

PAPIRNI STROJ – EKOSISTEM V MALEM?

PAPER MACHINE – MINIATURE ECOSYSTEM?

Matej Šuštaršič¹

IZVLEČEK

Zaprti krogotoki, povišane koncentracije snovi v procesnih vodah in posledično ugodnejši mikrobiološki parametri so le nekateri dejavniki sodobnega papirnega stroja. Ugodni tehnološki pogoji omogočajo hiter razvoj organizmov in interakcije med organizmi in papirnim strojem. Kompleksnost interakcij med organizmi in okoljem zahteva vpeljati nove metode in vključiti nova znanja različnih znanstvenih disciplin, tudi ekologije. Prav razumevanje interakcij in odnosov med okoljem papirnega stroja in organizmi je najverjetneje ključ rešitve mikrobiološke problematike v papirnicah.

Ključne besede: papirni stroj, ekosistem, mikrobiologija, mikrobiologija v papirnicah.

ABSTRACT

Closed loops, elevated concentrations of substances in process waters and consequently increased microbiological parameters are only some of the factors of a modern paper machine. Favourable conditions allow for rapid development of organisms and interactions between organisms and the paper machine. As the complexity of interactions between organisms and their environment demands the introduction of new methods and integration of new knowledge from various scientific disciplines, including ecology. Understanding the interactions and relations between the environment of paper machine and organisms is likely to be the key in achieving solutions for microbiological problems in mills.

Key words: paper machine, ecosystem, microbiology, microbiology of pulp and paper.

UVOD

Proizvodnja papirja je kompleksen proces. Čedalje višje proizvodne hitrosti, zapiranje krogotokov in uporaba različnih dodatkov so dodobra spremenili podobo papirnega stroja. V proizvodnjo izdelave papirja se poleg abiotiskih dejavnikov vključujejo tudi biotski dejavniki, saj papirni stroj nudi ugodne pogoje za razvoj organizmov. Prav biotski dejavniki in njihove interakcije s papirnim strojem ostajajo dandanes slabše poznane. Poznavanje interakcij med organizmi in papirnim strojem (okoljem) je bistvenega pomena pri reševanju kompleksnih problemov. In prav interakcije okolje – organizmi opisuje termin ekosistem. Je morda čas vpeljati termin ekosistema (papirnega stroja) tudi v papirništvo?

EKOSISTEM

Sama beseda (eko)sistem se navezuje na urejen biotski sistem povezav med različnimi organizmi in okoljem. V splošnem ekosistem obravnava interakcije med organizmi in interakcije med organizmi in abiotiskimi – neživimi dejavniki okolja [7]. Ekosistem je

sestavljeno iz neživih dejavnikov (abiotiski dejavniki), ki skupaj z okoljem tvorijo tako imenovani biotop in iz tako imenovanih živih dejavnikov, imenovanih biocenozo. Povedano preprosteje je biocenozo sestavljena iz različnih organizmov (živali, rastline, glive, virusi in bakterije) biotop pa je sestavljen iz neposrednega okolja in dejavnikov prisotnih v tem neposrednem okolju – habitatu [5].

TIPI EKOSISTEMOV

Ekosisteme lahko razdelimo na podlagi različnih kriterijev. Običajno razdelimo ekosisteme na podlagi energije, ki jo uporabljajo za življenje. Tako delimo ekosisteme na avtotrofne in heterotrofne [5][6]. Avtotrofne ekosisteme sestavljajo v pretežni meri primarni producenti, ki za vir energije uporabljajo svetlobo ali pa energijo sproščeno iz kemijskih vezi anorganskih molekul [7][6]. Heterotrofni organizmi pridobijo energijo potrebno za življenje z oksidacijo organsko bogatih molekul, katera je produkt primarnih producentov [7][6]. Ekosisteme lahko razdelimo na popolne ekosisteme, ki vsebujejo vse tri tipe organizmov (primarne producente, primarne potrošnike in razkrojevalce).

V primeru, da v ekosistemu niso prisotni vsi trije tipi organizmov, pa govorimo o tako imenovanem nepopolnem ekosistemu. Ekosisteme lahko delimo tudi na podlagi drugih meril, kot so na primer življenjski prostor – ekosistem gozda, travnika, vodni ekosistem itd. [6].

Papirni stroj nudi s svojo paleto različnih habitatov dobre možnosti za obstoj različnih organizmov. Prisotnost nutrientov, primerna pH vrednost in temperatura so le nekateri dejavniki biotopa, ki dopuščajo prisotnost biocenoze (različnih organizmov) in povezavo le-teh v sistem – ekosistem [4].

