



**STOWARZYSZENIE POLSKICH
CHEMIKÓW KOLORYSTÓW**



**INFORMATOR
CHEMIKA KOLORYSTY**



ROK 2022

Nr 40

Dziękując za owocną współpracę,
życzymy Państwu
aby Nowy Rok 2023
był rokiem sukcesów,
a zbliżające się
Święta Bożego Narodzenia
upłynęły w miłej,
rodzinnej atmosferze.

Rada Stowarzyszenia
Polskich Chemików Kolorystów
i Zarząd Fundacji
Rozwoju Polskiej Kolorystyki

2023

Restauracja Satyna



Bal Kolorystów 2023 r.

Serdecznie zapraszamy na Bal Kolorystów.

Impreza odbędzie się 4 lutego 2023 r. o godz. 19.00 w Restauracji „SATYNA”, w samym centrum naszej kochanej Łodzi - w Domu Technika NOT na Placu Komuny Paryskiej 5a. Gwarantujemy szampańską zabawę do białego rana przy porywającej muzyce, wykwintne jadlo i napitki przyrządzane według polskiej tradycji kulinarnej. Szczegóły podamy w stosownym czasie, lecz już teraz prosimy zarezerwować sobie ten wieczór jako dzień naszego wspólnego spotkania. Na prośbę wielu uczestników poprzednich spotkań informujemy, że na ten wyjątkowy wieczór wszystkie stroje są dozwolone, a nawet nieobowiązkowe.

Organizatorzy

*Zgłoszenia telefoniczne w każdy piątek
w godz. 12.00-15.00 na nr. tel. 42 632 89 67
lub na e-mail: kolorysty@kolorysty.org.pl*



ZAKOPANE



Informacja o XXXVI Seminarium

Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów
i Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki
uprzejmie informują, że



XXXVI SEMINARIUM POLSKICH CHEMIKÓW KOLORYSTÓW

odbędzie się w dniach 24-26 maja 2023 r.
w **Domu Wczasowym REWITA w Zakopanem**,
ul. St. Nędzy-Kubińca 101, 34-511 Kościelisko.

Uprzejmie prosimy
o uwzględnienie terminu Seminarium w Państwa planach.



**STOWARZYSZENIE POLSKICH
CHEMIKÓW KOLORYSTÓW**

**FUNDACJA ROZWOJU
POLSKIEJ KOLORYSTYKI**

Afiliowane przy International Federation
of Associations of Textile Chemists and Colourists

INFORMATOR CHEMIKA KOLORYSTY

Rok 2022

nr 40

ZESPÓŁ REDAKCYJNY:

inż. Włodzimierz Dominikowski –
redaktor naczelny
dr inż. Bogumił Gajdzicki
mgr inż. Alicja Kawiorska
mgr inż. Stanisław Pruś
mgr inż. Izabela Oleksiewicz

REDAKCJA:

STOWARZYSZENIE POLSKICH
CHEMIKÓW KOLORYSTÓW
90-007 Łódź, Pl. Komuny Paryskiej 5a
tel. 42 632-89-67
fax 42 632-50-03
www.kolorystci.org.pl
e-mail: kolorystci@kolorystci.org.pl

KOMITET NAUKOWY:

dr inż. Kazimierz Blus
prof. dr hab. inż. Wojciech Czajkowski
dr inż. Bogumił Gajdzicki
prof. dr hab. inż. Jerzy Szadowski
dr inż. Włodzimierz Szczepaniak

WYDAWCA:

FUNDACJA ROZWOJU
POLSKIEJ KOLORYSTYKI
90-007 Łódź, Pl. Komuny Paryskiej 5a
tel. 42 632-89-67
fax 42 632-50-03
www.kolorystci.org.pl
e-mail: kolorystci@kolorystci.org.pl
nakład: 170 egzemplarzy

Przygotowanie edycji bieżącego
numeru Informatora Chemików Kolorystów:
mgr inż. Stanisław Pruś

SPIS TREŚCI:

	5
1. Ścieki włókiennicze. Kłopotliwy odpad, czy źródło zasobów <i>Lucyna Bilińska, Marta Gmurek</i>	9
2. Profesor Stefan Włodzimierz Brzeziński – żegnamy wybitnego naukowca (1929 – 2022)	18
3. Efektywne odwadnianie wyrobów włókienniczych jako metoda ograniczenia energochłonności procesów wykończalniczych <i>Waldemar Machnowski</i>	20
4. Teoria barwienia – teoria, która wciąż powstaje, ale bardzo wolno <i>Zenon Grabarczyk</i>	28
5. Konferencja RegioTex – TEXCHEM, Hradec Králové <i>Bogumił Gajdzicki, Stanisław Pruś</i>	36

Życzenia noworoczne:

1. Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów	2
2. TC Kolor	6
3. Velacorp Sp. z o.o.	7
4. Janis Sp. z o.o. Sp. K.	8
5. Tanatex Polska	47
6. Barbara Lechtańska	48
7. Thorex/Texchem	49
8. Swisscolor	50
9. ZW Biliński Sp.j.	51

Informacje:

1. Bal Kolorystów 2023 r.	3
2. XXXVI Seminarium Polskich Kolorystów	4

DRUK:

PIKTOR Szlaski i Sobczak Spółka Jawna
93-231 Łódź, ul. Tomaszowska 27



Z okazji zbliżających się Świąt Bożego Narodzenia
pragniemy życzyć chwil pełnych radości i spokoju.
Niech ten czas będzie pełen ciepła i rodzinnej atmosfery.
Spełnienia marzeń, wszelkiej pomyślności, a także wielu
sukcesów w nadchodzącym roku!



www.tckolor.pl

MERITUM



*Zdrowych i spokojnych
Świąt Bożego Narodzenia
oraz wszelkiej pomyślności
i sukcesów w Nowym Roku 2023
z podziękowaniami za dotychczasową współpracę*



**Zdrowych, spokojnych i radosnych
Świąt Bożego Narodzenia
oraz wszelkiej pomyślności
w 2023 roku**



janis.pl

Ścieki włókiennicze. Kłopotliwy odpad, czy źródło zasobów

^{1,2}Lucyna Bilińska, ¹Marta Gmurek

¹Katedra Inżynierii Molekularnej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 213, 93-005 Łódź

²Zakład Włókienniczy Biliński, ul. Mickiewicza 29, 95-050 Konstantynów Łódzki

Streszczenie

Włókiennictwo, jak każda działalność przemysłowa, stwarza zagrożenie dla środowiska naturalnego. Największym problemem środowiskowym w produkcji tekstyliów jest ogromne zużycie wody (średnio 150 L na 1 kg produktu). Jednak nowoczesne rozwiązania inżynieryjne pozwalają minimalizować niekorzystne oddziaływanie środowiskowe poprzez zastosowanie odpowiednich technologii. Inżynieria środowiska jest jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dyscyplin naukowych, a popyt na urządzenia wspomagające ekologię jest olbrzymi. Najbardziej pożądanym rozwiązaniem wspierającym ekologię jest recykling i upcykling, czyli zamykanie obiegu surowców. W pracy przedstawiono korzyści i trudności związane z wykorzystaniem ścieków włókienniczych jako źródła wody technologicznej.

Similarly to any industrial activity, the textile industry threatens the natural environment. The most significant environmental problem in textile production is the enormous water consumption (on average, 150 L per 1 kg product). However, modern engineering minimizes the negative environmental impact by using appropriate technological solutions. Environmental engineering is one of the most dynamically developing scientific disciplines, and the demand for devices supporting ecology is high. The most desirable solution supporting ecology is recycling and upcycling, i.e., closing the cycle of raw materials use. The paper presents the benefits and difficulties of using textile wastewater as a source of process water.

Wstęp

Produkcja tekstyliów jest jedną z gałęzi przemysłu powodujących ekstremalnie wysokie zużycie wody [1]. Ogromna ilość wody

