

mag. **Sabina Fijan**, univ. dipl. inž. kem. tehnol.

izr. prof. dr. **Sonja Šostar Turk**, univ. dipl. inž.

**Suzana Arnuš**, univ. dipl. inž. tekst.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor;

e-pošta: sabina.fijan@uni-mb.si; sonja.sostar@uni-mb.si

## Problemi pri mehčanju vode v pralnicah: okužba ionskih izmenjevalcev

*Vsaka pralnica naj bi imela napravo za ionsko izmenjavo, torej napravo za mehčanje vode. Med delovanjem ionskega izmenjevalca se na površini sintetičnih smol/polimerov nalagajo mikroorganizmi, ki se razmnožujejo in tvorijo biofilm. Ko biofilm doseže kritično točko, se iz njega pričnejo mikroorganizmi izpirati v mehko vodo. V primeru, da proizvedena mehka voda kaže povečano obremenitev z mikroorganizmi, govorimo o biološkem onesnaževanju. Zaradi tega moramo ionski izmenjevalec redno nadzirati. Rast mikroorganizmov na površini ionskega izmenjevalca preprečimo s kontinuiranim kloriranjem. Če ugotovimo nastanek biofilma, ionski izmenjevalec dezinficiramo z ustreznimi dezinfekcijskimi sredstvi. Priporoča se uporaba peroksiocetne kisline, saj so raziskave pokazale, da peroksiocetna kislina že v zelo majhni koncentraciji in krajšem času učinkovanja povzroči uničenje nastalega biofilma. V raziskavi smo preverili kakovost mehčane vode, ki vstopa v postopek pranja v štirih pralnicah bolnišničnih tekstilij, da bi ugotovili, ali je voda biološko onesnažena, kar zmanjša kemo-termični razkuževalni učinek postopka pranja. Rezultate smo primerjali s priporočenimi zahtevami za kakovostno nego in higieno tekstilij RAL-GZ 992/2 za bolnišnične tekstilije.*

***Ključne besede:** pralnica, higiena, ionski izmenjevalci, biološko onesnaževanje, razkuževanje, peroksiocetna kislina.*

### Problem of Water Softening in Laundries: Biofouling of Ion Exchanges

*Each laundry should have its own ion exchange device; that is a water softening plant. During the function of ion exchange microorganisms settle on the outer surface of synthetic resins/polymers and multiply thus forming a biofilm. When the biofilm reaches a critical point, the microorganisms begin to flush into softened water. In that case when softened water displays an increased bioburden, biofouling occurs. Therefore, regular control of ion exchangers is necessary. The growth of microorganisms on the surface of ion exchangers is prevented by continual chlorination. In the case of discovering the presence of biofilm, the ion exchanger isto be disinfected by appropriate disinfecting agents. The use of peroxyacetic acid is recommended because the research has shown that small concentrations and short action times of peroxyacetic acid causes the biofilm to be inactivated.*

*In the research we examined the quality of softened water for washing in four laundries for hospital textiles to determine whether biofouling, which decreases the chemo-thermal disinfecting effect of the washing procedure, has occurred. The results were compared to the recommended values for quality textile care and hygiene according to RAL-GZ 992/2 for hospital textiles.*

***Key words:** laundry, hygiene, ion exchangers, biofouling, disinfection, peroxyacetic acid.*

## 1.0 UVOD

Pralnice v Nemčiji že od leta 1986 upoštevajo smernice Robert-Koch inštituta za zagotavljanje primerne stopnje higijene v bolnišničnih pralnicah. Tako je certifikat kakovostne nege in higijene tekstilij RAL-GZ 992/2 za bolnišnične tekstilije<sup>[1]</sup> sestavni del pogodbe med bolnišnico in pralnico. RAL zagotovi kakovostne nege in higijene tekstilij vnaprej predpostavlja posledico kakovosti, ki izhaja iz tega, da ni nič v pripravi, izvedbi in postopku nege tekstilij prepuščeno slučaju. Ena izmed tveganj v pralnici je biokontaminacija sveže vode za pranje, kar zmanjša kemo-termični razkuževalni učinek postopka pranja in s tem poveča tveganje za okužbo uporabnikov bolnišničnih tekstilij s patogenimi mikroorganizmi iz slabo opranih tekstilij<sup>[2],[3]</sup>. Zato je pomembno, da kot preventivni ukrep izvajamo redni mikrobiološki nadzor vode za pranje. Nadzor higijene v pralnicah s Certifikatom kakovostne nege in higijene tekstilij RAL-GZ 992<sup>[4]</sup> kažejo, da lahko preprečimo okužbo pralne vode s skrbnim vzdrževanjem ionskega izmenjevalca v mehčalni napravi<sup>[5]</sup>.

V članku je opisano, kakšne so možnosti, da preprečimo razvoj mikroorganizmov v mehčalnih napravah in kateri so potrebni ukrepi za njihovo uničevanje. Podani so tudi rezultati sanitarno-mikrobiološke raziskave vstopne in izstopne vode iz ionskih izmenjevalcev v štirih pralnicah, ki perejo bolnišnične tekstilije, ki smo jo izvedli na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za strojništvo, Inštitutu za tekstilno kemijo, ekologijo in koloristiko, Centru za nego tekstilij in oblačil v sodelovanju z Zavodom za zdravstveno varstvo Maribor.