BIOTOP PAPIRNEGA STROJA

Biotop sodobnega papirnega stroja se je dodobra spremenil v primerjavi z biotopom nekoč [1].

Tehnološka voda

pH, temperatura, prisotnost ionov in biocidov so le nekateri izmed dejavnikov okolja, ki vplivajo na poznejšo kakovost procesne vode. Priprava tehnološke vode je pomembna, saj je od nje odvisen nadaljnji proces proizvodnje papirja [1][4][3][9].

Procesna voda

Dejavniki biotopa procesne vode, ki vplivajo na biocenozo, so v veliki meri odvisni od:

- kakovosti priprave tehnološke vode [1][3],
- zaprtosti krogotoka [1],
- vrste vhodnih surovin [4],
- uporabe in vrste biocidov [3].

Z zmanjševanjem porabe vode in zapiranjem krogotokov se je v procesni vodi začela povečevati koncentracija anorganskih in organskih snovi. S povečano koncentracijo snovi in števila mikroorganizmov v procesni vodi se je povečalo tudi potreba po kisiku [1].

Papirni stroj

Biotop papirnega stroja lahko razdelimo na dva ločena biotopa, biotop mokrega dela papirnega stroja in sušilno skupino papirnega stroja [2].

Mokri del papirnega stroja nudi podobne dejavnike biotopa kot tehnološka voda [2]. Lahko pa se tu pojavijo tudi popolnoma novi dejavniki okolja, kot je na primer svetloba, ki omogoča razvoj alg. Podobno kot v procesni vodi, lahko tudi tu najdemo ugodne razmere za razvoj različnih organizmov. Papirni stroj je tudi mesto nastanka različnih oblog [2][3][8].

Dejavniki sušilne skupine papirnega stroja so pogojeni z vrsto papirja, ki se proizvaja na posameznem papirnem stroju. Za vse papirne stroje velja, da je sušilna skupina namenjena tako imenovanemu sušenju papirja in predstavlja neugoden biotop za razvoj organizmov in biocenoze [2].

BIOCENOZA PAPIRNEGA STROJA

Med organizme, ki najpogosteje sestavljajo biocenozo papirnega stroja, tako uvrščamo bakterije, plesni, kvasovke in alge [4].

Organizme papirnega stroja bi lahko razdelili na dva dela, prehodne in tako imenovane stalne organizme. Prehodne organizme predstavljajo organizmi (združbe organizmov), ki v sam sistem izdelave papirnega stroja vstopajo, se v sistemu zadržijo krajši čas, propadejo ali z odpadno vodo zapustijo sistem. Med prehodne organizme papirnega stroja bi lahko uvrstili predvsem organizme surovin in tehnološke vode.

Pod biocenozo papirnega stroja, ki je prisotna daljše časovno obdobje, pa bi

lahko uvrstili združbe organizmov, ki so na biotop papirnega stroja prilagojeni. Zaradi življenjskih pogojev papirnega stroja, na katere je posamezen organizem združbe prilagojen, se lahko uspešno razmnožuje in preživi v okolju papirnega stroja.

Tehnološka voda

Tehnološka voda predstavlja eno izmed vstopnih točk organizmov (rečne biocenoze) v sistem papirnega stroja. Sama kakovost tehnološke vode je odvisna od načina priprave vstopne vode. Vstopna voda običajno predstavlja rečno vodo, v kateri so že vzpostavljene združbe organizmov. Med najpogostejšimi organizmi, ki vstopajo preko sistema rečne vode, tako najdemo alge, bakterije in glive. Uporaba algicidov, biocidov in fungicidov za pripravo tehnološke vode spremeni biotop na način, da le-ta postane neprimeren za preživetje posamezne skupine organizmov [1][2][3][9].

Procesna voda

Biotop procesne vode z ugodno pH vrednostjo, temperaturo, številnimi organskimi in anorganskimi snovmi in prisotnostjo/odsotnostjo kisika nudi dobre pogoje za razvoj organizmov in združb [1][4]. Procesno vodo sestavljajo organizmi tehnološke vode, ki lahko preživijo pod pogoji biotopa procesne vode, kot tudi organizmi, ki so prisotni v dodatkih in snovnih surovinah. Ugodni pogoji biotopa omogočajo hitro povečanje števila organizmov in kratke podvojitvene čase. Število organizmov, ki jih tako najdemo v procesni vodi, je pri uporabi sekundarnih vlaknin znatno višje, saj se kontaminacija prenese iz vlaknin na procesno vodo. Mikrobiološko obremenjena procesna voda zanese organizme v različne dele papirnega stroja, kjer so podvrženi novim lastnostim okolja [4][8].

