



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

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

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

Zbornik radova Proceedings

**Zlatibor, 21.-24. jun 2016.
Zlatibor, June 21st-24th 2016**

**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

180 primeraka

Štampa – Printed by

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

ISBN

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

CIP

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

XXI 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 Götttsching, 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. 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 Jankes, Ph. D., Faculty of Mechanical Engineering, 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
- Prof. Jasminka Sadadinovic, Ph. D., Faculty of Technology, Tuzla, Bosnia & Herzegovina
- 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
- Milos Ljusic, UMKA, Umka
- Dejan Eric, 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
- Ivana Zeljkovic, Belgrade Chamber of Commerce
- Mirko Stanic, NATRON HAYAT, Maglaj, B&H
- Vladimir Nikolic, FOPA, Vladicin Han
- Predrag Zivkovic, TMF, Belgrade
- Slobodan Jovanovic, TMF, Belgrade

CONTRIBUTORS – POKROVITELJI

- **MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE, Beograd, Srbija**
- **AMF d.o.o., Medvode, Slovenia**
- **LORENTZEN & WETTRE, Kista, SWEDEN**
- **API GmbH, Obertrum am See, Austria**
- **AVALA ADA, A.D., Beograd, Srbija**
- **BIROGRAF ŠTAMPARIJA, Zemun, Srbija**
- **CALCIT d.o.o., Stahovica, Slovenia**
- **EUROPAPIER-DUNAV d.o.o., Beograd, Srbija**
- **FABRIKA HARTIJE BEOGRAD A.D., Beograd, Srbija**
- **FASIL A.D., Arilje, Srbija**
- **INTER PAPIR d.o.o., Zemun - Beograd,**
- **KARTONVAL, Šabac, Srbija**
- **KEMIRA CHEMIE GesmbH, Krems, Austria**
- **KEMIRA KTM d.o.o., Ljubljana, Slovenia**
- **NATRON HAYAT D.D., Maglaj, Bosna i Hercegovina**
- **OMYA, Gummern, Austria**
- **PANGRAF, Stara Pazova, Srbija**
- **PULP AND PAPER INSTITUTE, Ljubljana, Slovenia**
- **SCHÄFERROLLS, d.o.o., Kranj, Slovenia**
- **STOJKOV ŠTAMPARIJA, Novi Sad, Srbija**
- **SUPERLAB, Beograd, Srbija**
- **UMKA A.D., Umka, Srbija**
- **ŠTAMPARIJA M-GRAF d.o.o., Trstenik, Srbija**

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

Zlatibor, Čigota, June, 21st-24th, 2016

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

Zlatibor, Čigota, 21-24. jun, 2016.



*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 21st
UTORAK, 21.06.2016.
19:00-21:00

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

PIJAVA UČESNIKA I PODELA MATERIJALA
(RECEPCIJA HOTELA ČIGOTA)

WEDNESDAY, June 22nd
SREDA, 22.06.2016.
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 XXI SYMPOSIUM
OTVARANJE XXI SIMPOZIJUMA

09:15 – 12:00

Chairman – Predsedava:

M. Krgović, V. Valent, B. Jeftenić

09:15-09:45 Lecture 1 – Predavanje 1

STANJE U PROIZVODNJI PAPIRA U SVETU I
PERSPEKTIVA RAZVOJA

SITUATION IN THE PAPER PRODUCTION IN THE
WORLD AND PERSPECTIVES FOR
DEVELOPMENT

S. Jovanović, M. Krgović, M. Kršikapa

Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, Center for pulp, paper, packaging and
Graphics, Belgrade, SERBIA

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

NEW SECURITY PAPER PRODUCTS UNDER
DEVELOPMENT FROM CEPROHART

NOVI SIGURNOSNI PROIZVODI U RAZVOJU U
KOMPANIJI CEPROHART

M. D. Dumitran, C. Secară, G. Bratu

SC CEPROHART SA, Brăila, ROMANIA

10:15-10:35 Lecture 3 – Predavanje 3

PRESENTATION OF COMPANY CEPROHART,
BRAILA, ROMANIA: "SAFE DOC SOLUTION™"

PREZENTACIJA FIRME BRAILA, ROMANIA:
"SAFE DOC SOLUTION™"

C. Secară

SC Ceproharta Sa Brăila, ROMANIA

10:35-10:55 Lecture 4 – Predavanje 4

FOLLOWING THE TRENDS IN PAPERMAKING
SLEDEĆI TRENDOVE U PROIZVODNJI PAPIRA

M. Šuštaršić, M. Mešl

Pulp and Paper Institute Ljubljana, Ljubljana,
SLOVENIA

10:55-11:15 Lecture 5 – Predavanje 5

SIZING OF PAPER WITH HYDRO-DISPERSIONS
OF MODIFIED ROSIN

PREMAZIVANJE PAPIRA HIDRO DISPERZIJOM
MODIFIKOVANOG KALAFONIJUMA

N. V. Chernaya, N. V. Zholnerovich, V. L. Fleisher
Belarusian State Technological University, Minsk,
BELARUS

11:15-11:35 Lecture 6 – Predavanje 6

EFFECT OF FIBER ORIENTATION DEGREE ON
THE PAPER DEFORMATION PROPERTIES

UTICAJ STEPENA ORIJENTACIJE VLAKANA NA
DEFORMACIONA SVOJSTVA PAPIRA

Y. Kazakov, A. Romanova

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

11:35-12:00

DISKUSIJA I PAUZA ZA KAFU

DISCUSSION AND COFFEE BREAK

12:00-15:00

Chairman – Predsedavaju:

M. Krgović, V. Valent, G. Jankes

12:00-12:30 Lecture 7 – Predavanje 7

PRESENTATION OF COMPANY XELL GMBH,
EBERSTALZELL, AUSTRIA

PREZENTACIJA FIRME XELL GMBH,
EBERSTALZELL, AUSTRIA

F. Fangl

FANGL TECHNOLOGIES e.U., Bad Voeslau,
AUSTRIA

12:30-12:50 Lecture 8 – Predavanje 8

PROIZVODNJA VISOKO POROZNOG CLUPAK
PAPIRA

PRODUCTION OF HIGH POROSITY CLUPAK
PAPER

H. Duraković, E. Husić, A. Muftić

NATRON-HAYAT d.o.o. Maglaj, Bosna i Hercegovina

12:50-13:10 Lecture 9 - Predavanje 9

NEW REACTIVE DYES FOR OFFSET PAPER –
INFLUENCE OVER THE PROPERTIES OF WHITE
WATERS

NOVE REAKTIVNE BOJE ZA OFSETNI PAPIR –
UTICAJ NA SVOJSTVA PENUŠAVIH (BELIH)
VODA

V. N. Blyahovski, D. A. Todorova

University of Chemical Technology and Metallurgy,
Sofia, BULGARIA

13:10-13:30 Lecture 10 - Predavanje 10

UTICAJ INVESTICIJA NA EKONOMSKI POLOŽAJ
INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA

THE INFLUENCE INVESTMENTS MAKE ON
ECONOMIC POSITION OF CELULOSE AND
PAPER INDUSTRY

N. B. -Cvetković¹, M. Miličković¹, B. Hinić³

¹ Fakultet za poslovno industrijski menadžment,
Univerzitet Union - Nikola Tesla, Belgrade, ² National
Bank of Serbia, Belgrade, SERBIA

13:30-13:50 Lecture 11 – Predavanje 11

INDUSTRIJA CELULOZE I PAPIRA PRED NOVIM
GLOBALNIM I REGIONALNIM RAZVOJNIM
IZAZOVIMA

PULP AND PAPER INDUSTRY IN FRONT OF THE
NEW GLOBAL AND REGIONAL
DEVELOPMENTAL CHALLENGES

P. Đukić

Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, SERBIA

13:50-14:20 Lecture 12 – Predavanje 12

TPM IMPLEMENTACIJA- BAZNO/ALATI
TPM IMPLEMENTATION-BASIC/TOOLS

Radovan Vitković

Agencija za konsultantske usluge, Belgrade; AVALA
ADA doo, Belgrade, SERBIA

14:20-14:40 Lecture 13 – Predavanje 13

PAPER INDUSTRY AS A GREAT EXAMPLE OF
CIRCULAR ECONOMY

INDUSTRIJA PAPIRA KAO ODLIČAN PRIMER
CIRKULARNE EKONOMIJE

M. Mešl, T. Toplišek

Pulp and Paper Institute, Ljubljana, SLOVENIA

14:40-15:00

DISKUSIJA I PAUZA – DISCUSSION AND BREAK

15:00-17:30

WORKSHOP: CROSS-SECTORAL
COOPERATION AND NEW BIOPOLYMER
RELATED VALUE CHAINS

RADIONICA: MEĐUSEKTORSKA SARADNJA I
NOVI VREDNOSNI LANCI KOJI SE ODNOSU NA
BIOPOLIMERE

M. Mešl

Pulp and Paper Institute, Ljubljana, SLOVENIA

Thursday, June 23rd
Četvrtak, 23. jun 2016.

09:00 – 11:10

Chairman – Predsedavaju:

S. Jovanović, S. Nikolić, P. Živković

09:00-09:30 Lecture - Predavanje 14

UVODJENJE AUTONOMNOG UPRAVLJANJA
OPREMOM

AUTONOMOUS MAINTENANCE
IMPLEMENTATION

R. Vitković, N. Marinković

Agencija za konsultantske usluge, Belgrade; AVALA
ADA doo, Belgrade, SERBIA

09:30-09:50 Lecture 15 – Predavanje 15

NOVI UPRAVLJAČKI SISTEM PREMOTAČA U
FABRICI HARTIJE BEOGRAD

NEW CONTROL SYSTEM FOR REWINDER IN
FHB BELGRADE

B. Jeftenić¹, N. Rašić², M. Bebić², I. Mihailović², V.
Ilić³, D. Erić³

¹ EMP Inženjering 2016 DOO, Belgrade, ² School of
Electrical Engineering, University of Belgrade, ³
Fabrika Hartije BEOGRAD d.o.o., Belgrade, SERBIA

09:50-10:10 Lecture 16 – Predavanje 16

ŠTEDNJA TOPLOTNE ENERGIJE NA PAPIR
MAŠINI U FABRICI HARTIJE BEOGRAD

HEAT ENERGY SAVING ON PAPER MACHINE IN
BELGRADE PAPER FACTORY

M. Krgović¹, D. Erić², M. Milojević³, S. Jovanović², D.
Pavlović², M. Ivanović², B. Savić², M. Zindović, Ž.
Ljubojević, M. Kršikapa¹

¹Center for pulp, paper, packaging and Graphics –
Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, ² Fabrika hartije BEOGRAD d.o.o.,
Belgrade, ³ Kappa star group, Belgrade, SERBIA

10:10-10:30 Lecture 17 – Predavanje 17

KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U SISTEMU
VENTILACIJE MAŠINSKE HALE U PAPIRNOJ
INDUSTRIJI

UTILIZATION OF WASTE HEAT IN THE
VENTILATION SYSTEM OF MACHINE HALL IN
PAPER INDUSTRY

N. Tanasić¹, M. Ivanović², G. Jankes¹, M. Stamenić¹,
A. Nikolić³, M. Milanović¹, T. Simonović¹

¹University of Belgrade, Faculty of Mechanical
Engineering, ²Fabrika Hartije BEOGRAD d.o.o.,
Belgrade, ³Elektrotehnički Institut Nikola Tesla
a.d., Belgrade, SERBIA

10:30-10:50 Lecture 18 – Predavanje 18

WHY THE SEALS WEAR IN THE CYLINDER
 DRYER RUNNABILITY SYSTEMS
 ZAŠTO SE HABAJU ZAPTIVKE U SISTEMIMA
 SUŠNIH CILINDARA

J. Leimu

University of Applied Sciences, Turku, FINLAND

10:50-11:10

DISKUSIJA I PAUZA – DISCUSSION AND BREAK

11:10-12:45

Chairman – Predsedava:

P. Uskoković, M. Bebić, S. Jovanović, Š. Botonjić

11:10-11:30 Lecture 19 – Predavanje 19

NANOCELLULOSE AS AN ADDITIVE IN COATING
 COLOR TO IMPROVE PAPER PROPERTIES
 NANOCELULOZA KAO ADITIV U OBOJENIM
 PREMAZIMA ZA POBOLJŠANJE SVOJSTAVA
 PAPIRA

J. J. Grkman¹, T. Toplišek¹, P. Oven², M. Božič³

¹Pulp and Paper Institute, Ljubljana, ²University of
 Ljubljana, Biotechnical Faculty, Ljubljana, ³University
 of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering,
 Maribor, SLOVENIA

11:30-11:50 Lecture 20 – Predavanje 20

PRESENTATION OF COMPANY OMYA,
 GUMMERN, AUSTRIA

PREZENTACIJA FIRME OMYA, GUMMERN,
 AUSTRIJA

V. Ožinger

OMYA, Gummern, Austria

11:50-12:10 Lecture 21 – Predavanje 21

A NEW SYSTEM FOR VACUUM AND HEAT
 COGENERATION APPLIED IN PAPER MACHINES
 NOVI SISTEM ZA KOGENERACIJU VAKUUMA I
 TOPLOTE PRIMENJEN NA PAPIR MAŠINAMA

Milan Šarevski, Vasko Šarevski

Faculty of Mechanical Engineering, University " Sv.
 Kiril i Metodij", Skopje, R. MACEDONIA

12:10-12:30 Lecture 22 – Predavanje 22

PAPER MACHINE ENERGY EFFICIENCY
 IMPROVEMENT BY APPLICATION OF EJECTOR
 THERMOCOMPRESSSION

POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI PAPIR
 MAŠINA PRIMENOM EJEKTORSKE
 TERMOKOMPRESIJE

Vasko Šarevski, Milan Šarevski

Faculty of Mechanical Engineering, University "Sv.
 Kiril i Metodij", Skopje, R. MACEDONIA

12:45– 14:15

ROUND TABLE – OKRUGLI STO

Moderators:

M. Krgović, S. Jovanović, V. Valent,

S. Nikolić, V. Burda

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

14:15– 14:30

CLOSING OF THE SYMPOSIUM

ZATVARANJE SIMPOZIJUMA

14:30 – 18:30

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

- ANDRICGRAD, 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

SLOBODAN JOVANOVIĆ, MILORAD KRGOVIĆ, MARINA KRŠIKAPA CENTAR CELULOZE, PAPIRA, AMBALAŽE I GRAFIKE, TEHNOLOŠKO – METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD, SRBIJA	
STANJE U PROIZVODNJI PAPIRA U SVETU I PERSPEKTIVA RAZVOJA.....	11
SITUATION IN THE PAPER PRODUCTION IN THE WORLD AND PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT	11
MIHAELA DANIELA DUMITRAN, CONSTANTIN SECARĂ, GABRIELA BRATU SC CEPROHART SA, BRĂILA, ROMANIA	
NEW SECURITY PAPER PRODUCTS UNDER DEVELOPMENT FROM CEPROHART	25
NOVI SIGURNOSNI PROIZVODI U RAZVOJU U KOMPANIJI CEPROHART.....	25
CONSTANTIN SECARĂ SC CEPROHART SA, BRĂILA, ROMANIA	
PRESENTATION OF COMPANY CEPROHART, BRAILA, ROMANIA: “SAFE DOC SOLUTION™”	35
PREZENTACIJA FIRME BRAILA, ROMANIA: “SAFE DOC SOLUTION™”	35
MATEJ ŠUŠTARŠIČ, MATEJA MEŠL PULP AND PAPER INSTITUTE LJUBLJANA, LJUBLJANA, SLOVENIA	
FOLLOWING THE TRENDS IN PAPERMAKING.....	37
SLEDEĆI TRENDOVE U PROIZVODNJI PAPIRA.....	37
CHERNAYA NATALIA V., ZHOLNEROVICH NATALIA V., FLEISHER VIACHESLAV L. BELARUSIAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, MINSK, BELARUS	
SIZING OF PAPER WITH HYDRO-DISPERSIONS OF MODIFIED ROSIN	39
PREMAZIVANJE PAPIRA HIDRO DISPERZIJOM MODIFIKOVANOG KALOFONIJUMA	39
YAKOV KAZAKOV, ANASTASIYA ROMANOVA NORTHERN (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV, ARKHANGELSK, RUSSIA	
EFFECT OF FIBER ORIENTATION DEGREE ON THE PAPER DEFORMATION PROPERTIES ...	45
UTICAJ STEPENA ORIJENTACIJE VLAKANA NA DEFORMACIONA SVOJSTVA PAPIRA.....	45
FRIEDRICH FANGL FANGL TECHNOLOGIES E.U., BAD VOESLAU, AUSTRIA	
PRESENTATION OF COMPANY XELL GMBH, EBERSTALZELL, AUSTRIA.....	51
PREZENTACIJA FIRME XELL GMBH, EBERSTALZELL, AUSTRIA	51
HUSEJIN DURAKOVIĆ, EDINA HUSIĆ, ALMIR MUFTIĆ „NATRON-HAYAT“ D.O.O.MAGLAI, BIH	
PROIZVODNJA VISOKO POROZNOG CLUPAK PAPIRA.....	53
PRODUCTION OF HIGH POROSITY CLUPAK PAPER	53
VENTSISLAV NIKOLOV BLYAHOVSKI, DIMITRINA ATANASOVA TODOROVA UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND METALLURGY, BULGARIA	
NEW REACTIVE DYES FOR OFFSET PAPER – INFLUENCE OVER THE PROPERTIES OF WHITE WATERS	59
NOVE REAKTIVNE BOJE ZA OFSETNI PAPIR – UTICAJ NA SVOJSTVA PENUŠAVE (BELE) VODE.....	59
NATAŠA BOGAVAC-CVETKOVIĆ ¹ , MILOSAV MILIČKOVIĆ ¹ , BRANKO HINIĆ ² ¹ FAKULTET ZA POSLOVNO INDUSTRIJSKI MENADŽMENT, UNIVERZITET UNION - NIKOLA TESLA, BELGRADE, ² NARODNA BANKA SRBIJE, BEOGRAD, SRBIJA	
UTICAJ INVESTICIJA NA EKONOMSKI POLOŽAJ INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA.....	67
THE INFLUENCE INVESTMENTS MAKE ON ECONOMIC POSITION OF CELULOSE AND PAPER INDUSTRY	67
PETAR ĐUKIĆ TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET, UNIVERZITET U BEOGRADU	
INDUSTRIJA CELULOZE I PAPIRA PRED NOVIM GLOBALNIM I REGIONALNIM RAZVOJNIM IZAZOVIMA	75
PULP AND PAPER INDUSTRY IN FRONT OF THE NEW GLOBAL AND REGIONAL DEVELOPMENTAL CHALLENGES	75
RADOVAN VITKOVIĆ AGENCIJA ZA KONSULTANTSKE USLUGE, BEOGRAD; AVALA ADA DOO, BEOGRAD, SRBIJA	

TPM IMPLEMENTACIJA- BAZNO/ALATI.....	83
TPM IMPLEMENTATION-BASIC/TOOLS.....	83
MATEJA MEŠL, TEA TOPLIŠEK PULP AND PAPER INSTITUTE, LJUBLJANA, SLOVENIA	
PAPER INDUSTRY AS A GREAT EXAMPLE OF CIRCULAR ECONOMY	85
INDUSTRIJA PAPIRA KAO ODLIČAN PRIMER CIRKULARNE EKONOMIJE	85
RADOVAN VITKOVIĆ, NIKOLA MARINKOVIĆ AGENCIJA ZA KONSULTANTSKE USLUGE, BEOGRAD, AVALA ADA DOO, BEOGRAD, SRBIJA	
UVOĐENJE AUTONOMNOG ODRŽAVANJA OPREME.....	87
IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS EQUIPMENT MAINTENANCE	87
BORISLAV JEFTENIĆ ¹ , NEŠA RAŠIĆ ² , MILAN BEBIĆ ² , ILIJA MIHAILOVIĆ ² , VLADIMIR ILIĆ ³ , DEJAN ERIĆ ³	
¹ EMP INŽENJERING 2016 DOO, BEOGRAD, ² ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET, UNIVERZITET U BEOGRADU, ³ FABRIKA HARTIJE BEOGRAD D.O.O., SRBIJA	
NOVI UPRAVLJAČKI SISTEM PREMOTAČA U FABRICI HARTIJE BEOGRAD	89
NEW CONTROL SYSTEM FOR REWINDER IN FHB BELGRADE	89
MILORAD KRGOVIĆ ¹ , DEJAN ERIĆ ² , MIJODRAG MILOJEVIĆ ³ , SAŠA JOVANOVIĆ ² , DARKO PAVLOVIĆ ² , MILOŠ IVANOVIĆ ² , BOJAN SAVIĆ ² , MILAN ZINDOVIĆ, ŽELJKO LJUBOJEVIĆ, MARINA KRŠIKAPA ¹	
¹ CENTAR CELULOZE, PAPIRA, AMBALAŽE I GRAFIKE, TEHNOLOŠKO – METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD, SRBIJA; ² FABRIKA HARTIJE BEOGRAD, D.O.O., BEOGRAD, SRBIJA; ³ KAPPA STAR GROUP, BEOGRAD, SRBIJA	
ŠTEDNJA TOPLOTNE ENERGIJE NA PAPIR MAŠINI U FABRICI HARTIJE BEOGRAD	95
HEAT ENERGY SAVINGS ON PM IN BELGRADE PAPER FACTORY	95
NIKOLA TANASIĆ ¹ , MILOŠ IVANOVIĆ ² , GORAN JANKES ¹ , MIRJANA STAMENIĆ ¹ , ALEKSANDAR NIKOLIĆ ³ , MIHAILO MILANOVIĆ ¹ , TOMISLAV SIMONOVIĆ ¹	
¹ UNIVERZITET U BEOGRADU, MAŠINSKI FAKULTET, BEOGRAD, ² FABRIKA HARTIJE BEOGRAD D.O.O., BEOGRAD, ³ ELEKTROTEHNIČKI INSTITUT NIKOLA TESLA A.D., BEOGRAD, SRBIJA	
KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U SISTEMU VENTILACIJE MAŠINSKE HALE U PAPIRNOJ INDUSTRIJI.....	107
UTILIZATION OF WASTE HEAT IN THE VENTILATION SYSTEM OF MACHINE HALL IN PAPER INDUSTRY	107
JUHA LEIMU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, TURKU, FINLAND	
WHY THE SEALS WEAR IN THE CYLINDER DRYER RUNNABILITY SYSTEMS.....	115
ZAŠTO SE HABAJU ZAPTIVAČI U SISTEMIMA SUŠNIH CILINDARA	115
JANJA JUHANT GRKMAN ¹ , TEA TOPLIŠEK ¹ , PRIMOŽ OVEN ² , MOJCA BOŽIČ ³	
¹ PULP AND PAPER INSTITUTE, LJUBLJANA, ² UNIVERSITY OF LJUBLJANA, BIOTECHNICAL FACULTY, LJUBLJANA, ³ UNIVERSITY OF MARIBOR, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING, MARIBOR, SLOVENIA	
NANOCELLULOSE AS AN ADDITIVE IN COATING COLOR TO IMPROVE PAPER PROPERTIES	123
NANOCELULOZAKAO ADITIV U OBOJENIM PREMAZIMA ZA POBOLJŠANJE SVOJSTAVA PAPIRA	123
VOJMIR OŽINGER OMYA, GUMMERN, AUSTRIA	
PRESENTATION OF COMPANY OMYA, GUMMERN, AUSTRIA	129
PREZENTACIJA FIRME OMYA, GUMMERN, AUSTRIJA	129
M. ŠAREVSKI, V. ŠAREVSKI FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY “ SV. KIRIL I METODIJ”, SKOPJE, R. MACEDONIA	
A NEW SYSTEM FOR VACUUM AND HEAT COGENERATION APPLIED IN PAPER MACHINES.....	131
NOVI SISTEM ZA KOGENERACIJU VAKUUMA I TOPLOTE PRIMENJEN NA PAPIR MAŠINAMA	131
V. ŠAREVSKI, M. ŠAREVSKI FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY “ SV. KIRIL I METODIJ”, SKOPJE, R. MACEDONIA	
PAPER MACHINE ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT BY APPLICATION OF EJECTOR THERMOCOMPRESSION	137
POVIŠENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI PAPIR MAŠINA PRIMENOM EJEKTORSKE TERMOKOMPRESIJE.....	137

STANJE U PROIZVODNJI PAPIRA U SVETU I PERSPEKTIVA RAZVOJA

SITUATION IN THE PAPER PRODUCTION IN THE WORLD AND PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT

Slobodan Jovanović, Milorad Krgović, Marina Kršikapa
Centar celuloze, papira, ambalaže i grafike,
Tehnološko – metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija

Izvod

U radu je prikazano stanje tehnike u industriji proizvodnje osnovnih i pomoćnih sirovina za proizvodnju papira i proizvodnje papira u svetu, kao i prognoza proizvodnje do 2040. godine. Pokazano je da se iz godine u godinu povećava udeo sekundarnih vlakana dobijenih recikliranjem papira u odnosu na primarna vlakna. Ukazano je takođe na značaj organizovanog sakupljanja i sortiranja sakupljenog papira na kvalitet sekundarnih vlakana i proizvedenog papira.

U poslednjih desetak godina došlo do značajne nestabilnosti tržišta papira, koje je posledica smanjenja potrošnje grafičkih papira, praktično u svim razvijenim zemljama sveta i povećanja proizvodnje ambalažnih papirnih materijala, kao i na uzroke ovih pojava.

Godine 2012. u Nemačkoj je donet Zakon o ekonomiji kružnog toka, koji obavezuje sve subjekte da kaskadno koriste, odnosno recikliraju sve materijale i da na otpad odlažu samo male udele materijala, koje nije moguće iz bilo kojih razloga dalje koristiti. Obavezuje ih takođe, da gde god je to moguće fosilne sirovine zamniju obnovljivim sirovinama pri proizvodnji materijala i osnovnih hemikalija, kao i da pri proizvodnji svojih proizvoda koriste ekološke izvore energije. Primena ovoga zakona imaće značajan uticaj na dalju proizvodnju papira i kartona, naročito u slabije razvijenim zemljama. Posebno je ukazano na doprinos održivom razvoju koji se ostvaruje proizvodnjom i primenom papira.

Ključne reči: Papir, proizvodnja papira, korišćenje starog papira, razvoj, bioeconomy

Summary

This paper presents the state of technique in the industry for production of basic and auxiliary raw materials for paper production in the world, and forecast for the production until 2040. It has been shown that each year the proportion of secondary fibers, obtained by paper recycling, in relation to the primary fibers increases. It was also pointed out to the importance of organized collection and sorting collected old paper on the quality of secondary fibers and produced paper.

In the last decade there has been a reduction of demand and consumption of graphic paper, practically in all developed countries, and increase of the production and consumption of paper packaging materials, which resulted in the appearance of instability in the market of paper, paperboard and cardboard. It was pointed out to the causes of these phenomena, as well as the measures taken by some of the developed countries to reduce the effects of these phenomena.

In 2012, Germany adopted a law on economy of the circular flow, which obliges all subjects in the industry to recycle all of the used materials and to dispose only small portion of the materials on the waste, which cannot be used further for any reason.

This law also obliges them to wherever possible replace fossil raw materials with renewable raw materials in the production of materials and basic chemicals, as well as to use ecological energy sources at the same time. The application of this law will have a significant impact on the further production of paper and cardboard, especially in less developed countries. In particular, it was pointed out to the contribution to sustainable development through the production and application of paper.

Ključne reči: Papir, proizvodnja papira, korišćenje starog papira, razvoj, bioeconomy

UVOD

Kao početak proizvodnje papira smatra se 105. godina, zato što je te godine jedan viši činovnik kineskog cara po imenu Čaj Lun podneo svom gospodaru pismeni izveštaj u kojem je po prvi put

opisana proizvodnja papira, pa je zato Čaj Lun prihvaćen i kao pronalazač papira. Tehnologija proizvodnje papira po Čaj Lun-u prikazana je na slici 1 [1].



Slika 1. Prikaz "tehnologije" proizvodnje papira po Čaj Lun-u u Kini (105. godina)

Kao osnovne sirovine za proizvodnju papira korišćeni su drvo bambusa, slama od pirinča, kao i neke druge biljke, ostaci pamučne odeće i ribarskih mreža. Posle usitnjavanja navedenih sirovina one su potapane u rezervoar sa vodom radi bubrenja i pranja (slika 1.a), a zatim su prenošene u metalni sud u kojem su kuvane (slika 1.b). Pri tome su korišćene sirovine razvlaknjivane i iz njih su oslobođena celulozna vlakna. Dobijena disperzija celuloznih vlakana u vodi je prebacivana u sud prikazan na slici 1.c i pomoću specijalno pripremljenog sita iz njega zahvatana dovoljna količina dispergovanih vlakana, da se posle ceđenja na situ formira list papira. Formirani list je skidan sa sita i presovan (slika 1.d), a sito ponovo korišćeno za formiranje novog lista papira. Posle presovanja listovi papira su sušeni (slika 1.e) i posle toga su bili spremni za upotrebu. Proizvodnja papira je u to vreme smatrana umetnošću. Sve operacije pri proizvodnji papira su, kao što se to vidi na slici 1, izvođene ručno. Proizvođene su vrlo male količine papira, koji je bio skup, dostupan vrlo malom broju ljudi i korišćen je samo za pisanje značajnih dokumenata i za crtanje.

Princip proizvodnje, odnosno osnovne operacije tehnologije proizvodnje papira po Čaj Lun-u, kao i osnovne sirovine i način proizvodnje, nisu se bitno menjale do kraja 1800. godine. U drugoj polovini devetnestog veka počeo je i brzi razvoj tehnologije proizvodnje papira i to prevashodno u Evropi, Americi i Japanu. U tome periodu drvo je počelo da se koristi kao osnovna sirovina za proizvodnju vlakana. Razvijeni su postupci mehaničkog, termomehaničkog, hemo-termo-mehaničkog i hemo-mehaničkog dobijanja vlakana od drveta (drvenjača, polucelulozna vlakna), kao i čisto hemijskih postupaka (sulfatni i sulfatni postupak) izdvajanja celuloznih vlakana iz drveta i jednogodišnjih biljaka (primarna vlakna). Krajem prve polovine dvadesetog veka razvijena je i puštena u rad prva mašina za kontinualnu proizvodnju papira, a 1955 počela je sa radom i prva fabrika za kontinualnu proizvodnju celuloznih vlakana sulfatnim postupkom. U istom periodu počela je i intenzivna proizvodnja i primena za izradu papira i kartona i sekundarnih vlakana, odnosno vlakana dobijenih recikliranjem papira.

OSNOVNE SIROVINE I POMOĆNA SREDSTVA ZA PROIZVODNJU PAPIRA

Za proizvodnju papira, kartona i lepenke neophodno je raspolagati sa osnovnim sirovinama i pomoćnim sredstvima, dovoljnom količinom čiste vode i energije, i naravno odgovarajućom opremom.

Za proizvodnju vlakana koristi se četinarsko i listopadno drvo. Od drveta koje se poseče u šumama u sveta u proseku se troši 52 mas.% za dobijanje energije, 29 mas.% za dobijanje sečene građe, 15 mas.% za dobijanje primernih vlakana koja se koriste za proizvodnju papira, kartona i lepenke i 4 mas.% čini otpad nastao sečenjem drveta (strugotina), koji se koristi narazličite načine. Ako potrošnja papira, kartona i lepenke nastavi da raste kao u poslednjih 70 godina, dvo će postati deficitarni proizvod. Rešenje ovoga problema treba tražiti u smanjenju potrošnje drveta za dobijanje energije, jer to predstavlja najnerentabilniju potrošnju drveta, kao i recikliranjem svih proizvoda od drveta.

Osnovne sirovine za proizvodnju papira su:

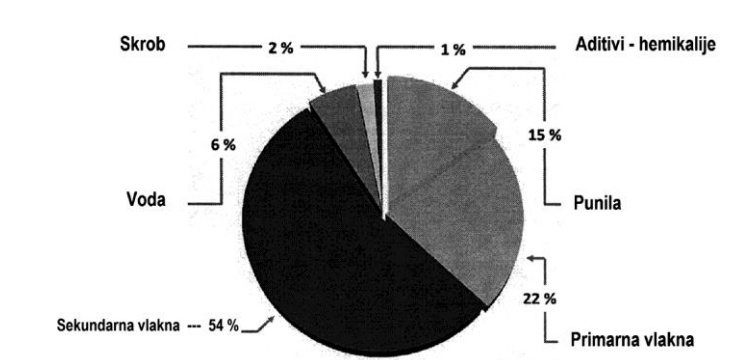
- primarna vlakna, koja se dobijaju izdvajanjem iz drveta i manjim delom iz jednogodišnjih biljaka,
- sekundarna vlakna, koja se dobijaju ponovnom upotrebom starog papira – recikliranjem papira.

Pomoćna sredstva obuhvataju:

- mineralna punila i pigmente,

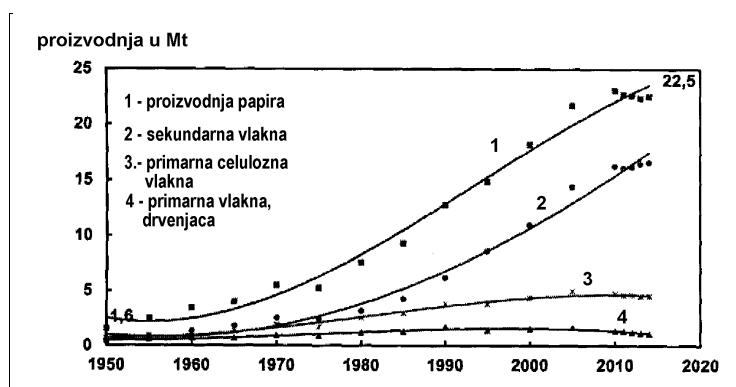
- skrob i čitav niz aditiva - hemikalija, koji predstavljaju modifikovane prirodne ili sintetske supstance (vidi tabelu1).

Na slici 2 su dati prosečni maseni udeli osnovnih i pomoćnih sirovina, koji se koriste za proizvodnju jednog papira prosečnog sastava u Nemačkoj.



Slika 2. Maseni udeli osnovnih i pomoćnih sirovina koje su ugrađene u toni papira prosečnog sastava u Nemačkoj u toku 2010.godini [2]

Na slici 3 prikazan je porast proizvodnje papira i promena udela vrste vlakana u papiru sa vremenom u periodu od 1950 do 2014 godine u Nemačkoj.



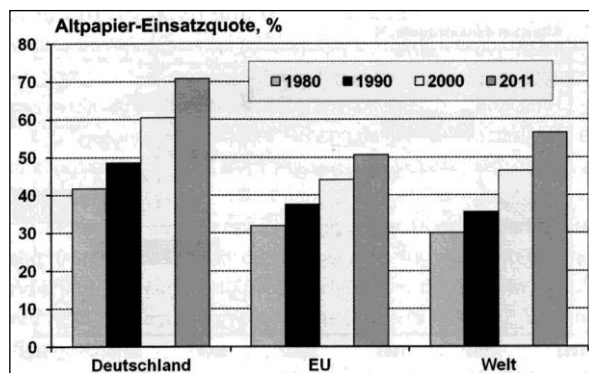
Slika 3. Porast proizvodnje papira i promena udela sekundarnih i primarnih vlakana u papiru u periodu od 1950 do 2014. godine u Nemačkoj [2]

Proizvođači papira su među prvima u svetu razmišljali o ponovnoj upotrebi svojih proizvoda, odnosno recikliranju. U literaturi postoji zapis iz 1774. godine u kojem je J.Klaprot opisao svoj pronalazak o uklanjanju boje sa starog papira i njegovog korišćenja za proizvodnju novog papira. Ozbiljnija primena starog papira za dobijanje sekundarnih vlakana počela je oko 1950. godine, da bi već 1995. godine u Nemačkoj sekundarna vlakna postala najzastupljenija sirovina za proizvodnju papira i kartona, kao što se to može videti i na slici 3. Primera radi u Nemačkoj je u toku 2015.godine proizvedeno 22,602 miliona tona papira i kartona i za to je korišćeno 16,737 miliona tona sekundarnih vlakana, 4,496 miliona tona celuloznih vlakana i 1,115 milion tona drvenjače i pri tome je ostvaren promet od 14,436 milijardi € [3].

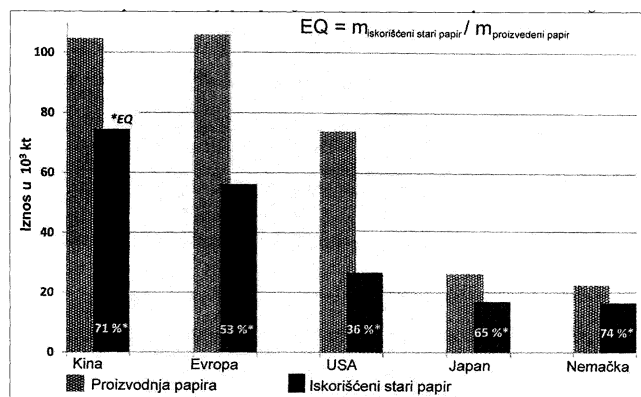
Korišćenje starog papira, kao sirovine iz koje se izdvajaju sekundarna vlakana i koriste za proizvodnju papira i kartona je prihvaćeno praktično u svim zemljama sveta, koje raspolažu sa odgovarajućom opremom. Na slici 4 su, ilustracije radi, prikazane količine sekundarnih vlakana u procentima, koje su korišćene za proizvodnju papira i kartona u Nemačkoj, EU i svetu u toku 1980, 1990, 2000 i 2011. godine.

Kao što se vidi na slici 4, Nemačka je u periodu od 1980 – 2011. godina imala dobro razvijen sistem za prikupljanje, sortiranje i recikliranje starog papira i njegovu ugradnju u novi papir i po tome je još uvek na prvom mestu u svetu.

Na slici 5 je prikazana proizvodnje papira u milionima tona i iskorišćenje starog papira u procentima za Kinu, Evropu, USA, Japan i Nemačku u toku 2013. godine.



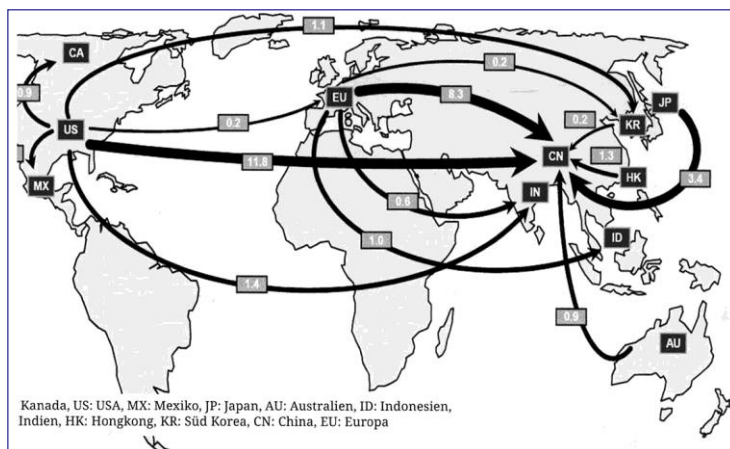
Slika 4. Učesće starog papira u proizvodnji papira u Nemačkoj, EU i svetu u toku 1980, 1990, 2000 i 2011. godine



Slika 5. Odnos proizvodnje papira i iskorišćenog starog papira za Evropu i neke izabrane zemlje sveta u toku 2013. godine

Prema podacima sa slike 5 proizilazi da je Kina po količini daleko najveći potrošač starog papira na svetu i da po masenom udelu iskorišćenja starog papira zaostaje samo za 3 mas.% za Nemačkom, koja je doskora bila neprikosnoven lider po iskorišćenju starog papira.

Interesantno je da Kinezi u u svojoj zemlji ne mogu da prikupe dovoljne količine starog papira, pa su primorani da ga kupuju na svetskom tržištu. Kinezi su postali najveći uvoznivi starog papira. Na slici 6 su prikazani tokovi starog papira i zemlje koje svoj prikupljeni stari papir prodaju Kini. Proizvedeni papir i karton Kinezi izvoze, zajedno sa svojim drugim proizvodima sa kojim, praktično i u sve zemlje u kojima su kuili stari papir.



Slika 6. Tokovi starog papira iz celog sveta u Kinu

Zašto u svetu raste potrošnja starog papira, odnosno udeo sekundarnih vlakana izdvojenih iz starog papir pri proizvodnji papira, kartona i lepenke ?. Podaci prikazani u tabeli 1 daju najbolji, ali delimičan odgovor na to pitanje.

Tabela 1. Deo eko-bilansa za 1 kg papira proizvedenog od primarnih i sekundarnih vlakana

<i>1 kg</i>	<i>Sirovina</i>	<i>Opterećenje vode</i>	<i>Potrošnja vode</i>	<i>Potrošnja energije</i>
<i>Primarna celulozna vlakna</i>	<i>2,2 kg drveta</i>	<i>65 gr CSB</i>	<i>10 do 500 dm³</i>	<i>4 kWh</i>
<i>Sekundarna vlakna</i>	<i>1,15 kg starog Papira</i>	<i>3,5 gr CSB</i>	<i>5 do 10 dm³</i>	<i>1,5 kWh</i>

Na osnovu podataka iz tabele 1 proizilazi da za proizvodnju papira korišćenjem sekundarnih vlakana nije potrebno poseći nijedno drvo, voda koja se koristi se manje zagađuje, koristi se značajno manja količina vode i manja količina energije. Kvalitet recikliranog papira zavisi od dobrog sortiranja prikupljenog starog papira, načina pripreme, korišćenog de-inking postupka, odnosno postupka uklanjanja boje sa vlakana i načina eventualnog izbeljivanja. Ako su izabrani potrebni uslovi obrade starog papira dobijena sekundarna vlakna mogu se u najvećem broju slučajeva koristiti umesto primarnih celuloznih vlakana. Jedini problem predstavlja činjenica da se stari papir može uspešno reciklirati 5 do 7 puta. To praktično znači da je uz sekundarna vlakna pri proizvodnji nekih vrsta papira i kartona neophodno uvek koristiti i odgovarajuću količinu primarnih vlakana.

U Srbiji se prikuplja samo od 30 do 45 % starog papira. Infrastruktura neophodna za kvalitetno sakupljanje i razvrstavanje prikupljenog starog papira i gazdovanje sa starim papirom do sada nije rešeno na zadovoljavajući način. Zbog toga naši proizvođači papira i kartona moraju da uvoze neophodne količine starog papira.

POMOĆNA SREDSTVA

Proizvodnja papira i kartona različitog kvaliteta pri dostignutim tehničkim uslovima bi bila nemoguća bez primene pomoćnih sredstava - aditiva. Posebno mesto među pomoćnim sredstvima za proizvodnju papira i kartona zauzimaju punila i pigmenti u premazima. U nekim vrstama papira udeo punila i pigmenata može da iznosi i preko 30 mas. %.

Ostala pomoćna sredstva za proizvodnju papira se dele u dve osnovne grupe. U prvu grupu spadaju pomoćna sredstva koje prevashodno olakšavaju, odnosno omogućavaju rentabilnu proizvodnju papira na savremenim papir-mašinama. U drugu grupu spadaju pomoćna sredstva koja prevashodno omogućavaju proizvodnju papira sa poboljšanim ili potpuno novim svojstvima. U tabeli 2 su prikazane najznačajnija pomoćna sredstva - aditivi za proizvodnju papira i kartona.

Tabela 2. Podela i namena izabranih pomoćnih sredstava za proizvodnju papira i kartona

<i>Pomoćna sredstva za poboljšanje proizvodnje</i>	<i>Pomoćna sredstva za poboljšanje proizvoda</i>
<i>retenciona sredstva</i>	<i>lepila (masa, površina)</i>
<i>antipenušavci – sredstva za uklanjanje mehura vazduha</i>	<i>sredstva za povećanje zatezne čvrstoće u suvom i vlažnom stanju</i>
<i>sredstva za uklanjanje štetnih supstanci</i>	<i>boje i optički izbeljivači</i>
<i>flotaciona sredstva</i>	<i>veziva i pigment u premazima za poboljšanje površine papira</i>
<i>sredstva protiv biokontaminacije</i>	<i>punila i pigmenti</i>

Pomoćna sredstva, sa izuzetkom punila i pigmenata, se u masu papira dodaju u količini od samo 3 mas.% u odnosu na suva vlakna, ali je njihov doprinos poboljšanju postupka proizvodnje papira i njegovih svojstava izuzetno veliki [4].

Koliki je značaj pomoćnih sredstava za proizvodnju papira može se shvatiti i na osnovu podataka da je u toku 2014. godine u svetu proizvedeo papira, kartona i lepenke u vrednosti od 250 milijardi €, a da u toj cifri pomoćna sredstva učestvuju sa udelom od 14 milijardi €.

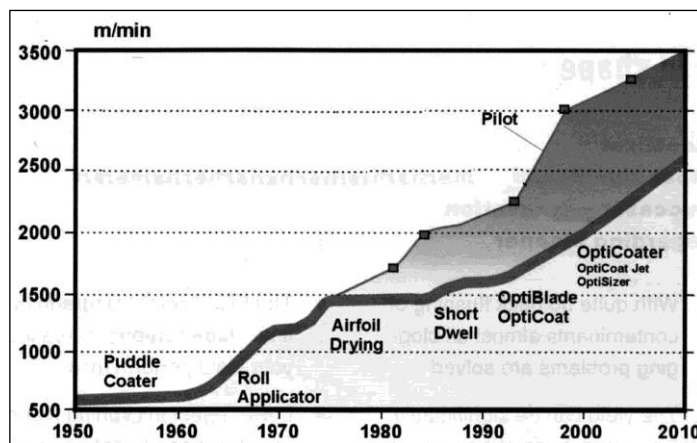
MAŠINE ZA PROIZVODNJU PAPIRA I KARTONA

Oštra konkurencija na svetskom tržištu primorava proizvođače papira i kartona da smanje cenu svojih proizvoda uz održavanje dostignutog ili poboljšavanje kvaliteta. Proizvođači u isto vreme žele da ostvare što je moguće veći profit. Proizvođači papira ove zahteve mogu da reše:

- povećanjem veličine i brzine papir mašina,
- smanjenjem gramature papira i kartona,
- poboljšanjem kvaliteta proizvoda i prilagođavanjem novim oblastima primene,
- većim korišćenjem jeftinijih primarnih vlakana (eukaliptus),
- većim korišćenjem sekundarnih vlakana iz starog papira,
- smanjenjem specifične potrošnje sveže vode i energije,
- korišćenjem pomoćnih sredstava sa poboljšanim svojstvima i
- poštovanjem sve oštrijih ekoloških zahteva, koji se postavljaju kako za procese proizvodnje tako i za gotove proizvode.

Porast potražnje za kvalitetnim papirom i kartonom uslovio je i ubrzan razvoj mašina za proizvodnju papira i kartona – PM, sa povećanom produktivnošću. To je ostvareno povećanjem brzine PM, odnosno povećanjem brzine kretanja sita i odgovarajuće brzine izlivanja disperzije vlakana na sito i formiranja trake papira, kao i povećanjem širine sita, odnosno trake formiranog papira na situ.

Na slici 7 je, primera radi, pokazano kako se menjala brzina PM sa vremenom u periodu od 1950 do 2010. godine.



Slika 7. Povećanje brzine industrijskih PM i pilot PM sa vremenom u periodu 1950- 2010. godina

Kao što se vidi na slici 7, papir mašine u industrijskim pogonima mogu da ostvare pouzdan rad i pri brzinama i do 2500 m/min, a pilot mašine i do 3500 m/min. To praktično znači da brzina papir mašine danas nije više ograničavajući faktor za povećanje njene produktivnosti.

Da bi se stekao uvid u veličinu, cenu i proizvodnost savremenih papir mašina za proizvodnju papira i kartona navedena su samo dva primera.

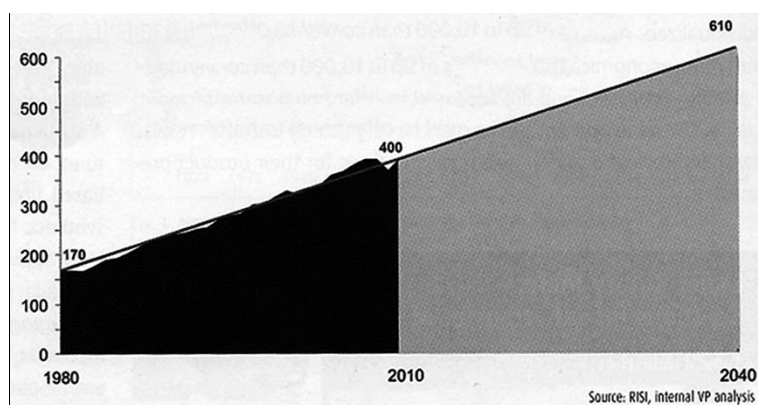
- Jedna od većih papir mašina za proizvodnju novinskog papira izgradila je firma Voith i u Engleskoj pustila u rad 2009. godine. Ova PM je duga 420 m, ima širnu sita 8,05 m, maksimalnu brzinu od 1800 m min⁻¹ i dnevno proizvodi 1150 t LWC papira. Izgradnja fabrike je koštala 260 miliona evra.

- U toku 2009. godine puštena je u rad u gradu Hinan (Kina) jedna od najvećih PM u svetu (firma Voith). Ova PM je duga 600 m, ima sito široko 11,8 m, maksimalnu radnu brzinu 1700 m min^{-1} i dnevno proizvodi 4.537 tona, odnosno 1,6 miliona tona papira godišnje.
- Sve savremene PM su potpuno automatizovane, kompjuterski vođene i predstavljaju pravo čudo tehnike. Broj radnika koji rade uz ovakve PM je vrlo mali, ali zato izuzetno stručno obrazovan.

PROIZVODNJA PAPIRA I KARTONA U SVETU

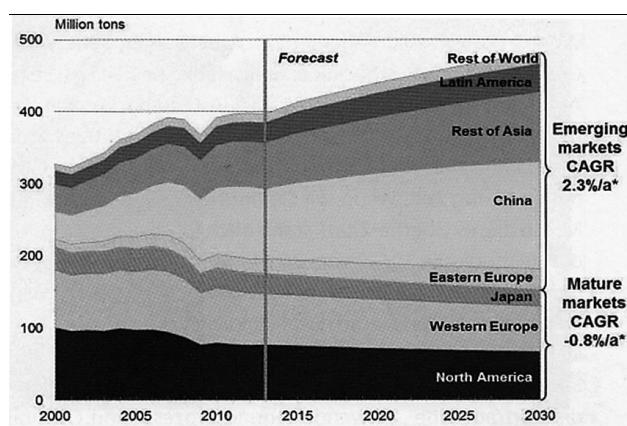
U svetu je u toku 2012. godine proizvedeno 399,3, a u 2013. godini 402,6 miliona tona papira i kartona svih vrsta [5].

Na slici 8 prikazan je porast proizvodnje papira i kartona u periodu od 1980 do 2010. godine i prognoza za proizvodnju do 2040. godine u milionima tona uz pretpostavku da će priraštaj proizvodnje u periodu od 2010 do 2040. godine biti i dalje konstantan [6].



Slika 8. Proizvodnja papira u period 1980 - 2010. godina i prognoza proizvodnje do 2040. godine u milionima tona

Na slici 9 prikazana je proizvodnja papira i kartona u svetu po regionima u periodu od 2000 do 2013. godine i prognoza proizvodnje u periodu od 2013 do 2030. godine.



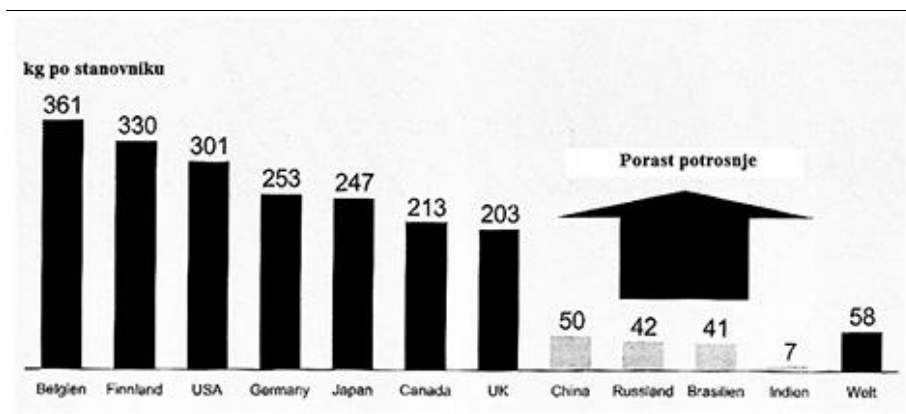
Slika 9. Proizvodnja papira u svetu za priod 2000 – 2013 godina i prognoza proizvodnje za period 2013 – 2030. godina (Izvor: Pöyry, RISI, IME, World bank, internal VP analysis).

Prema podacima o proizvodnji papira i kartona u različitim regionima sveta u toku 2000. godine, koji su prikazani na slici 9, proizilazi da se u tri najrazvijenija regiona sveta (Severna Amerika, Zapadna Evropa i Japan) proizvodi značajno više papira nego u svim drugim zemljama sveta zajedno. Međutim, u sledećih trinaest godina dolazi do dramatičnih promena. Zemlje u intenzivnom razvoju kao što su Kina, Ostatak Azije bez Japana, Južna Amerika, Istočna Evropa i zemlje ostatka sveta prestigle su tri razvijena regiona sveta u proizvodnji papira i kartona, a Kina je postala najveći pojedinačni proizvođač papira i kartona u svetu i potisnula USA na drugo mesto.

Interesantno je da je do ovih promena došlo i pored toga što se u navedenim razvijenim regionima i zemljama još uvek u funkciji najveći istraživački centri u kojima se uspešno izučavaju mogućnosti poboljšanja tehnologije proizvodnje vlakana, aditiva i papira, proizvođači najsavremenije opreme za proizvodnju vlakana i papira i kartona, kao i opreme za konfekcioniranje papira i kartona.

Prema prognozama ovaj trend u proizvodnji papira i kartona će se nastaviti i već 2040. godine sadašnje zemlje u razviju će proizvoditi 2/3 vlakana, papira i kartona na svetu, a Azija će postati novi svetski centar za proizvodnju papira i kartona. Razlog za navedene promene stručnjaci vide u činjenici da je tržište papira u najrazvijenijim zemljama sveta već zasićeno i da se investicije u industriji papira i kartona permanentno smanjuju, za razliku od zemalja u razvoju.

Na slici 10 prikazana je prosečna potrošnja papira po glavi stanovnika u kilogranima po stanovniku u usvetu, kao i u 7 izabranih razvijenih zemalja i 4 zemlje u intenzivnom razvoju u toku 2009. godine [7].



Slika 10. Potrošnja papira po glavi stanovnika u svetu, kao i u 7 izabranih razvijenih i 4 zemlje u intenzivnom razvoju u toku 2009. godine

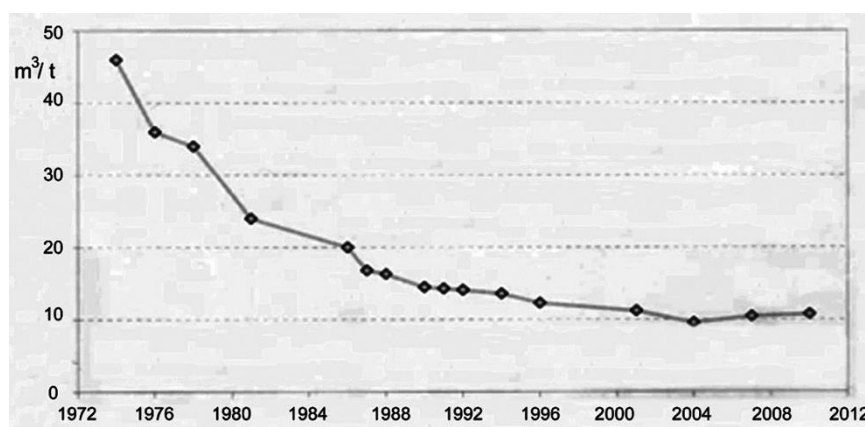
U svetu je već godinama opšte prihvaćeno pravilo da se potrošnja papira po glavi stanovnika u nekoj zemlji može prihvatiti kao mera standarda njenih građana, kao i njenog stepena razvoja. Do pre desetak godina je uvek zemlja, koja troši najviše papira po glavi stanovnika, bila ujedno i najveći proizvođač papira. To je sada po prvi put izmenjeno, pa se Kina sa proizvodnjom od 104,7 miliona tona papira i kartona nalazi na prvom mestu među proizvođačima papira, ali se zbog velikog broja stanovnika, sa potrošnjom papira po glavi stanovnika nalazi malo ispod svetskog proseka potrošnje papira po glavi stanovnika (vidi sliku 10).

Da bi se stekao uvid kako se menjala potrošnja papira po glavi stanovnika biće navedeno samo nekoliko oglednih primera: 1938. godine SAD su trošile 95 kg/stanovniku, Austrija 20, Italija 10, Jugoslavija 5; 1950. godine SAD su trošile 173, Austrija 26, Italija 16, a Jugoslavija 4 kg/stanovniku.

Voda ima pri proizvodnji vlakana i papira izuzetno važnu i višestruku ulogu: rastvara hemikalije za izdvajanje vlakana iz drveta, slabi interakcije među vlaknima i olakšava njihovo izdvajanje, u njoj se disperguju izdvojena vlakna, podešava se viskoznost disperzije, omogućava relativna pokretljivost vlakana i formiranje trake papira na papir mašini, prenosi toplotu i sprečava temperaturne šokove, ekstrahuje rastvorne komponente iz drveta, rastvara aditive, služi za pranje opreme za proizvodnju vlakana i papira i na kraju jedan njen deo 5 - 8 mas.% ostaje ugrađen u papiru i doprinosi poboljšanju njegovih svojstava.

Zbog višestruke uloge koju ima voda u proizvodnji vlakana i papira njena potrošnja je bila vrlo velika i kretala se i do 1000 m³/t. U to vreme voda je korišćena bez prečišćavanja i posle korišćenja ispuštana u vodotokove takođe bez prečišćavanja. Sa porastom proizvodnje vlakana, papira i kartona i porasta cene vode ukazala se potreba za smanjenjem specifične potrošnje vode i samim tim i smanjenje cene proizvoda. Do smanjenja potrošnje sveže vode je došlo internim prečišćavanjem vode i njenog korišćenja u nekoliko operacija pri proizvodnji vlakana i papira, odnosno uvođenjem kružnih tokova vode. Za interno prečišćavanje vode bilo je neophodno razviti odgovarajuću tehnologiju i specifičnu opremu, koje su omogućile da se uz korišćenje odgovarajućih hemijskih aditiva iz korišćene vode izdvoje kratka vlakna i najveći broj nečistoća i prečišćena voda ponovo koristi. Usavršavanje tehnologije prečišćavanja, opreme i hemijskih aditiva, počelo je uspešno smanjivanje specifične potrošnje vode ,

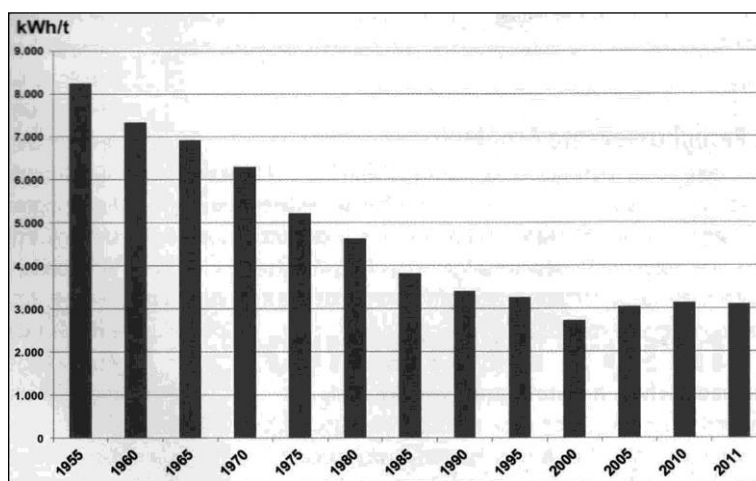
koja je u toku 1972. godine iznosila 48 m³/t. Na slici 11 je prikazano smanjenje prosečne specifične potrošnje vode u periodu od 1972 do 2011. godine.



