe, ne evidentiraju posebne tokove otpada, te se pri posmatranju ukupnih godišnjih količina otpada uzimaju u obzir, pored komunalnog i posebni tokovi otpada. Podaci o količinama otpada dostupni u JKP predstavljaju paušalne procene i nisu zasnovani na egzaktnim merenjima i praćenju kroz duži vremenski period [2].

2. ANALIZA OTPADA U EU I SRBIJI

Nije sav otpad smeće, već samo onaj koji se ne može ponovo upotrebiti. (AZŽS)

Prema Zakonu o Upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016) pod otpadom se podrazumeva svaka materija ili predmet koji držalac odbacuje, namerava ili je neophodno da odbaci [3]. Pod otpadom se podrazumeva svaki materijal ili predmet koji nastaje u toku obavljanja proizvodne, uslužne ili druge delatnosti, predmeti isključeni iz upotrebe, kao i otpadne materije koje nastaju u potrošnji i koje sa aspekta proizvođača, odnosno potrošača nisu za dalje korišćenje i moraju se odbaciti. [1].

Vrste otpada su: - komunalni otpad (otpad iz domaćinstva); - komercijalni otpad; - industrijski otpad. U zavisnosti od opasnih karakteristika koje utiču na zdravlje ljudi i životnu sredinu, otpad može biti: - neopasan; - inertan; - opasan. [1].

Ukupna količina otpada u Evropskoj Uniji stvorena privrednim aktivnostima i u domaćinstvima 2012. iznosila je 2 515 miliona tona, što je nešto više nego 2008. i 2010. (2 427 miliona tona odnosno 2 460 miliona tona). Kao što je prikazano u tabeli 1., među državama članicama EU-a bilo je značajnih razlika 2012. i u količinama stvorenog otpada i u aktivnostima kojima je generisano najviše otpada [4].

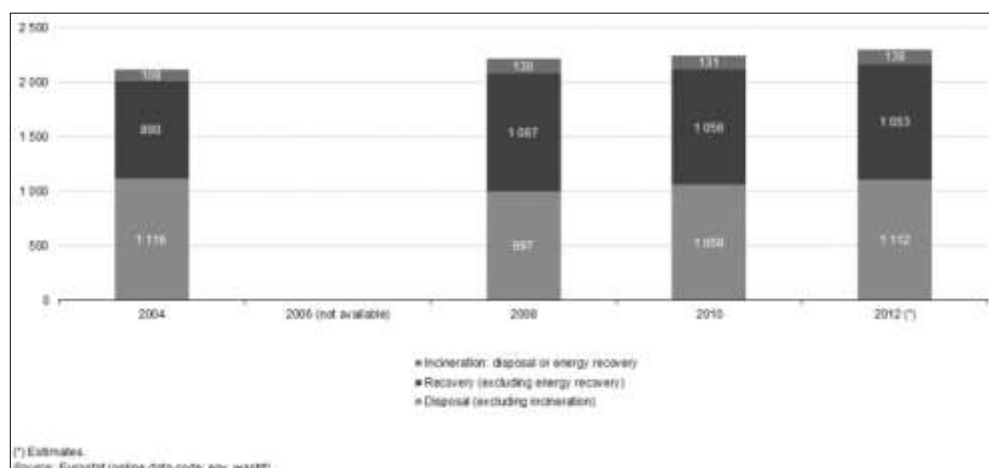
Tabela 1. Generisanje otpada u privredi i u domaćinstvima u Evropskoj Uniji za 2012. u hiljadama tona (Eurostat, 2012)

	Total	Mining and quarrying	Manufacturing	Energy	Construction and demolition	Other economic activities	Households
EU-28	2.515.110	733.980	269.690	96.480	821.160	380.390	213.410
Belgium	67.630	115	17.736	1.314	24.570	18.891	5.004
Bulgaria	161.252	141.083	3.009	9.533	1.033	3.841	2.755
Czech Republic	23.171	167	4.376	1.063	8.593	5.739	3.233
Denmark	16.332	18	1.610	893	3.867	6.216	3.727
Germany	368.022	8.625	56.596	8.050	197.528	60.752	36.472
Estonia	21.992	9.355	4.121	6.258	657	1.165	436
Ireland	13.421	2.025	4.599	396	366	4.379	1.657
Greece	72.328	47.832	4.183	12.259	813	2.383	4.859
Spain	118.562	22.509	14.594	5.772	26.129	28.333	21.224
France	344.732	2.477	21.431	2.100	246.702	42.024	29.996
Croatia	3.379	5	425	108	682	968	1.191
Italy	162.765	720	34.142	3.616	52.966	41.708	29.613
Cyprus	2.086	218	98	2	965	353	451
Latvia	2.310	2	396	133	8	558	1.213
Lithuania	5.679	26	2.551	29	419	1.477	1.177
Luxembourg	8.397	131	509	2	7.079	426	249
Hungary	16.310	91	2.991	2.872	4.038	3.638	2.681
Malta	1.452	45	9	2	1.041	201	155
Netherlands	123.613	179	14.115	1.342	81.354	17.758	8.864
Austria	34.047	51	3.636	622	19.471	6.247	4.020
Poland	163.378	68.035	31.135	20.706	15.368	18.809	9.324
Portugal	14.184	243	3.188	422	928	4.672	4.731
Romania	266.976	223.293	6.029	9.043	1.325	22.638	4.647
Slovenia	4.547	14	1.345	1.069	535	941	641
Slovakia	8.425	311	2.516	1.046	806	2.090	1.657
Finland	91.824	52.880	14.531	1.011	16.034	5.635	1.734
Sweden	156.367	129.481	6.218	1.852	7.656	6.967	4.193
United Kingdom	241.922	24.044	13.596	4.965	100.230	71.580	27.506
Iceland	529	0	93	2	11	191	233
Liechtenstein	467	29	12	0	107	2	316
Norway	10.721	470	2.639	89	1.881	3.205	2.438
Montenegro	386	1	33	351	0	0	0
FYR of Macedonia	8.472	802	1.304	6	0	6.360	0
Serbia	55.003	47.896	760	5.744	364	238	0
Turkey	1.013.226	950.587	13.141	18.424	0	289	30.785
Bosnia and Herzegovina	4.457	72	1.213	3.171	0	0	0
Kosovo	1.167	177	80	151	0	268	490

Na slici 1. prikazan je udeo svake privredne aktivnosti i udeo domaćinstava u generisanju otpada u Evropskoj Uniji u 2012. godini. Udeo gradnje i rušenja iznosi 33% ukupne količine (što iznosi 821 milion tona) a prate ih rudarstvo i eksploatacija (29% ili 734 miliona tona), proizvodnja (11% ili 270 miliona tona), domaćinstva (8% ili 213 miliona tona) i energetika (4% ili 96 miliona tona); preostalih 15% otpada stvoreno je drugim privrednim aktivnostima [4].

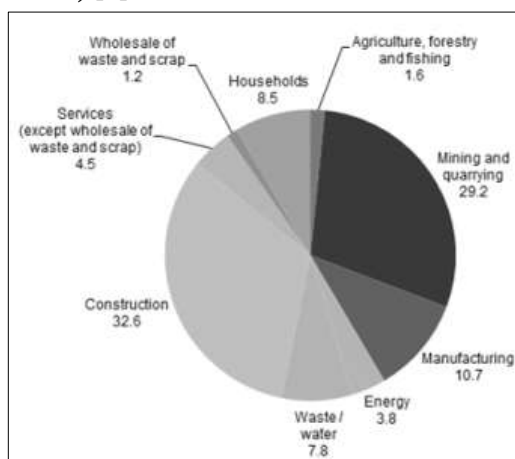
Na grafikonu 1. prikazana su kretanja prerade i reciklaže otpada u Evropskoj Uniji za svaku od glavnih kategorija prerade u razdoblju od 2004. do 2012. Količina zbrinutog otpada 2012. bila je nešto (0,4%) niža

nego u 2004. Količina recikliranog otpada povećala se sa 890 miliona tona 2004. na 1 053 miliona tona 2012., što je povećanje od 18,3% [4].

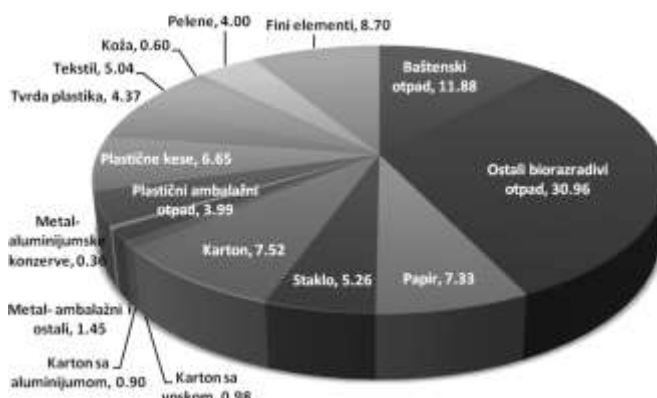


Grafikon 1. Kretanja prerade i reciklaže otpada u EU za svaku od glavnih kategorija prerade u razdoblju od 2004. do 2012 (Eurostat)

Veoma je teško proceniti sastav otpada, koji se generiše u našoj zemlji, jer ne postoje precizni podaci o količinama otpada koji se dovozi na odlagališta i ne vrši se njegova separacija. Razpoloživi podaci su zasnovani na proceni nadležnih u JKP, a predstavljeni su u Izveštaju o stanju životne sredine za 2006. godinu (slika 2) [1].



Slika1. Udeo privrednih aktivnosti i udeo domaćinstava u generisanju otpada u EU u 2012. (Eurostat)



Slika 2. Morfološki sastav komunalnog otpada u Srbiji (Agencija za zaštitu životne sredine, 2012)

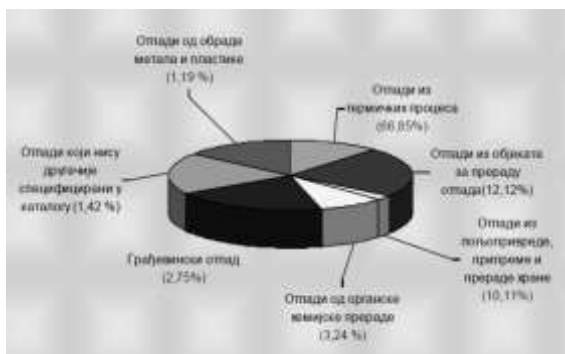
Na slici 3. prikazan je procentualni udeo neopasnog otpada industrijskog porekla (Agencija za zaštitu životne sredine, 2012). Na slici 4. prikazan je procentualni udeo opasnog otpada industrijskog porekla (Agencija za zaštitu životne sredine, 2012).

Na osnovu poslednjeg izveštaja Srpskog Republičkog zavoda za statistiku vidi se da generisani otpad u Republici Srbiji u 2015 godini iznosi u Rudarstvu 41.367.455 t, Snabdevanju električnom energijom, gasom i parom 6.097.417 t, a u Građevinarstvu tek 259.713 t od čega je 98,1% neopasan otpad, a 1,9% opasan otpad [5].

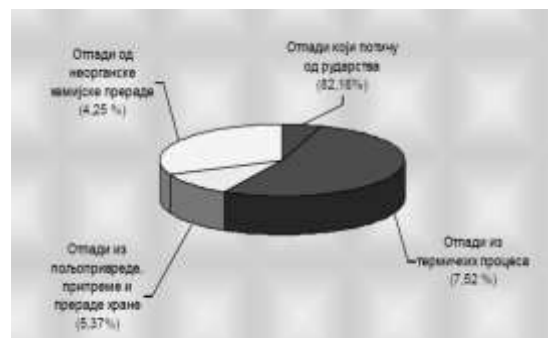
3 GRAĐEVINSKI OTPAD

Građevinski otpad uključuje otpad koji nastaje prilikom gradnje građevina, rekonstrukcije, održavanja ili rušenja postojećih građevina, kao i otpad nastao od iskopanog materijala, koji se ne može bez prethodne obrade koristiti. (sl. Glasnik rs br. 29/10). U proseku sadrži: zemlju od iskopa 75%, otpad od rušenja i građenja (otpada od keramike, betona, gvožđa, čelika, plastika i dr.) 15-25%, kao i otpadni asfalti beton 5-10% [6]. Građevinski otpad je, prema Katalogu otpada, razvrstan u grupu sa indeksnim brojem otpada 17 00 00.

Procenjuje se da u Republici Srbiji godišnje nastaje oko 1 milion t građevinskog otpada i otpada od rušenja. Građevinski otpad u Republici Srbiji završava na deponijama komunalnog otpada, a koristi se i kao inertan material za prekrivanje otpada na deponiji. Reciklaža građevinskog otpada ne postoji (u malim količinama se reciklira asfalt), iako se ponovo može upotrebiti oko 80% građevinskog otpada. Otpad koji sadrži azbest može se naći u građevinskom otpadu. Za zbrinjavanje otpada koji sadrži azbest u Republici Srbiji ne postoji zakonska regulativa. Ne postoji tačna evidencija vrsta, količina, porekla, načina odlaganja građevinskog otpada. U skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom Republike Srbije [3] proizvođači otpada i operateri postrojenja za upravljanje otpadom dužni su da sprovedu program nadzora, monitoringa i vode evidenciju. U skladu sa Zakonom o zaštiti životne sredine Republike Srbije [7], dužni su na zahtev nadležnog organa da dostavljaju podatke. Još nije donešen zakonski propis po kojem bi se proizvođačima otpada naložio način dostavljanja podataka o otpadu.



Slika 3. Procentualni udeo neopasnog otpada industrijskog porekla (Agencija za zaštitu životne sredine, 2012)



Slika 4. Procentualni udeo opasnog otpada industrijskog porekla (Agencija za zaštitu životne sredine, 2012)

Otpad koji nastaje tokom gradnje i rušenja objekata predstavlja u kvantitativnom smislu jedan od najvećih izvora generisanja otpada. Otpad koji nastaje u toku gradnje i rekonstrukcije građevinskih objekata je moguće planirati, kontrolisano prikupljati i zbrinjavati. Za takve aktivnosti neophodna je zakonska regulative i prateća dokumentacija u kojoj se daju podaci o količinama i vrstama građevinskog otpada, način prikupljanja, transporta i izbora mesta i načina njegovog zbrinjavanja [8].

Dosadašnja iskustva u prikupljanju i deponovanju takvog otpada su uglavnom davala rešenja za konačno odlaganje na deponijama komunalnog otpada i upotrebama kao inertnog materijala za saobraćajnice unutar deponija, kao i za dnevno prekrivanje otpada. Problem otpada koji nastaje usled rušenja građevina je teže kontrolisati jer ne podleže kontrolama nadležnih organa, a građevinski otpad se uglavnom nekontrolisano odlaže uz druge vrste otpada, formirajući divlje deponije čime se zagađuje životna sredina i eko sistem. Situacija u Srbiji u pogledu upravljanja građevinskim otpadom je veoma složena. Dosadašnja praksa se uglavnom svodila na nekontrolisano odlaganje građevinskog otpada na divlja odlagališta, doline reka i slično. Na postojeće deponije komunalnog otpada vrši se odlaganje jednog dela građevinskog otpada, što za posledicu ima značajno smanjenje raspoložive zapremine deponija [8]. Podizanje svesti o smanjenju generisanja građevinskog otpada, stvaranje navika i uvođenje zakonskih obaveza za odvojeno prikupljanje građevinskog otpada i reciklažu, te ponovna upotreba recikliranog građevinskog materijala još nije razvijena.

4. ZAKONSKA REGULATIVA U OBLASTI UPRAVLJANJA OTPADOM U EVROPI I SRBIJI

Stanje upravljanja otpadom od rušenja i upravljanje građevinskim otpadom u Republici Srbiji generalno se može opisati u nekoliko rečenica: Ne postoji zakonska regulative koja bliže određuje postupak i način upravljanja građevinskim otpadom; Ne postoje zakonom propisane i registrovane deponije otpada od rušenja i građevinskog otpada; Ne postoje ozbiljno organizovane i registrovane firme i postrojenja za upravljanje, tačnije za reciklažu i ponovno korišćenje ovog otpada. Ovo znači da ne postoji ni sistem razdvajanja otpada na mestu nastanka kao ni sistem razdvajanja opasnog građevinskog otpada od neopasnog. Kako su statistički obuhvaćene veoma male količine ovog otpada u Srbiji pretpostavka je da se velike količine ovog otpada odlažu na komunalne i divlje deponije širom Srbije, bez obzira na to što se građevinski otpad kategoriše kao komercijalni otpad. Ovde treba napomenuti i da je Srbija u postupku otvaranja novih poglavlja za pristup EU

a tiču se životne sredine. Posebno treba naglasiti da se do 2020. godine mora ispoštovati Direktiva EU koja se odnosi na građevinski otpad i koja obavezuje članice EU da je do 2020. godine potrebno da iskorišćenje ovog otpada dostigne 70% ukupno stvorenog otpada iz ove kategorije.

Strategija upravljanja otpadom predstavlja osnovni dokument koji obezbeđuje uslove za racionalno i održivo upravljanje otpadom na nivou Republike Srbije [6].

U okviru regulative i planskih dokumenata EU, sve više se promovise smanjenje nastajanja otpada, što bi smanjilo problem otpada na samom izvoru.

Politika EU o otpadu naglašava razvoj mera kao što su: promovisanje čistije proizvodnje; uklanjanje opasnih karakteristika otpada tretmanom; uspostavljanje tehničkih standarda koji bi ograničili sadržaj određenih opasnih materija u proizvodima; promovisanje ponovnog korišćenja i reciklaže otpada; primena ekonomskih instrumenata u funkciji upravljanja otpadom; analiza životnog ciklusa proizvoda; cirkularna ekonomija; razvoj sistema eko-obeležavanja, itd [6].

Evropska unija nema jedinstvenu pravnu regulativu za upravljanje građevinskim otpadom, kao što je to slučaj za neke druge vrste otpada. Sistem upravljanja građevinskim otpadom mora zadovoljavati opšte ciljeve zahteve određene propisima EU koji uređuju upravljanje otpadom, definisane sledećim propisima [8]:

- Direktiva o otpadu (2006/11/EZ),
- Direktiva o odlagalištu otpada (1999/31/EZ),
- Direktiva o opasnom otpadu (91/698/EEZ, izmenjena Direktivom 94/31/EEZ i Uredbom 166/2006),
- Direktiva o sprečavanju zagađenja životne sredine azbestom (87/217/EEZ izmenjena Direktivom 91/692/EEZ i Uredbom EZ 807/2003).

Generalno stanje upravljanja otpadom u Srbiji može se opisati sledeći način [8]:

- ne postoji zakonska regulativa u oblasti upravljanja građevinskim otpadom,
- ne postoje deponije građevinskog otpada,
- nema organizovane reciklaže i ponovne upotrebe građevinskog otpada,
- velike količine građevinskog otpada nekontrolisano se odlažu,
- građevinski otpad se odlaže na divlje deponije, deo građevinskog otpada odlože se na komunalne deponije,
- divlje deponije su često u blizini naselja i reka,
- nema sistema odvojenog prikupljanja građevinskog otpada,
- nema sistema odvajanja opasnog građevinskog otpada (npr. azbesta) pre početka rušenja, tj. nije definisan način odvajanja, prikupljanja, pakovanja, transporta i zbrinjavanja azbesta i drugog opasnog građevinskog otpada
- ne obavlja se edukacija o upravljanju građevinskim otpadom, a posebno upravljanju otpadom koji sadrži azbest.

5. MERE UNAPREĐENJA ZA UPRAVLJANJE GRAĐEVINSKIM OTPADOM

Građevinski otpad nastaje svakodnevno i to u relativno velikim količinama te je opravdana težnja za njegovim što boljim iskorišćenjem, što prodradujeva njegovu obradu (recikliranje) i ponovnu upotrebu. To je u interesu, ne samo građevinske industrije, nego i društva u celini. Da bi se ostvario ovaj cilj neophodno je u "lancu" upravljanja građevinskim otpadom uvesti obavezujuće mere, ali i stimulisati sve učesnike kako bi građevinski otpad bio što bolje iskorišćen za ponovnu upotrebu, a u najmanjoj mogućoj meri odložen na deponije [9].

Neke od mera koje se mogu preduzeti u svrhu unapređenja upravljanja građevinskim otpadom su [8]:

- donošenje adekvatne zakonske regulative,
- selektivne restrikcije ili zabrane odlaganja građevinskog otpada koji se može reciklirati,
- potpune zabrane odlaganja određenih materijala,
- formiranje „monodeponija“ za odlaganje pojedinačnih materijala koji bi se kasnije mogli iskoristiti u postupku reciklaže i ponovne upotrebe,
- pojačane kontrole planiranja i zaštite životne sredine,
- uvođenje lokalnih, regionalnih i državnih taksi za odlaganje iskoristivog građevinskog otpada.

U cilju promovisanja ponovne upotrebe građevinskog otpada može se preduzeti niz aktivnosti koje nisu isključivo restriktivne prirode, nego trebaju i podsticati recikliranje i ponovnu upotrebu iskoristivog građevinskog otpada. Predlozi aktivnosti koje se preduzimaju u zemljama članicama EU [8]:

- restrikcije ili zabrane odlaganja građevinskog otpada,
- formiranje pojedinačnih deponija za pojedine vrste građevinskog otpada (uključujući skladištenje kako bi se omogućila buduća obrada i obnavljanje),
- primena drugih kontrola zaštite životne sredine i planiranja,
- primena pozitivnih fiskalnih mera uključujući i državnu pomoć,
- finansijska pomoć projektima za razvoj i istraživanje, posebno pilot projektima,
- podsticanje „dobre volje“ i „razvijanje svesti“ kod investitora, izvođača, projekatanta,
- osiguranje finansijske pomoći za edukaciju i obuku, usmerene ponovno korišćenje građevinskog otpada.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu poslednjeg izveštaja Srpskog Republičkog zavoda za statistiku vidi se da Stvoreni otpad u Republici Srbiji u 2015 godini iznosi u u Rudarstvu 41.367.455 t, Snabdevanju električnom energijom, gasom i parom 6.097.417 t, a u Građevinarstvu tek 259.713 t od čega je 98,1% neopasan otpad, a 1,9% opasan otpad. Ovako male količine stvorenog (statistički obrađenog) građevinskog otpada u Republici Srbiji navodi nas na zaključke da ne postoji organizovano upravljanje otpadom od rušenja i upravljanje građevinskim otpadom. Stanje upravljanja otpadom od rušenja i upravljanje građevinskim otpadom u Republici Srbiji generalno se može opisati u nekoliko rečenica: Ne postoji zakonska regulative koja bliže određuje postupak i način upravljanja građevinskim otpadom; Ne postoje zakonom propisane i registrovane deponije otpada od rušenja i građevinskog otpada; Ne postoje ozbiljno organizovane i registrovane firme i postrojenja za upravljanje, tačnije za reciklažu i ponovno korišćenje ovog otpada. Ovo znači da ne postoji ni sistem razdvajanja otpada na mestu nastanka kao ni sistem razdvajanja opasnog građevinskog otpada od neopasnog. Kako su statistički obuhvaćene veoma male količine ovog otpada u Srbiji, pretpostavka je da se velike količine ovog otpada odlažu na komunalne i divlje deponije širom Srbije, bez obzira na to što se građevinski otpad kategoriše kao komercijalni otpad. Ovde treba napomenuti i da je Srbija u postupku otvaranja novih poglavlja za pristup EU, a tiču se životne sredine. Posebno treba naglasiti da se do 2020. godine mora ispoštovati Direktiva EU koja se odnosi na građevinski otpad i koja obavezuje članice EU da je do 2020.godine potrebno da ponovno korišćenje ovog otpada dostigne 70% ukupno generisanog otpada iz ove kategorije.

Sagledavajući trenutnu situaciju u Srbiji kao i nepostojanje tačne evidencije o sastavu građevinskog otpada, možemo zaključiti da ne postoji ni tačna evidencija količinskog udela celuloze, papira, kartona i ambalaže u građevinskom otpadu. Sigurno je samo da u sastav građevinskog otpada ulaze velike količine ovih otpadnih materijala koji se mogu izdvojiti na mestu nastanka pre rušenja i u toku građenja i nakon reciklaže ponovo koristiti kao resurs.