Papirni stroj

Podobno kot lahko biotop papirnega stroja razdelimo na biotop mokrega dela papirnega stroja in sušilno skupino, bi lahko tudi biocenozo razdelili na biocenozo mokrega dela papirnega dela in biocenozo sušilne skupine. Biocenozo mokrega dela papirnega stroja lahko sestavlja tako prehodna biocenozo, ki preko procesne vode in natoka pripotuje na papirni stroj, kot tudi stalna biocenozo (obloge, biofilmi in stalno prisotni organizmi ...). Večina biocenoze snovnega toka, ki ostane ujeta v papir, potuje v sušilno skupino papirnega stroja [11]. Visoke temperature in odsotnost vode povzročita propad večine organizmov. Sušilno skupino papirnega

stroja lahko preživijo le organizmi, prilagojeni na visoke temperature, kot so termotolerantni oziroma termofilni organizmi, spore bakterij in spore gliv [10].

VPLIVI NA BIOCENOZO PAPIRNEGA STROJA

Z zapiranjem krogotokov se je biocenozo papirnega stroja spremenila in številčno povečala [4]. Povečanje števila organizmov v procesnih vodah je posledično vodilo do povečanja števila oblog in povečanega števila pretrgov [1]. Papirnice težave biocenozo rešujejo s čiščenjem papirnega stroja in z uporabo različnih biocidnih sistemov. Poleg omenjenih dejavnikov na samo biocenozo papirnega stroja vpliva tudi nihanje števila in vrst organizmov v vhodnih surovinah in tehnološki/rečni vodi [1][3][4].

Nihanje biocenoze vhodnih surovin in tehnološke vode

Samo nihanje števila organizmov v rečnih vodah je naraven pojav. Le-to se spreminja tekom letnih časov in lahko doseže v poletnih mesecih tudi znatno višje vrednosti od zimskih. Poleg samega števila organizmov se tekom leta spreminja tudi vrstna sestava rečne biocenoze [1][3]. Število organizmov se spreminja tudi v sami surovinski sestavi. Mikrobiološko bolj obremenjene so sekundarne surovine [2][3]. Organizmi, ki preživijo sušilno skupino papirnega stroja, se kopičijo v papirju, in ponovno zaidejo v sistem papirnega stroja pri ponovni reciklaži. Za razliko od sekundarnih vlaknin, veljajo primarne vlaknine za mikrobiološko manj obremenjena [3].

Biocidni sistem

Biocidni sistem deluje kot dodaten dejavnik biotopa papirnega stroja, ki dodatno zastruje pogoje za preživetje živim dejavnikom. Biocidni sistem deluje na širok spekter živih dejavnikov, pri čemer se organizmi lahko postopoma prilagajajo in postanejo prilagojeni na ta nov dejavnik okolja [1][2][3][8].

Čiščenje papirnega stroja

Čeprav biocidni sistem lahko deluje učinkovito [1], se v delih, kjer biocid ni prisoten, ali je prisoten v nižjih koncentracijah, organizmi prekomerno namnožijo. V takih primerih je nujno čiščenje papirnega stroja. S čiščenjem papirnega stroja se v biotop papirnega stroja vnesejo novi, ekstremni pogoji, na katere živi dejavniki biocenoze niso prilagojeni. Organizmi v takšnem sistemu ne morejo preživeti in propadejo [3].