Slika 11. Smanjenje prosečne specifične potrošnje vode u proizvodnji papira u Nemačkoj u periodu od 1972-2011. godine

Kao što se vidi na slici 11 u 2002. godine je dostignuta prosečna potrošnja vode od 10 m³/t papira, koja se dalje nije menjala. Ova prosečna potrošnja vode je dostignuta u svim razvijenim zemljama sveta i karakteristična je za sadašnje stanje tehnike. Za dalje smanjenje potrošnje vode pri proizvodnji papira neohodno je uložiti dodatna sredstva. Firma Voith, najveći proizvođač papir mašina i druge opreme za proizvodnju papira i kartona je razvila novi reaktor za anaerobni način prečišćavanja voda u fabrikama papira sa ugrađenim delom u kome se iz otpadne vode pored prisutnih organskih supstanci može ukloniti i zaostali dispergovani kalcijum-karbobat. Stručnjaci firme Voith očekuju da će korišćenjem i ovoga reaktora biti uskoro moguće smanjiti potrošnju vode ispod sadašnje granice od 10 m³/t. Za sada se pod idealnom potrošnjom vode pri proizvodnji papira podrazumeva proizvodnja pri kojoj se u sistem dodaje samo toliko sveže vode koliko izpari pri radu papir mašine.

Industrija proizvodnje papira spada u velike potrošače ne samo vode već i energije. Zbog toga je smanjenju potrošnje energije po toni proizvedenog papira ili kartona, odnosno povećanju energetske efikasnost postupka, kao i svih pojedinačnih operacija proizvodnje papira posvećuje posebna pažnja. Na slici 12 prikazano je ostvareno smanjenje potrošnje specifične energije u kWh/t proizvedenog papira u periodu od 1955 do 2011. godine u Nemačkoj.



Slika 12. Specifična potrošnja energije u proizvodnji papira u Nemačkoj u periodu od 1955-2011.godine

Prema podacima prikazanim na slici 12 može se videti da je već 1990. godine dostignuta jedna granična prosečna vrednost potrošnje specifične energije od oko 3000 kWh/t papira koja se do danas praktično nije promenila. Pri proizvodnji papira se pored električne, toši i toplotna energija. Interesantno je ukazati na činjenicu da je potrošnja specifične električne energije periodu 1955-2011. godina se vrlo sporo smanjivala, a da je do bržeg smanjenja specifične toplotne energije došlo zbog inovativnih rešenja

u poboljšanju operacija vezanih za potrošnju vodene pare. Smanjenjem specifične potrošnje vode i energije pri proizvodnji papira ostvarene su značajne uštede u potrošnji energenata i vode, kao i emisije ugljen-dioksida i tako doprinelo ošuvanju šivotne sredine.

VRSTE PAPIRA I PROIZVODNJA

U svetu je u toku 2012. godine proizvedeno 399,3, a u 2013. godini 402,6 miliona tona papira i kartona [8].

Na svetskom tržištu papira evidentirano je oko 3000 vrsta papira. Međutim, pri razmatranju stanja u industriji proizvodnje papira uobičajeno je da se papir razvrstava u četiri osnovne grupe: ambalažni papiri, grafički papiri, papiri za održavanje higijene i specijalni papiri. U daljem tekstu biće prikazani odgovarajući rezultati za papirnu industriju Nemačke kao predstavnika razvijenih zemalja.

Ambalažni papiri (Papir, karton i lepenka koji se koriste za izradu ambalaže) sa udelom od 47 mas.% predstavljaju najznačajniji proizvod papirne industrije u Nemačkoj u 2012. godini. Posle ekonomske krize 2008/2009 permanentno rastu investicije u proizvodne kapacitete i proizvodnju ambalažnih materijala i ambalaže od papira. Potražnja za ambalažom od papirnih materijala permanentno raste u celom svetu i to pre svega zbog izuzetno velike primene talasastog kartona za izradu transportne ambalaže.

Prema odgovarajućim prognozama broj stanovnika na zemlji će do 2050. godine biti povećan do 9,1 milijardi i da će zbog toga biti neophodno da razvijene zemlje povećaju proizvodnju prehrambenih proizvoda za 60 %, kako bi se prehranili ti novi stanovnici sveta [9]. Zbog toga, ali i zbog očekivanja da će u dogledno vreme doći i do povećanja broja stanovnika sveta, koji će ekonomski ojačati i biti u mogućnosti da kupuju pakovanu hranu, biće neophodno da se povećava i proizvodnja ambalaže od papirnih materijala u koju će ta hrana biti pakovana.

Povećanju potrošnje ambalaže od papirnih materijala doprinosi i sve veći porast kupovine proizvoda iz celog sveta preko interneta. Kupljeni proizvodi se moraju pojedinačno pakovati u transportnu ambalažu i slati kupcima. Na osnovu toga može se konstatovati da je proizvođačima ambalaže od papirnih materijala već obezbeđena "svetla budućnost". U prilog tome govori i činjenica da će prema prognozama potrošnja talasastog kartona za izradu transportne ambalaže od 102 miliona tona u 2012. godini porasti do 130 miliona tona u 2017. godini. Pored talasastog kartona za izradu ambalaže raste i potrošnja ambalažnih papira i drugih vrsta kartona, što takođe doprinosi da je maseni udeo ambalaže od papirnih materijala najveći u ukupnoj količini svih ambalažnih materijala, koji su dostupni na svetskom tržištu ambalaže.

VIŠESLOJNA I KOMBINOVANA VIŠESLOJNA AMBALAŽA - "KARTONSKA" AMBALAŽA

Prva folija od celofana, odnosno regenerisane celuloze, počela je uporedo sa papirom da se koristi kao fleksibilni ambalažni materijal od 1925. godine. Posle vrlo kratkog vremena konstatovano je da jednoslojne folije od celofana (monofolije) nisu mogle da ispune očekivanja u odnosu na funkcionalnost, odnosno produžavanje vremena upotrebljivosti pakovanog npr. prehrambenog proizvoda. Pedesetih godina prošlog veka eksperimentalno je potvrđeno da se spajanjem folija od različitih polimernih materijala, kao i spajanjem polimernih folija sa papirom, kartonom i/ili aluminijumskom folijom mogu dobiti i višeslojni kombinovani ambalažni materijali sa još boljim barijernim, mehaničkim i termičkim svojstvima, koja se nemogu ostvariti pojedinačnom primenom polaznih monofolija sa povećanom debljinom.

U period od 1950. do 1960. godine razvijene su različite tehnike proizvodnje višeslojnih ambalažnih polimernih materijala, a zatim i višeslojnih kombinovanih ambalažnih materijala u obliku folija, traka. Paralelno su razvijene i tehnike izrade fleksibilne, kao i ambalaže postojanog oblika. Obe vrste višeslojne ambalaže dobro su prihvaćene na tržištu i njihova primena permanentno raste.

Najvažnija svojstva višeslojnih kombinovanih ambalažnih materijala, koja omogućavaju da se za svaki prehrambeni, farmaceutski ili kozmetički proizvod izradi odgovarajuća ambalaža "po meri" su:

- dobra barijerna svojstva za vodenu paru, kiseonik ugljen-dioksid, arome i svetlost,

- zadovoljavajuća čvrstoća šava pri zatvaranju ambalaže zavarivanjem ili lepljenjem i dobro dihtovanje,
- zadovoljavajuća čvrstoća i otpornost na udar,
- dobra preradljivost i sa brzim potpuno automatizovanim mašinama za pakovanje,
- mogućnost štampanja jednog od slojeva npr. kartona bez prethodne pripreme površine,
- fiziološka neutralnost,
- mala masa i prihvatljivo niska cena.

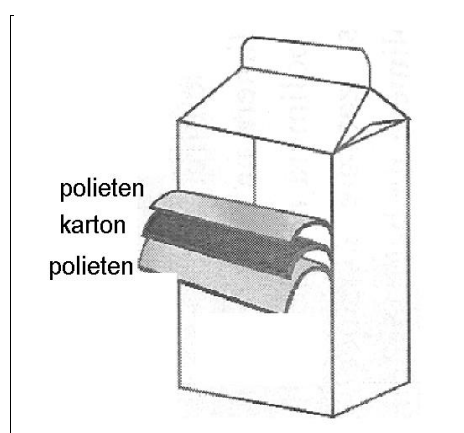
Na tržištu ambalaže značajno mesto zauzima višeslojna kombinovana ambalaža u kojoj među slojevima najveći maseni udeo ima sloj kartona i koja se zbog toga uprošćeno naziva "kartonska" ambalaža. Ova ambalaža se najviše koristi za pakovanje tečnih prehrambenih proizvoda.

Ilustracije radi na slici 13 prikazana je "kartonska" ambalaža, za pakovanje 1 dm³ svežeg mleka, izrađena od troslojnog ambalažnog materijala u kojem su spoljašnji i unutrašnji sloj od polietena, a srednji sloj od kartona.

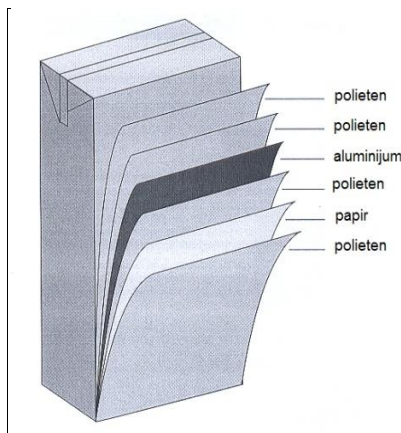
Ukupna masa ambalažne jedinice iznosi oko 30 grama. Udeo polietena u troslojnoj foliji iznosi 20 mas.%, a kartona 80 mas.%.

Za pakovanje stabilizovanog mleka sa dužom postojanošću, kao što je to npr. H-mleko, neophodno je koristiti ambalažu sa boljim barijernim svojstvima. To se ostvaruje kada se za izradu ambalaže koristi npr. šestoslojni kombinovani ambalažni materijal.

Na slici 14 prikazan je spoljašnji izgled kombinovane "kartonske" ambalaže za pakovanje 1 dm³ stabilizovanog mleka, izrađene npr. od šestoslojnog kombinovanog ambalažnog materijala.



Slika 13. Izgled troslojne "kartonske" ambalaže za pakovanje 1 dm³ svežeg mleka.



Slika 14. Izgled šestoslojne kombinovane ambalaže za pakovanje 1 dm³ dugotrajnog mleka, kao i vrste materijala i raspored slojeva u kombinovnom ambalažnom materijalu koji je korišćen za izradu kombinovane ambalaže

Prvi unutrašnji sloj polietena ima funkciju da omogući kvalitetno zatvaranje ambalaže zavarivanjem. Drugi sloj polietena ima funkciju da poveže prvi sloj sa aluminijumskom folijom i da zajedno sa prvim slojem spreči smanjenje vlage u pakovanom proizvodu. Aluminijumska folija ima izuzetna barijerna svojstva kako za sve gasove, masti, vodenu paru i svetlost. Treći sloj polietena ima funkciju da poveže aluminijumsku foliju sa slojem kartona. Karton obezbeđuje čvrstoću i postojan oblik ambalaže, a pored tog na spoljašnjoj strani kartona se štampaju sve poruke koje treba da budu dostupne potrošaču pakovanog proizvoda. Četvrti – spoljašnji sloj polietena ima funkciju da zaštiti štampane poruke na kartonu i prodiranje vlage iz okoline do sloja kartona.

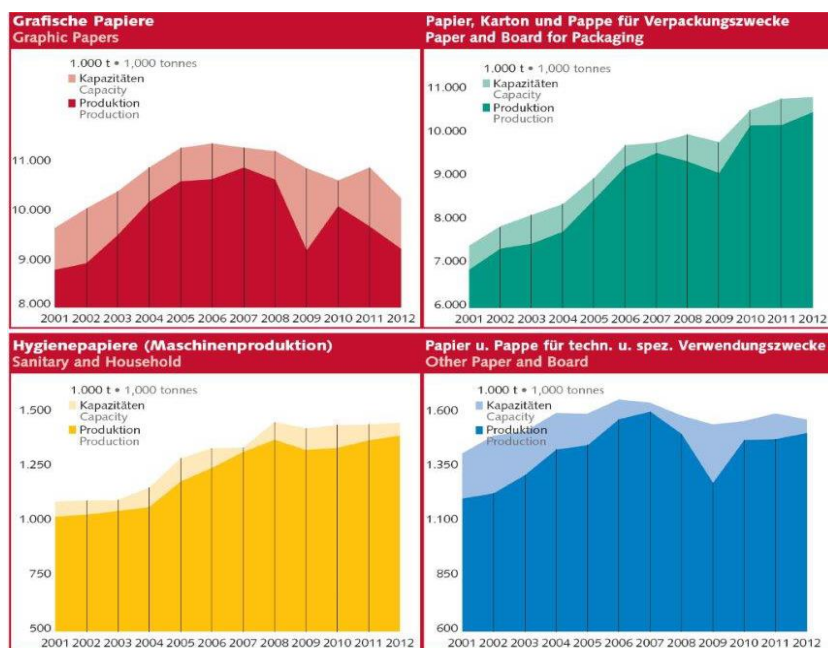
Udeo polietena (PE-LD ili PE-LLD) u ambalaži prikazanoj na slici 15 iznosi 21 mas.%, aluminijuma 4 mas.% i kartona 75 mas.%. U poslednji nekoliko godina razvijeni su industrijski postupci recikliranja kombinovane višeslojne ambalaže, koji omogućavaju da se komponente ambalaže polieten, karton i aluminijum uspešno razdvoje i posle prečišćavanja, ponovo koriste za izradu ambalaže ili u neke druge namene. To će sigurno doprineti značajno povećanoj potrošnji "kartonske" ambalaže u vremenu koje dolazi.

Povećanju potražnje za kartonskom ambalažom će sigurno doprineti i činjenica da su predstavnici firme Tetra-Pak International S.A. (Švajcarska) odlučili da za izradu kartonske ambalaže koriste PEHD proizveden u Brazilu (Firma Breskem) na bazi obnovljivih sirovina. Stručnjaci firme Tetra-Pak očekuju da će uskoro svi njihovi proizvodi biti proizvođeni 100 % na bazi obnovljivih sirovina [10].

Grafički papiri čine drugu osnovnu grupu proizvoda u nemačkoj industriji proizvodnje papira sa udelom od 41 mas.%. U ovu grupu papira spadaju papiri za štampu i pisanje, kao npr. novinski papiri, papiri za štampanje knjiga, kataloga, stručnih i naučnih časopisa, kancelarijski papiri itd.. Grupa grafičkih papira je do 2010. godine bila na prvom mestu među papirima koji su proizvođeni u Nemačkoj. Posle krizne 2008/2009. godine proizvodnja grafičkih papira je počela brzo da se oporavlja. Međutim, već od 2010. godine ponovo dolazi do naglog pada proizvodnje, koji je u 2012. godini iznosio dodatnih 5 mas.%.

Pad potražnje i proizvodnje grafičkih papira se i dalje nastavlja i to praktično u svim razvijenim zemljama. To ima za posledicu značajno smanjenje korišćenja već postojećih kapaciteta za proizvodnju grafičkih papira, kao što se to za Nemačku vidi na slici 15.

Na slici 15 je prikazana promena proizvodnih kapaciteta i proizvodnje za 4 osnovne grupe papira, koje su proizvođene u Nemačkoj u periodu od 2001 do 2012. godine [11].



Slika 15. Promena proizvodnje i proizvodnih kapaciteta za 4 osnovne grupe papira u Nemačkoj u periodu od 2001 do 2012. godine

Papirna industriji u USA morala je takođe da se pomiri sa činjenicom da im je proizvodnja grafičkih papira samo u periodu od 2000 do 2012. godine opala za 25 mas.%. Ovaj trend se nastavlja. Zbog toga je u USA došlo do značajnog smanjenja korišćenja proizvodnih kapaciteta, a neke firme su za određeno vreme i prekinule proizvodnju.

Procenjuje se da će korišćenje papira za štampanje dnevnih novina, časopisa i knjiga u USA u sledećih petnest godina biti smanjeno za 40 do 50 mas.%. Za proizvođače grafičkih papira u Evropi i Japanu se očekuje isti scenario samo što smanjenje korišćenja grafičkih papira neće biti tako drastično kao u USA. Samo neki od indikatora za nastalo stanje i ovako loše prognoze za tržišta grafičkih papira pre svega u razvijenim zemljama su sledeći:

- Broj korisnih informacija koje se mogu skinuti sa internet je ogroman i jeftin, a često i potpuno besplatan.
- Prema rezultatima jedne ankete građana USA, 42 % građana koji koriste tablet je otkazalo pretplatu na novine.
- Firma Amazon je objavila da je već u 2011. godini prodala više knjiga u elektronskom obliku nego štampanih knjiga.

Stanje u proizvodnji grafički papira je narušilo ravnotežu na tržištu proizvoda od papira, koja je uspostavljena pre izbijanja ove krize. Da bi se uspostavilo novo ravnotežno stanje na tržištu papira, ali sada na drugom nivou i sa drugim glavnim igračima biće potrebno nekoliko godina.

Specijalni papiri (Papir i karton za tehničke i specijalne primene) ušestvuju sa 7 mas.% među papirom proizvedenim u Nemačkoj. Ova osnovna grupa obuhvata veliki broj vrsta papira, kao što su: dekorativni papiri, elektroizolacioni papiri, papiri za etikete, filterpapiri, fotopapiri, papiri za primenu u automobilske industriji itd. Proizvodnja specijalnih papira rasla je do 2007. godine. Za vreme ekonomske krize došlo je do brzog pada proizvodnje. Posle 2009. godine došlo je do brzog oporavka proizvodnje, ali je već 2010. godine taj rast jako usporen zbog čega ni do danas proizvodnja ovih papira nije dostigla nivo iz 2007. godine. To je imalo za posledicu promenu proizvodnog programa većeg broja "malih firmi".

Papiri za održavanje higijene – higijenski papiri sa udelom od 6 mas.% predstavljaju najmanju grupu papira koji se proizvode u Nemačkoj. Grupa higijenskih papira obuhvata proizvode od celuloznih vlakana, Tissue papire i krep papire proizvedene od sekundarnih vlakana i/ili celuloznih vlakana, koja su delimično pomešana sa drvenjačom. Higijenski papiri se dalje prerađuju u toaletne papire, džepne maramice, kuhinjske papire itd..

Proizvodnja higijenskih papira u Nemačkoj je porasla u period od 2001 do 2008. godine za 30 % i dostigla vrednost od 1,3 miliona tona. Tržište higijenskih papira u razvijenim zemljama pokazuje znake zasićenja. Porast proizvodnje je uočen kod higijenskih papira, koji podižu kvalitet života, kao npr. vlažni toaletni papiri ili toaletni papiri sa mirisima koji odgovaraju godišnjim dobima itd.. Međutim, treba ukazati na vrlo značajnu činjenicu, odnosno da potrošnja higijenskih papira u svetu raste i po nekim procenama trebalo bi da u sledećih pet godina raste po stopi od 5 mas.%.

DEŠAVANJA KOJA UTIČU NA RAZVOJ INDUSTRIJE PAPIRA

U period od 2012 do 2016. godine odigrala su se dva događaja od opšteg značaja, koji već imaju velikog uticaja na dalji razvoj industrije u celini, a naročito hemijske i industrije proizvodnje papira. U Nemačkoj je 2012. godine usvojen zakon o ekonomiji kružnog toka [11]. U daljem tekstu će ukratko biti ukazano koje obaveze za industriju papira nastaju prihvatanjem ovog dokumenata.

U Zakonu o ekonomiji kružnog toka je glavna tema ekonomija korišćenja otpada, odnosno sekundarnih sirovina, koja je u ovome zakonu konzekventno usmerena na smanjenje otpada i na recikliranje otpada. Ovo usmerenje treba da doprinese daljem razvoju ekonomije kružnog toka i treba da doprinese povećanju iskorišćenja postojećih resursa, zaštiti životne sredine i klime. Da bi se radnja konzekventno usmerila na smanjenje otpada i recikliranje, trostepena hijerarhija operacija (smanjenje otpada, ponovna upotreba i odlaganje na deponije) zamenjena je petostepenom hijerarhijom: smanjenje otpada, priprema otpada za ponovnu upotrebu, recikliranje, ostali načini ponovne upotrebe (naročito sagorevanjem u cilju dobijanja energije) i odlaganje otpada na deponije. Na osnovu ove petostepene hijerarhije operacija, obaveze "vlasnika otpada" su konzekventno usmerene ka zaštiti životne sredine. Pri tome je po prvi put mnogo veći značaj dat recikliranju u odnosu na ponovnu upotrebu spaljivanjem, odnosno dobijanju energije. Fleksibilnom pripremom, uzimajući u obzir ekonomske i socijalne uslove, sada se može bolje planirati maksimalno iskorišćenje otpada, odnosno sekundarnih sirovina nego do sada.

U cilju boljeg iskorišćenja otpada ovim zakonom dodatno je uvedena obaveza **odvojenog sakupljanja biootpada, kao i papira, metala, plastičnih masa i stakla**, i to od 2015. Obavezu odvojenog sakupljanja otpada treba prilagoditi tehničkim i ekonomskim mogućnostima, ali je mešanje otpada zabranjeno.

Od značaja je pomenuti i skup koji su organizovale Ujedinjene Nacije u Parizu krajem 2015. godine, koji je posvećen borbi protiv promene klime na zemlji. Na ovom skupu su učestvovala delegacije 190 zemalja sveta, među kojima su bile i delegacije svih razvijenih zemalja. Na tome skupu je jednoglasno doneta odluka da se do 2050. godine emisija CO₂ na zemlji smanji za 80 % u odnosu na 2005. godinu. Sve zemlje koje su potpisale predlog ugovora iz Pariza su se obavezale da će u predviđenom roku ispuniti preuzete obaveze. To će biti moguće samo boljim gazdovanjem i višestrukim korišćenjem materijala, vode i energije, kao i usvajanjem koncepta bioekonomije, odnosno efikasnijim korišćenjem bioobnovljivih sirovina.

Bioekonomija se zasniva na najnovijim naučnim saznanjima i predstavlja most između tehnologije, ekologije i efikasne privrede [12]. Da bi uspešno realizovala ideje bioekonomije Evropska Unija je od 2010. godine počela da finansira otvaranje biorafinerija i njihov rad.

U biorafinerijama se izabrani prirodni materijal razlaže na osnovne komponente, koje se zatim prečišćavaju, razdvajaju i koriste kao osnovne sirovine hemijske industrije. Za proizvođače papira i kartona su od interesa biorafinerije u kojima je osnovna sirovina drvo [13]. Za očekivati je da će primenom rezultata ovih istraživanja biti moguće sniziti cenu primarnih i sekundarnih vlakana, kao i pomoćnih sredstava u industriji papira i kartona.

Pad potražnje i proizvodnje grafičkih papira u svim razvijenim zemljama sveta uneo je pometnju među proizvođačima i prerađivačima papira, kartona i lepenke i uneo strah od produblivanja te krize. Vrlo je interesantna i poučna reakcija na ovu pojavu u Bayern-u (Nemačka) u kojem poslije vodeće firme koje se bave proizvodnjom i preradom papira i ostvaruju godišnji promet od 5,2 milijardi €, a skoro 70 % proizvodnje čine grafički papiri. Stručnjaci instituta "Papiertechnischen Stiftung" iz Minhena privoleli su predstavnike najznačajnijih udruženja proizvođača i prerađivača papira i kartona, stručnjake iz drugih istraživačkih instituta i predstavnike najvećih proizvođača papira i kartona da zajedno formiraju istraživački projekat sa temom "Faser & Papier 2030". Obezbeđena su sredstva za realizaciju projekta i angažovan veliki broj eminentnih stručnjaka iz ove industrije, istraživačkih instituta i fakulteta, kao i eminentnih istraživača iz drugih oblasti industrije u kojima bi mogli da se koriste biljna vlakna i papir, ali na jedan nov način i za namene u kojima do sad nisu značajno korišćeni.

Rad na projektu je započet u januaru 2014.godine, a završen posle petnaest meseci u martu 2015. godine. Prvi zadatak angažovanih istraživača je bio da se "presele" u 2050. godinu i da zamisle kako bi svet trabao da izgleda i sa kojim materijalima bi to moglo najbolje da se realizuje i koliko ima mesta među tim materijalima za vlakna i papir. Zatim treba da "bace pogled" na 2030. godinu i da pretpostave šta bi to do 2030. godine bilo neophodno uraditi, a da je vezano za vlakna i papir, da bi se njihova vizija sveta u 2050. godini mogla uspešno realizovati i da to zabeleže. Na taj način sakupljeno je 1457 ideja - tema, a posle konsolidacije taj broj je sveden na 640 od kojih je 375 svrstano u grupu ideja koje bi u principu mogle da se realizuju sa već postojećim tehnologijama, ali uz dodatni istraživanja npr. od dve godine i grupu od 265 ideja, koje se mogu smatrati kao prihvatljive, ali za čiju realizaciju je neophodno obaviti još značajna istraživanja – 3 do 5 godina. Iscrpne informacije o ovome projektu mogu se naći na internetu [14].

LITERATURA

- [1] J.H.Bos, P.Veenstra, H.Verhoeven, P.D.Vos, Das Papier – Handbuch der Papierherstellung, Wolters-Noordhoff Verlag, 2006
- [2] H.Großmann, R.Zelm, 5 Papier und seine Rohstoffe, Technische Universität Dresden, 2015
- [3] VDP, Kennzahlen deutscher Zellstoff- und Papierfabriken
- [4] S.Jovanović, M. Krgović, Pomoćna sredstva u proizvodnji papira, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurško-metalurški fakultet, Beograd 2010
- [5] VDP – Papier Kompass, 2015
- [6] www.povry.com/sectors/industry/pulp-paper/paper
- [7] F.Opletal, Voith Papier /Mai 2009
- [8] VDP – Papier Kompass, 2015
- [9] <http://www.elite-magazin.de/newsicker/60-mehr-Lebensmittel-bis-2050-3153550.html>
- [10] <http://www.k-aktuell.de/tetra-pak-bio-kunststoff-fuer-kartonverpackungen-in-brasilien->
- [11] J.Dispen, Papierindustrie in Deutschland. Branchenreport 2013, Heft 2/2013, S. 28
- [12] Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG, 24.02.2012
- [13] Bioraffineri im Westerwald – www.nova-institut.eu
- [14] www.faser-papier-2030.de

NEW SECURITY PAPER PRODUCTS UNDER DEVELOPMENT FROM CEPROHART

NOVI SIGURNOSNI PROIZVODI U RAZVOJU U KOMPANIJI CEPROHART

Mihaela Daniela Dumitran, Constantin Secară, Gabriela Bratu
SC CEPROHART SA, Brăila, Romania

Abstract

The paper presents an overview of the newest security paper products under development, both at laboratory and industrial level from Ceprohart:

- *security paper with high density of magnetic microwires for classified documents protection;*
- *security paper with security thread;*
- *security paper with cotton pulp;*
- *paper with improved toner adhesion for digital print;*
- *security paper with optic active microsphere taggants;*
- *security ink UV-IR;*
- *security paper with smart microwires;*
- *packaging paper with antimicrobial - active properties.*

Keywords: security techniques, security elements, security paper

Izvod

U ovom radu prikazan je pregled najnovijih proizvoda koji se razvijaju na laboratorijskom ili industrijskom nivou u kompaniji Ceprohart:

- *sigurnosni papir sa visokom gustom magnetnih mikrovlakana za zaštitu poverljivih dokumenata;*
- *sigurnosni papiri sa zaštitnom niti;*
- *sigurnosni papiri sa pamučnim vlaknima;*
- *papir sa poboljšanom adhezijom tonera za digitalnu štampu;*
- *sigurnosni papir sa optički aktivnim mikrosferama za označavanje;*
- *sigurnosna boja UV-IR;*
- *sigurnosni papir sa "pametnim" mikrovlaknima;*
- *ambalažni papir sa aktivnim antimikrobnim svojstvima.*

Ključne reči: sigurnosne tehnike, sigurnosni elementi, sigurnosni papir

GENERALS

Ceprohart SA Braila is the Pulp and Paper Research and Development Institute, a company founded in 1956, with an extensive experience and recognition in the field. Ceprohart S.A is also known as the only security papers producer from Balkan area.

We have over 25 years of experience as special papers and cardboards producer. In the last 14 years we have focused our research activity on innovation and developing of unique security papers, and thus transferring on the production a wide range of products with a high degree of originality and complexity.

Our desire is to become an important leader in security solution market. We know we can become an important supplier of intelligent, innovative and complete solution for the security information and protect the value documents. We believe we can do together a safer world.

We have our own paper machine for special papers and cardboard, commissioned in 1989 and subsequently upgraded. It has a production capacity of 1500 t/year and it can produce a wide range of security papers and cardboards with weights ranging from 60 g/sqm to 250 g/sqm.

Our Research and Development laboratories are fitted out with modern equipment for the preparation of papers, determining the quality characteristics of papers and chemical analyzes.

THE OFFER OF SECURITY TECHNIQUES

The request for security papers is permanent and are not many mills which can ensure the production in maximum safety and confidentiality conditions.

Ceprohart is able to offer papers with different security elements used for: identity documents, driving licenses, fiscal authorizations and certificates, checks, bank payment documents, meal tickets, vouchers, events tickets, transport tickets, stamps and banderols for alcohol and cigarettes, share certificates, coupons, birth, marriage and death certificates, graduation and qualification diplomas, tickets for gambling, contracts, notary documents, corporate office paper, etc.

Security elements which we can provide in paper are: watermark, coloured and/or UV fluorescent fibers, holographic foils, chemical protection against acids, base, organic solvents, oxidizing, magnetic microwires, pigments, various types of planchettes and taggants, any combination of above mentioned.

Main technical sheet:

<i>Name</i>	<i>m. u.</i>	<i>Range</i>	<i>Limits</i>
<i>Basis weight</i>	<i>g/sqm</i>	70-250	+/- 4 %
<i>Thickness</i>	<i>mm</i>	0.08-0.23	+/- 5 %
<i>Breaking length, L/T</i>	<i>m</i>	4500/2500-8500/5500	-
<i>Bekk smoothness</i>	<i>sec</i>	25-45	-
<i>Opacity</i>	<i>%</i>	85	<i>minim</i>
<i>Sizing Cobb₆₀</i>	<i>g/sqm</i>	25	<i>maxim</i>
<i>Ash content</i>	<i>%</i>	10-15	-
<i>Moisture</i>	<i>%</i>	4-6	-
<i>Colour</i>		<i>white without OBA</i>	<i>any colour at request</i>

WATERMARK PAPER

We can produce papers with different watermark types:

- white shade watermark, when the image is lighter than the rest of paper;
- dark shade watermark, when the image is darker than the rest of paper;
- double-shade watermark, when the image contains both dark and white lines;

Ceprohart can produce papers with any kind of watermark, also our models or custom-made, property of client.

FLUORESCENT FIBERS AND PLANCHETTES OR TAGGANTS

Ceprohart collaborates with the most prestigious European and world producers of such security elements, and we can offer now:

- planchettes and fibres visible only in daylight;
- planchettes and fibres visible only in UV light;
- planchettes and fibres visible both in daylight and in UV light;
- planchettes and fibres visible both 3 different wavelength of UV;
- planchettes and fibres visible both in daylight and in IR light;
- planchettes and fibres visible in daylight, UV light and IR light;
- planchettes and fibres termochromic and/or chemical reactive;
- a wide range of tagants;

Recently we introduced in our offer a wide range of multicoloured fibers and OVD-dots.

CHEMICAL SENSITIZATION

The security paper with chemical sensitization looks no different at first sight against a regular paper. Practically, when somebody tries to erase the writing on a document by a chemical meaning, in that place an irreversible coloured spot appears revealing the counterfeiting attempt.

Depending on chemical sensibility, there are:

- chemical protection against acids- pink or blue spot;
 - chemical protection against bases – blue, green or pink spot;
 - chemical protection against oxidizing (bleach) – brown spot;
 - chemical protection against polar and nonpolar solvents – blue, green and black spot;
- The security papers sensitized can be protected against one or all chemical attacks.

All above mentioned security paper grades are traded under the brand You'reSafe

LONG – RANGE DETECTABLE SECURITY PAPER

The newest member of Ceprohart's security papers family is so called "auto – protective paper".

After four years of researches and tests, Ceprohart managed to incorporate ferromagnetic microwires in the paper's structure during the papermaking process. This security feature prevents the stealing of documents by generating an acoustic/optical signal with a dedicated detector which can be portable or gate-type fixed. The ferromagnetic microwires can have various length, thickness and magnetic charges, offering a high degree of customisation. The ferromagnetic microwires can be used alone or in combination with other security features.

This special security paper grade is offered under the trademark SelfProtect.

MARKERS FOR TRADEMARKS PROTECTION

The main characteristics of these markers are:

- colour code as complete security concept
- worldwide patent protection
- customized codes from 8 μm
- 4 to 11 different colour coatings by use of the sandwich method
- standard colours, IR, UV, magnetic, fluorescent, nanoparticles etc.
- unambiguous identification of the code with only 5 particles
- reading and verification with simple microscope
- integration in printing processes like offset, gravure, letterpress, flexography, silk-screen, pad-printing or via coating machines

NEW SECURITY PAPER PRODUCTS

Following the market trend and the end-users requirements, Ceprohart expands continuously his security paper products range with new and innovative solutions:

1. security paper with high density of magnetic microwires for classified documents protection;
2. security paper with security thread;
3. security paper with cotton pulp;
4. paper with improved toner adhesion for digital print;
5. security paper with optic active microsphere taggants;
6. security ink UV-IR;
7. security paper with smart microwires (multiple microwires and optical-magnetic microwires);
8. packaging paper with antimicrobial - active properties.

1. SECURITY PAPER WITH HIGH DENSITY OF FERROMAGNETIC WIRES

This paper grade is specially designed for classified/confidential document protection apart from validation purposes.

1.1 Application

On the market, in the area of classified/confidential documents there is a high interest to protect these papers against theft, copying, scanning and destruction. There were proposed and tested various solutions, but they couldn't solve the problem completely and securely.

It turned out that embedding in the paper substrate (at the surface or in the interior) of magnetic elements which are easily detectable with specific sensors (ferromagnetic micro wires) is the most promising solution.

There are various patents that propose applying the items on the surface of the paper (by various coating techniques), or including them between two layers of paper, or embedding the elements in the structure of the paper during manufacture (but without specifying how to do it). Currently, only one method has practical application – including the magnetic elements between two layers of paper.

Ceprohart has developed and patented an unique technique of embedding magnetic elements in a controlled manner in the structure of the paper. This new product has aroused the interest of users from all over the world being now in the demonstrative development stage.

1.2 Development stage

On our R&D facilities (laboratories and paper machine) were conducted several trials, when we obtained paper samples with different densities and microwires sizes. These samples was tested through the gate type detector in order to test the detection response. The aim was to obtain a reliable response at a 80 cm distance between antennas.

1.3 Conclusions

- The best response was obtained for a 80 g/sqm paper with a minimum density of 1400 microwires/A4, 5-7 mm length and 10-15 microns diameter.

2. SECURITY PAPER WITH SECURITY THREAD

2.1 Application

Forging documents is a form of fraud, information theft being the ultimate goal. To counterfeit means to imitate, to achieve false replicas of the original product. Counterfeiting occurs widely in the fields of value documents, banknotes, clothing, footwear, pharmaceuticals, auto parts, electronics, watches, artwork, etc. Counterfeit products have an inferior quality and they violate copyright and claims of certain patents. To prevent counterfeiting, it have been developed and implemented security technologies, increasingly sophisticated, for the reproduction to be impossible, and forgers do not have access to it. In valuable documents case, an important element is the base which they are printed on. An important security element is the security thread, used globally for banknotes and passports.

2.2 Development stage

The development works on this project started in November 2015 when the specialized equipment was installed. Until now we produced around 30 tones of commercial products and test samples

2.3 Conclusions and discussions:

- The security thread is embedded very well in the structure of the paper without visible defects;
- The positioning of the threads was done all over the paper sheet, maintaining the parallelism and the distances.
- Was embedded 1 mm and 3 mm width of the security thread with the possibility to raise up to 5 mm

3. SECURITY PAPER WITH COTTON PULP

3.1 Application

Security papers or printing valuable documents are part of special papers. Although quantitative hold a small share in world production of paper and paperboard, they have an important economic role and a certain personal and social role well defined. Cotton cellulose paper is mainly used for travel documents and civil status.

3.2 Development stage

3.2.1. Laboratory level

There were proposed and tested 13 recipes in the laboratory, with various proportions of long fiber/short fiber/cotton fiber. After the physico-mechanical tests, it has been established the best choice

for an industrial level trial is 50% long fiber and 50% cotton, processed at the following beating degrees: 43°SR for long fiber and 50°SR for cotton.

3.2.2. Industrial level

The industrial sample has been carried out in April 2016 and its aim was to process the cotton cellulose on the existing machines at the beating degree established in the laboratory. It has been obtained a security paper with a basis weight of 95 g/m². In the table we have a comparison between the physico-mechanical characteristics of the industrial sample and the laboratory sample:

Nr. crt	Characteristic	Unit	Laboratory sample	Industrial sample
1	Basis weight	g/m ²	97,3	93,4
2	Thickness	μm	150	113
3	Density	g/cm ³	0,65	0,83
4	Breaking load	L, N	40,53	76
5	Breaking length	L,m	2832	5524
6	Burst strength	kPa	212,5	179
7	Bending strength	L,nr.	706	160
8	Tear strength	mN	1420	1100
9	Ash	%	3,87	11,6
10	Degree of sizing – lines method	mm	0,75	>2
11	Water absorption - Cobb 60 method	g/m ²	106/112	18,9/18,2
12	Bekk Thickness, F/S	s	13/11	31/28

3.3. Conclusions

- From the industrial sample was obtained a security paper with 50% cotton pulp, having certain improved physical and mechanical characteristics (smoothness, tensile strength, degree of sizing);
- After processing the cotton pulp on the existing plant, it has been noticed that the existing sets of refiners need some modifications for working properly.

4. PAPER WITH IMPROVED TONER ADHESION FOR DIGITAL PRINT

4.1 Application

Security documents contain variable informations applied by means of a toner printer, most usually a laser printer. This informations can be: a monetary amount, the beneficiary name, the account holder or the document owner. Bank checks, social security, traveler's checks, money orders, postal orders, bankers draft, share certificates and other certificates, identity documents, registration documents, driving licences, saving or bank account passbooks, travel tickets and other transport documents are examples of such security documents.

The quality of the printing paper is determined by certain general requirements for all printing paper methods and some characteristic features of each printing method in part. Some of the important properties of the printing paper are: opacity, whiteness, smoothness, rigidity, tensile strength, ink absorption degree, sizing degree, porosity and dimensional stability. All of these features depend on content and nature filling, and can be controlled by the filling process.

A good toner adhesion is very important when toner printers are used to fill out details of security documents. If the toner is not firmly bound to the paper, there is a risk that printed characters to be scraped off / removed and replaced by other characters. A good toner adhesion is also important so that the printed characters can not be easily dislocated or removed from handling or folding the paper.

4.2 Development stage

4.2.1 Laboratory level

For this project it has been tested an anionic styrene-acrylic copolymer, miscible with water, that can be introduced at the size-press, in order to improve ink-jet printability and toner adhesion.

In order to test this product at laboratory level, were used two variants: oxidized starch and polyvinyl alcohol. For each of the prepared solutions were used in the following doses: 0.1%; 0.3% and 0.5% anionic styrene-acrylic copolymer.

- Used materials:
 - anionic styrene-acrylic copolymer
 - oxidized starch solution
 - polyvinyl alcohol solution
 - office paper without surface treatment, 80g / m²
- Procedure:
 - the formats for surface treatment were weighted;
 - the oxidized starch solutions 5% and the polyvinyl alcohol solution 8% were prepared;
 - it was dosed the required amount of anionic styrene-acrylic copolymer, 0.1 g; 0.3g, 0.5g and 100 ml of oxidized starch / polyvinyl alcohol solution;
 - 5 paper sheet / each recipe / each addition, were surface-sized in laboratory;
 - the deposited amount was calculated;
 - The obtained samples were analyzed according to technical conditions stipulated in the standard toner adhesion, to a point. Because the lab does not have optical densitometer for reading samples after passing through the IGT press, the test was continued using reading lamp (IGT). The test results were performed by comparison with a fouling scale for assessing the dusting degree.
- Results:

The tests results are shown in the following table:

<i>Surface sizing solution</i>	<i>Addition of anionic styrene-acrylic copolymer, %</i>	<i>Deposit mass, g / m²</i>	<i>Printed specimen with black toner</i>	<i>Corresponding number / fouling scale</i>
<i>Control sample</i>	-	-	yes	6
<i>1. Oxidized starch solution, c = 5 %</i>	0,1	3 - 4	yes	5
	0,3	3 - 4	yes	5
	0,5	3 - 4	yes	2
<i>2. Polyvinyl alcohol solution c = 8 %</i>	0,1	3 - 4	yes	4
	0,3	3 - 4	yes	2
	0,5	3 - 4	yes	1



Fig.1 –Samples tested

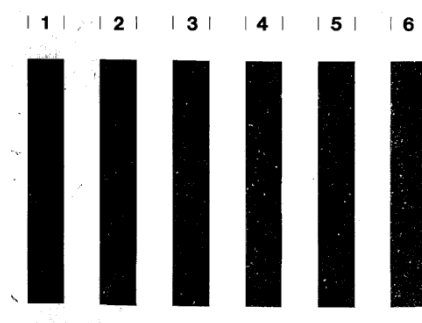


Fig. 2 – Fouling scale for the assessment of dusting

- Conclusion:
 - the surface treatment solutions, oxidized starch / polyvinyl alcohol are compatible with anionic styrene-acrylic copolymer, without the need for pH adjustment;

- specimens obtained after surface treatment, were tested using adhesive tape concerning toner adhesion, and the results are approximately equal to those achieved with „partial standardized method “;
- The best results were obtained for the samples treated on the surface with polyvinyl alcohol solution 8% and an addition of anionic styrene-acrylic copolymer 0.5%.

4.2.2 Industrial level

In February 2016 was performed the industrial level trials of 100 g/sqm paper with anionic styrene-acrylic copolymer.

The product test by qualitative point of view

Samples of paper obtained with anionic styrene-acrylic copolymer (sample A) and samples of paper without anionic styrene-acrylic copolymer (sample B) were sent for analyse to a specialized laboratory in Ljubljana, Slovenia, to measure the evolution of toner adhesion.

The samples tests results are:

Sample code	Parameter	Method	Unit	Measuredvalue
Sample A	Toner adhesion	IGT W 55 (the method with the constant speed of 0,4 m/s has been standardised in EN 12283)	%	96,7/96,7*
Sample B	Toner adhesion	IGT W 55 (the method with the constant speed of 0,4 m/s has been standardised in EN 12283)	%	95,9/95,8*

4.3 Conclusions and directions

- There is a slight improvement for toner adhesion value by adding anionic styrene-acrylic copolymer, from 95.8% to 96.7% at the industrial level
- Because the results were not as expected, the research will continue to find other solutions which could lead to a significant improvement of toner adhesion value.

5. SECURITY PAPER WITH OPTIC ACTIVE MICROSPHERE TAGGANTS

5.1 Application

The micro-spheres taggants are polymeric particles labeled with invisible luminescent dyes. They are microscopic, perfectly spherical and synthesized in repeatable diameters.

Totally invisible to the naked eye, these particles are mixed with paper pulp or distributed within printing inks so that marked documents can subsequently be authenticated through the use of a simple hand-held verifier.

The unit diameter of the micro-spheres is chosen according to the application. Available sizes range from 1 to 35µm with precise and repeat size grading from batch to batch.

The luminescent label introduced into the polymeric particles has an excitation/emission curve located within the visible spectrum of the wavelength. As a result, the particles are not detectable through traditional UV or IR illumination systems frequently used in the detection and control of security features.

Application to paper can be carried out via surface treatments, size press or other coating types.

5.2 Development stage

For this project we tested 8 microns microspheres both in laboratory and industrial level on the paper machine. In laboratory we analyzed the behavior of the microspheres in two variants: added in the stock and applied on the surface using a starch solution as carrier. In both variants we intended to obtain the same density on a 95 g/sqm paper.

For economic reasons at industrial level was tested only the surface application procedure in size press.

5.3 Conclusions

Embedding the microspheres in the paper – after examining the laboratory sheets with the specialized reader, it has been noticed that the microsphere from the first plane are more visible than the ones from the second plane, because the thickness of the paper.

Embedding the microspheres on the surface – it is recommend to use an oxidized starch solution with a concentration of 3,3-4%, whereas this concentration is optimal for microspheres detection and from the consumption point of view.

At industrial level we had the surprise to find no microspheres in paper but stacked on the size press rolls surface. For this reason we decided to study the compatibility and the interactions between the microspheres and the rolls rubber before repeat the trials

6. SECURITY INK UV-IR

6.1 Application

Special inks are, like paper, basic materials in the process of printing valuable documents. These valuable documents must be protected very well against counterfeiting.

6.2 Development stage

The methodology for laboratory research consists in tests for ink's compounds to determine their compatibility with: security markers, printing process, the printing support, and specific tests (printing characteristics, marker validation, etc) to demonstrate the functionality in the printing process.

The inks are obtained by mixing the special pigments with liquid binders and auxiliary substances. During the manufacturing process, it has to be assured the dispersion degree of the pigment, the uniform dispersion in the binder and the stability of the ink. The recipes for security ink's preparation are obtained in special conditions, under certain operating regimes, bearing in mind the parameters used of the machine, and in conjunction with the properties of the pigment, the type and purpose of the ink, the composition, the viscosity, the degree of volatilization of the binder. According to the technical specifications, there are not allowed particles larger than 10 microns.

The additions of 1%, 5%, 10% and 15% that were tested form a stable mixture that integrates completely in the ink's mass, without any clumps or precipitations. The special ink obtained it lasts in time and it responds to the validation of the security element.

6.3 CONCLUSIONS

- Respecting the optimal conditions for obtaining the special inks, meaning the compatibility, the temperature, the pH of the system, lead to positive results, confirmed by the tests ran in the laboratory;
- The results of the preliminary research show that the ink can be secured with different markers, and the problems appeared during the research will be resolved in future experiments;
- An integrated system for securing valuable documents involves securing the support, the ink, and also finding the suitable detection devices.

7. SECURITY PAPER WITH SMART MICROWIRES (MULTIPLE MICROWIRES AND OPTICAL-MAGNETIC MICROWIRES)

7.1 Application

Security paper with smart microwires has a very high degree of security that is practically very difficult to reproduce due to special technology of producing the ferromagnetic microwire and of introducing them in the structure of paper. This special material can be used not only for documents but also as validation element in the labels or products package. For this kind of application a wider range of elements are required.

7.2 Development stage

Microwires have two stable magnetic states, which change under the action of magnetic field that generates a short pulse, notified by electronic detector. Different alloys have different value of this jump.

The idea is to combine from two up to 8 different microwires to obtain a very specific magnetic signature of the resulting wires combination. Mathematically there are 3929 possible different combinations.

Each different combination can be assigned to a specific end user or application and can be instantly recognised by a special verification instrument.

At this moment, together with our partner we submitted a recherche project proposal to be financed by EU funds.

8. PACKAGING PAPER WITH ANTIMICROBIAL - ACTIVE PROPERTIES

8.1 Application

The active antimicrobial paper is used for food packaging. This type of paper is coated with a protector layer which includes biopolymers with flexible film and bioactive compounds which may act synergistically to detect and inhibit the growth of spoilage microorganisms (*E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*) and for obtaining environmental indicators that may indicate the increasing of oxygen concentration inside the package, the pollutants (VOCs) or pathogens presence.

8.2 Development stage

The methodology for manufacturing the active antimicrobial paper includes the following phases:

1. obtaining and application of biopolymers (chitosan derivatives synthesized with specific features) for incorporation of bioactive compounds on the surface of the paper, in order to replace the synthetic polymers;
2. synthesis and application to the paper surface of new types of bioactive compounds with specific antimicrobial, electro active and fluorescent properties;
3. preparation of coating slurries with controlled rheology for specific applications in irreversible immobilization of bioactive compounds.

This type of paper develops other interactive properties, participating in food safety and reducing the incidence of diseases caused by food, water and air. The quick, simple and cheap detection of pathogens and/or toxic agents from water, air and food can help prevent crises with an important impact on society.

Practical relevance:

1. Currently, paper materials for food packaging are interesting because they are cheaper than other materials, are recyclable and biodegradable. This trend greatly increases interest on active antimicrobial paper, but the research and product development are still in their infancy.
2. Protection against the action of microorganisms is an important requirement for many packaged food. The antimicrobial paper is a viable and benefic solution in limiting and controlling growth of bacteria in food. Overall, the achievements in the field of bioactive food packaging are based on films from synthetic polymers.
3. The concept of active antimicrobial paper consists in paper's surface interactions with microorganisms through mechanisms which don't involve migration / release of bioactive compounds in the environment and can help overcome bottlenecks currently existing in the case of bioactive paper; also, the technological solution that is based on a common research core can be further developed and innovated for other applications of the active paper.

At this moment, together with our partners we submitted a recherche project proposal to be financed by EU funds.

Corresponding author:

Mihaela Daniela Dumitran,

SC CEPROHART SA, Braila,

no 3, Al. I. Cuza Blvd, Romania,

mihaela.dumitran@ceprohart.ro; contact@securitypapers.eu

**PRESENTATION OF COMPANY CEPROHART, BRAILA, ROMANIA:
“SAFE DOC SOLUTION™”**

**PREZENTACIJA FIRME BRAILA, ROMANIA: “SAFE DOC
SOLUTION™”**

*Constantin Secară
SC CEPROHART SA, Brăila, ROMANIA*

FOLLOWING THE TRENDS IN PAPERMAKING

SLEDEĆI TRENDOVE U PROIZVODNJI PAPIRA

Matej Šuštaršič, Mateja Mešl
Pulp and Paper Institute Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

Abstract

Pulp and Paper Institute (ICP) is a private research and development institution for the paper and paper converting industry of Slovenia. With its knowledge gained all through its 70 years long history of operation, ICP has branch specific competences within the entire paper life cycle, from raw materials, paper production and converting to recycling and re-use of fibers.

ICP's accredited Laboratory for papermaking offers comprehensive solutions in accordance with the highest quality standards. Beside routine laboratory testing; mechanical, chemical, graphical and microbiological properties of paper and board, ICP offers comprehensive testing and consulting services for the materials intended for food contact, hygienic paper materials, deincability and recyclability assessment, assessment of paper materials for environmental labels, determination of interfering substances in process, etc. We are proud to announce that we are expanding our scope of accreditation with methods for determination of heavy metals, formaldehyde and grammage for tissue paper by the end of 2016.

Our research and development strategy is focusing on key technological and market challenges for paper and converting industry; alternative fibre sources and the use of secondary raw material, multi-functional materials and advanced packaging, advanced technologies for material and energy efficient production. International academic and industrial network as well as research infrastructure, including pilot paper and coating equipment for industrial testing, represents the basis to support our partners in designing and implementing strategic and applied RDI projects.

Highly skilled and motivated employees are the key factor of competitiveness of every industry. ICP's "Papermaking Academy" is the answer to the absence of the formal education programs for papermaking in Slovenia and the region. It offers specialised education and training programs delivered by the competent and experienced trainers from the industry and academia.

Key words: Pulp and Paper Institute, Papermaking Academy, trends in papermaking

Corresponding person:

Matej Šuštaršič

Pulp and Paper Institute Ljubljana, Bogišičeva 8, Ljubljana, Slovenia

matej.sustarsic@icp-lj.si

SIZING OF PAPER WITH HYDRO-DISPERSIONS OF MODIFIED ROSIN

PREMAZIVANJE PAPIRA HIDRO DISPERZIJOM MODIFIKOVANOG KALOFONIJUMA

Chernaya Natalia V., Zholnerovich Natalia V., Fleisher Viacheslav L.
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

Abstract

The developed technology ensures the peptization of coagulates formed in the first area of rapid coagulation of neutral and high-resin HDMR, enables to obtain new sizing systems in the form of finely-dispersed positively charged peptized particles. Hexa aqua aluminium ions $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ have a peptizing effect on the coagulates. The structure of peptized particles differs from that of coagulums in the content of ions $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$ u SO_4^{2-} in the adsorption and diffusion layers.

Keywords: technology of paper, hydro-dispersions of modified rosin, peptized particles, hetero-adagulation

Izvod

Razvijena tehnologija obezbeđuje peptizaciju koagulata formiranih u prvoj zoni brze koagulacije neutralnih i visokih smola HDMR, omogućavajući dobijanje novi sistemapremaza u obliku fino dispergovanih pozitivno naelektrisanih peptizovanih čestica. Heksaakvaaluminijum joni $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ imaju peptizacioni efekat na koagulate. Struktura peptizovanih čestica razlikuje se onih iz koaguluma po sadržaju jona $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$ u SO_4^{2-} u adsorpcionom i difuznom sloju.

Ključne reči: tehnologija papira, hidro disperzija modifikovane smole, peptizirane čestice, hetero adagulacija

INTRODUCTION

Various sizing agents in the form of hydro-dispersions of modified rosin (HDMR)¹ are widely used in the technology of glued paper and cardboard. They contain negatively charged particles of the dispersed phase sized d_0 and differ in the content of sodium resinsates (RCOONa , $\text{R}(\text{COONa})_2$ and $\text{R}(\text{COONa})_3$) and the free rosin acids (RCOOH , $\text{R}(\text{COOH})_2$ and $\text{R}(\text{COOH})_3$) and, consequently, in the colloid-chemical properties. At present, at paper and cardboard factories neutral HDMR (for example, TORM (tall oil rosin modified), ORM (oleo-resin modified), TORMHA-2 (tall oil rosin modified with higher alcohols, etc.) are widely used for sizing in an acidic environment and in a neutral environment (pH 6.5–7.2) – high-resin HDMR (TORMHA-2N (tall oil rosin modified with higher alcohols), TORMAA-3N (tall oil rosin modified with amino alcohols) and Sacocell-309, etc.)

It should be noted that the aluminum compounds in the form of solutions of aluminum sulfate $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, sodium aluminate NaAlO_2 , oxy-chlorides of aluminum ($\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$ and $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$) and alums (aluminum-potassium, aluminum-sodium or aluminum-ammonium) are traditionally used as electrolytes. The pH of the electrolyte solution affects the content of the forms of aluminium hydroxo-compounds²: $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3^0$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_4^-$, etc. Positively charged forms of aluminium hydroxo-compounds are involved in colloid chemical interactions with the particles of the dispersed phase to form the HDMR sizing complexes differing, as determined by us^{3,4}, in the structure, dispersion, electro-kinetic potential and hence, the nature of distribution and fixation strength on the surface of fibers. A subsequent heat treatment (115–135°C) of paper and cardboard in the dryer section of a paper making machine promotes melting and sintering of sizing complexes to form a hydrophobic "film" on the surface of fibers.

Since the sizing complexes as coagulates are formed in the first (developed technology) and the second (existing technology) areas of rapid coagulation, they may be coarsely-dispersed and electrically

neutral (existing technology) or, conversely, after peptization (disaggregation) finely-dispersed (d_p) and positively charged (developed technology).

Therefore, reducing the thickness and ensuring its homogeneity contributes to, on the one hand, reducing the consumption of the HDMR and the electrolyte and, on the other hand, the maximum preservation of the original strength of the paper sheet. This can be achieved, in our opinion, not only by reducing the size of gluing complexes d_{medium} to the size of peptized particles d_p , where $d_p \approx d_o$, and providing a uniform distribution of a monolayer on the surface of the fibers, but also by increasing the strength of their fixation with the fibers by significant displacement of their electro-kinetic potential to the range of positive values. This scientific hypothesis is the basis of the creation of the resource-conserving technology of paper and cardboard sizing, providing savings of HDMR (by peptization of coagulates and synthesis of new sizing complexes in the form of peptized particles) and reducing the electrolyte consumption (due to the transfer process of electrolytic coagulation from the second area of rapid coagulation to the first one).

The research, previously carried out by us, demonstrated^{3,4}, that the coagulates formed in the first area of rapid coagulation of HDMR after the adding of the first (small) portion of the electrolyte can be peptized after the subsequent addition of a second (small) portion of the electrolyte, and coagulates formed in the second area of rapid coagulation due to the presence of “excessive” amount of electrolyte based on the famous stoichiometric ratio of HDMR: electrolyte = 1 : 3 (1 : 5) – are coarsely-dispersed and are not able to be peptized. In the first case, the electrolyte is added; the sizing complexes are finely-dispersed positively charged peptized particles capable of being uniformly distributed in the form of a monolayer and firmly fixed on the surface of negatively charged fibers that promotes the sizing process in the mode of hetero-adagulation of peptized particles. In the second case, the sizing complexes are coarsely-dispersed electro-neutral coagulates not capable of being uniformly distributed and firmly fixed on the surface of the fibers which leads to the flow of the sizing process in the mode of homo-coagulation.

The purpose of the research is to substantiate scientifically and develop a resource-saving technology of paper and cardboard sizing with hydro-dispersions of modified rosin by replacing of the sizing process in the mode of homo-coagulation by a more effective mode of hetero-adagulation providing the peptization of coarsely-dispersed electro-neutral coagulates and obtaining finely-dispersed positively charged peptized particles.

EXPERIMENTAL

To achieve this goal the work was carried out in three stages: *at the first stage* the influence of the forms of aluminium hydroxo-compounds and electrolyte consumption (aluminum sulfate) on the kinetics of electrolytic coagulation of neutral and high-resin HDMR, the degree of aggregation of coagulum (N_m), the dispersion of coagulates (d_{medium}) formed in the first and second areas of rapid coagulation, and their ability to peptization were studied; *at the second stage* the peptization conditions of coagulates were determined, formed during the electrolytic coagulation of the studied neutral and high-resin HDMR; the dispersion, electro-kinetic potential, aggregate stability and specific interaction energy of peptized particles were studied as well; *at the third stage* we performed an industrial testing and implementation of the developed resource-conserving technology of paper and paperboard sizing in the mode of hetero-coagulation of the peptized particles.