Literatura

- [1] Agencija za zaštitu životne sredine, Industrijski i komunalni otpad u Srbiji;
- [2] Stanković G.: "Recycling of demolition and building waste", Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor;
- [3] Zakon o upravljanju otpadom („Sl.glasnik RS“, br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016);
- [4] Statistički podaci o otpadu, Eurostat-Statistic Explained, http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste_statistics/hr#Obrada_otpada
- [5] Republički zavod za statistiku, <http://www.stat.gov.rs/WebSite/Default.aspx>
- [6] Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine („Sl.glasnik RS“, br. 29/10);
- [7] Zakon o zaštiti životne sredine („Sl.glasnik RS“, br. 135/2004 i 36/2009);
- [8] Đukić V., 2013: "Mogućnosti upravljanja građevinskim otpadom u Republici Srpskoj", Časopis "Zaštita Materijala", Broj 1, str. 87- 92, UDC:351.777.613:691
- [9] Energy and Material from Residues and Waste, Verlag fur Umwelttechnik, Berlin,1982.

Corresponding author:

M.Sc. Milena Lekić

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology,

Djušina 7, 11000 Belgrade,

milena.lekic@rgf.rs

PREZENTACIJA FIRME SUPERLAB, BEOGRAD, SRBIJA

PRESENTATION OF THE SUPERLAB COMPANY, BELGRADE, SERBIA

Jelena Vučićević
Superlab, Novi Beograd, SERBIA

Sektori firme SUPERLAB:



DISPOLABHEM

Sektor prodaje potrošnog laboratorijskog materijala



GENERALLAB

Sektor prodaje laboratorijskih aparata i instrumenata



ANALYTICALAB

Sektor prodaje spektroskopskih i hromatografskih instrumenata, prateće opreme i potrošnog materijala



INGLAB

Sektor prodaje laboratorijskog nameštaja, sigurnosnih ormara i projektovanja laboratorija



FOODLAB

Sektor prodaje laboratorijske opreme i potrošnog materijala za kontrolu kvaliteta



MED&MED

Sektor prodaje opreme za medicinsku dijagnostiku



MEDILAB

Sektor prodaje opreme i reagenasa za medicinske laboratorije



MICROBIOGENLAB

Sektor prodaje potrošnog materijala i opreme za mikrobiološke, genetske i molekularno - biotehnoške laboratorije (industrijska i bela biotehnologija)



PHARMALAB

Sektor prodaje laboratorijske opreme i potrošnog materijala za farmaceutske i apotekarske (galenske) laboratorije



WATERLAB

Sektor koji nudi celokupan asortiman opreme za pijaće i industrijske vode



VETLAB

Sektor prodaje opreme i instrumenata za veterinarsku medicinu



SERVICELAB

Sektor servisnog održavanja i tehničke podrške



METROLAB

Laboratorija za etaloniranje merila: mase, zapremine i optičkih veličina



INSTITUT SUPERLAB

laboratorija za ispitivanje kvaliteta i zdravstvene ispravnosti vode za piće, hrane, hrane za životinje i predmeta opšte upotrebe

<https://www.super-lab.com/>

EFFECT OF PAPER SAMPLE-FORMING CONDITIONS ON DEFORMATIONAL BEHAVIOR OF PAPER

UTICAJ USLOVA FORMIRANJA UZORAKA PAPIRA NA DEFORMACIONO PONAŠANJE PAPIRA

Yakov Kazakov, Anastasiya Romanova

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Severnaya Dvina Emb,
Arkhangelsk, Russia*

Summary

The paper presents the quantitative analysis of experimental data received from the tensile test conducted for paper samples manufactured on dynamic sheet former at varying parameters of sheet-formation, and determination of quantitative regularities which connect forming parameters and deformation behavior of the paper samples. Strain characteristics of the samples obtained at the tensile test were defined, the impact of preset forming parameters on paper behavior at application of tensile load was quantified.

Key words: *tensile test, sheet-formation, quantitative regularities, forming parameters, paper deformation behavior, paper strain characteristics.*

Izvod

U radu je prikazana kvantitativna analiza eksperimentalnih podataka dobijenih ispitivanjem zatezanjem uzoraka papira načinjenih na uređaju za dinamičku izradu listova pri promenljivom parametrima. Osim toga prikazano je i određivanje kvantitativnih pravilnosti koja povezuju parametre formiranja sa deformacionim svojstvima uzoraka papira. Definisane su naponske karakteristike uzoraka prilikom testa zatezanjem, i kvantifikovan je uticaj pretpodešenih parametara pri formiranju na ponašanje papirapa prilikom zatezanja.

Ključne reči: *test zatezanjem, formiranje lista, kvantitativne pravilnosti, parametri formiranja, defomaciona svojstva papira, naponska karakteristika papira.*

INTRODUCTION

Paper possesses a complex composition of its structural elements which includes fibers come different nature, size, shape and processing, and auxiliary substances as well. Paper structure has its inherent anisotropy of distribution, orientation and interaction of its structural elements in the sheet volume, mainly plant fibers that conditioned by technology features. The presence of bonds among structural components, arise during the manufacturing process of a paper sheet are defined by their interactions; this is largely conditioned by mechanical and other properties of paper.

Anisotropy of the paper structure is formed during the process of paper web formation, and is directly related to the morphological traits of the structural elements constitution, as well as the technological process factors, the technical characteristics of equipment, etc. [1]. To optimize the deformation and strength properties of paper it becomes possible due to directed regulation of the paper anisotropy by varying the paper formation process parameters.

EXPERIMENTAL

The experiment to assess the influence of forming parameters on the paper properties was conducted in the Innovation and Technology Center (ITC) "Modern processing technologies of bioresources of the North" of the Northern (Arctic) Federal University (Arkhangelsk). To made the paper samples it was used the laboratory complex (TechPap, France), which includes Automated Dynamic Handsheet Former (FDA), the laboratory press and the laboratory dryer [1]. The complex provides an opportunity to model, produce and study different fibrous structures and allows maximally approximating the properties of the obtained paper and cardboard samples to products of Paper Machine.

The some forming parameters, such as the speed-control of the wire motion and the fibrous mass flow velocity onto the wire, the selection of jets with different nozzle hole diameters can be changed when working on FDA. In order to regulate parameters mentioned above, taking into account the fiber composition, makes it possible to obtain laboratory samples with different anisotropy of their structure. The forming parameters which were used to make the laboratory paper samples from sulphate bleached softwood and hardwood pulp with freeness degree 30°SH with high, medium and low anisotropy are given in Table 1. The samples with basic weight of 90 g/m² and dimensions of 245 × 900 mm were obtained.

Table 1. The forming parameters used for manufacturing the laboratory samples on FDA

Factor	Regulated parameter	Parameter value for modes		
		1	2	3
Wire speed motion	The circumferential speed of the forming wire of FDA, $\square$, m/min	800	950	1200
Jet velocity (jet pressure)	The pump revolution feeds the mass onto the wire, p, rpm	1400	1200	600
Nozzle diameter	Nozzle size, d	2504	2510	2504
Anisotropy	Anisotropy	min	med	max

RESULTS

The anisotropy degree can be visually assessed through the orientation degree of dyed fibers injected into the paper composition at forming stage. There are images of the obtained anisotropic samples made from softwood pulp shown in Fig. 1. The subsequent visual analysis of injected dyed fibers allowed quantifying the orientation degree and geometric parameters of the fibers in the paper structure [2].



Fig. 1. Scanned images of the anisotropic paper samples of softwood pulp with partially dyed fibers obtained by modes: a – «min»; b – «med»; c – «max»

The degree of the stiffness anisotropy under tension was measured with L&W TSO SE 150 ultrasonic tester. The following characteristics were determined: TSI_{MD} is the stiffness index under tension in the machine direction (MD); TSI_{CD} is the stiffness index under tension in the cross direction (CD); $TSI_{MD/CD}$ is the ratio of stiffness indices in the machine and cross directions, table 2.

The results unequivocally confirmed the difference in the degree of the stiffness anisotropy under tension for the laboratory paper samples, that for hardwood pulp were from 1.87 to 4.76, for softwood pulp – from 1.75 to 3.93. There was a decrease of the heterogeneity of the paper samples structure estimated by the formation index with an increase in the degree of anisotropy. This fact is associated with an increase in the degree of fiber orientation [2].

To evaluate the deformation properties of the paper samples on application a tensile load with the consequent obtaining and mathematical processing of the stress-strain relations (σ – ϵ) it was used a laboratory test complex including the tensile tester “TEST SYSTEM 101” and the PC according to the method [3] with specially developed software [4].

Table 2. Comparison of the characteristics of the obtained laboratory samples with minimum, medium and maximum anisotropy

Characteristic	Hardwood pulp			Softwood pulp		
	1 (min)	2 (med)	3 (max)	1 (min)	2 (med)	3 (max)
Stiffness anisotropy characteristics, TSI						
TSI_{MD} , kN·m/g	15.1	20.1	21.4	13.6	18.4	19.73
TSI_{CD} , kN·m/g	8.1	5.0	4,5	7.8	5.6	5.0
$TSI_{MD/CD}$	1.87	3.98	4.76	1.75	3.29	3.93
Physical characteristics						
Basic weight, g/m ²	84.9	89.7	87.1	82.4	89.6	89.8
Density, g/m ³	0.80	0.75	0.77	0.74	0.72	0.74
Formation-index, If	38.8	33.7	32.7	50.2	42.3	46.0
Strength characteristics						
Failure stress σ_{pMD} , MPa	95.5	122.2	133.3	87.2	116.7	132.6
Failure stress σ_{pCD} , MPa	43.4	26.6	21.0	50.5	30.3	23.3
Failure strain ε_{pMD} , %	2.20	2.22	2.00	2.83	2.74	2.62
Failure strain ε_{pCD} , %	2.79	4.10	3.66	4.42	4.66	4.50

There are shown “stress-strain” curves for the laboratory paper samples with the different anisotropy degree in figure 2.

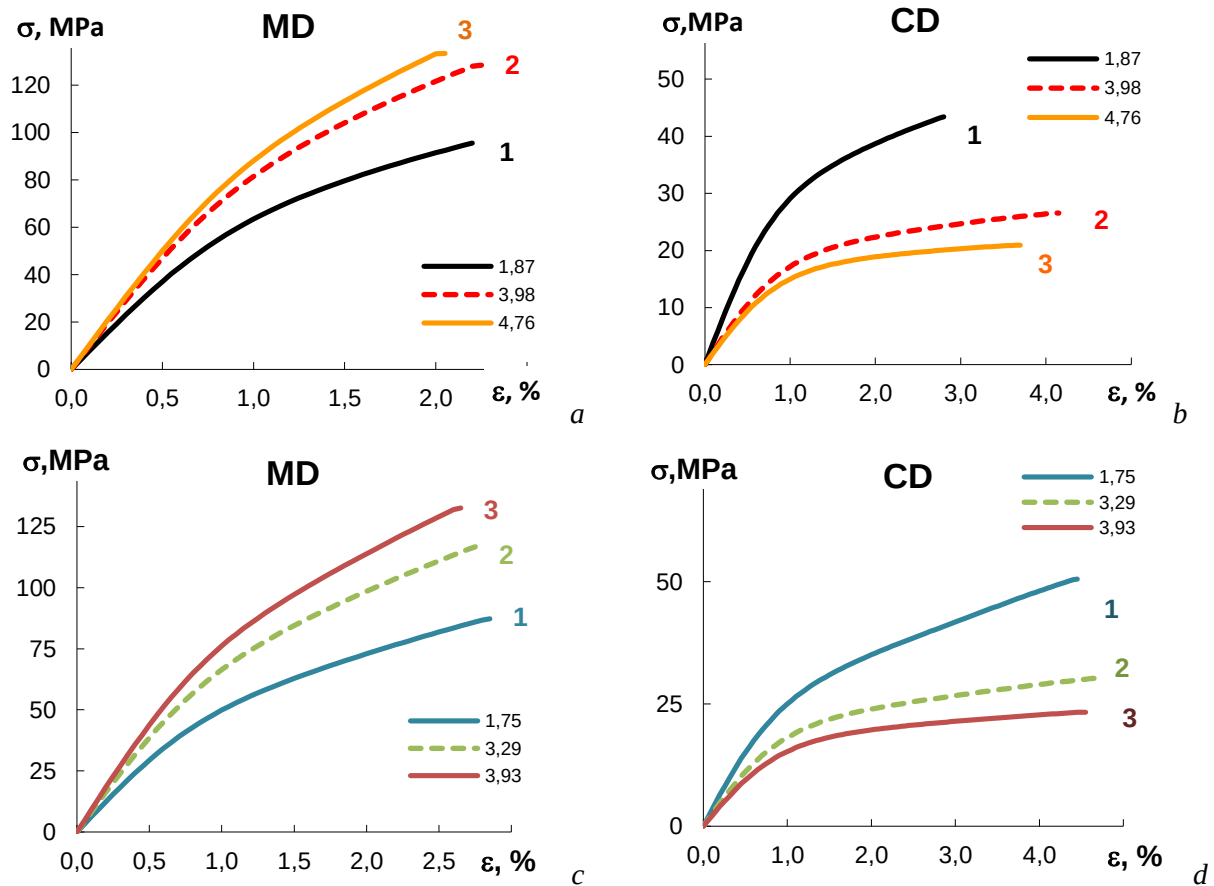


Fig. 2. “Stress-strain” curves for the samples from kraft bleached hardwood (a,b) and softwood pulp (c,d) with different TSI anisotropy degree: a,c – MD and b,d – CD; modes: 1 – “min”, 2 – “med”, 3 – “max”

Analyzing data received from the experiment it can be noted, that with an increase in the degree of anisotropy the “ σ – ε ” curves for the samples go higher (strength increases), with greater slope (stiffness increases) in machine direction, but at the same time their length decreases (stretchability decreases); in the cross direction on the contrary, with an increase in the degree of anisotropy, the curves go lower, and their length is longer. As an important aspect, it is worth a mention that tension values rise in MD for the samples from both wood pulp, but decrease in CD.

Thus, the change in the nature of paper deformability under tension is visually demonstrated; it is reflected in deformation and strength characteristics values. It was found out that with the same forming parameters, the anisotropy degree of the samples from kraft hardwood pulp is higher than from softwood pulp, it is related to the fiber geometric size and their ability to orientate in the moving water suspension.

There were a rise in deformation and strength characteristics of the samples in MD with an increase in the degree of TSI_{MD/CD} anisotropy, and a decrease in deformation and strength indices in CD.

The strength anisotropy under tension (2.22 ... 6.27 for hardwood and 1.73 ... 5.82 for softwood pulp) was significantly higher than the TSI stiffness determined by the ultrasonic method. Therefore, when optimizing the mode of forming, it was necessary to take into account simultaneous and multidirectional changes in the properties of paper in MD and CD.

CONCLUSIONS

The using of FDA makes it possible to establish dependency between sheet-forming conditions of the anisotropic structure and the anisotropy degree by elastic and destructive characteristics of paper, and to quantify the effect of the anisotropy degree on the strain and strength properties of laboratory paper samples.

Hereby, the influence of sample-forming conditions on deformation behavior of paper was scrutinized, quantitative regularities connect molding parameters and strain characteristic of paper were determined.

References

1. Kazakov, J.V. The structure and properties of laboratory anisotropic samples from pulp and paper materials. / Pulp, paper and cardboard. 2013. № 6. pp.56–60.
2. Romanova, A.N., Kazakov, J.V. Measurement of the fiber orientation degree in the anisotropic paper structure. In coll. "Actual problems of metrological support for applied research practice" of All-Russia Scientific-techn. confer. of young scientists, aspirants and students (November 21-23, 2016) // North. (Arctic.) Feder. Univ. (RU), Arkhangelsk. 2016. pp.219–227.
3. Komarov, V.I., Kazakov, J.V. Analysis of pulp and paper materials mechanical behavior on application of the tensile load / Forestry Bulletin by MSTU. 2000. № 3 (12). pp.52–62.
4. Certificate Number 2001610526 of Russian Federation. Certificate of state registration of the computer program. Software of Laboratory test complex to evaluate deformability and strength of pulp and paper materials (KOMPLEX). / Kazakov, J.V., Komarov, V.I. The applicant and rights holder NArFU (RU). Number 2001610250; appl. 11.03.2001; publ. 10.05.2001, the Register of Computer Programs. – 1 p.
5. Kazakov, J.V., Romanova, A.N., Chukhchin, D.G. Effect of fiber orientation degree on paper deformation properties. "The issues in mechanics of pulp and paper materials": Proceedings of III Intern. Scientific-techn. Conf. (Arkhangelsk, September 9-11, 2015) // North. (Arctic.) Feder. Univ. (RU), Arkhangelsk. Arkhangelsk. 2015. pp. 298–303.

Presenting author:

Yakov Kazakov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
17, Severnaya Dvina Emb, Arkhangelsk, Russia.

E-mail: j.kazakov@narfu.ru

STRATEŠKO REPOZICIONIRANJE INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA U SRBIJI - KA ODRŽIVOSTI ¹

STRATEGIC REPOSITIONING FOR THE PULP AND PAPER INDUSTRY IN SERBIA - TOWARDS SUSTAINABILITY ²

Petar Đukić³

Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Izvod

Sve su izraženija nova pravila igre u svetskoj privrednoj strukturi i industriji. Ona se u najvećoj meri tiču podsticaja konkurentnosti, ekonomske interakcije, energetske efikasnosti i ekološke podobnosti. Prerađivačka industrija Srbije još uvek boluje mnoge bolesti „nedovršene“ tranzicije. Konkurentnost sa jedne strane, ekološka održivost, energetska i resursna efikasnost sa druge, ključni su izazovi nove ekonomije. Industrija celuloze i papira prolazi kroz vrlo dinamične tehnološke i organizacione promene, koje vode ka višem nivou reciklaže, manjoj potrošnji energije po jedinici proizvoda, nižem i „prijateljskom“ uticaju na okruženje. Iako ovi zahtevi postaju sve strožiji, oni su ujedno i prilika da se restrukturiranje dovede do kraja.

Ključne reči: struktura nove ekonomije, ekonomsko-tehnološka interakcija, konkurentnost, tehnološko restrukturiranje

Summary

The new rules of the game in the global economic structure and industry are becoming more pronounced. They are largely related to the incentives for competitiveness, the economic interaction, the energy efficiency and the environmental suitability. The manufacturing industry in Serbia still suffers from many "unfinished" transition diseases. Competitiveness on the one hand, environmental sustainability, energy and resource efficiency on the other, are the key challenges of the new economy. The pulp and paper industry is going through very dynamic technological and organizational changes, which lead to a higher level of recycling, lower energy consumption per unit of product, lower and "friendly" impact on the environment. Although these requirements are becoming more rigorous, they are also an opportunity to bring the restructuring to an end.

Keywords: structure of the new economy, economic and technological interaction, competition, technological restructuring

UVODNE NAPOMENE

Umesto o globalnom partnerstvu za održivi rast i razvoj, na međunarodnoj sceni sve više dolaze do izražaja ogromne protivrečnosti između velikih sila, uglavnom oko strateških uticaja i preraspodele moći i dominacije. Uzalud upozorenja stručnjaka da su klimatske promene, terorizam i nekontrolisane migracije najveće pošasti koje danas ugrožavaju Planetu i ljudsku zajednicu. U mnogim delovima sveta itekako se čuje oseća zlokobno "zveckanje oružjem".

Mada su izveštaji o globalnoj konjunkturi i rastu međunarodne trgovine nešto povoljniji, pre svega usled oporavka rasta u Kini, većih izgleda zemalja u razvoju i nešto boljih signala iz Evrope, u vremenu dovršavanja ovog teksta, daleko više nego tokom poslednjih nekoliko decenija, govori se o podizanju tenzija, političkim nestabilnostima, novim krizama i žarištima, pa i o mogućnosti konflikata velikih razmera. Neuspelo testiranje

¹ U okviru projekta: "Modeliranje razvoja i integracije Srbije u svetske tokove u svetlu ekonomskih, društvenih i političkih gibanja", evidencioni broj 179038, - Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

² Within the project: "The modeling of the development and the integration of Serbia into world trends in the light of economic, social and political movement", register number 179038 - Ministry of Science and Technological Development of Republic of Serbia

³ Petar Đukić, full professor, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, Beograd, djukic@tmf.bg.ac.rs

severnokorejske rakete dugog dometa, bilo je praćeno otvorenim pretnjama prema SAD, i toneselektivnim nuklearnim napadima, kao i izuzetno ostrim pretećim odgovorima sa druge strane. Rusija je upletena u sve veći broj sukoba u svetu, u težnji da povрати geostrateške prednosti koje je nekada imao bivši Sovjetski Savez. Kina zadržava položaj najdinamičnije ekonomije sveta, ali i globalnog investitora sa najdinamičnijom ekonomsko-tehnološkom i tržišnom ekspanzijom. Indija i druge manje razvijene mnogoljudne zemlje u današnjem svetu traže svoje mesto pod suncem, ali u svetlu nove strukture moći i dominacije, a sve veće razlike u tom svetu novih dimenzija prete da ugroze stabilnost i elementarnu ravnotežu na kojoj poživaju saradnja i razvoj. Sve u svemu, imajući u vidu perspektive dugoročnog razvoja, u najtežoj pozicijidanas su male zemlje niskog dohotka.

To nisu baš dobri uslovi za izgledan razvoj globalnih ekonomskih odnosa i tehnološke saradnje. Međunarodne kompanije srećom i dalje rade svoje velike i globalne poslove, tražeći širom sveta nova mesta pod suncem, tačnije rečeno jeftinije i povoljnije resurse, niže troškove i nova tržišta. Međunarodna trgovina i ekonomsko-tehnološka saradnja danas izgleda predstavljaju danas jedinu branu i kakvu-takvu garanciju da iracionalni politički ekstremizam ne preraste u sukob planetarnih razmera i propast Planete.

Čitav svet na izvestan nači srlja u eskremizam a tome doprinosi posebno porast nejednakosti po raznim osnovama, kao i sve veća polarizacija između sve manjeg procenta svemoćnih, i ogromne većine nemoćnih (Stiglic 2015; Milanović, 2016). Bez obzira na podatke o globalnom rastu, koji se polako ustaljuje oko prosečne stope od 3%, u većini svetskih ekonomsko-finansijskih izveštaja sve više preovlađuju dve ključne reči: "neizvesnost" i "rizici" (IMF 2017, OECD 2017). Dakle, ma koliko povoljne da su projekcije sadašnjih trendova porasta međunarodne trgovine, finansijskih tržišta, investicija, pa čak i zapošljavanja, niko ne može sa sigurnošću da tvrdi da će to sve trajati makar i na srednji rok (narednih 3-5 godina). Ili, drugačije rečeno, sve što je povoljno može netragom da nestane usled neke političke ili vojnostrateške promene, novog lokalnog ili regionalnog žarišta, pa čak i svetskog sukoba. Kao da se svet nekako neosetno vraća praksi onih čudnih tridesetih godina koje su ga uvukle u svetski rat. Ako je već tako, šta to znači za pojedine ekonomije, industrije i poslove, pa i za predmetnu industriju papira i celuloze?