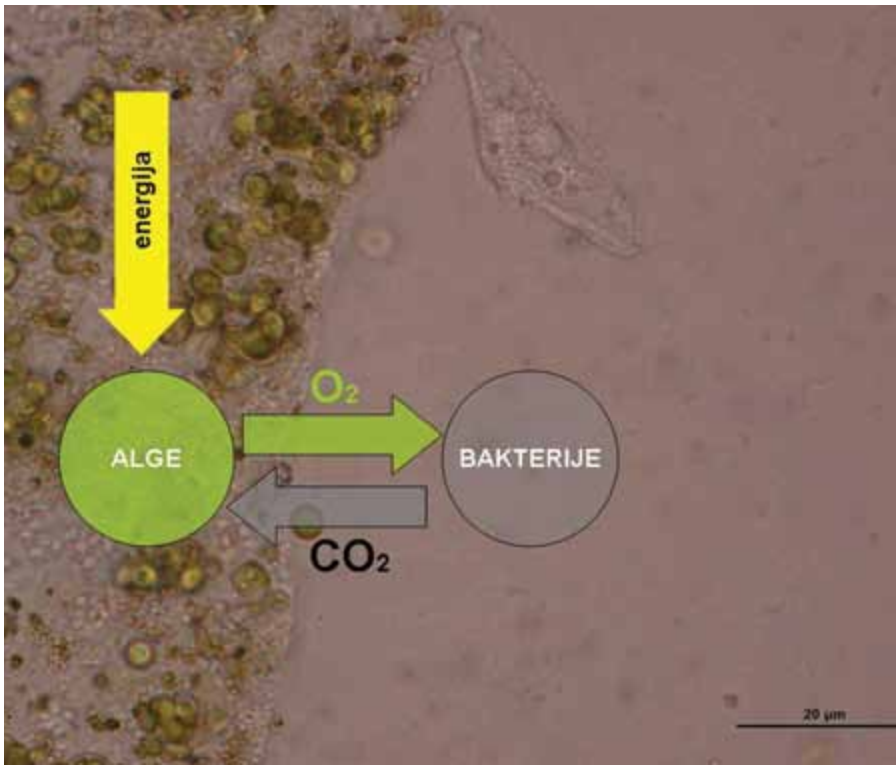
EKOSISTEMSKA INTERAKCIJA: ORGANIZEM – BIOTOP

Žveplo se lahko v obliki sulfata vnese v sistem papirnega stroja že preko tehnološke vode. V tehnološki vodi predstavlja nov dejavnik biotopa, ki ga lahko nekateri organizmi izkoristijo. Odsotnost kisika, ugoden redoks potencial, prisotnost sulfat reducirajočih bakterij in ostali ugodni dejavniki biotopa lahko vodijo do redukcije sulfata in nastanka H₂S. H₂S je v papirnicah zelo nezaželen, saj je za človeka toksičen, povzroča pa tudi korozijo papirnega stroja [4]. Tako nastali H₂S lahko mikroorganizmi ponovno oksidirajo do sulfata. Žveplo, kot element, tako začne krožiti od bolj reducirajoče k bolj oksidirajoči obliki, kar spominja na biogeokemijsko kroženje v naravi [7].

ZNAČILNA EKOSISTEMA PAPIRNEGA STROJA

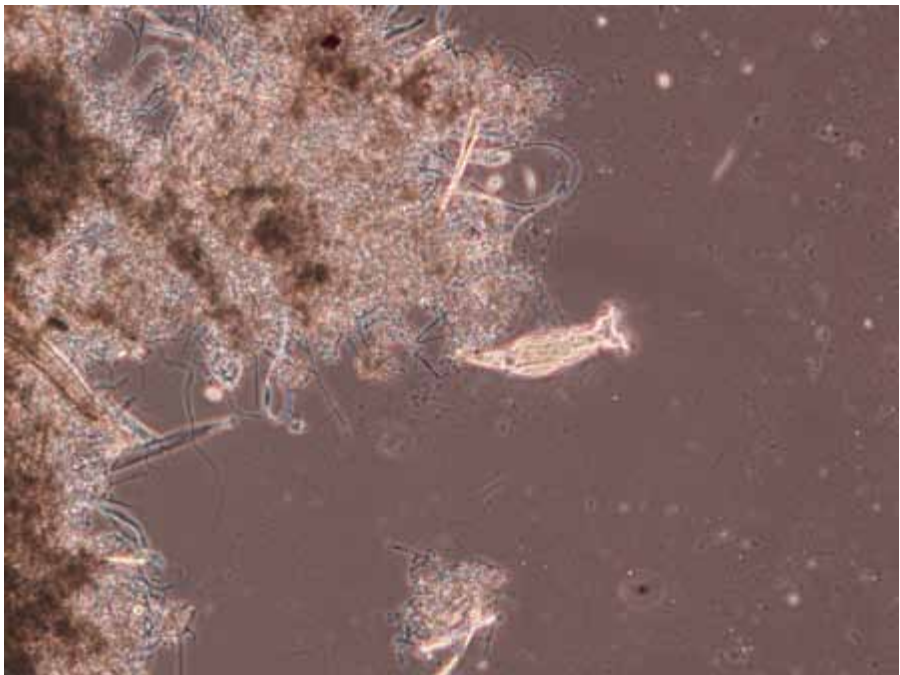
Popolni ekosistem

Iz papirnega stroja lahko izoliramo alge, bakterije, glive nemalokrat pa tudi višje razvite enocelične organizme [4]. Ekosistem, v katerem se omenjeni organizmi povezujejo v sistem, imenujemo popolni ekosistem [6]. Alge proizvajajo organsko snov v procesu fotosinteze, za kar potrebujejo svetlobo in molekule ogljikovega dioksida. Stranski produkt fotosinteze je kisik, katerega bakterije porabljajo pri oksidaciji organsko bogatih molekul. Pri oksidaciji se sprost ogljikov dioksid, kateri je v procesu fotosinteze ponovno reduciran do energetske bogatih organskih molekul [7][4].