It was determined that after the coagulation of HDMR in the first area of rapid coagulation, when a dispersed system contains an electrolyte in an amount of $R_{1,s} \leq S_{el} \leq R_{1,e}$, coagulates capable of being peptized are formed. This is evidenced by a decrease in turbidity from the maximum (τ_{max}) to the initial (τ_o) values and a decrease in the coagulation rate (W) to zero at $R_{1,e} \leq S_{el} \leq R_{2,s}$.

The laws of kinetics of the electrolyte coagulation of HDMR allowed to develop the technology of reducing the aggregation of coagulum (N_m) and sizes of coagulates (d_{medium}) and increase the ability of coagulates to peptization. The difference lies in the properties of coagulates (N_m and d_{medium}) depending on the conditions of coagulation and ability of hydro-dispersions (TORM, ORM, TORMHA-2, TORMHA-2N, TORMAA-3N and Sacocell-309) to peptize. It is found that the peptization of coagulates can occur fully ($\tau = \tau_o$ and $W = 0$) or partially ($\tau_{\text{max}} > \tau > \tau_o$ and $W_{\text{max}} > W > 0$). We were the first to have discovered the existence of the area of finely-dispersed peptized particles. In this area, $\tau = \tau_o$ and $W = 0$. However, the subsequent addition of the electrolyte in an amount of $R_{2,s} \leq S_{el} \leq R_{2,e}$ changes

the structure of peptized particles that violates their aggregate stability and leads to the flow of the coagulation process in the second area of rapid coagulation.

The coagulates formed in the first area of rapid coagulation of HDMR and having $2 \leq N_m \leq 12$ and $400 \leq d_{\text{medium}} \leq 1080$ nanometers, are peptized, while in the second area of rapid coagulation coagulates of different sizes and coarsely-dispersed ($900 \leq d_{\text{medium}} \leq 3200$ nanometers) coagulates are formed, not capable of being peptized. The dispersed system comprising, for example high-resin hydro-dispersion TORMHA-2N, has a certain pH value. It was obtained that in the first area of rapid coagulation for the investigated HDMR the pH of the dispersed system is in the range from 6.5 to 7.5, while in the second area of rapid coagulation – from 4.8–6.4.

The microphotographs (Fig. 1) for the dispersed system “High-resin hydro-dispersion TORMHA-2N – electrolyte (pH 3.75)” suggest that under full peptization of coagulates the condition $d_p \approx d_0$ is met (best option), and at partial peptization – $d_p > d_0$. Therefore, to carry out the process of sizing paper and cardboard in the mode of hetero-adagulation it is necessary to provide a complete peptization of coagulates to form peptized particles.

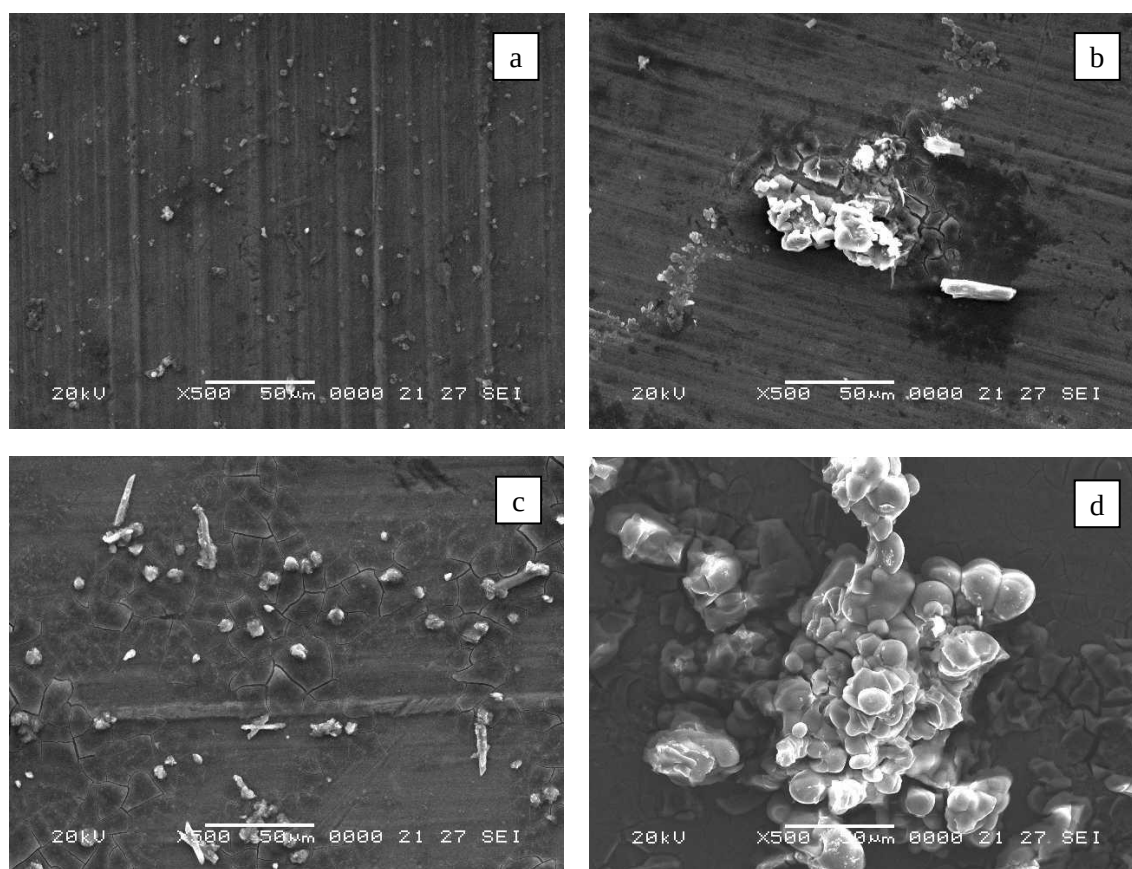


Figure 1: Micrographs of dispersed systems (a – initial HDMR; b – coagulates (the first area of rapid coagulation); c – peptized particles; d – coagulates (the second area of rapid coagulation))

It was established that to manage the processes of coagulation and peptization a necessary amount of forms of aluminium hydroxo-compounds must be present in each specific dispersed system. Thus hexa aqua aluminum ions $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ have a peptizing effect¹.

It is found that depending on the conditions of providing the peptization of coagulates the peptized particles have high ($d_p \approx d_0$), medium ($d_p > d_0$) or low ($d_p \gg d_0$) aggregate stability. The duration (τ) of the observation of the dispersed system ranged from 0.5 to 60.0 min. Certain conditions for obtaining peptized particles should be set up for each specific dispersed system.

For the conducting the process of sizing paper and cardboard in acidic and neutral media in the mode of hetero-adagulation of peptized particles it is necessary to ensure that the basic condition: $d_p \approx d_0$ is met. The peptization of coagulates starts at a certain content of the electrolyte in each specific dispersed system. The peptized particles continue to maintain their aggregate stability with a subsequent

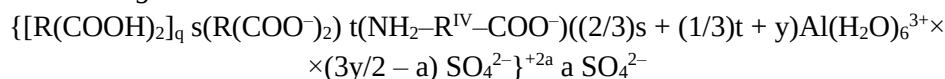
increase in the electrolyte content. It was found that the structures of coagulum, coagulates and peptized particles differ.

The research revealed that the structure of the peptized particles differs from that of coagulum in the content in the adsorption and diffusion layers of ions $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$ and SO_4^{2-} . The peptized particles have the structure

- application of *neutral* HDMR:



- application of *high-resin* HDMR:



when sizing the paper and cardboard with neutral and high-resin HDMR respectively.

The peptized particles are finely-dispersed ($d_p \approx d_o$) and positively charged (ξ -potential is in the range of +22 to +37 mV).

The values of the ξ -potential of peptized particles depend on the type and amount of potential-determining ions in the adsorption layer. It has been established that the optimal content of peptizing cations $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ is $3.19 \cdot 10^{-3}$ and $7.88 \cdot 10^{-4}$ mol/l in sizing paper and cardboard with neutral and high-resin HDMR respectively.

The specific interaction energy of peptized particles ($-U(h_0)$) does not exceed 10 mJ/m² (Table 1), does not contradict the modern theory of DLFO⁵ and the data obtained by a research team led by E.D. Shchukin⁶ [p. 292–293] for the other types of peptized particles (formed from sodium alkyl sulfonate, and the methylated aerosil and propyl alcohol).

Table 1. The influence of pH of the electrolyte solution on a specific interaction energy of peptized particles ($-U(h_0)$)

<i>pH of electrolyte solution (S_{el})</i>	<i>$h_o \cdot 10^{-10}$, m</i>	<i>$n_a \cdot 10^{-2}$, %</i>	<i>$n_p \cdot 10^{-2}$, %</i>	<i>$-U(h_0)$, mJ/m²</i>
1.95	2.00	0.22	1.78	10.33
2.70	2.80	0.17	1.83	12.90
3.50	2.95	0.15	1.85	13.98
3.75	3.21	0.12	1.88	14.56
4.30	3.32	0.10	1.90	16.37
5.30	3.44	0.06	1.94	17.92
6.80	4.05	0.88	1.12	20.98
<i>h_o— distance between the particles, m; n_a— concentration of the particles of the dispersed phase in an aggregated state, %; n_p— concentration of the particles if the dispersed phase in a peptized state, %</i>				

The microphotographs of pulp (Fig. 2) indicate that, when it is sized with high-resin hydro-dispersion TORMHA-2N (flow rate 1.5% abs. dry. fibers) in the mode of homo-coagulation (a) coarsely-dispersed coagulates and those of different sizes are formed. However, the peptization of coagulates provides sizing complexes in the form of finely-dispersed particles (b).

Paper and cardboard made of pulp with a sizing in acidic (pH 4.8–5.2) and neutral (pH 6.5–7.2) environments in the mode of hetero-adagulation of peptized particles, possess a high water repellency and durability.

The industrial tests of the developed technology have shown that the total flow of the electrolyte inputted from the first (in the machine pool) and the second (in the mixing pump) by portions 1.5–2.0 times less than the flow rate of the electrolyte that is added to the pulp according to the existing technology. The increasing of the retention degree of sizing complexes in the structure of paper and cardboard from 58–65 to 89–94% due to the uniform distribution of the monolayer and firm fixation of peptized particles on the fiber surface can reduce the consumption of the HDMR by 30–40%, which has an important techno-economic and environmental value.

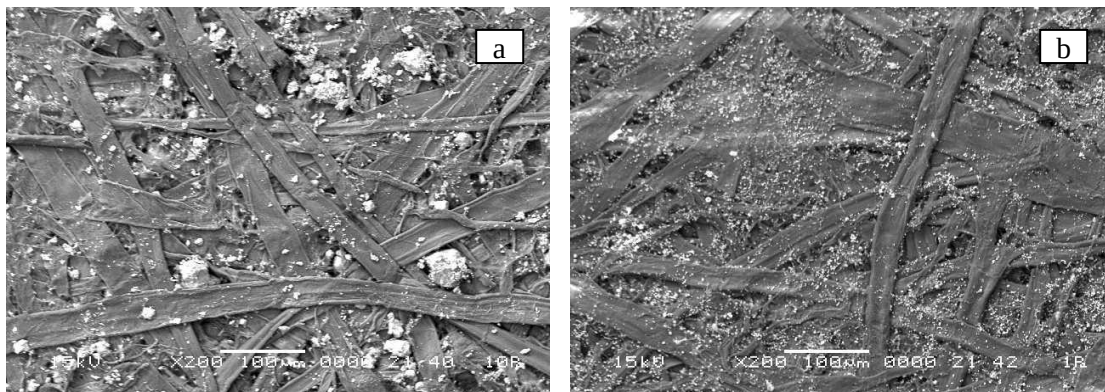


Figure 2: Micrographs of the paper pulp sized in the mode of homo-coagulation (a) and hetero-coagulation (b)

CONCLUSION

Thus, the developed technology ensures the peptization of coagulates formed in the first area of rapid coagulation of neutral and high-resin HDMR, enables to obtain new sizing systems in the form of finely-dispersed positively charged peptized particles. Hexa aqua aluminium ions $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ have a peptizing effect on the coagulates. The structure of peptized particles differs from that of coagulum in the content of ions $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$ и SO_4^{2-} in the adsorption and diffusion layers. The implementation of the developed resource-saving technology at five paper and cardboard enterprises confirmed the results of the research and demonstrates the feasibility of economy in the production of each ton of paper and cardboard up to 30–40% of hydro-dispersion of modified rosin and reduces the electrolyte consumption by 1.5–2.0 times.

REFERENCES

- ¹Chernaya N.V. (2003), Sizing of paper and cardboard in acidic and neutral environments (Monograph). BSTU. Minsk.
- ²Nazarenko V.A., Antonevich V.P., Nevskaya E.M. (1979). The hydrolysis of the ions of metal in dilute solutions. Atomizdat. Moscow.
- ³Chernaya N.V. (2009). The theory and technology of the glued types of paper and cardboard. (Monograph). BSTU. Minsk.
- ⁴Chernaya N.V., Emelo G.G., Lamotkin A.I. (2003). "Chemistry and technology of organic substances: proceedings of the BSTU. Minsk. BSTU. Issue XI. Series IV: 55–59.
- ⁵Frolov Yu.G. (1982). The course of colloid chemistry (Surface Phenomena and Disperse Systems). Chemistry. Moscow.
- ⁶Shchukin E.D., Percov A.V., Amelina E.A. (1982). Colloid chemistry. University Publishing House M. Moscow.

Corresponding author:
 Zholnerovich Natalia V
 13a, Sverdlova str., 220006,
 Minsk, Belarus,
zholnerovich@belstu.by

EFFECT OF FIBER ORIENTATION DEGREE ON THE PAPER DEFORMATION PROPERTIES

UTICAJ STEPENA ORIJENTACIJE VLAKANA NA DEFORMACIONA SVOJSTVA PAPIRA

Yakov Kazakov, Anastasiya Romanova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Abstract

The paper presents the results of a study of the fiber orientation degree effect in the anisotropic laboratory samples on deformation properties of paper produced on a dynamic sheet former at different forming parameters. A method of quantitative evaluation the degree of fiber orientation in the paper structure is developed. Quantitative regularities between the degree of fiber orientation and the elastic and strength characteristics of the paper are established.

Key words: the fiber orientation, a dynamic sheet former, a method of quantitative evaluation the degree of fiber orientation, the elastic and strength characteristics of the paper.

Izvod

U radu su prikazani rezultati proučavanja uticaja stepena orijentacije vlakana u anizotropnimlaboratorijskim uzorcima na deformaciona svojstva papira proizvedenog pomoću dinamičkog uređaja, pri različitim uslovima formiranja. Razvijen je metod kvantitativne procene stepena orijentacije vlakana u strukturi papira. Određene su kvantitativne pravilnosti između stepena orijentacije vlakana i elastičnosti i jačine papira.

Key words: orijentacija vlakana, diamički uređaj za formiranje lista papira, metod kantitativne procene stepena orijentacije vlakana, elastičnost papira, jačina papira

The structure of paper is determined by orientation and fractional distribution of structural components (fibers and fillers) throughout entire volume of paper, caused by filtering processes at forming of a paper sheet and related with the degree of beating, the initial fractional composition of paper stock and the fiber length, applying auxiliary substances, types of the equipment (machines/apparatus), manufacturing mode and etc. [1].

A paper sheet is characterized with layered structure. The lack of preferential fiber orientation is typical for standard laboratory paper samples. Paper structural components (fibers) have a ribbon-like form and are predominantly located in planes, in parallel to the paper surface [2].

The distribution pattern of fibers in the plane of a paper web has long been a subject of research [3,4,5,7,8,9]. The presence of preferably longitudinal fiber orientation in a paper web produced with a paper making machine was proved by R. Danielsen and B. Stenberg [6]. They applied Injection method of dyed fibers into a fibrous suspension, and a subsequent visual analyzes of a formed paper web in the field of daylight with using a special pattern.

Modern laboratory equipment, operating in Innovation and Technology Center “Modern technologies of processing of biological resources of the North” based on Northern Arctic Federal University, allows to manufacture and study anisotropic laboratory paper samples. Consequently, using methods of analysis of fiber orientation in the paper structure developed before, allows to obtain new information about the structure and the properties of pulp and paper materials.

To model and manufacture of oriented laboratory paper samples was used a dynamic paper sheet former (TechPap, France), which allows to maximum approximate the properties of paper and cardboard samples to products of Paper Machine or Cardboard Machine at motion speed of a forming wire from 700 to 1300 m/min [11]. Using Yokro mill we made a few formed paper sheets (basic weight 90 g/m²) and dimensions of 245 × 900 mm from kraft softwood and hardwood pulp milled up to 30 °SR.

In order to quantitatively estimate the orientation condition of fibers in the plane of a paper sheet, we used the method we had developed before which is to conduct a visual analysis of an image of a

formed paper sheet with partly dyed fibers. The formed paper sheet which has approximately 0,1% (by weight) dyed fibers is scanned on a standard scanner in color mode with a resolution not less than 600 dpi. The images are saved as graphic files. Sample of images for softwood and hardwood pulp species are shown in Figure 1. Further, this image is subjected to processing by “Fiber Analyzer” program [10], allowing to obtain distribution histograms of the length, the width, the form factor and the angle of fiber orientation.

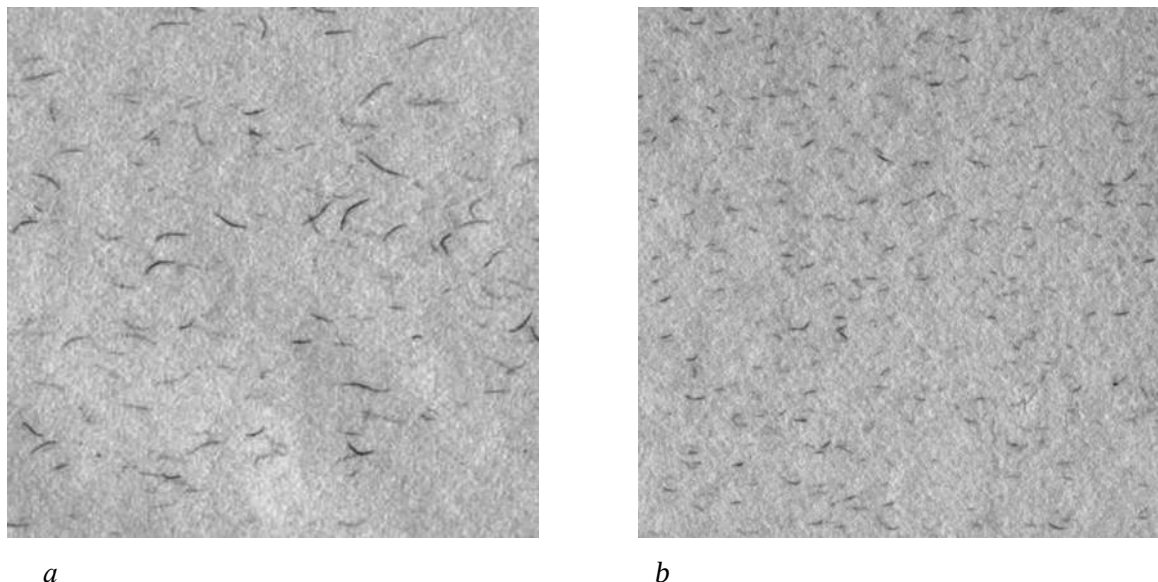


Fig. 1. The examples of scanned images of fragments of the hand-made paper samples with part-dyed fibers: a – softwood pulp, b – hardwood pulp

There is the particular interest in this research to determine of the fiber orientation degree. All obtained images, Figure 1, show the presence of fibers, oriented at various angles to Machine Direction (MD).

As a quantitative characteristic of the fiber orientation degree was inputted λ parameter is applied from 0 up to 1 and calculated by the formula below:

$$\lambda = \frac{1}{\frac{n\sigma}{\sigma_0} + 1}$$

where, σ – the standard deviation of the orientation angle of fibers in the sample; σ_0 – the standard deviation of the angle of fiber orientation in the absence of orientation and a uniform distribution; n – coefficient, $n = 6$

Figure 2 shows the examples of the theoretical analyzes of λ parameter's effect on a form of distribution histogram of the orientation angle in. The data show that at increasing λ parameter, the histogram is getting narrower and higher, i.e. the orientation degree increases.

The laboratory paper samples with varying degree of anisotropy were obtained as a result of experiment at different forming parameters on a dynamic paper web former (motion speed of a forming wire, feed pressure of pulp, injectors diameter). It was established that at varying forming parameters is possible to obtain anisotropic paper samples with the degree of fiber orientation λ from 0,516 up to 0,715 for hardwood and from 0,511 up to 0,650 for softwood pulp.

Estimating the properties of produced paper samples we measured their physical characteristics – basic weigh, thickness δ , μm , bulk density ρ , g/cm^3 , evaluation of structure inhomogeneity on the forming analyzer PTA-Line Formation Tester, characteristics of the tensile stiffness anisotropy on the

ultrasonically device L&W TSO Tester, and characteristics of deformability and strength, obtained in a tensile test, Tab. 1 and Fig. 3.

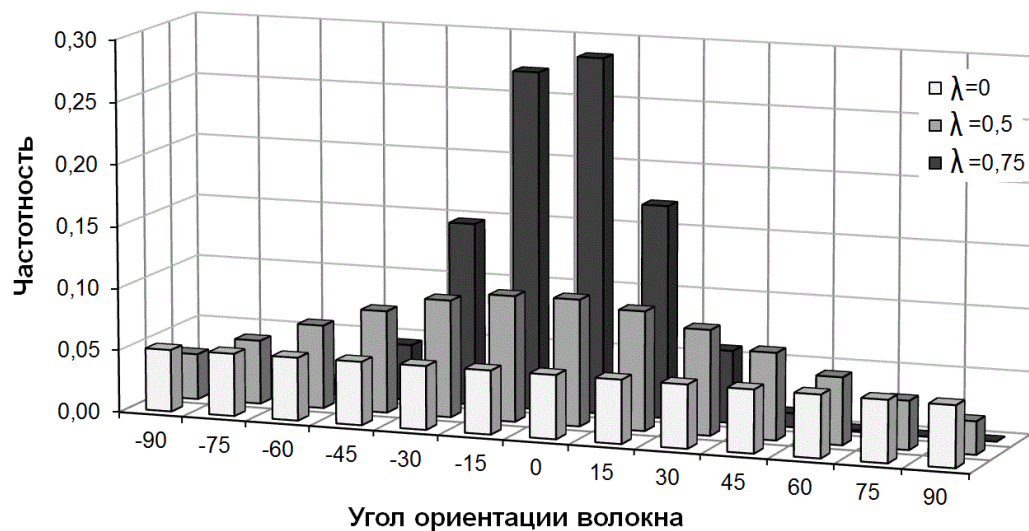


Fig. 2. The theoretical analyzes of the influence of λ parameters on a form of distribution histogram of the orientation angle

Table 1. The comparison of characteristics of anisotropic laboratory formed paper sheets

Characteristic	Hardwood pulp		Softwood pulp	
	Mode 1	Mode 2	Mode 1	Mode 2
The orientation degree λ	0,516	0,715	0,511	0,650
Physical properties				
Basic weigh, g/m ²	84,9	87,4	82,4	88,7
Thickness δ , μ m	124	122	140	129
Bulk density ρ , g/cm ³	0,80	0,76	0,74	0,75
Formation-index I_F ,	38,8	33,3	50,1	45,3
Stiffness anisotropy properties				
TSI_{MD} , kN·m/g	15,1	21,4	13,6	19,9
TSI_{CD} , kN·m/g	8,0	4,5	7,7	4,9
$TSI_{MD/CD}$	1,87	4,76	1,75	4,08
Mechanical strength properties				
Breaking length, L_{MD} , m	12000	17250	11750	17750
Breaking length, L_{CD} , m	5400	2750	6800	3050
$L_{MD/CD}$	2,22	6,27	1,73	5,82
Deformation of failure ε_{FMD} , %	2,20	2,00	2,83	2,57
Deformation of failure ε_{FCD} , %	2,79	3,66	4,42	4,37
$\varepsilon_{FCD/MD}$	1,27	1,83	1,56	1,70
TEA_{MD} , J/m ²	141	182	175	250
TEA_{CD} , J/m ²	88	68	169	92
$TEA_{MD/CD}$	1,61	2,70	1,04	2,73

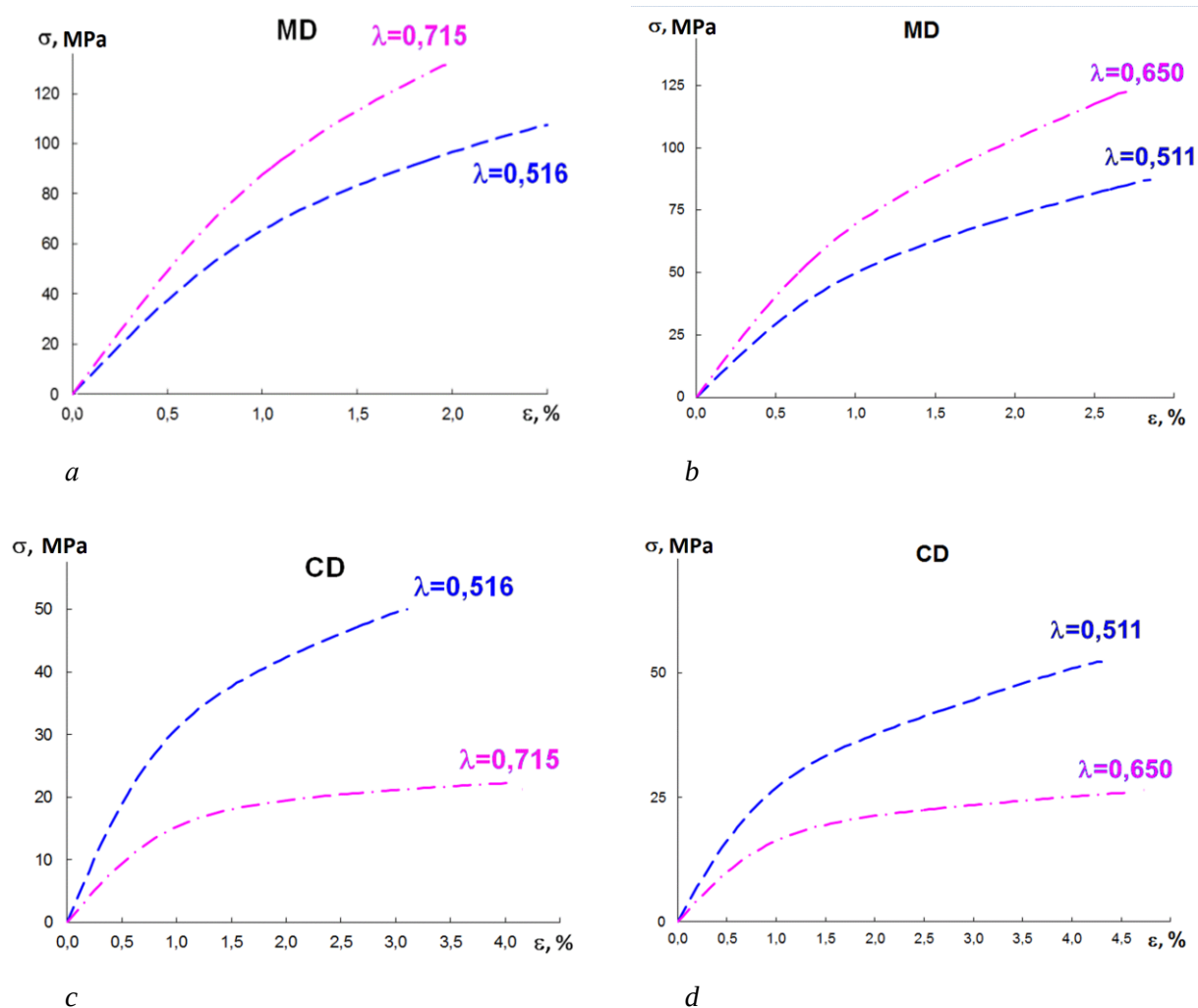


Fig. 3. Stress-Strain relationship at tension for pulp samples with different fiber orientation degree: a,c – hardwood pulp; b,d – softwood pulp; a,b – Machine direction; c,d – Cross direction

The different stiffness anisotropy degree, obtained in tensile test of the laboratory paper samples, that had been produced on a dynamic paper web former, was confirmed at ultrasonically testing on TSO-tester, which $TSI_{MD/CD}$ is 1,87-4,76 for hardwood pulp, 1,73-4,08 for softwood pulp. It was quantitatively established that the increase of the fiber orientation degree leads to increasing of the anisotropy stiffness degree in tension.

The increase of the fiber orientation degree in the paper structure leads to increasing of 55% of strength and 63% of stiffness of the paper samples in Machine direction, and to decreasing of 10% of stretch. On the contrary, for Cross direction the increase of the fiber orientation degree leads to decreasing of stiffness and strength and increasing of stretch.

The fiber orientation degree of the paper samples from hardwood is higher than from softwood pulp at the similar formation conditions. It's based on different size of fibers.

CONCLUSIONS

The method of quantitative measuring of the fiber orientation degree in the paper and cardboard structure there was developed. The method is not requiring significant capital investments. It was quantitatively established that the increase of the fiber orientation degree leads to increasing the tensile stiffness anisotropy.

REFERENCES

- [1] Smolin A.S., Axelrod G.Z. The technology of paper and cardboard formation. M.: Forest Industry, 1984. 121 p.
- [2] Papermaking Science and Technology. Book 16: Paper physics / Niskanen Kaarlo, Kajanto Isko, Pakarinen Pekka. Otaniemi, 2008. Vol.16. 324 p.
- [3] Weynov K.A. A study of fiber orientation effect on strength properties of paper/ K.A. Weynov, V.N. Nepein, A.I. Kyprianov, S.V. Baburin // Studies in Paper Technology field: Digest of sc. works CRIB. 1973. Vol. 80. pp. 234–238.
- [4] Salzman M.G., Wiseman L.G., Finkelstein G.E. Determination of fiber orientation in paper // Paper Industry. 1971. №5. pp. 9–10.
- [5] Stashkyavichus Y.-A.Y. A direct study of the structure of paper and cardboard // Pulp, paper and cardboard. 1976. №4. P. 15.
- [6] Danielsen R. Stenberg B. // Svensk Papperstind. 1947. Vol. 50, №13. P. 301.
- [7] Jones A.R. Torzas S. A device to control fiber orientation // Tappi Journal. 1978. Vol. 61, №7. P.73-75.
- [8] Law K.N. A study of fiber orientation and its effects on physical properties in wetprocess cardboard / A thesis for the Degree Ph. D., University of Toronto, 1974. 178 p.
- [9] Prusas Z.C. Laboratory Study of the Effects of Fiber Orientation on Sheet Anisotropy // Tappi. 1963. V. 46, №5. P. 325-330.
- [10] Certificate Number 2011610731 of Russian Federation. Certificate of state registration of the computer program. The program for the automated determination of fractional composition of pulp along the length of the fiber (Fiber analyzer). / J.V. Kazakov, D.G. Chukhchin, I.S. Mayorov: the applicant and rights holder NArFU (RU). Number 2010617124; appl. 15.11.2010; publ. 11.01.2011, the Register of the computer programs. 1 p.
- [11] Kazakov J.V., Koncevaya V.I. Mechanics of anisotropic laboratory pulp and paper materials/ "Problems of pulp and paper materials": Proceedings of the II Int. scientific Conf. in memory of prof. V.Komarov // Arkhangelsk; North. (Arctic.) Fader. Univ., 2013. pp. 201–207.

Corresponding author:

Yakov Kazakov

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

E-mail: j.kazakov@narfu.ru

PRESENTATION OF COMPANY XELL GMBH, EBERSTALZELL, AUSTRIA

PREZENTACIJA FIRME XELL GMBH, EBERSTALZELL, AUSTRIA

Friedrich Fangl
FANGL TECHNOLOGIES e.U., Bad Voeslau, AUSTRIA



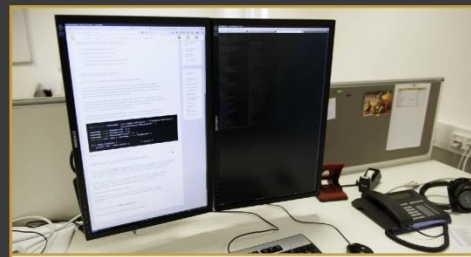
Assembly



Construction



Parts manufacturing



Software programming

Excerpt from our product range:



PFI-Mill



Freeness Tester



Sheet Former



Fiber Classification



Valley Beater



Disintegrator



Speed Dryer



Sheet former „Tappi“



Tensile Tester



Bending Tester



Brightness & Colour



Burst Tester



Round sample punch



Strip punch



Elmendorf



Sheet press

PROIZVODNJA VISOKO POROZNOG CLUPAK PAPIRA

PRODUCTION OF HIGH POROSITY CLUPAK PAPER

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

Izvod

Papir visokog poroziteta je vrlo zahtjevan proizvod kojeg u Evropi proizvodi vrlo mali broj kompanija. To je proizvod koji omogućava smanjenje potrošnje supstance za proizvodnju sack kraft papira, a s druge strane, omogućava da se od njega proizvode vreće sa manjom gramaturom koje izdržavaju sva naprezanja pri punjenju sadržaja. Vreće urađene od papira visokog poroziteta nije potrebno perforirati, čime se mehaničke osobine ugrađenog papira ne mijenjaju. U ovom radu bit će riječi o načinu na koji se proizvodi visoko porozni papir.

Ključne riječi: clupak papir, porozitet, HCR

Abstract

Paper of high porosity is very demanding product, so there are very few companies in Europe that manufacture such paper. This is a product that allows reducing consumption of raw material for producing sack kraft paper, and using paper of lower grammage for manufacturing bags that will have sufficient strength for stress during the filling process. It is not necessary to perforate bags made of paper of high porosity, thus the mechanical properties of the built-in paper do not change. The way in which the highly porous paper is manufactured will be discussed in this paper.

Key words: clupak paper, porosity, HCR

1 UVOD

Proizvodnja clupak papira visokog poroziteta je vrlo složen postupak. Da bi se proizveo ovaj papir treba obezbjediti veliki broj uslova, kako u odabiru drveta, pripremi sječke, proizvodnji celuloze određenog kappa broja, te načina pripreme i obrade vlakna pri proizvodnji papira.

Jedna od vrlo važnih operacija u proizvodnji visoko poroznog clupak papira jeste obrada celuloznog vlakna. Sama obrada vlakna podrazumjeva niz operacija kao što su ugušćivanje, mljevenje, prečišćavanje, dodatak određenih hemijskih sredstava, formiranje papirnog lista na situ papir mašine, odvodnjavanje na presama i sušenja u sušnom dijelu papir mašine. Svaka od navedenih operacija na određen način ima uticaja na porozitet i druga mehanička svojstva proizvedenog papira.

Različiti su uticaji sirovine, hemijskih sredstava i obrada vlakna na visoki porozitet clupak papira. U ovom radu je pokazano na koji način se može proizvesti papir visokog poroziteta, imajući u vidu sve elemente koji na to mogu uticati.

2. PRIPREMA DRVETA I CELULOZNOG VLAKNA

Proizvodnja celuloze za papir visokog poroziteta se radi na način da se koristi drvo četinarara i to 60% jela (smrča), 30% bor i 10% pilanskog otpada. Ovaj odnos je bitan zbog dužine vlakana koje posjeduju navedene vrste drveta. U tabeli 1. su date vrijednosti dužine i širine vlakna četinarskog drveta, a u tabeli 2. hemijski sastav četinarara i lišćara.

Tabela 1. Dužine vlakana kod pojedinih vrsta četinarara

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

Tabela 2. Hemijski sastav drveta

SASTAVNE KOMPONENTE DRVETA	ČETINARI [%]	LIŠĆARI [%]
Celuloza	45	42
Hemiceluloza	24	32
Lignin	27	20
Ekstrakt	6	4

Prilikom odabira drveta za proizvodnju clupak papira vrlo je važno da se odabere svježe drvo (trupci) prečnika 15-25 [cm] jer je to mlado drvo sa velikim godišnjim prirastom i sa vrlo dugim vlaknima.

Drvni sortimenti**Siečka****Celulozno vlakno***Slika 1 Sirovina i poluproizvodi u proizvodnji celuloze*

2.1. Proizvodnja celuloze

Celuloza je homopolisaharid, sastavljena je iz velikog broja (300 - 15000) glukoznih ostataka međusobno povezanih β (1>4) glikozidnim vezama. Molekuli celuloze su linearni. Celuloza je nerastvorna u vodi i organskim rastvaračima, 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.

Celuloza se u industrijskim razmjerama dobija iz različitih sirovina biljnog porijekla. Najčešće se dobija iz drveta, kako četinarskog (bor, jela, smreka), tako i listopadnog (bukva, topola, javor, breza). Već duže vrijeme se kao izvor celuloze koriste i jednogodišnje biljke, kao što su trava, slama i trska. Proizvodnja celuloze obuhvata mehanički i hemijski tretman sirovine. Pod mehaničkim tretmanom se podrazumjeva usitnjavanje drveta ili drugih sirovina, sto 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 celuloza 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 celuloze, u industriji se primjenjuju dva postupka: alkalni (sulfatni) i kiseli (bisulfatni) postupak.

Vrlo važno je da se celuloza za proizvodnju visoko-poroznog papira proizvodi sa nešto većim Kappa brojem i sa što manjim gubitkom alkalija.

2.2. Mljevenje celulozne mase na HC rifajneru

Obrada celuloznog vlakna mljevenjem na različitim tipovima mlinova sa različitim garniturama za mljevenje može uveliko uticati na vrijednost pojedinih parametara proizvedenog clupak papira.

Na koji način obrada celuloznog vlakna na različitim mlinovima utiče na kvalitet clupak papira bit će ukratko opisano u tekstu koji slijedi.

2.3. Obrada celuloznog vlakna HC rifajneru

U principu, prije mljevenja celulozne mase na HC mlinu, istu treba ugustiti na iznad 30 % suhoće. Mljevenje celulozne mase u visokoj koncentraciji na HC mlinovima je isključivo potrebno kod proizvodnje clupak papira visokog poroziteta za proizvodnju vreća, odnosno za dobivanje povećanih poprečnih i ostalih mehaničkih osobina clupak papira.

Ako je koncentracija vlakna koje dolazi na mljevenje na HC mlin veća onda će samim tim i kvalitet papira biti bolji.

Mljevenjem mase na HC mlinu, vlakna dobivaju vučnu energiju i daju veća mehanička svojstva pri istom stepenu mljevenja.

Utrošak energije na navedenom mlinu po toni proizvedenog papira je promjenljiv i zavisi od koncentracije celulozne mase i od toga kolika pojedina mehanička svojstva papira želimo postići. U principu utrošak energije na HC mlinu pri proizvodnji clupak papira visokog poroziteta treba biti veći od 300 [kW/tp].

Mljevenjem celuloznog vlakna u visokoj koncentraciji otvara se mogućnost za poboljšanje kvaliteta papira koji se ogleda u slijedećem:

1. Veći porozitet papira,
2. Veći TEA index,
3. Kao popratni efekat se pojavljuje veća proizvodna mogućnost na papir mašini.

2.4. Pravila pri mljevenju celuloznog vlakna na HCR-u

Ako se želi visoki kvalitet obrađene celulozne mase, obradu vlakna na HCR-u je neophodno vršiti sa koncentracijom od 30 do 40%, a ne sa nižom od 30% iz razloga što se mljevenjem u višoj koncentraciji dobije:

- Niži intenzitet mljevenja – zbog većeg zazora ploča;
- Manji je kontakt između vlakana i ploča;
- Veća je fibrilacija i djelovanje vlakno od vlakno;

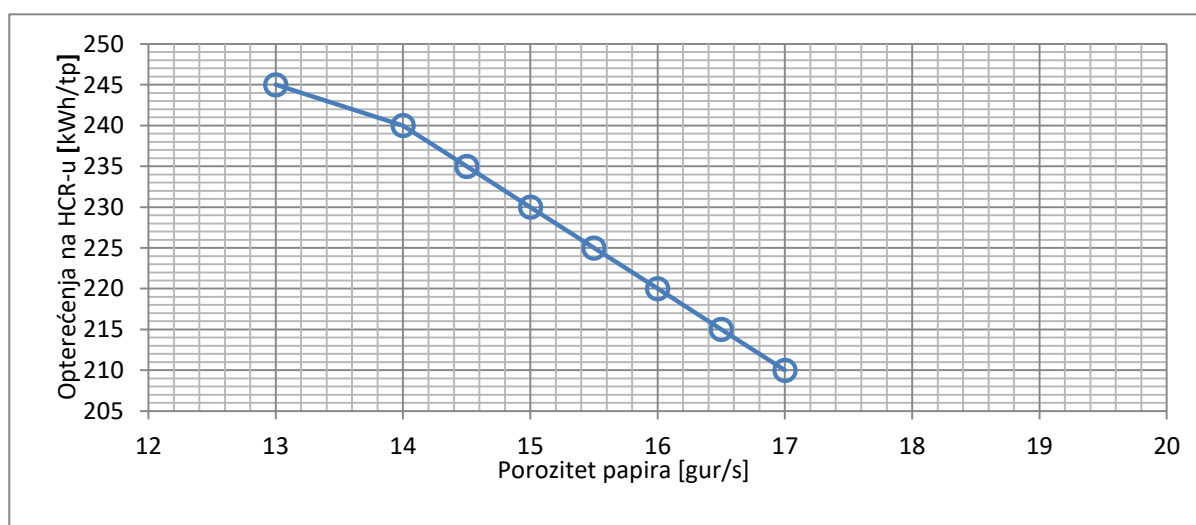
čime se dobiva:

- Veći procenat kidanja i istezanja papira;
- Bolje skupljanje papira;
- Odlične TEA vrijednosti papira;

Mljevenjem celuloznog vlakna na HCR-u u visokoj koncentraciji se dobije:

- Bolje istezanje u poprečnom pravcu;
- Veći porozitet pri istom stepenu $^{\circ}\text{SR}$;
- Veći TEA indeks;
- Veći indeks prskanja pri istom stepenu mljevenja;
- Bolju kombinaciju zatezanja-kidanja od mljevenja niske koncentracije;
- Investicioni troškovi za mljevenje u visokoj koncentraciji su veći nego za mljevenje u niskoj koncentraciji;
- Energija mljevenja sa mljevenjem u visokoj koncentraciji je veća nego sa mljevenjem u niskoj koncentraciji;

Uticaj opterećenja na HCR-u na porozitet papira prikazan je na slici 2.



Slika 2 Vrijednosti poroziteta papira u odnosu na opterećenje na HCR mlinu

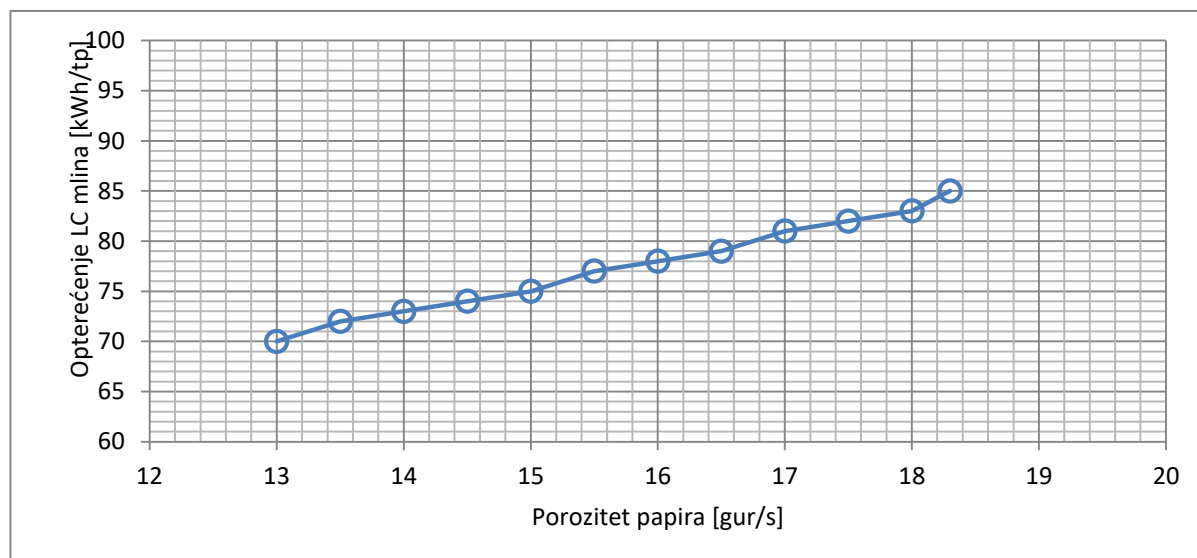
Povećanjem energije na HCR-u za 35 kWh/tp povećava se porozitet papira za oko 4-5 [gurl/s].

2.5. Mljevenje celulozne mase u niskoj koncentraciji na LC mlinovima

Mljevenjem celuloznog vlakna u niskoj koncentraciji poslije mljevenja u visokoj koncentraciji se dobije:

- Povećan indeks zatezanja papira,
- Povećan stepen mljevenja celulozne mase,
- Manji porozitet papira.

Uticaj opterećenja na LC mlinu na porozitet papira prikazano je na slici 3.



Slika 3. Vrijednosti poroziteta papira u odnosu na opterećenje na LC mlinovima

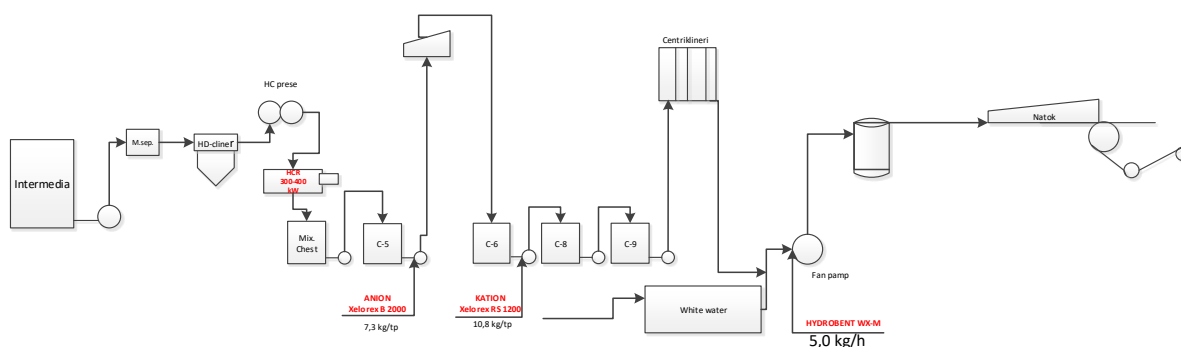
Iz dijagrama je vidljivo da se porozitet papira mijenja sa promjenom opterećenja na LC mlinovima. Smanjenjem energije na LC mlinovima za 15 [kWh/tp] povećava se porozitet papira za oko 30 %. (ili 5 gurl/s).

3. HEMIJSKA SREDSTVA ZA POVEĆANJE POROZITETA PAPIRA

Kako bi postigli mehaničke osobine papira, a time i porozitet neophodno je pored prethodno nabrojanih radnji i dozirati više hemijskih komponenata kao što su:

1. Sredstvo za regulaciju naboja vlakna (kationa i aniona) u sistemu,
2. Sredstvo za jačanje mehaničkih osobina papira i
3. Sredstvo za odvodnjavanje na situ papir mašine.

Bez dodavanja navedenih sredstava nije bilo moguća napraviti visoko-porozni papir. Mjesta doziranja navedenih hemijskih sredstava su prikazana na slici 4.



Slika 4. Šematski prikaz dozirnih mjesta

Nazivi sredstava i količina doziranja su date u tabeli 3.

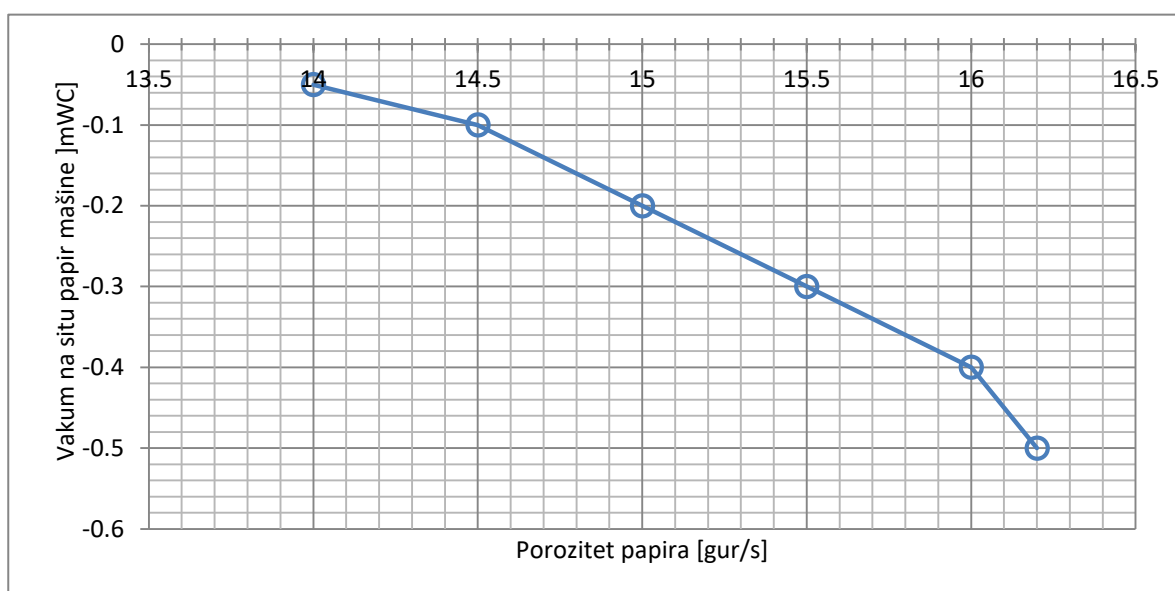
Tabela 3. Sredstva i normativi kemikalija za dobivanje papira visokog poroziteta

R/B	NAZIV SREDSTVA	MJESTO DOZIRANJA	NORMATIV [kg/tp]
1.	Xelorex RS 1200	Ispred pumpe P-6 (masa nakon mljevenja na LC mlinovima)	10,8
2.	Xelorex RS 2000	Ispred pumpe P-5 (masa za LC mlinove)	7,3
3.	Hydrobent WX - M	Ispred miš pumpe	5,0

4. ODVODNJAVANJE CELULOZNE MASE NA SITU PAPIR MAŠINE

Reguliranjem načina odvodnjavanja celulozne mase na situ papir mašine može se uveliko uticati na orijentaciju vlakana na situ papir mašine čime se može uticati na povećanje ili smanjenje uzdužnih ili poprečnih mehaničkih osobina clupak papira. Upravljanjem vrijednostima vakuma na situ papir mašine može se uticati na promjenu vrijednosti poroziteta proizvedenog papira. U zavisnosti da li je podešeni vakum na situ papir mašine veći ili manji zavisi i vrijednost visine propusta zraka (poroziteta) clupak papira.

Kako se mijenja porozitet papira sa promjenom vakuma na situ može se vidjeti na slici 5.



Slika 5. Porozitet papira u odnosu na vrijednost vakuma na sitovom dijelu papir mašine

Iz dijagrama se vidi da se sa smanjenjem vakuma na situ papir mašine smanjuje i porozitet papira, smanjenjem vakuma za -4,5 mWs smanjuje se porozitet papira za 2,2, [gur/s].

Odluka da li će porozitet papira biti veći ili manji takođe ovisi i od toga za koju namjenu će biti upotrijebljen proizvedeni clupak papir.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Pri proizvodnji clupak papira visokog poroziteta korišteni su svi elementi koji mogu poboljšati i povećati porozitet, kao što su:

- a/ promjena režima mljevenja na HCR-u,
- b/ promjena režima mljevenja na LC mlinovima,
- c/ dodatak hemijskih sredstava,
- d/ promjena režima odvodnjavanja na situ papir mašine.

5.1. Vrijednosti dobivenih mehaničkih osobina visoko poroznog clupak papira

Prilikom probne proizvodnje rađen je clupak papir NHSX 70 i 80 g/m², a dobivene mehaničke osobine papira su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Vrijednosti dobivenog poroziteta clupak papira

VRSTA PAPIRA	BROJ TAMBURA	TEA _{MD} [J/m ²]	TEA _{CD} [J/m ²]	POROZITET [S]
NHSX-70 [g/m ²]	3115	200	215	5,6
"	3116	196	206	5,8
"	3119	193	208	5
"	3120	202	215	5,2
"	3124	198	206	6
NHSX-80 [g/m ²]	3317	231	253	6
"	3318	239	248	6
"	3324	237	241	6,2
"	3327	242	249	6,4
"	3328	241	252	6,4

Tabela 5. Interni standard „Natron-Hayat-a“ za neke mehaničke osobine papira

VRSTA PAPIRA	TEA _{MD} [J/m ²]	TEA _{CD} [J/m ²]	POROZITET [S]
NHSX-70	200	200	15±5
NHSX-80	230	230	15±5

Analizom vrijednosti clupak papira iz tabela 4. i 5. može se vidjeti da je vrlo važan parametar za clupak papir TEA vrijednost ostala na nivou vrijednosti definisane internim standardom, a da je porozitet umjesto 15±5" sada na nivou 5-6", što se može nazvati visoko-poroznim papirom.

Korištenjem ove vrste papira moguće je proizvesti vreću za cementnu industriju bez perforacije, a da vreća izdrži sva potrebna opterećenja i da ne pukne.

LITERATURA

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

Corresponding author:

Husejin Duraković,

„Natron-Hayat“ d.o.o. Maglaj,

Liješnica b.b. Maglaj, BiH

husejin.durakovic@natron-hayat.ba

NEW REACTIVE DYES FOR OFFSET PAPER – INFLUENCE OVER THE PROPERTIES OF WHITE WATERS

NOVE REAKTIVNE BOJE ZA OFSETNI PAPIR – UTICAJ NA SVOJSTVA PENUŠAVE (BELE) VODE

Ventsislav Nikolov Blyahovski, Dimitrina Atanasova Todorova
University of Chemical Technology and Metallurgy, Bulgaria

Abstract

The aim of this study was to investigate the influence of three new reactive dyes, over the properties of the paper suspensions and the white waters from the production of coloured offset printing paper.

Key words: reactive dyes, coloured offset paper, white waters

Izvod

Ciljove studije je bio da ispita uticaj tri nove reaktivneboje na svojstva papirne suspenzije i penušave vode u proizvodnji obojenog ofset papira.

Ključne reči: reaktivne boje, obojeni ofset papir, penušava (bela) voda

INTRODUCTION

Economic and environmental aspects made the world's paper production change to coloured products manufactured from pulp with high content of recovered paper as well as mechanical pulp grades. According to Smithers Pira, the paper and board demand in the region of Central and East Europe, is expected to increase with about 2 million tons during 2014 to 2019 and not a small part of it is coloured paper [1]. The amount of paper dyed is increasing each of the last few years, mainly because the increasing consumption of corrugated board papers. Generally paper is colour by dyes of different chemical nature – inorganic pigments; synthetic organic pigments; basic, acid, direct dyes and others [2,3]. Reactive dyes are widely used in the textile industries not only for cotton, but also wool and polyamides, because of their wide variety of color shades, simple dyeing procedure and good stability during washing process and brilliant colors, but they have only limited use in paper production [4,5]. The first reactive dye is synthesized by IG Farben in 1932, but it first appeared commercially in 1956, after their invention in 1954 by Rattee & Stephenson at the Imperial Chemical Industry (ICI), Dyestuffs Division site in Bleckley, Manchester, UK [6,7].

Nowadays the general belief is that colored papers are mainly used in the field of hygiene and tissue papers, but during the printing process with the new digital technology some of the specialists in the printing and publishing industry prefer to produce special books and journals with specifically coloured paper. That is why dyeing of offset paper is fully reasonable and according to the benefits in the textile industry our expectations are for improvement of the paper suspensions properties.

The paper manufacturing process is a complex technology considered of the following stages: preparation and refining of fibre semi-finished product, paper stock preparation, forming of a paper sheet material in the five main sections of the paper machine – head box, wire section, press section, drying section and the tambours with the produced paper. Reactive dyes for cellulose resemble acid dyes in their basic structure, but additionally possess one or more reactive groups. Their names were derived from their abilities to interact chemically with the fiber functional groups. Dyes containing a monochlorotriazine reactive group are capable of reacting with cellulosic fiber, in the presence of alkali, to form covalent bond between the dye and the fiber [8].

Reactive dyes require high concentrations of an electrolyte to improve dye-fiber interaction. One approach to improve the fixing ability of the dye is by using a fixative agent (cationic chemical reagent) before adding the reactive dye. Reactive dyes present in the wastewater would destroy the natural quality of the water environment and also can cause detrimental long-term for health and environmental

effects. Since these dyes are generally recalcitrant, biodegradation is not instantaneous due to their complex aromatic molecular structures. Most of reactive dyes in wastewater are usually difficult to biodegrade with high pH and high COD. Apart from commercial reasons, these dyes are also designed to resist fading by inducing different physical, chemical and biological agents. That's why the fixing of the dye onto the fibres is very important and the presence of the dyes in the white waters must be in very small quantities [9,10]. New methods for removal of reactive dyes from wastewater are with the assistance of kaolin clay by magnesium hydroxide coagulation process or by dirty bentonite [11,12].

The aim of this study was to investigate the influence of three new reactive dyes, over the properties of the paper suspensions and the white waters from the production of coloured offset printing paper.

MATERIALS AND METHODS

In the current experiment are being used three reactive dyes, both of them are laboratory synthesized monochlorotriazine reactive orange and reactive red dyes, containing stabilizer fragment and the other is commercial reactive red product from the Levacell range of Kemira.

The used Reactive Dye 2 (RD 2) is laboratory synthesized and it is compound of monoazo reactive dyes whose chromophore is an orange acid dye, prepared by diazotization of the amino C acid and subsequently coupling with I acid in a slightly alkaline medium. Reactive group (chlorine atom) is introduced into the chromophore by reaction of the acid orange dye with cyanuric chloride and the dichlorotriazine reactive dye was obtained. In the subsequent step by a reaction of the last one with 4-amino-2,2,6,6-tetramethylpiperidine or ammonia the monochlorotriazine reactive orange dye - RD 2 is obtained. The tetramethylpiperidine fragment in the molecule acts as a stabilizer fragment and its introduction is done with purpose - increment of the colour fastness to light (photostability). It is expected that the paper dyed with this dyes exhibit also an enhanced photostability. This assumption is made based on the fact that the dyed fibres (cotton and wool) and chemically coloured polymers showed high photostability [13,14]. The reactions of the synthesis are shown on Fig. 1.