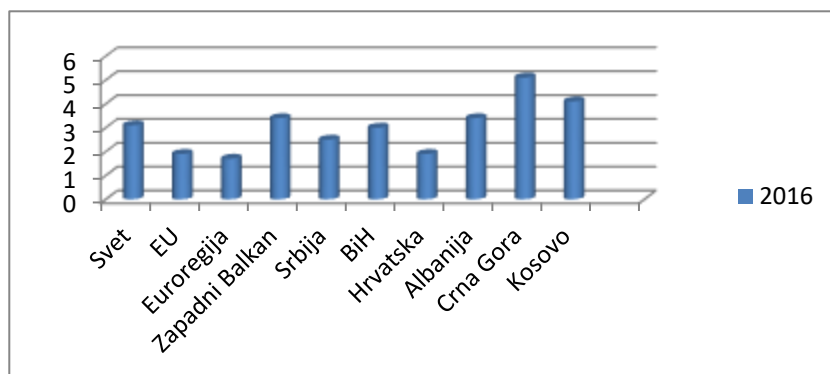
1. PODSTICAJI GLOBALNE EKONOMSKE AKTIVNOSTI

Globalna ekonomska aktivnost je prema izveštajima MMF-a "doživela vrh u prethodnom ciklusu investicija, proizvodnje i trgovine". Sadašnje stope rasta daleko su niže, nego što je to bilo u pojedinim periodima poslednje decenije XX veka i prve decenije XXI veka. Ipak, gledajući samo globalni višegodišnji trend, kao da je svetska kriza za nama. Svetska ekonomija nastavlja da raste, i to prema prognozama MMF i OECD, oko 3,1 % u 2016, 3,5% u 2017. i 3,6% u 2018 (MMF 2017, i OECD 2017).⁴ Ekonomske prilike u Evropi slabije su nego one u svetu iz razumljivih, pre svega političkih i institucionalnih razloga (Brexit, migracije, finansijska kriza i kriza evra). Stanje u regionu Jugoistočne Evrope nije mnogo povoljnije, iako tako izgleda prema nešto dinamičnijim stopama rasta. Prema zvanično dostupnim izveštajima, Srbija je u 2016. ostvarila stopu rasta od 2,5% dok su zemlje regiona rasle po prosečnoj stopi od 3,6%. Da li je to konačno dobra vest koja signalizira povoljne višegodišnje trendove? Na osnovu kvalitativnih analiza koje proističu iz numeričkih izveštaja, tako nešto se ni u kom slučaju ne bi moglo tvrditi. Nekoliko povoljnih okolnosti kao što je pad vrednosti sirovina i snižavanje kamatnih stopa u Evropi, naravno i nešto više stope rasta u čitavom svetu i Evropi uticale su na to da se za par desetina jednog procenta, koriguju navise stope rasta gotovo svih zemalja u regionu. Ključna reč za većinu izveštaja sa domaćeg terena su tzv. "strukturni uslovi" i "reformе" čiji nivo i kvalitet ostaju kao snažna ograničenja koja limitiraju dalji rast. Posebno je u tom smislu problematično tzv "balansiranje rizika". Naime, svetska ekonomija je pod snažnim pritiskom pre svega političkih i drugih nepoznanica napetosti, kao i pretnji terorizma i klimatskih promena (IMF 2017, p.2)

Razmotrimo i drugu stranu medalje. U strogo ekonomskom smislu, i loša vest može nekome da posluži kao dobra vest. Pripremanje za velike, pa i svetske ratove u prošlosti donosilo je ratnim industrijama (oružja i municije, oklopnih sredstava, eksploziva pa čak i bodljikave žice) ogromne profite. Ratni liferenti postajali su kraljevi biznisa u svetu, a njihovo kraljevstvo je ostajalo da traje tokom mirnodopskog perioda.

⁴U trenutku nastanka ovog rada štampa je prenela da je iz Vašingtona je saopšteno da MMF poboljšao prognoze rasta globalne ekonomije na 3,5% u ovoj godini, sa prethodno prognoziranih 3,4%. Istovremeno MMF je je potvrdio prognoze srpske ekonomske politike o rastu u Srbiji od 3% u 2016. kao i stopi rasta od 3,5% u 2018.

Sa druge strane, proverena istina kaže da u ekonomiji ono što je dobro za čitavu privredu ne mora da bude dobro uvek i za svakog pojedinca. To bi na izvestan način moglo bi da se preslika i na globalni nivo. Naime, u svetu usled više tražnje iz bilo kojih razloga (uključujući i vojnostrateške i psihološke) cene ključnih energenata kao što su nafta i gas, prema sadašnjim nagoveštajima, trebalo bi da rastu intenzivnije nego do sada, a ne treba zaboraviti da su u minus fazi sve od 2008. godine. Nagoveštaji sa eskalacijom cena sirove nafte postoje tokom poslednja tri meseca. Ako bi se to produžilo, možda kao predznak trajno više tražnje i investicija koje obezbeđuju trajni i održivi rast, to bi za veći deo sveta pa i za zemlje sa balkanskog prostora značilo veće mogućnosti.



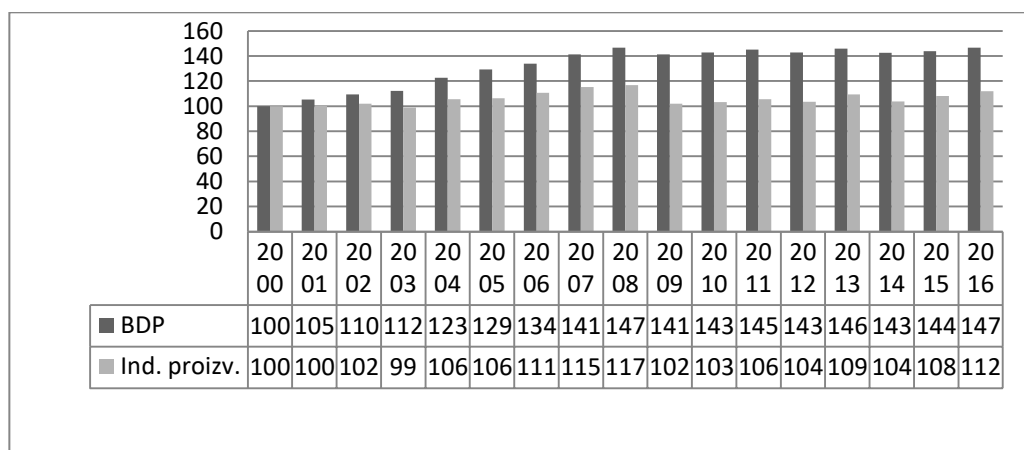
Slika 1. Upporedive stope rasta za 2016: svet, zapadni Balkan i Srbija

Međutim, za Srbiju i mnoge (ključnim energetske gorivima siromašne zemlje), to ni u kom slučaju ne bi bilo dobro. Imali smo dovoljno prilike da se uverimo kako su naftni šokovi delovali na drugu (socijalističku) Jugoslaviju i kako je naftni embargo delovao na privredu zatvorene Srbije u okviru SRJ u poslednjoj deceniji XX veka. Eskalacija cena nafte i gasa u svetu donela bi velike teškoće Srbiji, i povećala bitno njene devizne rashode. Bilo kako bilo, područje Jugoistočne Evrope, kao da je na meti novih turbulencija i prepucavanja velikih sila, ali istovremeno poprište za testiranje izbegličkog problema i kontroverzi. Oporavak industrije i njeno restrukturiranje, bez obzira na nešto povoljnije pojedine makroekonomske okolnosti pod velikim su izazovima sa unutrašnje i spoljne ekonomsko-političke scene. Ipak, prilike se moraju sagladavati analitički i delom optimistički, jer je to pretpostavka za bilo kakav pozitivni pomak. Ocena MMF i Svetske banke da stanje reformi u Srbiji ide u dobrom pravcu, samo su jedan aspekt viđenja stvarnosti. Sasvim drugi izgled imaju te iste činjenice i procesi na terenu, tamo gde se plaćaju porezi, raspodeljuje budžet i vraćaju dugovi.

2. STATISTIČKE MERE I TRENDOMI - SRBIJA VERZUS OKRUŽENJE

Industrija Srbije se, o u srednjem roku posmatrano, još uvek se podiže iz pepela. Njen obim i kvalitet ispostavlja se kao determinanta svega što jeste i sledi. Naime, industrijska proizvodnja doživela je najveća oštećenja od sankcija, izolacije, tranzicije i restrukturiranja. To je nažalost jedna zakonitost koja važi za sve zemlje u tranziciji, a posebno one iz ekonomija bivšeg realnog socijalizma. Upporedivi podaci Srbije od 2000. do 2016. govore da je privreda zemlje prošla kroz dva potpuno različita perioda: prvi od 2000. do 2008. koji se karakteriše rastom BDP od oko 6%, kao i veoma skromnim rastom industrije (nižim od 2% godišnje).

Ipak, konjunktura za Srbiju okončana je 2008. godine kada je BDP bio kumulativno uvećan za 47%, a industrijska proizvodnja za 17%. Drugi period protekao je u recesijama ili skromnom rastu, što je sve tokom osam godina dovelo do toga da BDP Srbije ostane faktički na istom nivou u odnosu na 2008, dok je industrijska proizvodnja u 2016. još uvek niža za 4 indeksna poena u odnosu na stanje pre recesije (slika 2). Međutim, brine to što se pri svakoj narednoj recesiji industrija urušava daleko teže nego čitava ekonomija. U našem slučaju industrijska proizvodnja u Srbiji, u 2016. bez obzira što je privreda u celini izašla iz recesije, tako što je BDP faktički na istom nivou kao i 2008, ostala je niža u odnosu na dostignuti nivo iz 2008. Nažalost, taj nivo daleko je sporije rastao i daleko brže padao u vreme recesije) u odnosu na ostalu ekonomsku aktivnost pa i ukupnu industriju, tako da je 2016. bio svega 12% iznad baze za 2000, ali zato čak oko 4% ispod novoa od 2008. Ako bi se pratili još dugoročniji trendovi, ispostavilo bi se da obim industrijske proizvodnje današnje Srbije još uvek ispod polovine onoga iz davne 1990. u vreme bivše velike Jugoslavije.



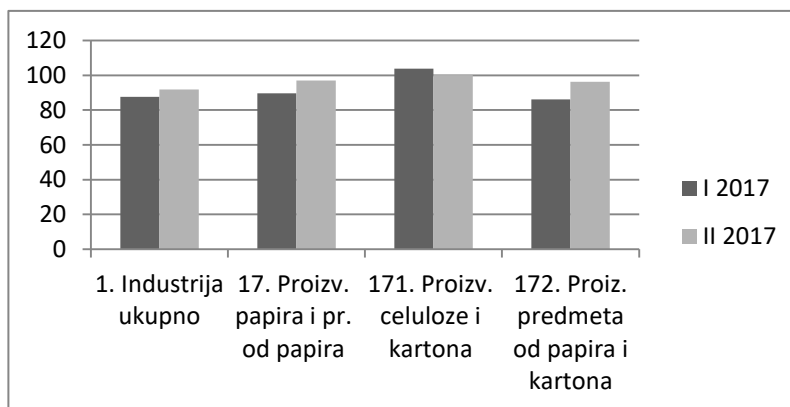
Slika 2. Dugoročni tokovi ekonomske aktivnosti (merene BDP-om) i industrijske proizvodnje u Srbiji 2000-2016 (2000=100)

Ništa drugo i određenije u ovom momentu ne može da se prognozira. Letargija je suviše dugo trajala. Potonuće je bilo veoma duboko, a posledice teške i, ispostavilo se, dugoročne. Svi kratkoročni trendovi mogu da predstavljaju samo naznake kvalitetnijih dugoročnih kretanja zasnovanih na strukturnim promenama. Stanje proizvodnje u industriji po različitim osnovama može se registrovati sa grafikona na slici 3.

Prerađivačka industrija po svim indikatorima u 2016. bila je viša u odnosu na baznu 2010. ukupno za 13%, ali u kategoriji trajnih proizvoda za široku potrošnju za 11,1% a u kategoriji intermedijarnih proizvoda za 7,4%. Međutim, stanje iz 2008. po svim ovim indikatorima sa grafikona, osim, razumljivo, kada je u pitanju lančani indeks (u odnosu na prethodnu godinu), izgleda nedostižno. Ako bi se u narednih dve do tri godine nastavio projektovani rast od oko 3% i nešto viši rast prerađivačke industrije, tek tada bi se industrijska proizvodnja Srbije izjednačila i prevazišla vrh iz 2008. Razume se da to samo po sebi nije cilj industrijske politike, već pre svega promena i poboljšanje kvaliteta i strukture industrije.

3. INDUSTRIJA CELULOZE I PAPIRA - KRATKOROČNI TRENDVI

Najpre nije loše podsetiti da je industrija papira i celuloze deo prerađivačke industrije, koja beleži po pravilu veće padove u vreme krize, kao i nešto brži oporavak u vreme konjunktura. Grafikon sa slike 3. daje uporedne indeksne veličine za januar i februar 2017. u odnosu na prosečnu mesečnu proizvodnju 2016. Razume se da je, usled sezonskog uticaja, taj indeks najčešće ispod 100. Međutim, daleko bolje podatke u odnosu na ostalu prerađivačku industriju pokazuje proizvodnja celuloze i kartona, (indeks viši od 100) dok su nešto lošiji, mada od proseka bolji, rezultati proizvodnje papira i proizvoda od papira.

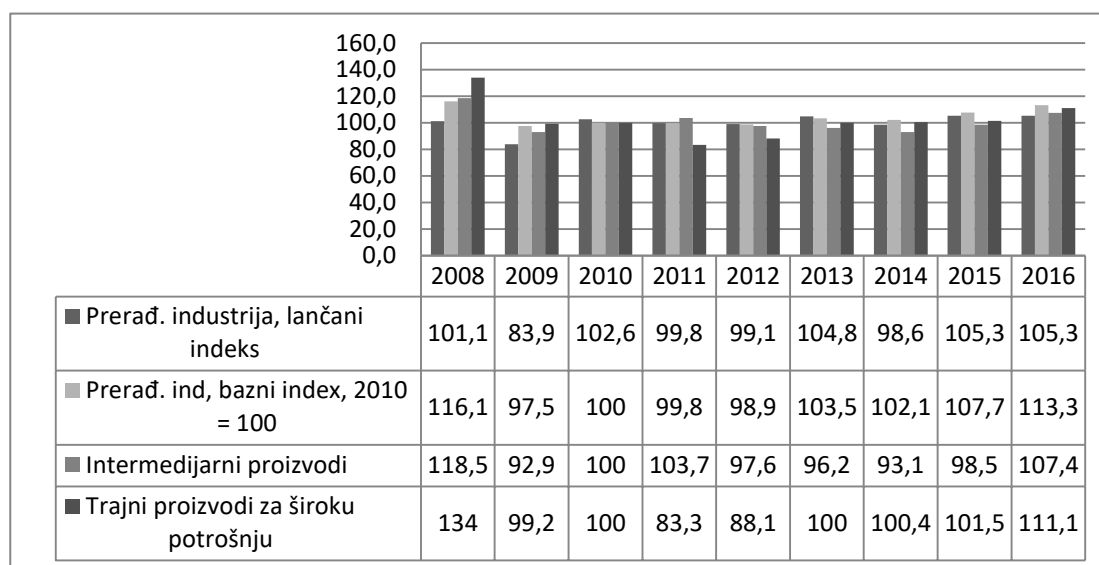


Slika 3. Komparacija rezultata papirne industrije početkom 2017. (prosek 2016= 100)

Izvor: Republički zavod za statistiku, ukršteni podaci

Rezultati proizvodnje tokom prva dva meseca 2017. u odnosu na prosek 2016. očekivano su niži zbog sezonskih fluktuacija, pa pokazuju vrednosti niže od 100. Međutim, domaća statistika, kao uostalom i

industrija i čitav ekonomski sistem, boluje od mnogih bolesti bivšeg socijalističkog sistema i loše ostvarene tranzicije, pa je tako i sa podacima. Veoma su nepotpuni i najčešće ne obuhvataju stanje u mini i mikro kompanijama, koje zapošljavaju manje od 50 zaposlenih.



Slika 4. Indikatori stanja prerađivačke industrijske proizvodnje u Srbiji 2008- 2018.

Izvor: RZS uporedni generisani podaci

U dosadašnjim radovima o industriji celuloze i papira na ovom tradicionalnom savetovanju iznosili smo dostupne podatke koji su se odnosili na proizvodnju celuloze i papira, posebno, kao i na podgrupu proizvodi od papira među koje je spadao i karton.

Sadašnja statistika pod šifrom 172 vodi proizvodnju predmeta od papira i kartona, koji za prva dva meseca ove godine pokazuju nešto lošije rezultate, ali u proseku na nivou undustrije ukupno. Za opšte ekonomske trendove indikativan je podatak i o *prometu proizvoda* u odnosu na bazni period. Povećani promet dobara o kojima je reč ukazuje na veću tražnju, odnosno na trend viših stopa rasta. Pomet robe i usluga u 2017. raste višim stopama od rasta BDP, što govori o industrijskom i ukupnom podizanju iz letargije koja ju je zahvatila po više osnova.

4. SPOLJNOTRGOVINSKI UČINCI

Proizvodnja i promet dobara proizvedenih u Srbiji, predstavljaju jedan od najtežih strukturnih problema privrede u celini. Nedovoljan i nekonkurentan izvoz, preveliki uvoz, loš odnos izvoza i uvoza kao i nedovoljan udeo spoljne trgovine u bruto domaćem proizvodu - bio je istorijski problem za Jugoslaviju i ostao za Srbiju danas. Mada se još uvek ne može reći da je Srbija izašla iz te zamke, prema aktuelnim trendovima, vide se pozitivni pomaci. Čitava oblast spoljne trgovine, u relativnom smislu pokazuje ohrabrujuće rezultate. To se, doduše samo delimično i na srednji rok, može sagledati u *tabeli 1.* koja zbirno prikazuje spoljnotrgovinski učinak promena tokom poslednjih šest godina.

Najnoviji podaci za 2016. govore da je, nakon nešto dužeg perioda rasta, izvoz u dostigao 13,43 milijarde evra a uvoz 17,38 milijardi, pri čemu je ostvaren je deficit od 3,8 milijarde evra dok je "pokrivenost" uvoza izvozom dostigla za sada rekordnih 77,3%. Spoljno-trgovinski deficit danas ima udeo u BDP zemlje oko 7,6% dok je u pojedinim godinama pre kriza iznjosio blizu 13% BDP. Naravno da se sve to odražava i na strane investicije kao i na perspektive rasta i njegove održivosti. Sa druge strane može se reći da je danas daleko povoljnija opšta klima rasta, kao i spoljne trgovine u svetu i Evropi, kao i u neposrednom okruženju.

Iz *tabele 1.* jasno se uočava da usluge, kao i uvek, popravljaju sliku ukupne razmene Srbije sa svetom i da je suficit od 895 miliona evra posledica rasta izvoza usluga: telekomunikacionih, informatičkih, menadžerskih i građevinskih. Nema sumnje da je saldo spoljnotrgovinskih tokova na srednji rok daleko povoljniji nego što je bio pre 2010, ali je sigurno da se svi rezultati ne mogu bazirati na spoljnoj trgovini. Domaća potrošnja, investicije i zaposlenost najviše zabrinjavaju jer dugoročno ne daju dobre kvalitativne izgleda (Đukić, 2017).

Tabela 1. Ohrabrujući rezultati spoljne trgovine u periodu 2010 - 2016.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Saldo robe i usluga	-4729	-5341	-5523	-3845	-3645	-3268	-2584
Izvoz	9514	111145	11.449	13937	14450	15.63	17313
Uvoz	14244	16485	16992	17782	18096	189898	19895
Saldo robe	-4719	-5496	-5634	-4158	-4111	-3993	-3476
Saldo usluga	-9.9	145.2	11.5	313.5	465.6	725.4	995.1
Pokrivenost uvoza izvozom (%)	66.8	67.6	67.5	78.4	79.9	82.8	87

Izvor: Republički zavod za statistiku, više saopštenja

5. IZAZOVI SA GLOBALNE I EVROPSKE SCENE

Stanje industrije celuloze i papira u svetu danas je pred ustaljenim i poznatim zadacima koji se tiču održivosti u integralnom smislu. Evropsko udruženje kompanija u ovoj oblasti ConferedARATION od European Paper Industries (CEPI) pokazuje da ključni izazovi ove grane proističu iz činjenice da je to grana energetska i materijalno intenzivna, sa visokim kapitalnim troškovima i dugim investicionim ciklusom. Međutim, ove industrije su odlična prilika da se testiraju resursna efikasnost i inovacije. Zahvaljujući znanju i inovacijama one postaju vodeće u inovacijama, "pionir u kreiranju evropske nisko-ugljenične bioekonomije u industrijskoj stvarnosti" (European Commission, 2017). Na samopostavljena pitanja zašto je za EU bitna industrija papira i celuloze Komisija odgovara:

- zbog *zaposlenosti* jer zapošljava 647.000 radnika i upošljava 21000 kompanija.
- zbog doprinosa evropskoj *ekonomiji*. Zajedno sa pakovanjima, higijenom itd. donosi godišnji prihod od 180 milijardi evra.
- zbog *zaštite životne sredine*. Ova grana postaje sve više energetska samodovoljna, emituje sva manje CO₂ i generiše više od polovine energije iz biomase.
- zbog *reciklaže*. Ova industrija s ponosom ističe da stopa recikliranja papira u Evropi 70%. Sirovine za proizvodnju i recikliranje papira se koriste na bazi obnovljivih resursa,
- zbog *inovacija*. One dozvoljavaju da se koristi novi model biznisa u kome se razvijaju nove tehnologije i proizvodi i stalni napredak ka osrtvarenju niskougljenične bioekonomije.

U opštim pretpostavkama, ova industrija postavlja sebi još ambicioznije zadatke u narednom periodu, koji se tiču:

- *smanjivanja potrošnje* (posebno digitalizacijom administracije i promenom navika),
- *otklanjanja prepreka za trgovinu* i postizanja *bolje ponude repromaterijala i sirovina*,
- *recikliranja*,
- *povećanja energetske efikasnosti* u okviru koje se sagledavaju svi izazovi novih i viših cena energije,
- *dobrog regulatornog okvira*.

Imajući sve ove izazove koje stoje pred svetskom i evropskom industrijom papira većina zahteva u domenu održivosti danas na svode dve ključne kategorije: *resursnu efikasnost i bioekonomiju* (European Commission 2017).

5. ZAKLJUČNE NAPOMENE: CELULOZA, PAPIR I PRATEĆE GRANE

Industrija celuloze i papira je jedan od najvećih korisnika prirodnih resursa, potrošača drveta u današnjem svetu (celuloza, papirni proizvodi za higijenu i za ambalažu i pakovanja svih vrsta). Upravo zato ova industrija je sve atraktivnija za inovacije i nova tehnološka rešenja. Ma koliko da su strogi ekološki standardi i zahtevi koji se tiču društvene odgovornosti poslovanja, oni nikada ne mogu pomeriti unazad princip konkurentnosti kao vladajući u svetu današnje globalne ekonomije. Konkurentnost je složen pojam koji zavisi od seta ekonomskih i neekonomskih indikatora kao što su infrastruktura, obrazovanje, tehnološka spremnost... Globalni nivo te konkurentnosti sve je dominantniji. Iz konkurencije proističe konkurentnost. Evropska unija dobro poznaje konkurenciju iz Kine, Indije, Pakistana, Malezije, Indonezije... Bez obzira na geopolitičko stanje u svetu, ta konkurencija biće sve žešća. Zato su neophodne strategije koje se tiču posebnih

sektora u okviru industrijske proizvodnje, koje bi nadomestile nedostatke opštih (uglavnom neostvarivih) strategija "reindustrijalizacije". U Srbiji za sada ne postoji nacionalna strategija razvoja industrija zasnovanih na eksploataciji drveta i drugih prirodnih sirovina. Za sve izrazito bitne sektore po životnu sredinu neophodno je dugoročno strateško planiranje kojeg se pridržavaju zemlje koje misle o budućim generacijama. Uz napor stručnih i odgovornih pojedinaca i institucija, takva strategija mogla bi da posluži i kao korektivni mehanizam haotičnom "restrukturiranju" po modelu aktuelnog vladinog programa (Đukić 2017), koje će sigurno zahtevati mnoga naknadna prilagođavanja sa višim troškovima.