jest pobierana z zasobów naturalnych w celu zaopatrzenia przedsiębiorstw produkcji tekstyliów. Kishor i współpracownicy oszacowali ponad 8,3 x108 m³/rok zużycia wód gruntowych dla przemysłu włókienniczego w Indiach, a nawet 8,65 x109 m³/rok w Chinach [2]. Szczególnie wodochłonna jest chemiczna obróbka wyrobów włókienniczych. Wymaga ona wody jako medium do drukowania, barwienia, bielenia, prania itp. [1]. Ślad wodny, obliczony przez Li i współpracowników dla przetwórstwa bawełny, wyniósł aż 47,49 H₂O m³/t. W konsekwencji regiony świata, w których prowadzi się produkcję tekstyliów na masową skalę cierpią z powodu deficytu i zanieczyszczenia wody [3–5]. Globalny deficyt wody stał się faktem i nie można zamknąć oczu udając, że problem nie istnieje. W związku z tym instytucje takie jak Parlament UE i OECD [6,7] zalecają zamknięcie obiegu wody w procesach produkcji tekstyliów. Gospodarka o obiegu zamkniętym oparta na recyklingu ścieków to nie tylko współczesny światowy trend w produkcji tekstyliów, ale konieczność. To zalecenie otwiera szerokie pole do badań nad skutecznymi metodami oczyszczania ścieków włókienniczych. Jednak gdy głównym celem jest recykling oczyszczonych ścieków, to zadanie ich odpowiedniego oczyszczenia staje się naukowym i technologicznym wyzwaniem.

Zanieczyszczenia emitowane w zakładach włókienniczych

Masowa produkcja dóbr, w tym tekstyliów, stanowi nieodczyny element nowoczesnego stylu życia. Jako konsumenci zostaliśmy przyzwyczajeni do nabywania ciągle nowych sztuk odzieży. Jednak niewiele osób kupując nową parę jeansów zastanawia się nad tym, iż do ich wyprodukowania zużyto 7 – 10 tys. litrów wody. Opierając się na danych przytoczonych przez zespół badawczy Uni-

wersytetu Manchester szacuje się, że nawet 10% globalnej emisji gazów cieplarnianych pochodzi z produkcji tekstyliów [8]. Ponadto odpady tekstylne zajmują 5% powierzchni

składowisk, a 20% całkowitego zanieczyszczenia słodkiej wody ma źródło w produkcji tekstyliów [8].



Rys. 1. Zanieczyszczenie spowodowane emisją ścieków włókienniczych do środowiska (zaczepnięte z Shariful Islam, Biomed J Sci & Tech Res, BJSTR. MS.ID.004692 [8])

Badacze alarmują, że w gazach emitowanych przez fabryki włókiennicze można znaleźć wiele toksycznych substancji. Oprócz oczywistych zanieczyszczeń, takich jak dwutlenek węgla, tlenek węgla lub tlenki siarki, przetwarzanie tekstyliów może uwalniać formaldehyd, kwasy organiczne, zmiękczacze, pochodne benzenu i inne związki lotne [8]. Jednocześnie zanieczyszczenie wód, spowodowane przez przemysł włókienniczy, nie jest mniej szkodliwe. Metale, chlorki, siarczany, fosforany, barwniki, utrwalcze barwników na bazie formaldehydu, zmiękczacze na bazie węglowodorów i inne związki toksyczne są transferowane do wód powierzchniowych zaburzając warunki życia w biosferze. Zanieczyszczenia przemysłu włókienniczego są ponadto źródłem genotoksyczności dla organizmów wodnych oraz stwarzają zagrożenie dla zdrowia ludzi korzystających z zanieczyszczonej wody do celów bytowych [5,9]. O czym warto wspomnieć, to fakt, że mikroplastik stanowi nową grupę zanieczyszczeń utożsamianych z produkcją, przetwarzaniem i konserwacją

(praniem) tekstyliów. Komisja Europejska szacuje, że w wyniku prania odzieży do zbiorników wodnych trafia 0,5 miliona ton mikrodrobin plastiku. Rysunek 2 przedstawia znaczący wpływ przemysłu tekstylnego na środowisko.