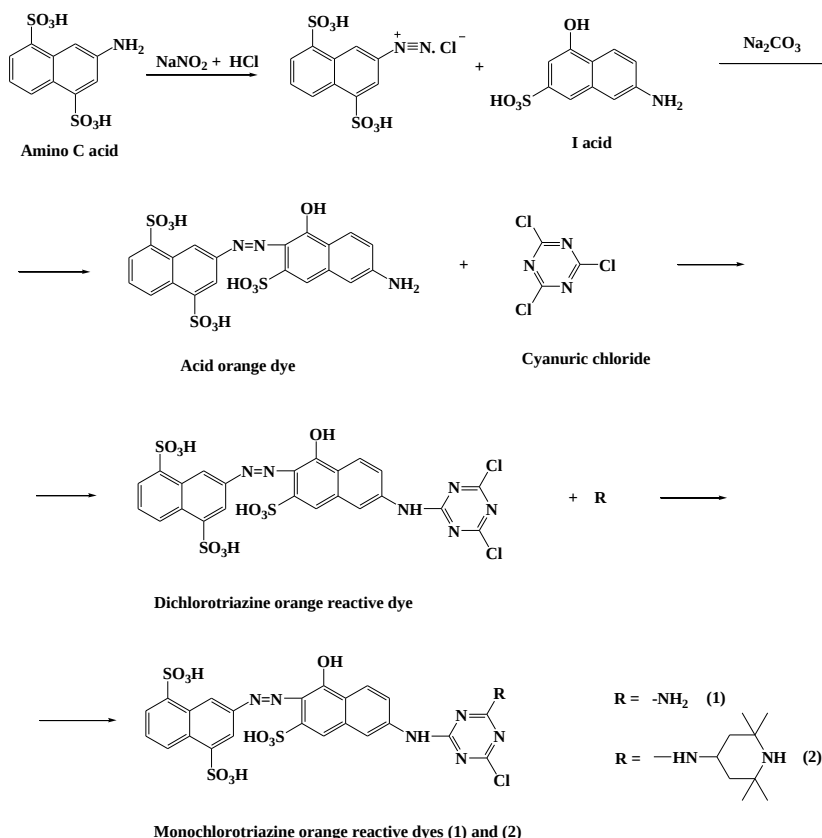


Fig.1 Synthesis of reactive dye 2

Reactive Dye 3 (RD 3) is commercial reactive red dye from the Levacell range of Kemira – Levacell Neon Red 2B 05, which is Azo-reaktivfarbstoff.

Reactive Dye 4 (RD 4) was synthesized similarly to the RD 2, where instead of amino C acid and I acid the 2-aminobenzenesulfonic acid and H acid were used (Fig. 2).

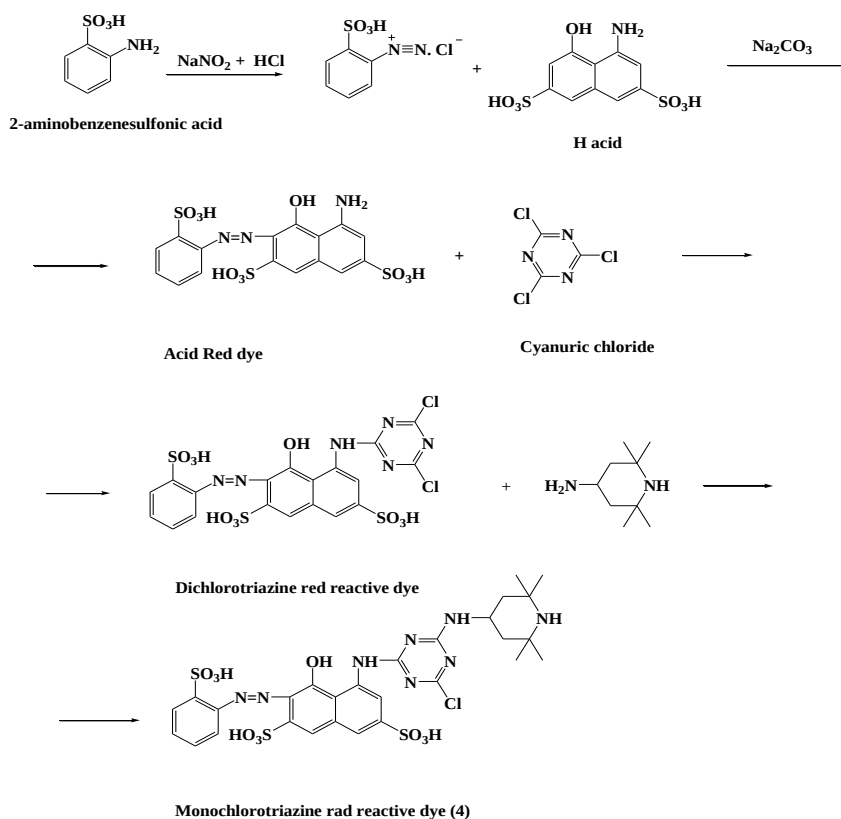


Fig.2 Synthesis of reactive dye 4

The reactive dyes are used at consumption of 0,2%; 0,4% and 0,6% of o.d.f. in the composition of offset printing paper with a fibre content of bleached softwood and hardwood pulp in a ratio of 1:1 and the colour and the wavelength of the dyes are shown on Fig. 3. For fixing the reactive dyes is used cationic polymer fixative on the basis of epichlorhydrin-dimethylamin-copolymer (Levogen E 1063 LQ of Kemira) with a consumption of 1% of o.d.f. The paper is sized with alkyl ketene dimer – 2% of o.d.f (Fennosize KD 157YC of Kemira) and as filler is used ground calcium carbonate – 20% of o.d.f (Hydrocarb V40 of Omya). As a retention additive is used modified polyacrylamide with cationic charge – 0,05% of o.d.f.

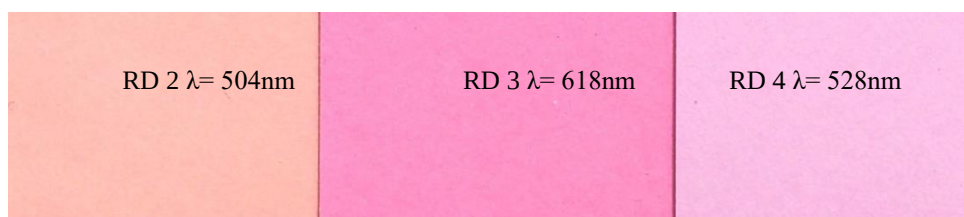


Fig. 3 Dyed paper samples with the three examined reactive dyes

For straightening out the interactions, the Dewatering time (T_{700}) of the paper suspensions was determined for 700ml, s, by Schopper Riegler method. The main focus in the present study was the investigation on the properties of the white waters and the following parameters were examined:

- Turbidity, NTU - Nephelometric acc. ISO 7020 (Turb 350 IR)
- Conductivity, μS - acc. ISO 7888 (Conductometer EC215)
- pH

- Dye concentration in the white waters, %

For determining the dyes concentration in the white waters, the absorbance of the dyes in the white waters and in the three standardized dyes solutions, were determined by using UV/Visible Scanning Spectrophotometer UV 3300 PC of BIOBASE Co., Ltd, and the concentration of the dyes in the white waters were determined in percents reactive dye.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The accelerated dewatering and increased retention as a result of flocculants effect usually means purer waters in paper mill as well. In the process of adding of the reactive dyes into the paper suspensions a covalent chemical bond - dyes-cellulose is obtaining. This is the reason of capturing part of the hydroxyl groups from the cellulose fibres, so they are not capable of forming bonds with the water. Therefore, the cellulose fibres are not so hydrated and it is easier for the water to pass through the formed cellulose web.

As it is shown on Fig. 4 the three examined reactive dyes have positive effect over the accelerate drainage of the paper suspensions and the effectiveness of the dyes is according to the following order:

RD 2 < RD 4 < RD 3.

Reactive dye 3 (RD 3) at 0,4% consumption gives best result for the dewatering ability. With increasing the dyes consumption to 0,4% the dewatering ability is increasing, but at dye quantity of 0,6% the drainage is decreasing, most probably because of the saturation of the paper furnishes with negative charge. The three examined reactive dyes gave positive effect over the dewatering ability and even at 0,6% consumption the dewatering is better than in the absence of the dyes.

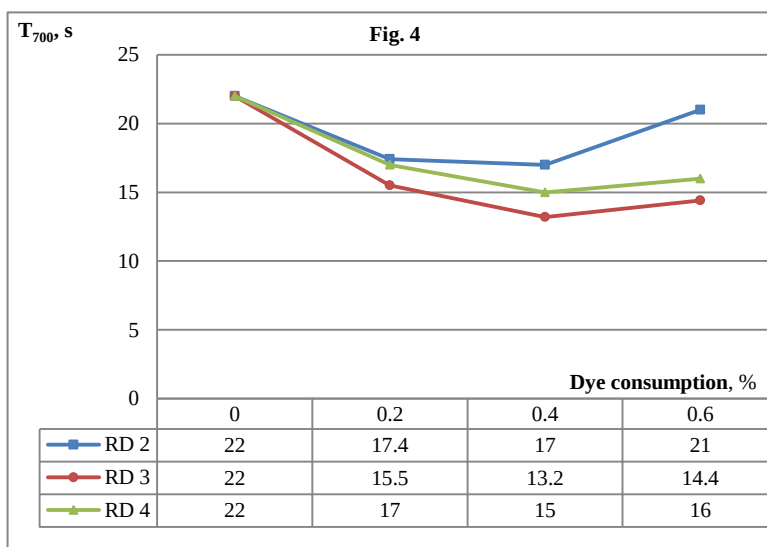


Fig.4 Dewatering time ($T_{700,s}$) of the paper furnishes at different Reactive Dyes (RD) consumption

Regarding the turbidity of the white waters, which is presented in Fig. 5, the results are not so definitive, as well as it is for the dewatering ability. The three reactive dyes give clarified white waters, but the orange RD 2 increases the turbidity when is added with consumption more than 0,2%. This effect probably is due to the different chemical nature of the dyes. Again best effect is seen in the presence of RD 3 and with increasing of its consumption to 0,6% the white waters are doubly clarified. With increasing the RD 3 and RD 4 quantity the turbidity is improved and it is getting better at RD 4 and best at RD 3 with 0,6% consumption. Probably with increasing the consumption of RD 3 and RD 4, the retention of the fillers and fines onto the fibre web is improved and they occurs less in the white waters.

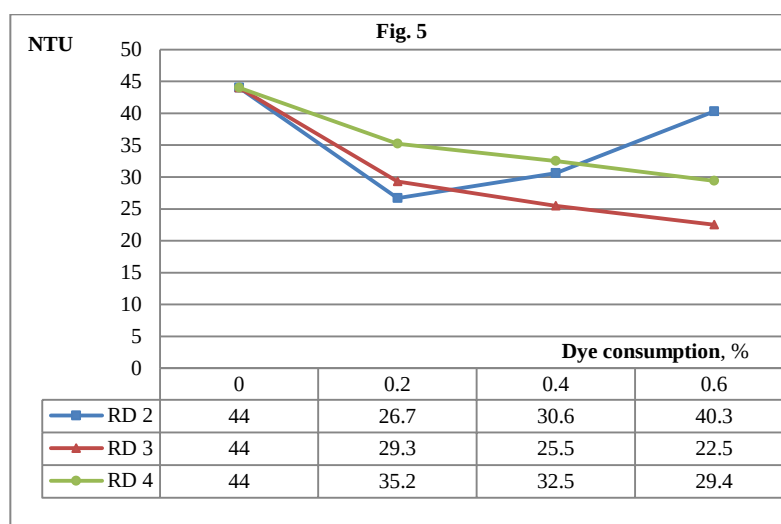


Fig.5 Turbidity (NTU) of the white waters at different Reactive Dyes (RD) consumption

Measuring the electric conductivity gives an indication of the total concentration of electrolyte in the liquid phase. As it is shown on Fig.6, the white waters of the both laboratory synthesized reactive dyes have similar conductivity with more variations than the behavior of RD 3, which has more constant influence over this parameter. At quantity of 0,2% only the laboratory synthesized reactive dyes give lower conductivity than in absence of reactive dye. Probably this could be an indication for insatiability of the white water with electrolytes, which means good retention and absence of dyes in the white waters. With increasing the dyes consumption from 0,2% to 0,6% the conductivity of the waters increases and stays higher than without reactive dye. In the white waters from paper suspensions dyed with 0,2% RD 3 there are more electrolytes and the conductivity is higher than that at RD 2 and RD 4. For this parameter the increasing of the dyes consumption do not gave substantial effect over the conductivity. This effect probably is due to the bigger charge density of RD 3.

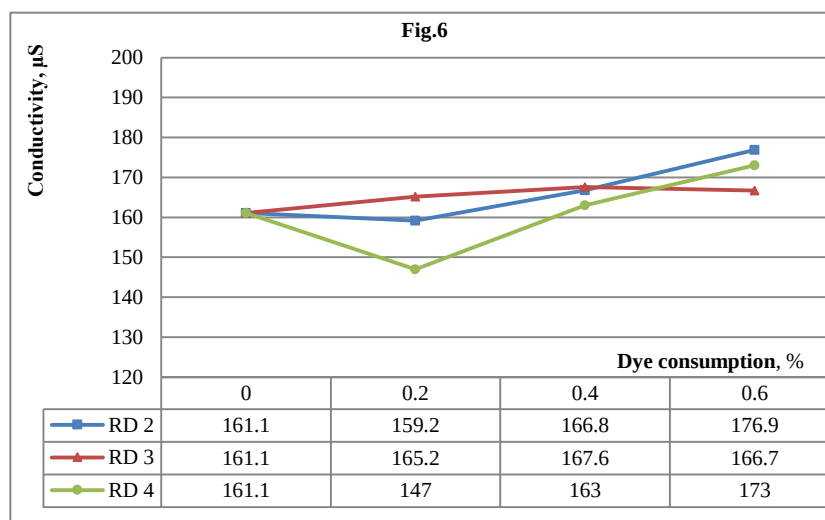


Fig.6 Conductivity of the white waters at different Reactive Dyes (RD) consumption

Dyes are used in paper manufacture for a variety of reasons, including eye appeal, color coding, brand identification and others. The selection of suitable dyes depends for instance upon end-use requirements, physical and chemical properties and handling characteristics. Most important for the industrial use is the covering of the toxicological and ecological requirements for pure water and nature.

The concentration of the dyes in the white waters is shown on Fig. 7. The both laboratory synthesized reactive dyes RD 2 and RD 4 gave practically pure from colour white waters. Only the commercially produced RD 3 give slightly coloured white waters, which probably is due to its bigger charge density. This effect could be avoided with increasing the fixing additive consumption, which is 1% from o.d.f., in this experiment. As it is well known high concentrations of an electrolyte is required

to improve dye-fiber interaction, which means that for RD 3 the consumption of the fixing additive should be higher than 1%.

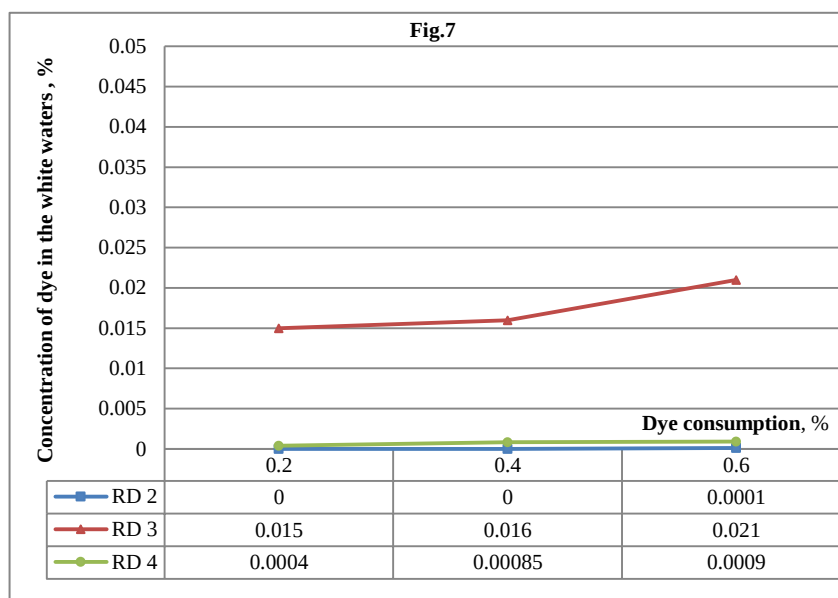


Fig.7 Concentration of the dye, of the white waters at different Reactive Dyes (RD) consumption

On Fig. 8 is shown the pH parameter of the white waters from the drained coloured furnishes. The three investigated reactive dyes do not change the neutral-alkaline medium, which is obtained by the used water and all the wet-end chemical additives. Practically there is no change for the pH of the white waters.

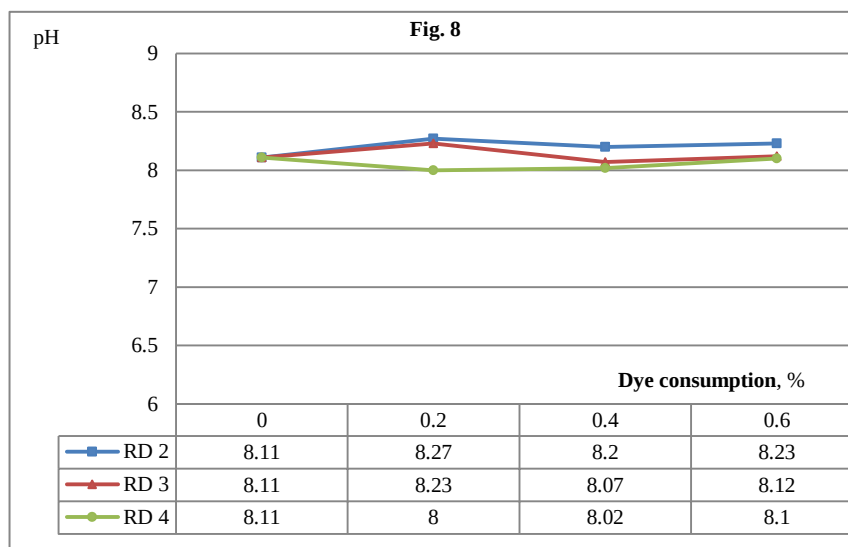


Fig.8 pH of the white waters at different Reactive Dyes (RD) consumption

CONCLUSION

On the basis of the results of the studies carried out for investigation on the influence of three reactive dyes over the behaviour and properties of the furnishes and white waters from offset printing paper the following conclusions can be made:

- With the three examined reactive dyes are obtained paper furnishes with uniform colouring.
- The three reactive dyes quicken the dewatering of the suspensions and the effect depends on the charge density of the dye. As higher the charge density is, the effect is greater. Best results are obtained with the commercially produced reactive dye 3 at 0,6% consumption.

- Most suitable in terms of turbidity and conductivity of the white waters, are reactive dye 3 and reactive dye 4.
- Regarding the concentration of the dyes in the white waters, best result are obtained with both examined laboratory synthesized reactive dyes 2 and 4, for reactive dye 3 the consumption of the fixing additive should be higher than 1%.
- Both investigated laboratory synthesized reactive dyes are suitable for dyeing of offset printing suspensions and papers and may be of interest to industrial production.

REFERENCES

1. <http://www.smitherspira.com>, Paper and Board Market in Central and Eastern Europe to grow by 2% annually from 2013 to 2019, January, 2015
2. I.Thornq C.O.Au (Eds.), „Applications of Wet-End Paper Chemistry”, 2-nd edition, Springer, 2009,
3. J.Casey, “Pulp and paper Chemistry and Chemical Technology”, Volume III, 1979, USA
4. Ali S¹, Mughal MA², Shoukat U², Baloch MA², Kim SH³, Cationic starch (Q-TAC) pre-treatment of cotton fabric: influence on dyeing with reactive dye, Carbohydr Polym. 117, 2015, 271-278
5. K F Morris, D M Lewis* and P J Broadbent, Design and application of a multifunctional reactive dye capable of high fixation efficiency on cellulose, Society of Dyers and Colourists, Coloration Technology, 124, 2008, 186–194
6. Venkataraman, K. The Chemistry of Synthetic Dyes, Vol. 7.Academic Press: New York, 1972
7. Dyeing of cotton fabric with reactive dyes, textilelearner.blogspot.com, 2012
8. Horst Tappe, Walter Helmling, Peter Mischke, Karl Rebsamen, Uwe Reiher, Werner Russ, Ludwig Schläfer and Petra Vermehren "Reactive Dyes" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2000
9. A. Tawfik, D.F. Zaki, M.K. Zahran, Degradation of reactive dyes wastewater supplemented with cationic polymer (Organo Pol.) in a down flow hanging sponge (DHS) system, Journal of Industrial and Engineering Chemistry 20 (2014) 2059–2065
10. Ijaz Ahmad Bhatti, Shahid Adeel, Sofia Siddique, M. Abbas, Effect of UV radiation on the dyeing of cotton fabric with reactive blue 13, Journal of Saudi Chemical Society xxx (2013), xxx–xxx
11. Haiyan Li Shiyu Liu Jianhai Zhao Na Feng, Removal of reactive dyes from wastewater assisted with kaolin clay by magnesium hydroxide coagulation process, Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects, 494, January 2016
12. Kheira Chinoune, Kahina Bentaleb, Zohra Boubarka, Abdelouahab Nadim, Ulrich Maschke, Adsorption of reactive dyes from aqueous solution by dirty bentonite, Applied Clay Science, 123 (2016) 64–75
13. P. Petrova-Miladinova, T. Konstantinova, On the Photostability of Some Triazine Azodyes and Their Copolymers With Acrylamide and Acrylonitrile, J. Univ. Chem. Technol. Met. (Sofia), 39, 4, 2004, p. 405-412.
14. T. Konstantinova, P. Petrova-Miladinova, On the Synthesis of Some Reactive Triazine Azodyes Containing Tetramethylpiperidine Fragment, 67, Dyes and Pigments, 2005, p. 63-69.

Presenting authors:

V. Blyahovski,

University of Chemical Technology and Metallurgy,

8 Kl. Ohridski, 1756 Sofia, Bulgaria

ventsib_g@abv.bg

UTICAJ INVESTICIJA NA EKONOMSKI POLOŽAJ INDUSTRIJE CELULOZE I PAPIRA

THE INFLUENCE INVESTMENTS MAKE ON ECONOMIC POSITION OF CELULOSE AND PAPER INDUSTRY

Nataša Bogavac-Cvetković¹, Milosav Miličković¹, Branko Hinić²

¹ Fakultet za poslovno industrijski menadžment, Univerzitet Union - Nikola Tesla, Belgrade, ² Narodna banka Srbije, Beograd, Srbija

Izvod

Otvaranje prema svetu i intenziviranje reformskih procesa bitno menja perspektive domaće privrede u smislu većih mogućnosti za uključanje u svetske investicione tokove. U tom kontekstu poseban značaj dobijaju kapitalne investicije koje treba da omoguće povećanje efikasnosti poslovanja industrije celuloze i papira.

Ključne reči: investicije, ekonomija, industrija, celuloza, papir

Abstract

Opening towards the World and intensifying reform processes essentially changes national economy prospects concerning increasing opportunities for it to get involved in the global investment trends. In that context, capital investments aimed to enable the further rise of operational efficiency of cellulose and paper industry are getting the special importance.

Key word: investment, economy, industry, pulp, paper

1. UVOD

Srbija se permanentno suočava sa problemom nedostatka kapitala za finansiranje privrednog rasta i razvoja. Jedan od načina za prevazilaženje navedenih poteškoća predstavlja privlačenje što većeg obima stranih direktnih investicija. Privlačenje stranog kapitala je otežano posebno u uslovima kada su gotovo sve zemlje izvršile liberalizaciju svojih privreda.

Zemlje u tranziciji su u momentu izbijanja krize bile pogođene i internim privrednim krizama kao rezultat ekonomskih reformi koje su se sprovedile u ovim zemljama, makroekonomske nestabilnosti, i česte izmene zakonskih propisa.¹ Iako su pomenute ekonomije u periodu od 2000-2008. godine bile značajni primaoci stranog kapitala nije došlo do njihovog značajnijeg privrednog i ekonomskog razvoja.

Privredni razvoj tranzicionih zemalja uključujući i Srbiju u velikoj meri zavisi od priliva stranog kapitala. Pozitivni efekti stranih direktnih investicija na zemlje koje su započele transformaciju svojih ekonomija su višestruki i manifestuju se u vidu jačanja domaćih investicija, stvaranja mogućnosti za nastup na stranim tržištima, jačanju privatnog sektora, razvoju tržišne ekonomije i eliminisanju makroekonomskih neravnoteža.²

Efikasno funkcionisanje i razvoj srpske privrede u narednom periodu će se zasnivati na velikim kapitalnim ulaganjima kako bi se postojeća industrija modernizovala i restrukturirala. U takvim okolnostima veoma značanu ulogu dobija priliv stranog kapitala, prevashodno, zbog nedovoljne akumulacije domaćeg kapitala, što predstavlja veliko ograničenje za investicije.

¹ Jaćimović, D., Bjelić, P., Marković, I. (2013) *Uticaj svetske ekonomske krize na medunarodne investicione i trgovinske tokove u regionu Zapadnog Balkana*, Ekonomske teme, 51 (1), str. 1-20, str. 3.

² Jaćimović, D., Karadžić, V., Kalezić, Z. (2007) *The Quality of Governance Impact to the FDI Inflow-Balkan Case*, Contemporary Challenges of Theory and Practice in Economics, Belgrade: Faculty of Economics, str. 125

2. OSNOVNI MAKROEKONOMSKI POKAZATELJI

Postojeći makroekonomski ambijent je determinisan okolnostima iz neposredne prošlosti od koji se posebno izdvaja uticaj tranzicionih efekata, svetske ekonomske krize kao i uticaj postojećih reformskih procesa. Kretanja osnovnih makroekonomskih agregata nakon 2008. godine pokazuju značajne oscilacije. Bruto društveni proizvod, kao najvažniji makroekonomski agregat, u Srbiji je u periodu 2008-2015. godine rastao po prosečnoj godišnjoj stopi od 0,93%, uprkos tome što je u 2009, 2012. i 2014 po prvi put u ovom veku, usled delovanja negativnih efekata globalne krize, zabeležen negativan rast. U strukturi društvenog bruto proizvoda i dalje dominira sektor usluga.

Tabela 1. Osnovni makroekonomski indikatori

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<i>BDP (u mln evra)⁵⁾</i>	33.705	30.655	29.766	33.424	31.683	34.263	33.319	32.908
<i>Realni rast BDP-a (u %)¹⁾</i>	5,4	-3,1	0,6	1,4	-1,0	2,6	-1,8	0,74
<i>Izvoz robe i usluga (u mln evra)</i>	9.583	8.043	9.515	11.145	11.469	13.937	14.451	15.618
<i>Uvoz robe i usluga (u mln evra)</i>	18.267	13.099	14.244	16.487	16.992	17.782	18.096	18.899
<i>Nezaposlenost po Anketi (u %)</i>	13,6	16,1	19,2	23,0	23,9	22,1	19,2	17,7
<i>Javni dug Republike Srbije (centralni nivo države, u % BDP-a)</i>	28,3	32,8	41,8	45,4	56,2	59,6	70,4	75,9
<i>SDI neto priliv (u mil USD) *WIR 2015 (A6)</i>		2 896	1 686	4 932	1.299	2 053	1.996	

1) U stalnim cenama prethodne godine

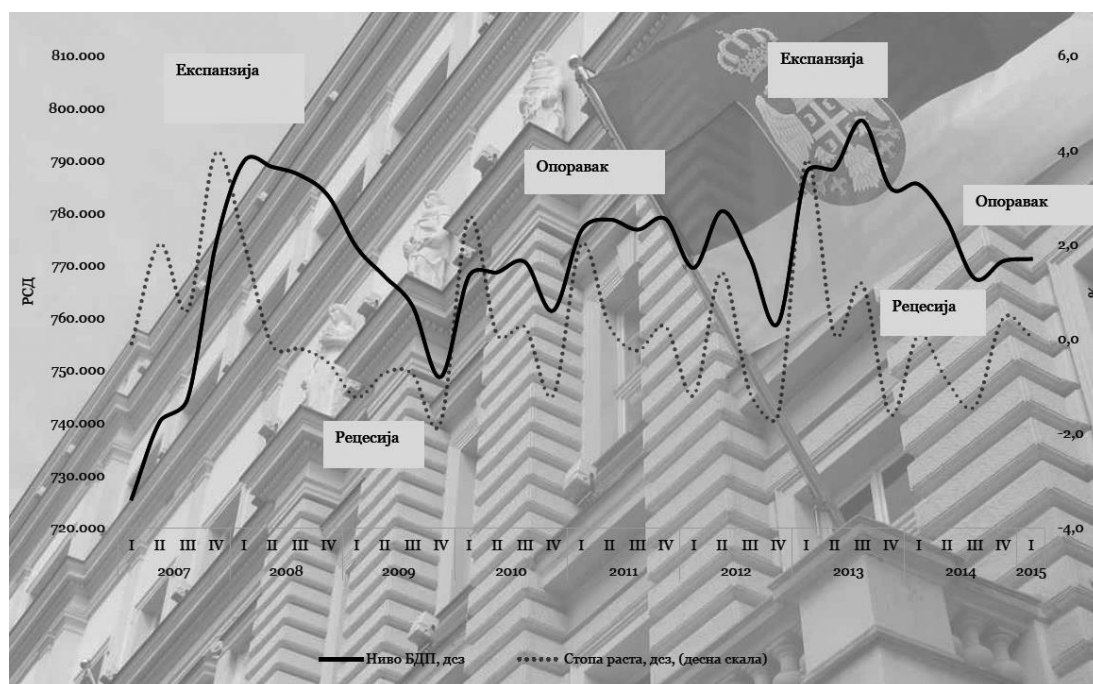
Izvor: Narodna banka Srbije, 2016

* UNCTAD (2015) *World Investment Report 2015: Reforming International Investment Governance*, New York and Geneva: United Nations, A6.

Podaci o spoljnotrgovinskoj razmeni govore da je Srbija u čitavom posmatranom periodu imala deficit što je rezultat deindustrijalizacije i niske konkurentnosti domaćih proizvoda. Kao posledica negativnog neto izvoza, zaostajanja rasta proizvodnje i BDV razmenljivih dobara, ograničava se rast izvoza i supstituiše udeo domaće ponude na unutrašnjem tržištu ponudom iz uvoza.³ U Srbiji je u 2014. godini neto priliv SDI iznosio 1,9 milijardi dolara i predstavlja smanjenje u odnosu na prethodnu godinu. Inače najveći priliv SDI je ostvaren u 2011. godini kada je iznosio 4,9 milijardi dolara.⁴ Smanjenje priliva SDI se može objasniti pojačanom oprežnošću stranih investitora koja je rezultat ambijentalnih uslova u Srbiji.

³ Богавац-Цветкович, Н., Котлица, С., Павлович, Р. (2013) *Воздействие макроэкономической политики на развитие экономики Сербии*, поглавље у монографији Новик, А. Н. (уредник), Сербские научные исследования 2012, Сборник научных статей. – Москва, Экон-информ, стр. 174-185.

⁴ UNCTAD (2015) *World Investment Report 2015: Reforming International Investment Governance*, New York and Geneva: United Nations



Slika 1. Ciklično kretanje privredne aktivnosti
Izvor: Ministarstvo finansija Republike Srbije (2015)
Tekuća makroekonomska kretanja, april 2015, str. 7.

Visoke stope rasta BDP-a koje su zabeležene do 2008. godine su rezultat procesa privatizacije, značajnog priliva stranog kapitala i zaduživanja u inostranstvu. Nakon 2008. godine dolazi do pogoršanja pozitivnih trendova kao i do smanjenja priliva SDI, vrednosti spoljnotrgovinskih transakcija i u ulaska privrede u fazu recesije. Prvi znaci blagog oporavka nacionalne privrede se uočavaju 2010. godine i reflektuju se kroz povećane stope rasta i rast BDP.⁵ Tokom 2012. i 2014 godine privreda RS je ponovo ušla u recesiju da bi 2015. godine počela da pokazuje znake ponovnog oporavka.

3. KAPITALNE INVESTICIJE U INDUSTRIJU CELULOZE I PAPIRA

Ekonomski napredak i razvoj Republike Srbije zahteva stvaranje i razvoj konkurentne ekonomije zasnovane na znanju, novim tehnologijama i inovativnosti.⁶ O značaju investicija za društveni i ekonomski razvoj svake zemlje, bez obzira na nivo razvijenosti, svedoče bezbrojni primeri u novijoj prošlosti. Funkcionisanje savremene svetske privrede je u direktnoj zavisnosti od stepena investiranja. Potreba za kapitalnim investicijama u Srbiji konstantno raste kao rezultat potrebe za modernizovanjem i restrukturiranjem postojeće industrije. U oskudici domaćeg kapitala poseban značaj dobija strani kapital. Dakle, priliv stranih direktnih investicija predstavlja ključni element za budući rast domaće privrede.

Imajući u vidu značaj kapitalnih investicija za rast i razvoj industrije celuloze i papira neophodno je sagledati obim i strukturu investicija u osnovna sredstva s obzirom da upravo ove investicije utiču na povećanje kapaciteta i doprinose povećanju zaposlenosti što je u postojećim okolnostima od krucijalnog značaja za ove privredne grane.

⁵ Božić Miljković, I. (2015) *Efekti stranih direktnih investicija na promenu privredne strukture Srbije*, Ekonomski vidici, XX (2015), Br. 2-3, str. 215.

⁶ Bogavac-Cvetković, N., Dragičević-Radičević, T., Mitrović, R. (2012) *Preduzetnički ambijent – šanse i ograničenja*, Megatrend Revija, vol 9 (1) 2012. godine, str. 25.

Tabela 2. Ukupne investicije u osnovna sredstva u industriji celuloze i papira po tehničkoj strukturi (u mln RSD)

Godina	Ukupno	Zgrade	Oprema			Ostalo
			Ukupno	Domaća	Strana	
2005	528	1	527	32	494	-
2006	2.641	342	2.223	952	1.271	76
2007	3.148	989	2.145	591	1.554	14
2008	5.334	1.299	4.003	1.779	2.224	2.224
2009	4.532	1.719	2.524	818	1.706	289
2010	2.286	336	1.937	1.434	503	13
2011	1.538	142	1.322	615	707	73
2012	7.721	2.416	4.946	1.952	2.994	359
2013	6.423	3.145	3.273	1.647	1.626	6
2014						
2015						

Izvor: SGS, RZS, od 2007-2015.

Značajna ulaganja u sektor celuloze i papira su izvršena u periodu od 2005-2013. godine. Najveći obim investiranja je zabeležen u 2012. godini u iznosu od 7.721 mln RSD. Posledica globalne ekonomsko-fnansijske krize je pogoršanje stanja u domaćoj privredi koje se reflektovalo i na industriju celuloze i papira. Pokazatelj takvog stanja je drastično smanjenje obima investicija od 2008. pa do 2012. godine kada se ispoljavaju znaci blagog oporavka. U 2013. godini je gotovo isto uloženo u izgradnju objekata i nabavku opreme za razliku od prethodnih godina u kojima je dominiralo ulaganje u opremu. Visok stepen ulaganja u opremu doprinosi većoj tehničkoj opremljenosti i produktivnosti rada u industriji celuloze i papira.

Tabela 3. Investicije u nova osnovna sredstva po karakteru izgradnje, 2005-2013. (u mln. RSD)

Godina	Ukupno	KARAKTER IZGRADNJE			TEHNIČKA STRUKTURA			
		Novi kapaciteti	Rekonstrukcija	Održavanje	Zgrade	Oprema		Ostalo
						Domaća	Strana	
2005								
2006	2.331	385	1.374	572	237	795	1.271	29
2007	2.845	1.276	1.066	503	783	505	1.554	4
2008	5.211	2.953	1.673	585	1.225	1.758	2.224	4
2009	2.851	424	2.395	32	365	766	1.706	15
2010	2.066	1.260	728	78	207	1.350	503	5
2011	1.368	378	873	117	139	524	699	7
2012	2.711	711	1.897	102	599	771	1.338	3
2013	6.388	1.037	4.062	1.289	3.143	1.606	1.633	6
2014								
2015								
Σ	25.772	8.425	14.069	3.278	6.698	8.074	10.927	73

Izvor: SGS, RZS, od 2007-2015.

Analizirajući investicije u nova osnovna sredstva uočava se da je u periodu od 2005-2013. godine u nova osnovna sredstva 25.772 mln RSD od čega je u nove kapacitete uloženo 8.425 mln dinara, u rekonstrukciju 14.069 mln dinara i u investiciono održavanje 3.278 mln dinara. Dakle, po karakteru izgradnje najviše investicija je uloženo u rekonstrukciju, dogradnju i proširenje postojećih kapaciteta, 54,6%, u izgradnju i nabavku novih kapaciteta, 32,7% i u održavanje nivoa korišćenih kapaciteta 12,7%. Ovakva kretanja investicionih ulaganja u industriji celuloze i papira rezultat su nastojanja da se obnove i prošire postojeći pogoni u ovoj grani.

Ako se uzmu u obzir prezentirani podaci može se zaključiti da je u industriji celuloze i papira do 2012. godine bilo dominantno investiranje u opremu što je rezultiralo povećanjem obima proizvodnje.

Jedan od bitnih pokazatelja značaja i uloge proizvodnje određene grane u celokupnoj privredi je i njeno učešće u ukupnom društvenom proizvodu zemlje. Industrija celuloze i papira učestvuje u ukupnom društvenom proizvodu Srbije u periodu od 2009-2013. godine iznosi 0,16%, 0,07%, 0,05%, 0,22% i 0,16% respektivno. (Tabela 4)

Tabela 4. Udeo investicija u bruto domaćem proizvodu RS, 2009-2013. godina (u mil. RSD)

	<i>Vrsta</i>	<i>2009</i>	<i>%</i>	<i>2010</i>	<i>%</i>	<i>2011</i>	<i>%</i>	<i>2012</i>	<i>%</i>	<i>2013.</i>	<i>%</i>
1	<i>BDP, u tekućim cenama*</i>	2.880.059	100	3.067.210	100	3.407.563	100	3.584.235	100	3.876.403	100
2	<i>Bruto investicije u osnovne fondove *</i>	566.156	19,7	570.054	18,6	626.666	18,4	758.695	21,2	668.358	17,2
3	<i>Investicije u sektoru celuloze i papira**</i>	4.532	0,16	2.286	0,07	1.538	0,05	7.721	0,22	6.423	0,16

Izvor: Prerađeno od strane autora

** RZS Nacionalni računi, Bruto domaći proizvod RS 1995-2014, (ESA 2010)*

<http://webzrzs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=61>

*** RZS, od 2007-2015*

Udeo bruto investicija u bruto domaćem proizvodu je u 2013. godini iznosio 17,2%. Najveći udeo investicija u BDP-u bio je 21,2% u 2012. godini. Udeo investicija u 2014. godini je iznosio 16,7% i predstavlja najmanji udeo u domaćoj vrednosti u prethodnih 5 godina što predstavlja pokazatelj smanjena obima poslovanja. Intencija domaće makroekonomske politike jeste da se stopa investiranja poveća na preko 20% BDP-a kako bi se ojačala domaća proizvodnja. Udeo investicija sektora celuloze i papira u bruto investicijama u osnovne fondove je u periodu 2009-2013. godina iznosilo 0,80%, 0,40%, 0,24%, 1,01,% i 0,96% respektivno. Najviše se investiralo u 2012. a najmanje u 2011. godini.

Smanjenje nivoa investicija poslednjih godina se reflektovalo na obim industrijske proizvodnje. Prema podacima RZS u februaru 2016. godine zabeležen je međugodišnji rast industrijske proizvodnje od 14%, dok je u odnosu na prosek 2015. godine proizvodnja manja za 2%. U isto vreme, prerađivačka industrija je ostvarila rast od 10,9%, kojoj pripada i industrija celuloze i papira. Ostavareni rast je rezultat većeg rasta u sektoru prehrambene i hemijske industrije i štamparskih usluga, u odnosu na pad proizvodnje u farmaceutskoj i tekstilnoj industriji.⁷

Posmatrano po sektorima u martu 2016. godine, u odnosu na mart 2015, zabeležen je rast u sektoru rudarstva (16,6%), sektoru snabdevanja električnom energijom, gasom, parom i klimatizacija (16,6%), i sektoru prerađivačke industrije (5,9%) kome pripada i proizvodnja celuloze i papira.⁸

⁷ Ministarstvo finansija Republike Srbije (2016) *Bilten javnih finansija*, broj 138. februar 2016. godine, str. 4.

⁸ RZS (2016) *Saopštenje za javnost*, Republika Srbija na:

Tabela 5. Industrijska proizvodnja po proizvodima 2012- 2015. godina, RS

O P I S	Jedinica mere	2012	2013	2014	2015
Proizvodnja papira i kartona	tona	141.965	168.328	167.587	172.617
Proizvodnja talasastog papira i kartona i ambalaže od papira i kartona	tona	226.161	234.161	218.267	226.196
Proizvodnja predmeta od papira za domaćinstvo i ličnu upotrebu	tona	36.205	42.088	40.835	45.458
Konfekcioniranje papira	tona		1.605	114	163
Proizvodnja ostalih proizvoda od papira i kartona	kg	4.281.283	3.472.917	3.255.323	3.438.070

Izvor: Republički zavod za statistiku, Industrijska proizvodnja po proizvodima, 2012-2015. godine
<http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=68>

U 2015. godini, najveći obim proizvodnje u okviru industrije celuloze i papira, ostvaren je u proizvodnji talasastog papira i kartona, koja je povećana za 3,6% u odnosu na prethodnu godinu. Na drugom mestu je proizvodnja papira i kartona, gde je, takođe, zabeležen porast od 3,6%. Proizvodnja predmeta od papira za domaćinstvo i ličnu upotrebu beleži najveći porast od 11,3% u ovoj grani industrije.

Način finansiranja investicija je značajan zbog sagledavanja izvora sredstava iz kojih su se vršila ulaganja u industriju celuloze i papira. U tom cilju će se posebna pažnja posvetiti analizi isplata za investicije po izvorima finansiranja u industriji celuloze i papira u periodu od 2005 do 2013. godine.

Tabela 6. Isplate za investicije u industriji celuloze i papira, 2005-2013.**u mln RSD**

Godina	UKUPNO	Sopstvena sredstva	Udružena sredstva	Finansijski krediti	Ostali fondovi
2005	542	209	-	333	-
2006	2.253	1.890	1	362	
2007	2.792	1.575	55	1.024	138
2008	4.224	2.548		1.646	30
2009	3.693	3.168	20	505	-
2010	2.155	1.905		250	-
2011	1.577	1.452		124	
2012	3.734	2.896	8	829	
2013	7.444	2.508		4.935	

Izvor: SGS, RZS, od 2007-2015

U ukupnim izvorima finansiranja dominira učešće sopstvenih sredstava. Udeo sopstvenih sredstava u ukupnim izvorima finansiranja se kreće od 34% (2013. godina) do 92% (2011. godina). Na taj način se povećava stepen zaduživanja. Pravilo koje vlada u zemljama sa razvijenom privredom jeste da je zaduživanje poželjno ali pod uslovima da stope povraćaja nadmaše kamatne stope po uzetima kreditima.

Budući da su domaće kamatne stope visoke samofinansiranje predstavlja veoma pogodan način finansiranja investicionih projekata jer su sopstveni izvori investitoru dostupni u svakom momentu i predstavljaju najjeftiniji način finansiranja investicionih projekata. Visoke kamatne stope posledica su restriktivne monetarne politike i visokog rizika uslovljenog političkom i ekonomskom nestabilnošću.

4. ZAKLJUČAK

Glavni izvor kreiranja vrednosti, produktivnosti i rasta u savremenim uslovima se zasniva na investicijama. Obim investicionih aktivnosti značajno utiče na promenu prirode ekonomskog i društvenog života u Srbiji u celini i doprinosi stvaranju uslova za buduće uspešno poslovanje i razvoj privrede.

Imajući u vidu rastuće potrebe za proizvodima industrija celuloze, papira i prerade papira Republike Srbije, njenu povezanost sa drugim privrednim granama, kao i činjenicu da je proizvodnja u ovom sektoru daleko ispod nivoa tražnje, investiciona politika treba da bude usmerena ka ulaganju u profitabilne projekte.

Rast nacionalne ekonomije se zasniva na porastu udela investicija u BDP-u. Projekcije su da je potrebno obezbediti najmanje 20% investicija u BDP-u kako bi se ojačala domaća proizvodnja. Ulaganja u industriju celuloze i papira su još uvek minorna. Njihovim povećanjem će se stvoriti uslovi za porast obima proizvodnje u ovom sektoru.

Iz navedenog proizilazi da su neophodna dodatna kapitalna ulaganja u industriji celuloze, papira i prerade papira Srbije sa ciljem povećanja efikasnosti na domaćem i inostranom tržištu.

LITERATURA

1. Jaćimović, D., Bjelić, P., Marković, I. (2013) *Uticaj svetske ekonomske krize na međunarodne investicione i trgovinske tokove u regionu Zapadnog Balkana*, Ekonomske teme, 51 (1), str. 1-20.
2. UNCTAD (2015) *World Investment Report 2015: Reforming International Investment Governance*, New York and Geneva: United Nations.
3. Jaćimović, D., Karadžić, V., Kalezić, Z. (2007) *The quality of Governance impact to the FDI inflow-Balkan Case*, Contemporary Challenges of Theory and Practice in Economics, Belgrade: Faculty of Economics.
4. Богдавац-Цветкович, Н., Котлица, С., Павлович, Р. (2013) *Воздействие макроэкономической политики на развитие экономики Сербии*, поглавље у монографији Новик, А. Н. (уредник), Сербские научные исследования 2012, Сборник научных статей. – Москва, Экон-информ, стр. 174-185.
5. Ministarstvo finansija Republike Srbije (2015) *Tekuća makroekonomska kretanja*, Republika Srbija, april 2015.
6. Božić Miljković, I. (2015) *Efekti stranih direktnih investicija na promenu privredne strukture Srbije*, Ekonomski vidici, XX (2015), Br. 2-3, str. 213-225.
7. Bogavac-Cvetković, N., Dragičević-Radičević, T., Mitrović, R. (2012) *Preduzetnički ambijent – šanse i ograničenja*, Megatrend Revija, vol 9 (1) 2012. godine, str. 17-34.
8. RZS Nacionalni računi, *Bruto domaći proizvod RS 1995-2014*, (ESA 2010); dostupno na: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=61>
9. Republički zavod za statistiku, *Industrijska proizvodnja po proizvodima, 2012-2015*; dostupno na: <http://webzrs.stat.gov.rs/WebSite/Public/PageView.aspx?pKey=68>
10. Ministarstvo finansija Republike Srbije (2016) *Bilten javnih finansija*, Republika Srbija, broj 138., Februar 2016. godine.
11. Republički zavod za statistiku (2016) *Saopštenje za javnost*, Republika Srbija; dostupno na: <http://www.srbija.gov.rs/vesti/vest.php?id=264714>

INDUSTRIJA CELULOZE I PAPIRA PRED NOVIM GLOBALNIM I REGIONALNIM RAZVOJNIM IZAZOVIMA⁹

PULP AND PAPER INDUSTRY IN FRONT OF THE NEW GLOBAL AND REGIONAL DEVELOPMENTAL CHALLENGES

Petar Đukić

Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Izvod

Oporavak sveta od ekonomske krize zahteva promene u pristupu proizvodnji, posebno prerađivačkoj industriji. Konkurentnost sa jedne strane, ekološka održivost, energetska i resursna efikasnost sa druge, ključni su izazovi nove ekonomije. Industriji celuloze i papira prolazi kroz vrlo dinamične tehnološke i organizacione promene, koje vode ka višem nivou reciklaže, nižoj upotrebi energije i materijala po jedinici dodate vrednosti. Oporavak privrede Srbije tokom 2015. bio je veoma slab, a izgledi za 2016. su pod velikim teretom zakasnelih reformi. Uslovi privređivanja ne daju velike izgleda industriji celuloze i papira na kratak rok. Ekološko-energetska modernizacija i napredak konkurentnosti pružaju izvesne prilike za skroman ali dostižan rast.

Glavne reči: izlazak iz recesije, globalna ekonomija, modernizacija procesne industrije, energetska efikasnost, konkurencija, tehnološka rekonstrukcija

Abstract

The recovery of the world from the economic crisis requires a change in the approach to the production, especially to the process industry. Competitiveness on one hand, ecological sustainability, energy and resource efficiency on the other, are key challenges of the new economy. Pulp and paper industry is going through very dynamic technological and organizational changes, leading to higher levels of recycling, lower use of energy and materials value added per unit. The recovery of the Serbian economy during the 2015 was very weak, and the prospects for 2016 are under the great burden of delayed reforms. Economic conditions do not give great prospects to pulp and paper industry in the short term. Eco-energy modernization and the progress in competitiveness provide certain opportunities for modest, but attainable growth.

Key words: recovery from the recession, the global economy, the modernization of the process industry, energy efficiency, competition, technological reconstruction

UVODNE NAPOMENE

Čitav svet se uzda u nešto bolju globalnu ekonomsku scenu i viši rast u 2016. Međutim, ekonomska aktivnost svuda unaokolo odvija se pod pritiskom brojnih izazova od kojih su svakako danas najveći terorizam i klimatske promene. Pri tome, ne treba izgubiti iz vida i pretnje novim recesionim talasima, bar na regionalnom i nacionalnom nivou.

Opšti uslovi privređivanja u velikom delu sveta još su nepovoljni, tražnja slaba, poresko opterećenje visoko, nezaposlenost visoka, a uslovi kreditiranja veoma nepovoljni. Globalne prognoze rasta, redukuju se po pravilu na niži nivo. Ta praksa se ponavlja nekoliko godina unazad. Sve u svemu globalna konjunktura scena daleko je od poželjne, mada iz pojedinih tačaka svetske ekonomije stižu ohrabrujući signali. Prognoze rasta prognozirano u januaru od 3,2% za 2016. i 3,5% za sledeću godinu, u aprilskom izveštaju redukovane su za par desetina procenta¹⁰. Prema novijim izveštajima

⁹ 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

¹⁰ Za Evropu stižu ohrabrujući signali. Stope rasta su relativno visoke, bar u odnosu na dosadašnji letargični period. Prema procenama MMF-a

MMF-a globalna ekonomija posrće već duže vreme (čitavih sedam godina) a „period usporenog rasta isuviše i neočekivano se produžava“. Međutim, pri tome ima dobrih i loših vesti. Ekonomija SAD nastavlja solidan rast i povećavanje radnih mesta, dok Evropa generalno poboljšava svoje stanje i podiže lagano stope svog rasta, dok Japan ostaje u stanju upitnosti. Uz izvesne izuzetke kao što je Indija na primer, brzorastuće zemlje i zemlje u razvoju nastavljaju da usporavaju svoje ekonomske aktivnosti, uz pad cena robe i slabljenje finansijske aktivnosti, tako da konzistentan i održiv globalni rast ostaje neizvestan“ (IMF 2016).

1. SRBIJA U SVETU NOVE EKONOMIJE

Srbija se lagano podiže iz letargije koja ju je zahvatila po više osnova. Bez obzira što je brutodomaći proizvod u prvom tromesečju 2016. na međugodišnjem nivou, za naše prilike „odskočio“ i povećan je 3,5 odsto, a industrijska proizvodnja čak preko 10%, to se ne može prihvatiti kao izraz opštepovoljnog privrednog stanja, već samo kao nešto povoljniji kratkoročni trend. Evropska banka je revidirala prognozu rasta za Srbiju u ovoj godini navise, sa oko 1,5% na 2%, ali je to još uvek najslabiji rezultat u regionu, koji bi trebalo u celini da ostvari nešto višu stopu rasta.

Ekonomija današnje Srbije, inače generalno i dugoročno posmatrano, u slabom je stanju. Tome su uglavnom su doprinele tri bitne činjenice:

- slom socijalističke privredne strukture, raspad jugoslovenskog tržišta, sankcije, hiperinflacija itd, tokom poslednje decenije XX veka;
- loše sprovedene reforme ekonomije, naročito privatizacija, nakon političkog preokreta i demokratizacije 2000;
- ekonomska kriza (koja je u Srbiji trajala od 2009. do 2015.) i koja je manje razvijene zemlje Evrope, posebno male zemlje u tranziciji pogodila više nego ostale.

Tako se desilo da je Srbije tokom poslednjih sedam godina imala čak tri talasa recesije (2009, 2012. i 2015.) a ostatak perioda protekao je u okolnostima minimalnog rasta, pa nivo proizvodnje iz 2008. još nije dostignut. Skromni rast, ostvaren protekle 2015. godine, prema privremenim procenama na nivou nižem od 1%, bez obzira na trend ubrzavanja, nije velika uteha i ne pruža velike nade u oporavak, inače u tranziciji posebno ugroženog, proizvodnog sektora. Industrijska proizvodnja iz socijalističkog perioda je urušena već krajem XX veka, a njen oporavak od 2001. do 2008. bio je mnogo sporiji, u odnosu na ekonomsku aktivnost uopšte. O tome postoje mnoga svedočenja i stručna tumačenja koja se slažu u jednom: vreme socijalističke industrijske strukture u Srbiji ne može se više vratiti. Neophodna je nova industrijska i celokupna ekonomska struktura (Drašković 2014).

Kasnija evolucija industrije, od 2009. pa do sada, naročito prerađivačke opet pokazuju dublje padove i sporije oporavke od ostatka privrede, pa je za današnju Srbiju zapravo prava enigma kako revitalizovati konkurentnu industriju. Naime, sve dosadašnje strategije koje su se bavile tim aspektom privrednog razvoja, pokazale su se više-manje kao mrtvo slovo na papiru (Stamenković 2010, Dimitrijević, 2013...).

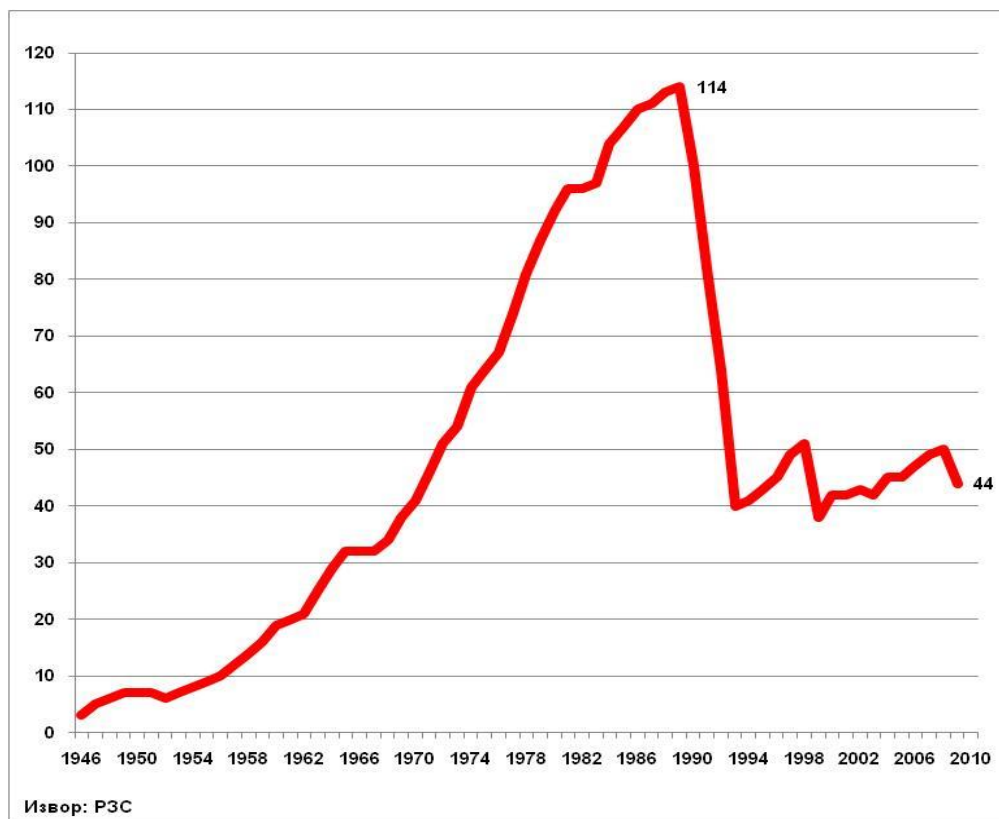
Reforme javnog sektora, posebno neefikasnih državnih preduzeća suštinska su preporuka-obaveza za Srbiju koju nameće MMF. U najnovijim izveštajima podvlači se „neohodnost podizanja efikasnosti javnog sektora što bi za privredu moglo da znači neku vrestu kompenzacije za nedostatak finansijskih resursa“. I dalje, jedina mera koja bi vodila ka novom zapošljavanju u gubitničkim javnim preduzećima je implementacija dubokog restrukturiranja i finansijskog osposobljavanja“ (MMF 2016). U tom izveštaju se dalje navodi da se srpski parlament fokusira na iskoračenje visokih neporeskih prihoda, kao što su dividende od državnih preduzeća. Principijelno, MMF to pozdravlja, ali samo do te mere dok takva zahvatanja ne zaprete finansijskom nestabilnošću tih preduzeća.

2. INDUSTRIJALIZACIJA I DEINDUSTRIJALIZACIJA

Industrija je, kako to obično biva u uslovima nedovršenih reformi, potonula mnogo dublje od ostatka privrede. Veoma je kontroverzna statistička slika industrijske proizvodnje koja se menja pod uticajem nestabilnog oporavka i lošeg delovanja strukturnih promena. Prethodni uspon i pad centralistički izgrađene industrije Srbije u okviru socijalističke Jugoslavije, bio je posledica više

nepovoljnih tokova od kojih je ključna netržišna orijentacija te industrijske strukture u odnosu na globalne promene.

Sa grafikona na slici 1. jasno se uočava da je krećući od „nule“ 1946. industrija Srbije, izrastala kao feniks iz pepela, već od sredine pedesetih godina, i od tada je uvećana više od jedanaest puta do 1989. godine od kada počinje njen strmoglavi pad. Međutim, sadašnji obim industrijske proizvodnje u Srbiji još uvek nije mnogo veći od jedne trećine dostignutog maksimuma od pre 27 godina.

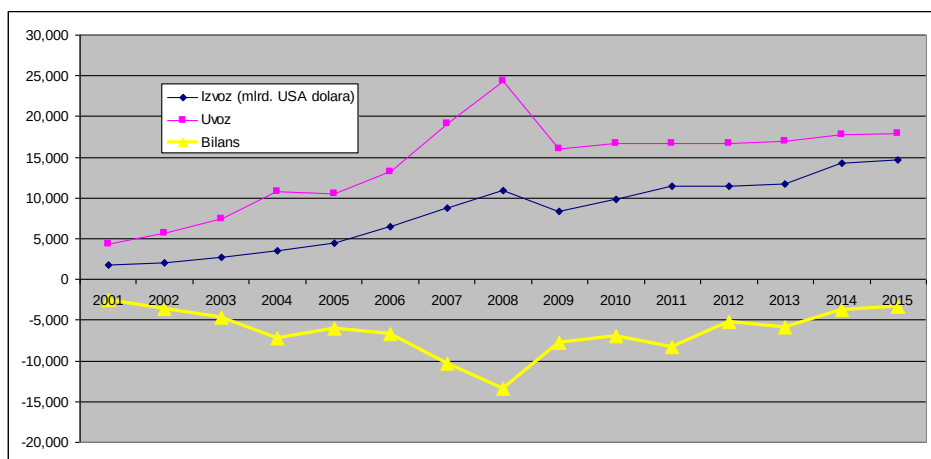


Slika 1. (De)industrijalizacija Srbije (Izvor: Republički zavod za statistiku)

Zato nije na odmet napomenuti da je najpre 2009. industrijska proizvodnja u Srbiji potonula čak za 12,6%, dok je pad BDP iznosio 3,1%, a u 2014. taj pad je iznosio 3%, pri smanjenju ukupne ekonomske aktivnosti, merene realnim BDP-om od 1,8%. Sa druge strane nestabilno kretanje industrijske proizvodnje u Srbiji izraz je visokih fluktuacija, izazvanih ekspanzijom ili blokadom rada pojedinih „velikih“ kompanija kao što su Železara u Smederevu, Fijat Srbija itd., usled različitih okolnosti: pad međunarodne tražnje, povlačenje stranih investitora, blokada ili aktiviranje potraživanja.