Acknowledgements

U okviru projekta "Modeliranje razvoja i integracija Srbije u svetske tokove u svetlu ekonomskih, društvenih i političkih gibanja", evidencioni broj 197038, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Vlade Republike Srbije

Literatura

- CEPI (2011) The CEPI2050 Roadmap, The pulp and paper industry's most innovative products 2050, <http://www.cepi.org/AgeofFibre>
- Đukić M. P., (2015) "Industrija celuloze i papira pred izazovima nove energetske-ekološke politike i prakse", XX međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, zbornik radova, Zlatibor 16-19. jun 2016, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu i Centar celulozno papirne, ambalažne i grafičke industrije Srbije, str. 153-161.
- Đukić M. P., (2016) "Industrija celuloze i papira pred novim regionlnim i globalnim razvojnim izazovima", XXI međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, zbornik radova, Zlatibor 21-24. jun 2016, Tehnološko metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu i Centar celulozno papirne, ambalažne i grafičke industrije Srbije, str. 75-83
- Đukić, M. P., (2017) "Javne politike, finansijska stabilnost i kvalitet ekonomskog rasta", referat predstavljen na Savetovanju, 17. oktobra 2015, "Ekonomika Srbije u 2017. godini" (red. M. Arsić, i D. Šoškić), Naučno društvo ekonomista Srbije i Ekonomski fakultet u Beogradu. (str. 119-139),
- European Commission (2017), Circular Economy: Commission delivers on its promises, offers guidance on recovery of energy from waste and works with EIB to boost investment Published on: 27/01/2017, Last update: 03/03/2017 http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=9075
- European Commission, (2017a) Pulp and paper industry, http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/forest-based/pulp-paper/index_en.htm
- IMF (2017) World Economic Outlook, A Shifting Global Economic Landscape
- IMF Survey (2017) Chief Economist Interview, The Global Economy in 2016 January 4, 2016
- Milanović Branko (2016), *Globalne nejednakosti*, Akademska knjiga, Novi Sad
- OECD (2017) Global Interim Economic Outlook, March 2017, <http://www.oecd.org/eco/economicoutlook.htm>
- Stiglic Jozef, (2015), *Velika podela*, Akademska knjiga, Novi Sad
- <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG>

Presenting author:

Petar Đukić, full professor

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Karnegijeva 4

11000 Beograd

Srbija

E-mail: djukic@tmf.bg.ac.rs

PERSPEKTIVE GLAVNIH TEHNIKA ŠTAMPE U ŠTAMPI AMBALAŽE

PERSPECTIVES OF MAIN PRINTING TECHNIQUES IN PACKAGING PRINTING

Predrag Živković

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, SERBIA

Izvod

U radu je sačinjen pregled savremenih kretanja na tržištu štampe, sa posebnim osvrtom na štampanje ambalažnih proizvoda. Prikazana su neka tehničko-tehnološka dostignuća i najnoviji razvoj u glavnim tehnikama štampe, i objašnjen je njihov uticaj na buduću primenu tih postupaka u industriji ambalaže.

Ključne reči: flekso štampa, duboka štampa, ofset štampa, digitalna štampa, štampanje ambalaže

Summary

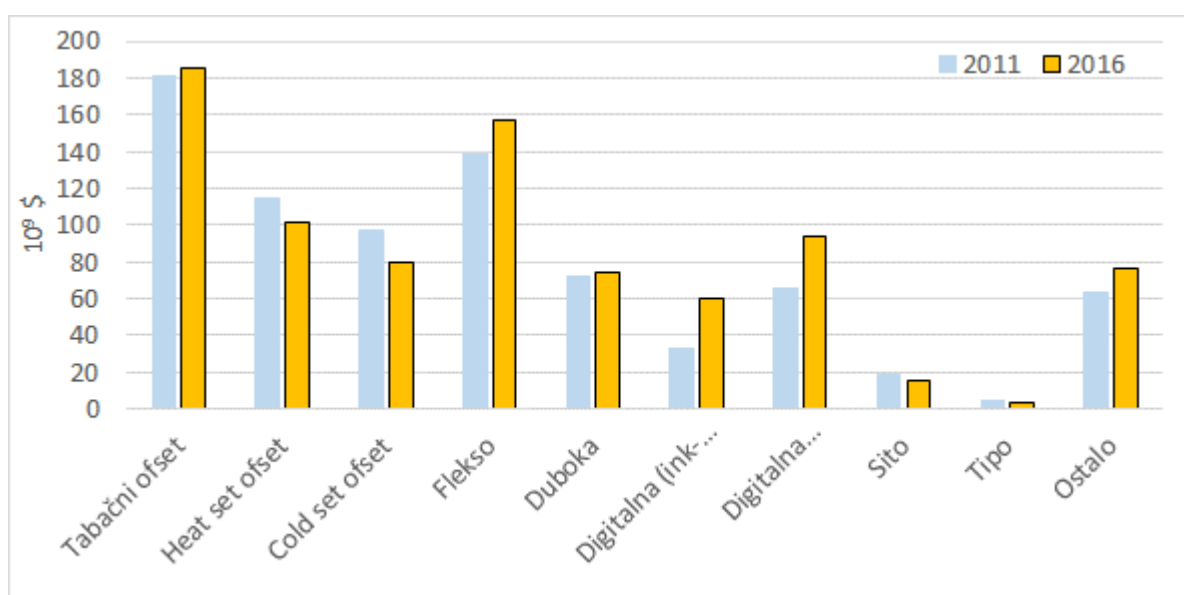
This paper presents an overview of contemporary trends in the press market, with special emphasis on printing the packaging products. The paper presents some technical and technological achievements and the latest developments in the main printing techniques, and explains their impact on the future implementation of these procedures in packaging industry.

Key words: flexo printing, gravure, offset printing, digital printing, packaging printing

UVOD

Da bi se sagledala budućnost pojedinih klasičnih postupaka štampe, a i onih najmlađih, nastalih u drugoj polovini XX veka, u oblasti štampanja ambalaže, ali i drugih proizvoda, neophodno je sagledati kretanja na tržištu štampe u poslednjim decenijama, kao i tehničko-tehnološki razvoj pomenutih tehnika.

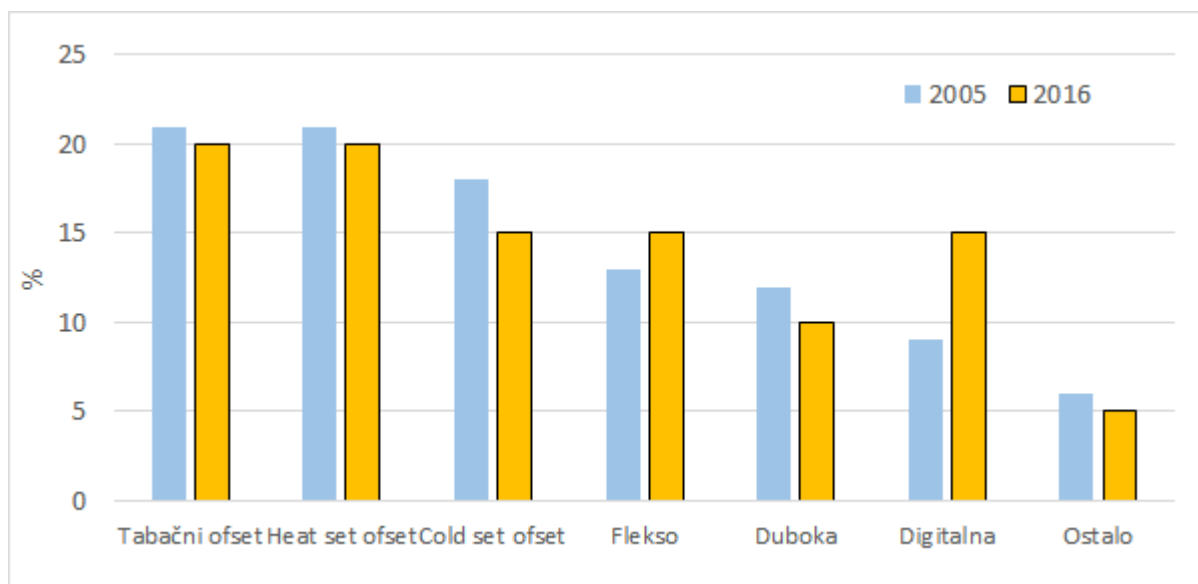
Na slici 1 prikazane su promene u vrednosti ukupne štampane produkcije ostvarene različitim tehnikama štampe u periodu 2011-2016 [1].



Slika 1 Vrednost štampane produkcije ostvarene različitim tehnikama štampe u periodu 2011-2016

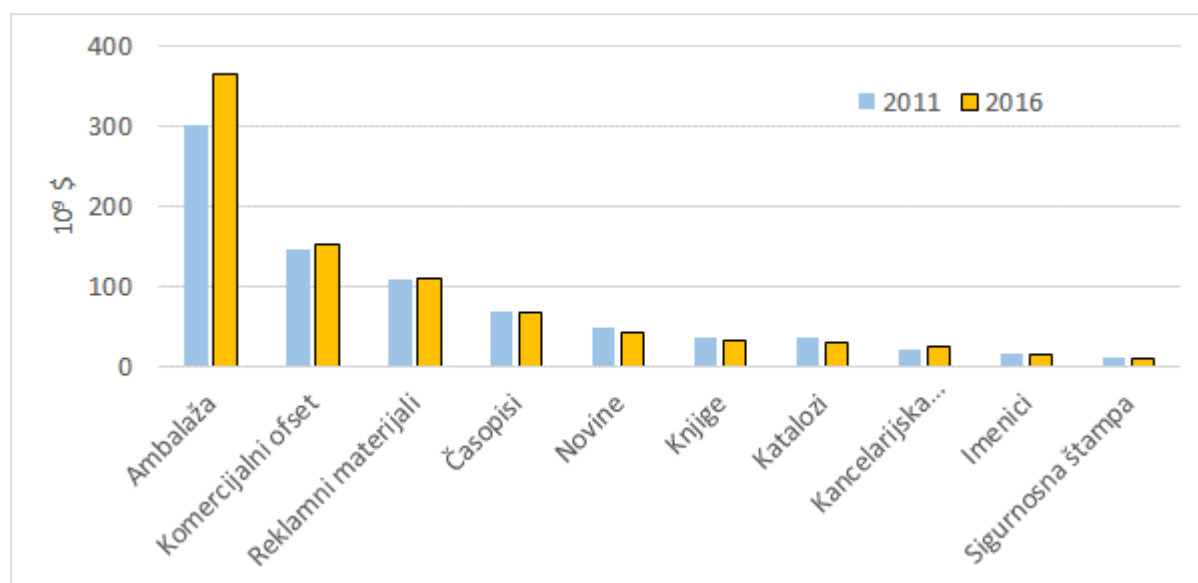
Uočljivo je da značajniji rast vrednosti proizvodnje pokazuju flekso i digitalna štampa. Izvestan rast se može uočiti i kod tabličnog ofseta i duboke štampe, dok su ostale tehnike štampe u opadanju. Ukoliko se sagleda kretanje udela koji pojedine tehnike pokrivaju na evropskom tržištu štampanih proizvoda (slika 2),

može se dobiti jasnija slika o tome koje će se tehnike štampanja razvijati, a koje polako gubiti značaj. Porast uдела na tržištu se primećuje kod flekso i digitalne štampe, a ostale tehnike su u opadanju, bez obzira na povećanje ukupnog obima i vrednosti produkcije.



Slika 2 Udeo evropskog tržišta štampanih proizvoda pokrivenih pojedinim tehnikama štampe

Na slici 3 prikazana je struktura tržišta štampanih proizvoda prema ukupnoj vrednosti pojedinih grupa proizvoda [2]. Uočljivo je da ambalažni proizvodi zauzimaju najveći deo tržišta, 2011. udeo je iznosio oko 36%, a 2016 čak 43%. Udeo vrednosti produkcije ostalih proizvoda beleži stagnaciju ili opadanje.



Slika 3 Udeo pojedinih grupa proizvoda prema vrednosti proizvodnje, 2011-2016

U daljem tekstu biće dat prikaz očekivanog razvoja pojedinih tehnika štampe od značaja za njihovu dalju primenu u štampi ambalaže kao i očekivanja u vezi sa njihovim pozicioniranjem na tržištu štampanih proizvoda i daljom perspektivom postupka.

PRIMENA TABAČNOG OFSETA U ŠTAMPANJU AMBALAŽE:

Tabačna ofset štampa je i dalje postupak štampanja koji ostvaruje najveći deo i udeo u ukupnoj štampanoj produkciji, mada se može uočiti da udeo produkcije u tabačnom ofsetu blago opada. Tabačna ofset štampa se primenjuje za štampanje sledećih ambalažnih proizvoda:

- Kartona za izradu složivih kutija i osnova za blister ambalažu;
- Lima za izradu limenki;
- Papira za izradu kesa;
- Etiketa;
- Uputstava (kao sastavnog dela ambalaže).

Brojni autori predviđaju da će se tabačna ofset štampa i dalje široko koristiti, uz sledeće promene u odnosu na današnju situaciju:

- Blago smanjenje udela tabačne ofset štampe u ukupnoj produkciji;
- Blago povećanje ukupne vrednosti produkcije u tabačnom ofsetu;
- Povećanje stepena automatizacije u podešavanju mašine za štampanje, moguće i za polovne mašine, kojih ima sve više na tržištu;
- Skraćivanje trajanja podešavanja mašine, čime se povećava broj naloga koji se može odštampati za malo vreme;
- Sve više automatizacije kontrole i regulacije parametara kvaliteta štampe, što je danas ostvarljivo i za polovne mašine starijih generacija;
- Povećanje brzine rada;
- Sve više mašina sa većim brojem sekcija, prevrtanjem tabaka radi obostrane štampe, i sa sekcijom (sekcijama) za lakiranje.
- Očekuje se pojava hibridnih mašina, kod kojih će glavne sekcije za štampanje raditi u ofset tehnici, a njima će se dodati sekcija za digitalnu (ink-jet) štampu pre svega radi personalizacije proizvoda;
- Razvijaju se sistemi za prenos boja za ofset štampu putem aniloks valjka, koji je svojstven flekso štampi.
- Boje na bazi mineralnih ulja se sve više zamenjuju bojama na bazi biljnih ulja.
- Sve više se koriste UV sušive boje i tzv. "low migration" boje, koje su pogodnije za štampanje ambalažnih proizvoda koji dolaze u kontakt sa namirnicama. Ovo važi i za druge tehnike štampanja.

Što se tiče bezvodnog ofseta (*waterless*), on je već decenijama u stagnaciji, bez obzira na bolje štamparske karakteristike od klasičnog ofseta. Verovatni razlog je slaba konkurencija na tržištu ofset ploča za bezvodni ofset, što inhibira štampanje da pređu na varijantu tehnike u kojoj će biti ograničeniji u izboru dobavljača ključnih repromaterijala.

PRIMENA OFSET ŠTAMPE IZ ROLNE U ŠTAMPANJU AMBALAŽE

Ofset štampa iz rolne danas ima nešto manje značajnu ulogu u masovnoj štampi ambalažnih proizvoda, u poređenju sa drugim tehnikama, s obzirom da se u njoj dominantno štampaju masovne publikacije informativnog i propagandnog tipa, sa konstantnim korakom štampe. Što se ambalažnih proizvoda tiče, u rotacionom ofsetu se štampaju:

- Omotni papir;
- Etikete;
- Folije;
- Karton za izradu složivih kutija;
- Papir za izradu kesa;
- Uputstva kao sastavni deo ambalaže.

U sledećem periodu očekuje se:

- Smanjenje udela ofset štampe iz rolne u svim segmentima;
- Smanjenje vrednosti produkcije u ofset štampi iz rolne;
- Povećanje udela i obima proizvodnje jeftinih elektronskih komponenti direktnim štampanjem..

Međutim, u narednom periodu ofset štampa iz rolne će možda povećati svoj značaj na tržištu štampe ambalažnih proizvoda, usled nekih promena koje se očekuju ili su već počele da deluju:

- Razvijaju se tehnika tzv. *sleeve* štampe, koja će omogućiti varijabilni korak štampe, što je svojstveno flekso i dubokoj štampi. Ovo bi moglo da udahne novi život ofset štampi iz rolne u segmentu štampe folija, etiketa i omotnog papira;
- Povećavaju se širina trake koja se može štampati i brzina rada mašine;

- U većoj meri će se automatizovati podešavanje mašine za štampanje, čime će se skratiti trajanje pripreme i smanjiti makulatura;
- U većoj meri će se automatizovati kontrola i regulacija parametara kvaliteta štampe;
- Za *heat-set* štampu razvijaju se boje koje mogu da se osuše sa manjim utroškom toplotne energije.

PRIMENA FLEKSO ŠTAMPE U ŠTAMPANJU AMBALAŽE

Flekso štampa je danas jedna od najvažnijih tehnika za štampanje ambalaže. Ovom tehnikom štampaju se skoro svi ambalažni proizvodi:

- Talas karton za izradu transportnih kutija, displeja, panela i materijala za jastučenje;
- Etikete;
- Folije;
- Omotni papir;
- Papir za izradu kesa;
- Higijenski (tissue) papir.
- Karton za izradu složivih kutija;

Smatra se da flekso štampa ima odličnu perspektivu na tržištu štampanja ambalažnih proizvoda, jer se očekju dalje promene i unapređenje postupka u svim segmentima:

- Očekuje se znatno povećanje udela flekso štampe u svim segmentima;
- Očekuje se znatno povećanje vrednosti produkcije u flekso štampi;
- Očekuje se dalje povećanje kvaliteta otiska, čime će se flekso štampa još više približiti ili dostići ofset i duboku štampu (povećanje linijature rastera, povećanje raspona reprodukovanih tonskih vrednosti rastera, smanjenje prirodnog povećanja tonske vrednosti rastera na otisku, povećanje optičke gustine punog tona procesnih i neprocesnih boja, poboljšanje tačnosti registra...);
- Povećaće se udeo mašina sa centralnim štamparskim cilindrom (*common impression cylinder*);
- Nove mašine po pravilu se prave sa direktnim pogonom valjaka (*direct drive*), bez zupčanika, a to će moći da se ugradi i u neke starije mašine, čime će im se produžiti radni vek uz očuvanje konkurentnosti.
- Sekcije za štampu biće hermetički zatvorene i obložene posebnim premazima radi lakšeg čišćenja;
- Očekuje se da će laserski gravirani (YAG) keramički oslojeni aniloks valjci imati linijaturu do 1500 lpi što će moći da podrži linijaturu rastera na formi čak do 200 lpi.
- Umesto sa četiri procesne boje, sve više će se koristiti 6 ili 7 procesnih boja, u cilju proširenja gamuta flekso štampe.
- Očekuje se dalja automatizacija podešavanja mašine za štampu;
- Očekuje se uvođenje sve većeg broja sistema za kontrolu i regulaciju temperature i viskoziteta boje;
- Sve više će se koristiti UV sušive boje i boje koje se mogu sušiti hladnim snopom elektrona (EB – electron beam);
- S obzirom na smanjenje udela boja sa organskim rastvaračima, očekuje se i unapređenje postupka pripreme površine folije za štampanje;
- Postupak izrade štamparske forme se stalno unapređuje, sada je primena digitalnih fotopolimernih ploča koje se osvetljavaju na CtP uređajima standard, a sve više se prave tzv. *sleeve* štamparske forme, koje omogućavaju bešavnu štampu.
- Primetna je tendencija da se smanji gramatura papira i folija koje se štampaju, što zahteva dodatne napore konstruktora mašina za štampanje i preradu da bi se održala ista brzina rada, odnosno proizvodna moć mašina;
- Povećaće se udeo mašina za štampanje talas kartona u punom koloru.
- Uvode se novi materijali kao podloga ispod forme, na primer, sa otvorenim porama u sloju poliuretana, umesto do sada zatvorenih mehurića vazduha zarobljenih u sloju PE).

PRIMENA DUBOKE ŠTAMPE U ŠTAMPANJU AMBALAŽE

Duboka štampa je postupak štampanja koji je pretrpeo možda najveće smanjenje udela u ukupnoj proizvodnji štampanih proizvoda, ali i dalje se održava u primeni, pre svega za štampanje sledećih ambalažnih proizvoda:

- Folije;
- Etikete;
- Karton za izradu složivih kutija;
- Omotni papir;
- Papir za izradu kesa

Za duboku primenu duboke štampe za štampanje ambalažnih proizvoda u budućem periodu karakteristično je sledeće:

- Očekuje se stagnacija ili blago smanjenje udela flekso štampe u svim segmentima;
- Očekuje se stagnacija ili blago povećanje vrednosti produkcije u dubokoj štampi, zbog povećanja ukupnog obima proizvodnje i velikih napora koji se ulažu da bi se postupak duboke štampe učinio konkurentijim ostalim postupcima;
- Očekuje se grčevita borba za zaustavljanje smanjenja udela duboke štampe u ukupnoj štampanoj produkciji;
- Ubrzanje, pojednostavljenje i pojeftinjenje postupka izrade štamparskih formi;
- Uvođenje postupka laserskog graviranja bakarnog sloja;
- Smanjenje korišćenja boja sa organskim rastvaračima i povećanje primene vododisperznih boja;
- Uvođenje novih tehnologija rastriranja, radi prevazilaženja problema iskrzanih ivica linijskih štampanih elemenata.

PRIMENA DIGITALNE ŠTAMPE U ŠTAMPANJU AMBALAŽE

Pod digitalnom štampom se podrazumeva grupa tehnološki raznorodnih tehnika štampanja, kojima je zajedničko da se informacija o izgledu stranice prenosi na podlogu direktno preko štampača, odnosno digitalne štamparske mašine, koja tumači digitalni zapis (zapis informacije brojevima u binarnom sistemu) i prema tim informacijama izbacuje mastilo (*ink-jet* ili mlazna štampa), selektivno zagreva deo površine (termografija) ili selektivno naelektriše ili razelektriše deo površine (elektrofotografski postupak sa suvim ili tečnim tonerom, popularno: laserska štampa). Digitalna štampa se danas koristi za štampanje sledećih ambalažnih proizvoda:

- Folije;
- Etikete;
- Karton za izradu složivih kutija;
- Omotni papir;
- Papir za izradu kesa.

Primenu raznih tehnika digitalne štampe za štampanje ambalažnih proizvoda u sledećem periodu karakteriše sledeće:

- Digitalna štampa će biti generator razvoja tržišta štampanih proizvoda u narednom periodu;
- Od brojnih tehnika digitalne štampe, najveći značaj imaju elektrofotografija (sa tečnim i praškastim tonerima) i *ink-jet* zasnovan na piezo DOD glavama (*Drop On Demand*);
- Za dalje širenje digitalne štampe veliki značaj imaju i poboljšanje performansi računara i ubrzanje komunikacije između računara i štampača;
- Očekuje se dalje smanjivanje razlika između digitalne i klasične štampe u onim oblastima gde je klasična štampa u prednosti.
- Povećanje formata digitalnih mašina;
- Povećanje brzine digitalnih mašina;
- Smanjenje cene boja i tonera za Digitalne mašine;
- Povećanje asortimana materijala koji se mogu štampati mašinama za digitalnu štampu.

- Sa smanjenjem troškova proizvodnje, povećanjem kapaciteta i kvaliteta, digitalna štampa će preuzimati sve više i više poslova od klasičnih postupaka, pogotovo kada se radi o malim i srednjim tiražima.
- Štampanje etiketa;
- Štampanje obojenih i providnih folija (sa belom osnovnom bojom);
- Štampanje probnih otisaka za klasične tehnike štampanja.

TEHNIČKA DOSTIGNUĆA OD ZNAČAJA ZA INDUSTRIJU ŠTAMPE AMBALAŽNIH PROIZVODA

U ovom poglavlju biće pomenuta neka tehnička dostignuća koja su od posebnog značaja za štampanje ambalažnih, ali i drugih proizvoda. To su nove metode za izradu probnih otisaka i novi način standardizacije štampe neprocesnih boja.

Nove metode za izradu probnih otisaka

Zadatak sistema za izradu probnog otiska je da verno imitira otisak sa štamparske mašine! Probni otisak koji ispunjava prethodni uslov je neizostavni deo savremene pripreme za štampanje u svim štamparijama koje žele da budu konkurentne i izbegnu nesporazume, dugotrajno podešavanje štamparske mašine u prisustvu klijenta, reklamacije, i na kraju, gubitak klijenata, ugleda i novca.