## 2.0 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Zagotavljanje kakovostne nege in higijene tekstilij po RAL-GZ 992/2

Certifikat kakovostne nege in higijene tekstilij po RAL-GZ 992/2 za tekstilije iz bolnišnic temelji na praktično uporabnih in zakonitih kakovostnih in kontrolnih

določilih, ki upoštevajo redni sanitarno-mikrobiološki nadzor tistih kritičnih kontrolnih točk v postopku nege bolnišničnih tekstilij v pralnicah, kjer je nevarnost biokontaminacije največja. Za vsako kritično kontrolno točko je določeno dovoljeno tolerančno območje, ki še zagotavlja zadovoljivo stopnjo higijene pri negovanju bolnišničnih tekstilij (Preglednica 1).

Pri tem so:

- mejne ali kritične vrednosti po uradnih uredbah definirane vrednosti (Robert Koch Inštitut, Nemčija);
- priporočene vrednosti pomembne vrednosti, ki niso uradno določene;
- orientacijske vrednosti, namenjene kot informacija vodstvu pralnice.

### 2.2 Vrste mikroorganizmov, ki jih najdemo v pralnicah bolnišničnih tekstilij

Okolje v pralnicah je zelo primerno za obstoj in razmnoževanje velikega števila mikroorganizmov, saj zagotavlja primerno vlažnost, temperaturo in dovolj hranilnih snovi. Ker so tekstilije, ki prihajajo v pralnice iz bolnišnice, okužene s patogenimi ali oportunističnimi mikroorganizmi, je zelo pomembno, da je v pralnici zagotovljen proces pranja, ki uniči le-te, in da nadaljnja obdelava tekstilij ne povzroči ponovne kontaminacije tekstilij z mikroorganizmi. Med pričakovane mikroorganizme, ki jih lahko najdemo v pralnici, spadajo: <sup>[6]</sup>

- bakterije družine *Streptococcaceae*, kot so: *Enterococcus spp.* itd.,
- bakterije družine *Micrococcaceae*, kot so: *Micrococcus spp.*, *Staphylococcus spp.* itd.,
- Gram pozitivni bacili, kot so: *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, *Corynebacterium spp.* itd.,
- bakterije družine *Enterobacteriaceae*, kot so: *Escherichia coli*, *Enterobacter cloaque* itd.,
- nefermentativni Gram negativni bacili, kot so: *Pseudomonas spp.* itd.,
- nitaste glive, kot so: *Aspergillus spp.* itd.,
- kvasovke, kot so: *Candida spp.* itd.,
- virusi, kot so: virus hepatitisa B, virus hepatitisa E itd.

**Preglednica 1:** Tolerančne meje nadzora higijene po RAL-GZ 992/2

MEJNE VREDNOSTI			
Odtisi zlikanih in zloženih tekstilij*	9 od 10 vzorcev ne sme vsebovati več kot 20 CFU**/dm <sup>2</sup>		
Bioindikatorji	Ni rasti		
PRIPOROČENE VREDNOSTI		ORIENTACIJSKE VREDNOSTI	
Vlažne tekstilije	< 30 CFU/dm <sup>2</sup>	Tehnična oprema	< 100 CFU/dm <sup>2</sup>
Voda pred mehčanjem	< 100 CFU/mL	Skladiščenje / transport	< 100 CFU/dm <sup>2</sup>
Voda po mehčanju	< 100 CFU/mL		
Voda po izpiranju	< 100 CFU/mL	Higijena rok	< 100 CFU/dm <sup>2</sup>

\* Na odtisih zlikanih, zloženih tekstilij ne smejo biti prisotni patogeni in fakultativno patogeni mikroorganizmi, kot so: *Escherichia coli*, *Enterobacter cloaque* itd.

\*\* CFU (*colony forming units*) je število vseh nastalih kolonij mikroorganizmov (bakterije, glive).

Za uspešno uničevanje patogenih mikroorganizmov moramo najprej ugotoviti njihov izvor. Bakterije uničimo z baktericidi, glive s fungicidi in viruse z viricidi.