Jedini srednjoročni ohrabrujući podaci su oni koji se tiču uvozno-izvoznog bilans, koji se lagano popravlja zahvaljujući „učincima“ krize. Za manje od šest godina krize, vrednosti uvoza i izvoza su najpre drastično smanjene tokom recesije 2009, ali su kasnije te vrednosti rasle, čak i u godinama smanjivanja BDP, pri čemu je najbitnija stalna tendencija nešto bržeg rasta vrednosti izvoza, koji je tokom 2014. godine pokrивao čak 73% vrednosti uvoza. Naime, deficit spoljne trgovine Srbije kulminirao je u vremenu okončanja konjunktura, a za 2008. godinu iznosio je čak od 13,3 milijardi USA dolara, a „pokrivenost“ uvoza izvozom bila svega 45%. Da bi zatim zatim lagano rasla a deficit lagano smanjivao, tako da je „pokrivenost“ 2015. dostigla preko 74% (Slika 2).

Razume se da je ukupnoj spoljno-trgovinskoj slici i međunarodnoj ekonomskoj poziciji današnje Srbije industrijska proizvodnja danas doprinosi daleko manje nego ranije, jer se udeo industrije u BDP permanentno smanjuje, a danas on iznosi oko 15%. Udeo poljoprivrede u BDP je preko 10%, a u izvozu je veći nego što ga pruža industrijska proizvodnja.



Slika 2. Ekspanzija uvoza i spoljno-trgovinskog deficita pre krize i pozitivne tendencije smanjivanja deficita od 2009. uz nešto brži rast izvoza Izvor: Republički zavod za statistiku

Da li to znači da budućnost Srbije u novoj ekonomiji sveta i okruženja treba da se zasniva na poljoprivredi i uslugama a ne na industriji ili bar prerađivačkoj?

To je relativno kontroverzno pitanje iz dva razloga:

- prvo, Srbija danas ni po čemu ekonomski ne može da zauzme položaj koji je imala prethodna Jugoslavija, kao srednje razvijena industrijsko-poljoprivredna zemlja. Današnja industrija u čitavom svetu daleko je od strukture i sistema koji su funkcionisali pre više od dve i po decenije, pa ni Srbija nema potencijale, tržište i međunarodni položaj, da bi zadržala te attribute koje je prethodno imala jugoslovenska industrija.
- drugo, Srbiji je neophodna industrija da bi harmonizovala sopstvenu ekonomsku strukturu i koliko-toliko skladnu i održivu ekonomsku celinu koja ima perspektive da razvija proizvodnju hrane i pratećih prerađevina, energije, znanja i usluga. Dakle, za prerađivačku proizvodnju, visokog stepena finalizacije, neophodna je primarna proizvodnja kvalitetnih, ekološki podobnih proizvoda, kao i prerada tih proizvoda i proizvodnja mnogih pratećih proizvoda kao što su proizvodnja gume i plastike, ambalaža, pakovanja, pa prema tome i industrija celuloze, papira, i proizvoda od papira.

Urušavanje industrije, visoka stopa njenog statističkog rasta u prva tri meseca 2016. u odnosu na referentni period protekle godine od 10,5%, lako bi mogao za zavarati. Naime, najveći udeo u tom rastu imaju rudarstvo i energetika (rast preko 16%) je rezultat slabe referentne baze iz prvog kvartala 2015, zbog posledice poplava. Nažalost, svi pomenuti faktori i dalje će delovati na rezultate industrijske proizvodnje koja ostaje najranjiviji sektor ekonomije Srbije. Zašto je to danas tako?

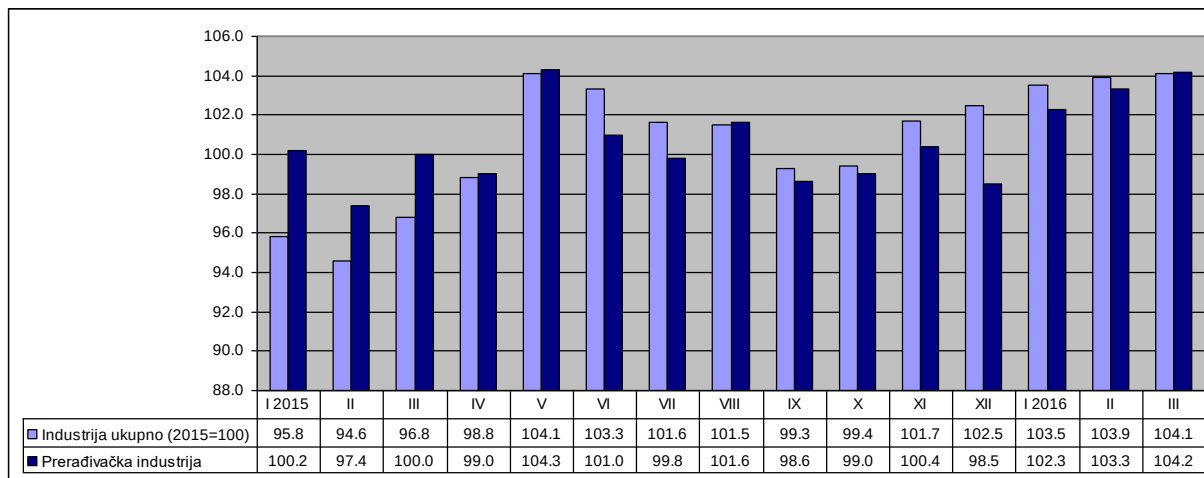
Najjednostavniji odgovor glasi: industrija Srbije nije se prilagodila uslovima nove globalne ekonomije, koja se zasniva na znanju i globalnoj konkurenciji. Restrukturiranje industrije sastavni je deo ekonomskih promena u celom svetu, kroz koji prolaze industrije industrijski i tehnološki najrazvijenijih zemalja sveta, i taj proces traje već od osamdesetih godina XX veka, a podrazumeva povećanje produktivnosti svih faktora proizvodnje, tržišnu samostalnost, intenzivnu međunarodnu i regionalnu saradnju.

3. PRERAĐIVAČI U NOVIM USLOVIMA: „HOD PO MUKAMA“

Prerađivačka industrija, kao glavni i strateški adut obnove industrije u Srbiji na osnovu tzv. nove ekonomije, u referentnom periodu I-III 2016 u odnosu na isti period prethodne godine povećana je za 6,5%, što će reći da je stepen njenog oporavka znatno sporiji, ili da je krizni udar na ovu industrijski sektor bio daleko izrazitiji. Prerađivačka industrija je onaj deo industrijske proizvodnje na koji se računa kao na adut za privredni razvoj i izvoz.

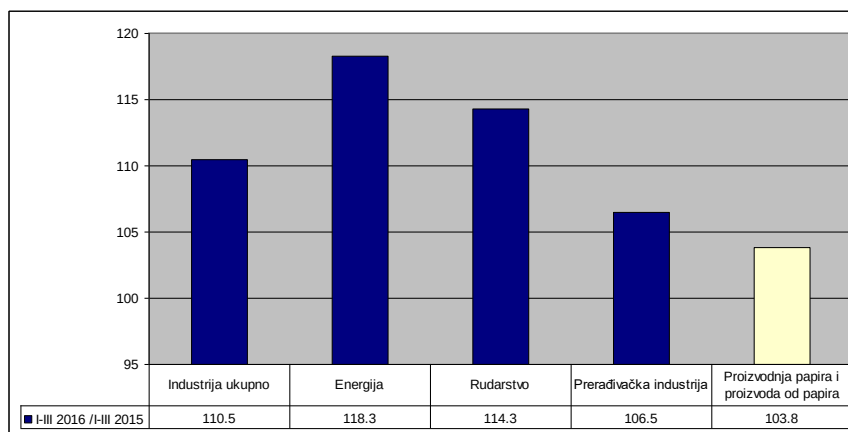
Kao da dolazi do promena koje ukazuju da ovaj sektor polako gubi trku. Naime, u ukupnoj industrijskoj proizvodnji sve veći udeo dobijaju energija i rudarstvo. Na grafikonu (slika 3) očigledno

je da se, nakon prirodne katastrofe 2014. prerađivačka industrija oporavljala nešto bržim tempom od ukupne industrija, samo tokom prva tri meseca 2015. i da je u svim kasnijim mesecima beležila niže indekse u odnosu na industriju uopšte.



Slika 3. Indeksi ukupne industrijske proizvodnje i prerađivačke industrije u Srbiji (prosek 2015 = 100)

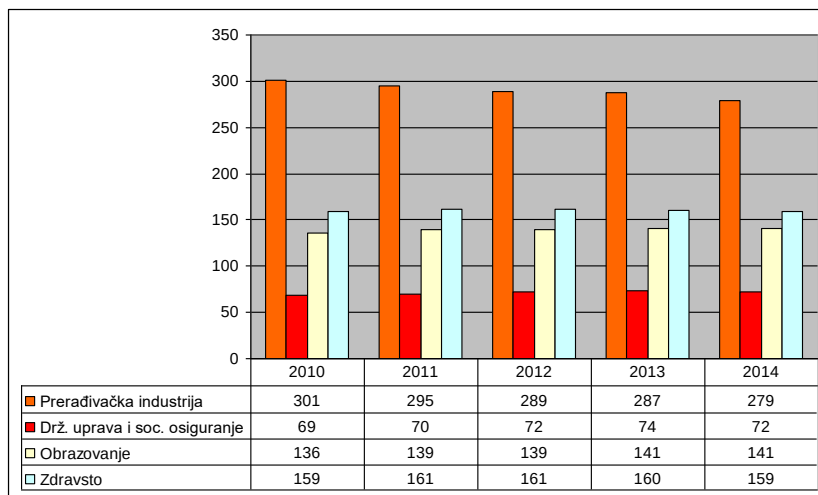
Današnji prerađivački sektor u čitavom svetu je pod pritiskom sve strožih zahteva: energetske efikasnosti, ekološke održivosti, kao i principa i modela tzv tehnološke integracije. Naime, ukoliko je reč o proizvođačima guma, nije više dovoljno samo da se prate tak samo promene na tržištu pneumatika, već celokupni bezbednosni infrastrukturni sistem i autoindustrija u celini, prerada hrane mora da prati dostignuća medicine i sporta, a građevinarstvo većinu energetskih tehnoloških inovacija, novih materijala i zaštite životne sredine. Tako se danas na globalnom tržištu sve više traže „pametni“ automobili, „pametne“ zgrade i stanovi, energetski efikasni uređaji, umreženi i „pametni“ infrastrukturni sistemi za saobraćaj, elektro- snabdevanje, gas i vodosnabdevanje.



Slika 4. Uporedno kratkoročno kretanje pojedinih sektora industrijske proizvodnje za prva tri meseca 2016. u odnosu na isti period 2015. (Izvor RZS: Saopštenje 103, 28.04.2016.)

Uz sve to, proizvodnja automobila, nameštaja, tekstila, gume i plastike..., u današnjem svetu zasniva se na tehnološkoj saradnji i kooperaciji sa najrazličitijim globalnim partnerima, što povećava produktivnost svih faktora proizvodnje. Međutim, tzv. model povećavanje produktivnosti na bazi smanjenja zaposlenosti, kao princip restrukturiranja, dalo je relativno loše rezultate u industriji Srbije, jer je ukupni broj zaposlenih od 620 hiljada u 2001. do 2008. pao na jedva iznad polovine ili svega 320 hiljada već u 2008. godini. Ni u jednoj referentnoj zemlji sa sličnom ekonomskom strukturom i industrijskim nasleđem nije se desio takav udar kao na industriju Srbije.

Rezultati promena zaposlenosti zemalja kao što su: Bugarska, Češka, Rumunija, Mađarska, Slovačka. U svim ovim zemljama industrija je 2008. zapošljavala približan broj ljudi kao i 2001. Izuzetak su Mađarska i Slovenija čija se industrijska zaposlenost neznatno smanjila, ali se zato obim proizvodnje bitno povećao (Đukić 2015a, str. 156). Prerađivači u Srbiji zapošljavaju sve manje radne snage (slika 4) naročito u poređenju sa administracijom.



Slika 4. Zaposlenost u prerađivačkoj industriji u konstantnom padu, za razliku od državne uprave, obrazovanja i zdravstva (izvor: RZS)

Izgubivši dragocenu deceniju za reforme i prilagođavanje uslovima nove globalne ekonomije, Srbija je znatno povećala troškove svoje tranzicije. Da li bi se današnja industrija Srbije već prilagodila novim globalnim i regionalnim okolnostima, da je se sa restrukturiranjem počelo na vreme? Odgovor je samo delimično potvrđan. U proteklih 15 godina bilo je dovoljno prilika za preobražaj i programe restrukturiranja koji nisu iskorišćeni.

4. DOSLEDNOST REFORMI I RESTRUKTURIRANJE

Ogroman broj tzv „velikih“ društvenih preduzeća, koja su svojevremeno bila okosnica regionalnog razvoja, nije mogao ni da se privatizuje, niti da propadne, preuzimanjem vlasništva, odnosno imovine. Državna administracija, bez obzira ko bio na njenom čelu, poštovala je nepisano pravilo da se ne dira u taj osinjak zbog navodnih strateških interesa, ili socijalnog stanja pojedinih regiona.

Većina kompanija koje su u okviru Vladinog plana restrukturiranja, bile izuzete od naplate potraživanja od maja 2015. do maja 2016. pripadaju prerađivačima. Ove kompanije popularno nazvane „17 žigosanih“ još uvek su kamen o vratu čitave srpske ekonomije, tako da niko od zvaničnika nije baš načisto šta sa njima preduzeti, ali je u trenutku nastanka ovog teksta, delimično izvesno kako će se dalje razrešavati (bolje reći prolongirati rešavanje njihove sudbine). Krajem 2014. pojavili su se spiskovi preduzeća koja treba po različitim osnovama da podlegnu privatizaciji, stečaju ili likvidaciji. Krajem maja 2015. stupila je privremena uredba vlade o tome da se od naplate potraživanja za godinu dana izuzimaju tzv. „strateški važna preduzeća“. Tome je prethodila „dobra volja“ velikih sistema kao što su elektroprivreda gasna privreda, kompanije za grejanje itd. da otpišu čak 90% svojih potraživanja prema „strateški bitnim sistemima“. Na osnovu izmena u Zakonu o privatizaciji 25. maja 2015. iz spiska preduzeća za restrukturiranje u startu je izuzeto 17 kompanija od „strateškog značaja za lokalni razvoj privrede Srbije“, „Lanac nenaplativih potraživanja je produžen pa i osnažen, čime su mnoge manje finansijski zavijene u crno. Time je ponovo urušen koncept reformi (Đukić 2015a)..

Odstupanje od koncepta reformi, obično se povezuju sa voljom radništva, međutim najveći broj štrajkova ili pretnji štrajkovima dolazio je iz javnih službi: pravosuđe, advokatska udruženja, zdravstvo, obrazovanje itd, a daleko manje od sindikata preduzeća u restrukturiranju. Mnoga od njih

bila su toliko dugo „u restrukturiranju“, da su ostala bez zaposlenih.. Vratimo se grupi „17 žigosanih“. Opstrukcija mogućih potraživanja od ovih firmi lako može da dolazi i od strane (partijskih) direktora a ne radništva.¹¹ Šta raditi sa onim firmama koje u su zaboravljene već 14 godina? Jednogodišnji period u kome su bile na *stand by-ju* ističe za nekoliko dana nakon predaje ovog teksta u štampu. U javnost je prodrila istina o tzv. „internom dokumentu Vlade“ koji je dostavljen Svetskoj banci i MMF-u. U njemu je zastupljen stav da iz statusa „privilegovanih“ ne bi postali „žigosani“, Vlada je za svaku od kompanija predvidela dodatna „rešenja“, kako se na ulici ne bi našlo 21.000 radnika, koliko ih ima u ovim firmama. Spisak mera za pojedina preduzeća nalazi se dostupan u štampi.

5. CELULOZA, PAPIR I PRATEĆE GRANE: SRBIJA I OKRUŽENJE

Industrija celuloze i papira u svetu jedan je od vodećih ekonomskih i tehnoloških sektora. Kao najveći potrošač korisnik drveta u današnjem svetu (oko pola ukupne proizvodne potrošnje) ona ima i posebnu ekološku odgovornost. Naime, celuloza, papirni proizvodi, kako za higijenu, tako i za ambalažu i pakovanja svih vrsta, postaju sve atraktivniji za nova tehnološka rešenja koja štede materijal i energiju, sve više recikliraju a sve manje zagađuju, pre svega vodu kao dragoceni i oskudni resurs današnjeg sveta. U takvim okolnostima domaća proizvodnja nalazi se pod posebnim pritiskom snažne strane konkurencije, naročito iz novoindustrijalizovanih zemalja. Pošto sve pomenute kriterijume nije lako zadovoljiti, pred ovim sektorom su još dinamičnije promene i rešenja na koja mi danas verovatno ne možemo ni pretpostaviti. Reciklaža je samo jedan parcijalni model odbrane održivosti rastuće proizvodnje papira. Tzv. „ugljenični otisak“, zagađenje vode i upotreba energije ne mogu se bitno poboljšati reciklažom O tome postoje veoma uverljiva svedočenja brojnih industrijskih ekologa. Najnovija istraživanja govora da se mnoge ekološki zasnovane predrasude ruše pri analizi ekološkog ili ugljeničnog otiska. (David Goleman, 2010)

Evropska strategija razvoja industrija zasnovanih na eksploataciji drveta sve obuhvata sve više ciljeva od kojih su neki jednostavno protivrečni, bar na kratak rok. Tako se na primer, u istoj ravni pominju: podsticanje rasta, resursna i energetska efikasnost, ekonomija repromaterijala, bolja logistika, strukturna prilagođavanja, inovacije i naučno-istraživačka delatnost, obrazovanje i osposobljavanje, koherentnost sa EU legislativom, implementacija u EU klimatsku politiku nakon 2030, kao i širenje međunarodne konkurencije, trgovine i kooperacija, zajedno sa kvalitetnijim informacijama, komunikacijama i boljim imidžom (European Commission, 2016).

Šta će biti sa budućim fabrikama celuloze i papira, hoće li novi materijali potisnuti skupe prirodne sirovine i u većoj meri zaštititi šume od propadanja, na bazi manje upotrebe vode, energije po jedinici proizvedene vrednosti, ili će novi svet morati da promeni navike upotrebe papira i proizvoda od papira, ostaje da se vidi.

Ima li uopšte nade u oporavak industrije u Srbiji? Na to pitanje ponuđen čisto statistički kratkoročni odgovor je pozitivan, jer trend pokazuje izrazito uzlaznu liniju, primetnu posebno s kraja protekle godine. Ohrabruje činjenica da je i pored devastacije i smanjenja zaposlenosti u sektor proizvodnje papira i sličnih proizvoda u ukupnoj prerađivačkoj industriji povećao svoj udeo sa 3,5% na oko 5%, od 2001. do 2015. Sadašnji rast industrije uopšte nakon dubokog potonuća, u 2015. i 2016. označio je buđenje iz mrtvila. Međutim, tek kada se rudarstvo i energetika dovedu u normalu (nakon poplava za godinu-dve dana i strukturne mere države koje se tiču industrije počnu da daju tržišne ishode), tek onda će se uočavati statistički i stvarni tokovi i potencijali razvoja prerađivačke industrije Srbije.

¹¹„Radnici ne pružaju otpor, oni uzimaju otpremnine, ali menadžeri su ti koji blokiraju promene. ... Oni su veoma povezani, dobro su plaćeni i ne žele da izgube svoje pozicije... Interesi tih ljudi... mogu biti najveća prepreka reformama“ - smatra Verheijen, direktor kancelarije Svetske banke u Beogradu. (Izvor:<http://www.blic.rs/Vesti/Ekonomija/577085/Sertic-Za-17-preduzeca-ovo-je-poslednja-sansa-optimista-sam>) pristup 25. X 2015.

ZAKLJUČNE NAPOMENE

Slom industrije Srbije i loše izvedena tranzicija doveli su u težak položaj čitavu ekonomsku strukturu pa i perspektive ekonomije Srbije. Da li je baš moralo sve tako da bude – odgovor će se doći kasnije, kada se utvrdi stepen prilagodljivosti ostatka industrijske proizvodnje u Srbiji i održivost nove industrijske strukture koja se uspostavlja. Iskustvo je dobro pokazalo da veliki prerađivači kao što su „Zastava-automobili“ nisu mogli da opstanu, ali da samo na izvestan način mogu da ih kompenzuju novi industrijske kompanije kao što je „Fijat Srbija“. Industrijski zastareli kapaciteti velika su smetnja novim. Zašto ti novi veći i jači industrijski giganti nisu u većoj meri prisutni u Srbiji?

Samo jedan od ponuđenih odgovora je smanjeno tržište, nivo raspoloživog dohotka i broj potrošača u Srbiji koja danas broji jedva preko sedem milina stanovnika. Kako bi se inače mogla objasniti činjenica da jedna Slovenija, sa jedva preko 2 miliona stanovnika i sa oskudnim resursima, nasleđenim iz prethodne Jugoslavije, ne samo da je očuvala, već je i unapredila svoju industriju i danas slovi za industrijski razvijenije zemlje Evropske Unije. Postoje dakle i prilike za ciljane industrijske sektore svake zemlje, pa i Srbije danas.

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

- Drašković B. (red.) *Deindustrijalizacija u Srbiji – Mogućnosti revitalizacije industrijskog sektora* ", (2014), Beograd, izd. Institut ekonomskih nauka i Beogradska bankarska akademija, Beograd, izd. Institut ekonomskih nauka i Beogradska bankarska akademija
- Dimitrijević B. et al, eksp. tim, (2013). "Nacrt Strategije reindustrijalizacije Srbije" <http://www.sanu.ac.rs/Projekti/Skupovi/2013Reind.pdf>
- Đukić M. P., (2015)., „Održivost reformi ključ za regionalne i evro integracije Srbije", u tematskom zborniku radova, Svet i Srbija: Izazovi razvoja i integracija, (ur. Snežana Grk), Institut društvenih nauka Beograd 2015, (str 59 -89).
- Đukić M. P., (2015a) "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 2015, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu i Centar celulozno papirne, ambalažne i grafičke industrije Srbije, str. 153-161.
- European Commission, (2016) Pulp and paper industry, http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/forest-based/pulp-paper/index_en.htm
- Goleam David (2010), *Ekološka inteligencija*, Geopoetika, Beograd
- IMF Survey (2016) Chief Economist Interview The Global Economy in 2016 January 4, 2016
- Stamenković Stojan, red. (2010) *Postkrizni model ekonomskog rasta i razvoja Srbije 2011-2020*, USAID i Fond za razvoj ekonomske nauke Ekonomskog fakulteta, Beograd.

Corresponding adress:

Petar Đukić, full professor,

Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade,

Karnegijeva 4, Beograd, Serbia

djukic@tmf.bg.ac.rs

TPM IMPLEMENTACIJA- BAZNO/ALATI

TPM IMPLEMENTATION-BASIC/TOOLS

Radovan Vitkovic

*Agencija za konsultantske usluge, Beograd, Sbija
AVALA ADA doo, Beograd, Srbija*

Izvod

Koncept Total Productivity Maintenance (TPM) nastao je u Japanu osamdesetih. Krajnji cilj ovog sistema je proizvodni sistem, koji radi prema Nula logici:

- Nula zaliha (just-in-time proizvodnja) i
- Nula defekata (totalno upravljanje kvalitetom).

TPM donosi promene strategije upravljanja i to naročito na operativnom nivou, koji se smatra ključnim za kompaniju, a sve sa ciljem da bi ispunili i prevazišli očekivanja kupaca uz optimalno korišćenje resursa:

- Pобољшanje ljudskih resursa: Promena načina mišljenja o upravljanju opremom i upravljanju kvalitetom; Stalna obuka i edukacija radi poboljšavanja nivoa znanja;
- Pобољшanje opreme: Efikasnost cele opreme; Autonomno održavanje; Rano upravljanje opremom;
- Pобољшanje kvaliteta: Definisane uslova kojim nećemo proizvoditi greške; Prvi puta dobro; Održavanje kvaliteta;
- Promena kulture;
- Pобољшanje ukupne efikasnosti.

Abstract

Total Productivity Maintenance concept (TPM) was created in Japan during 80's. This concept leads toward manufacturing system that works according to zero logic:

- Zero supplies (just-in-time production) and
- Zero defects (total quality management).

TPM brings changes of the managing strategy, particularly on operating level, which is considered the key level for the company. The goal is to fulfill and even overcome customer's expectations with optimal utilization of resources:

- Improvement of human resources: Change of the way of thinking about equipment and quality management; Permanent training and education, increasing the level of knowledge;
- Improvement of the equipment: Efficiency of the complete; Autonomic maintenance; Early equipment managing;
- Improvement of the quality: Defining the condition in which mistakes will not occur; First time OK; Maintaining the quality level;
- Change of the culture;
- Improvement of total efficiency.

PAPER INDUSTRY AS A GREAT EXAMPLE OF CIRCULAR ECONOMY

INDUSTRIJA PAPIRA KAO ODLIČAN PRIMER CIRKULARNE EKONOMIJE

Mateja Mešl, Tea Toplišek
Pulp and Paper Institute, Ljubljana, Slovenia

Abstract

Paper industry acts as a great example of circular economy, for its use and recycling of natural raw materials as well as circular use of energy and water. Today it operates on the principle of closed loop systems. Circular economy is a concept that was created as a response to pressure from a growing economy, spending the limited resources and the bearing capacity of the environment. The circular economy is therefore directed to re-use, repair and recycling of existing materials and products. It is promoting the use of energy from renewable sources, abundance of the use of dangerous chemicals, reduction of the use of fossil-based materials and the zero waste concept through careful design of products.

Within the context of Slovenian Smart Specialization Strategy, Pulp and Paper Institute developed the program for the priority area “S4 – Networks for the transition to the circular economy”, which covers advanced use of biomass for development of new bio-based materials and products by creating new value chains for cascading use of this renewable raw material.

In transdisciplinary and cross-sectoral cooperation among several companies and R&D institutions, integrated value chains for the material and energy use of biomass were created. Within that, important synergies were achieved which contributes to the long-term international competitiveness of significant part of Slovenian industry; paper and paper converting as well as chemical, textile, wood processing and automotive industry, and construction, engineering and energy sector.

Key words: circular economy, Slovenian Smart Specialization Strategy, value chains

Corresponding person:

Mateja Mešl

Pulp and Paper Institute Ljubljana, Bogišičeva 8, Ljubljana, Slovenia

mateja.mesl@icp-lj.si

UVOĐENJE AUTONOMNOG ODRŽAVANJA OPREME

IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS EQUIPMENT MAINTENANCE

Radovan Vitković, Nikola Marinković

Agencija za konsultantske usluge, Beograd, AVALA ADA doo, Beograd, Srbija

Izvod

Pod autonomnim održavanjem podrazumevaju se poslovi održavanja koje obavljaju operateri koji inače rade na toj mašini.

Operateri rade inspekciju, čiste i podmazuju mašinu, obavljaju sitne popravke, kontrolišu procesne parametre, unapređuju svoju mašinu i radnu oblast itd. Metodologija autonomnog održavanja sastoji se iz sedam koraka, a jedan od ključnih alata u prvom koraku je 5S, od pet japanskih reči koje počinju slovom S, koje na srpskom znače: sortiranje, sredjivanje, čišćenje, standardizacija i disciplina.

Osnovni cilj primene alata 5S je da se napravi čista i organizovana radna sredina, gde ima mesta za sve i gde je sve na svom mestu. U prezentaciji se govori o svim koracima autonomnog održavanja opreme (AM).

Abstract

Autonomous equipment maintenance comprises maintenance activities performed by operator himself.

Operators inspect, clean and lubricate the machine, perform small repairs, control process parameters, improve the machine and working environment etc. The methodology of AM consists of seven steps, among which 5S is one of the key step. 5S stand for five words in Japanes beginning with "s", which mean: sorting, organizing, cleaning, standardization and discipline.

The main goal of 5S tool is to create clean and organized working environment, with enough place for everything and where everything is in the proper place. This presentation also covers all other steps of AM.

NOVI UPRAVLJAČKI SISTEM PREMOTAČA U FABRICI HARTIJE BEOGRAD

NEW CONTROL SYSTEM FOR REWINDER IN FHB BELGRADE

Borislav Jeftenić¹, Neša Rašić², Milan Bebić², Ilija Mihailović², Vladimir Ilić³, Dejan Erić³

¹ EMP Inženjering 2016 DOO, Beograd, ² Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, ³ Fabrika Hartije BEOGRAD d.o.o., Srbija

Izvod

U radu je opisano kako je izvedena rekonstrukcija sa modernizacijom upravljačkog sistema premotača u Fabrici hartije Beograd, decembra 2015. godine. Novi upravljački sistem sa urađenim aplikativnim softverom omogućio je realizaciju svih zahteva za ostvarenje kvalitetne strukture premotane rolne, a to su: precizno regulisana sila zatezanja sa strane odmotača, pritisak pritisknog valjka u funkciji prečnika namotane rolne i željena tvrdoća namotane rolne. Pored ispunjenja navedenih zahteva, podignuta je pouzdanost rada premotača, postignuto je efikasnije i lakše upravljanje i dijagnostika, uz unapređenje tehnologije rada i skraćanje ciklusa premotavanja. EMP Inženjering 2016 DOO je u saradnji sa Laboratorijom za elektromotorne pogone Elektrotehničkog fakulteta iz Beograda izradio projekat, razvio aplikativni softver, vršio nadzor nad radovima koje su izvele stručne službe investitora, i konačno pustio premotač u rad.

Ključne reči: Premotač, upravljački sistem, PLC, elektromotorni pogoni, regulacija sile

Abstract:

This paper presents the reconstruction with modernization of the Rewinder control system in FHB Belgrade, performed in December 2015. New control system with the developed application software fulfilled all requirements for high quality structure of the wound roll: precise regulation of tension force by the unwinder, change of the rider roll pressure as a function of wound roll diameter and desired hardness of the wound roll. Moreover, the reliability of operation of the rewinder is higher, more efficient and easier control and diagnostics are achieved, as well as the improvement in operating technology and shorter rewinding cycle times. EMP Engineering 2016 DOO in cooperation with the Laboratory for electrical drives, School of Electrical Engineering, Belgrade worked out the electrical design, developed the application software, overseen the work performed by the maintenance crew and finally commissioned the Rewinder.

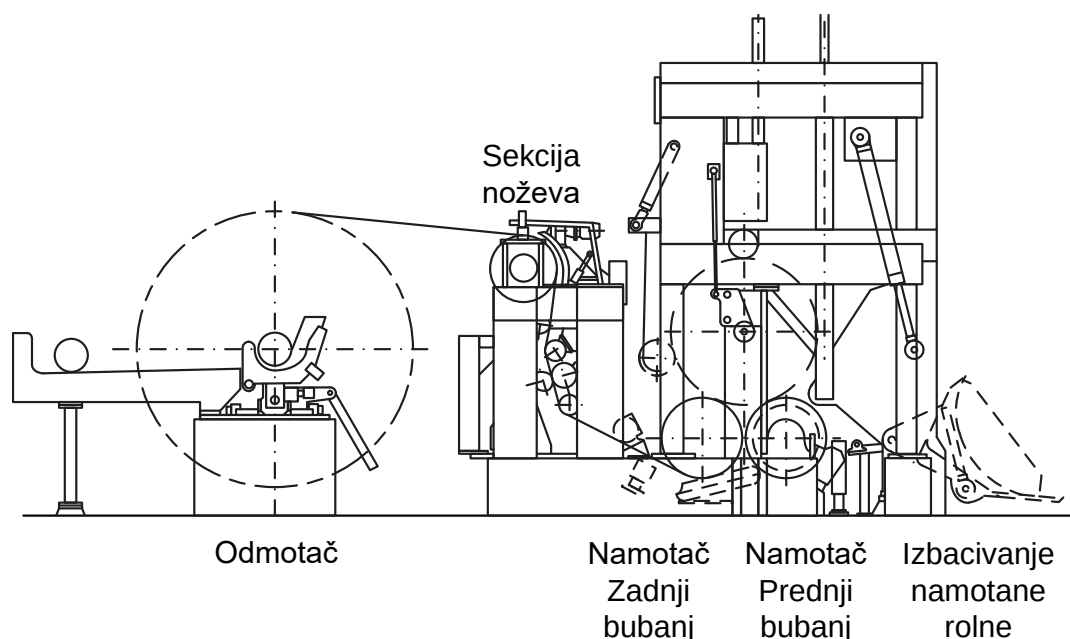
Key words: Rewinder, control system, PLC, electrical drives, regulation of tension force

1. UVOD

Premotač Valmet KL1000 je konstruisan 1987. godine i pušten je u rad u fabrici SCA Packaging u Italiji. Tokom 1998. godine, tokom rada u Italiji, izvršena je rekonstrukcija premotača, kada su ugrađeni za to vreme najmoderniji regulisani tiristorski ispravljači sa digitalnim upravljačkim sistemom i PROFIBUS komunikacijom. Tom prilikom je rekonstruisan i upravljački sistem, sa zamenom upravljačkog softvera. Osnovni delovi premotača prikazanu su na slici 1.

Tokom 2009. godine, premotač je rasklopljen i prenet u Fabriku hartije Beograd, gde je ponovo sastavljen i pušten u rad prema postojećim električnim, hidrauličkim i pneumatskim šemama. Nikakve izmene upravljačkog softvera tada nisu rađene, jer je upravljački softver bio sa zaštićenim kodom. Regulacija pritisknog (jahaćeg) valjka je zadržana od originalne instalacije iz 1987. godine, realizovana pomoću kartica u analognoj tehnici. Merenje visine pritisknog valjka, kao i merenje sile zatezanja u kartonu takođe su realizovane analogno, pomoću potencijometra, odnosno senzora sile na bazi otporničkih mernih traka. Navedene analogne komponente su tokom dugog niza godina eksploatacije dotrajale, zbog toga su se javljali problemi u radu, što je rezultiralo čestim zastojsima u radu premotača. Pored toga, i komponente upravljačkog sistema iz 1998. godine su zastarele (primer: upravljački panel OP-27), pa je postalo nemoguće nabaviti nove rezervne delove, zato je za minimalnu rezervu čak kupljen polovan operatorski panel.

Tokom 2015. godine, rukovodstvo Fabrike hartije Beograd je odlučilo da se izvrši rekonstrukcija premotača [1], koja obuhvata zamenu kompletnog upravljačkog sistema, zamenu svih zastarelih komponenti, i analognog podsistema za regulaciju pritisknog valjka. Zamena je obuhvatala i potencijometar za merenje prečnika namotane rolne i senzor sile.



Slika 1. Osnovni delovi premotača Valmet KL1000 u Fabrici hartije Beograd

U ovom radu biće opisane glavne karakteristike novog upravljačkog sistema, baziranog na savremenim i pouzdanim komponentama renomiranih proizvođača. Rekonstrukcija je izvedena u planiranom roku, tokom zastoja zbog rekonstrukcije papir mašine, u primernoj saradnji službe održavanja Fabrike, firme EMP Inženjering 2016 DOO kao nosioca posla i Laboratorije za Elektromotorne pogone Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

2. OPIS NOVOG UPRAVLJAČKOG SISTEMA

Savremeni upravljački sistemi se po pravilu realizuju sa PLC kontrolerima na kojima se izvršavaju sve upravljačke i nadzorne funkcije potrebne za funkcionisanje postrojenja, u ovom slučaju premotača. Korisnički interfejs sa rukovaocima i službom održavanja je realizovan pomoću operatorskih panela, na kojima rukovaoci zadaju radne veličine kao što su sila zatezanja i brzina premotavanja i prate njihove ostvarene vrednosti. Povezivanje operatorskih panela i PLC kontrolera ostvareno je korišćenjem Ethernet protokola, koji nudi veoma veliku brzinu komunikacije, a time i prenos velike količine podataka. U slučaju premotača, koriste se tri operatorska panela, veliki panel u boji na glavnom pultu upravljanja premotačem, mali monohromatski panel na pomoćnom pultu odmotavača i panel srednje veličine smešten na vratima ormara u elektro postrojenju, koji primarno služi za dijagnostiku kvarova, za prikaz poruka i alarma iz upravljačkog sistema.

Povezivanje ulazno izlaznih modula, kao i aktuatora za elektromotorne pogone izvršeno je pomoću PROFIBUS komunikacionog protokola. Ovaj komunikacioni protokol obezbeđuje brzu razmenu informacija između mastera (procesor PLC-a) i njemu podređenih uređaja (periferija): tri grupe U/I modula, tri ispravljača za glavne elektromotorne pogone [2], frekventnog pretvarača pogona noževa, soft startera za pomoćne pogone, apsolutnog enkodera za merenje visine pritisknog valjka i senzora sile zatezanja papira [3].

Aplikativni softver koji se izvršava na procesoru upravljačkog sistema ciklično izvršava program koji obrađuje sve ulazne podatke dobijene sa periferija, komande sa upravljačkih panela i stanja ili statusa elektromotornih pogona, kao i merene vrednosti sa senzora sile zatezanja papira i enkodera za merenje visine pritisknog valjka. Na osnovu svih očitanih podataka, upravljački softver upisuje

vrednosti za digitalne i analogne izlaze, komande i referentne vrednosti za elektromotorne pogone [4]. Lista glavnih pogona i funkcionalnih grupa sa njihovim osnovnim karakteristikama za rekonstruisani premotač prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Lista glavnih pogona i funkcionalnih grupa

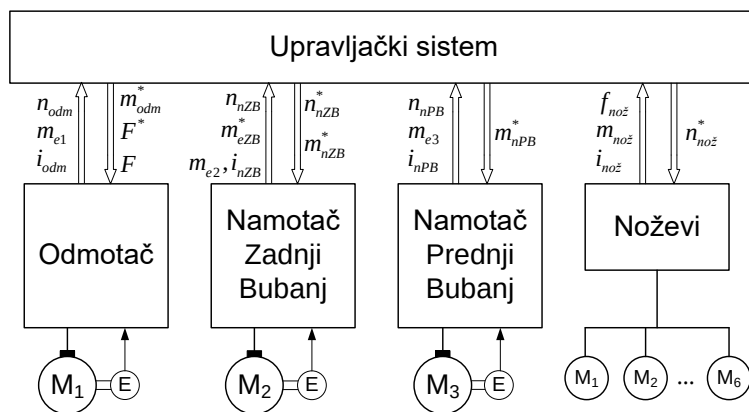
Naziv pogona / funkcija	Osnovne karakteristike
Dovod i razvod energije	Napajanje sa zasebnog transformatora, 6kV/0,4kV Prekidač 3200A Sabirnički sistemi: +H1 do +H9: Cu 2 x 80 x 10 mm i +H12: Cu 30 x 10 mm
Pogon odmotača	Motor: 336 kW, 980 o/min, 400V, 910A Ispravljač: 400V, 2000A
Pogon noževa	Motori: 6 x 0,9 kW paralelno vezani Frekventni pretvarač: 400V, 30,9A
Pogon namotača – zadnji bubanj	Motor: 323 kW, 1768 o/min, 400V, 880A Ispravljač: 400V, 1200A
Pogon namotača – prednji bubanj	Motor: 323 kW, 1768 o/min, 400V, 880A Ispravljač: 400V, 1200A
Bezbednosno zaustavljanje - Sve stop	Namenski rele, predviđeni broj sve-stop tastera 8
Upravljanje i signalizacija	PLC S7-317 2DP, 16 U/I modula, 14 PROFIBUS nodova, 3 operatorska panela sa Ethernet komunikacijom

Pored navedenih glavnih pogona, za pravilno funkcionisanje premotača potrebni su i pomoćni elektromotorni pogoni i funkcije, čija lista je data u nastavku:

- Komandni napon
- Hidraulične pumpe
- Izbacivanje i zaključavanje rolne odmotača
- Kuplovanje rolne odomotača
- Pomeranje rolne odmotača (levo/desno)
- Kočnice
- Provlačenje trake i duvaljke
- Zaključavanje rolne namotača
- Pritisni (jahaći) valjak
- Zaštitna nipa (sigurnosna ograda)
- Sanke za spuštanje rolne
- Izbacivanje rolne
- Zatezanje trake
- Ventilatori ivičnog otpatka

3. OPIS UPRAVLJAČKOG ALGORITMA

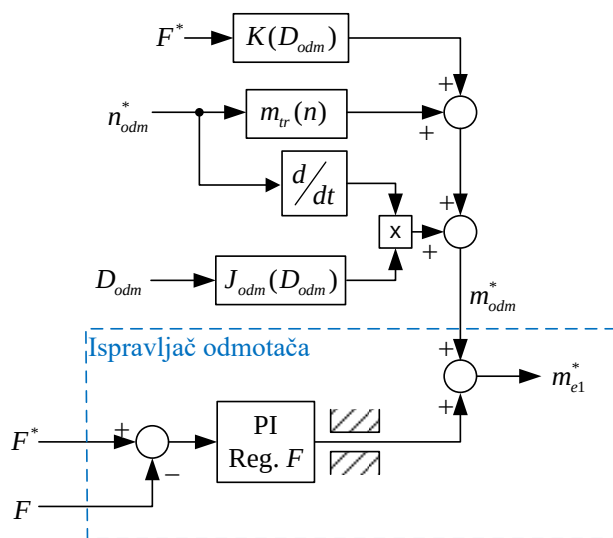
Za pravilno funkcionisanje premotača, najvažnije je upravljanje glavnim elektromotornim pogonima, navedenim u Tabeli 1. Između glavnih pogona i upravljačkog sistema ostvarena je dvosmerna razmena informacija, šematski prikazana na slici 3.



Slika 3. Šematski prikaz dvosmerne komunikacije upravljačkog sistema sa glavnim elektromotornim pogonima premotača

Radi boljeg sagledavanja načina funkcionisanja glavnih pogona, detaljni prikaz upravljačkih blok dijagrama dat je na slikama 3 i 4.

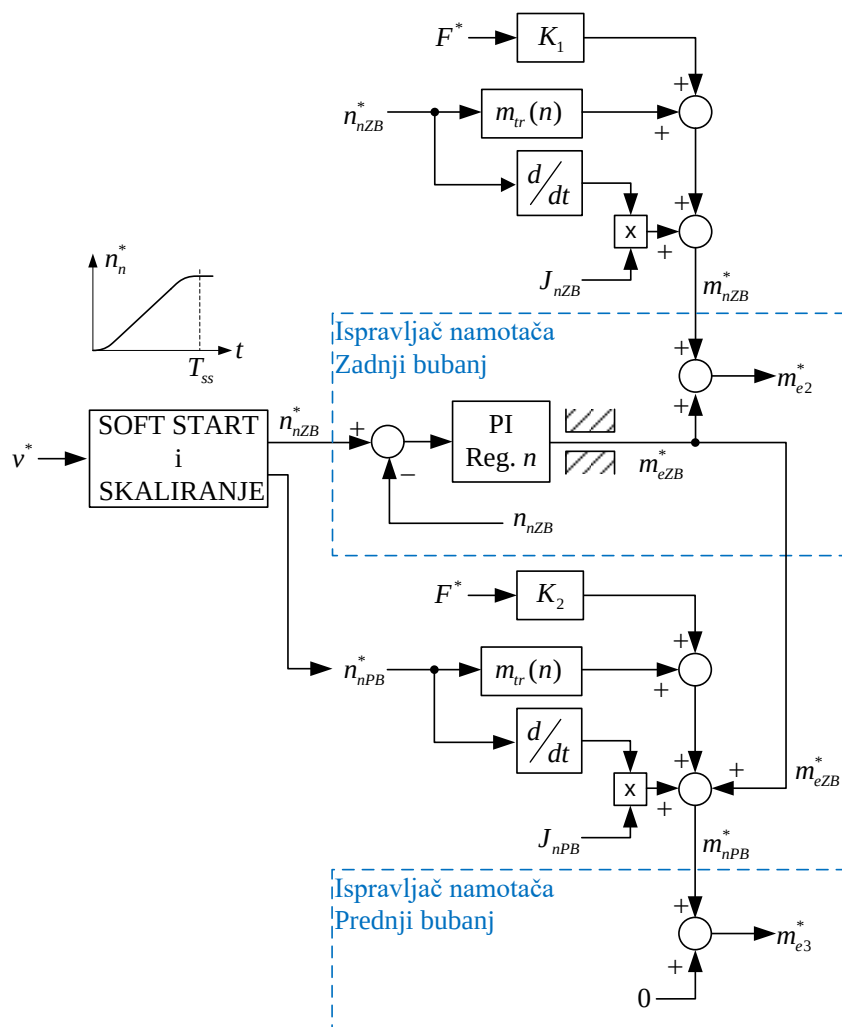
Upravljanje pogonom odmotava ostvareno je sa regulatorom sile zatezanja papira, za zatvorenom povratnom spregom sa senzora sile. Radi poboljšanja dinamičkih karakteristika regulacije sile zatezanja, pogonu odmotava se prosleđuje referentni moment izračunat tako da kompenzuje trenje u pogonu, inercionu komponentu koja postoji tokom promene brzine i statičku komponentu momenta (dejstvo unapred, engl. feed forward) koja zavisi od zadate sile zatezanja. Upravljački blok dijagram pogona odmotava prikazan je na slici 3.



Slika 3. Upravljački blok dijagram pogona odmotava

Pogoni prednjeg (PB) i zadnjeg bubnja (ZB) namotača moraju se posmatrati zajedno, zbog mehaničke sprege ostvarene preko namotane rolne, i potrebne razlike u momentima ova dva pogona koja je važna za pravilno formiranje namotane rolne[5]. Upravljački blok dijagram za pogone zadnjeg i prednje bubnja namotača prikazan je na slici 4.

Pogon zadnjeg bubnja namotača je u brzinskom režimu rada, sa zatvorenom povratnom spregom po brzini merenoj enkoderom na vratilu motora. Pogon prednjeg bubnja je u momentnom režimu rada, njemu se prosleđuje referentni moment (izlaz iz regulatora brzine) pogona zadnjeg bubnja namotača. Komponente momenta srazmerne trenju, inerciona komponenta koja se javlja tokom promene brzine i dejstvo unapred srazmerno sili zatezanja prosleđuju se kao komponenta referentnog momenta na oba pogona.



Slika 4. Upravljački blok dijagram pogona namotača

4. REZULTATI

Nakon završene rekonstrukcije upravljačkog sistema, premotač je pušten u rad, i pristupilo se podešavanju parametara regulatora sile zatezanja. Na slici 5 su prikazani vremenski dijagrami karakterističnih veličina glavnih pogona u toku jednog ciklusa premotavanja rolne odmotavača, od koje se formiraju tri namotane rolne. Brzine glavnih pogona su na gornjem dijagramu, momenti na dijagramu u sredini, dok su zadata i ostvarena sila zatezanja na donjem vremenskom dijagramu.

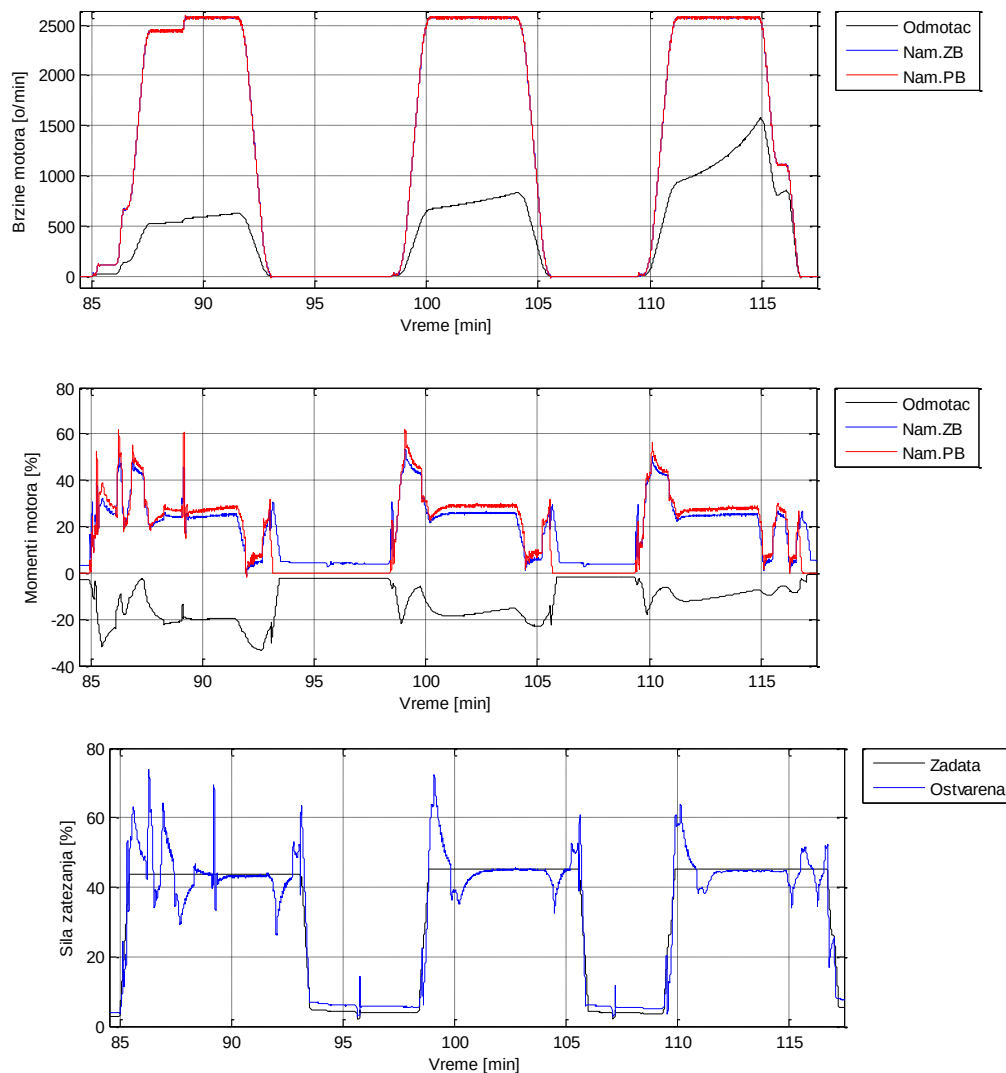
Uticaj inercionih komponenti momenta koje se javljaju u toku promene linijske brzine premotača na regulaciju sile zatezanja se ne može u potpunosti kompenzovati, što je vidljivo na slici 5. U periodima rada sa konstantnom brzinom trake, ostvarena je odlična regulacija sile zatezanja.

Razlika momenata pogona namotača je uočljiva na dijagramu momenata, čime se postiže željena tvrdoća namotane rolne.

5. ZAKLJUČAK

Novi upravljački sistem premotača sa urađenim aplikativnim softverom omogućio je realizaciju svih zahteva za ostvarenje kvalitetne strukture premotane rolne: precizno regulisana sila zatezanja sa strane odmotavača, pritisak pritisknog valjka u funkciji prečnika namotane rolne i željena tvrdoća namotavanja namotane rolne. Pored ispunjenja navedenih zahteva, podignuta je pouzdanost rada premotača, postignuto je efikasnije i lakše upravljanje i dijagnostika, uz unapređenje tehnologije rada i skraćivanje ciklusa premotavanja.

EMP Inženjering 2016 DOO, kao nosilac posla, je u saradnji sa Laboratorijom za elektromotorne pogone Elektrotehničkog fakulteta iz Beograda izradio projekat, razvio aplikativni softver, vršio nadzor nad radovima koje su izvele stručne službe investitora, i konačno pustio premotač u rad.



Slika 5. Vremenski dijagrami karakterističnih veličina glavnih elektromotornih pogona premotača tokom ciklusa premotavanja rolne

LITERATURA

- [1] EMP Inženjering DOO, *Projekat rekonstrukcije upravljačkog sistema premotača KL1000*. Beograd, 2014.
- [2] SIEMENS, *SIMOREG DC Master, Operating Instructions, 6RA70 Series*.
- [3] ABB, *Pressductor web tension sensor*.
- [4] B. I. Jeftenic and M. Z. Bebic, "Realization of Rewinder With a Reduced Number of Sensors," *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 57, pp. 2797-2806, 2010.
- [5] B. Jeftenic, M. Bebic, and S. Statkic, "Controlled multi-motor drives," in *Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2006. SPEEDAM 2006. International Symposium on*, 2006, pp. 1392-1398.

Zahvalnica: Ovaj rad je jedan od rezultata projekta TR 33016 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije

ŠTEDNJA TOPLOTNE ENERGIJE NA PAPIR MAŠINI U FABRICI HARTIJE BEOGRAD

HEAT ENERGY SAVINGS ON PM IN BELGRADE PAPER FACTORY

Milorad Krgović¹, Dejan Erić², Mijodrag Milojević³, Saša Jovanović², Darko Pavlović², Miloš Ivanović², Bojan Savić², Milan Zindović, Željko Ljubojević, Marina Kršikapa¹

¹ Centar celuloze, papira, ambalaže i grafike, Tehnološko – metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija

² Fabrika hartije BEOGRAD, d.o.o., Beograd, Srbija

³ Kappa star group, Beograd, Srbija

Izvod

Rad prikazuje ostvarene efekte u štednji energije u proizvodnim uslovima, na modelu Fabrike hartije Beograd, rekonstrukcijom presa i sušne partije.

Fokus je na štednji toplotne energije u sušnoj partiji, a posebno parno-kondeznom sistemu, rekonstruisanom krajem 2015. godine, a potenciraju se daljnje mogućnosti uštede toplotne energije, kao što su: rekuperacija toplote sušne partije, sitova partija, partija presa i smanjenje potrošnje sveže vode, to jest, povećanje temperature mase u natočnom koritu.

Ključne reči: parno-kondezni sistem, prese, slalom sistem, sifoni, rekuperacija toplote

Abstract

Rad prikazuje ostvarene efekte u štednji energije u proizvodnim uslovima, na modelu Fabrike hartije Beograd, rekonstrukcijom presa i sušne partije.

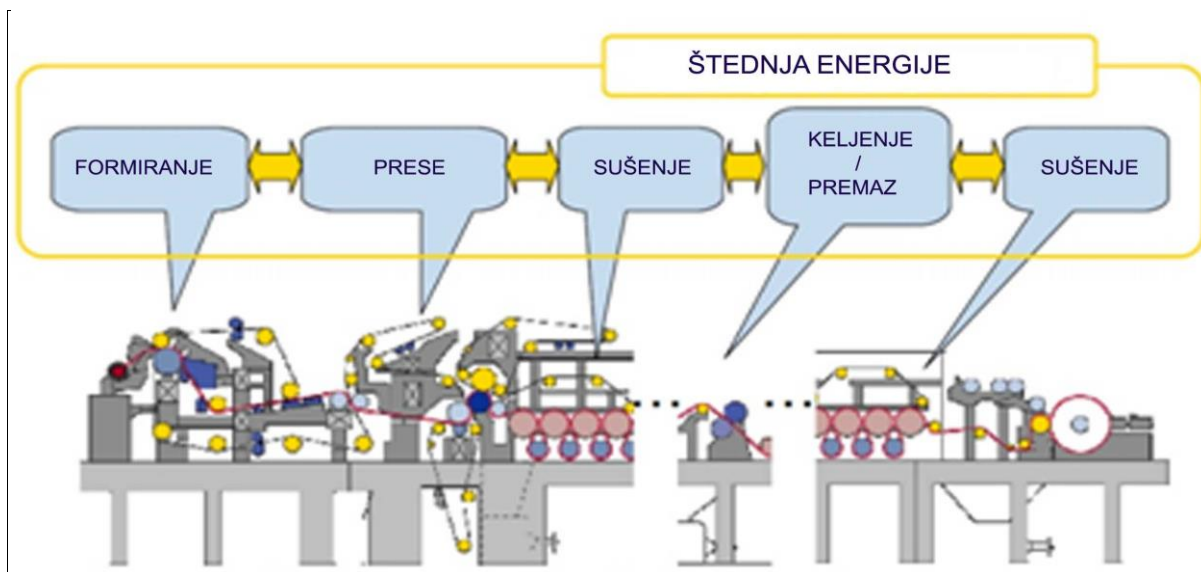
Fokus je na štednji toplotne energije u sušnoj partiji, a posebno parno-kondeznom sistemu, rekonstruisanom krajem 2015. godine, a potenciraju se daljnje mogućnosti uštede toplotne energije, kao što su: rekuperacija toplote sušne partije, sitova partija, partija presa i smanjenje potrošnje sveže vode, to jest, povećanje temperature mase u natočnom koritu.

Ključne reči: parno-kondezni sistem, prese, slalom sistem, sifoni, rekuperacija toplote

UVOD

Razvojem tehnologija u štednji energije uopšte, a posebno u papirnoj industriji, kao velikom potrošaču, u čiju cenu koštanja toplotna energija učestvuje od 10-25%, kriju se velike mogućnosti uštede. Ako se posmatra proces proizvodnje papira onda se može konstatovati da su mogućnosti u štednji toplotne energije skoncentrisane uglavnom na papir mašinu (PM), kao što se vidi na slici 1. Realizovana rekonstrukcija parno-kondeznog sistema (PKS) trebalo je da, pri kapacitetu PM4 od 120.000 tona, odnosno 100.000 tona neto na godišnjem nivou, omogući:

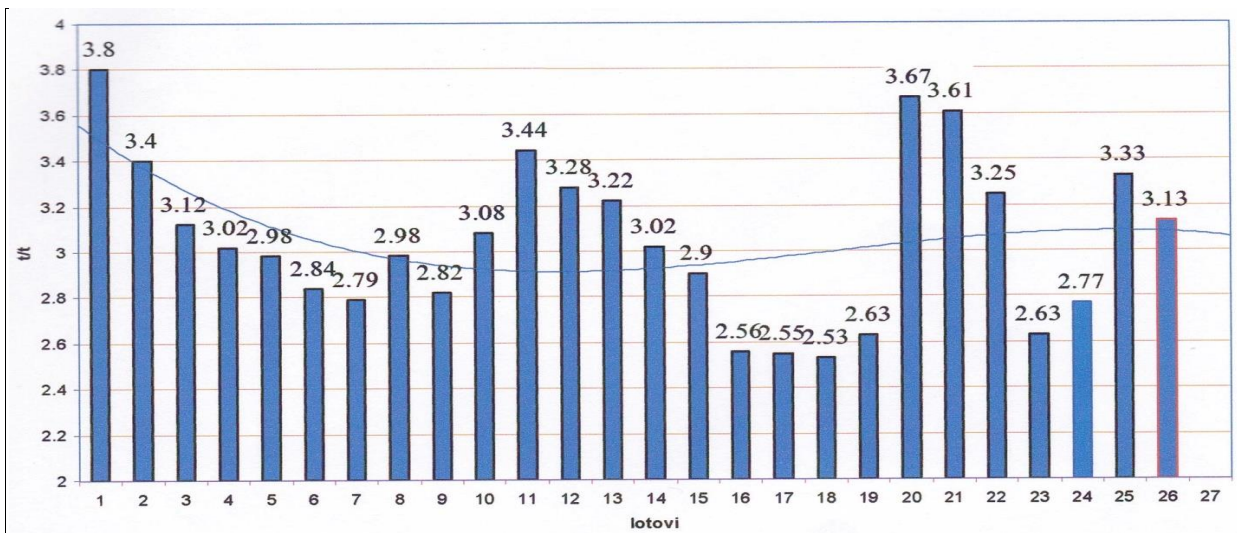
- povećanje kapaciteta proizvodnje sa 75.000 na 100.000 t/god. neto, (bruto 120.000t/god.);
- uštedu specifične potrošnje toplotne energije (prenos toplote kondukcijom) za 4%, a električne energije za 8% (energije koja se koristi za pogon sušnih cilindara);
- prestanak zadržavanja kondenzata u sušnim cilindrima u toku procesa proizvodnje;
- stabilan i automatski rad PKS za sve vrste papira i sve brzine PM, bez ograničenja.