Sistem za izradu probnog otiska sastoji se od:

- Kvalitetnog ink-jet štampača;
- Spektrofotometra;
- Softvera za upravljanje bojom;

Klasičan način izrade probnog otiska odvija se na sledeći način:

- Štampanje test forme na štamparskoj mašini u identičnim uslovima koji će vladati i tokom štampanja tiraža;
- Merenje velikog broja polja na test formi (što više polja, to precizniji profil;
- Izrada ICC profila ili konverzije tabele (karakterizacija) za štamparsku mašinu i date uslove štampanja (papir, boja, viskozitet boje, temperatura, pH tečnosti za vlaženje, koncentracija izopropil alkohola, dubina graviranja, karakteristike aniloks valjka);
- Kalibracija štampača za izradu probnog otiska;
- Konverzija datoteke koja se štampa pomoću načinjenog profila štamparske mašine;
- Štampanje na ink jet štampaču.

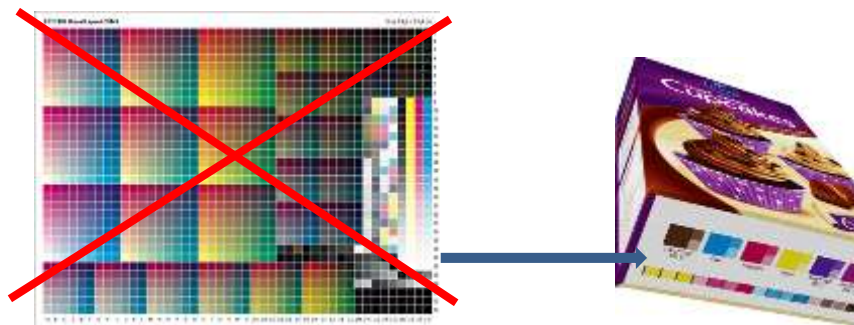
Bez obzira koliko usavršen, klasičan način izrade probnog otiska ima brojna ograničenja i nedostatke:

- Nema predviđanja izgleda punih tonova spot boja.
- Nema predviđanja izgleda rasterskih tonova spot boja.
- Nema predviđanja izgleda polja dobijenih štampanjem kombinacije procesnih i spot boja.
- Za svaku promenu uslova štampanja mora se ponoviti kompletan postupak karakterizacije (izrade profila).
- Za izradu profila potrebno je duže vreme. Da bi se dobio tačan i precizan profil potrebno je odštampati i izmeriti mnogo polja i uraditi nekoliko iteracija.
- Za izradu profila troši se više materijala i duže se zauzima štamparska mašina.

Novi sistem za izradu probnog otiska: *Open Color 2.0* zasniva se na složenom algoritmu koji preračunava kolor transformacije na osnovu manjeg skupa ulaznih podataka, pa nije neophodno ponavljati štampanje test forme u slučaju:

- Promene podloge za štampanje;
- Da se umesto štampe sa lica pređe na štampanje sa poledine;
- Da se promeni povećanje tonske vrednosti rastera na otisku (TVI);
- Da se promeni optička gustina punog tona na otisku;
- Da se promeni redosled boja u štampi;

Sve to ostvaruje se na osnovu merenja malog broja kontrolnih polja koja se mogu štampati na tekućim poslovima. Za karakterizaciju nije potrebno štampati test formu sa velikim brojem polja. Mala test forma se može smestiti u slobodan prostor na redovnom poslu, izmeriti i napraviti novi profil bez gubitka korisnog (i skupog) vremena rada štamparske mašine (slika 4).



Slika 4 Umesto velike test forme sa preko hiljadu polja koja se posebno štampa, profil se može napraviti na osnovu podataka sa male test forme, koja se štampa na tekućem poslu

Novi sistem za izradu probnog otiska podržava 15 kanala, što znači da se u profilu može definisati 15 procesnih boja, dok su klasičnim sistemima definisane svega četiri: c, m, y i k. Na ovaj način omogućeno je dobijanje probnih otiska štampanih ne samo procesnim bojama, već i Pantone bojama, i to ne samo u punim tonovima, već i u svim mogućim rasterskim kombinacijama, što je do pojave novog sistema bilo neostvarljivo. [3]

Nove metode za standardizaciju štampe neprocesnim bojama

Kompanija X-Rite napravila je program sertifikacije *Pantone Certified Printer*, koji predstavlja nadogradnju na PSO (Process Standard Offset) sertifikaciju. PSO (odnosno PSG – gravure, PSN – newspaper) sertifikacija zasniva se na seriji standarda ISO 12647, čime je definisana samo produkcija procesnim bojama (cmyk). Sertifikacija *Pantone Certified Printer* uključuje i metode kontrolisanja i regulisanja uslova štampanja u cilju dobijanja referentnih vrednosti Pantone i drugih neprocesnih boja na otisku.

U vezi sa Pantone bojama, kao i bojama koje su definisane drugim sistemima (RAL, HKS...) postavlja pitanje od izuzetnog značaja za komunikaciju između učesnika u lancu reprodukcije: **Šta je referentna vrednost Pantone boje na otisku?**

U praksi je uobičajeno da se pogleda u odštampani Pantone katalog, da se izabere boja i da se saopšti katalogski broj izabrane boje. Međutim, onaj koji definiše boju gleda u svoj primerak kataloga, u kome se izgled izabrane boje može razlikovati od izgleda boje u katalogu drugog učesnika u lancu reprodukcije. razlozi za odstupanja su brojni:

- U njihovoj proizvodnji ne mogu se izbeći devijacije i varijacije;
- Različita starost kataloga;
- Različiti intenzitet korišćenja;
- Različiti uslovi čuvanja.

Dakle, mora se konstatovati da tzv. Pantone karta ne daje normativne informacije o boji, već samo informativne. Za istu oznaku, posmatrač može da primeti da se boje u dva kataloga primetno razlikuju. Da bi se ovo dovelo na viši nivo, potrebno je kao referentne vrednosti koristiti kvantitativni opis boje. Do skora su boje u sistemu Pantone bile definisane kao CIE $L^*a^*b^*$ vrednosti za svaku boju. Međutim, taj koncept je unapređen, i sada se Pantone boje definišu krivama spektralne refleksije, koje se mogu učitati iz baze Pantone boja.

Da bi se povećala dostupnost informacijama o referentnim vrednostima boja, uveden je Pantone Live – Cloud koncept dostupnosti referentnih vrednosti boja (slika 4). Na ovaj način je u velikoj meri unapređena i olakšana komunikaciju između različitih učesnika u lancu reprodukcije (klijent-dizajner-fotograf-priprema za štampanje-štampar) [4]:

HYDROGEN PEROXIDE AND PERACETIC ACID – APPLICABLE SCIENCE IN OUR LIFE (OXIDATION, DISINFECTION AND CLEANING)

VODONIK-PEROKSID I PERSIRČETNA KISELINA – PRIMENJENA NAUKA U NAŠEM ŽIVOTU (OKSIDACIJA, DEZINFEKCIJA I ČIŠĆENJE)

Ivan Grčar
Belinka Perkemija, d.o.o., Slovenia

Summary

Hydrogen Peroxide and Peracetic Acid are being more and more used in ecology in various fields and effectively replace remedies which have more negative impacts onto the environment. Belinka has been producing Hydrogen Peroxide and Peracetic Acid for paper and textile industry for several decades. In ecology sulphides, polysulphides, cyanides, phenols, formaldehydes, etc. are thus successfully oxidized. Power of active oxygen and oxygen radicals are also used to master microorganisms. Thus use of both chemicals in alimentary (food & beverage) industry and medicine has been transferred into other fields. Therefore Belinka Perkemija, parallel with that, developed and pre-registered Belox (Hydrogen Peroxide) and Persan-S (Peracetic Acid) as biocide for disinfection packaging in food & beverage industry as concentrated or diluted peroxide with bath, spray or vapour technology and for use with process and waste water treatment. Both chemicals can be used in all three stages of waste water cleaning (primary, secondary and tertiary). It is usually possible in concentrations (5-30ppm) to achieve reduction of the microorganism number for log 2-4, which depends on several parameters. With shock therapies (100-600ppm) it is possible to lower the volume of mud in biological treatment plants with the reduction of thread bacteria. With the help of UV rays both, Peroxide and Peracetic Acid can be activated. Besides that due to specific activity of both chemicals onto microorganisms they do not cause their adaptations in many cases.

Advantage of Belox and Persan-S from other biocides is also, that Hydrogen Peroxide breaks up into oxygen and water and Peracetic Acid into oxygen, water and acetic acid, which is biodegradable. Therefore we place them among alternative biocide means. It is, above all, important, that mentioned chemicals do not contribute to rise of AOX, decrease COD and BOD and even reduce residual sludge.

Key words: Belox, disinfection, ecology, biocide, peroxyacetic acid - PAA, Persan, hydrogen peroxide - H_2O_2

Izvod

Vodonik peroksid i persirčetna kiselina se sve više koriste u ekologiji u raznim oblastima i efikasno zamenjuju sredstva koja imaju negativniji uticaj na okruženje. Belinka već nekoliko decinja proizvodi vodonik peroksid i persirčetnu kiselinu za industriju papira i tekstila. U ekologiji se, dakle, sulfidi, cijanidi, fenoli, formaldehidi itd. uspešno oksiduju. Snaga aktivnog kiseonika i radikala kisonika se takođe koristi da bi se gospodarilo mikroorganizmima. Dakle, primena hemikalija u prehrambenoj industriji i medicini prenesena je u druge oblasti. Zbog toga Belinka Perkemija, paralelno sa time, razvija i obavlja je pred-registraciju proizvoda Belox (vodonik peroksid) i Persan-S (persirčetna kiselina) kao biocida za dezinfekciju ambalaže za prehrambenu industriju. Proizvodi se plasiraju kao koncentrovani ili razblaženi preoksidi za tehnologije potanja, spreja ili isparavanja, kao i za primenu u tretmanu otpadnih voda. Obe hemikalije se mogu koristiti u sve tri faze prečišćavanja otpadnih voda (primarnoj, sekundarnoj i terciarnoj). Uobičajeno je da se sa koncentracijom 5-30 ppm postigne smanjenje broja mikroorganizama za log 2-4, što zavisi od nekoliko parametara. Šok terapijom (100-600 ppm) moguće je smanjiti zapreminu mulja u potrojenjima za biološki tretman, usled smanjenja broja bakterija. I peroksid i persirčetna kiselina mogu da se aktiviraju uz pomoć zračenja. Osim toga, zahvaljujući superaktivnosti obe hemikalije prema mikroorganizmima, u većini slučajeva ne dolazi do adaptacije mikroorganizama.

Prednost Beloksa i Persana-S u odnosu na druge biocide je takođe u tome, što se vodonik peroksid razlaže na kisonik i vodu, a persirčetna kiselina na kiselinu, vodu i sirčetnu kiselinu, koja je biodegradabilna. Usled toga, ovi biocidi se mogu svrtati među alternativna biocidna sredstva. Posebno je važno našpomenuti da pomenute hemikalije ne doprinose povećanju AOX, smanjuju COD i BOD i čak smanjuju prostali mulj.

Ključne reči: Beloks, dezinfekcija, ekologija, biocid, peroksisirčetna kiselina - PAA, Persan, vodonik peroksid - H_2O_2

1. INTRODUCTION AND BASIC PRESENTATION: PERSAN-S15 (PERACETIC ACID - PAA) AND BELOX 35 (HYDROGEN PEROXIDE - H₂O₂)

Belinka Perkemija produces and pre-registers two biocidal products Belox and Persan-S. Both products effectively operate on the basis of active oxygen and the various radical and are successfully replacing the biocides, which cause more negative side-effects on the environment.

Persan-S15 and Belox 35 are powerful oxidizing agents with an excellent disinfectant and bleaching properties. Persan-S consist peracetic acid (PAA - 15%) and hydrogen peroxide (22-24%). At the time of activation, product breaks into oxygen and water, the PAA still on acetic acid, which is biodegradable. Persan-S does not burden the environment, if it's used within limits of the ordinary use. The used working solution does not harm biological treatment plants. It mixes with water in all proportions and rinses free of residue. Efficiency has been proven by testing on selected microorganisms. Persan does not work selectively and mechanism of action does not allow development of resistance.

2. THE WORKING OF PAA IN H₂O₂

The basic principle of PAA and H₂O₂ operation is that it severs and destroys the cell membrane. Peroxyacetic acid should oxidise sulfhydryl -SH and sulphur SS bonds in enzymes, and thus would demolish an important part of cell membranes (1). Both ingredients probably interferes with the chemiosmotic function of the membrane transport through cell cracks, which seriously impedes the activity of the cell. PAA acid can also oxidize the essential intercellular enzymes, thus the vital biochemical pathways, active transport through the membrane and intracellular solubility rates are impaired. It is important that the inactivate Catalase does not affect the PAA. Catalase is an enzyme that is known for disintegration of hydrogen peroxide (1). One of the reasons why anaerobic bacteria and sulphate reducing bacteria are so sensitive to peroxyacetic acid is that they lack both Catalase and Superoxide Dismutase.

3. AREAS OF USE PAA IN H₂O₂

- Disinfection:

Food & Beverage, reduction of filamentous bacteria in BWWT – disinfection in tertiary step , Medical, Pharmaceutical, Pulp & Paper (water loops – pulp machines), Sanitar, Laundries, Potable water.

- Oxydation and bleaching

Bleaching of fibers: (cotton, cellulose) - textile, pulp&paper, chemical synthesis, ecology: waste water (cyanide, sulphide, organic chlorine compounds, formaldehyde, phenol, reducing of COD, BOD, discoloration of dyes,...), cosmetics: bleaching of hair, household cleaners.

4. EFFECT, FUNCTION OF PERSAN-S AND BELOX

Persan-S15 does not foam and can be used with a variety of techniques to hot and cold disinfection. Various dosing techniques allow continuous and discontinuous implementation of disinfection by spraying bathing and vapourising. It is recommended to be done before chemical alkaline-acid wash. Typically used depending on the type of microbiological activity of disinfection: (storage tanks, containers, pipelines, piping and equipment, various surfaces and equipment in healthcare, food industry and premises for the processing of feed, beverages and packaging, plugs, PET packaging, CIP systems, milking devices, hatcheries, rendering plant, separators, cycles of fresh and technological water in various industries (e.g. in paper industry in waste water treatment plants at the stage of tertiary cleaning-reduction of faecal bacteria and eliminate odor, etc.). Some practical guidance is given in table 3.

Belox 35 has similar properties as Persan. Belox is differently stabilized hydrogen peroxide using specific techniques, for specific purposes. The qualities of Belox are tailored to individual uses and dosing techniques that are on the market, such as spraying, bathing and suffusion, for the implementation of continuous and discontinuous disinfection. Normally 35% or diluted 0.5 to 7.5% of hydrogen peroxide water solution is used (depending on the type of microbial activity) for the hot and cold disinfection. The purpose of use Belox are the same as for Persan. The working concentration of Belox is applied manually or

automatically depending on the technological equipment. It is also necessary to take into account the pH, temperature and method of dosing.

There are no universal instructions - for each application. It is necessary to make efficiency tests or/and an industrial test and on the basis of different parameters (pH, T, the type of microbiological contamination, etc.) an appropriate allowance is determined. The spent working solution does not harm biological treatment plants. It can also be used to prevent the bloated sludge effect – it prevents the operation of filamentary bacteria.

5. RESEARCH AND PRACTICAL EXPERIENCES WITH PERSAN-S IN BELOX

5.1 Persan-S15

PAA works on all types of microorganisms. Its advantage over other disinfectants is also in that it is effective in very low concentrations, temperatures and short contact time. It works not only on vegetative bacteria, yeasts and moulds, but also on endospores of the *Bacillus* and *Clostridium* species, which are difficult to destroy. From the multitude of micro-organisms only a few were chosen on which the microbiocide and virucide working of Persan-S was tested. These tests were performed in vitro at the Institute of Hygiene, Epidemiology and Lab. diagnosis of the University Institute for Health and Social Welfare, Ljubljana (3) (Table 1).

Tabela 1: Microbiocide working 0,005% peroxyacetic acid (3):

Temperature	10 °C					22°C					
Time in minutes	1	5	10	15	20	1	5	10	15	20	Control
Microorganism											
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Streptococcus faecalis</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Escherichia coli</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Proteus mirabilis</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+

Tests for antiviral working of peroxyacetic acid were also performed at the Institute of microbiology in Ljubljana, specifically for the test-viruses polio type I, Adeno type II and Vaccinia (Table 2). Again, the Persan-S proved to be an effective virucide (7). Various microbiological tests were also carried out at the Institute of Pulp and Paper in Ljubljana, Slovenia (7) and presented in symposium in Madrid.

Tabela 2: Reduction of test viruses (6): Persana S (1% conc.)

Reduction	Virus	Adeno tip II						Polio tip I						Vaccinia					
(log)	time (min)	1	2	5	10	30	60	1	2	5	10	30	60	1	2	5	10	30	60
3		+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

The minimum inhibitor concentration of Persan-S was established with a TTC test. (Table 3) It monitors the biochemical reaction in which the indicator changes colour depending on the activity of micro-organisms in the sample.

Table 3: Minimum inhibitor concentration of Persan-S15 in the process water (TTC test) (7)

Persan-S (ppm)	625	312	156	78	39	19	9
TTC	-	-	-	-	-/+	+	+

Note: - with no changes to colour, -/+ partial change to colour, + coloured

Table 4: Some of practical use and the working concentrations of Persan in veterinary, ecology, paper industry

Veterinary			
Disinfection of working - various surfaces (clinic, stables, milking equipment hatcheries, cages,...)	0,01 -3 %	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	Periodically (depend on contamination)
Ecology			
Returnable sludge (reduction of Filamentous bacteria – Sludge bulking)	50 - 200 ppm	Existing	Shock therapy 2 - 3 hours, 4 – 6 a day, 3 – 5 day, periodically repeat - Yearly; depend on season and depend on contamination
Tertiary step waste water cleaning – reduction of microorganisms	10 – 30 ppm (or more if necessary)	Existing	Continually, periodically when necessary, whit the local regulations in swimming area, karst area etc.
Paper industry (7,12)			
Preparing of fresh and process water, returnable water	20 - 150 ppm	Existing	Shock therapy, 10 – 30 min, 6 – 24 a day, depend on season and depend on contamination
Diluted water suspensions of coatings mixtures and starch	20 - 100 ppm	Existing	Shock therapy, 5 – 30 min, 6 – 12 a day, depend on season and depend on contamination

5.2 Belox

It successfully operates more in the warm than in the cold - on thermophilic and mesophilic organisms. It successfully works on vegetative bacteria, yeasts and moulds, while it is inactive on endospores, which are difficult to destroy (2). It is good to know for example that Catalase enzymes break down hydrogen peroxide (1). This is why for this type of contamination peroxyacetic acid is increasingly invoked. Anaerobic bacteria and sulphate reducing bacteria are sensitive to peroxyacetic acid because they lack Catalase and superoxide dismutase.

Various tests were carried out in vitro at the Food Technology Section of the Biotechnical Faculty of Ljubljana (5) (Table 5). Dense suspensions of pure cultures were used for testing. They tested, different times, temperatures, and concentrations. Efficacy of Belox was tested in the food industry of Slovenia (in the soft drinks manufacture, the meat-processing and milling production ...). Some of practical use of Belox (Table 7).

Previous results on typical microorganism are collected in EU Directive 98/8/EC, which were made to the typical microorganism: CEFIC – Peroxygen Sector Group – Doc II A (Table 6), (4).

Table 5: Mikrobiocide working of different Belox concentrations on test microorganisms (3):

Temperature	50 °C						
Time	15 minutes						
Conc.(ml Belox/1l suspension)*	0	1	2	3	4	5	10
Microorganism							
<i>Pseudomonas sp.</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Acinetobacter sp.</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Aeromonas sp.</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aerus</i>	+	+	+	-	-	-	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	+	+	+	+	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	+	+	+	+	+	+	-

*The test were performed with Belox containing 20% of hydrogen peroxide

Table 6: Results of test to typical microorganisms with hydrogen peroxide - H₂O₂ (4)

Type of microorganism	Min. conc. H ₂ O ₂ (as 100%) – clear conditions	Min. conc. H ₂ O ₂ (as 100%) – dirty conditions	Time / Temp.	Efficiency Reduction (log)
Bacillus subtilis, ATCC 6633	7,41 %	/	60 min / 20°C	4
Escherichia coli, NCTC 10418	7,41 %	17,29 %	5 min / 20°C	5
Enterococcus hirae, NCIMB 8191	7,41 %	17,29 %	5 min / 20°C	5
Staphylococcus aureus, NCTC 10788	7,41 %	17,29 %	5 min / 20°C	5
Pseudomonas aeruginosa, ATCC 15442	7,41 %	17,29 %	5 min / 20°C	5
Candida albicans, NCPF 3179, ATTC 10231	9,88 %	12,35 %	15 min / 20°C	4
Aspergillus niger, ATCC 16404	17,29 %	17,29 %	15 min / 20°C	4
Poliovirus 1, ATCC VR-1562/Hela cells	17,29 %	/	15 min / 20°C	4
Adenovirus 5, ATCC VR-5/Hela cells	17,29 %	/	60 min / 20°C	4
Proteus vulgaris, ATTC 13315	9,88 %	17,29 %	10 min / 30°C	5

Table 7: Some of practical use and the working concentrations of Belox in public health, veterinary, ecology

Public health	Belox 35 35 w/w.% H ₂ O ₂	Temperature	Time
Disinfection of working - various surfaces and equipment	0,5 – 10 %	≤ 50 °C	Periodically (depend on contamination)
Veterinary			
Disinfection of working - various surfaces and equipment (laboratory, clinic, stables, milking equipment hatcheries, cages, rendering plants,...)	0,5 -10 %	≤ 50 °C	Periodically (depend on contamination)
Ecology			
First aeration tank (reduction of Filamentous bacteria – Sludge bulking)	Up to 250 ppm	Existing	Shock therapy 2 - 3 hours, 4 – 6 a day, 3 – 5 day, periodically repeat - Yearly; depend on season and depend on contamination
Returnable sludge (reduction of Filamentous bacteria – Sludge bulking)	Up to 500 ppm	Existing	Shock therapy 2 - 3 hours, 4 – 6 a day, 3 – 5 day, periodically repeat - Yearly; depend on season and depend on contamination

5.3. PRACTICAL USE OF BELOX IN THE BEVERAGE INDUSTRY (carbonated and non-carbonated), dairies, breweries, juice, wineries, etc.

New technological production and filling lines for various beverages require a very effective and quick disinfection and largely complete sterility. The speed of the filling lines is accelerating. Production programs are also quickly changing.

Belox also washes out well with water from systems, e.g. CIP and other areas. From surfaces of various packaging such as in the production of milk, where the packaging is deeping through the Belox solution and then wrung and thermally treated (with temperatures above 130°C), steamed and partially decomposed. With even higher temperatures, however, the decomposition to oxygen and water vapour takes place even more quickly. Some technical equipment enables the activation and decomposition of hydrogen peroxide that is the main ingredient of Belox with the help of UV light, which in itself also provides a defined high degree of sterility depending on the beam intensity.

Belox is therefore used for disinfection in the food industry, as an aid and not as a supplement to food. It is therefore necessary to ensure its removal. Belox has an advantage over other biocidal products, because (even if it remains in traces) it does not act negatively and decomposes into oxygen and water. The industry uses different concentrations of hydrogen peroxide depending on the technology. Some packaging as in the dairy industry is sterilized using the process of submersing through a bath with hydrogen peroxide with a

concentration of 35 to 40% of weight at a temperature of about 80°C. Peroxide is then removed by wringing through rollers and then with hot air. A more stabilized hydrogen peroxide is mainly used for this purpose:

- Belox quality **B (Bath)** is suitable. Belox can be added to the disinfectant bath for several days and discarded at the end of the week. It can be prepared daily or dosed continuously, depending on the manufacturer of the technical equipment. (Tetrapak technology,...)

Another way of use is to spray concentrated 35% hydrogen peroxide or diluted into various packaging, or creating an aerosol of hydrogen peroxide through which the packaging travels on the filling line.

- Belox quality **S (Spray)** is suitable and at temperatures >180°C. A high quality hydrogen peroxide with a low content of non-vaporous substances, which usually quickly block the spraying nozzles, is required. (Combibloc, Elopak, KHS.... technology).

It is possible to use an interim quality of hydrogen peroxide for deeping and spraying where the spraying temperature is <180°. Technical support from Belinka Perkemija is necessary before using Belox SB because it is important which high tech equipment and technology is installed.