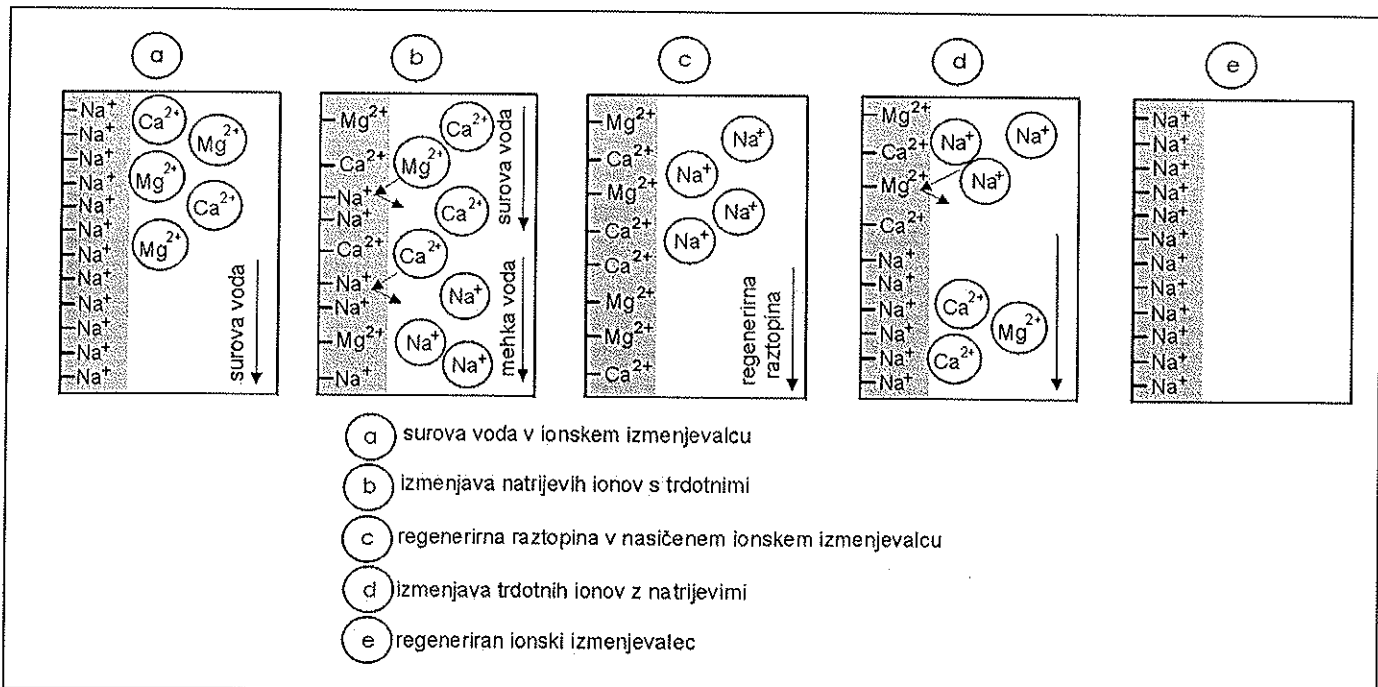
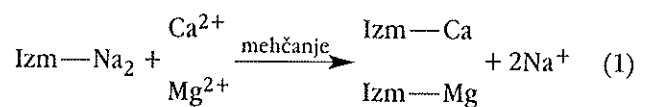
Mikroorganizmi običajno pridejo v pralnico z okuženimi tekstilijami. Zato je glavni način uničevanja mikroorganizmov proces pranja, ki mora omogočati ali termično razkuževanje (90 °C, 15 min ali 85 °C, 20 min) ali kemično razkuževanje, kjer poleg toplote mikroorganizme uničijo tudi razkuževalna sredstva v pralnih sredstvih, kot so: natrijev klorat (I), vodikov peroksid, peroksiocetna kislina itd. Če postopek pranja ne uniči mikroorganizmov, okužijo čisti del pralnice, kjer poteka likanje, zlaganje in pakiranje čistih tekstilij. Mikroorganizmi so lahko prisotni tudi v surovi vodi za pranje v primeru, da ne uporabljamo običajno neoporečne pitne vode, temveč vode iz vodnjakov ali vode, ki stoji dalj časa v nerazkuženih usedalnikih. Tudi voda po mehčanju je lahko oporečna, saj se lahko filtri v mehčalni napravi po dolgotrajni uporabi okužijo z mikroorganizmi. Visoka vsebnost mikroorganizmov v vodi za pranje zmanjša razkuževalno učinkovitost procesa pranja, zato je pomembno, da kontroliramo vodo na različnih mestih v pralnici in v primeru kontaminacije z mikroorganizmi uvedemo ustrezne razkuževalne ukrepe: čiščenje in razkuževanje usedalnikov za surovo vodo, redna menjava filtrov za mehčanje vode, redno čiščenje notranjosti pralne linije itd.

Tudi delavci v pralnici so nosilci mikroorganizmov, predvsem so pomembni mikroorganizmi na rokah delavcev, saj je pri nadaljnji obdelavi tekstilij po pranju (sortiranje, likanje, zlaganje in pakiranje) ob mehanskem delu s stroji tudi veliko ročnega dela. Zato je pomembno redno čiščenje vseh površin in tehnične opreme, kakor tudi razkuževanje rok delavcev.

Za uspešno uničevanje mikroorganizmov v pralnicah moramo poznati načine in vzroke nastanka, dejavnike tveganja in poti prenosa mikroorganizmov, postopke razkuževanja ter vrste mikroorganizmov, ki jih najdemo v pralnicah. [6, 7]

### 2.3 Princip delovanja ionskih izmenjevalcev

Ionski izmenjevalci iz pitne, površinske ali vode iz vodnjaka proizvedejo mehko vodo. Za postopek pranja v industrijskih pralnicah moramo uporabiti mehko vodo, saj kalcijevi in magnezijevi ioni, prisotni v trdi vodi, tvorijo v vodi netopne soli, ki imajo negativen pralni učinek [8]. Ionski izmenjevalci so sestavljeni iz sintetičnih smol/polimerov, ki imajo na aktivnih centrih vezane natrijeve ione. Pri procesu mehčanja potече reverzibilen proces vezanja trdotnih ionov iz vode, in sicer: predhodno vezane natrijeve ione izpodrinejo kalcijevi in magnezijevi ioni, pri čemer se natrijevi ioni sproščajo in ne povzročajo trdote vode (enačba 1) [8]. Ko so aktivni centri popolnoma obloženi s kalcijevimi in magnezijevimi ioni, moramo izvesti regeneracijo ionskega izmenjevalca, pri čemer se aktivni centri ponovno obložijo z natrijevimi ioni (enačba 2) [8]. Regeneracijo izvedemo s koncentrirano raztopino natrijevega klorida (NaCl). Izmenjevalna kapaciteta ionskega izmenjevalca po regeneraciji ostane enaka. (Slika 1).



Slika 1: Mehčanje vode in regeneriranje ionskega izmenjevalca

## 2.4 Kaj je biološko onesnaževanje ?

Na površini smole ionskega izmenjevalca se lahko nalagajo mikroorganizmi, ki se razmnožujejo in tako tvorijo biofilm. Ko ta doseže kritično točko, se pričnejo mikroorganizmi izpirati iz biofilma v mehčano vodo. V tem primeru govorimo o pojavu biološkega onesnaževanja [5].