Slika 1. Moguća mesta uštede na PM

I. OSTVARENI EFEKTI I DALJNJE MOGUĆNOSTI ŠTEDNJE ENERGIJE NA PM4 FHB

Pošlo se od stanja potrošnje toplotne energije pre privatizacije i pre zahvata u cilju modernizacije fabrike, sa enormnom potrošnjom toplotne i električne energije. Specifična potrošnja toplotne energije je iznosila cca. 3 tone pare po toni papira, a električne energije 1.500kWh po toni. Rezultati merenje takvog stanja su prikazani na slici 2.



Slika 2. Specifična potrošnja pare na PM4 za period januar 2001 - april 2004. godine

A. PARTIJA SITA

Ostvareno:

Rekonstrukcija čitave sitove partije, sa elementima za odvodnjavanje i ugradnjom ampres valjka, dala je suvoću papirne trake iza partije sita od cca. 25%, što je veoma dobro.

Daljnje mogućnosti:

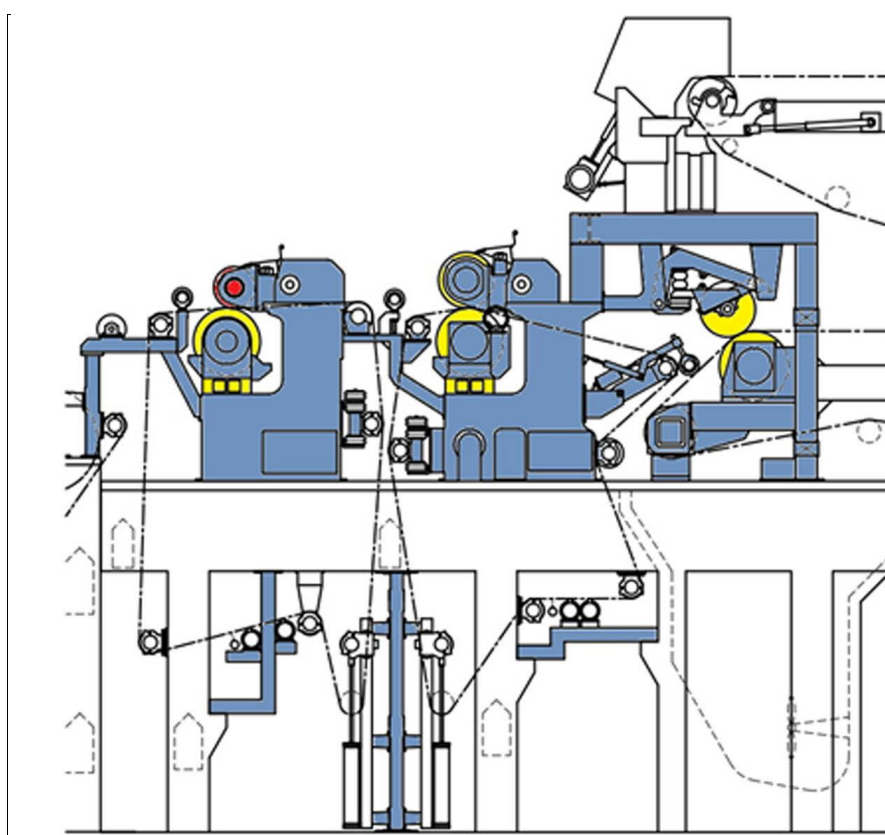
- ugradnja parne haube na zadnjim usisnim vakuum ormaricam - realizacija u toku;

- zatvaranjem krugotoka voda i povećanjem temperature u natočnom koritu, na cca. 40-50°C, povećala bi se suvoća iza presa za cca. 1,5%;
- optimalizacija pranja sita i eguter valjka;
- optimalizacija vakuuma na elementima za odvodnjavanje;
- optimalizacija regulacije hoda gornjeg i donjeg sita.

B. PARTIJA PRESA

Ostvareno:

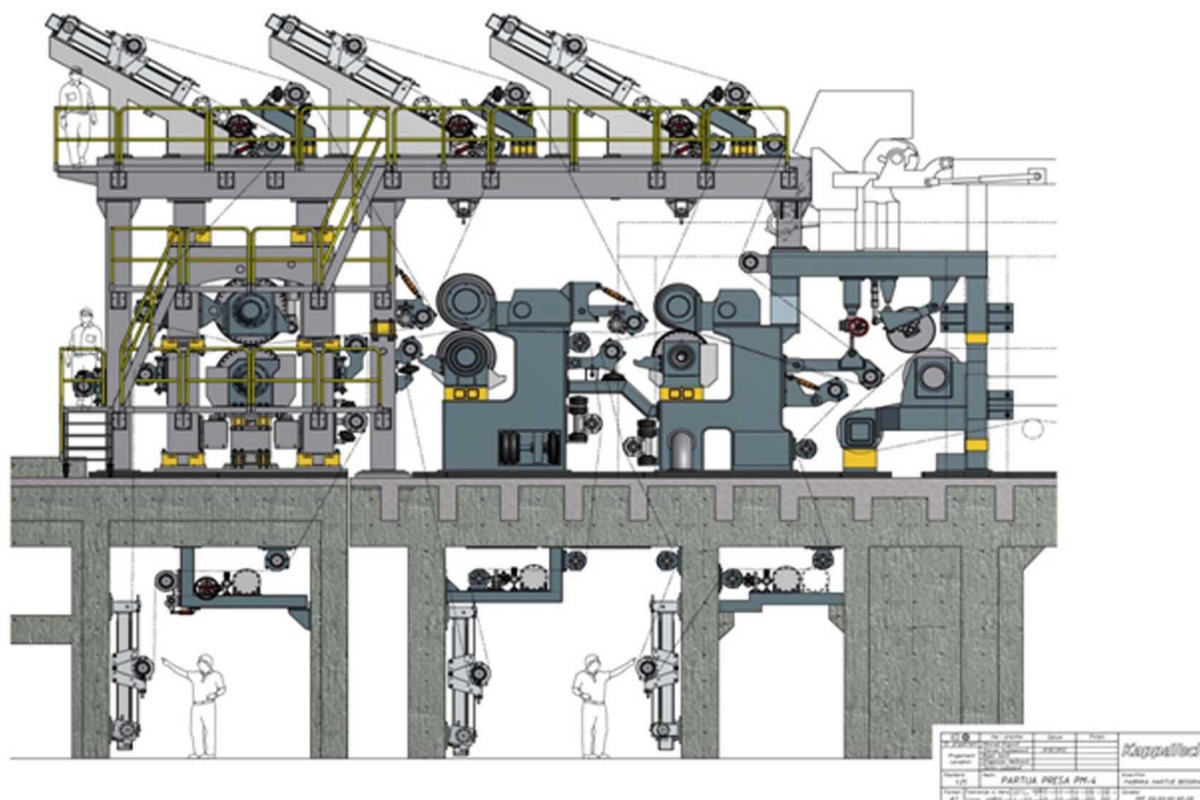
Partija presa sa 2 NIP-a, otvorenog vodjenja papirne trake kroz prese, slika 3, ostvarivala je suvoću papira iza presa od 41%. Ova partija presa je rekonstruisana u sistem sa 3 NIP-a i zatvorenim vodjenjem papirne trake, gde je zadnja presa Jambo presa, slika 4. Nakon rekonstrukcije ostvarena je suvoća papirne trake iza presa od cca. 48%. Ovom rekonstrukcijom uštedjeno je toplotne energije cca. 20%.



Slika 3. Partija presa u FHB pre rekonstrukcije 2010. godine

Daljnje mogućnosti:

- ugradnja Šu-prese;
- izbor optimalnih filčeva;
- optimalno pranje filčeva;
- optimalan broj ror-saugera (usisnih ormarica za čišćenje filčeva) i optimalna veličina vakuuma na njima;
- određivanje optimalnog veka trajanja filčeva;
- određivanje optimalnog sistema za pranje filčeva: pritisci vode, prečnici dizni, odstojanje špric rore od filca, ugao mlaza vode na filcu, ..
- odabir optimalnih hemikalija.



Slika 4. Partija presa u FHB posle rekonstrukcije

C. SUŠNA PARTIJA

Mogućnosti uštede toplotne energije u sušnoj partiji možemo podeliti u 3 grupe:

1. parno-kondezni sistem,
2. sušni cilindri sa slalom sušnim sitom, i
3. visoko -učinska hauba sa ventilacijom i rekuperacijom toplote.

1. Parno-kondezni sistem

Izrada ovog projekta je započela u julu 2015. godine, a završena je krajem oktobra 2015. godine. Rađen je na osnovu teoretskih i praktičnih saznanja, kao i brojnih konsultacija sa domaćim i stranim stručnjacima, a što je delimično prikazano i u Glavnom projektu, čijoj je izradi, termo-dinamičkim proračunima i kvalitetu poseban doprinos dali: Darko Pavlović, Milan Zindović, Željko Ljubojević, Bojan Savić, Mijodrag Milojević, Miloš Ivanović, Vojislav Bošković, Dragan Ranković, Saša Jovanović, Željko Dubravić, Miloš Živković, ...; a od stranih stručnjaka Dr. Nenad Milosavljić, Rudolf Greimel, i drugi.

Ova pomoć je bila od posebne koristi i kod projektovanja rekonstrukcije sušne partije, to jest, kod ugradnje sušnih cilindara. Zahvaljujući brojnim radovima i preporukama iz ove oblasti, kao i sugestijama navedenih stručnjaka, isprojektovan je PKS kaskadni sistem, jedan od najmodernijih u svetu, sa visokom energetsom efikasnošću i visokom toplotnim iskorišćenjem.

PKS u FHB je izdizajniran u dve termičke kaskadne celine, i to:

1. termička grupa pre Lajm prese, predsušna partija: I, II, III, IV i V; i
2. termička grupa posle Lajm prese, naknadna sušna partija : VI, VII; VIII i IX.

Kaskadna grupa pre Lajm prese je isprojektovana tako da je IV sušna grupa (cilindri od 10-19) najvećeg temperaturnog nivoa i broja sušnih cilindara. U njih dolazi sveža para, a bridove pare sa kondenzatom idu u separator kondenzata, iz kojeg se odvajaju i odlaze u V sušnu grupu (cilindri od 20-25).

Iz V sušne grupe bridove pare odlaze u III sušnu grupu (cilindri 2, 4, 6 i 8 - slalom sitom), a zatim u sušnu grupu, termički nižeg nivoa (II sušna grupa, cilindri 5, 7 i 9 - slalom). Na kraju, bridove pare

odlaze u I sušnu grupu (cilindri 1 i 3 - takođe slalom sistem), koja je najnižeg temperaturnog nivoa - vakuum grupa. Kaskadna grupa posle Lajm prese poštuje iste zakone termo-dinamike i energetske efikasnosti, kao i kaskadni sistem pre Lajm prese, a to znači sledeće:

U VII sušnu grupu (cilindri od 28-35) direktno dolazi sveža para. Bridove pare iz ove grupe odlaze u VIII grupu (cilindri od 36-40), potom u IX sušnu grupu (cilindri od 41-43) i završavaju u zadnjoj termičkoj grupi (VI sušna grupa, cilindri 26 i 27 - hromirani sušni cilindri iza Lajm prese). Zaostale bridove pare iz VI grupe i bridove pare iz I grupe se odvođe u izmenjivač toplote za predgrevanje vazduha koji se dovodi u sušnu haubu, čime je postignuto maksimalno iskorišćenje toplotne energije pare - bez gubitaka bridovih para.

Ovako izdizajnirane termičke grupe i raspored broja sušnih cilindara stvorili su uslove da se bridove pare svedu na minimum i završno se skupljaju u separatoru kondenzata (SK1).

Pri proračunima, vodilo se računa o stabilnim uslovima proizvodnje papira i automatskom radu PKS-a, tako da sada, nakon rekonstrukcije, od pare dovedene u sušne cilindre, ***ukupna količina nekondenzovane pare koja završava u SK1, ne prelazi iznos od 2%, a kontinuiranim radom PM, bez prekida trake, nekondenzovanih para nema!***

Ovim se postigla visoka energetska efikasnost procesa sušenja papira, bridove pare iz SK1 se odvođe u izmenjivač toplote predsušne partije, koji zagreva sveži vazduh, a koji se potom dodatno zagreva svežom parom, ako treba, do temperature od 90°C do 110°C, i kao takav se uduvava u visoko-učinsku haubu.

U cilju postizanja maksimalnog iskorišćenja toplotne energije, energija akumulirana u sabirniku kondenzata u vidu bridovih para (nastalih ekspanzijom kondenzata) i kondenzata, koristi se za zagrevanje svežeg vazduha, preko izmenjivača toplote predsušne i naknadne sušne grupe, u kojima se sva bridova para kondenzuje.

Kondenzat, koji se skuplja u glavnom separatoru, takođe se transportuje u izmenjivače toplote, i koristi se za zagrevanje svežeg vazduha, tako da se ohlađen do zadate temperature, transportuje u kotlarnicu.

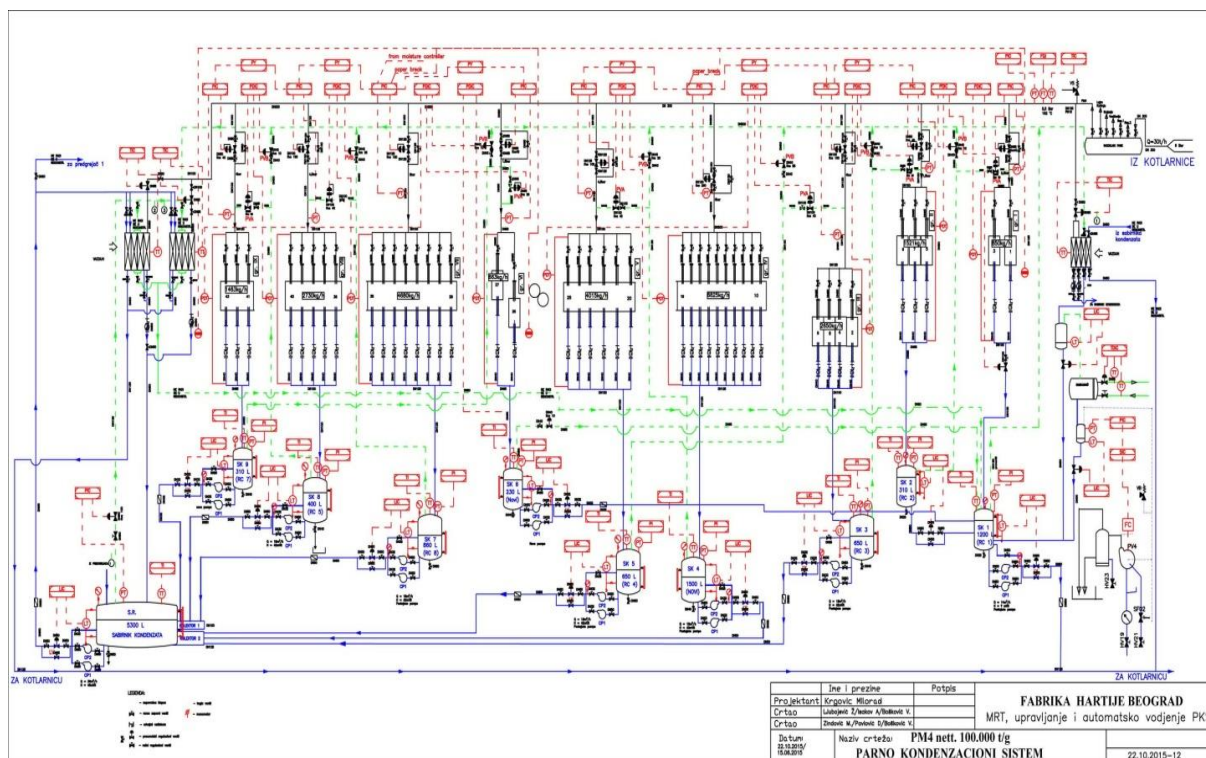
Da bi se po Molijerovom dijagramu ostvarilo zasićenje vodene pare (kritična tačka) pre ulaska u sušne cilindre, to jest, da odnos temperature i pritiska vodene pare bude konstantan (temperatura 159°C i pritisak 5bara), predviđeno je da se temperatura pare automatski reguliše doziranjem kondenzata u svežu paru.

Ovakvom razradom projekta stvoreni su uslovi da se postigne visoko iskorišćenje toplotne energije od ciljanih 98%, ostvari maksimalan prenos toplote, a potrošnja električne energije za pogon sušnih cilindara svede na minimum, uz eliminaciju kondezata u sušnim cilindrima, što je ključni element za visoku energetska efikasnost procesa sušenja papira.

Automatskom regulacijom vlage papira uštedi se 2% toplotne energije i 2% sirovina kod jedne savremene tehnologije za proizvodnju papira. U slučaju PM4 FHB, automatska regulacija čitavog PKS-a je tako izdizajnirana, da se na osnovu izmerene vlage u papiru, pre namatača, pomoću skenera smeštenog u mernom ramu, utvrđuje stvarno i zadato stanje vlage, te se na osnovu toga otvaraju ili zatvaraju venili za paru, to jest, reguliše se temperatura sušnih cilindara, čime se ostvaruje zadata suvoća papira.

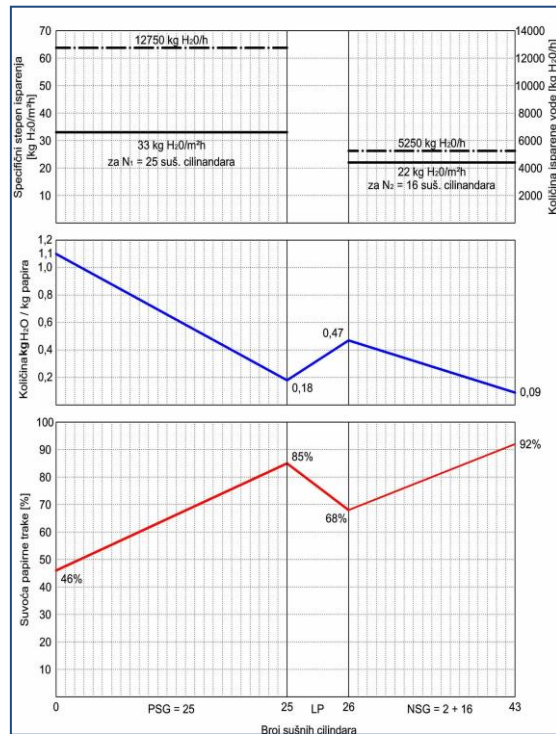
Sistem je tako isprojektovan da čitava sušna partija, u svim tehnološkim uslovima, zadržava optimalni dijagram sušenja (sistem harmonike - originalno rešenje projektanta), preko upravljačkog sistema PY (procentualni odnos termičkih grupa), a ne kao što se to do sad radilo u svetu, pomoću jedne sušne grupe.

Tehnološka šema, sa mernoregulacionom tehnikom, upravljanjem i automatskim vođenjem čitavog PKS-a prikazana je na slici 5.

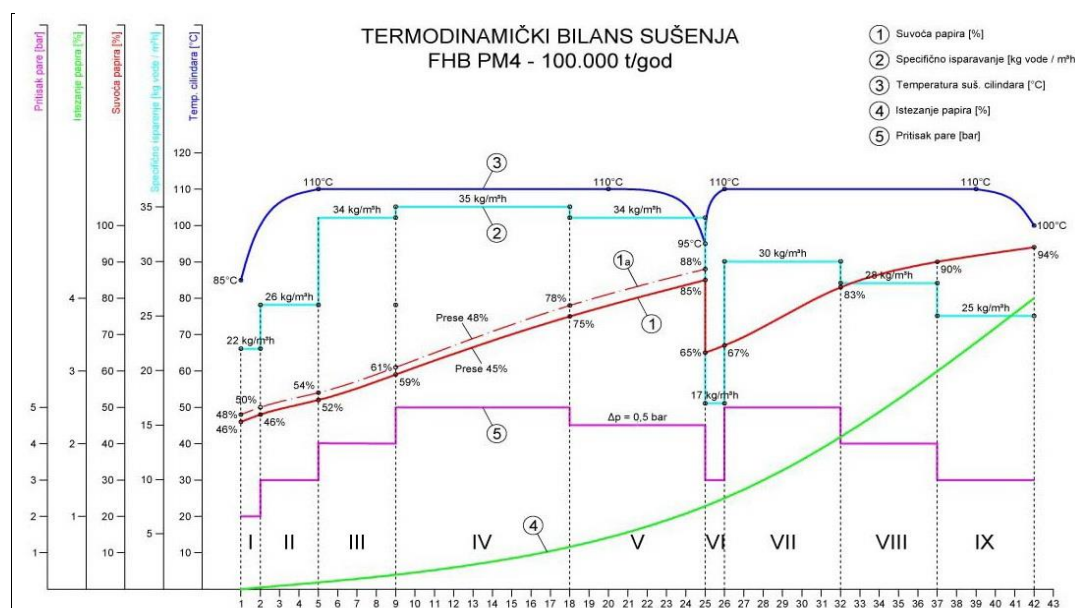


Slika 5. Tehnološka šema PKS - MRT, upravljanje i automatsko vođenje PKS-a

Materijalni i toplotni bilans PM4, za kapacitet 120.000t/god, bruto, tj., 100.000t/god, neto, prikazani su na slikama 6 i 7.



Slika 6. Termodinamički bilans sušne partije PM4 za kapacitet 120.000 tona godišnje, bruto



Slika 7. Termodinamički bilans sušne partije za kapacitet PM od 100.000t/god., neto

Zahvaljujući izradi projekta u 3D varijanti, stvoreni su uslovi da se izvrše dobre pripreme u predmontaži, kao i pri izvođenju kvalitetne i efikasne montaže. Rekonstrukcija PKS-a je počela 14.11.2015. a završena 18.12.2015. godine. Konstatovano je, u toku dokazivanja garancija, pri proizvodnji flutinga, da je ovom rekonstrukcijom smanjena potrošnja toplotne energije za 24,5%, tj. specifična potrošnja pare je sa 1,96 pre rekonstrukcije iznosila 1,48 t/t posle rekonstrukcije, a ušteda električne energije za pogon sušnih cilindara smanjena je za 14,6%.

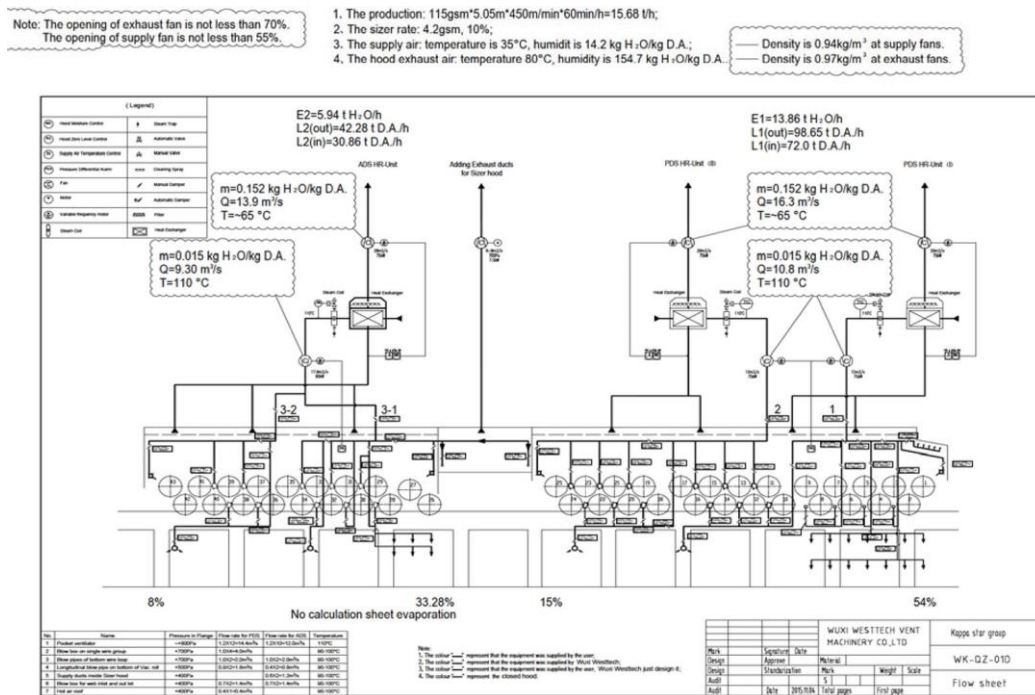
2. Visoko-učinska hauba sa ventilacijom

Ovaj deo postrojenja je isporučen od strane kineske firme WUXI. Tehničke karakteristike haube su:

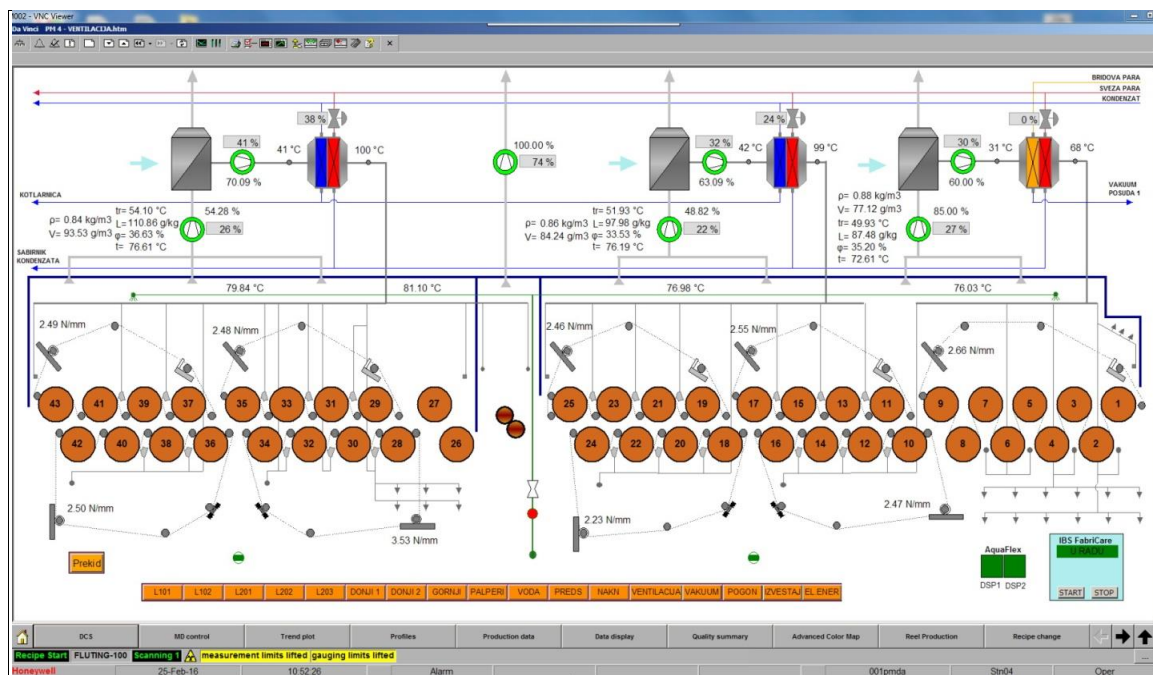
- dužina 26,4m + 20,7m;
- širina 10m;
- visina 7m;
- visina od kote +5;
- materijal: galvanizovani talasasti čelik, debljine 0,9mm;
- debljina krova 100mm;
- izolacija staklena vuna, specifične težine 60kg/m³;
- unutrašnji lim aluminijum, debljine 1mm;
- hauba je visoko-učinska: tačka rose 60°C;
- temperatura vazduha: pod krovom haube je 80°C.

U sklopu ove haube izrađena je i hauba za lajm presu, dimenzija: dužine 3,2m; širine 10m i visine 4,5m. Ventilacione komore koje su isporučene i ugrađene za ventilaciju džepova u sušnoj partiji izrađene su od nerđajućeg materijala, SS304. Visoko-učinska hauba je izrađena po standardima za ovaj termo-dinamički uređaj. Tehnološka šema sa materijalnim i toplotnim bilansom prikazana je na slici 8, a realno stanje rada haube u proizvodno - komercijalnim uslovima na slici 9. Iz kompjuterske liste se vidi da je tačka rose 54,10°C (ostvarivano je i 56°C), ali i to je ispod garantovane veličine. Osnovni razlog za to je što podrumski deo haube (od kote 0 do +4,5m) nije još bio montiran.

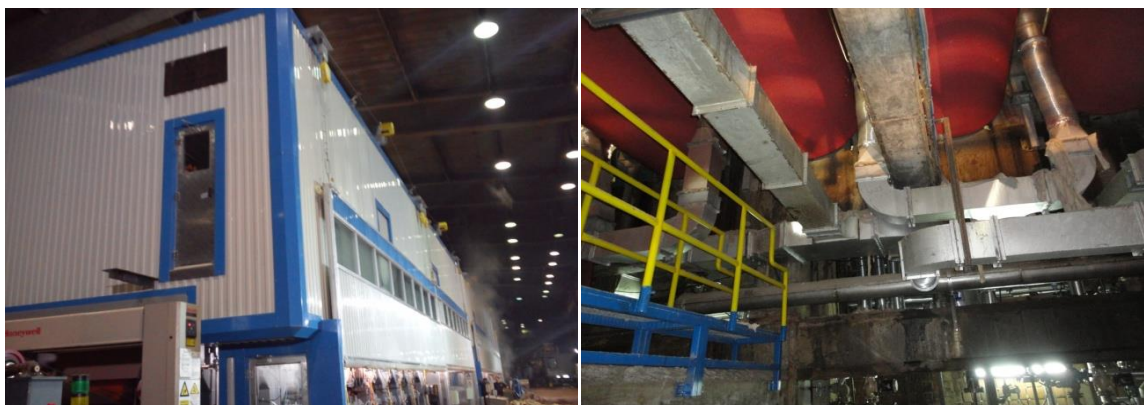
Na visoko-učinskoj haubi su ugrađena vrata za automatsko podizanje pri prekidu papirne trake, kao i montažno-demontažni otvori, koji se koriste za servisiranje, tj. ugradnju sušnih sita i demontažu i montažu vodećih valjaka. Ugrađeni su i protiv-požarni uređaji, kao i rasvetni elementi. Izvedeno stanje visoko-učinske haube i ventilacije prikazano je na slikama 10. i 11. Razlika između stare i nove haube najbolje se vidi na snimcima termalne infra-crvene kamere, tkz. termovizija, gde je prikazana toplota oplate stare i nove haube, slike 12. i 13.



Slika 8. Toplotni bilans visoko-učinske haube



Slika 9. Kompjuterski prikaz rada VU haube



Slike 10 i 11. Hauba i ventilacioni uređaji u FHB



Slike 12. i 13. Termovizija stare i nove haube

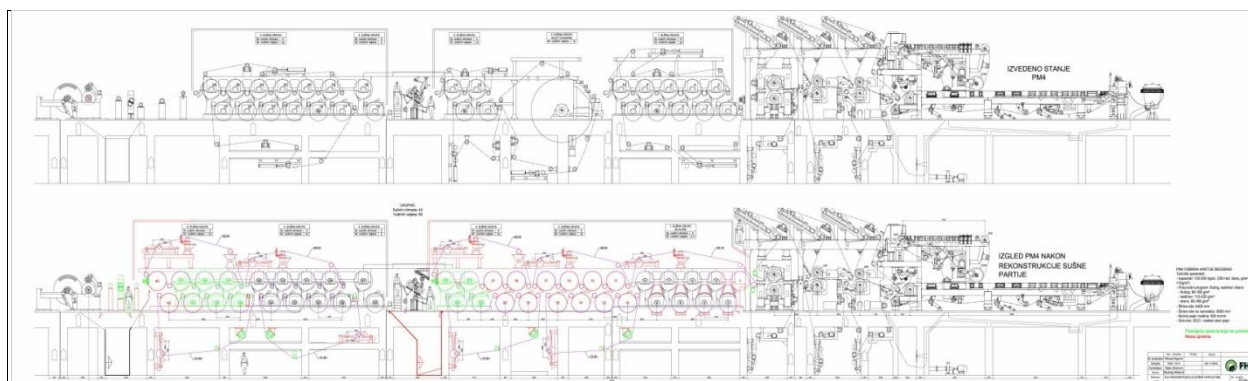
3. Sušni cilindri sa slalom sušnim sitom - rekonstrukcija sušne partije sa cilindrima za kondukcijski prenos toplote

Glavnim projektom iz novembra 2014. godine isprojektovana je rekonstrukcija ove sušne partije i nije bilo bitnijih odstupanja od njega. Odstupanja od projekta su bila u sledećem:

- preuzimanje papirne trake iz partije presa i uvođenje u sušnu partiju;
- izvedba ventilaicionih komora;
- položaj i montaža ventilacionih komora između sušnih cilindara.

U probnoj, a kasnije i u komercijalnoj proizvodnji, ova odstupanja od projekta nisu bitno uticala na proizvodnju, pri brzini PM do 450 m/min, preko koje se do sad nije radilo.

Šeme sušne partije pre i posle rekonstrukcije, sa tehničkim karakteristikama, prikazane su na slici 14.



Slika 14. Tehnološka šema PM4 pre i posle rekonstrukcije sušne partije

Broj sušnih cilindara za kapacitet od neto 100.000t/god. papira (15t/h) je dat kako sledi:

- predušna partija: 25 sušnih cilindara, precnika 1.500mm,
- Lajm presa : 2 valjka, precnika 750mm,
- naknadna sušna partija: 16 cilindara, $R = 1.500\text{mm} + 2$ hromirana cilindra, $R = 1.500\text{mm}$.

Daljnje mogućnosti:

- ugradnja rekuperatora toplote sa 3 stepena (mogućnost uštede toplotne energije 10%;
- rešiti ventilaciju papir hale;
- uzimanje vazduha iz hale, umesto svežeg vazduha iz atmosfere, jer se tu krije značajna ušteda;
- optimalizacija tačke rose u haubi;
- optimalizacija bilansa toplog vazduha;
- optimalizacija dizajna sušnih sita;
- optimalizacija pranja i čišćenja sušnih sita;
- regulacija svih toplotnih gubitaka;
- eliminacija sveže pare za grejanje toplog vazduha (moguća redukcija potrošnje toplotne energije od 5%);
- držanje stabilnih pritiska i temperature sveže pare, po Molijerovom dijagramu;
- distribucija sveže pare i izolacija svih cevovoda.

ZAKLJUČCI:

Rekonstrukcijom PM4 Fabrike hartije BEOGRAD, u dve faze, ostvareni su sledeći efekti:

1. povećana je proizvodnja sa 35.000t/god, na 75.000, pa na 120.000 t/god. bruto, a u toku dokazivanju garancija (mart 2016) ostvarena je proizvodnja od 136.000 t/god., bruto, sa mogućnošću daljnjeg povećavanja kapaciteta, što se tiče sušne partije;
2. ostvarena je suvoća papirne trake iza dugog sita od cca. 25%;
3. rekonstrukcijom partije presa povećana je suvoća papira iza presa sa 41 na 48%. Daljom optimalizacijom partije presa moguće je ostvariti 50%, a ugradnjom Šu prese 54% suvoće;
4. rekonstrukcijom sušne partije, koja obuhvata rekonstrukciju PKS, haubu, ventilaciju i ugradnju cilindara, omogućen je kapacitet sušne partije od 120.000t/god.. Bruto iskorišćenje toplotne energije u PKS je postignuto u iznosu od 97%;
5. rekonstrukcijom presa i sušne partije smanjena je specifična potrošnja pare, od početnih 3,0t/t pare na 1,96t/t, a zatim na 1,78t/t pare, pri proizvodnji fluting papira;
6. Iskorišćenje radnog vremena PM4 (kojem je doprineo i slalom sistem vođenja papirne trake) ostvareno je u iznosu od 92%, što je približno gornjoj mogućoj veličini od 94% iskorišćenja;
7. investiciona ulaganja u odnosu na standarde u EU su manja za 3-4 puta, a vraćaju se za manje od godinu dana;
8. Daljom optimalizacijom tehnološkog procesa na PM4, kako je to navedeno u radu, može se dodatno smanjiti potrošnja toplotne energije za daljnjih 15%, a profitabilnost povećati za cca. 8%, uz značajno povećanje kapaciteta proizvodnje.

Analizirajući **projektom date garancije**, redom, po stavkama, konstatujemo da su **u toku perioda dokazivanja istih**, ostvareni sledeći rezultati:

1. **povećanje kapaciteta proizvodnje:** ostvarena je proizvodnja od 136.668 t/god., bruto, što je 14% iznad projektovanog, a moguć je i znatno veći kapacitet, što se tiče sušne partije;
2. **iskorišćenje toplotne energije:** ostvareno je maksimalno iskorišćenje toplotne energije - nema bridovih para u kondenzatoru;
3. **smanjenje specifične potrošnje toplotne energije** kondukcijskim prenosom toplote: ostvareno je smanjenje od 24,5% u odnosu na prethodno stanje (pre rekonstrukcije: potrošnja pare 1,96t/t za fluting, a posle rekonstrukcije 1,48t/t);

4. **smanjenje potrošnje električne energije** za pogon sušnih cilindara: ostvareno je smanjenje od 14,3%;
5. **nema zadržavanja kondenzata u sušnim cilindrima** u toku procesa proizvodnje;
6. **stabilan i automatski rad PKS** u svim režimima PM.

Kao rezime svega navedenog, možemo zaključiti sledeće:

- Isprojektovani PKS je u praksi potvrdio sve ono što je projektom predviđeno i nije trebalo na njemu vršiti bilo kakve izmene u toku probne i komercijalne proizvodnje.
- PKS potpuno automatski radi, u svim režimima rada PM4 i kod svih vrsta papira i gramatura, i predstavlja jedinstveno rešenje, kako sa aspekta energetske efikasnosti, tako i funkcionalnosti i automatskog rada.
- Realizacija rekonstrukcije PM4 fabrike hartije BEOGRAD je izvršena na visokom nivou.

LITERATURA:

1. Krgović, M.: **Projekat izvedenog stanja PKS sa visokoučinskom haubom i ventilacijom PM4 FHB za 100.000t/god., neto**, Centar CPAG-Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2016. god.
2. Krgović, M.: **Projekat rekonstrukcije parno-kondeznog sistema Fabrike Hartije BEOGRAD za kapacitet 100.000t/god.**, Centar CPAG-Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2015. god.
3. Krgović, M.: **Projekat rekonstrukcije sušne partije Fabrike Hartije BEOGRAD za kapacitet 120.000t/god.**, Centar CPAG-Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2014. god.
4. Krgović, M.: **GLAVNI PROJEKAT I: Rekonstrukcije PM4 Fabrike Hartije BEOGRAD**, Centar CPAG-Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2010. god.
5. Krgović, M.: **GLAVNI PROJEKAT II: Rekonstrukcije PM4 Fabrike Hartije BEOGRAD**, Centar CPAG-Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2011. god.
6. Ivanović, M.: **Projekat rekonstrukcija PKS-a sa elementima automatske kontrole procesa (predlog investicije FHB)**, Fabrika hartije Beograd, 2006. god.
7. Jovanović, S., Krgović, M.: **Pomoćna sredstva u proizvodnji papira**, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2010. god.
8. Kaapa, O.: **Der Auslaufeinkel, die Sattigung und die Rolle der Pressenfilze in der Tri NIP-Pressenpartie**, Wochenblatt fur Papierfabrikation, s.180, 3(2010)
9. Hain, T., Muller, M.: **Nachhaltigkeit als Schlüssel fur eine effiziente und wirtschaftliche Papier-und Kartonerzeugung**, Wochenblatt fur Papierfabrikation, s.38, 1(2011)
10. Muller, W.: **20% Energieersparnis durch IntensaPulper IP-R**, Voith Paper TWOGETER, No. 30, 2010.
11. Kersten, A., Hamm, U., Putz, H. J., Schabel, S.: **Zur Diskussion um die Migration von Mineralol in Lebensmittel und das Altpapier – Recycling**, Wochenblatt fur Papierfabrikation, s.14, 1(2011)
12. Maier, J.: **Optimierung von Qualität und Wirtschaftlichkeit durch innovative Konstantteile**, Wochenblatt fur Papierfabrikation, s.107, 2(2011)
13. **Challenges of a successful large-scale investment**, Voith Paper TWOGETER, No. 29, 2009
14. Kohl, C., Zettel, M.: **Kosteneinsparung durch Erhöhung des Fullstoffgehaltes bei Streichrohpapier**, Wochenblatt fur Papierfabrikation, s.1016, 12(2010)
15. Menke, L.: **Statt Entsorgung Energie erzeugen**, Voith Paper TWOGETER, No. 28, 2009
16. Lotti, H., Sieber, A.: **Software optimiert Fahweise in DIP – Anlagen**, Wochenblatt fur Papierfabrikation, s.156, 3(2011)

Presenting author:

Prof. dr Milorad Krgović, dipl. ing.,

Tehnološko – metalurški fakultet, Centar za celulozu, papir, ambalažu i grafiku, CPA&G

Karnegijeva 4, Beograd, Srbija

Mobil: + 381 60 386 4806

e-mail: m.krgovic@gmail.com

KORIŠĆENJE OTPADNE TOPLOTE U SISTEMU VENTILACIJE MAŠINSKE HALE U PAPIRNOJ INDUSTRIJI

UTILIZATION OF WASTE HEAT IN THE VENTILATION SYSTEM OF MACHINE HALL IN PAPER INDUSTRY

Nikola Tanasić¹, Miloš Ivanović², Goran Jankeš¹, Mirjana Stamenić¹, Aleksandar Nikolić³, Mihailo Milanović¹, Tomislav Simonović¹

¹Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, ²Fabrika Hartije Beograd d.o.o., Beograd,

³Elektrotehnički institut Nikola Tesla a.d., Beograd, Srbija

Izvod

Osnovni preduslov za stvaranje pogodne radne sredine za radnike i proizvodni proces u industrijskim objektima je primena odgovarajućeg sistema za mehaničku ventilaciju sa rekuperacijom otpadne toplote. Pored održavanja potrebnih radnih uslova po pitanju temperature, vlažnosti i koncentracije čvrstih čestica u vazduhu u mašinskoj hali, primenom ovakvog sistema smanjuje se potrošnja primarne energije za zagrevanje svežeg vazduha za ventilaciju, značajno se redukuje kondenzacija vlage iz vazduha u hali, povećava se kvalitet finalnog proizvoda i produžava radni vek opreme i građevinskog objekta. U ovom radu je analizirana mogućnost korišćenja otpadne toplote iz proizvodnog procesa za potrebe zagrevanja svežeg vazduha za ventilaciju mašinske hale na primeru Fabrike Hartije Beograd.

Ključne reči: otpadna toplota, ventilacija mašinske hale, papirna industrija

Abstract

In industrial buildings the main prerequisite to provide a suitable working environment for workers and the manufacturing process is the application of an appropriate system for mechanical ventilation with waste heat recovery. In addition to maintaining the necessary working conditions in terms of air temperature, humidity and dust concentration in the machine hall, the application of this system lowers the consumption of primary energy for heating the fresh ventilation air, significantly reduces condensation of moisture from the air in the hall, increases the quality of the final product and extends the lifetime of equipment and the building structure. In this paper the possibility of utilization of waste heat from the production process to heat the fresh air for the ventilation of machine hall in packaging paper factory in Belgrade, Serbia is analysed.

Key words: waste heat, machine hall ventilation, pulp and paper industry

1. UVOD

Papirna industrija spada u energetske intenzivne sektore sa prosečnom specifičnom potrošnjom primarne energije od 11,5 GJ/t [1]. Cene energenata su u stalnom porastu tako da je energija postala jedan od ključnih činilaca u ukupnim troškovima proizvodnje u ovom industrijskom sektoru. Pored visoke produktivnosti i strogih kriterijuma po pitanju kvaliteta papira naročito je važno voditi računa o energetske efikasnosti proizvodnog procesa. Potencijali za poboljšanje energetske efikasnosti postoje u svim fazama proizvodnje papira počev od procesa pripreme papirne mase od ulaznih sirovina pa do mehaničkog i termičkog sušenja, namotavanja i rezanja papira.

U procesu proizvodnje papira oslobađaju se značajne količine otpadne toplote. Otpadna toplota je sadržana u vlažnom vazduhu koji se iskoristi u sušnoj sekciji mašine nakon čega se odvodi u sistem za rekuperaciju toplote i potom oslobađa u okolinu. U zavisnosti od stanja haube sušne sekcije i efikasnosti procesa termičkog sušenja papira i sistema za rekuperaciju toplote u atmosferu mogu biti oslobođene značajne količine otpadne toplote. Pored toga, u toku proizvodnog procesa sa papir mašine se emituje značajna količina toplotne energije i vodene pare na okolni vazduh u mašinskoj/proizvodnoj hali. Topao i vlažan vazduh se usled uzgonske sile podiže do nivoa plafona hale odakle se ventilacionim sistemom izbacuje u okolinu.

Ventilacija mašinske hale u papirnoj industriji igra značajnu ulogu u proizvodnom procesu s obzirom da je za proizvodnju 1 t papira potrebno utrošiti 30 t vazduha [2]. Ventilacija hale je neophodna zbog poboljšanja i ujednačavanja uslova za sušenje papira u sušnoj sekciji papir mašine, poboljšanja radnih uslova u samoj hali, smanjenja troškova za održavanje građevinskog omotača hale, povećanja kvaliteta finalnog proizvoda i produženja radnog veka mašinske i elektro opreme u hali. Sistem za ventilaciju hale ima dva primarna zadatka [3]:

1. Odvođenje vlažnog, kontaminiranog i zagrejanog vazduha iz hale,
2. Dovodjenje svežeg vazduha za ventilaciju hale koji delimično učestvuje i u tehnološkom procesu (proces sušenja u sušnoj haubi ili kod vakuum sistema).

U ovom radu je analizirana mogućnost korišćenja otpadne toplote iz proizvodnog procesa za potrebe zagrevanja svežeg vazduha za ventilaciju mašinske hale na primeru Fabrike Hartije Beograd.

2. VENTILACIJA MAŠINSKE HALE U PAPIRNOJ INDUSTRIJI

Vazduh u mašinskoj hali u jednoj tipičnoj fabrici papira sadrži značajnu količinu vodene pare i često je kontaminiran papirnim vlaknima i drugom sitnom prašinom. Najveća količina vodene pare se oslobodi u procesu termičkog sušenja papira u zatvorenoj haubi sušne sekcije. Oslobođena vodena para delimično može da proдре u mašinsku halu kroz procepe i otvore na sušnoj haubi. Pored toga, značajne količine vodene pare se generišu u mokrom delu papir mašine koji čine natok i sekcija formera, sita i presa. Količina vodene pare koja se oslobodi u proizvodnom procesu je funkcija temperature (parcijalnog pritiska vodene pare), raspoložive površine za isparavanje i brzine mašine. Vodena para koja se oslobodi sa pomenutih izvora transportuje se po čitavoj hali prvenstveno konvekcijom i u izvesnoj meri difuzijom. Ukoliko je parcijalni pritisak vodene pare u vazduhu veći od pritiska zasićenja, koji zavisi od lokalne temperature vazduha, doći će do kondenzacije vodene pare iz vazduha i pojave magle i rošenja. Lokalna temperatura vazduha u hali je funkcija količine svežeg vazduha koji se uvodi u halu sistemom mehaničke ventilacije, dobijata toplote od proizvodnog procesa i opreme, i gubitaka ili dobijata toplote kroz građevinski omotač hale.

Dobici toplote u hali su uslovljeni tipom i stanjem mašinske i elektro opreme, a takođe zavise i od vrste papira koji se na mašini proizvodi. U odsustvu informacija o dobicima toplote i vodene pare u hali ranija praksa je bila da se ventilacioni sistem dimenzioniše prema preporučenom broju izmena vazduha, 10 h^{-1} u zimskim i 15 h^{-1} u letnjim uslovima [4]. Ukoliko ventilacioni sistem ne zadovoljava željene uslove u hali tendencija je da se broj izmena vazduha poveća što neminovno dovodi do povećanja potrošnje energije. Okvirne vrednosti jediničnih dobijata toplote, koje su prikazane u tabeli 1, mogu se uzeti kao polazna osnova pri projektovanju ventilacionih sistema. Maksimalni preporučeni jedinični dobici vodene pare iznose $326 \text{ kgH}_2\text{O/t}$, što odgovara latentnim dobicima toplote od 226 kWh/t [4].

Tabela 1. Okvirne vrednosti jediničnih dobijata toplote od tehnološkog procesa [3]

Oprema	Lokacija	Dobici toplote (kWh/t)
<i>Priprema papirne mase</i>		
<i>Razvlaknjivanje</i>	<i>Radni nivo hale</i>	13,7
<i>Filtriranje</i>	<i>Radni nivo</i>	3,15 kW/m ²
<i>Pumpe i cevovodi</i>	<i>Podrumski nivo hale</i>	5,3
<i>Natok, sita i presa</i>		
<i>Vakuum sistem</i>	<i>Podrumski nivo hale</i>	9,8
<i>Pumpe i cevovodi</i>	<i>Podrumski nivo hale</i>	19,9
<i>Elektromotorni pogoni</i>		
<i>Natok, sita i presa</i>	<i>Radni nivo hale</i>	13,7
<i>Sušna sekcija</i>	<i>Radni nivo hale</i>	4,9
<i>Lajm presa</i>	<i>Radni nivo hale</i>	0,9
<i>Naknadna sušna sekcija</i>	<i>Radni nivo hale</i>	1,7

<i>Kalender</i>	<i>Radni nivo hale</i>	3,9
<i>Sekcija premaza</i>	<i>Radni nivo hale</i>	7,2
<i>Namotač</i>	<i>Radni nivo hale</i>	2,3
<i>Premotač i rezač</i>	<i>Radni nivo hale</i>	11,8

Preporuke za minimalnu i maksimalnu temperaturu vazduha u mašinskoj hali i maksimalnu vlažnost vazduha u mašinskoj hali su sumirane u tabeli 2.

Tabela 2. Preporučene vrednosti temperature i vlažnosti vazduha u mašinskoj hali [3]

<i>Lokacija</i>		<i>Minimalna temperatura vazduha (°C)</i>	<i>Maksimalna temperatura vazduha iznad ambijentalne (°C)</i>	<i>Maksimalna vlažnost vazduha iznad ambijentalne (gH₂O/kg_{sv})</i>
<i>Podrumski nivo hale</i>		18	6	7
<i>Radni nivo hale – manipulativna strana</i>	<i>Natok, sita i presa</i>	24	3	7
	<i>Ostale sekcije</i>	18	3	7
<i>Radni nivo hale – pogonska strana</i>	<i>Natok, sita i presa</i>	24	6	7
	<i>Ostale sekcije</i>	18	6	7
<i>Međusprat-nivo plafona sušne haube</i>		18	12	14
<i>Nivo plafona hale</i>		27	14	21

2.1 Strujanje vazduha u mašinskoj hali

Strujanje vazduha unutar mašinske hale je funkcija pritiska, momentnih sila i gustine vazduha. U većini slučajeva vazduh struji linijom najmanjeg otpora iz zona sa povišenim pritiskom ka zonama sa nižim pritiskom. U slučaju kada se vazduh za ventilaciju distribuiraju preko ventilacionih kanala i distributivnih elemenata, njegov početni moment određuje karakter strujanja sve dok ne dođe do disipacije kinetičke energije nakon čega presudni uticaj na kretanje vazduha ima prirodna konvekcija, odnosno sila potiska.

Zbog razlike u gustini vazduha u hali i izvan nje dolazi do prodora hladnog i suvog vazduha iz okoline na nižim nivoima hale dok se sa druge strane zagrejan i vlažan vazduh (koji se odlikuje manjom gustinom) usled sile potiska podiže do nivoa plafona hale. Prema tome u mašinskoj hali uvek je prisutan gradijent temperature vazduha po visini hale. Ako se u halu dovodi i odvodi podjednaka količina vazduha za ventilaciju, ravnotežni nivo pritiska će biti pozicioniran u nivou plafona sušne haube sa nad pritiskom iznad i pod pritiskom ispod tog nivoa. Iznad ovog nivoa vazduh će težiti da izađe iz hale kroz otvore i procepe u građevinskom omotaču dok će ispod ovog nivoa spoljašnji vazduh težiti da uđe unutar hale.

Efekat gradijenta temperature i gustine vazduha takođe je prisutan i unutar haube sušne sekcije. Odnos (bilans) vlažnog vazduha na izlazu iz haube i svežeg vazduha na ulazu u haubu treba da bude takav da se linija ravnotežnog pritiska održava iznad otvora kroz koje papirna traka ulazi i izlazi iz haube kako bi se sprečilo strujanje toplog i vlažnog vazduha u prostor mašinske hale. Povećanje protoka vlažnog vazduha na izlazu iz sušne haube ili smanjenje protoka svežeg vazduha koji se uvodi u sušnu haubu dovodi do podizanja nivoa linije ravnotežnog pritiska. Iz ovog razloga naročito je važno pravilno bilansiranje vazduha unutar sušne haube kao i zatvaranje vrata i revizionih otvora na omotaču sušne haube.

2.2 Elementi ventilacionog sistema

Pravilno dimenzionisan i projektovan sistem ventilacije mašinske hale treba da obuhvati sve izvore toplote, vodene pare i čvrstih čestica pre nego što se zagrejan, vlažan i kontaminiran vazduh

rasprostire dalje po hali. Vodena para koja se oslobodi u mokrom delu papir mašine i iz haube sušne sekcije glavni je razlog loših radnih uslova u hali. Moderni sistemi za ventilaciju hale sadrže sledeće elemente [3]:

1. Lokalna ventilacija mokrog dela papir mašine,
2. Lokalna ventilacija sekcije za sušenje premaza,
3. Ventilacija hale (plafonski ventilatori).

Za lokalnu ventilaciju mokrog dela mašine koriste se usisni otvori, kanali i ventilatori koji su postavljeni iznad natoka, sita i presa. Oprema za ventilaciju se obično postavlja u okviru spuštеног plafona. Vazduh se usisava na pogonskoj strani hale kako bi se obezbedilo strujanje vazduha u smeru manipulativna strana–pogonska strana. Otvori za usisavanje su postavljeni tako da vazduh struji iz oblasti sa niskom koncentracijom vodene pare ka oblasti sa visokom koncentracijom vodene pare. Nedovoljan kapacitet ventilacionog sistema dovodi do strujanja vlažnog vazduha prema plafonu hale u vertikalnom pravcu i prema drugim delovima hale u horizontalnom pravcu gde može doći do kondenzacije vodene pare na hladnim površinama.

Svi prekidi sušne haube, kao što su glet cilindar ili lajm presa, su potencijalni izvori toplote i vodene pare u mašinskoj hali. Ovi delovi mašine se opremaju lokalnim sistemima za ventilaciju na sličan način kao i kod mokrog dela papir mašine, sa spuštenim plafonom i usisnim haubama i otvorima na pogonskoj strani mašine.

Odvodni ventilacioni otvori na plafonu hale su neophodni da bi se odstranila vlaga koja nije obuhvaćena lokalnim sistemima ventilacije. Takođe, plafonski ventilatori se postavljaju u sekcijama sa značajnim dobicima toplote kao što su priprema papirne mase, sekcija za sušenje premaza i namotavanje papirne trake. Protok vazduha se dimenzioniše prema toplotnom opterećenju koje se javlja u podrumskom i radnom nivou hale uzimajući u obzir toplotne dobitke od motora, cevovoda i kanala. Plafonske ventilatore treba konfigurisati na taj način da se obezbedi strujanje vazduha u smeru suvi deo hale–mokri deo hale.

Vazduh koji se odvodi iz hale prethodno mora da se dovede u halu i to preko sistema za pripremu i distribuciju svežeg vazduha ili/i infiltracijom spoljašnjeg vazduha kroz otvore u građevinskom omotaču hale. Zagrevanje vazduha za ventilaciju i grejanje hale vrši se u rekuperativnim tornjevima otpadnom toplotom iz sušne sekcije a po potrebi i u parnim ili toplovodnim razmenjivačima toplote. U slučaju kada se vazduh samo odvodi iz hale, bez dovođenja svežeg zagrejanog vazduha, u zimskom periodu došlo bi do infiltracije hladnog spoljašnjeg vazduha kroz vrata, prozore i druge otvore u omotaču hale što bi lokalno dovelo do smanjenja temperature vazduha u hali, pojave magle i kondenzacije vodene pare.

Kod modernih sistema za ventilaciju hale u papirnoj industriji uobičajeno je da odnos dovedenog i odvedenog vazduha bude na nivou 100 do 105%, što znači da je potrebno kontrolisano dovesti najmanje podjednaku količinu vazduha koja se odvodi iz hale. U toplijim klimatskim uslovima projektovani odnos je na nivou od 70 do 80% [3].

Za evaluaciju efikasnosti sistema za ventilaciju hale mogu se koristiti različiti pokazatelji. Međutim, treba naglasiti da ni jedan od pokazatelja samostalno ne garantuje dobru efikasnost ventilacionog sistema. Kao pokazatelji najčešće se koriste: (1) ukupna količina vazduha na izlazu iz hale prema produkciji papira (za ambalažni papir preporučene vrednosti su od 25 do 39,4 m³/kg proizvedenog papira), (2) broj izmena vazduha u hali i (3) broj izmena vazduha u mokrom delu mašinske hale [3].

3. BILANS ENERGIJE U SUŠNOJ SEKCIJI PAPIR MAŠINE

Fabrika hartije Beograd (FHB) je najstarija fabrika papira u Srbiji. Proizvodni program čine ambalažni papiri (fluting, šrenc i testliner) koji se proizvode od sekundarnih vlakana dobijenih recikliranjem stare hartije.