Slika 1: Primer interakcij organizmov v sistemu papirnega stroja (M. Šuštaršič)

Takšna združba organizmov je možna le v omejenih predelih papirnega stroja, kjer je prisotna svetloba in ugodni dejavniki biotopa (slika 1). V takšnih združbah se pojavijo tudi primarni porabniki, orga-



Slika 2: Primer heterotrofnega ekosistema v sistemu papirnega stroja (M. Šuštaršič)

nizmi, ki se prehranjujejo s primarnimi producenti [5].

Nepopolni ekosistem

Nepopolni ekosistem je najbolj značilen ekosistem papirnega stroja (slika 2). Večji del papirnega stroja vsebuje le heterotrofni tip organizmov, ki energijo za življenje pridobivajo z oksidacijo energetske bogatih organskih snovi.

Le-to, organsko snov, organizmi privzemajo iz okolja – procesa izdelave papirnega stroja. Takšen ekosistem označujemo kot nepopolni ekosistem, saj ne vsebuje primarnih producentov, lahko

pa ga označimo tudi kot heterotrofni ekosistem, saj v njem najdemo večinsko prisotne heterotrofne organizme [6].

ZAKLJUČEK

Papirni stroj je kemijsko, tehnološko in biološko kompleksen sistem. Dinamično spreminjanje dejavnikov je normalno stanje vsakodneвне proizvodnje papirja. Procesni pogoji predstavljajo dobre razmere za razvoj in povezovanje organizmov, kar vodi v sestavo različnih tipov ekosistemov.

Interakcije organizem – papirni stroj potekajo ves čas. Čeprav so nekatere interakcije slabše poznane, lahko druge interakcije opazimo v koroziji, neprijetnem vonju ali madežih, luknjah in celo pretrgih papirja. Prav omenjene interakcije potrjujejo prisotnost ekosistemov. Zaradi kompleksnosti papirnega stroja ostajajo številne interakcije med organizmi in papirnim strojem nepoznane in otežujejo reševanje mikrobiološke problematike. Kompleksnost interakcij in omejene možnosti preučevanja le-teh v laboratoriju predstavljajo izziv sodobni znanosti. Razvoj metod za prenos interakcij v laboratorij in nove možnosti preučevanja le-teh bodo v prihodnosti pomenila ključ pri uspešnem reševanju mikrobiologije v papirnicah.

LITERATURA

- [1] Kanto Öqvisi, C. Microbal life and deposits in paper machine circuits. Academic Dissertation in Microbiology, Helsinki, 2008, str. 2–4, 9,18–20, 39–42.
- [2] RONING, C. Europe-wide analysis of paper mill microbial problems. Master of science, 2001, str. 19–24, 41–47.
- [3] Sanborn, J. R. Slime control in the Pulp and Paper Industry. New York, 1965, str. 32–38, 50–71.
- [4] Blanco, M. A., Negro, C., Tijero, J. PAPER RECYCLING: An introduction to problems and their solutions. Luxembourg, 1998, str. 21–28, 39 71, 154–167.

- [5] Tarman, K. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana: Državna založba Slovenije, 1992, str. 263, 298.
- [6] Vrhovšek, D. in Vovk Korže, A. Ekoremediacije. Maribor in Ljubljana: Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta Maribor Mednarodni center za ekoremediacije in Limnos, d. o. o., 2007, str. 8, 12.
- [7] Strgar, J. Leksikon biologija. Tržič: Učila international, založba d. o. o., 2002, str. 8, 25, 100, 197, 198.
- [8] Kiuru, J., Tsitko, I., Sievanen, J., Wathen, R. Optimization of biocide strategies on fine paper machines. BioResources 5(2), 2010, 514–524.

- [9] Boari, G., Moncini, I. M., Trulli, E. Technologies for water and wastewater treatment. Options Mediterranean ser A/ n31, 1997, str. 261–287.
- [10] Danevcic T., Mandic-Mulec I. Praktikum iz fiziologije mikroorganizmov za študente mikrobiologije. Ljubljana: Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2007, str. 30–37.
- [11] Iglič, B. Kratka tehnologija pridobivanja vlaknin in proizvodnje papirja ter kartona za slušatelj lesarstva na biotehnični fakulteti univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani. Ljubljana: Biotehniška fakulteta VTOZD za lesarstvo, 1988, str. 211–215.

Matej Šuštaršič, univ. dipl. biol.,
Inštitut za celulozo in papir