Rys. 2. Wpływ przemysłu tekstylnego na środowisko <https://www.europarl.europa.eu> [10]

Komisja Europejska stara się przemówić do zbiorowej wyobraźni konsumentów podając, że produkcja jednego T-shirtu pochłania 2700 litrów wody, czyli ekwiwalent 2,5 rocznego zapotrzebowania na wodę jednej osoby. Podaje także, że w 2015 roku sumarycznie przemysł włókienniczy i odzieżowy

zużył 79 miliardów m³ wody (Rysunek 2). Jednakże biorąc pod uwagę, że produkcja tekstyliów jest procesem wieloetapowym zagadnienie wydaje się być bardziej skomplikowane. W zależności od prowadzonych procesów produkcyjnych zużycie wody jest zróżnicowane, w ściekach natomiast może występować wiele różnych rodzajów zanieczyszczeń. W operacjach barwienia i wykańczania zużywa się średnio 100 – 300 litrów wody na kilogram tekstyliów, ale wartość ta oscyluje między 5 l/kg w przypadku niektórych tkanin do ponad 900 l/kg w przypadku wykańczania niektórych rodzajów filcu. W efekcie zakład włókienniczy (barwiarnia, wykończalnia) produkujący około 12-20 ton tekstyliów dziennie emituje w przybliżeniu 1000-3000 m³ ścieków [1]. Aby myśleć o powtórным zagospodarowaniu tej masy odpadu należy zidentyfikować jego skład i zaplanować strategię jego wykorzystania.

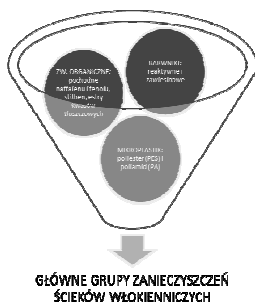
Procesy chemicznej obróbki tekstyliów potrafią być bardzo zróżnicowane. Różnią się szczególnie ze względu na rodzaj przetwa-

zowanego materiału włókienniczego. Do przetworzenia tkaniny potrzebna jest największa liczba operacji, co jest spowodowane koniecznością „odklejenia” osnowy. Działania nie ma osnowy, więc etap usuwania klejonki nie występuje w tej obróbce, a proces ten jest krótszy i posiada mniej operacji. Włókniyny wymagają mniej skomplikowanej obróbki. Przede wszystkim dlatego, że są produkowane dla celów technicznych i nie muszą spełniać rygorystycznych norm jakościowych wymaganych w segmencie odzieżowym. Należy pamiętać, że każdy materiał tekstylny wymaga określonych warunków technologicznych i wielu różnych środków chemicznych do jego przetwarzania. Dlatego każdy etap przetwarzania tekstyliów wiąże się z wprowadzaniem do ścieków określonego składu zanieczyszczeń. Rodzaje potencjalnych zanieczyszczeń i zagrożenie jakie stwarzają dla środowiska w zależności od rodzaju przetwarzanego materiału tekstylnego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Matryca zanieczyszczeń występujących w ściekach włókienniczych (zaczepnięte z Water in Circular Economy, Springer, 2022, edited by M. Smol, A. Stefanakis, M.N.V. Prasad, [11])

Proces	Środki chemiczne używane w procesie	Zanieczyszczenia w ściekach	Zanieczyszczenia w środowisku
Obróbka wstępna Pranie/ Bielenie/ Odklejanie/ Merceryzacja	Kwasy Enzymy Surfaktanty NaOH, H ₂ O ₂	Klejonka/krochmal Alkohol poliwinylowy Woski Surfaktanty Stilben Sole, Zasady Włókna	Związki organiczne ChZT Zawiesina całkowita (TSS) Substancje rozpuszczone (TDS) Mikroplastik
Barwienie Drukowanie	Barwniki Sole NaCl Na ₂ SO ₄ Surfaktanty NaOH Kwasy	Barwniki Metale (śladowo) Surfaktanty Sole, Zasady Włókna	Kolor Związki organiczne ChZT Zawiesina całkowita (TSS) Substancje rozpuszczone (TDS) Mikroplastik
Wykańczanie Zmiękczenie/ Napawanie	Zmiękczacze Mocznik Rozpuszczalniki Żywiec Woski Związki biobójcze	Środki zmiękczające Rozpuszczalniki i związki organiczne Srebro Włókna	Związki organiczne ChZT Zawiesina całkowita (TSS) Substancje rozpuszczone (TDS) Mikroplastik