U toku 2015. godine izvršena je rekonstrukcija sušne sekcije papir mašine sa dodavanjem novih sušnih cilindara i zamenom panela sušne haube. Prilikom rekonstrukcije sušne sekcije izvršena je modernizacija i optimizacija parno-kondenzacionog sistema. Rezultat rekonstrukcije je povećanje brzine i kapaciteta papir mašine, smanjenje specifične potrošnje pare po jedinici proizvedenog papira i

smanjenje gubitaka energije u parno-kondenzacionom sistemu. Na osnovu procesnih podataka koji su prikupljeni u maju 2016. godine (tabela 3) izrađen je materijalni i energetski bilans sušne sekcije papir mašine. Rezultati bilansa su prikazani tabelarno (tabela 4) i grafički u obliku Senkijevog dijagrama (slika 1). U toku prikupljanja podataka produkcija na papir mašini je iznosila 12,3 t/h.

Tabela 3. Prikupljeni procesni parametri na papir mašini

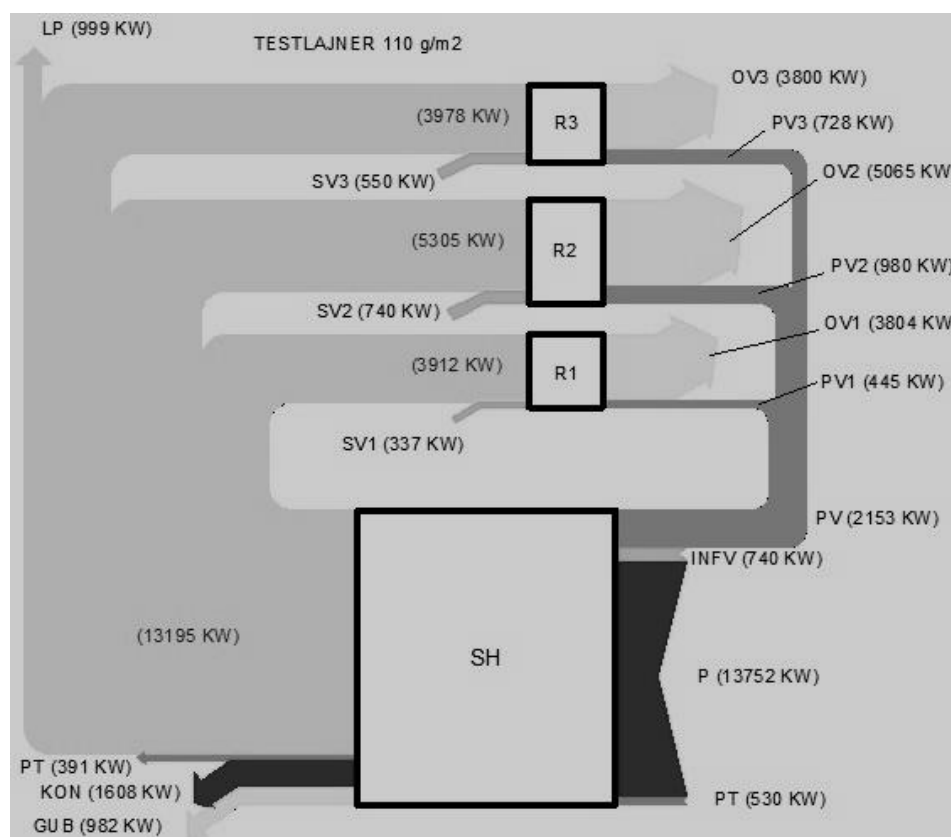
Tip papira	Gramaura papira	Brzina papirne trake	Vlažnost papira na ulazu/izlazu iz sušne sekcije	Temperatura papira na ulazu/izlazu iz sušne sekcije	Temperatura i vlažnost spoljašnjeg vazduha
testlajner	110 g/m ²	375,4 m/min	52,7/7%	26/75°C	25°C/50%
Temperatura i vlažnost vazduha iz predsušne sekcije, deo 1	Temperatura i vlažnost vazduha iz predsušne sekcije, deo 2	Temperatura i vlažnost vazduha iz naknadne sušne sekcije	Infiltrirani vazduh iz mašinske hale	Pritisak pare	Potrošnja pare
76°C/37,1%	79,4°C/30,5%	74,8°C/35%	27°C/50%	5,07 bar	17,95 t/h

Tabela 4. Rezultati bilansa sušne sekcije papir mašine

Količina vode koja ispari u sušnoj sekciji	Ukupna toplotna snaga na ulazu u sušnu sekciju	Ukupna toplotna snaga na izlazu iz sušne sekcije	Gubici kroz plašt sušne haube	Potencijal otpadne toplote ka rekuperatorima
3,64 kg/s	17976 kW	16994 kW	982 kW	13195 kW
Otpadna toplota u odnosu na unetu energiju	Spec. potrošnja toplotne energije	Spec. potrošnja toplotne energije	Spec. potrošnja pare	Spec. potrošnja pare
73,4%	3,77 MJ/kgH ₂ O	4,03 GJ/t	1,37 kg/kgH ₂ O	1,46 t/t

Protoci svežeg i vlažnog vazduha na ulazu i izlazu iz sušne haube određeni su prema nominalnom kapacitetu ventilatora i korigovani prema procentualnoj vrednosti broja obrtaja pogonskih elektromotora. Protoci su provereni merenjem brzine vazduha na ulaznom i izlaznom preseku rekuperatora toplote u više tačaka pri čemu nisu zabeležena značajna odstupanja izmerenih vrednosti, osim kod prvog rekuperatora u predsušnoj sekciji kod koga je usled zaprljanja unutar cevi izmeren za približno 50% manji protok vlažnog vazduha na izlazu od nominalnog. Prilikom bilansiranja sušne haube uzet je u obzir i vlažan vazduh koji se odsisava preko lokalne haube koja je postavljena iznad lajm prese, gde su izmerena temperatura i relativna vlažnost vazduha iznosili 70°C i 34%, respektivno.

Na osnovu rezultata može se zaključiti da postoje značajni potencijali za korišćenje otpadne toplote na sušnoj sekciji koji iznose 13195 kW. Ovo predstavlja 73,4% od ukupne energije koja se dovede u sušnu sekciju ne računajući toplotne dobitke od pogonskih elektromotora. Gubici toplote iz sušne sekcije u mašinsku halu iznose 982 kW, što čini 5,5% od ukupno unete energije. Pre rekonstrukcije gubici toplote u halu su iznosili 12,1% [5], pa se može zaključiti da je zaptivanjem i poboljšanjem termičke izolacije sušne haube postignuto smanjenje gubitaka toplote u ovoj sekciji za 6,6%.



Slika 1. Bilans energije na sušnoj sekciji papir mašine

Rezultati bilansa rekuperatora toplote su sumirani u tabeli 5. Ukupno iskorišćena toplotna snaga za predgrevanje svežeg vazduha iznosi 526 kW. Temperaturska efikasnost razmenjivača se kreće u opsegu od 29,4 do 32,1%. Ukupan teorijski potencijal za rekuperaciju otpadne toplote u drugom i trećem stepenu rekuperacije iznosi 10748 kW. Izmerena temperatura vlažnog vazduha na izlazu iz rekuperatora se kretala u granicama od 45 do 50°C, tako da veći deo otpadne toplote čini latentna toplota (toplota potrebna za promenu faze vodene pare u vazduhu). Raspoloživi potencijal osetne toplote, koja je proporcionalna razlici temperature otpadnog i okolnog vazduha, je na nivou od 760 kW.

Tabela 5. Rezultati bilansa sistema za rekuperaciju otpadne toplote

		R1	R2	R3
Temperatura svežeg vazduha nakon predgrevanja	°C	41	41	41
Iskorišćena otpadna toplota u rekuperatorima	kW	109	239	178
Temperaturska efikasnost	%	31,4	29,4	32,1
Raspoloživa otpadna toplota za 2. i 3. stepen rekuperacije*	kW	3260	4300	3188

*Napomena: Teorijski potencijal u slučaju da se vlažan vazduh ohladi do temperature spoljašnjeg vazduha

4. MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA OTPADNE TOPLOTE

Postojeći sistem za ventilaciju mašinske hale u FHB se sastoji od dva radijalna ventilatora, nominalnog protoka 2x25000 m³/h, sa kanalskim razvodom i distributivnim elementima koji ubacuju svež vazduh u nivou plafona hale. Trenutno se umesto svežeg vazduha recirkuliše vazduh iz radnog nivoa hale. U zimskom periodu svež ili recirkulisani vazduh se zagreva u parnim razmenjivačima toplote. Za odvođenje vlažnog vazduha iz hale koriste se ventilatori koji su postavljeni na bočnom

zidu na pogonskoj strani hale ($6 \times 12500 \text{ m}^3/\text{h} + 3 \times 5000 \text{ m}^3/\text{h}$) i plafonski ventilatori ($12 \times 20000 \text{ m}^3/\text{h}$). Ukupan kontrolisani nominalni protok vazduha na izlazu iz hale iznosi $330000 \text{ m}^3/\text{h}$. U hali vlada podpritisak tako da se svež vazduh infiltrira preko otvora, prozora, vrata i drugih procepa u građevinskom omotaču hale. S obzirom da je zapremina radnog dela mašinske hale 60000 m^3 , broj izmena vazduha sa postojećim sistemom ventilacije iznosi $5,5 \text{ h}^{-1}$. Ovo je značajno manja vrednost od preporučenog broja izmena ($10 \div 15 \text{ h}^{-1}$).

Prema bilansu dobici toplote od sušne sekcije iznose 982 kW . Dobici toplote od ostalih sekcija papir mašine i dobici toplote od elektromotornih pogona, koji su izračunati prema jediničnim dobicima toplote prikazanim u tabeli 1, iznose 1190 kW . Pored toga izračunati su dobici toplote od okoline, sunčevog zračenja kroz prozore hale i od radnika koji iznose ukupno 825 kW . U odsustvu merenja apsolutne vlažnosti vazduha u nivou plafona hale u ovom radu je pretpostavljeno da ona odgovara maksimalnoj preporučenoj vrednosti od $31 \text{ gH}_2\text{O/kg}_{\text{sv}}$, pri apsolutnoj vlažnosti svežeg vazduha od $10 \text{ gH}_2\text{O/kg}_{\text{sv}}$. Pri datom nominalnom protoku vazduha na izlazu iz mašinske hale može se izračunati dobitak vodene pare u hali od približno $8 \text{ tH}_2\text{O/h}$, što odgovara latentnim dobicima toplote od 5550 kW . Sledi da ukupni dobici osetne i latentne toplote u hali iznose 8547 kW . U tom slučaju prirast entalpije vlažnog vazduha usled dobitaka toplote iznosi $80,9 \text{ kJ/kg}_{\text{sv}}$, što odgovara povećanju temperature vazduha u hali od ulaznih 25°C do izlaznih 52°C . Izračunata temperatura vazduha u nivou plafona hale je znatno viša od maksimalno preporučene koja u ovom slučaju iznosi 39°C . Da bi se temperatura vazduha održala u željenim granicama potrebno je povećati protok vazduha na izlazu iz hale za 21% odnosno sa 330000 na $400000 \text{ m}^3/\text{h}$. Treba napomenuti da ovaj protok vazduha odgovara radnim uslovima u hali koji su zabeleženi u trenutku merenja i prikupljanja podataka. Pri višoj temperaturi i vlažnosti abijentalnog vazduha u letnjem periodu dobici toplote u hali će biti veći tako da će biti potreban i veći protok vazduha za postizanje željenih radnih uslova. Procena je da u letnjim uslovima potreban protok vazduha na izlazu iz hale iznosi $500000 \text{ m}^3/\text{h}$, što odgovara broju izmena vazduha od $8,3 \text{ h}^{-1}$.

Raspoloživa otpadna toplota iz sušne sekcije se može iskoristiti za zagrevanje svežeg vazduha za ventilaciju hale posredstvom razmenjivača toplote vazduh-vazduh ili razmenjivača toplote vazduh-voda. Razmenjivači tipa vazduh-vazduh su manje efikasni od razmenjivača tipa vazduh-voda pa su za istu snagu potrebne veće razmenjivačke površine što povećava investicione troškove. Nedostatak razmenjivača tipa vazduh-vazduh se ogleda u činjenici da uređaji za pripremu i distribuciju svežeg vazduha moraju da budu locirani u neposrednoj blizini sistema za rekuperaciju toplote. Sa druge strane uređaji za pripremu i distribuciju vazduha sa vodom mogu da budu distancirani od izvora toplote.

Pod pretpostavkom da se vlažan vazduh iz rekuperatora koristi za predgrevanje svežeg vazduha za 20°C u zimskom i prelaznom režimu, pri protoku od $400000 \text{ m}^3/\text{h}$, moguće je iskoristiti približno 3900 kW otpadne toplote. Preostalu količinu otpadne toplote moguće je koristiti tokom čitave godine u razmenjivačima tipa vazduh-voda za zagrevanje procesne vode. Pri datoj produkciji i vlažnosti papira na izlazu iz mašine i koncentraciji čvrste materije u natoku od 1,02%, potrebna količina vode iznosi 1121 t/h . Za povećanje temperature vode u natoku za 3°C , moguće je iskoristiti 3920 kW otpadne toplote.

5. ZAKLJUČAK

Bilansiranjem tokova materije i energije u sušnoj sekciji papir mašine i mašinskoj hali Fabrike Hartije Beograd određeni su potencijali otpadne toplote koja se oslobodi u procesu termičkog sušenja papira. Za posmatrani radni režim papir mašine potencijali otpadne toplote za rekuperaciju u drugom i trećem stepenu iznose 10748 kW . Takođe je definisan potreban protok vazduha za ventilaciju mašinske hale od $500000 \text{ m}^3/\text{h}$. Za predgrevanje svežeg vazduha u sistemu ventilacije mašinske hale moguće iskoristiti približno 3900 kW otpadne toplote, dok je za zagrevanje procesne vode moguće iskoristiti dodatnih 3920 kW .

U cilju definisanja idejnog tehničkog rešenja ventilacije mašinske hale i pratećeg sistema za korišćenje otpadne toplote neophodno je sprovesti dodatna merenja na papir mašini i u mašinskoj hali u nekoliko različitih radnih režima. Ova merenja bi bila osnova za izradu detaljnog bilansa energije u hali i sprovođenje tehno-ekonomskih analiza, koje su neophodne za izbor optimalnog rešenja.

ZAHVALNICA

Prikazani rezultati su dobijeni u toku realizacije naučno-istraživačkog projekta pod nazivom „Povećanje energetske efikasnosti u odabranom industrijskom sektoru kroz implementaciju sistema energetskog menadžmenta u malim i srednjim preduzećima“ (evid. br. projekta: TR33017), koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Autori se ovom prilikom zahvaljuju stručnom osoblju Fabrike Hartije Beograd a.d. na pomoći prilikom realizacije projekta.

LITERATURA

- [1] ***Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board, Joint Research Centre, European Commission, 2015
- [2] Tähti E., Niemelä R., Leimu J., Target levels and design methodology for paper machine room ventilation, in: Goodfellow H., Tähti E., ed. Ventilation '97: Global developments in industrial ventilation. Proceedings of the 5th International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, Sep. 14-17, 1997, Ottawa, Canada
- [3] ***TAPPI TIP 0404-50, Paper machine room ventilation guidelines, 2009
- [4] Nielsen, J., Paper machine room ventilation guidelines, TAPPI PaperCon'09 Conference, May 31-June 3, 2009, St. Louis, USA
- [5] Tanasić, N., Jankes, G., i drugi, Smanjenje specifične potrošnje energije rekuperacijom otpadne toplote na sušnoj sekciji papir mašine, Zbornik radova sa 19. međunarodnog simpozijuma CPA&G 2013, 25.-28. jun, 2013., Zlatibor, Srbija

Corresponding author:

dr Nikola Tanasić, naučni saradnik,

Univerzitet u Beogradu-Mašinski fakultet, Katedra za procesnu tehniku

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd

ntanasic@mas.bg.ac.rs

WHY THE SEALS WEAR IN THE CYLINDER DRYER RUNNABILITY SYSTEMS

ZAŠTO SE HABAJU ZAPTIVAČI U SISTEMIMA SUŠNIH CILINDARA

Juha Leimu

University of Applied Sciences, Turku, Finland

Abstract

Wearing seals of the runnability systems are a common problem. The main reason for this is uneven bending of the drying fabric due to the runnability system underpressure. Knowing the fabric movements would be essential to do proper dimensioning of the runnability device and air systems. Because no published tools for estimating the fabric bending were found, the problem was studied with a series of experiments. A regression function was introduced and it gives a good fit with the experimental values.

Key words: seals wearing, dryer runability system; regression function, fabric bending

Izvod

Habanje zaptivača u sistemima sušnih cilindara je opšti problem. Glavni razlog za ovo je neujednačeno savijanje trake papira u formiranju, koja se suši usled potpritiska u sistemu koji je transportuje. Poznavanje kretanja trake je od suštinske vanosti za odgovarajuće dimenzionisanje transportnog i vazdušnog sistema. S obzirom da nisu pronađeni objavljeni alati za procenu savijanja trake, ovaj problem je proučen kroz seriju eksperimenata. Uvedena je regresiona funkcija koja je dala dobro poklapanje sa eksperimentalnim rezultatima.

Cljučne reči: habanje zaptivača, transpotni sistem sušača; regresionafunkcija, savijanje trake papira

INTRODUCTION

When the running speeds of the paper machines exceeded 1000 m/min, most machines were equipped with some kind of runnability systems. They usually provided underpressure against the fabric at the opening nip area to ensure the web separation from the cylinder contact and then move the web safely with the fabric towards the suction roll. Most of the now running systems have been developed in a situation when the most important criteria of optimization was the running speed. The whole market in paper production has been totally changed since that but the same technology is still used. In the current situation the top priorities are all related to cost reduction concerning both investments and running costs.

Two main principles were used. The first launched systems for this purpose were based on blowing. The underpressure was induced with air jets acting as ejectors. The jet based system offered low maintenance and high reliability. The construction towards the fabric was rounded and system itself has no tendency to cause or maintain contact between the fabric and the construction. The blowing method has some higher energy costs, which becomes more important when the needed underpressure increases together with the rising running speed or more challenging mass. In the alternative systems the vacuum zone was limited with mechanical cross machine seals. The underpressure between the seals was produced with suction from this area. From the very beginning there were occasional problems with wearing seals.

Because of the energy costs in the machines running faster than 1500 m/min the jet systems are nowadays sometimes converted to run as suction systems. These conversions are often made by a third party without the original machine manufacturers engineering and knowhow. In some paper machines the wearing seals are a remarkable cost, causing a lot of maintenance work and feed a continuous flow of plastic powder to the paper process. Solid seals against moving fabrics are a technical challenge. The runnability system underpressure is bending the fabric towards the seal. The bending depends on

the fabric tension, underpressure, running speed and the distance between the fabric support lines. The reduced clearance between the fabric and the seal increases the underpressure causing further on increased bending of the fabric ending up to full contact, closed flow channel and high underpressure. On the other hand keeping the seal at a safe distance from the fabric causes unacceptable high fan power consumption. With constant fabric tension across the machine, it would be easy to dimension the sealing so that contact never or seldom occurs. Anyway the fabric tension usually is much lower at the edges than at the centreline of the machine. Strict cost control has led to longer life cycles of the drying fabrics and this further on to more uneven cross machine tension distribution of the fabrics. Simultaneously the used masses have higher adhesion and lower tension strength than before. This means need for higher underpressure even with lower running speeds. Most runnability systems are dimensioned using the average fabric tension and the average underpressure. Lower tension at the fabric edges combined with high underpressure results seal contacts and damages close to the fabric edges, while at the machine centreline the seals are in perfect condition.

The rapid change of the paper and board market has turned the production amount and quality competition to cost competition with sufficient quality. As a consequence of this market change there has been a remarkable drop in the product development investments and funding of the research. New solutions are needed, but low level of research and development makes the progress slow. Literal references concerning this subject were very few and hard to find. In this research an empiric approach was chosen. The fabric bending was measured with laser sensors and a regression model of the fabric behaviour was introduced. The most important variables are recognised and the dimensionless groups are formed. The result is an experimental regression function describing the fabric bending, position and form in the near-hood of the opening nip. The results are computed with different combinations of fabric tension, running speed and runnability system underpressure. Reasons for the fabric contacts and possible solutions to avoid the seal damages are discussed.

FABRIC BENDING

Fabric movements have been known since the cylinder dryers were invented. It didn't cause any harm before the runnability system with mechanical seals became a standard solution in fast machines. The web enters the opening nip between the fabric and cylinder surface. The web ought to follow the fabric leaving the cylinder tangentially continuing its way towards the suction roll. In the point where the web is supposed to be released from the cylinder surface, there are several challenges. The nip form and aerodynamics create an underpressure witch magnitude depends on the running speed. The adhesion of the moist web is gluing the web to the cylinder surface. These two factors are causing the web tendency to follow the cylinder instead the fabric. Runnability systems are constructed to create underpressure against the fabric at the opening nip area. The fabric permeability is low and the moist web permeability is high. The underpressure affects to the web through the fabric drawing them to tight contact. This is the purpose of the runnability systems.

Knowing the fabric position is essential when constructing a reliable runnability system. The fabric free draw looks simple but it forms a complicated dynamic system with a lot of variables involved. The form and position of the moving fabric depend mostly on the running speed, fabric tension and the pressure distribution against the fabric. Usually the free draw can be divided to two separate pressure zones, vacuum zone and pocket pressure area. Because no literature or articles of the issue was found an experimental study was made.

EXPERIMENTS

The measurement plan was made using a FORTRAN program made by J Ahlbäck. All variables were spread to the area of variation with the software to avoid autocorrelation in the regression analysis. The variables were formed to dimensionless groups according to the Buckingham's PI-theorem to simplify the analysis.

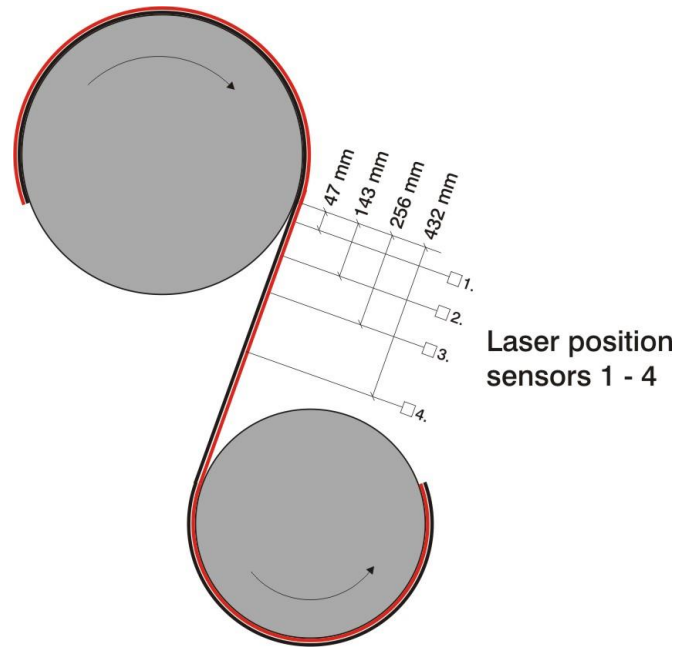


Figure 1 Positions of the four laser sensors

All computed estimates of the web behaviour in the opening nip area have been shown in a coordinate system, which has been fastened to the fabric nip. Bending of the drying fabric moves the fabric nip on the cylinder surface. The nip position will change but it is assumed to keep its form unchanged. If the fabric nip position is known in different running situation the relative position can be corrected to absolute coordinates and it makes it possible to determine the exact position and size of the area where the high runnability system underpressure is needed.

To get an approximation for the fabric nip position a series of experiments was made. In a pilot machine the drying cylinder radius is 915 mm and the fabric free draw between the drying cylinder and the suction roll tangent points is 925 mm. A test plan was made to measure the fabric perpendicular position deviation as a function of fabric tension T [kN/m], running speed w [m/s], pocket pressure [Pa] and the runnability system high vacuum zone underpressure [Pa]. The fabric position was measured at 24, 137, 316 and 498 mm distance from the fabric nip of a still standing machine. The fabric tension T was varied between 3.0 and 7.0 kN/m and the running speed between 1200 and 2000 m/min. When computing the running speed was handled as meters per second. Pocket pressure was varied between 50 and 350 Pa while the high vacuum underpressure was from 1.0 to 4.0 kPa. The drying fabric was treated impermeable and its mass was 1.0 kg/m².

Aiming to separate the results from the actual test arrangement all the variables were turned to dimensionless form. Applying the Buckingham's Pi-theorem

$$\Pi_1 = \frac{s}{L} \quad \text{Dimensionless fabric transition}$$

$$\Pi_2 = \frac{L_1}{L} \quad \text{Dimensionless measuring position}$$

$$\Pi_3 = \frac{p_{HR}}{p_T} \quad \text{Ratio of the high vacuum and pocket underpressure}$$

$$\Pi_4 = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{m}{p_T}} w \quad \text{Dimensionless running speed}$$

$$\Pi_5 = \frac{T}{L^2 p_T} \quad \text{Dimensionless fabric tension}$$

There was available 212 measured points and a nonlinear regression analysis was made by using Sigma Stat 3.1 program. The used model function was

$$\Pi_1 = a \Pi_2^{a_1} \Pi_3^{a_2} \Pi_4^{a_3} \Pi_5^{a_4} \quad \text{Eq. (1)}$$

and after the determine the constant parameters the fabric transition can be solved from equation

$$s = 0,0982 \left(\frac{L_1}{L} \right)^{0,312} \left(\frac{p_{HR}}{p_T} \right)^{0,249} \left(\frac{w}{L} \sqrt{\frac{m}{p_T}} \right)^{-0,338} \left(\frac{T}{L^2 p_T} \right)^{-0,972} L \quad \text{Eq. (2)}$$

Coefficient of determination is 0.94 and all the measured points with their computed estimates are shown in figure 1.

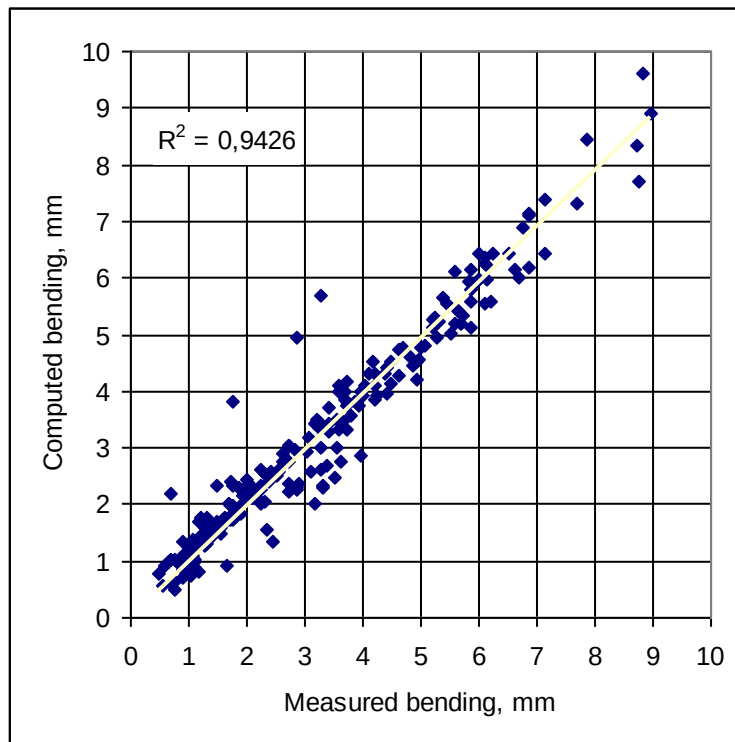


Figure 2 Comparison of the computed and experimental results. The four points clearly above the target line are measured with vibrating fabric.

The computed results give a good correlation to the measured results. In the area between the fabric position sensors the model gives reliable results. Anyway outside of this area extrapolation should be avoided. Closer to the basic nip than the first sensor position, the model assumes that every curve in figure 3 is leading to the same point. The real fabric nip is moving along the cylinder surface according to the bending and every curve will cross the zero level of the bending in different positions. Inside the measured range the error is small but outside the uppermost measuring sensor the error will strongly increase. At the other end of the range the maximum bending is got somewhere between the third and fourth sensors but because there is no decreasing values of bending in the results the model assumes that the bending continues to grow with the increasing distance from the basic nip position.

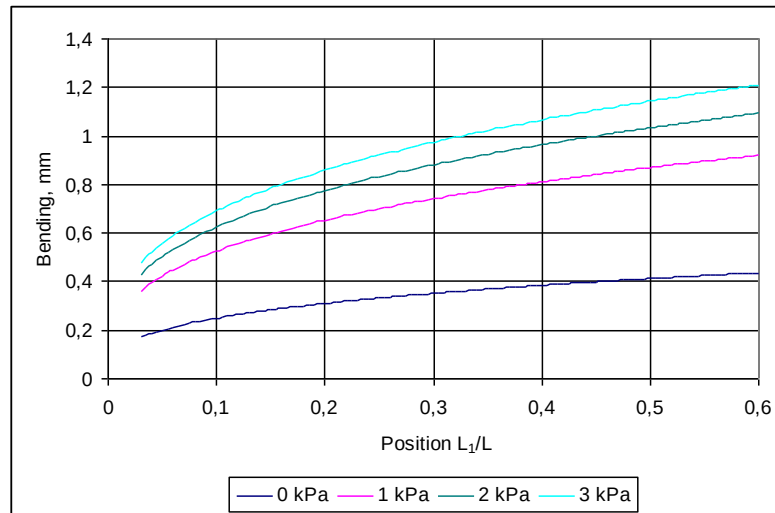


Figure 3 Bending of the drying fabric in a computed example case with 5 kN/m fabric tension.

THE NIP TRANSITION

The results can be applied for computing the fabric position in a running situation of a production machine. Here the fabric bending is used for estimating the change of the fabric nip position. Deviation of the fabric position at a known distance from the basic nip position will cause a transition of the actual nip position, which can be solved. Because in the fabric there is no sudden bends, the fabric is replaced with a straight line leaving the cylinder contact tangentially. The modelled fabric bending gives the perpendicular transition of the fabric from which can be computed the fabric nip transition in the fabric direction. The computed fabric bending during the underpressure experiments are shown in figure 5. Assuming the fabric as a rigid straight line the fabric nip transition (see figure 4) is computed as a function of the fabric bending at point where L_1/L is 0.1. The results are shown in figure 5.

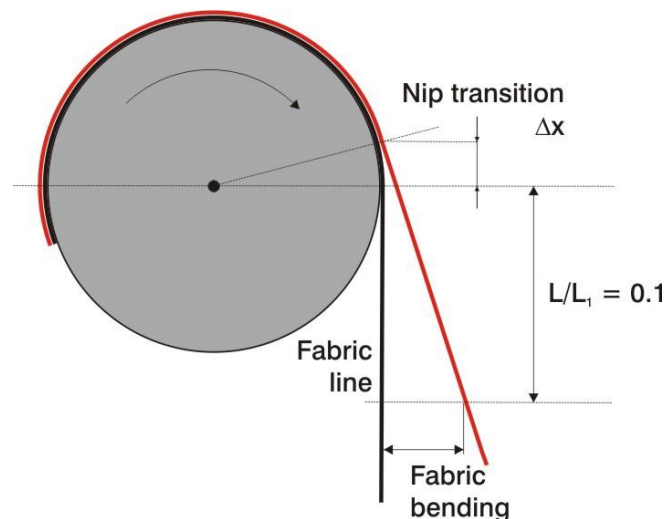


Figure 4 Nip transition caused by the bending fabric

During the underpressure experiments the fabric tension was 5 kN/m and the average pocket underpressure was 50 Pa. Rising of the high vacuum zone underpressure from the pocket pressure to 1.0, 2.0, and 3.0 kPa caused fabric bending of 0.25, 0.52, 0.65, and 0.70 mm. Further on these values of bending respond a 5-6 mm transition of the fabric nip on the cylinder surface.

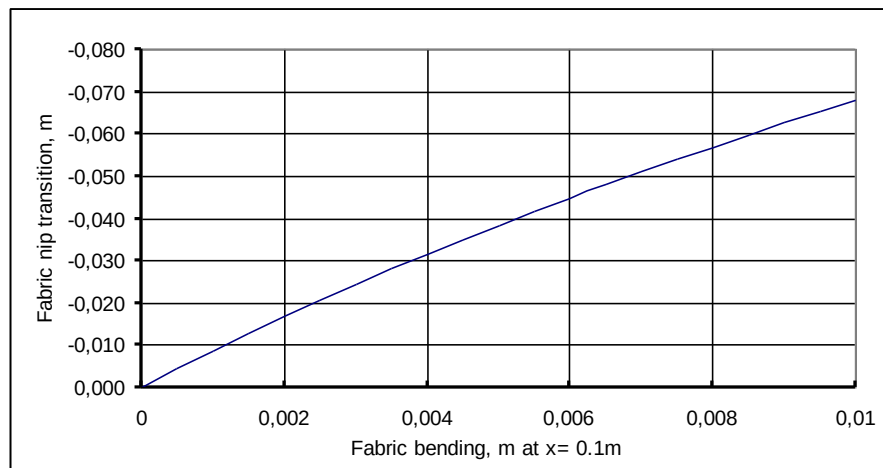


Figure 5 Opening nip transition caused by fabric bending

FABRIC TENSION IN PRODUCTION MACHINES

The fabric tension is created with a tensioning roll, which is moved with hydraulic or pneumatic cylinders and the system pressure gives a good estimate for the tension roll force and further on the fabric tension. This value anyway is cross the machine integrated average value for the tension. The tension profiles of three drying fabrics were measured and the results are shown in figure 6. The paper mill and the fabric manufacturer don't want to be recognised.

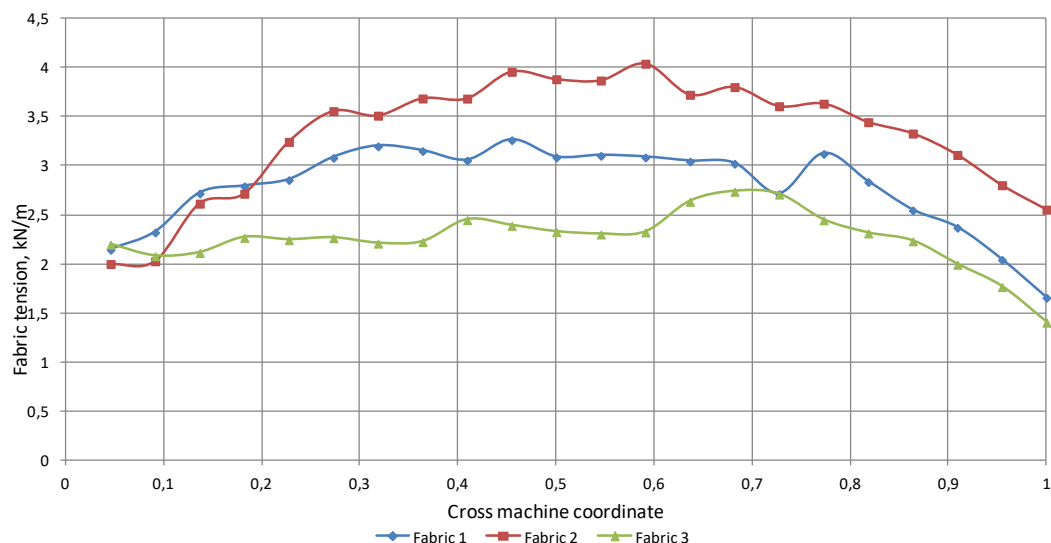


Figure 6 Tension profiles of three drying fabrics in a paper machine

Values from one measured drying fabric tension profile were used to compute the fabric bending profile. In figure 7 the upper curve shows the measured tension values on the left hand y-axis. The lower curve shows the responding computed bending values on the right hand y-axis. The example case was computed with 1000 m/min running speed, 100 Pa underpressure in the pocket and 1 kPa vacuum zone underpressure. The horizontal line in the figure is the fabric tension from the control system. If the fabric tension would be constant cross the machine, the fabric would bend 1.75 mm without any contact between the seal and the fabric. With the real tension distribution the seal would be damaged 20 % of the machine width on the left and 10 % on the right.

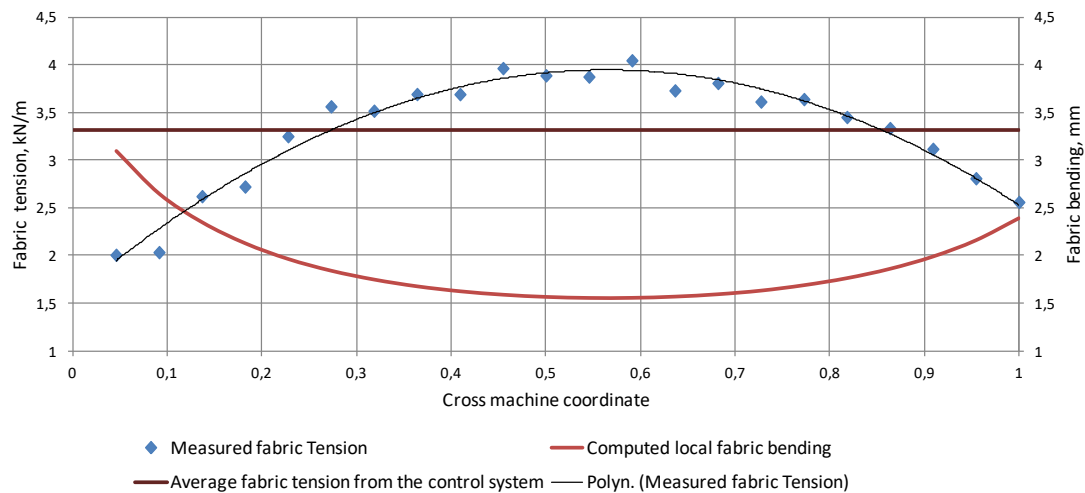


Figure 7 Tension profile and bending 120 mm down from the opening nip.

SEAL WEARING AS A PROBLEM

The uneven tension distribution is an important reason for the seal damages in the runnability systems but the runnability system construction is part of the problem. The cross machine seals form a limited volume cross the machine. Air can freely flow in this volume and the underpressure in this volume is close to constant cross the machine. The clearance between the seal forms a cross machine slot throttling the runnability system suction air flow. The pressure loss of this slot equals to the vacuum zone underpressure. Fabric bending reduces the flow area of the slot increasing the underpressure increasing further the fabric bending which increases the underpressure and so on. This same phenomenon is can be recognised when vacuum cleaning curtains or light weight carpets. The vacuum cleaner nozzle is catching the textile to full contact. The textile is stuck to the nozzle blocking it. The fabric tension distribution is never exactly even but with new fabrics there are seldom problems. In worn out fabrics the edges may begin to flutter and nothing saves the seals from the fluttering fabric edges.

For smoothly running fabrics with uneven tension distribution, a lot of technical solutions have been proposed to prevent the contact between the seal and the fabric. Most of the patented systems need external energy, complicated control systems, and they have never been successfully used. The first solution could be increasing the seal clearance. This increases the fan power and energy costs. The problem can also be solved by dividing the cross machine volume to sections so that the cross machine airflows are prevented or at least strongly reduced. These zones can be studied as independent control zones where increasing underpressure moves the seal compensating the fabric bending. The technology exists but the simultaneous reduction in research and development funding has lead to a situation where new product launches seldom happen.

SUMMARY

Modern paper machines are seldom used without runnability systems keeping the opening nip area or the whole pocket underpressurized. The fabric is an easy moving flexible construction made practically impermeable by the moist web. The underpressure bends the web and fabric together and if the underpressure is produced with suction and mechanical seals, there is always a risk for seal damaging contact between the fabric and the seal. The developed regression model is a good tool to estimate the fabric form and bending. it offers a good base for dimensioning the seal distance.

REFERENCES

- Soininen M, 1984, The free draw of a homogenous sheet between two rotating cylinders, Proceedings of the fourth international drying symposium, Kyoto international conference hall, Kyoto, Japan, July 9.-12. 1984
- Widlund O., Ragvald H., Haldin C., Lindqvist N., 1997, Aerodynamics of high speed paper machines, Tappi Journal, Vol 80, no 4, April 1997, pp 113-118.
- Koskimies J. et al., 1992, Control of web tension profile improves runnability and product quality in paper mills. Euceba Symposium 1992, Budapest.
- Kinnunen J., 2004, Nonlinear thin beam bending model, Journal of structural mechanics, Vol. 37, No. 1, 2004
- Johnson K., 1985, Rolling contact of elastic bodies, Contact mechanics, Cambridge University Press, pp 245-246.
- Leimu J., 2012, The paper machine cylinder dryer opening nip, Theoretical and experimental investigation, Lambert Academic Publishing, 2012

Corresponding author:
dr Juha Leimu
Tiilentekijäntätkatu 9C3, Turku, Finland
jtleimu@gmail.com

NANOCELLULOSE AS AN ADDITIVE IN COATING COLOR TO IMPROVE PAPER PROPERTIES

NANOCELULOZAKAO ADITIV U OBOJENIM PREMAZIMA ZA POBOLJŠANJE SVOJSTAVA PAPIRA

Janja Juhant Grkman¹, Tea Toplišek¹, Primož Oven², Mojca Božič³

¹Pulp and Paper Institute, Ljubljana, ²University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Ljubljana,

³University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor, Slovenia

Abstract

Nanocellulose has a great potential in paper and board industry; it can be used in a paper to improve strength properties or it can be used as a wet-end additive to enhance retention in coating application. Nanocellulose can form transparent film with excellent barrier properties (barrier against oil and grease, water vapor, oxygen, etc.).

The main goal of this research was to test nanofibrillated and nanocrystalline cellulose in coating color to improve mechanical, optical and printing properties of the paper. Case study focused on three different papers, coating colors and coating applications. Nanocrystalline cellulose (NCC) was used in coating color to improve properties of paper for flexible packaging. Nanofibrillated cellulose (NFC) was used in two different coating colors to improve properties of lightweight paper and printability of security paper.

Results of laboratory testing proved great potential of nanocellulose as an additive in coating colors.

NCC coated paper surface was more closed and smooth in comparison to the standard paper. Barrier properties against oil and grease were also improved. Results of lightweight NFC coated paper showed that surface was closed therefore the penetration of water was slower compared to the standard paper. In the last case study, printability was tested on security paper coated with NFC. Obtained results were negative but with optimization of coating colors can be improved in future.

Key words: nanofibrillated cellulose, nanocrystalline cellulose, coating color, coating, flexible packaging, lightweight paper, security paper, barrier properties, printability

Izvod

Nanoceluloza ima veliki potencijal u industriji papira i kartona, ona se može koristiti za poboljšanje mehaničkih svojstava ili se može koristiti kao aditiv na vlažnom kraju radi poboljšanja retencije i premaznim primenama. Nanoceluloza može da formira providan film sa odličnim barijernim svojstvima (za ulje i masnoće, vodenu paru, kiseonik i dr.).

Osnovni cilj ovog istraživanja je da se ispita nanokristalna i nanofibrilizovana celuloza u boji za premaz kao sredstvo za poboljšanje mehaničkih i optičkih svojstava i pogodnosti papira za štampanje. Studija slučaja fokusirana je na tri različita papira, boju za premaz i primenu premaza. Nanokristalna celuloza (NCC) korišćena je u bojama za premaz u cilju poboljšanja svojstava papira za fleksibilnu ambalažu. Nanofibrilizovana celuloza (NFC) korišćena je u dve različite boje za premaz u cilju poboljšanja svojstava papira male gramature i pogodnosti za štampanje sigurnosnih papira.

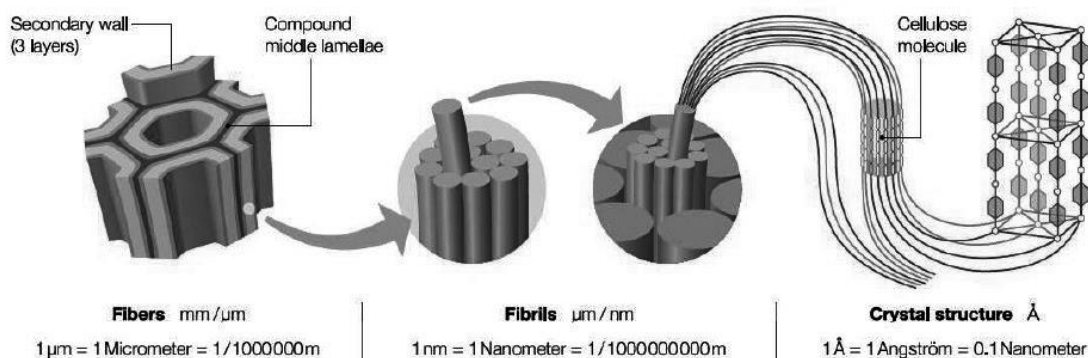
Rezultati laboratorijskih ispitivanja pokazali su veliki potencijal nanoceluloze kao aditiva u bojama za premaz.

Površinapapira oslojenog NCC celulozom bila je zatvorenija i glatkija u poređenju sa standardnim papirom. Takođe su poboljšana i barijerna svojstva prema ulju i masnoćama. Rezultati dobijeni ispitivanjem papira male gramture, oslojenog sa NFC pokazali su da je penetracija sporija u odnosu na standardni papir. U poslednjoj studiji slučaja, pogodnost za štampanje je proveravana na sigurnosnom papiru oslojenom sa NFC. Dobijeni rezultati bili su negativni, ali bi se mogli poboljšati u budućnosti optimizacijom boja za premaz.

Cljučne reči: nanofibrilizovana celuloza, nanokristalna celuloza, boja za premaz, premaz, fleksibilna ambalaža, papir male gramature, sigurnosni papiri, barijerna svojstva, pogodnost za štampanje

1. INTRODUCTION

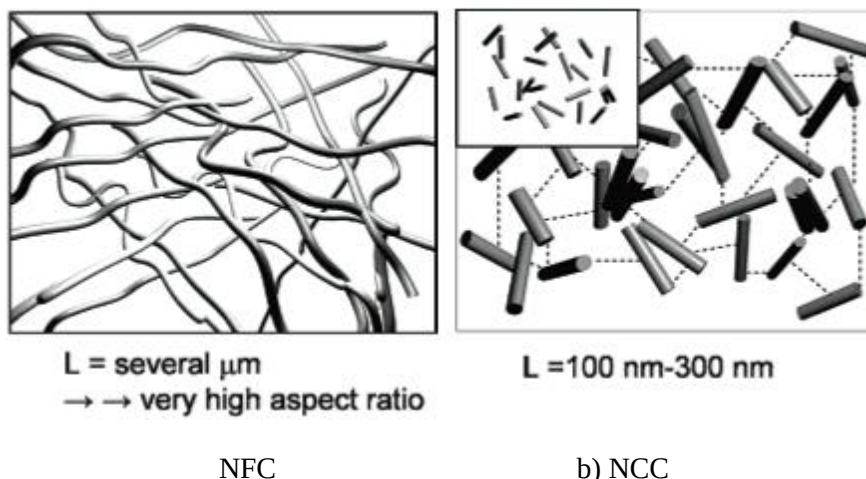
Chemical structure of wood is very complex. It is composed of cellulose, hemicellulose and lignin, which present around 80 % of wood biomass. Cellulose is one of the most plentiful polymers on the planet. The basic repeat unit contains two anhydroglucose rings joined via the β -1,4 glycosidic linkage. Furthermore, 30–40 cellulose polymer chains aggregate into microfibrils (also referred to as elementary fibrils). Within each of these microfibrils, there are regions, where the cellulose chains are arranged in highly ordered structures (crystalline), and regions that are disordered (amorphous) [1].



Zimmermann et al. Adv. Eng. Mater. 6 754-761 (2004)

Figure 1: Scheme of cellulose/fibers/fibrils/crystal structure [2]

When mild chemical or enzymatic pretreatment followed by mechanical treatment is applied, microfibrils in the form of an aqueous suspension can be obtained, referred to as nanofibrillated (NFC) or microfibrillated (MFC) cellulose (Figure 2a) consisting of mixture of cellulose fibrils (3 – 5 nm wide) and fibril aggregates (10–20 nm wide), that are several microns long. On the other hand, when a strong acid hydrolysis is used, all disordered regions are removed resulting in highly crystalline, rod-like particles called cellulose nanocrystals or whiskers, 3–5 nm wide and 100–300 nm long (Figure 2b) [1].



NFC

b) NCC

Figure 2: Comparison of nanocellulose isolated from wood using (a) mild enzymatic pretreatment and (b) strong acid hydrolysis [1].

Research on micro/nano fibrillated cellulose and nanocrystalline cellulose has increased since 2000. By definition, nanocellulose has at least one dimension less than 100 nanometers in size, either diameter or length. Nanocellulose has great potential in composite material, nonwovens, cosmetics, food products and in paper industry where it can be used as filler or as an additive in coating color.

In this work we were focused on three case studies; use of NCC and NFC as an additive in coating color to improve mechanical, optical and printing properties on paper for different end uses.

2. EXPERIMENTAL

In this research, NCC was used as a powder from Alberta Innovates and NFC as slurry, isolated by University of Ljubljana, Biotechnical Faculty.

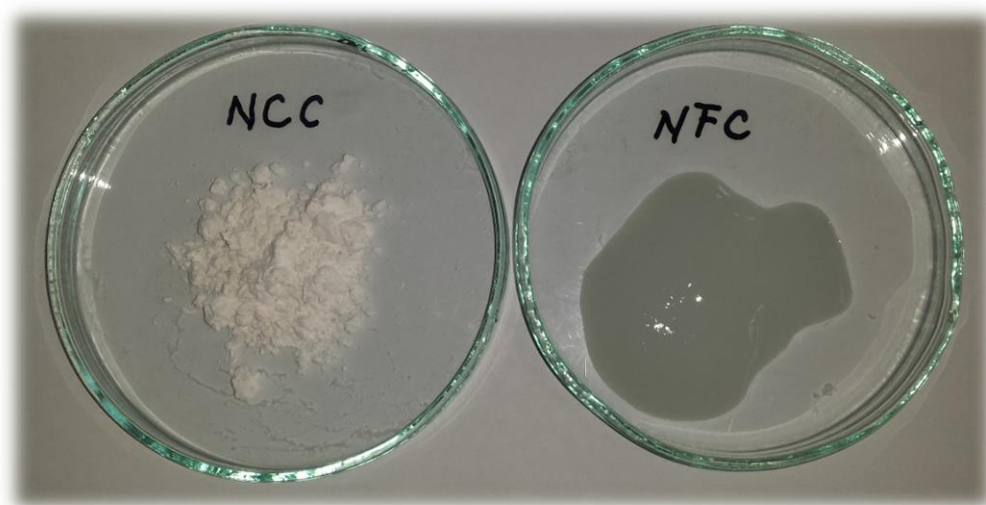


Figure 3: Nanofibrillated and nanocrystalline cellulose used for testing

Isolation of NFC from groundwood was made in three steps; (i) extraction of wood, (ii) delignification and (iii) mechanical process using Ultra Turrax T25 IKA and Vibra Cell. Obtained NFC has diameter of 10–80 nm and length of several microns. Obtained NFC slurry has 1,6 % solid content.

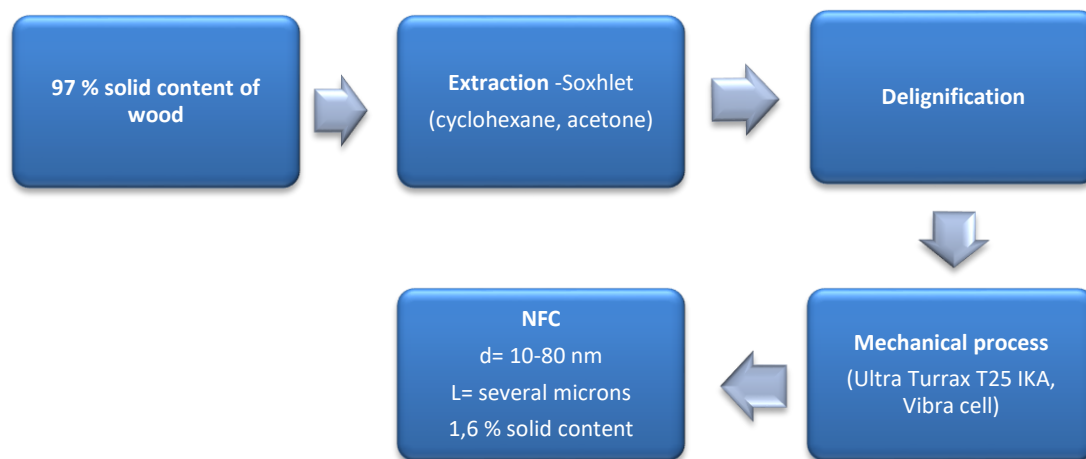


Figure 4: Isolation of NFC from groundwood, prepared by Biotechnical Faculty from Ljubljana

The goals of this research were (i) improved properties of paper maintained for flexible packaging, (ii) improved properties of lightweight papers and (iii) improved printability of security papers.

For each goal, coating color was prepared according to Tables below.

Improved properties of paper maintained for flexible packaging

The goal of this research was to improve barrier properties (barrier against oil and grease) on paper using NCC as additive in coating color to close the surface of the paper and to get less porous paper surface. NCC replaced the amount of binder as shown in Table 1.

Table 1: Coating color used for flexible packaging

	P1	P2
<i>Pigment (clay, CaCO₃)</i>	100	100
<i>NCC</i>	/	1
<i>Binders</i>	13,5	11,5
<i>Co-binders</i>	0,04	0,04
<i>Other additives</i>	3	3

Improved properties of lightweight papers

In this case NFC was used in coating color to improve optical and mechanical properties of lightweight papers. Table 2 presents the composition of coating color.

Table 2: Coating color used for lightweight papers

	L1	L2
<i>Starch</i>	100	100
<i>NFC</i>	/	1
<i>Additives</i>	2,3	2,3
<i>Resin</i>	3	3

Improved printability of security papers

The goal of this case study was to improve printability of security papers using NFC in coating color. Table 3 presents the composition of used coating color.

Table 3: Coating color

	R1	R2
<i>Starch</i>	100	100
<i>NFC</i>	/	1
<i>Additives</i>	1	1
<i>Resin</i>	10	10

3.RESULTS AND DISCUSSION

Improved properties of paper maintained for flexible packaging

In Table 4, comparison of physical properties of coating color (viscosity, pH and concentration) is presented. It can be seen that the use of NCC lowered viscosity of coating color. Coating color was applied on paper using laboratory coater RK with rod. The coat weight was 10 g/m² and the final grammage of the paper was 63 g/m². After that, paper was calendered on Ramisch calender at 110°C and 1 t. Bekk smoothness was increased, meanwhile Cobb Unger value was decreased when using NCC in coating color. Print penetration of ink was better for P2 sample.

Table 4: Physical properties of coating color and measured properties of final paper

<i>Parameter</i>	P1	P2
<i>Viscosity [mPas]*</i>	1470	790
<i>pH value</i>	9,70	9,48
<i>Concentration [%]</i>	68,4	68,4
<i>Smoothness (Bekk) [s]</i>	427	480
<i>Cobb Unger [g/m²]</i>	3,43	1,69
<i>Print penetration [1000/mm]</i>	7,6	7,0

*measured on Brookfield, 100 rpm, 25 °C



Figure 5: Print penetration of coated samples

Improved properties of lightweight papers

Concentration of coating color was lower because of solid content of NFC. Coating color was applied on paper using size press. The coat weight was 1 g/m² and the final grammage of the paper was 46 g/m². After that, paper was calendered on Ramisch calender at 75°C and 0,3 t.

Optical properties of the paper and also pick resistance were lower when using NFC in coating color.

Another parameter that was measured is contact angle. Testing liquid was water. From Table 5 it can be seen that contact angle is not changing a lot when using NFC as additive in coating color.

Table 5: Physical properties of coating color and measured properties of final paper

Parameter	L1	L2
Viscosity [mPas]*	46	64
pH value	5,97	5,98
Concentration [%]	17,1	15,8
ISO whiteness [%]	97,65	97,11
Opacity [%]	81,01	80,38
Pick resistance-IGT [m/s]	1,19	1,13
Contact angle @ 1 s [°]	60,9	69,5
Contact angle @ 60 s [°]	46	66,3

*measured on Brookfield, 100 rpm, 50 °C

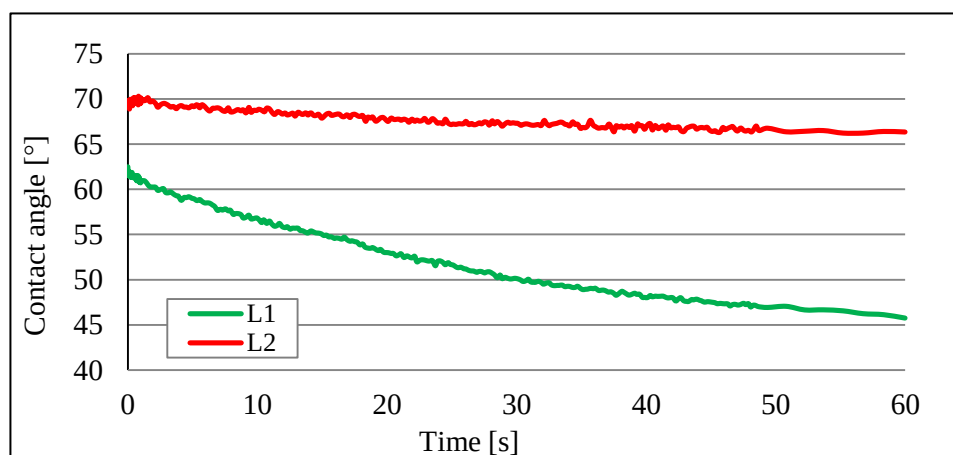


Figure 6: Measurement contact angle on tested samples

Improved printability of security papers

Physical properties of coating color were not changed despite using NFC. Coating color was applied on security paper using size press. The coat weight was 4 g/m² and the final grammage of the paper was 84 g/m². After that, paper was calendered on Ramisch calender at 45°C and 0,3 t.

Contact angle on coated security paper was measured at University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering. It can be seen that contact angle was reduce after adding NFC in coating color.

Printability was tested on the Fujifilm Dimatix DMP-2831 ink jet printer. Absorbent ink was too slow, perhaps of too closed paper surface. This can be improved with optimization of coating color which will be done as the next step.

Table 6: Physical properties of coating color

	<i>R1</i>	<i>R2</i>
<i>Viscosity [mPas]*</i>	19,2	21,0
<i>pH value</i>	7,14	7,26
<i>Concentration [%]</i>	7,65	7,35
<i>Contact angle [°]</i>	54,7	23,6

*measured on Brookfield, 100 rpm, 50 °C

4. CONCLUSIONS

Results of laboratory testing showed great potential for nanocelullose as an additive in coating colors.

Paper coated with NCC has more closed and smooth surface in comparison to the standard paper maintained for flexible packaging. Barrier properties against oil and grease were also improved.

Results for lightweight paper coated with NFC showed that surface of the paper was closed therefore the penetration of water was slower compared to the standard paper.

In the last case study, printability was tested on security paper coated with NFC. Obtained results were negative but with optimization of coating colors they can be improved in the future.