Če v mehki vodi ni mikroorganizmov, to lahko pomeni, da je na smoli ionskega izmenjevalca sicer biofilm že prisoten, vendar je pretanek, da bi mikroorganizmi že prehajali v vodo. Praviloma se tvori le na površini izmenjevalca in ne prehaja v notranjost finih por smole.

Posledice biološkega onesnaževanja na ionskem izmenjevalcu so:

- a) prehajanje mikroorganizmov v mehčano vodo in s tem povečana obremenitev vode z mikroorganizmi, kar zmanjša razkuževalno učinkovitost postopka pranja [6];
- b) tanka gelasta, sluzasta plast na površini smole, ki povzroči blokado in zlepljanje površine izmenjevalca;
- s) zmanjšana pretok vode in kapacitete izmenjave ionskega izmenjevalca;

## 2.5 Ukrepi za preprečevanje okužbe ionskega izmenjevalca

Rast mikroorganizmov na površini ionskega izmenjevalca zmanjšamo s kontinuiranim kloriranjem surove vode, podobno kot za dezinfekcijo pitne vode ali vode za kopanje uporabljamo natrijev klorat (I) (NaClO).

Za strokovno vzdrževanje mehčalne naprave moramo izvajati reden mikrobiološki nadzor mehčane vode in s tem čimprej ugotoviti okužbo mehčane vode z mikroorganizmi. Po nemški Uredbi za pitne vode in vode za obrate živilske industrije (Trinkwasserordnung) [9] ter Pravilniku o zdravstveni ustreznosti pitne vode (Uradni List RS, št. 46/97) [10] mora potekati odvzemanje vzorcev vode tako, da se ohrani enaka kakovost vzorca od začetka preiskave. Postopek vzorčenja vode je naslednji:

1. dezinficiramo si roke;
2. uporabimo sterilne posode (ne smemo se dotakniti zgornjega roba posode oz. notranjega navoja pokrova);
3. izpraznimo stoječo vodo (pustimo, da voda teče iz odvzemne pipe nekaj min);
4. odvzemno pipo temeljito steriliziramo s plamenom (najmanj 30 s);
5. napolnimo posodo in jo takoj zapremo;
6. vzorec prinesemo v ustrezni inštitut, kjer izvedejo mikrobiološko analizo. Če vodnih vzorcev ni možno preiskati v roku 3 ur po odvzemu, zagotovimo zadostno hlajenje vzorca pri transportu.

Priporočene vrednosti za vodne vzorce glede na zahteve kakovostne nege in higiene tekstilij RAL-GZ 992 so podane v preglednici 1.

## 2.6 Ali mirovanje naprave pospešuje nastanek biološkega onesnaženja?

Pri napravah, ki ne omogočajo kontinuiranega kloriranja, se mikroorganizmi nenehno razmnožujejo v mirujočem ionskem izmenjevalcu. Vendar je sklepanje, da se mikroorganizmi pojavijo le v mirujočem mediju, napačno, saj se mikroorganizmi razmnožujejo tudi v tekoči vodi. Napačno je tudi sklepanje, da se mikroorganizmi v stoječi vodi hitreje razmnožujejo kot v tekoči vodi. Povečano število mikroorganizmov v mirujočem ionskem izmenjevalcu je posledica dejstva, da se v biofilmu nastali mikroorganizmi med mirovanjem naprave ne odstranjujejo s kontinuiranim pretokom vode, ampak ostanejo v sistemu.

### 2.6.1 Preprečevanje okužb pri mirovanju naprave

Za preprečevanje okužbe lahko uporabimo obvodno UV-dezinfekcijo. To je sistem, ki pri mirovanju naprave vodo kontinuirano prečrpava v obvodno cev, osvetljeno z UV-svetlobo. Pri tem se uničijo z biofilma odstranjeni mikroorganizmi, s čimer znižamo število mikroorganizmov v sistemu.

Kljub tem ukrepom pa se biofilm na površini izmenjevalca še vedno tvori. Koncentrirana raztopina NaCl, ki je namenjena za regeneracijo izmenjevalca, ne vpliva na trajno zmanjšanje okužbe z mikroorganizmi. Z daljšim učinkovanjem koncentrirane raztopine NaCl sicer lahko dosežemo zmanjšanje okužbe, vendar je potreben daljši čas učinkovanja. Dodaten ukrep pri preprečevanju okužbe v mirujočem stanju naprave pa je, da pustimo regeneracijsko raztopino v mirujočem ionskem izmenjevalcu [11].

## 2.7 Dezinfekcija ionskega izmenjevalca

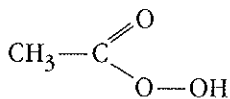
Če je na površini ionskega izmenjevalca biofilm, moramo izmenjevalec najprej izprati s povratnim tokom vode in ga šele nato dezinficirati z ustreznim dezinfekcijskim sredstvom. Za to se priporoča peroksiocetna kislina (Slika 2), saj so raziskave pokazale, da že v zelo majhni koncentraciji in krajšem času učinkovanja povzroči uničenje nastalega biofilma [12]. Raziskave so prav tako pokazale, da je dezinfekcijski učinek peroksiocetne kisline nekoliko boljši pri ionskih izmenjevalcih v regenerirani obliki (na aktivnih centrih so Na<sup>+</sup> ioni) kot pri ionskih izmenjevalcih v neregenerirani obliki (na aktivnih centrih so Ca<sup>2+</sup> ioni) [5]. Kljub temu spoznanju pa lahko regeneracijo ionskega izmenjevalca izvedemo šele po dezinfekciji izmenjevalca s peroksiocetno kislino, saj se po regeneraciji izmenjevalca z NaCl in naknadni dezinfekciji s peroksiocetno kislino lahko razvije visoko agresiven, strupen klor (v plinastem agregatnem stanju), ki bi učinkoval oksidacijsko in povzročil poškodbe izmenjevalca.