Analizując dane z tabeli 1. można zauważyć, że pomimo zróżnicowania zanieczyszczeń wprowadzanych w poszczególnych procesach, niektóre rodzaje zanieczyszczeń specyficzne dla produkcji włókienniczej można uogólnić. Najbardziej ogólnikowo zanieczyszczenia włókiennicze można scharakteryzować jako barwniki, substancje organiczne i mikroplastiki. Pierwsza grupa, barwniki, wydaje się być najbardziej oczywistą i jednocześnie najlepiej zbadaną. Usuwaniami barwy poświęcono wiele prac [12], jednocześnie wykazano możliwe oddziaływania ekotoksykologiczne barwników [13]. Drugą grupę zanieczyszczeń włókienniczych można określić jako związki organiczne. Grupa ta obejmuje wiele środków pomocniczych, takich jak żywice, woski, środki zmiękczające, kwasy organiczne oraz produkty uboczne ich rozkładu. Zidentyfikowanymi przedstawicielami tej grupy są pochodne naftolu i estry kwasów tłuszczowych [9,14]. Trzecia grupa – mikroplastik została zidentyfikowana całkiem niedawno. Impulsem do rozważania problemu mikroplastiku była degradacja mórz i oceanów. Ponieważ naukowcy wskazali tekstylia jako znaczące źródło zanieczyszczenia mikroplastikiem nie można pominąć włókien poliestrowych i poliamidowych jako standardowego materiału odzieżowego powodujących zanieczyszczanie ścieków włókienniczych [2]. Główne grupy zanieczyszczeń definiujące skład ścieków włókienniczych zaprezentowano na rys. 3.



Rys. 3. Główne grupy zanieczyszczeń definiujące skład ścieków włókienniczych [11]

Strategie oczyszczania ścieków włókienniczych

Z przytoczonych powyżej danych można wnioskować, że ścieki włókiennicze są silnie zanieczyszczone substancjami chemicznymi, a ich odczyn pH często odbiega od neutralnego. Jednakże metody biologicznego oczyszczania ścieków włókienniczych osadem czynnym są chętnie stosowane ze względu na umiarkowany koszt jednostkowy. Biologiczne oczyszczanie jest wykorzystywane jako metoda wtórna, skojarzona z innymi procesami usuwania zanieczyszczeń. Oczyszczanie substancji rozpuszczonych w ściekach tekstylnych, jest możliwe gdy stosunek BZT/ChZT jest odpowiedni. Źródłem udanych procesów biologicznych prowadzących do rozkładu barwników są różne grupy składników ściany komórkowej drobnoustrojów, takie jak grupy aminowe, karboksylowe, hydroksylowe, fosforanowe i inne grupy jonowe [13,15]. Dzięki pełnej mineralizacji barwnika, powstawaniu mniejszej ilości osadów oraz znacznie mniejszemu zużyciu energii, procesy te są łatwe i ekonomicznie stosowane w krajach rozwijających się. Ponadto biologiczne metody oczyszczania ścieków włókienniczych wydają się tańsze, bardziej bezpieczne dla środowiska, a produkty uboczne powstające podczas aktywności metabolicznej drobnoustrojów są nietoksyczne [12,13,16,17]. W oczyszczaniu biologicznym stosowany jest głównie system osadu czynnego i bioreaktory membranowe. Jednocześnie wykazano, że algi, drożdże i grzyby, a także systemy oparte na enzymach, są również skuteczne w oczyszczaniu ścieków z barwników tekstylnych, przekształcając ich cząsteczki w nietoksyczne produkty. Jednakże utrzymanie biologicznego systemu oczyszczania ścieków włókienniczych może nastręczać poważnych trudności. Największe trudności pojawiają się, gdy drobnoustroje nie są w stanie przetworzyć zanieczyszczeń, które dodatkowo mogą być dla nich toksyczne, wówczas konsorcjum bakteryjne nie jest w stanie poprawnie funkcjonować. Dodatkowo, ponieważ technologia biologiczna nie prowadzi do usunięcia zanieczyszczeń nieulegających biodegradacji, ścieki wtórne na-

dal wymagają dalszego oczyszczania w celu osiągnięcia standardów odprowadzania [11]. Przytoczony problem jest codziennością grupowych kompleksów oczyszczania ścieków na terenach silnie zurbanizowanych i uprzemysłowionych, tj. grupowa oczyszczalnia ścieków w Łodzi (GOŚ). Dlatego też w przypadku oczyszczania ścieków silnie obciążonych chemikaliami najlepiej sprawdzają się metody skojarzone.