REFERENCES

- [1] M. Salajkova, Nanocelluloses-surface modification and use in functional materials, 2012
- [2] Zimmermann et al. Adv. Eng. Mater. 6 754-761 (2004)
- [3] http://oske.ketek.fi/Nanocellulose%20center_Teknokeskiviikko%2020_4_2011.pdf
- [4] D. J. Gardner et al. / Journal of Adhesion Science and Technology 22 (2008) 545–567

Corresponding person:

Janja Juhant Grkman

Pulp and Paper Institute Ljubljana, Bogišičeva 8, SI–1000 Ljubljana

janja.juhant-grkman@icp-lj.si

PRESENTATION OF COMPANY OMYA, GUMMERN, AUSTRIA

PREZENTACIJA FIRME OMYA, GUMMERN, AUSTRIJA

Vojmir Ožinger
OMYA, Gummern, Austria

ALTERNATIVE PIGMENT CONCEPTS FOR NEW MARKET REQUIREMENTS IN BOARD APPLICATION

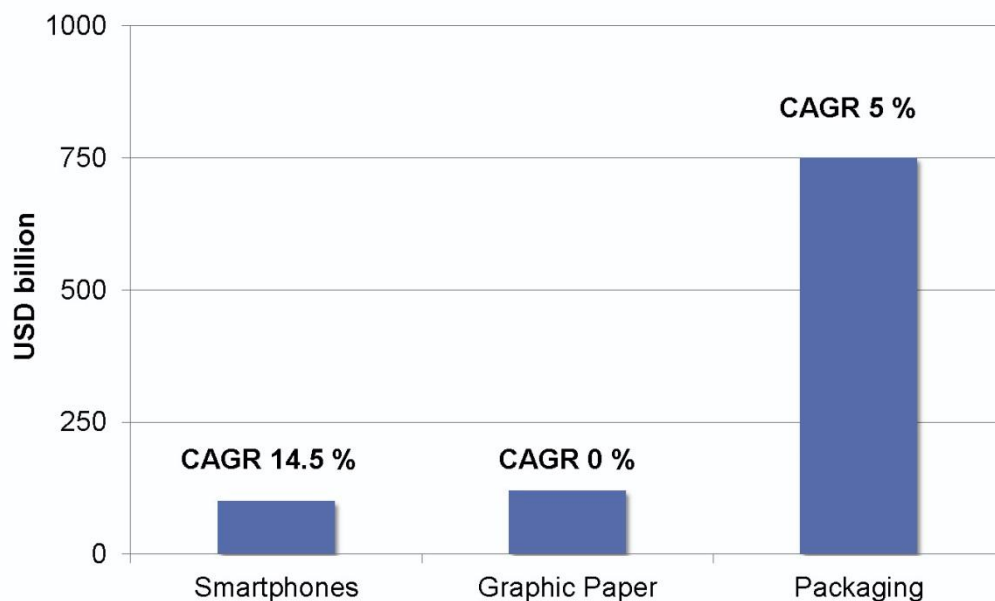
Content

- Major trends in the paper & board market
- Different Case Studies
 - Coverage and brightness improvements
 - Faster ink setting in Flexographic printing
 - High glossability – glossy paper and matte calendering
- Summary

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omya explicit written authorization.



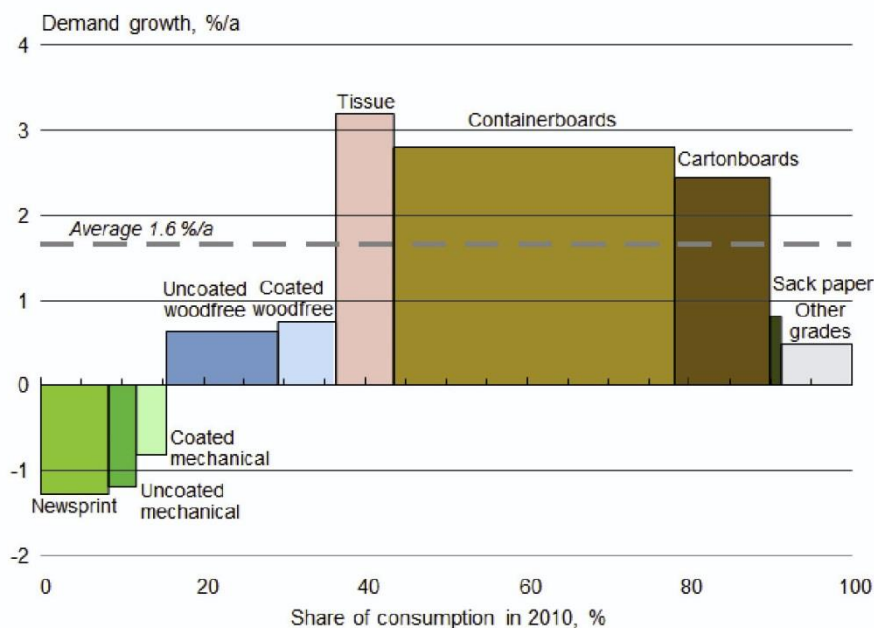
Global Market Size and Growth of Selected Industries 2012



This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omya explicit written authorization.



Long-Term Growth of Paper & Board Through 2025

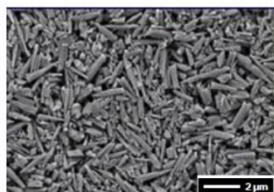


This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omya explicit written authorization.

Source: Poyry World Paper Markets up to 2025_2



Summary

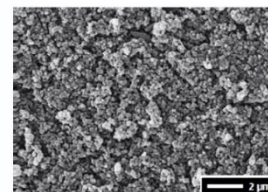
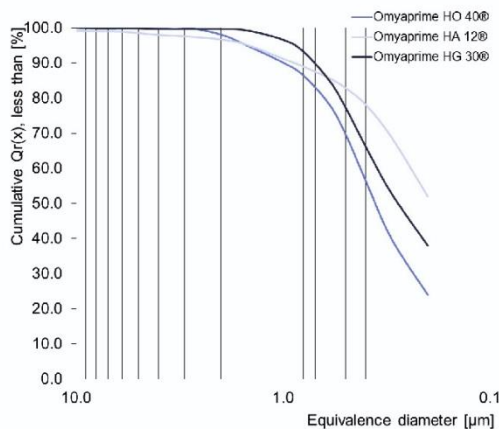


Omyaprim® HO 40

Aragonite PCC

Specific surface area = 14.0 m²/g

Average particle diameter (d₅₀) = 0.42 µm

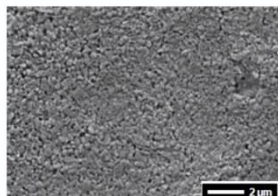


Omyaprim® HA 12

Rhombohedral PCC

Specific surface area = 21.0 m²/g

Average particle diameter (d₅₀) = 0.21 µm



Omyaprim® HG 30

GCC / PCC Co-processing

Specific surface area = 23.0 m²/g

Average particle diameter (d₅₀) = 0.27 µm

This document contains proprietary information which shall not be used and disclosed without Omya explicit written authorization.



A NEW SYSTEM FOR VACUUM AND HEAT COGENERATION APPLIED IN PAPER MACHINES

NOVI SISTEM ZA KOGENERACIJU VAKUUMA I TOPLOTE PRIMENJEN NA PAPIR MAŠINAMA

M. Šarevski, V. Šarevski

Faculty of Mechanical Engineering, University "Sv. Kiril i Metodij", Skopje, R. Macedonia

Abstract

A new energy efficient thermal system for cogeneration of vacuum and heat in paper machines is proposed in this paper. The paper machines are large consumers of electrical energy and thermal energy. A turbo compressor – turbo expander unit is proposed in the new concept for generation of vacuum. The turbo compressor vacuum pump is driven by a steam turbo expander, consuming high pressure and high temperature boiler steam. The steam exiting the turbo expander is used, generating heat for paper machine drying processes. The needs for vacuum and heat at different segments of a paper machine are analyzed. The characteristics of single stage high pressure ratio centrifugal compressors are analyzed and possibilities for their application in the proposed new system are estimated. The implementation of the new system can result in significant increment of the energy efficiency of the paper machine production process.

Key words: cogeneration; vacuum; heat; turbo compressor – turbo expander unit; energy efficiency

Izvod

U ovom radu predložen je jedan novi energetska efikasan sistem za kogeneraciju vakuuma i toplote na papir mašinama. Papir mašine su veliki potrošači toplotne i električne energije. U novom konceptu predložena je turbokompresorsko – turboekspanderska jedinica za generiranje vakuuma. Pogon turbokompresorske vakuum pumpe se ostvaruje turboekspanderom, potrošnjom vioko pritiska i visoko temperaturne kotlovske pare. Para na izlazu iz turboekspandera generira toplotu za procese sušenja na papir mašini. Analizirane su potrebe za intenzitet vakuuma na različitim segmentima papir mašine. Ocenjene su karakteristike jedno stepenih centrifugalnih kompresora u uslovima rada sa visokim vakuumom i visokim stepenom kompresije. Procenjene su mogućnosti njihove implementacije u turbokompresorsko – turboekspanderskim jedinicama, kao i u konceptu novog kogenerativnog sistema. Primena novog sistema može rezultirati u značajnom povećanju energetske efikasnosti proizvodnog procesa na papir mašinama.

Cljučne reči: kogeneracija; vakuum; toplota; turbokompresor - turboekspander; jedinica; energetska efikasnost

1. INTRODUCTION

The production and consumption of paper in the world continuously increases. The paper industry is large and significant consumer of heat energy and electrical energy. Recent development of the paper production technology and processes has resulted in reduction of heat energy consumption [1]. Implementation of the ejector thermocompression technology is an effective way to prevent steam and condensate leakages (losses) into the environment and to improve the paper production process energy efficiency [2,3].

The electrical energy consumption of the vacuum system is significant part of the total electrical energy consumption in the paper production technological processes. The optimal intensity of the vacuum in different segments of the paper machine is defined with technological requirements of the production processes. Mechanical drying of the paper tape is realized by pressing of the tape and by vacuum. Thermal drying is achieved by evaporation of the water contained in the paper tape. The humidity of the paper tape at the inlet on the thermal drying section, which determined the thermal

energy (steam) consumption, directly depends on the intensity of the vacuum. The total energy efficiency (thermal and electrical) of a paper machine directly depends on the intensity of the vacuum. The possibilities of application of co-generative (power and heat production) and tri-generative (power, heat and cool production) in the paper industry are discussed by Nikolić *et al* [4].

The characteristics of different vacuum systems with turbo compressors, screw compressors, two-phase ejectors and mechanical vacuum pumps with water ring are analyzed in our previous works [5,6]. The mechanical vacuum pumps with water ring have wide application in the paper industry. Their efficiency coefficient is very low ($\eta = 0.2 \div 0.3$) [7]. For high capacity paper machines turbo compressor vacuum systems are applied. The traditional turbo vacuum systems contain low speed multi-stage turbo compressors.

Recent developments and technologies considered for oil-free direct-driven variable-speed centrifugal compressors (active magnetic bearing technology; high speed permanent magnet motor technology) are discussed by Brasz [8] and by Schiffmann and Favrat [9,10]. Suggestions and recommendations for optimal design of the centrifugal compressor flow field are given by Šarevski and Šarevski [3]. The developmental achievements in the fields of material and strength sciences and the achievements related to development of high speed high pressure ratio transonic centrifugal compressors can be used for development of centrifugal compressor vacuum pump systems. The target is to develop high speed high pressure ratio single-stage centrifugal compressor for the turbo compressor – expander unit as a main element of the new system for vacuum and heat cogeneration in paper machines.

A co-generative system for simultaneous production of vacuum and heat applied in the paper machines is the subject of investigation in this article. A turbo compressor – turbo expander unit is proposed in the new concept for generation of vacuum. The unit contains a single-stage centrifugal compressor directly driven by a single-stage turbo expander. The characteristics of the centrifugal compressor are analyzed in this work. The optimization of the boiler steam parameters and characteristics of the turbo expander as an element of the turbo compressor – turbo expander unit will be subject of investigations in our next works.

The purpose of this paper is to propose and introduce the new system for vacuum and heat cogeneration, to determine the characteristics of single-stage high pressure ratio transonic centrifugal compressors and to estimate the possibilities for their application in the novel co-generative systems with a turbo compressor – turbo expander unit.

2. INFLUENCE OF THE VACUUM INTENSITY ON THE ENERGY EFFICIENCY OF PAPER MACHINES

The intensity of the vacuum in different segments of the paper machine is defined with technological requirements of the production process. An example of the paper tape movement in a paper machine is given in Fig. 1.

Mechanical drying of the paper tape is realized by pressing of the tape and by vacuum. In the first segment (I), when the paper tape is above the sieve, the vacuum needed is ($0.1 \div 0.2$ bar). In the second segment (II, Gauch press) the pressing of the paper tape and vacuum is applied. The intensity of the vacuum is ($0.5 \div 0.8$ bar). The third segment is the felts drying section. The intensity of the vacuum is ($0.5 \div 0.6$ bar). In the fourth segment (IV, wet press, Saug roller) the pressing of the tape and vacuum drying is realized.

The vacuum intensity on different paper machine segments depends on: characteristics of the paper tape, thickness of the tape; characteristics of the paper machine, tape speed; characteristics of the sieve and felts; characteristics of the vacuum system etc.

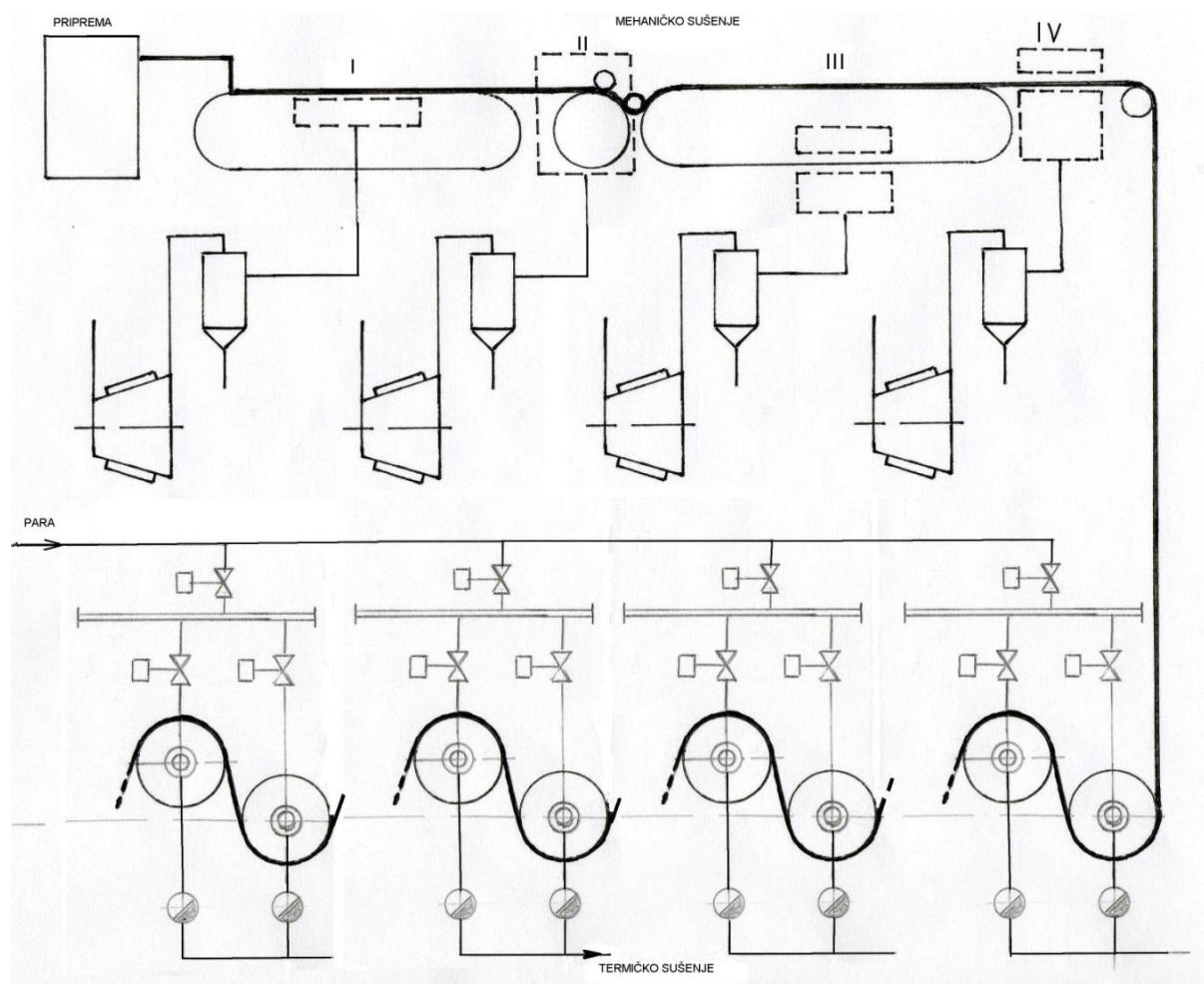


Fig.1 Vacuum system and heat system in a paper machine

The aim of the previous text is not to define drying process, because it is defined by drying technology, but to emphasize the necessity of different intensity of the vacuum in different paper machine segments, and to accept the dependence of the vacuum intensity on the characteristics of the paper tape, paper machine, drying process and vacuum system characteristics.

Thermal drying is achieved by evaporation of the water contained in the paper tape. The humidity of the paper tape at the inlet of the thermal drying section, which determined the thermal energy (steam) consumption, directly depends on the intensity of the vacuum. Each percentage decrease moisture in the paper tape obtained by mechanical drying, which can be achieved by intensifying the vacuum means reducing the consumption of steam, or thermal energy to a few percent. It means that the total energy efficiency (thermal and electrical) of the paper machine directly depends on the intensity of the vacuum.

Optimization of the vacuum system on the paper machines, based on the criterion of the maximum overall energy efficiency (thermal and electrical) includes achieving optimum vacuum in the system, optimizing the coupling element of vacuum system of the paper machine, the optimization of vacuum system elements (pipeline, valves, separators, etc.), the optimal choice of the vacuum pumps and achieving optimal functioning of the vacuum pumps in operating conditions with the highest efficiency coefficients.

3. VACUUM AND HEAT COGENERATION IN PAPER MACHINES

A new system for vacuum and heat cogeneration in paper machines is proposed. A schematic diagram of the system is given in Fig. 2. A turbo compressor – turbo expander unit is proposed in the

new concept for generation of vacuum. The unit contains a single-stage centrifugal compressor directly driven by a single-stage turbo expander. The boiler steam firstly comes into the turbo expander, where it expands generating mechanical work to drive the turbo compressor. The steam exiting the turbo expander is used for heat generation in the drying cylinders for drying purposes.

The turbo compressor – turbo expander units should be optimally installed in the paper machine vacuum system. The units generating highest vacuum are connected with segments (drying cylinders) which need lower drying temperatures (Fig. 2). The optimization of the boiler steam parameters (pressure and temperature) and characteristics of the turbo expander as an element of the turbo compressor – turbo expander unit will be subject of investigations in further works and case studies for a particular paper machine.

The vacuum and heat cogeneration system should be designed by the requirements for heat (steam) drying in different segments of the paper machine. According to our preliminary studies and considerations a balance between steam consumption for the mechanical power for turbo units vacuum generation and for the drying heat power generation can be obtained. If additional vacuum capacity is needed, then additional electrically direct driven single-stage centrifugal compressor should be proposed, applying the active magnetic bearing technology, high speed permanent magnet motor technology (high frequency electrical drivers technology) and achievements in the field of high speed, high pressure ratio, transonic centrifugal compressor technology.

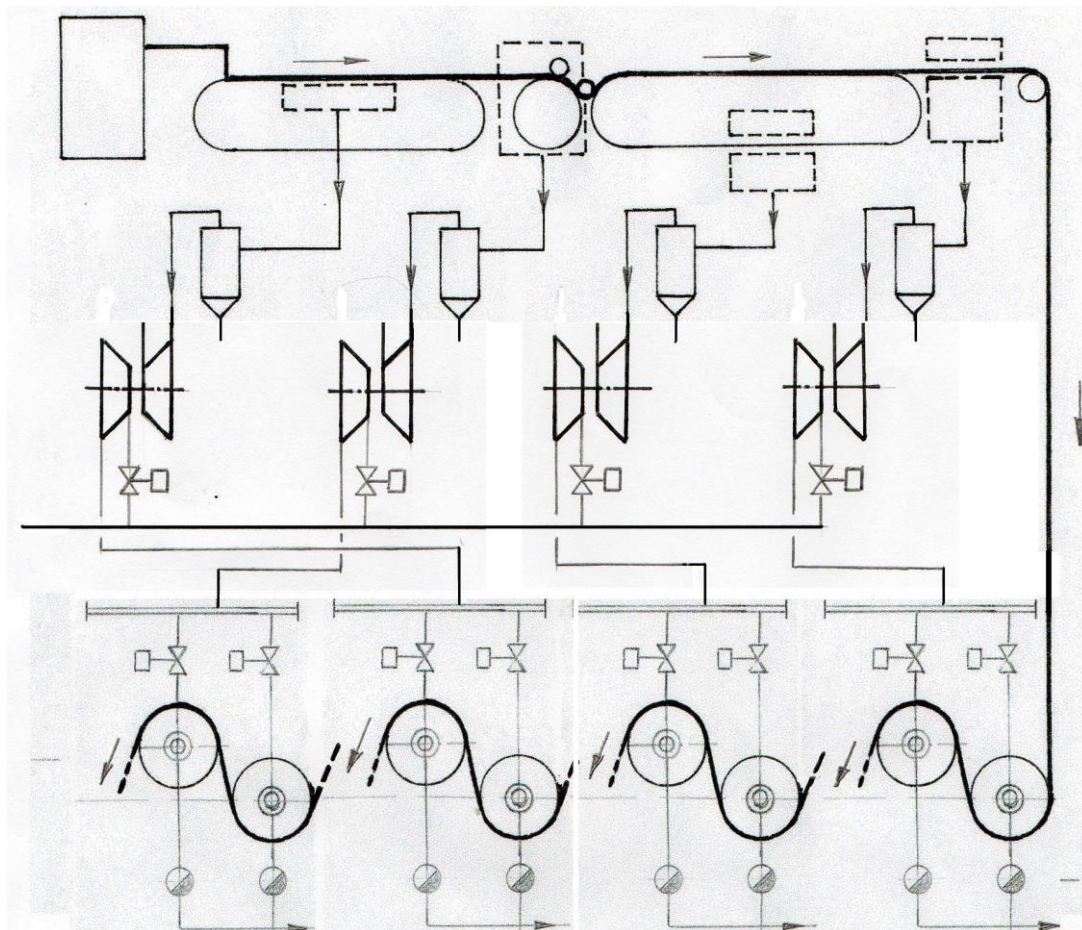


Fig. 2 System for vacuum and heat cogeneration in paper machines

Complete or partial substitution of the electrical energy for vacuum generation can be obtained with optimal implementation of the new system for vacuum and heat cogeneration in paper machines. Energy and exergy analysis of the new system show that the proposed system has advantage in comparison with traditional systems by technical, economical and environmental reasons.

4. CHARACTERISTICS OF CENTRIFUGAL COMPRESSORS

Recent developmental achievements in the fields of material and strength sciences have moved the boundary limitations of impeller speed peripheral speed over 700 (m s⁻¹) [3]. These achievements, along with the achievements related to development of high speed high pressure ratio transonic centrifugal compressors, provide the possibilities for development of centrifugal vacuum pump units and implementation of single-stage centrifugal compressor in the turbo compressor – turbo expander units and in the proposed vacuum and heat cogeneration system.

The single-stage centrifugal compressor can reach relatively high pressure ratio. If the dimensionless work coefficient is $\psi = 0.6$ and the compressor efficiency is $\eta_p = 0.8$, the dependence of the pressure ratio on the impeller peripheral speed is given in next table, for compressor inlet temperature $T_0 = 20$ °C.

u_2 (m s ⁻¹)	200	250	300	350	400	450	500	550
Π	1.3	1.5	1.8	2.1	2.6	3.2	4.0	5.0

The calculating relations for the centrifugal compressor pressure ratio Π , main dimensions of the centrifugal compressor flow field (impeller tip diameter D_2 (m)), rotational speed of the impeller n (s⁻¹) in functions of the compressor (vacuum pump) capacity V (m³s⁻¹) are given in the following text [3],

$$\Pi = \left(1 + \Psi(k-1)M_u^2 / n_p\right)^\sigma$$

$$D_2 = \sqrt{\bar{V} / (\pi \bar{b}_2 k_{v2} \tau_2 u_2 \varphi_2)} [m]$$

$$n = \frac{u_2}{\pi D_2} [s^{-1}]$$

The dimensionless work coefficient is $\psi = 0.50 - 0.65$, the dimensionless work coefficient is $\varphi_2 = 0.25 - 0.35$ and compressor polytropic efficiency $\eta_p = 0.70 - 0.85$, depending on centrifugal compressor flow field characteristics and operating conditions, Mach number, Reynolds number etc [3]. The peripheral Mach number $M_u = u_2 / a_0$ depends on peripheral speed u_2 and sound velocity a_0 ,

Gas constant is R , universal gas constant is R_μ , compressibility factor ξ_0 is about $\xi_0 \approx 1$.

$$a_0 = \sqrt{k \xi_0 R T_0} \text{ m/s}; \quad R = R_\mu / \mu [J/kgK]; \quad \xi_0 = p_0 v_0 / (R T_0)$$

The quantities of thermodynamic state at the compressor inlet are: pressure p_0 , temperature T_0 and specific volume v_0 . The coefficient $\sigma = \eta_p k / (k-1)$ depends on efficiency η_p and on isentropic exponent k . Correction factor of the specific volume at the impeller outlet is k_{v2} . The range of values of the impeller relative width is $\bar{b}_2 = b_2 / D_2 = 0.02-0.06$; wider range is $\bar{b}_2 = 0.01-0.08$ [3]. Coefficient of reduction of the impeller outlet cross-section is τ_2 .

The turbo compressor pressure ratio is determined by the intensity of the vacuum needed. For vacuum of 0.2, pressure ratio is $\Pi = 1 / 0.8 = 1.25$ and impeller peripheral speed is $u_2 = 190$ (m s⁻¹). For vacuum of 0.3, $\Pi = 1 / 0.7 = 1.43$ and $u_2 = 240$ (m s⁻¹). For vacuum of 0.5, $\Pi = 1 / 0.5 = 2.00$ and $u_2 = 340$ (m s⁻¹). For vacuum of 0.7, $\Pi = 1 / 0.3 = 3.33$ and $u_2 = 455$ (m s⁻¹). For vacuum of 0.8, $\Pi = 1 / 0.2 = 5.00$ and $u_2 = 550$ (m s⁻¹).

The capacity (volumetric flow rate) V (m³ s⁻¹) determine the compressor flow field dimensions (tip impeller diameter D_2). The small diameter D_2 , determined by the capacity V , and the high peripheral speed u_2 , determined by the pressure ratio needed Π , causes high and extremely high impeller rotational speed n (s⁻¹).

The high impeller peripheral speed causes high Mach number of the flow in the compressor flow field. Local supersonic flow, embedded at other subsonic flow, appears firstly at the impeller cascade inlet around the suction side of the blade. Appearance of supersonic flow at the cascade inlet causes

shock wave and choking of the flow. This, along with appearance of separated jet-wake flow at the impeller cascade causes disorder at the flow field and decrease of the compressor efficiency [3].

5. CONCLUSIONS

A new thermal system for cogeneration of vacuum and heat in paper machines is proposed. A turbo compressor – turbo expander unit is applied in the new concept for generation of vacuum. The unit contains a single-stage centrifugal compressor directly driven by a single-stage turbo expander. The boiler steam firstly comes into the turbo expander, where it expands generating mechanical work to drive the turbo compressor. The steam exiting the turbo expander is used for heat generation in the drying cylinders for drying purposes. Directions for optimization of the cogeneration systems in case studies are given.

The characteristics of single-stage high pressure ratio transonic centrifugal compressors are determined and the possibilities for their application in the novel co-generative systems with turbo compressor – turbo expander units are estimated.

Complete or partial substitution of the electrical energy for vacuum generation can be obtained with optimal implementation of the new system for vacuum and heat cogeneration in paper machines. The proposed system has advantage in comparison with traditional thermal systems by technical, economical and environmental reasons.

REFERENCES

- [1] Krgović M. V., Jovanović S. M., Stanje i pravci razvoja u svetskoj proizvodnji vlakana i papira, hemiska industrija vol.58, broj 5, pp 201-212
- [2] Šarevski M., Šarevski V., Ristovski V., Stavrev N., Energetski i tehno-ekonomski efekti primene zatvorenih parno-kondenznih sistema sa termokompresijom u fabrici papira A.D.Komuna – Skopje, Međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira, ambalaže i grafike, Zlatibor 17-20 Jun 2003, Zbornik radova, pp 125-128
- [3] Šarevski, M. N., Šarevski, V. N., Water (718) turbo compressor and ejector refrigeration / heat pump technology, ISBN: 978-0-08-100733-4, Elsevier Science Publishers, 2016
- [4] Nikolić M., Snajibi T., Nikolić Z., Kombinovana proizvodnja električne, toplotne i rashladne energije – rešenje energetskih problema u papirnoj industriji, Međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira ambalaže i grafike, Zlatibor 17-19 Jun 2003, Zbornik radova pp 129-136
- [5] Šarevski M., Šarevski V., Ristovski V., Stavrev N., Energetske i eksploatacione karakteristike dvofaznog ejektorskog vakuum sistema ugrađenog na papir mašini u A.D.Komuna – Skopje, Hemijska industrija, Vol. 58, Broj 5, pp 237-240
- [6] Šarevski M., Šarevski V., Energetska efikasnost vakuumskih sistema u papirnoj industriji, XV Međunarodni simpozijum iz oblasti celuloze, papira ambalaže i grafike, Zlatibor 23-25 Jun 2009, Zbornik radova pp 33-40
- [7] Bendler H., Spendler H., Verdihter, Technisches Handbuch VEB, Verlag Technik, Berlin, 1983
- [8] Brasz, J. J., Past, present and future of turbo machinery in the HVACR industry, Int. Refrig. and Air Condit. Conf., Purdue, USA, 2012, ID 3606
- [9] Schiffmann, J., Favrat, D., Experimental investigation of a direct driven radial compressor for domestic heat pumps, *Int. J. Refrigeration*, 2009, 32 (8), 1918–1928
- [10] Schiffmann, J., Favrat, D., Design, experimental investigation and multi-objective optimization of a small-scale radial compressor for heat pump applications, *Energy*, 2010, 35 (1), 436–450

Corresponding author:

Milan Šarevski

Faculty of Mechanical Engineering, University “Sv. Kiril i Metodij”,

Skopje, R. Macedonia

e-mail: milan@mf.edu.mk

PAPER MACHINE ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT BY APPLICATION OF EJECTOR THERMOCOMPRESSSION

POVIŠENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI PAPIR MAŠINA PRIMENOM EJEKTORSKE TERMOKOMPRESIJE

V. Šarevski, M. Šarevski

Faculty of Mechanical Engineering, University "Sv. Kiril i Metodij", Skopje, R. Macedonia

Abstract

Application of ejector thermocompression in paper machines is investigated in this paper. The paper machines are very large consumers of heat energy. With optimal application of ejector thermocompression in the paper machine steam – condensate system the losses of the steam and condensate can be prevented and significant improvement of the energy efficiency can be achieved. Thermal characteristics of the open, cascade and ejector thermo compression steam-condensate systems are analyzed. Thermal-flow characteristics of steam ejectors are estimated and suggestions for optimization of the ejector flow field are given. Results of theoretical and experimental investigations are presented and discussed.

Key words: paper machine; ejector thermocompression; steam – condensate system; energy efficiency

Izvod

U ovom radu istraživana je primena ejektorske termokompresije u termičkom sistemu papir mašina. Papir mašine su veliki potrošači toplotne i električne energije. Optimalnom primenom ejektorske termokompresije u termičkom sistemu papir mašina sprečava se nekontrolirano isticanje pare i kondenzata u okolinu, smanjuju se termički gubici i znatno se povećava energetska efikasnost. Analizirane su termičke karakteristike otvorenih, kaskadnih i ejektorsko-termokompresorskih parno-kondenznih sistema. Ocenjene su termičko-strujne karakteristike parnih ejektora. Date su sugestije i preporuke za optimalno dizajniranje strujnog prostora ejektora. Prezentirani su rezultati teoretskih i eksperimentalnih istraživanja zatvorenih parno-kondenznih sistema sa ejektorskom termokompresijom

Ključne reči: papir mašina; ejektorska termokompresija; parno-kondenzni sistem; energetska efikasnost

1. INTRODUCTION

The paper industry is large and significant consumer of heat and electrical energy. The production and consumption of paper in the world continuously increases. The concept of cleaner production and the energy efficiency improvement strategy have led to research and development of new combined thermal systems with utilization of low temperature heat, solar energy, geothermal energy and waste heat. Application of vapor ejector thermo compression in paper industry steam-condensate thermal systems and the improvement of the energy efficiency of these systems is the subject of investigations of this paper.

Steam – condensate thermal systems are applied in numerous industrial sectors. Traditionally, open steam – condensate systems are applied in thermal processing plants. Losses of the water vapor flowing from the open condensate reservoir into the atmosphere are a common characteristic of the open steam – condensate systems. The quantity of these losses depends on the operating conditions (pressure and temperature) and on the management of the system, maintaining and servicing of the facility and system components.

Improvement of the energy efficiency of technological processes and plants has attracted many research activities over the past years. A study for alternative secondary heat uses to improve energy efficiency of a pulp and paper mill is presented by Ruohonen *et al* (2010). A feasibility study on

superheated steam drying of paper and textile is proposed by van Deventer (1997), resulting in high improvement of the energy efficiency. An overview of the investigations and a retrofit analysis, using pinch technology/process integration methods, on the improving energy efficiency in plump and paper Kraft mills is presented by Savulescu *et al* (2008), where a systematic procedure is given to extract and analyse the impacts of direct heat transfer on the overall energy efficiency of a Kraft process, with a specific focus on mixing along the pulp line and in the water tanks. An improvement of the energy management in a steam - condensate system used for corrugated board production is proposed by Bujak (2008). The system containing an open condensate tank is modernized installing a closed condensate tank to eliminate the energy losses due to secondary steaming. The technical and economic aspects of introduction of a closed condensate reservoir in the steam – condensate system of a tissue machine are analyzed by Gabbrielli *et al* (2006). The modifications to the system make it possible to achieve consistent savings of natural gas, fresh water and CO₂ emissions through elimination of steam losses that were present in the open steam - condensate system. The tissue machine drying section contains a rotating Yankee cylinder which is supplied with steam via a regulated ejector. Recent development of the paper production technology and processes has resulted in reduction of heat energy consumption (Krgović and Jovanović, 2003). A comprehensive review of investigations on water (R718) ejector refrigeration and heat pump technology is presented by Šarevski and Šarevski (2016). Implementation of the ejector thermocompression technology is an effective way to prevent steam and condensate leakages (losses) into the environment and significant improvement of the paper production process energy efficiency.

A novel closed steam - condense system with ejector thermocompression has been proposed by Šarevski *et al* (1997) and applied in various industrial technological and processing plants, including the paper industry (Šarevski and Šarevski, 2003); textile industry; chemical and pharmaceutical industries, among others. The improvement of the energy efficiency is significant, resulting in energy savings of 15% up to 45%.

The purpose of this paper is: to describe and promote novel industrial closed steam - condensate thermal engineering systems with ejector thermocompression; to estimate the energy efficiency improvement and performance characteristics of these systems applied in the paper industry; and to provide suggestions and procedures for their design.

2. CHARACTERISTICS OF OPEN STEAM – CONDENSATE SYSTEMS

A schematic of a simple open conventional steam – condensate system is given in Fig. 1. The steam produced in the boiler house is transported via pipelines to the heat consumers (heat exchangers; heat apparatus), where the steam condenses. Pressure reduction control devices are usually installed before the heat consumers. At the exit of the heat exchangers, condensate separators (condensate batteries) are installed. There are various constructions of condensate separators. The condensate via pipelines goes into the open condensate reservoir and then is transported with condensate pumps to the boiler supply reservoir located in the boiler house.

The following disadvantages of the simple open steam–condensate system can be identified: losses of the water vapor flowing from the open condensate reservoir into the atmosphere; cavity operating conditions of the condensate pumps; mismatched operation of the condensate reservoir, condensate pump and boiler supply reservoir, resulting in condensate losses; technical problems with maintenance and servicing of the equipment.

When the condensate separators are functioning perfectly, part of the superheated condensate evaporates (secondary steaming) when it is throttled from high pressure (heat exchanger pressure) to atmospheric pressure in the open condensate reservoir. This part is the loss of water vapor which flows from the open condensate reservoir into the atmosphere,

$$x = (h_p' - h_{at}') / (h_{at}'' - h_{at}') \quad (1)$$

The part (x) depends on the heat exchanger pressure, which determines the saturated liquid (condensate) enthalpy h_p' . The enthalpies of the saturated liquid and saturated vapor at atmospheric

pressure are h_{at}' and h_{at}'' . The values of the loss of vapor (x) are (11–20) % depending on the heat exchanger operating pressure (5–16) bar.

If the condensate separators are not in technically correct conditions and/or the by-pass valve is open, then large quantity of vapor flows into the environment and the losses of vapor are extremely high. The losses are much larger than the thermal losses due to damaged insulation of the pipelines or/and any other thermal losses.

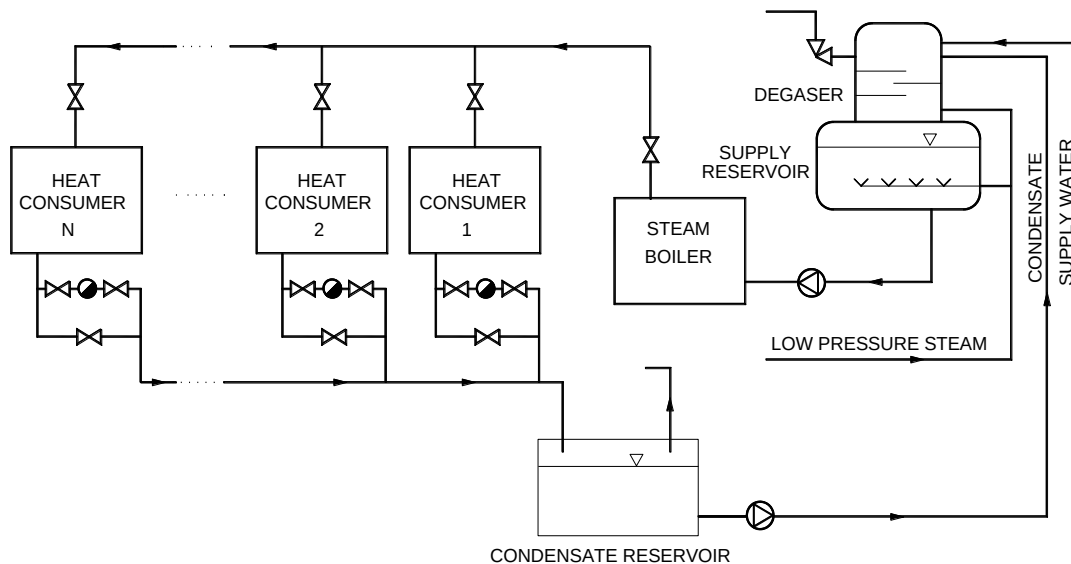


Figure 1 Schematic of a simple open conventional steam–condensate system

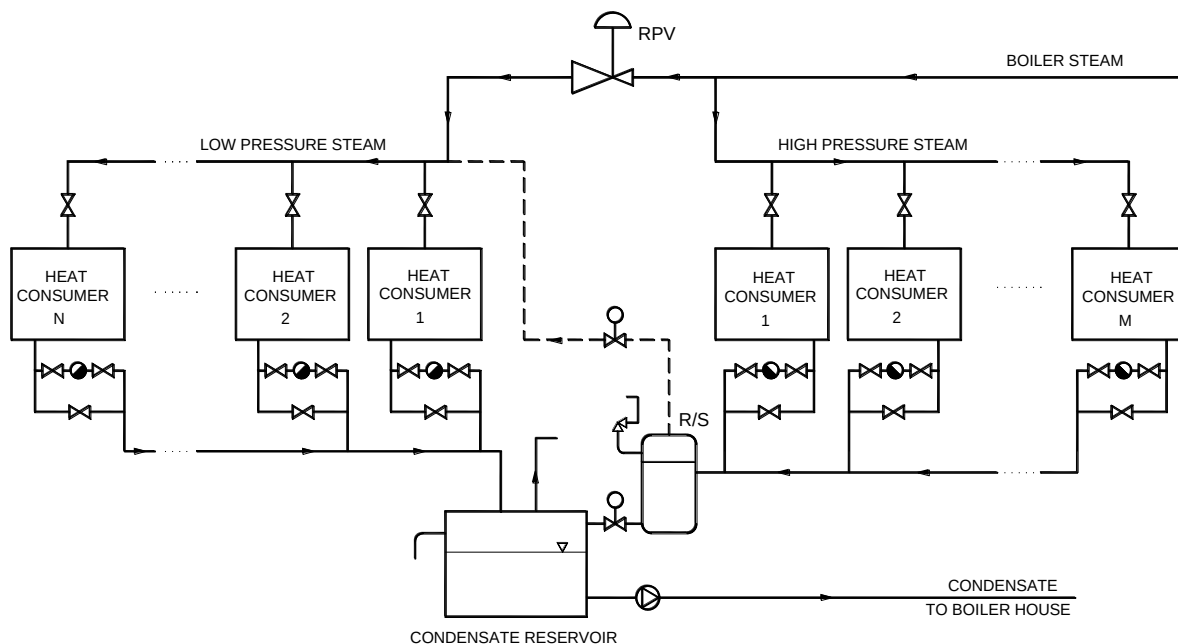


Figure 2 Schematic of a cascade steam–condensate system

In some cases (rotating drying cylinders in paper machines, for example) the installations with classical condensate separators are typically the wrong technical solution, which cannot function properly. Therefore, the bypass valves must be opened and water vapor flows uncontrolled into the environment, resulting in extremely high energy losses.

If there are heat consumers at different operating pressures, then a cascade steam–condensate system can be applied (Fig. 2). The vapor exiting the higher pressure heat consumers can be used in the lower pressure heat consumers, resulting in a decrease of the energy losses. However, compliance of the heat capacities of the various heat consumers working in different pressures is needed; very often this condition cannot be fulfilled.

3. DESCRIPTION OF THE NOVEL STEAM–CONDENSATE SYSTEM WITH EJECTOR THERMOCOMPRESSION

A schematic of an original concept of a steam – condensate system with ejector thermo compression is given in Fig. 3. Many heat consumers operating at the same pressure are supplied with steam via an ejector. At the exit of any consumer only a valve (balancing valve) and optionally a non-return valve are installed. All consumers are connected with a closed condensate–steam reservoir/separator. The steam is evacuated from the reservoir/separator with the ejector and as a secondary flow is compressed up to the consumer pressure, using boiler motive steam as a primary flow. The condensate, via the control valve, is transported to the boiler house with pipelines. The return condensate continuously flows in the boiler supply reservoir. The vapor appearing due to pressure drop is utilized for thermal preparation and degasification of the boiler supply water. If the pressure in the heat consumers is needed to be constant in variable operating conditions, then a control valve (RV) should be optionally installed, always in front of the ejector.

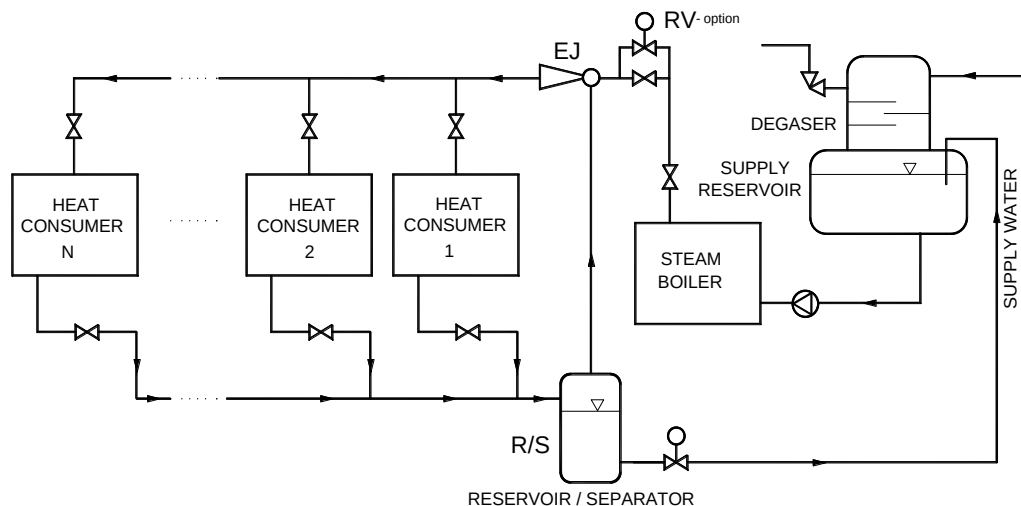


Figure 3 Schematic of an original concept of steam–condensate system with ejector thermocompression

The boiler pressure is higher than the required pressure in the heat consumers. According to the value of the boiler motive pressure (ejector primary flow pressure) and the value of the required pressure in the heat consumers (ejector exit pressure), the value of the pressure in the reservoir/separator (return vapor pressure; ejector secondary pressure) can be determined. According to the experience with design, construction and commissioning of these systems, the recommended ejector entrainment ratio (secondary flow rate / primary flow rate) is $\omega = m_{sec} / m_{pr} = 0.2–0.3$. It means that 20–30 % of the supply boiler steam re circulates in the ejector–heat consumers–reservoir/separator circuit. Using these recommendations the steam ejector can be calculated and designed (Section 4) and the steam–condensate system can be constructed, concerning the operating conditions of the technological and/or processing plant.

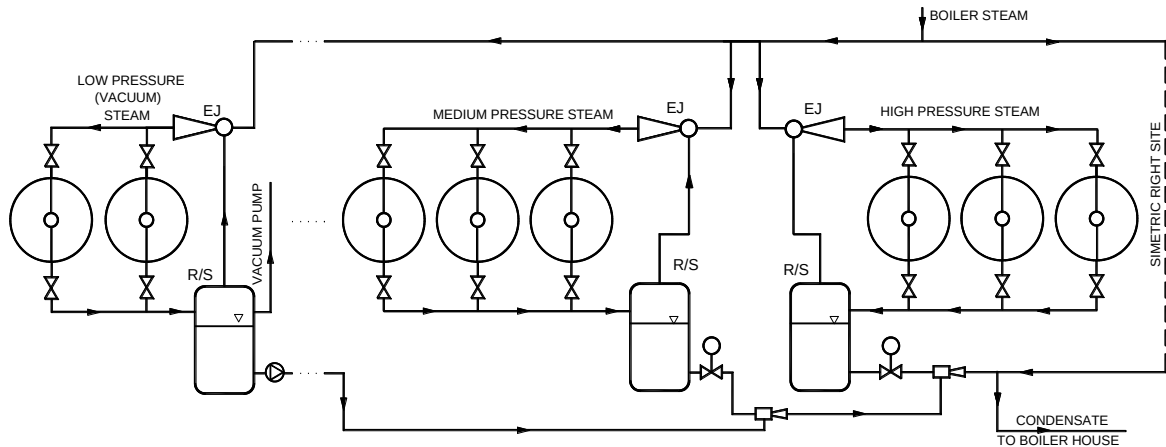


Figure 4 Schematic of a steam – condensate system with ejector thermocompression applied on paper machines

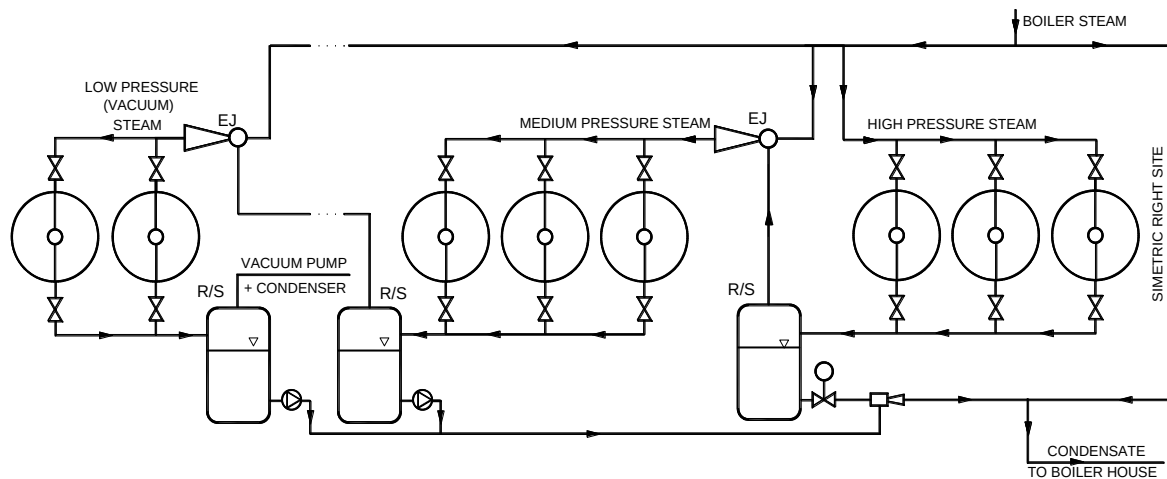


Figure 5 Schematic of cascade steam–condensate system with ejector thermocompression applied on paper machines

A schematic of a steam – condensate system with ejector thermocompression suitable for application in thermal technological / processing plants and systems containing rotating drying cylinders (paper machines, for example) is given in Fig. 4. An alternative scheme of a cascade steam–condensate system with ejector thermocompression suitable for application in the paper machines is given in Fig. 5. The first and the last sections of the paper machine usually operate in conditions of vacuum. In these conditions, the condensate from the vacuum reservoir /separators should be transported by condensate pump, or by two-phase ejectors installed in the condensate pipelines, using high pressure condensate. A vacuum pump should be installed to achieve and maintain vacuum in the machine vacuum sections.

4. RESULTS OF IMPLEMENTATION OF CLOSED STEAM–CONDENSATE SYSTEMS WITH EJECTOR THERMOCOMPRESSSION

Experimental investigations were carried out on a prototype of the closed ejector thermocompression steam–condensate system applied on a paper machine (“KOMUNA” Skopje; Šarevski and Šarevski, 2003). Three ejector subsystems are installed: main drying rotating cylinder (Yankee cylinder, YC), with nominal design steam consumption of 2500 (kg h⁻¹) and steam gauge pressure 4.5 (bar); two drying cylinders (TDC), with 600 (kg h⁻¹) and 3.0 (bar); and convective air

heater section (CAHS), with 750 (kg h^{-1}) and 4.5 (bar). The nominal design boiler steam gauge pressure is 6.0 (bar). The calculating nominal gauge pressure in the closed reservoir/separator is: YC, 3.7 (bar); TDC, 2.0 (bar); CSHS, 3.7 (bar). The plant is equipped with calibrated industrial measurement instruments. Bourdon tube pressure gauges have been used with accuracy class $\pm 2\%$ of span (0 to 6.0 (bar) and 0 to 10.0 (bar)). The primary boiler steam flow rate was estimated by the measured pressures and by geometrical characteristics of the ejector primary nozzle. The uncertainty depends on the uncertainty of the measured pressures, on the uncertainty of the nozzle critical cross-section diameter and on the uncertainty of the calculating procedure. All experimental runs were carried over at steady state conditions. The uncertainty of the measurements was evaluated according to ISO "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", 1993. The comparison of the experimental results with the numerical estimations using the calculating procedure shows that the differences are within the accuracy of experimental investigation.

Prevention of the secondary steaming losses by implementation of the closed ejector thermocompression steam – condensate system additionally results in: significant reduction of the boiler fresh water consumption: after reconstruction, 2 – 3 (m^3 per day); before reconstruction, 112 – 125 (m^3 per day); significant reduction of the thermal losses from the boiler blow-off to prevent high concentration of salt in the boiler water; significant reduction of the expenses for chemical and technical preparation of the boiler supply water; improved operating conditions of the boiler, and other technical, economical and environmental benefits.

According to the global annual technical and economical indicators for the paper machine, the specific average annual consumption of natural gas per ton of paper is: after reconstruction, 170 ($\text{m}_n^3 \text{ t}^{-1}$); before reconstruction, 305 ($\text{m}_n^3 \text{ t}^{-1}$). The energy consumption has been reduced for 44 %. The measurement of the natural gas flow rate and natural gas consumption has been realized by calibrated turbine type flow meter. According to the legal metrology principles the maximum permissible error is 1.5% (Directive 2004/22/EC Measuring Instrument Directive, ANNEX MI-002, Gas Meters and Volume Conversion Devices).

The concept of closed steam – condensate system with ejector thermocompression has been implemented on numerous technological and processing plants in paper industry, textile industry, chemical and pharmaceutical industries, canning industry, dairy industry, food and sweet industry etc, resulting in reduction of the energy consumption of 15%, up to 45%.

5. OPTIMAL DESIGN OF THE STEAM EJECTOR

The following geometrical parameters of the ejector flow field (Fig. 6) have strong influence on the ejector performance characteristics: ejector primary nozzle converging angle (α); ejector primary nozzle diverging angle (β); profile of the secondary nozzle; primary nozzle exit position (NEP); mixing chamber converging angle (γ); mixing section length and diameter ratio (l_{mc}/d_{mc}); mixing section cross-section and primary nozzle exit cross-section ratio; diffuser diverging angle (δ). According to the based publications of the ejectors and analysis of numerous theoretical and experimental results of investigations of steam ejectors; different refrigerant vapor ejectors; CFD simulations and experimental verification; ejector flow field optimization, systematized by Šarevski and Šarevski (2016), the following recommendations for optimal geometric parameters can be exposed:

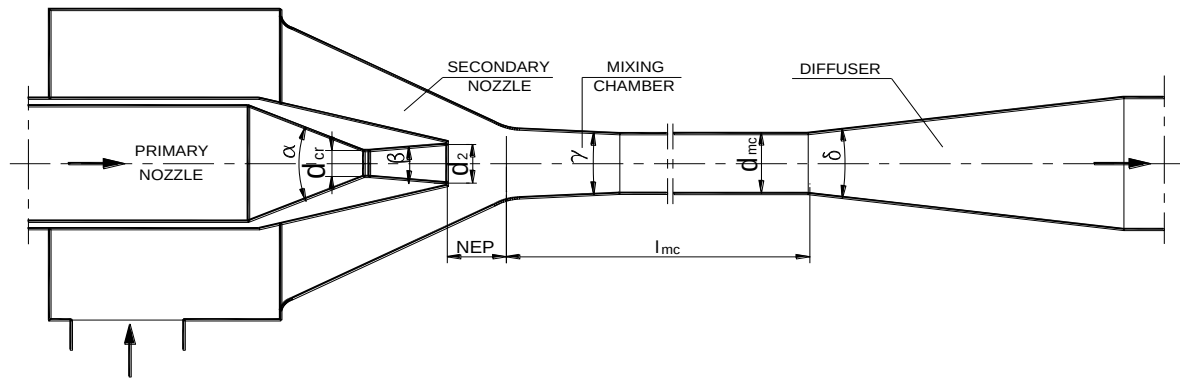


Figure 7 Geometrical parameters of the ejector flow field

- $\alpha = 30^\circ\text{--}40^\circ$ and $\beta = 10^\circ\text{--}12^\circ$,
- $\text{NEP} = (1\text{--}2) d_{mh}$,
- ejector secondary nozzle should be optimally designed,
- optimum mixing chamber converging angle (γ) depends on design concept of the ejector and on primary nozzle stagnation pressure; higher values correspond to higher stagnation pressure,
- $l_{mc}/d_{mc} = 7\text{--}9$,
- $\delta = 5^\circ\text{--}7^\circ$,
- mixing section cross-section and primary nozzle exit cross-section ratio depends on thermal system operating conditions; optimum ratio can be obtained using previously mentioned recommendation for ejector entrainment ratio $\omega = m_{sec}/m_{pr} = 0.2\text{--}0.3$.

Using calculating procedure (Šarevski and Šarevski, 2016) and recommendations given previously, the ejectors can be successfully designed and applied in the closed steam–condensate systems of various technological and processing plants.

6. CONCLUSIONS

An original concept of closed steam–condensate thermal systems with ejector thermocompression is exposed. Technical and operating advantages in comparison against traditional steam–condensate systems are discussed. Suggestions and recommendations for design parameters of the ejectors are provided.

According to the results of investigations and experience in design, construction and commissioning of these systems it can be concluded that: the ejector thermocompression can be successfully applied in paper industrial steam–condensate systems; significant energy efficiency improvement has been achieved; simplicity of the construction; reliable operation; easy and simple maintenance and servicing; and low capital costs are characteristics of the steam–condensate systems with ejector thermocompression and advantages in comparison against traditional steam–condensate systems.

The concept of the novel system has been implemented in numerous industrial technological and processing systems, including that in paper industry, resulting in energy savings which, depending on the conditions of the thermal systems before the reconstruction, are from 15% up to 45%. Additionally, consumption of boiler water is reduced, expenses for chemical and technical preparing of the boiler supply water are lower and pollution of the environment with combustion exhaust gases and CO_2 is reduced.

Introduction of the ejector technology in the industrial steam – condensate systems results in technical, economical and environmental benefits. The effects of the implementation can be significant in industrial sector of developing countries, resulting in global environment protection benefits

REFERENCES

- Bujak, J., 2008, Energy savings and heat efficiency in the paper industry: A case study of a corrugated board machine, *Energy*, 33, 1597 – 1608
- Gabbrielli, R. ., Medeot, C., Miconi, D., 2006, Energy saving in the tissue industry: technical and economic aspects of a case study, *Journal of Cleaner Production*, 14, 185 – 193
- Krgović M. V., Jovanović S. M., 2003, Stanje i pravci razvoja u svetskoj proizvodnji vlakana i papira, *Hemijska industrija* vol.58, broj 5, pp 201-212
- Ruohonen, P., Hippinen, I., Tuomaala, M., Ahtila, P., 2010, Analysis of alternative secondary heat uses to improve energy efficiency—case: A Finnish mechanical pulp and paper mill, *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 326–335
- Savulescu, L. E., Alva-Argaez, A., 2008, Direct heat transfer considerations for improving energy efficiency in pulp and paper Kraft mills, *Energy*, 33, 1562 – 1571
- Šarevski, M. N., Šarevski, V. N., 2016, Water (R718) turbo compressor and ejector refrigeration / heat pump technology, ISBN: 978-0-08-100733-4, Elsevier Science Publishers
- Šarevski, M. N., Šarevski, V. N., Ristovski V., Stavrev N., 2003, Energy and techno-economic effects with application of ejector thermocompression steam-condensate systems in paper industry, The 9th International symposium on paper industry, Zlatibor, Serbia, 124–129
- Šarevski, M. N., Šarevski, V. N., Šarevska, V. N., 1997, Steam – Condensate System with Ejector Thermo Compression and Closed Condensate Reservoir / Separator, Macedonian Patent, P-52/97 N°09-2757-1
- Van Deventer H. C., 1997, Feasibility of energy efficient steam drying of paper and textile including process integration, *App. Therm. Eng.* 17 (8–10):1035–41

Corresponding author:

Milan Šarevski

Faculty of Mechanical Engineering, University ‘‘ Sv. Kiril i Metodij’’,

Skopje, R. Macedonia

e-mail: milan@mf.edu.mk