Stabilna peroksiocetna kislina ne spremeni kakovosti izmenjevalca tudi pri daljšem učinkovanju (npr. pri učinkovanju čez noč).

### 2.7.1 Peroksiocetna kislina kot dezinfekcijsko sredstvo ionskega izmenjevalca

Dezinfekcijski učinek peroksiocetne kisline je bil odkrit leta 1902. Učinkovanje peroksiocetne kisline vodi do ireverzibilnega uničenja encimskih in celičnih sistemov bakterij, uniči pa tudi glive in viruse [13], zato je zelo širok spekter učinkovanja peroksiocetne kisline zelo pomemben na področju higiene v pralnicah.

Vsekakor pa je peroksiocetna kislina spojina, ki je zelo lahko razgradljiva. Na stabilnost kisline in s tem na njeno učinkovitost močno vplivajo ioni težkih kovin, visoka pH-vrednost in visoka temperatura.



Slika 2: Peroksiocetna kislina

## 2.8 Splošni potek dezinfekcije mehčalne naprave

Dezinfekcija mehčalne naprave poteka po naslednjem postopku (Slika 3):

1. Napravo izperemo s povratnim tokom, da odstranimo naloženi biofilm.
2. Napravo napolnimo z dezinfekcijskim sredstvom in pustimo učinkovati.
3. Dezinfekcijsko sredstvo temeljito izperemo iz sistema.
4. Izvedemo regeneracijo naprave za ionsko izmenjavo.

Čas učinkovanja in koncentracija dezinfekcijskega sredstva morata ustrezati navodilom proizvajalca naprave, saj na učinek dezinfekcije vpliva tudi vrsta naprave. Na splošno velja, da je pri koncentraciji peroksiocetne kisline 0,2 % potreben čas učinkovanja 1 h.

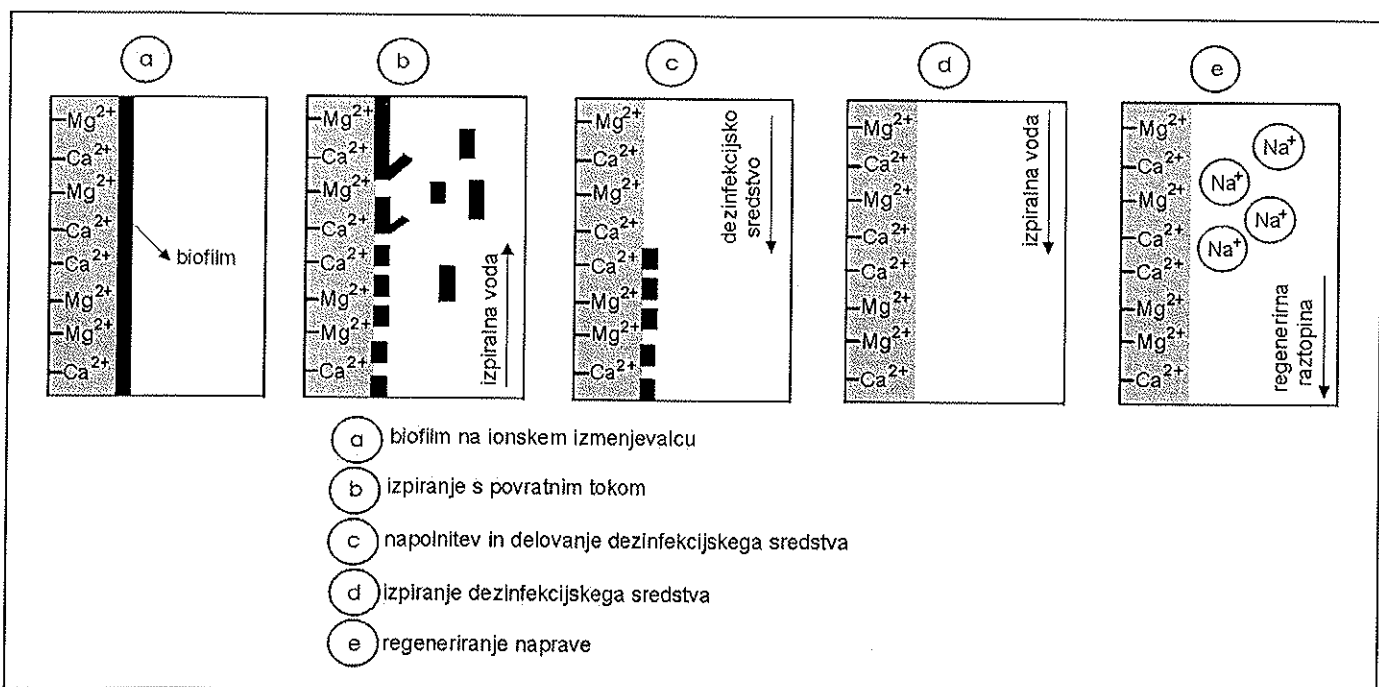
## 3.0 EKSPERIMENTALNI DEL

V štirih industrijskih pralnicah (A, B, C, D), ki perejo različne vrste bolnišničnih tekstilij, smo preverili kakovost vode po mehčanju. Pri tem smo izvedli sanitarno-mikrobiološko analizo vode pred in po mehčanju, zato da smo ugotovili, ali so mehčalne naprave biološko onesnažene. Rezultate smo primerjali s kriteriji higiene RAL-GZ 992/2 za tekstilije iz bolnišnic, katerih mejne, priporočene in orientacijske vrednosti sanitarno-mikrobiološke preiskave higiene so podane v preglednici 1 [1].