Najczęściej stosowanymi i najmniej skomplikowanymi metodami oczyszczania fizykochemicznego są adsorpcja, wymiana jonowa i filtracja membranowa. Są one stosowane jako wstępne oczyszczanie ścieków tekstylnych, z bardzo wysoką skutecznością odbarwienia powyżej 85% [18]. Co ciekawe, filtracja membranowa, pomimo swojej prostoty i wysokiej skuteczności pod względem usuwania soli i redukcji ChZT, nie powinna być zalecana do wysoko obciążonych ścieków włókienniczych. Związane jest to ze zjawiskiem foulingu, czyli „zapychania” membrany osadem filtracyjnym. Konieczność częstej, systematycznej wymiany membran może spowodować, że zyski nie przekroczą kosztów stosowania tej metody [13,18]. Koagulacja-flokulacja jest również z powodzeniem stosowana do zmiany stanu rozpuszczonych i zawieszonych ciał stałych (odpowiednio TDS i TSS) w ściekach. Jako główne korzyści można wymienić prostą konstrukcję, łatwość obsługi, mniejsze wymagania chemiczne oraz brak wpływu na nią obecności substancji toksycznych. Jednak metody te często nie są preferowane ze względu na wiele słabych stron, takich jak niemożność obróbki barwników reaktywnych, powstawanie osadów (nawet toksycznych), problemy z bezpieczną utylizacją oraz możliwe wtórne zanieczyszczenia związane z regeneracją adsorbentu, a także ograniczone możliwości zastosowania.

Należy jednak wspomnieć, że specyficzne parametry ścieków włókienniczych, takie jak wysokie temperatury, wysokie chemiczne zapotrzebowanie na tlen, niskie biologiczne zapotrzebowanie na tlen, środowisko alkaliczne, ciemny kolor, obecność niektórych metali ciężkich często utrudniają aplikację [11].

Trzecią grupą metod oczyszczania ścieków są procesy chemiczne. Najlepiej przebadanym i dobrze sprawdzającym podejściem stosowanym do oczyszczania ścieków tekstylnych jest zastosowanie zaawansowanych procesów utleniania (AOP). Ta grupa technik polegająca na wytwarzaniu *in situ* rodników hydroksylowych ($\bullet\text{OH}$) jest z powodzeniem stosowana zarówno do roztworów barwników, jak i rzeczywistych ścieków włókienniczych. Skuteczność zależy od zastosowanej metody. Uwzględniono najczęściej badane procesy fotolizy, fotokatalizy, procesów opartych na Fentonie, procesów opartych na ozonie i procesów elektrochemicznych. Metody te są w stanie usunąć zanieczyszczenia z wielu grup, w tym barwników. Efektywność AOP obejmuje nie tylko skuteczne odbarwienie, ale również zadowalającą redukcję ChZT. Jednak, jak w przypadku innych omawianych metod, dla AOP istnieją również pewne ograniczenia i wady: wysoki koszt energii i odczynników, zależność od pH i powstawanie najbardziej uciążliwych toksycznych produktów ubocznych [12,13,17,19–21].

Biorąc pod uwagę zaprezentowaną charakterystykę różnych metod oczyszczania ścieków włókienniczych, uwzględniając ich wady i zalety należy przyjąć strategię zdyspersyfikowaną i wielostopniową. Oznacza to przede wszystkim dobór metod do jakości oczyszczanych ścieków, opracowanie sekwencji procesów (najlepiej sprawdza się połączenie kilku procesów), oszacowanie kosztów i ustalenie poziomu oczyszczania.

Oczyszczanie ścieków włókienniczych, zalecane zwłaszcza w przykładowych oczyszczalniach, to - jak na razie - wizja przyszłości. Firmy włókiennicze w większości odprowadzają ścieki do kanalizacji miejskiej (72,92%). Prawie 21% firm tekstylnych odprowadza ścieki bezpośrednio do wód powierzchniowych (rys. 4), jedna firma (2,08%) ponownie wykorzystuje ścieki oczyszczone, a dwie (4,17%) odbierają ścieki i transportują do specjalnej oczyszczalni ścieków (dane na podstawie analizy 49 firm) [22–27].