- Belox quality **SB (Spray, Bath)** is suitable. Hydrogen peroxide is so stable that it can be used as a sufficiently stable in the bath and does not cause problems in blocking the spraying nozzles.

In the case of chemical treatment of various surfaces, tanks for raw materials and products, etc. disinfection is usually performed after alkaline-acid washing. For these purposes, Belox concentrations ranging from 3 to 7 ml Belox / 1l solution depending on the concentration Belox, are used. For the dilution, distilled or demineralised water is used, which prevents the decomposition of hydrogen peroxide, and leaves no trace due to the hardness of water.

For certain other types of disinfection are developed additional qualities of Belox namely Belox 35 F (Food Contact grade) Belox 35 P (Pharmaceutical grade) and Belox 35 E (Disinfection grade and Ecology, Veterinary, etc.). Biocidal application of Belox regarding product type (PT 2 - 5) is given in attached table.

6. APPLICATION OF PAA AND H₂O₂ IN ECOLOGY

6.1 Condition of oxidation industrial waste water

With the help of H₂O₂, which has a high oxidation potential, and also in combination with catalysts (eg. Fe²⁺, Cu²⁺), O₃, UV, etc., one can accelerate the oxidation process. The main oxidation by H₂O₂ are listed in the following table (table 8).

Table 8: Possible oxidation reactions of contaminants with H₂O₂ (8)

Reaction with H ₂ O ₂	Conditions (pH)	Quatnity of H ₂ O ₂ , 50w/w % (g/kg)
CN ⁻ → CNO ⁻	pH ≥ 9	2600
NO ₂ ⁻ → NO ₃ ⁻	pH ≤ 5	1500
H ₂ S → S	pH ≤ 8	2000
S ²⁻ → SO ₄ ²⁻	pH < 8	8500
R-SH → R-SO ₃ H (R=CH ₃)	Fe ²⁺	4250
C ₆ H ₅ OH → Oxid. Products.	Fe ²⁺	4000 - 6000

6.2 Disinfection of municipal and industrial waste water

6.2.1. Excess sludge - H₂O₂ (8)

The addition of H₂O₂ has proved to be beneficial in the treatment of the excess mud (silt). During drying sludge water from floccule more easily and quickly stripped, so that's like the silt in a shorter time can be processed further. Therefore, it is possible to improve the concentration of silt with mechanical decision-making of water. System of H₂O₂/iron (II) sulfate as an alternative to the usual flocculants, he showed extraordinary effects. Returnable sludge - H₂O₂ (12)

6.2.2. Returnable sludge - H₂O₂ (8)

The H₂O₂ can reduce the problems caused by bloated slime. Under certain conditions, the rate of recovery occurs poorly sedimented sludge inflated due to excessive growth of filamentous bacteria. Most of these organisms are very sensitive to H₂O₂ and only this ruin. However, as desired by bacteria is much more

resistant to H_2O_2 , the selective destruction of filamentous bacteria can be, without affecting the capacity of the cleaning. Dosing could be continuous. Preferable and effective dosing – is "shock therapy".

- Continuous dosing ((100 – 200 ppm 35% H_2O_2 , (0,1 - 0,2 l/m³); 6 – 8 days)
- Shock dosing ((100 – 200 ppm 35% H_2O_2 , (0,1 - 0,2 l/m³); 3 – 5 days 3 – 6 hours))
- More contaminated water (200 ppm 100 % H_2O_2 , or. 550 ppm 35% H_2O_2 ; 3 – 5 days, two times/ day)

6.2.3. Disinfection with PAA and H_2O_2 – in tertiary step (9)

The most commonly added to PAA in the tertiary level before discharge into a waterway. Quantitative accessories PAA range between 5 and 15 ppm. The rate of reduction is between log 3 and 4. (10, 11). In return sludge are smaller and shorter time PAA accessories according to the ins, H_2O_2 , or can be implemented in combination with H_2O_2 , which are described above. Such combinations are the following:

- Shock dosing directly into the return sludge; 50-250 mg/l (50% H_2O_2 or ekvivalento amount of 35% H_2O_2), 4 hours.
- Stand-alone accessories PAA; usually between 20 and 200 mg/l in a very busy rest of the PAA is not detectable in the systems 2 – 30 min.

7. COMPARISON OF THE EFFECTS OF PAA AND HALOGEN-BASED BIOCIDES (TRIHALOMETHANES)

The advantage of using chlorine-based biocides in front of the PAA clearly shown in the table 9, where the results of specific studies are given (10). PAA actually does not contribute to increase the AOX.

Table 9: Comparison of PAA with biocides on chlorine basis (10)

Compound	before disinfection	after disinfection chlorination	after disinfection with PAA
Bromodichloromethane (µg/L)	0.60	56.82	0.60
Bromoform (µg/L)	0.60	19.62	0.60
Chloroform (µg/L)	0.64	21.55	0.64
Dibromochloromethane (µg/L)	0.75	72.71	0.75
Total trihalomethane (µg/L)	0.60	170.70	0.60

Literature

- 1) Fraser J. A. L.: Peroxygens in environmental protection; Effluent and Water Treatment J., 1986.
- 2) Baldry M. G. C.: The bactericidal, fungicidal and sporicidal properties ...; J. of Applied Bact., 1983, 54, 417-23.
- 3) Univerzitetni zavod za zdravstveno in socialno Varstvo; TOZD Inštitut za higieno, epidemiologijo in laboratorijsko diagnostiko – Oddelek za sanitarno diagnostiko, Ljubljana; 1985, 1986
- 4) CEFIC group, Directive EU 98/8/EC: Dossier "Hydrogen Peroxyde", Doc. II A
- 5) Biotehniška fakulteta Ljubljana, VTO Živilska Tehnologija: Testiranja Belox v živilski industriji, 1981
- 6) Medicinska fakulteta, Inštitut za mikrobiologijo, Ljubljana; Preskušanje virucidnega delovanja perocetne kisline; 1986 – Arhiv Belinka
- 7) Ivanuš A., Grčar I.: Microbiology in Papermaking - Green Biocide Application; Madrid, 25-26 Oct. 2000; (COST E-17)
- 8) Schwarzer H.: Einsatz von wasserstoffperoxid zur blahschlamm bekämpfung Abwassertechnik, Umwelt 6/81
- 9) Maunuksela J.: Peroxygen in the control of sludge bulking; 1997
- 10) Tran M.: Old City, New Ideas: Peracetic Acid in Wastewater Disinfection at St. Augustine
- 11) J. Joivunen J., Heinonen H. – Tanski: Peracetic acid (PAA) disinfection of primary, secondary and tertiary treated municipal wastewater
- 12) Grčar I. Belinka Perkemija, Ivanuš A. ICP Ljubljana, MZT RS: Zeleni biocid za celuložno – papirno industrijo; št. projekta 55-3463; 2001

Presenting author:

mag. Ivan Grčar, univ.dipl.ing.chem.

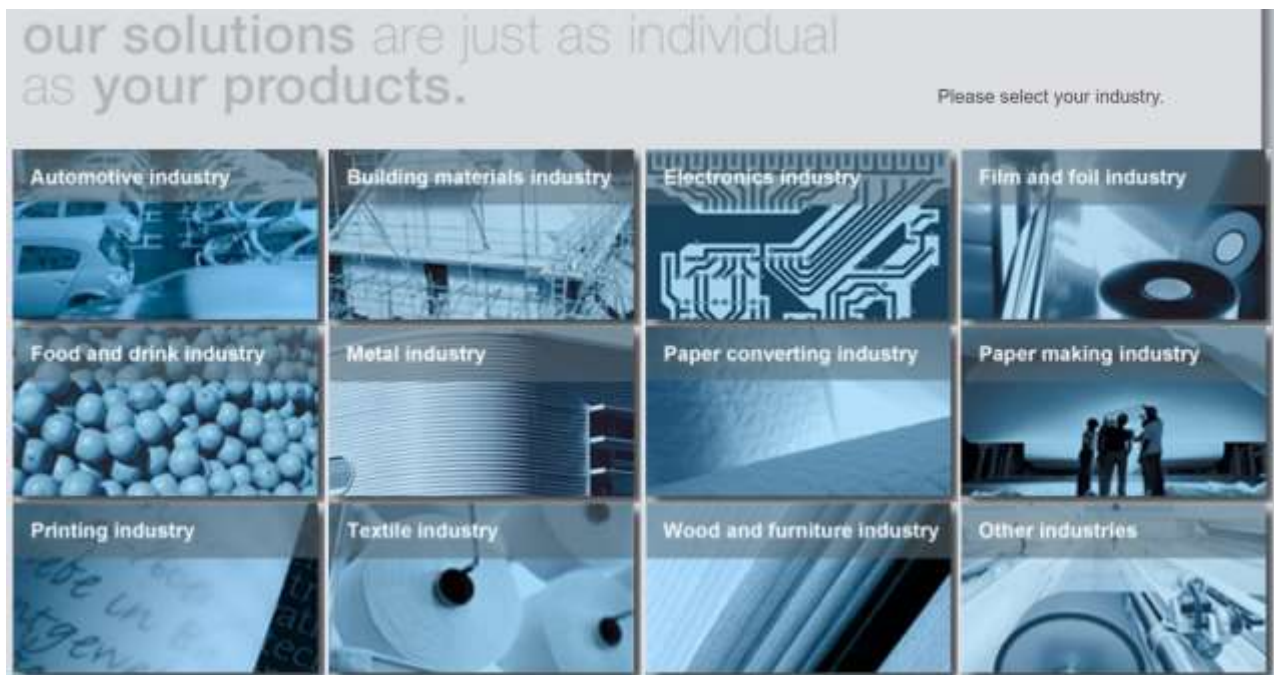
Belinka Perkemija, d.o.o., Slovenia

E-mail: Ivan.Grcar@belinka.si

PRESENTATION OF THE SCHÄFERROLLS D.O.O., KRANJ, SLOVENIA PREZENTACIJA FIRME SCHÄFERROLLS D.O.O, KRANJ, SLOVENIJA

*Gregor Ažman, Marjan Urh
Schäferrolls d.o.o., Kranj, SLOVENIA*

Kompletna rešenja firme SCHÄFERROLLS:



http://www.schaeferrolls.com/en/industry_solutions.htm

A NOVEL TEST METHOD FOR PREDICTING CRUSHING ELASTICITY IN MEDIUM FLUTING WITH HIGHER RELEVANCE THAN THE CURRENTLY USED METHODS LIKE CMT

NOVI METOD PREDVIĐANJA ELASTIČNOSTI LOMA U SREDNJIM FLUTINZIMA SA VEĆIM ZNAČAJEM OD UOBIČAJENIH METODA KAO ŠTO JE CTM

Thomas Fürst

ABB AB, Lorentzen & Wettre Products, Kista, SWEDEN

Summary

During the corrugated board making process the board is passing several rollers and belts, which compress the material more or less. This also happens later in the process when corrugated board sheets are printed, scored and die-cut.

As a damage trouble shooting tool, thickness measurements are not sensitive enough to estimate the amount of crushing in these processes. The loss in thickness will be recovered after the crush and not measurable. The board might lose some of its functionality as packaging protecting its content when it is crushed. Of course a converter doesn't want that.

Adjustment in the converting process might work for minimize permanent damage of the corrugated board. But it is also important to have strong medium with high resistance to crushing.

Testing of crush resistance of medium called CMT is very time consuming. It involves hot corrugating a small test strip of paper in a laboratory fluter, fixing it without delay on a self-adhering pressure sensitive tape and testing it immediately in a laboratory crush tester. Such test yields a final strength of the flute at the moment of total collapse, which is not a relevant value because when the board reaches this point it is already damaged. The more relevant point is when the board starts to lose its elasticity and begins to fail.

Manual testing CMT is a very unpopular test and a difficult one to automate. A new test with the working name S-test can accurately predict the elasticity break point also called CMT plateau.

Key words: *crushing elasticity, medium fluting, CMT*

Izvod

Tokom postupka izrade talas kartona, karton prolazi kroz nekoliko valjaka i traka, koje ga pritiskaju. Ovo se događa i kasnije, tokom štampanja, bigovanja i štancovanja.

Merenje debljine nije dovoljno senzitivno alat za analizu problema kada treba proceniti stepen sabijanja u ovim procesima. Gubitak debljine će se smanjiti posle dejstva sile i ne može se izmeriti. Karton može izgubiti deo svoje funkcionalnosti kao zaštitni materijal za pakovanje, ukoliko se zdrobi. Naravno, proizvođači kartonske ambalaže ne žele da se tako nešto desi.

Podešavanja u postupku izrade kartonske ambalaže mogu doprineti da bi se trajna oštećenja talas kartona svela na minimum. Međutim, važno je i da se dobije jak medij velike otpornosti na drobljenje.

Testiranje otpornosti na lom srednjeg sloja, koje se naziva CMT, oduzima veoma mnogo vremena. Uključuje pravljenje talas na toplo od male trake papira pomoću laboratorijskog uređaja, trenutno lepljenje na samolepljivu traku osetljivu na pritisak i testiranje bez odlaganja u laboratorijskom test uređaju za ispitivanje otpornosti na lom tokom pritiskanja. Ovakav test daje informaciju o krajnjoj jačini talasastog sloja, u trenutku totalnog kolapsa, što nije od značaja, jer kad karton stigne do ove tačke on je već ozbiljno oštećen. Od mnogo veće važnosti je podatak koji se odnosi na trenutak kada karton počinje da gubi elastičnost i počinje da se trajno deformiše.

Ručni CMT test je izuzetno nepopularan test koji je teško automatizovati. Novi test, sa radnim nazivom S-test, može tačno da predviđi tačku u kojoj dolazi do gubitka elastičnosti, što se još naziva CMT plato.

Ključne reči: *elastičnost loma, talasasti sloj, CMT*

INTRODUCTION

Product quality is important for all paper producers. Process data from sensors in QCS scanners and other inputs can be used to help run the paper machine in an optimum and stable way but in the end it is the results from standardized tests done in a conditioned laboratory according to ISO, TAPPI and other test methods which decide if the product fulfills the specification or not. Quick feedback of the laboratory tests are decisive then. So can the laboratory tests be done faster?

The project described in this paper concentrates on finding a test method which can be automated and used close to the production. Many paper mills today have automated their laboratory paper testing. That encompasses simply cutting a cross profile strip from the jumbo reel and feeding it into the automated test machine such as L&W Autoline. The testing is fully automated and no manpower is required after the test has started. An important advantage of such tests is a quick feedback which can be used in controlling and/or improving the production.

This project focused also partially on the question of the relevancy of the modern tests – are the results really important to the end user (so to the corrugated board user)?

The third challenge is to get the different industry parties agree that the automated test method measured property is relevant? Can it be standardized? Etc.

CORRUGATING MEDIUM TEST (CMT) PREPARATION AND PERFORMING THE TEST

The most important compression strength test for medium fluting producers is Corrugating Medium Test (CMT). The guaranteed levels for this property are listed in the specifications. Other equally important strength measurements are Short Span Compression (SCT) and Fluted Edge crush (CCT) or (CFC).

A CMT test is performed in the following way: 10 pieces of paper with the dimensions of 12.7 mm x 150 mm ($\frac{1}{2}$ x 6 inches) are cut in the MD direction from a given sample of paper. Those pieces are then fluted in the laboratory fluter set to 177°C ($\pm 8^\circ\text{C}$). The corrugated piece is then placed on the corrugated rack, covered with the comb which ensures the right geometry of the flutes and manually fixated to a piece of self-adhering pressure sensitive tape. After the careful removal to the comb from inside of the flutes the specimen is ready to be either crushed in a crush tester immediately (for the CMT₀ value) or crushed after 30 minutes conditioning in 23°C and 50% RH (for the CMT₃₀ value).

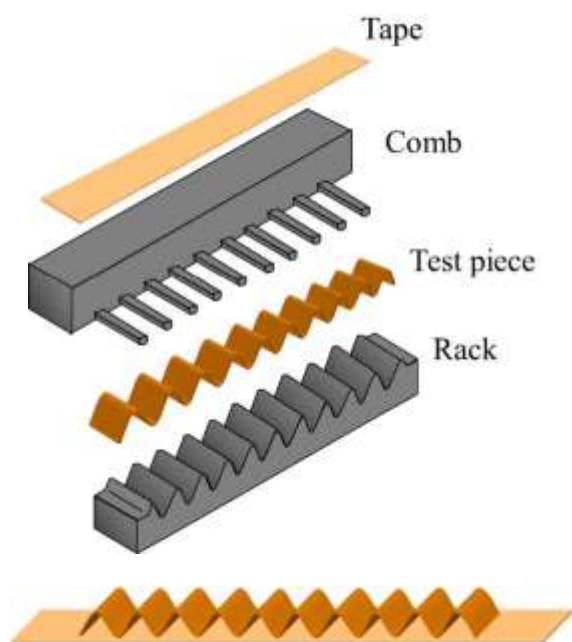


Fig 1. CMT sample preparation

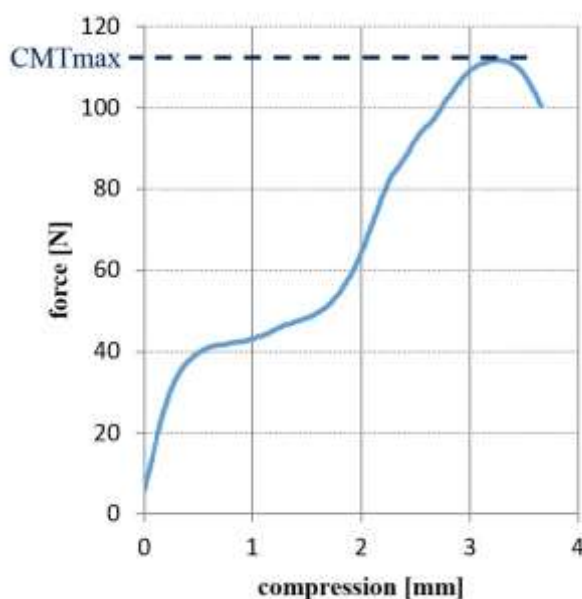


Fig 2. CMT measuring graph

During the compression the test piece will go through different stages of buckling and crushing. The maximum force before total collapse is the CMT value (designed as CMT_{max}).

As mentioned in the method description, the industry uses two versions of CMT test: CMT₀ and CMT₃₀. The choice of the method used depends on the availability of conditioning chamber and time. The main difference between those two versions lies in the moisture content in the samples, for this reason the CMT₀ is higher than the CMT₃₀.

WHAT ARE THE DIFFICULTIES IN PERFORMING CMT MEASUREMENTS?

The main problem with the CMT measurements is that it is very time consuming compared to test like SCT. In case CMT₃₀ is used the time required is even longer. The test is also operator dependent. As well, the type of the tape used has an influence on the end value. Moreover, the condition of the laboratory fluter can affect the test, both when considering the temperature settings and its technical state. A consequence of poor sample preparation could also be “leaning flutes” which will result in under estimation of the paper strength or no reading at all. This is also seen at high basis weights and high performance papers, due to high (bending) Stiffness. The flute are not compressed but “pressed “away. Besides the technical factors, the delamination of paper makes this measurement difficult to interpret.



Fig 3. Leaning flutes

CRUSHED CORRUGATED BOARD DOESN'T MAKE GOOD BOXES

Corrugated board boxes are made to protect its content during storing and transportation. It is then important that it is produced and converted without damaging its structure before it started to fulfill its purpose. A typical damage could be for example introduction of cracks in the structure during slitting, scoring and cutting operation. During the same operation the load could be too high and the flutes would be crushed. Crushing of the flutes can also happen during the printing operation.

The tests used for checking the corrugated board load carrying capacity is its thickness. Another test in the Flat Crush Test, which is not done very often.

In Flat Crush Test a circular test piece is cut out of the corrugated board sheet. The size depends on the crush tester capacity as the force needed to crush the corrugated board could be very high. The test piece is inserted in the gap between the platens in a crush tester. The test is started and the test piece is slowly crushed. During the crushing the force is recorded. The force against compressive strain curve is used to evaluate the result of the test.

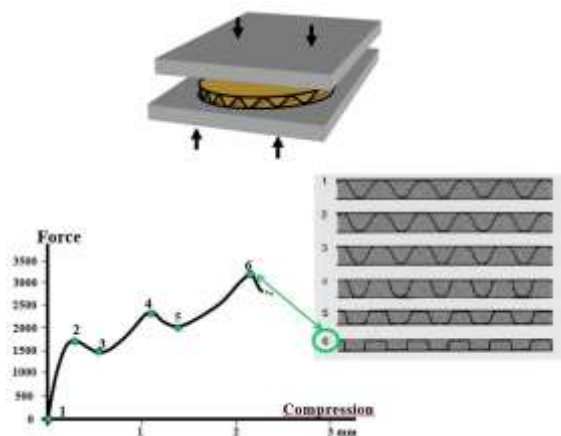


Fig 4. Flat Crush Test (FCT)

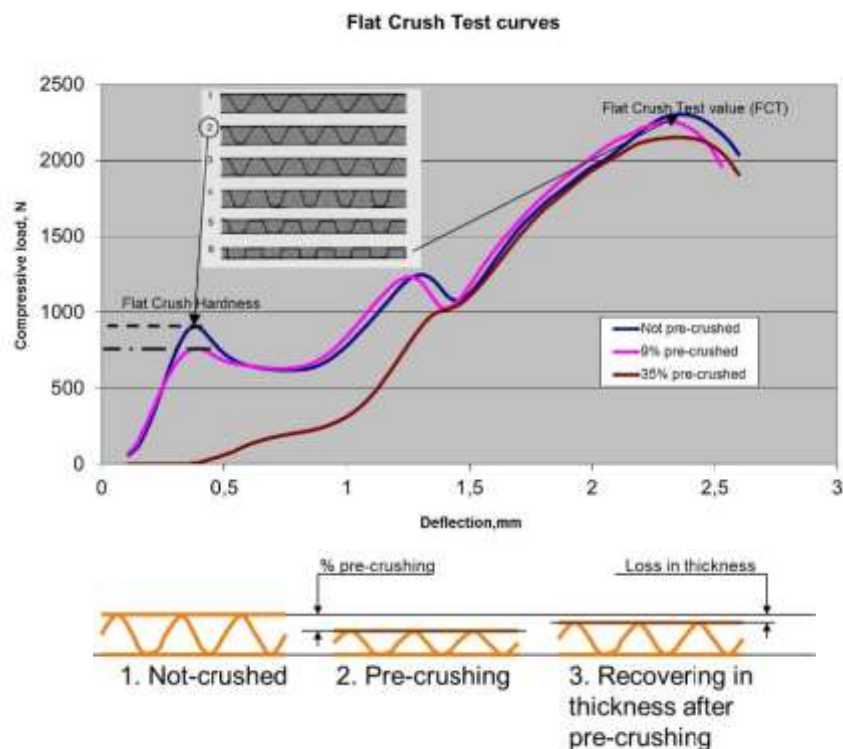
The force at stage 6 in the figure 4 is the Flat Crush Test result. In this paper we call this FCTpeak or FCTmax. This is the highest force just before total collapse. The FCTmax value is divided by the surface size of the test piece to make it “independent” of the size of it. The result unit then will be kPa or psi.

The FCTmax value is maybe not that relevant as a measurement of the strength of the board because it is recorded when the material has already lost its rigidity and has very little support possibilities.

In the following example (see fig 5) a series of flat crush tests were performed in a crush tester with various pre-crushed samples.

The shape of the load deflection curve changed a lot for the heavily pre-crushed sample. The board thickness difference measured before and after pre-crushing was insignificant and close to 0 % for the 9 % pre-crushed samples and only 5% for the 35% pre-crushed sample. This shows that thickness measurement is not a sensitive damage evaluation tool.

However, the first peak called the Flat Crush Hardness value is very sensitive to pre-crushing. For a 9% pre-crushed sample the hardness value drops 16% and for a 35% pre-crushed sample the first peak disappears totally!!