### 3.1 Mikrobiološka analiza vode pred mehčanjem

Glede na kriterij po RAL-GZ 992/2 je priporočeno, da število mikroorganizmov v vodi pred mehčanjem ne presega 100 CFU/mL. Ker v izbranih pralnicah uporabljajo kot surovo vodo kar pitno vodo, smo sanitarno-mikrobiološko preiskavo surove vode ovrednotili po določenih 21. členu in priloge A Pravilnika o zdravstveni ustreznosti pitne vode iz Uradnega lista, RS št. 46/1997 [10] in določenih Pravilnika o spremembah in dopolnitvah pravilnika o zdravstveni ustreznosti pitne vode iz Uradnega lista 7/2000 [14]. Mikrobiološke zahteve za občasne preiskave pitne vode po tem pravilniku so podane v preglednici 2.

Sanitarno-mikrobiološko preiskavo surove vode smo izvedli tako, da smo najprej določili število mikroorga-



Slika 3: Shema postopka dezinfekcije ionskega izmenjevalca

**Preglednica 2:** Mikrobiološke zahteve pitne vode

Parameter	Vrednost	Enota
<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 mL ali MPN*/100 mL
Skupne koliformne bakterije	0	CFU/100 mL ali MPN/100 mL
Fekalni streptokoki	0	CFU/100 mL ali MPN/100 mL
<i>Clostridium perfringens</i> (s sporami)	0	CFU/100 mL
Skupno število mikroorganizmov pri 22 °C	Brez sprememb	CFU/mL
Skupno število mikroorganizmov pri 37 °C	< 100	CFU/mL

\* MPN (*measuring probable number*) je določanje najverjetnejšega števila

nizmov po metodi štetja kolonij z redčenjem in nanosom na trdni agar (3.1.1) in nato določili morebitno prisotnost *Escherichia coli*, skupnih koliformnih mikroorganizmov, fekalnih streptokokov in *Clostridium perfringens* po standardnih mikrobioloških metodah. [7]

### 3.1.1 Metoda štetja kolonij z redčenjem in nanosom na trdni agar

Metoda štetja kolonij z redčenjem in nanosom na trdni agar (*Plate Pouring Method*) služi za štetje mikroorganizmov v vodnih vzorcih. Po 1 mL vzorca vode smo dali v dve petrijevki, nalili (15 do 20) mL agarja s kvasnim ekstraktom [10] in previdno zmešali. Eno petrijevko smo inkubirali 72 ur pri 22 °C za ugotavljanje števila in vrst avtohtonih mikroorganizmov v vodi in drugo smo inkubirali 24 ur pri 37 °C za ugotavljanje prisotnosti za človeka patogenih vrst mikroorganiz-

**Preglednica 3:** Sanitarno-mikrobiološke preiskave vode pred mehčanjem

Postopek pranja	Priporočena vrednost	Število mikroorganizmov		Vrsta mikroorganizmov	Rast v 100 mL
		CFU/mL pri 22 °C	CFU/mL pri 37 °C		
A-1 A-2 A-3	100 CFU/mL	< 100	< 100	Skupnih koliformnih bakterij	0
				<i>Escherichia coli</i>	0
				<i>Enterococcus spp.</i>	0
				<i>Clostridium perfringens</i> (s sporami)	0
B-1	100 CFU/mL	< 100	< 100	Skupnih koliformnih bakterij	0
				<i>Escherichia coli</i>	0
				<i>Enterococcus spp.</i>	0
				<i>Clostridium perfringens</i> (s sporami)	0
C-1	100 CFU/mL	< 100	< 100	Skupnih koliformnih bakterij	0
				<i>Escherichia coli</i>	0
				<i>Enterococcus spp.</i>	0
				<i>Clostridium perfringens</i> (s sporami)	0
D-1	100 CFU/mL	< 100	< 100	Skupnih koliformnih bakterij	0
				<i>Escherichia coli</i>	0
				<i>Enterococcus spp.</i>	0
				<i>Clostridium perfringens</i> (s sporami)	0

mov. Po inkubaciji smo prešteli vse nastale kolonije na ploščici in kot rezultat smo dobili število nastalih mikroorganizmov v 1 mL vzorca vode (CFU/mL).

### 3.2 Mikrobiološka analiza vode po mehčanju

Sanitarno-mikrobiološko preiskavo vode po mehčanju smo izvedli tako, da smo najprej prešteli število mikroorganizmov v vzorcih vode po metodi štetja kolonij z redčenjem in nanosom na trdni agar (3.1.1) in nato vse nastale kolonije mikroorganizmov identificirali po standardnih mikrobioloških metodah [6].

### 4.0 REZULTATI Z RAZPRAVO

Sanitarno-mikrobiološka kakovost tehnične vode za pranje ima omejeno dovoljeno vsebnost mikroorganizmov, saj se drugače lahko zmanjša razkuževalna učinkovitost postopka pranja. Zaradi lažjega nadzovanja okužbe mehčalne naprave v pralnici je priporočen redni *monitoring* števila mikroorganizmov v mehčalni vodi. V vzorcih vode je priporočeno, da število mikroorganizmov v 1 mL po inkubacijskem času 72 ur pri 22 °C in 48 ur pri 37 °C ne presega 100 CFU/mL. Vrsta mikroorganizmov ni posebej omejena razen za vodo pred mehčanjem v primeru uporabe pitne vode.