Rys. 4. Transfer do środowiska nieoczyszczonych ścieków (zaczerpnięte z Shariful Islam, Biomed J Sci & Tech Res, BJSTR. MS.ID.004692 [8])

Wymagania jakościowe a recykling

Recykling wody jest wyzwaniem technologicznym ze względu na zapewnienie odpowiednio wysokiej jakości po procesie oczyszczania. Spowodowane jest to spełnieniem odpowiednich norm dla produktów tekstylnych, które stają się coraz bardziej restrykcyjne ze względu na rozporządzenia prawne takie jak REACH oraz niezależne systemy oceny i certyfikacji: Oeko-tex™, Fair Trade™, EU Flower™, Nordic Swan™ czy GOTS™. Wszystkie te wymagania obligują producentów tekstyliów do sprostania niezwykle wysokim standardom produkcji. Każdy z wymienionych aktów prawnych czy standardów zaopatrzony jest w listę substancji szkodliwych i zakazanych, których wprowadzanie na wyroby tekstylne jest zakazane na jakimkolwiek etapie produkcji. Ponadto Dyrektywa Parlamentu Europejskiego 2002/61/EC definiuje wprost listę substancji zakazanych do wprowadzania w toku produkcji tekstyliów [28].

Globalna społeczność stowarzyszona w prawnych strukturach Unii Europejskiej czy organizacjach międzynarodowych takich jak OECD dostrzega potrzebę interwencji w zakresie redukcji konsumpcji wody

w przemyśle włókienniczym. Z jednej strony instytucje te podkreślają w swoich raportach konieczność recyklingu wody [6,7,28]. Z drugiej jednak strony rozważona musi być kwestia realnej realizacji tej idei gwarantującej bezpieczeństwo użytkowników wyrobów tekstylnych.

Unijne rozporządzenia prawne

Od bieżącego roku obowiązuje nowelizacja ustawy *Prawo wodne*, która jest odpowiedzią na nową dyrektywę wodną. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi stanowi nowe prawo w zakresie stężenia niektórych substancji niebezpiecznych w wodzie pitnej oraz poprawy dostępu do wody bieżącej grupom osób znajdującym się w nieuprzywilejowanej sytuacji życiowej [29]. Oznacza to, że zaktualizowano normy dotyczące jakości wody z kranu, ustalając maksymalne limity dla niektórych substancji zanieczyszczających, takich jak metale ciężkie, czy na przykład szkodliwych bakterii. Jednakże co ważniejsze Komisja Europejska opracowała nowy wykaz substancji lub związków, których

obecność w wodzie ma wpływ na zdrowie. Na nowej liście znalazły się substancje zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego, produkty lecznicze i, co najważniejsze dla producentów tekstyliów, także mikroplastiki. Substancje te będą monitorowane poprzez listę obserwacyjną. Celem nowej dyrektywy wodnej jest podążanie za najnowszymi odkryciami naukowymi w dziedzinie ochrony wód. Czy to oznacza, że limity zanieczyszczeń obecnych w ściekach także ulegną zmianie? Zapewne odpowiedź jest twierdząca. Co więcej należy się spodziewać rozszerzenia listy substancji monitorowanych w ściekach. Jak wspomniano powyżej mikroplastik już znajduje się w centrum uwagi naukowców. Postępujące zmiany w zakresie ochrony zasobów wodnych nawiązują pytania dotyczące producentów tekstyliów. Jak bardzo firmy włókiennicze będą zobligowane do zwiększenia bezpieczeństwa w zakresie poboru wody i emisji ścieków? Czy koszty związane z działalnością na ochronę środowiska wzrosną i będą stanowiły znaczącą część ceny wyrobów tekstylnych?

Okazuje się, że UE podjęła działania mające wesprzeć przedsiębiorców w ich działaniach na rzecz zmniejszenia niekorzystnego oddziaływania na środowisko. Reakcją Komisji Europejskiej na postępującą degradację środowiska i zmiany klimatu jest plan pod nazwą Europejski Zielony Ład. Ogólnie ujmując jest to pakiet działań, których celem jest osiągnięcie zerowego poziomu emisji gazów cieplarnianych do 2050 roku oraz oddzielenie wzrostu gospodarczego od zużycia zasobów.