Pre-crushing	9%	35%
Loss in thickness after recovering	0%	5%
Loss in FCT	2%	7%
Loss in Flat Crush Hardness	16%	100%

Fig 5. Flat Crush Hardness

Considering this. It is clear that the value most relevant for the end user is the first peak, and not the FCTmax. Obvious then is that one should start to evaluate this first peak already at the mills producing fluting medium.

MEASUREMENTS ON FLUTING. ALTERNATIVES TO CMT MAX

The different stages of the CMT measurement are shown below on the plots and the corresponding photos.

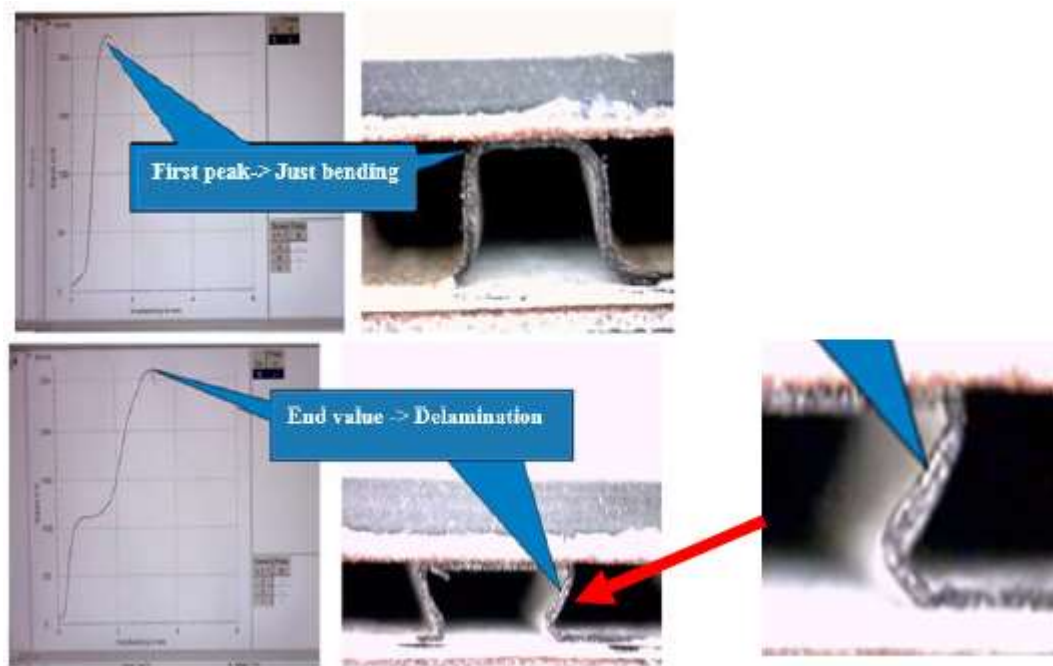


Fig 6.

First it is a plateau or peak which seems to be connected to a bending failure that happens after the initial elastic compression part is passed. Then there is the traditional CMT value which happens at max force. Clear delamination can be seen in the test piece. Typical delamination can also be seen in fig 9.

WHAT IS CMT PLATEAU AND HOW TO DEFINE IT?

The force –compression curve of CMT measurements doesn't always have a distinct first peak but more like a plateau. A way to define this plateau is to look at the first derivative (red curve). The derivative is description of the slope of the curve. The plateau is visible then as the derivative curve intersects the x axis, which means the change in force without the change of displacement (or with minimal change). If the derivative doesn't cross the zero level the displacement at the first minimum is used instead.

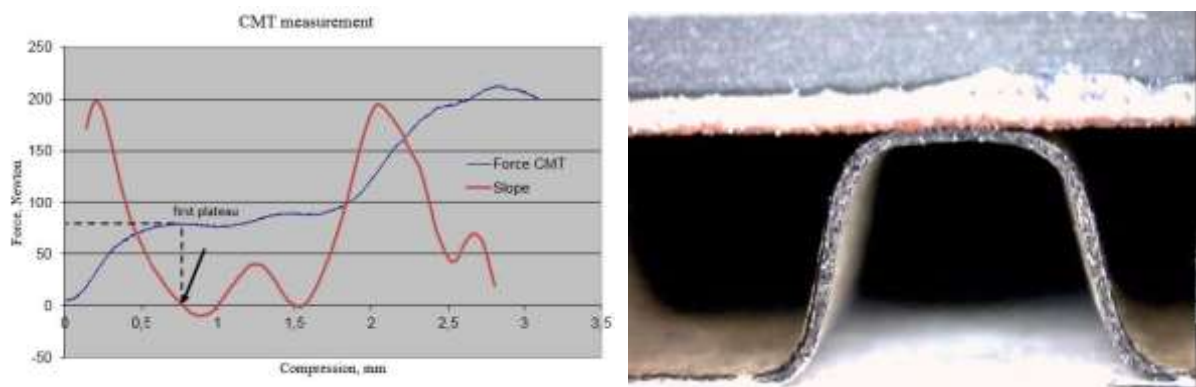


Fig 7.

If there is a peak or plateau visible in the test seems also to be dependent of how the flutes are fixed in their position. A laser cut single faced corrugated strip in the shape of CMT test piece is tested in a Crush tester. Both samples show then the same plateau and Fmax levels, but for the board sample. The graph looks more like the FCT profile, with a distinct first peak. Could it be because of the more stability in the sample introduced by the glue itself?

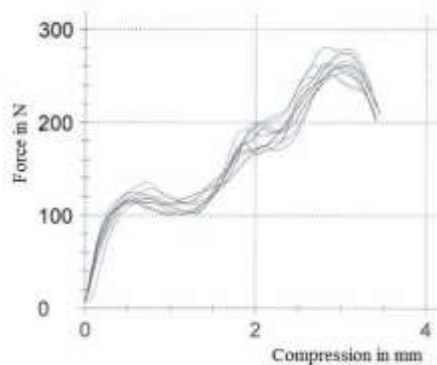


Fig 8. Glued test piece

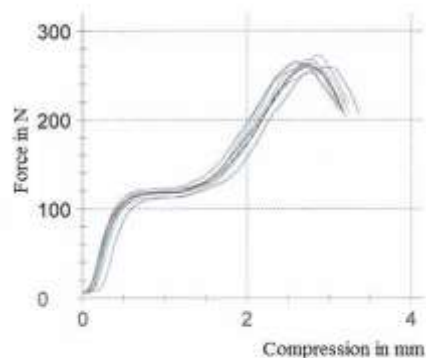


Fig 9. Taped test piece

CMT MAX DISQUALIFY HIGH BASIS WEIGHTS FLUTING

CMT plateau is more stable and doesn't have the delamination problem that CMT Max has. Fmax (CMTmax) in this example, is at the same level for 175 g/m² as for 130 g/m² fluting which leads to the question of whether using the more expensive 175 g/m² fluting is justified, if the same strength can be delivered using thinner and cheaper 130 g/m² fluting. The same problem is not influencing the CMT plateau which easily distinguishes between various levels of fluting grades. So CMT first plateau could be the judge for a good performing fluting which give 175 g/m² higher rank than 130 g/m².

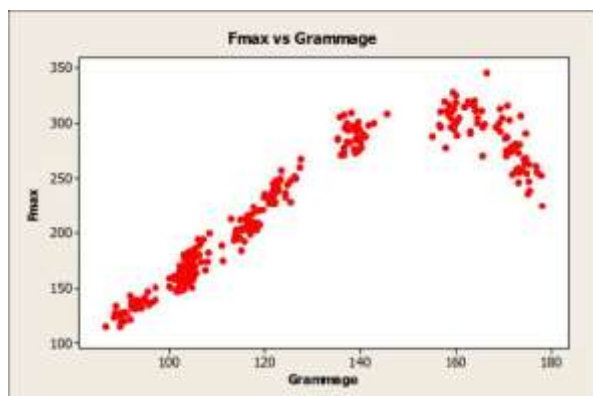


Fig 10. CMT max

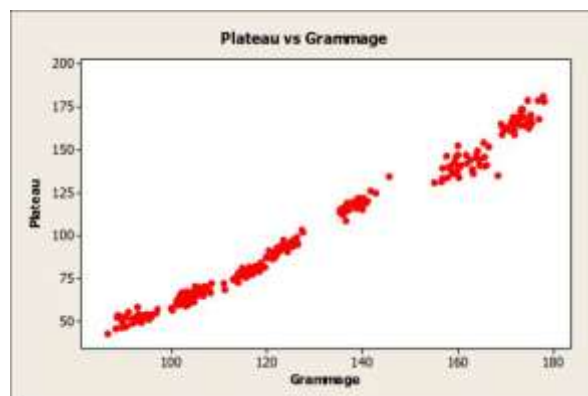


Fig 11. CMT plateau

B-profile flute instead of A-profile in CMT tests

There is an ongoing discussion whether to introduce another profile type in standardized CMT measurement. The currently used flute is an A flute, with flute height around 4.5 mm (0.18 in). The suggestion is to introduce B-flute instead in the CMT measurements for lower basis weights such as 90 g/m² (18#) and

below. B-flute has a height of around 2.5 mm (0.1 in). But using two different flute types only complicates the measurements and makes it impossible to compare flutings throughout the whole basis weight range.

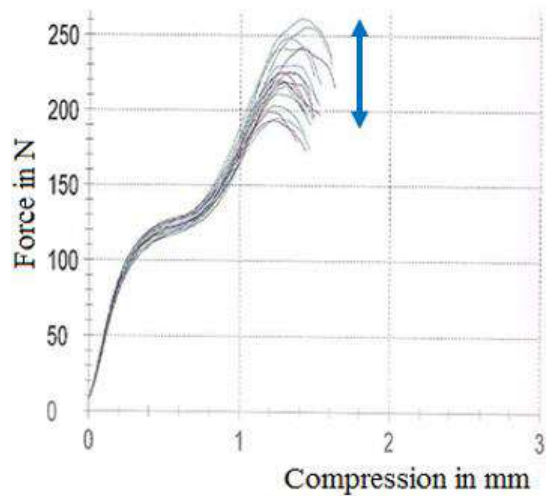


Fig 12. Recycled Fluting 100 g/m² B-flute

Using B-flute in a CMT test still has a lot of spread in the CMT max value. It suffers also from delamination, because even though the basis weight of the used fluting is lower so are also the dimension of the flute itself.

It might be possible to use the CMT first plateau for the B flute as well; this needs further investigation.

FIRST PAPER MILL PRODUCTION TRAILS

The tests were done in a SmurfitKappa mill in EU. The mill were producing recycled medium. The question was. Is CMTplateau sensitive to the added starch amount?

By adding starch at the size press (fig 13) , CMT max increased as expected but also the CMT plateau increased. For recycled 90 g/m² 6– 7 N per % starch. Although the effect of 1 % starch on the CMT max is higher (15 N per %). The effect on CMT fp is high enough to control a paper machine on strength. However more studies with the effect on the S test needs to be done here.

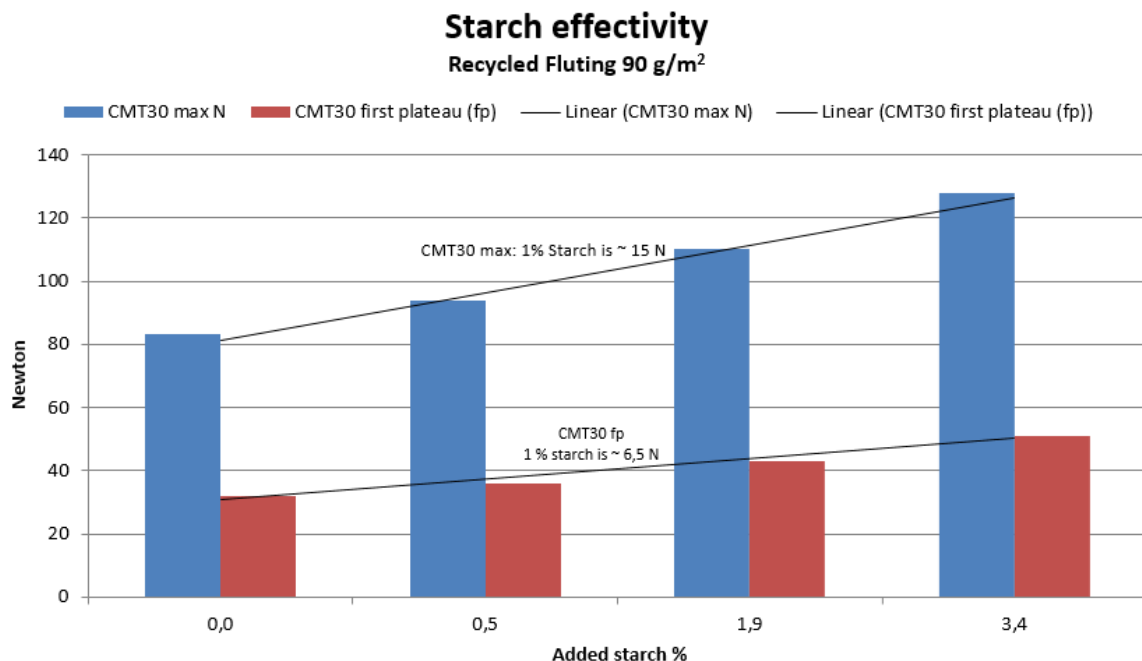


Fig 13. Starch effectivity in mill production trails

S-TEST AS A WAY TO SIMULATE CMT PLATEAU MEASUREMENT

In this project there was a lot of work done concentrated on correlating CMTmax and CMTplateau with other paper properties measured in the laboratory today. The goal has been to find a method that is quick, doesn't need a laboratory corrugating process and is sensitive to changes in the manufacturing process and above all easily automated and possible to use in L&W Autoline.

If one studies the CMT process visually it become obvious that the flutes are formed as a sine wave with a height of around 4 mm (A flute). When compressed from top and bottom the wave will be loaded in a matter bringing to mind compression test with a long span. After the initial elastic compression part the bending of the wave will fail which will lead to the first permanent damage.

To simulate those forces the standard SCT instrument was modified – the span was changed from 0,7 mm to 4 mm (about the same as the height of A-flute). The initial tests did not show any significant correlation between the CMT results and the modified SCT (so called SCT long) due to a non-reproducible buckling of the samples.

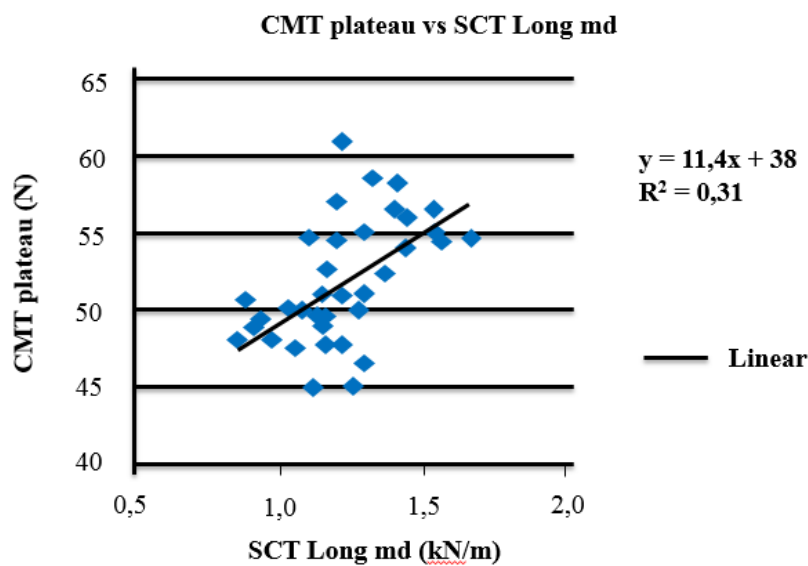


Fig 14. CMT plateau and SCT long

S-TEST - CMT PLATEAU CORRELATION

To overcome the uncontrolled buckling an offset of 1 mm in the 4 mm span was introduced. The shape of the test piece then resembled the letter “S”, thus leading to the name of the test. The working name became S-test.

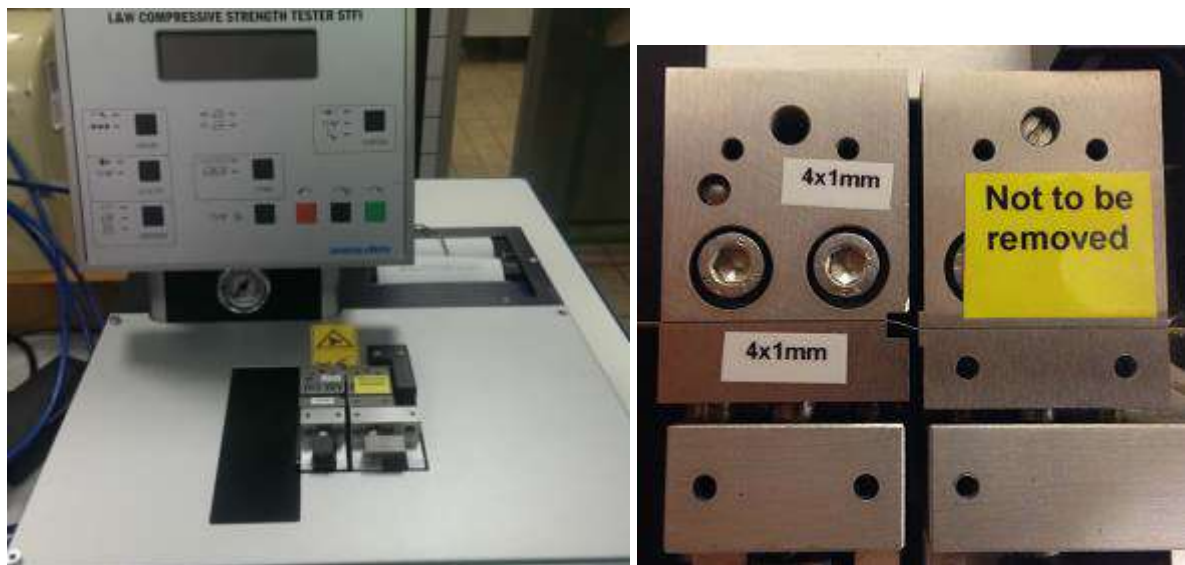


Fig 15. Modified L&W Compressive strength Tester -STFI

In the correlation attempt in April 2015 samples of 10 different grades from 17 European mills were collected which makes a total of 170 samples. The major part of the samples was 100% recycled fluting medium. The result of one Semi Chemical fluting were deviating from the main bulk of measurements.

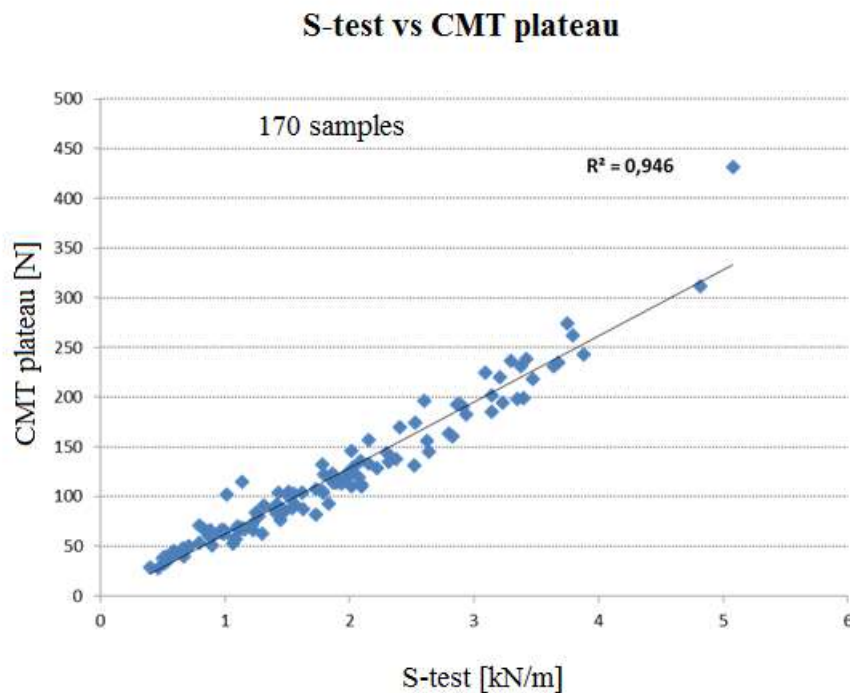


Fig 16. S-test – CMT plateau correlation 170 sample

Additional 120 samples were measured 6 month later which confirmed the high correlation.

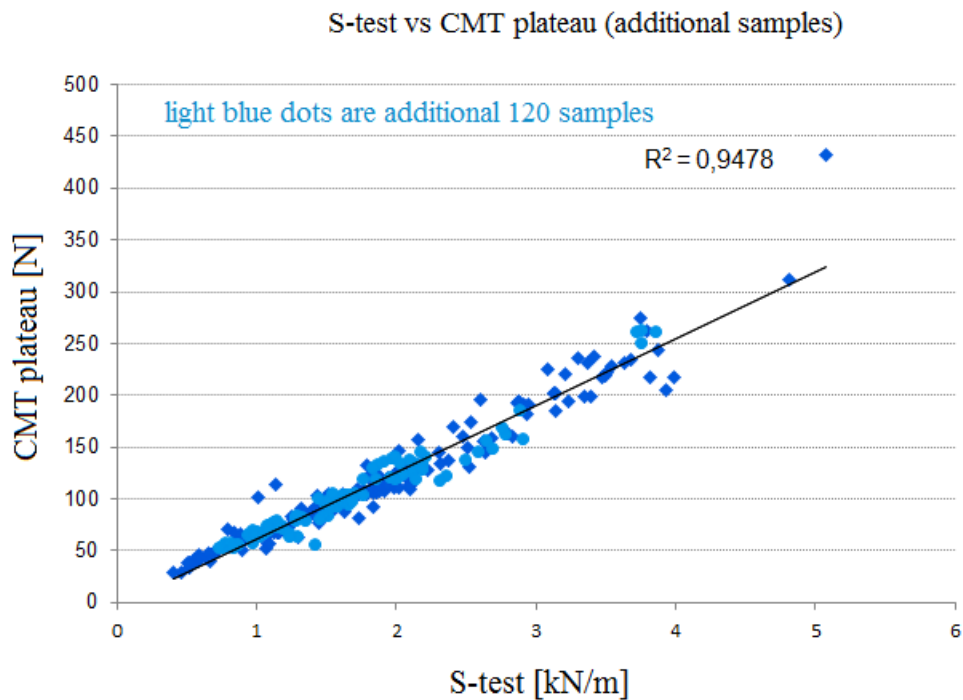


Fig 17. S-test – CMT plateau correlation 170 + 120 samples

At the same same time tradional CMT MAX was measured. Correlation was clearly lower. Probably due to failure issues in the CMT test like delamination or leaning flutes.

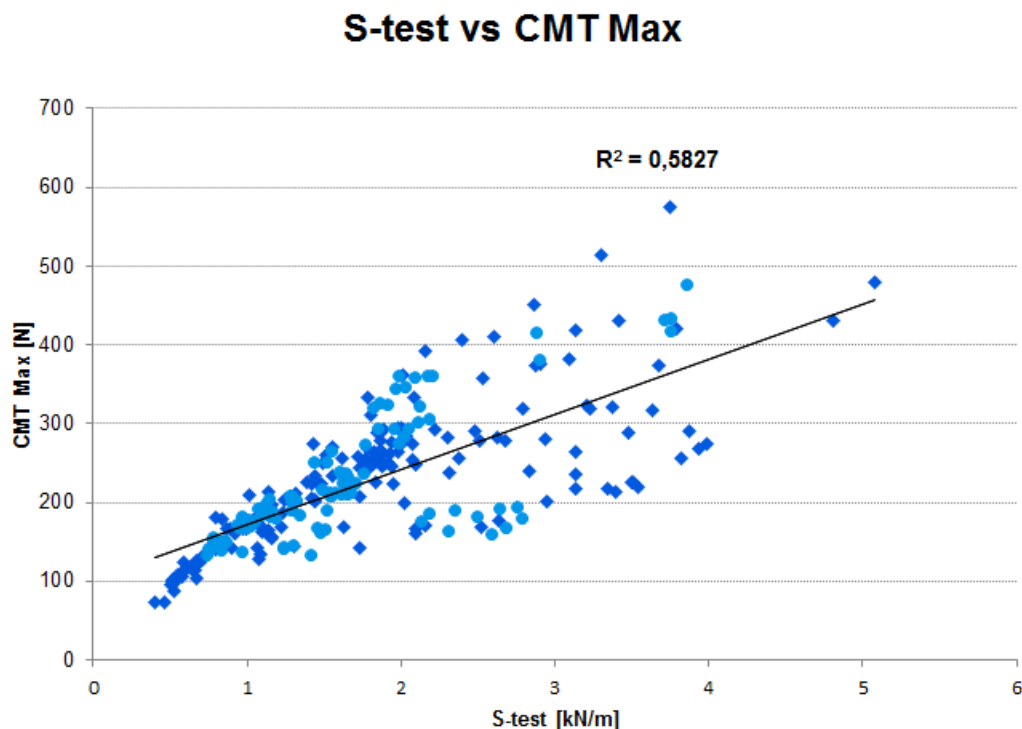


Fig 18. S-test – CMT Max correlation 170 + 120 samples

MILL TRAILS

After confirming the validity of the S-test on the laboratory scale the production test was established at Smurfit Kappa Mill Hoya in Germany. Since May 2015 an S-test measuring unit is mounted in L&W Autoline and is running daily measurements.