### 4.1 Sanitarno mikrobiološke preiskave vode pred mehčanjem

Vzorci vode pred mehčanjem smo preiskali po določilih 21. člena Priloge A Pravilnika o zdravstveni ustreznosti pitne vode (Ur. list RS št. 46/97 in 7/2000). Po teh določilih ne sme biti v pitni vodi nobenih predstavnikov

skupnih koliformnih bakterij, nobenih predstavnikov vrste *Escherichia coli*, nobenih predstavnikov rodu enterokokov in nobenih predstavnikov vrste *Clostridium perfringens*. Rezultati sanitarno-mikrobioloških preiskav vode pred mehčanjem so podani v preglednici 3.

V vseh pralnicah je voda pred mehčanjem ustrezala zahtevanim merilom, saj število mikroorganizmov ni preseglo 100 CFU/mL niti pri vzorcih, inkubiranih pri 22 °C, niti pri vzorcih, inkubiranih pri 37 °C. V nobenem vzorcu vode pred mehčanjem ni bilo nobenega od naslednjih mikroorganizmov: skupnih koliformnih bakterij, *Escherichie coli*, *Enterococcus spp.* ali *Clostridium perfringens* (s sporami). Iz teh meritev je razvidno, da je bila voda v začetku postopkov pranja primerna v vseh petih pralnicah in da je vzrok morebitne okužbe pralne vode z mikroorganizmi v nadaljnjih fazah procesa, kot so: mehčanje vode, pranje tekstilij, izpiranje tekstilij itd. [6]

#### 4.2 Sanitarno mikrobiološke preiskave vode po mehčanju

Sanitarno mikrobiološko preiskavo vode po mehčanju smo izvedli zato, da smo ugotovili, ali so se v filtrih za ionsko izmenjavo razmnožili mikroorganizmi. Filtri vsebujejo pozitivno ali negativno nabite organske spojine, ki jih lahko nekatere bakterije uporabijo kot hranilne snovi [15], zato jih je treba po določenem času zamenjati zaradi biološkega onesnaženja, drugače je število mikroorganizmov v vodi, ki vstopa v proces pranja, preveliko, in se zmanjša razkuževalni učinek postopka pranja.

Rezultati vode po mehčanju so bili znotraj dovoljnega območja, ki ga predpisuje RAL-GZ 992/2, v vseh pralnicah razen v pralnici D. V nobeni vodi po mehčanju nismo našli patogenih mikroorganizmov, temveč samo mezofilne, avtohtone mikroorganizme in *Bacillus spp.*

V vodi po mehčanju iz pralnice D je bila priporočena vrednost za število mikroorganizmov po inkubacijskem času 48 ur in pri inkubacijski temperaturi 37 °C izven tolerančne meje, kar pokaže, da ni bilo prisotno prevelikega števila avtohtonih mikroorganizmov, ki uspevajo pri 22 °C, temveč da je bilo preveliko število mikroorganizmov, ki so se slučajno znašli v vodi od drugod. Našli smo ubikvitarni *Bacillus spp.*, ki je kot

sporogeni Gram pozitivni bacil prvi indikator neustrezne higijene v pralnici [6]. Pralnico D smo obvestili, da morajo zamenjati filtre v mehčalni napravi. Vsem pralnicam smo priporočili, da uvedejo tudi redno razkuževanje mehčalne naprave, čeprav iz rezultatov ni razvidno, da je prišlo do biološkega onesnaževanja; vendar pa je možno, da je že prisoten biofilm, ki pa še ni dosegel kritične točke, ko se pričnejo mikroorganizmi izpirati iz biofilma v mehčano vodo.

#### 5.0 ZAKLJUČKI

Mehčanje vode za pranje je nujno zaradi negativnih učinkov v trdi vodi prisotnih dvovalentnih kationov (kalcijeve, magnezijeve in ioni težkih kovin) pri postopku pranja, saj se vežejo na tekstilijo in anionske tenzide, kar onemogoči odcepitev nečistoče in delovanje tenzidov, poleg tega pa negativno vplivajo na delovanje belilnih sredstev [16], [17].

Ionski izmenjevalci so sestavljeni iz organskih spojin, na katere se nalagajo mikroorganizmi in različni organski ostanki iz vode, in tako tvorijo biofilm. Saniranje ionskih izmenjevalcev ni možno le z regeneriranjem, protitokom ali drugi izpiralnimi procesi, saj se odstrani le del mikrobne populacije, pri čemer ne moremo preprečiti rasti mikroorganizmov. Zato je potrebno ionski izmenjevalec redno dezinficirati, pri čemer običajno uporabljamo peroksiocetno kislino. Uporaba obvodne UV-dezinfekcije je prav tako pogosta, ker kontinuirno razkuževanje s pomočjo obvodne UV-dezinfekcije zmanjša število ciklov dezinfekcije s peroksiocetno kislino. Vendar ni nobenega zagotovila, da dosežemo celotno dezinfekcijo ionskih izmenjevalcev pri uporabi obvodne UV-dezinfekcije brez dodatne uporabe kemičnega dezinfekcijskega sredstva, zato obvodna UV-dezinfekcija ni nadomestilo za kemično dezinfekcijo ionskega izmenjevalca, temveč zmanjša le količino porabljenih kemikalij.

Redni *monitoring* higijene ionskih izmenjevalcev je nujno potreben v primeru, ko so z uporabo mehke vode povezane sanitarne implikacije. Zato je predvsem v pralnicah bolnišničnih tekstilij nujna redna sanitarno-mikrobiološka kontrola ionskih izmenjevalcev, saj mora postopek pranja biti dovolj učinkovit, da uniči vse patogene in potencialno patogene mikroorganizme iz

**Preglednica 5:** Sanitarno mikrobiološke preiskave vode po mehčanju

Postopek pranja	Priporočena vrednost	Število mikroorganizmov		Vrsta mikroorganizmov
		CFU/mL pri 22 °C	CFU/mL pri 37 °C	
A-1, A-2, A-3	100 CFU/mL	< 100	< 100	Mezofilni, avtohtoni mikroorganizmi
B-1		< 100	< 100	Mezofilni, avtohtoni mikroorganizmi
C-1		< 100	< 100	Mezofilni, avtohtoni mikroorganizmi
D-1		< 100	120	<i>Bacillus spp.</i>

okuženih tekstilij, katerih uporabniki so bolniki z nizkim imunskim sistemom in jih moramo zaščititi pred okužbami iz slabo opranih tekstilij. Kemo-termični učinek dezinfekcije je poleg drugih faktorjev, kot so primerna sestava pralnih in razkuževalnih sredstev, zadostna temperatura kopeli, ustrežna mehanika, kopelno razmerje, polnilno razmerje in čas trajanja procesa, odvisen tudi od primerne tehnične vode, ki ne sme vsebovati preveliko število mikroorganizmov iz biološko onesnaženih ionskih izmenjevalcev [6, 18].

### Zahvala

Zahvaljujemo se Forschungsinstitutu Hohenstein, Bönningheim, Nemčija za sodelovanje pri raziskavi, Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor za opravljenе mikrobiološke meritve in Ministrstvu za šolstvo, znanost in šport za finančno podporo.

### Viri:

- [1] *Sachgemäße Waschpflege, Gütezeichnung RAL-GZ 992*. Sankt Avgustin: RAL, Deutsches Institut für Gütezeichnung und Kennzeichnung e. V, 2001.
- [2] FIJAN, S. in ŠOSTAR TURK, S. *Higiena v pralnicah s tekstilijami iz živilske industrije*. Tekstilec, 2002, let. 39, št. 9/10, str. 297–300.
- [3] ŠOSTAR TURK, S. in FIJAN, S. Merila za kakovostno pranje tekstilij. V *33. simpozij o novostih v tekstilstvu, Ljubljana, 14. – 15. junij 2000 : Zbornik predavanj in posterjev*. Uredila D. Gregor Svetec. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2000, str. 207–214.
- [4] FIJAN, S. in ŠOSTAR TURK, S. *Certifikat kakovosti RAL-GZ 992*. V Zbornik predavanj. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2002.
- [5] GOSOLITS, B. Probleme bei der Wasserenthärtung: Verkeimung von Ionenaustauscheranlagen. *Hohensteiner Wäscherei-Information*, 2003, no. 97, Bönningheim : Forschungsinstitut Hohenstein.
- [6] FIJAN, S. *Določanje kakovostnih parametrov zagotavljanja higijene v industrijskih pralnicah v Sloveniji* : Magistrsko delo. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2003.
- [7] FIJAN, S. in ŠOSTAR TURK, S. Determination of microorganisms in water. V *Underground waters: Proceedings of summer course: Maribor 12. – 22. July 2003*. Urednik M. Simonič. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, 2003, str. 100–110.
- [8] ŠOSTAR TURK, S. in FIJAN, S. *Nega tekstilij in oblačil : Skripta*. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2000.
- [9] Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe. *Bundesgesetzblatt I*, S. 2613, 12. Dec., 1990.
- [10] Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode. *Uradni list Republike Slovenije*, 1997, št. 46. 31. julij, 1997.
- [11] FLEMMING, HC. Bakterienwachstum auf Ionaustauscherharz – Untersuchungen an einem stark sauren Kationentauscher. Anhaftung und Verteilung der Bakterien; betriebliche Möglichkeiten der Wachstumsunterdrückung. *Zeitschrift für Wasser und Abwasser Forschung*, 1981, vol.14, p. 132 – 139.
- [12] FLEMMING, HC. Bakterienwachstum auf Ionaustauscherharz – Untersuchungen an einem stark sauren Kationentauscher : Desinfektion mit Peressigsäure. *Z. Zeitschrift für Wasser und Abwasser Forschung*, 1984, vol. 17, p. 229 – 234.
- [13] FLEMMING, HC. Peressigsäure als Desinfektionsmittel – ein Überblick. *Zentralblatt für Bakteriologie Mikrobiologie und Hygiene*, 1984, p. 97 – 111.
- [14] Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o zdravstveni ustreznosti pitne vode. *Uradni list Republike Slovenije*, 2000, št. 7, 28. januar.
- [15] FLEMMING, HC. Microbial growth on ion exchangers. *Water Research*, 1987, vol. 21, no. 7, p. 745–756.
- [16] ZOLLER, U. *Handbook of Detergents, part A: Properties. Surfactant science series, vol. 82*. New York, Basel : Marcel Dekker, Inc., 1999.
- [17] Desinfektionsmittelkommission der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie. Chemotermische Wäschedesinfektion. *Hygiene und Medizin*, 1998, vol. 4, p. 127–129.
- [18] TERPSTRA, M.J. et al. Hygienic Properties of Textile Laundering in Europe. V *Proceedings of the 41st WFK International Detergency Conference : Düsseldorf, 18. – 20. May 2003*. Düsseldorf WFK – Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie, 2003, p. 72–79.

Prispelo/Received: 07-2003; sprejeto/accepted: 10-2003