Fig 19. S-Test module in L&W Autoline

Up to now this test has shown a correlation coefficient of 97,6% between the measured S-test and the real CMTplateau value.

An ongoing investigation is to find out the S-test sensitivity to machine tuning, refining, starch levels, jet/ wire ratios and other variables.

FUTURE WORK

Verification of the correlation S-Test result to CMT plateau and FCT first peak is needed on actual paper. Executing corrugator trials, producing board with known paper and measure all influencing parameters on crushing. Influence of hot treatment on S-test have been executed but need deeper investigation

SUMMARY

This paper tries to point that the converters who die-cut and print corrugated sheet should be more interested in the crush elasticity of corrugated board. Fluting medium mills will find a more attractive test method in S-test. Which is faster and more automated for optimizing the crush elasticity potential of their medium fluting product.

Acknowledgements

The authors wish to thank Katja Kosecka at Smurfit Kappa Product Development Roermond, The Netherland for providing research and material for this paper

References

- TAPPI Test method T 809."Flat crush of corrugating medium (CMT test)"
- TAPPI Test method T 826." Short span compressive strength of containerboard"
- TAPPI Test method T 825." Flat crush test of corrugated board (rigid support method)"
- ISO 7263 Testing Standard. "Corrugating medium : Determination of the flat crush resistance after laboratory fluting"
- ISO 9895 Testing Standard. "Paper and board — Compressive strength — Short-span test
- ISO 3035 Testing Standard. "Corrugated fibreboard - Determination of flat crush resistance"
- AS 1301.445 Australian Standard "Hardness of corrugated board"

Presenting author:

Thomas Fürst

ABB AB, Lorentzen & Wettre Products

Kista

SWEDEN

E-mail: thomas.furst@l-w.com

PRIMJENA MINERALA IZ BOSNE I HERCEGOVINE KAO PUNILA U PROIZVODNJI PAPIRA

APPLICATION OF MINERALS FROM BOSNIA AND HERZEGOVINA AS FILLERS IN PAPER PRODUCTION

*Salim Ibrahimfendić, Amra Tuzović, Marija Garić, Aldin Obućina
Fakultet za tehničke studije, Univerzitet u Travniku, Bosna i Hercegovina*

Sažetak

U klasičnoj proizvodnji premaznih papira, dominantno mjesto među mineralnim sirovinama zauzima kaolin čija svojstva velikim dijelom utječu na kvalitet proizvedenih papira, ali i ekonomičnost proizvodnje jer većina tvornica papira nabavlja kaolin od ograničenog broja dobavljača. Već dugo vremena postoji interes za supstitucijom uvoznog kaolina domaćim materijalima. Ležišta pirofilita kod Konjica i kaolina kod Bosanskog Kobaša industrijski su interesantna jer su, nakon izvršenih ispitivanja uzoraka, dobiveni ohrabrujući rezultati upotrebe istih u proizvodnji papira.

Ključne riječi: kaolin, pirofilit, premazni papir, nepremazani papir, pigmenti

Abstract

In the classical production of coated papers dominant position in the area of mineral raw materials is occupied by kaolin with its standard characteristics which largely affect the scope and structure of manufactured paper and production economy because most paper mills purchase kaolin from a limited number of suppliers. For a long time there has been an interest in substituting imported kaolin with local materials which are used to lower the levels of semi finalization. Deposits of pyrite by Konjic and kaolin by Bosanski Kobas are of industrial interest, since the tests, performed upon the samples, showed encouraging results for their use in the manufacture of paper were obtained.

Keywords: kaolin, pyrophyllite, coated paper, uncoated paper, pigments

1. UVOD

Ovisno o namjeni, u toku proizvodnje papira dodaju se dodaci kojima se mogu postići željena svojstva. Punila se mogu dodavati u toku proizvodnje papira u masi i nanošenjem na gotov papir u obliku premaza.

Papirnoj masi su počeli dodavati mineralna punila s namjerom da se postigne što veća ekonomičnost proizvodnje papira jer su srazmjerno jeftinija nego vlakno. Kasnije se pokazalo da se dodavanjem punila postiže ne samo komercijalni značaj, nego se znatno poboljšavaju i neke tehnološke osobine papira. Svrha dodavanja punila je sljedeća:

- popunjavanje prostora među vlaknima čime se smanji transparentija (propustljivost na svjetlo) papira, a razlog je što su punila fino dispergovana i imaju vrlo velik koeficijent prelamanja svjetlosti;
- površina papira premazivanjem postaje glatkija i jednakomjernija;
- naknadnim glačanjem/satiniranjem papir se može izgladiti do sjaja, tako da se na njemu mogu reproducirati najfiniji detalji pri štampanju;
- punjeni papiri su mekši zbog labavosti vlakana i pogodniji su kod štampanja;
- ovisno od vrste i količine punila, punjeni papiri mogu imati visok stepen bjeline.

Potrebe tržišta, a samim time i proizvodnja premaznih papira i kartona u svijetu u stalnom su porastu, te u skladu s tim raste i potrošnja pigmenata. Kaolin ima dominantnu poziciju kao bazna komponenta za premazne obojene pigmente, a kao alternativni pigment javlja se kalcij sulfat, dobiven kao nusprodukt pri proizvodnji fosforne kiseline. Kalcij sulfat se kao pigment za premaz papira i kartona počeo koristiti od 1973. godine, i pokazao je mnoge prednosti u odnosu na slične pigmentne materijale.

2. PUNILA

Punila su materijali koje se zbog svojih karakterističnih osobina dodaju drugim materijalima u cilju poboljšavanja osobina proizvoda, a u nekim slučajevima snižavajući njihovu cijenu. Pored niza mineralnih sirovina koje se pripremaju mehaničkim postupcima mljevenja, kao punila se često koriste kaolin i pirofilit.

2.1 Vrste punila

Kaolin ili porculanska glina je aluminijev silikat s kemijskom formulom $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ koji sadrži 39,6% Al_2O_3 , 46,5% SiO_2 i 13,2% H_2O . Postoji više vrsta koji se međusobno razlikuju po čistoći, specifičnoj težini, boji i veličini zrnaca. Kaolin (bijela ili kineska glina) ima specifičnu težinu 2,3-2,5 g/cm³, a sve vrste kaolina imaju okrugle čestice, hrapavu površinu i u vodi su netopive. Sadržaj pijeska se obično kreće u intervalu 0,25-0,5%, vlage 5-12%, a ako je prisutno željezo, više od 1% kaolina je obojeno žuto.

Mineral pirofilit je sličan talku po strukturi i izgledu, ali je po sastavu $[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ sličniji kaolinu. Teoretski sadrži 28,3% Al_2O_3 , 66,7% SiO_2 i 5% H_2O . Kao primjese mogu se pojavljivati MgO do 9%, FeO do 5% te Fe_2O_3 , CaO i TiO_2 u minimalnim količinama. Kompaktni varijeteti ovog minerala su forme škriljca ili krajona. U tabeli 1 prikazan je hemijski i minerološki sastav bijelog, ljubičastog i sivog pirofilitskog škriljca.[3]

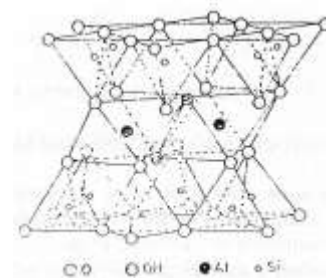
Tabela 1: Kemijski i minereološki sastav pirofilitskog škriljca[3]

Komponente	Pirofilitski škriljci		
	Bijeli	Ljubičasti	Sivi
	Sadržaj (%)		
SiO_2	63,71	64,22	59,27
TiO_2	0,17	0,20	0,56
Al_2O_3	15,84	14,97	14,06
Fe_2O_3	1,10	1,73	2,98
FeO	0,80	0,66	4,15
MnO	0,04	0,04	0,04
MgO	1,97	1,85	3,68
CaO	4,68	5,56	4,00
Na_2O	1,31	0,64	0,34
K_2O	0,47	0,65	0,53
CO_2	5,04	5,46	5,55
SO_3	0,68	0,50	1,23
H_2O	4,08	3,65	3,54
pirofilit+sericit	51,07	47,04	45,66
kvarc	32,88	35,26	29,92
karbonati Ca, Mg, Fe	11,41	13,66	13,33
oksidi i hidroksidi metala	2,39	2,80	8,69

Pirofilit pripada grupi silikatnih minerala karakterističnim po svojoj slojevitoj građi, a poznati su pod nazivom filosilikati. SiO_4 tetraedri međusobno su povezani preko 3 atoma kisika u jednoj ravni i kao takvi neograničeno se šire u vidu heksagonalne mreže. Tetraedarski slojevi složeni su u tzv. pakete (jedan preko drugog spojeni međusobno unutarnjim jonima i OH grupama), a kod pirofilita se radi o troslojnim paketima. Kako je pirofilit mineral u kojem je jedan dio atom Si zamijenjen sa Al, radi se o alumosilikatima u kojem radikal ima strukturu $[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$ čiji je izgled prikazan na slici 1 [3]. Ovaj mineral se ne javlja u kristalnim već u pločastim, lističavim, zrnastim i zrakastim oblicima.

Karakteristike pirofilita su:

- niska tvrdoća 1-1,5 po Mohs-u;
- širok raspon boja unutar 3 glavne grupe: bijela, ljubičasta i siva (bijela, bijela s tamnim nijansama, ružičasta, ljubičasta, tamnocrvena, siva, sivoplava, tamno siva);
- dobra cjepljivost;
- sjajnost (staklasta do sedefasta);
- masan je na opip;
- dobra sipkost;
- ne bubri u vodi.



Slika 1. Struktura pirofilita [3]

3. LEŽIŠTE PIROFILITA U BOSNI I HERCEGOVINI

Ležište pirofilita u Bosni i Hercegovini, jedino istraženo do sada, je u mjestu Parsovići (općina Konjic), a svrstano je u grupu najvećih svjetskih ležišta.[3]. Podina ovih nalazišta građena je od brečastog dolomitičnog krečnjaka sa pukotinama ispunjenim gipsom i kalcitom, a ponekad i pirofilitom. On se nalazi kao sericitsko-pirofilitski škriljac sive boje u vidu serije slojeva koji postupno prelaze u sivo i tamno sive filitične argilošiste, a potom u crvene gredinske pješčare.

Na ovoj istraženosti destinaciji razvijeno je više varijeteta pirofilitskih škriljaca koji su prema udjelu bojenih sastojaka razvrstani na bijele, ljubičaste (preko 50%) i sive vrste. Rezultati ispitivanja nekih fizičkih osobina i granulometrijskog sastava pojedinih vrsta pirofilita koji su dio proizvodnog asortimana tvornice „Rudar“ iz Konjica prikazani su u tabeli 2, gdje su sivi - LB, bijeli - S, te ljubičasti - FM. [3]

Tabela 2. Neke fizičke osobine varijeteta pirofilita tvornice „Rudar“ Konjic [3]

Osobina	Oznaka proizvoda					
	LB		S		FM	
Gustoća (g/cm ³)	2,615		2,571		2,605	
Sadržaj vlage (%)	0,210		0,310		0,280	
Specifična površina, (g/cm ²)	10808		10877		13448	
Volumna masa (kg/m ³)	r.s.	z.s.	r.s.	z.s.	r.s.	z.s.
	526,5	932,0	495,5	874,5	405,0	667,0

Napomena: r.s. – rastresito stanje; z.s. – zbijeno stanje

Za potrebe ispitivanja kaolina, uzeti su sirovi kaolin – rudača (BK₁) i kaolin kao mljeveni prah (BK₂) čija su svojstva prikazana u tabeli 3.

Tabela 3. Osnovne karakteristike kaolina BK₁ i BK₂ iz Bosanskih Kobaša [4]

Osobine	Kaolin BK ₁	Kaolin BK ₂
Abrazivnost AT1000 (mg)	168,7	178,7
Veličina čestica, Sedigraph	>63 : 5,9%	>63 : 7,5%
	40-63 : 14,1%	40-63 : 9,3%
	<40 : 80,0%	<40 : 83,2%
Bjelina (%): R46	63,1	59,4
Bjelina (%): R457	62,3	58,4

Za proizvodnju finog kaolina, koji odgovara današnjim tehničkim propisima papirnoj industriji, treba najmanje 90% zrna veličine do 15μ. Za kaolin BK₁ i BK₂ proizlazi da samo 10% od ukupnog kaolina leži u ovoj oblasti, a da se upotrebom moderne tehnologije otšlamljivanja može dobiti 80-85%. Iz tog proizlazi da zbog tehničkog aspekta sirovog kaolina, a samim time i velike dimenzije postrojenja ovaj postotak od 10% nedovoljnim.

Ispitivan je uzorak pirofilita iz Konjica kao punila gdje je kao referentni papir korišten pisaći papir 70 g/m² koji je proizveden sa kaolinom i talkom kao uobičajenim punilima (porijeklo fabrika Extra iz Republike Češke). [4]

4. EKSPERIMENTALNI DIO

4.1 Postupak punjenja

Punilo se prije upotrebe u vodi disperguje i miješa da bi se dobila disperzija koja sadrži 25-30% sitno zrnatog punila, koje se vezuje za vlakna na tri načina:

- adsorpcija ili prijanjanje
- prodiranje u unutrašnjost
- filtracija ili cijeđenje.

Punila su u vodi potpuno netopiva ili neznatno malo topiva. Zrna punila moraju biti što sitnija i jednakomjerne veličine, trebaju biti čista i bez primjesa s konstantnim kemijskim i fizičkim karakteristikama i trebaju imati što veći koeficijent prelamanja svjetlosti.

U svrhu korištenja domaćih punila u proizvodnji papira ispitivani su proizvodi iz Konjica i proizvod iz Bosanskih Kobaša.

Sa nalazišta u Konjicu uzeti su uzorci pigmenata pirofilita različite kvalitete (A i B) koji separirani mokrim postupak na hidrociklonima u firmi „Amberger Kaolinwerke GmbH – Hirschau“. Metodama Valley i Einlehner vršeno je ispitivanje abrazivnosti, a ispitivanja veličina čestica na aparatu Sedigraph. Uz određivanje pH ispitivanje pH vrijednost 10% suspenzije, optičkih osobina i udjela kvarca, rađena je ispitivanje laserskim zetametrom Zeta potencijala te određivanje specifične površine metodom BET.[4]

4.2 Rezultati ispitivanja

U tabeli 4 prikazane su dobivene vrijednosti osnovnih karakteristika pirofilita uzoraka A i B.

Tabela 4: Osnovne karakteristike pirofilita A i B [4]

Osobine	Pirofilit A	Pirofilit B
Abrazivnost, Valley (mg)	61,8	59,5
Veličina čestica, Sedigraph (μ)	20 μ <100% 2 μ <44%	15 μ <100% 2 μ <40%
Bjelina (%): R46	85,5	92,4
Bjelina (%): R457	85,0	72,0
pH vrijednost	7,7	7,8
Retencija (%)	60-85	71-76
Kvarc (%)	11	7
Specifična površina, BET (m^2/kg)	6,6x10 ³	6,4x10 ³
Gustina (g/m^3)	2,77	2,77
Zeta potencijal (mV) (kod 20°C)	-26,7	-

Analizirane osobine uglavnom odgovaraju traženim vrijednostima te se pirofilit upotrijebio u daljnjim eksperimentima kao punilo u proizvodnji papira.

Kao referentni papir uzet je pisaći papir 70 g/m^2 rađen sa već uobičajenim punilima kao što su kaolina proizveden u fabrici Extra u Republici Češkoj i talk.

Tabela 5: Karakteristike papira s različitim vrstom punila [4].

Osobine	Vrste punila		
	Kaolin*	Talk	Pirofilit
Dužina kidanja (m)	4300	3900	4000
Otpornost na pritisak (kPa)	182	179	198
Otpornost na cijepanje (mN)	709	1870	1490
Cobb ₆₀ (g/m^2)	59,7	43,9	43,5
Bjelina _{R457} (%)	75,1	72,4	74,8
Opacitet (%)	91,0	95,4	99,0
Pepeo (%)	7,6	10,9	6,6
Retencija punila (%)	31,8	45,3	27,4

* Kaolin proizvod iz fabrike Extra, Republika Češka

Sastav papirne mase je: 50% četinarska sulfitna bijeljena celuloza (smrča i jela) i 50% liščarska sulfitna bijeljena celuloza (bukva i topola), mljevena na 22°SR, 24% punila, 1% keljiva ph=4,5-5,0; 0,25 CMC (Lučani). Laboratorijski je rađen je 70 g/m^2 pisaći papir na aparatu Rapid Kothen standardnim postupkom. U tabeli 6 predstavljeni su rezultati ispitivanja kvaliteta pisaćeg papira industrijski rađenog (proizvođač CELPAK) uz unos pirofilita u omjeru 50:50 sa kaolinom (proizvodnja Extra i Talkon) kao i Pirofilitom u 100% unosu.[4]

Sastav papirne mase je 50% četinarska sulfitna bijeljena celuloza (smrča i jela) i 50% liščarska sulfitna bijeljena celuloza (bukva i topola), finoće mljevenja 28-32°SR. Sadržaj punila je 24%, keljiva 1% (Dinakol),

a optičkog bjelila 0,75% (Leukophon). Vrijednost pH Al –sulfata kreće se u intervalu 4,5-5,0, a retencionog sredstva 0,2% (aretin DC 55). [4]

Tabela 6: Analiza kvaliteta pisaćeg papira (industrijska izrada) [4]

Osobine	Vrste punila				
	Kaolin*	Talk	Pirofilit	Kaolin /pirofilit	Talk/pirofilit
Unos punila (%)	100	100	100	50/50	50/50
Broj uzorka	13	14	15	16	17
Dužina kidanja (m): uzdužno	3900	5100	2940	4620	4100
poprečno	2620	2860	2430	2980	2550
Otpornost na pritisak (kPa)	114	116	130	107	113
Otpornost na cijepanje (mN)	353	1235	451	471	451
Cobb ₆₀ (g/m ²): gornja strana	23,3	16,8	15,8	21,4	17,7
donja strana	27,8	17,5	15,9	27,4	19,9
Bjelina _{R457} (%): gornja strana	80,8	77,0	78,5	79,0	76,8
donja strana	81,4	77,5	70,0	79,5	77,7
Opacitet (%): gornja strana	87,0	84,4	88,4	86,0	87,2
donja strana	85,1	85,6	88,0	86,1	87,0
Pepeo (%)	14,1	14,7	12,0	11,7	11,7
Retencija punila (%)	58,3	61,3	50,0	48,8	48,8

* Kaolin proizveden u firmi Extra, Republika Češka

5. DISKUSIJA REZULTATA

U tabeli 3 su prikazane vrijednosti svojstava kaolina BK₁ i BK₂ iz Bosanskih Kobaša koji nisu upotrebljivi za proizvodnju papira zbog velike abrazivnosti i niske bjeline.

U tabeli 4 su prikazane vrijednosti osnovnih karakteristika pirofilita kvalitete A i B.[4] Prema vrijednostima za bjelinu, specifičnu težinu, Zeta potencijal i drugim prikazanim vrijednostima, ovaj pigment u svemu podsjeća na kaolin koje papirna industrija upotrebljava. Zamjetna je veća abrazivnost (61,8 i 59,5 mg po Valley) što može praviti poteškoće na situ papir mašine. Pretpostavka je da bi manji postotak pirofilita (10-50%) uz kaolin ili talk kao punila bio pogodan za proizvodnju papira jer u takvom omjeru ne bi pravio poteškoće.[4]

U tabelama 5 i 6 su prikazane vrijednosti nekih svojstava pisaćeg papira rađenog laboratorijski odnosno industrijski (u RO „Celpak“ Prijedor) uz upotrebu pirofilita kvalitete A u 100% unosu, te u kombinaciji sa kaolinom (proizvedenim u fabrici Extra u Češkoj) i talka. Dobivene vrijednosti odgovaraju zahtievanim osobinama za pisaći papir. [4]

5. ZAKLJUČAK

Istraživanja mogućnosti primjene kaolina i pirofilita su pokazala ohrabrujuće rezultate, ali su neophodne kvalitetne tehnološke pripreme pigmenta u cilju odvajanja sitnog kvarcnog pijeska koji utječe na abraziju mokrog dijela papir mašine. Uz to, prisutno je smanjenje bjeline izrađenog papira kao i osciliranje mehaničkih karakteristika papira.

Laboratorijski rezultati kao i kratko pogonsko korištenje pigmenata pirofilita iz Konjica i kaolina iz Bosanskog Kobaša su inicijalno pokazali dobru osnovu za nastavak istraživanja i dostizanja karakteristika uvoznog kaolina. Uz tehnološka poboljšanja moguće su djelomične supstitucije u iznosu 20-50% uvoznog pigmenta.

Cilj narednih istraživanja je dostizanje standardnog kvaliteta pirofilita i kaolina kao pigmenata i mogućnost plasmana na evropsko tržište.

Literatura

- [1] Tinopal in coating - Fluorescent Whitening Agents for paper, Ciba Speciality Chemicals inc, Basel, 2006.
- [2] Mujkanović, A., Pašić, M., Henjaković, M.: Mogućnost primjene pirofilita u proizvodnji masa za gletovanje zidova, V međunarodni naučno-stručni skup "Nemetalni anorganski materijali. Proizvodnja – prerada – primjena." Zenica, BiH 28-29. April 2004, Zbornik radova, str. 221-227. ISBN 9958-9264-0-7
- [3] Mujkanović, A., Mogućnost primjene pirofilita u proizvodnji masa za gletovanje zidova, diplomski rad, Univerzitet u Sarajevu Fakultet za metalurgiju i materijale u Zenici, Zenica, 2003.
- [4] Kuleš, A., Banović, D., Mogućnost primjene domaćih punila u proizvodnji papira u svrhu supstitucije uvoza, UNICEP - Institut za naučno-istraživački rad, razvoj i projektovanje, RO Celpak, Banja Luka – Prijedor.
- [5] Prelovšek, D., Iglič, S., Tehnologija papira, Školski centar štampe i papira, Ljubljana.
- [6] Aschan, P. J.. Pigment coating of board and binder migration, The Finish Pulp and paper research Institut, Helsinki, 1994.

Corresponding author:

Prof. dr. sci. Salim Ibrahimefendić

Fakultet za tehničke studije Univerziteta u Travniku

Aleja konzula br. 5

72270 Travnik

E-mail: marija.fts@gmail.com

OPTIMIZING PRINTED SURFACE OPTIMIZACIJA POVRŠINE KOJA SE ŠTAMPA

*Helena Peuranen
Kemira OYJ, Espoo, FINLAND*

Value built in paper

Kemira's roots are in the pulp and paper industry and we are here to stay. Working closely together with customers, we continue to invest in R&D to create value through improved process efficiency, productivity and end-product quality. Our leading portfolio and best-in-class application expertise covers the whole process from pulping to coating.

Let's work together to build value into paper.

www.kemira.com

kemira
Where water
meets chemistry™