Najbardziej eksponowanym celem Zielonego Ładu jest (zatwierdzony w grudniu 2020 roku) ograniczenie w UE emisji netto gazów cieplarnianych do roku 2030 o co najmniej 55% w porównaniu z poziomem z roku 1990. Równocześnie Zielony Ład zakłada szereg działań szczegółowych wśród których wyszczególniono zalecenia dotyczące przetwarzania tekstyliów i ograniczenia wprowadzania mikroplastiku do środowiska [30]. Równocześnie UE zatwierdziła budżet na lata 2021-2027, z którego mają być wspierane m.in. inwestycje w transformację

ekologiczno-cyfrową. Może wykorzystanie środków UE będzie szansą na dokonanie inwestycji pozwalających stworzyć infrastrukturę ochrony wód w przedsiębiorstwach produkujących tekstylia? Unijny pakiet odbudowy miał wartość 2 364,3 mld EUR. W 2020 r. nastąpiła nowelizacja tego budżetu poprzez dodanie kolejnych 3,5 mld EUR na najpilniejsze działania związane z pandemią. Z tej puli Polska będzie miała do dyspozycji 23,9 mld EUR w formie grantów oraz 34,2 mld EUR w formie pożyczek do wykorzystania do 2026 r w ramach Krajowego Planu Odbudowy (KPO). KPO jest podstawą do wypłaty pieniędzy z unijnego Funduszu Odbudowy. Czy będziemy mogli skorzystać ze środków KPO pozostaje w gestii uzyskania akceptacji UE, której do tej pory nie ma.

Podsumowanie

Zanieczyszczenie ścieków substancjami chemicznymi o małym potencjale do biodegradacji jest jednym z najpoważniejszych problemów środowiskowych związanych z produkcją tekstyliów. Specyfika ścieków emitowanych we włókiennictwie sprawia, że oczyszczanie ich tradycyjnymi metodami biologicznymi (osad czynny) jest utrudnione. Wysoka zawartość substancji chemicznych emitowanych w ściekach włókienniczych może być również przyczyną wadliwego działania grupowych oczyszczalni ścieków, do których trafia większość ścieków generowanych przez zakłady włókiennicze. Jednocześnie rosną wymagania związane z ochroną środowiska. Producenci tekstyliów poddawani są presji społecznej ze strony klientów żądających proekologicznych wyrobów (np. certyfikowanych znakiem Oeko-tex lub GOTS), z drugiej strony obostrzenia prawne zobowiązują do przestrzegania zaostrzonych norm środowiskowych. Pojawiają się nowe aspekty związane z emisją zanieczyszczeń do wód, z których najbardziej dotkliwym dla producentów tekstyliów może być monitorowanie w ściekach zawartości mikroplastiku. Odpowiedzią na rosnące wymagania środowiskowe może być stworzenie własnej infrastruktury ograniczającej wprowadzanie zanieczyszczeń włókienni-

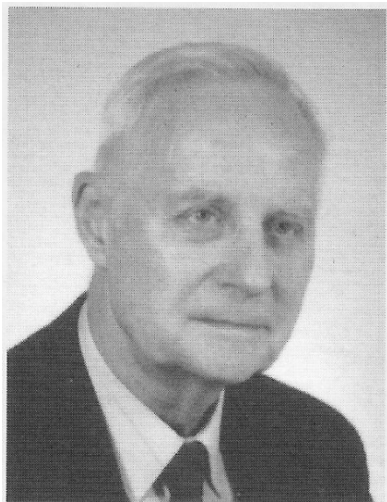
czych do ścieków. Wymaga to wysiłku związanego z zastosowaniem odpowiednio dostosowanej technologii oczyszczania. Jednakże nakład pracy może być opłacalny gdy strumień oczyszczonych ścieków okaże się nie tylko zbędnym, uciążliwym odpadem lecz także źródłem zasobu gdy wykorzystamy go ponownie. Pozostaje mieć nadzieję, że uda się wykorzystać środki finansowe gwarantowane przez UE w ramach KPO na inwestycje prośrodowiskowe. Wówczas zwiększyłaby się szansa na realne wprowadzenie idei upcyklingu w procesie produkcji tekstyliów.

Spis literatury

- [1] A. Ghaly, R. Ananthashankar, M. Alhattab, V. Ramakrishnan, Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review, *J. Chem. Eng. Process Technol.* 05 (2013) 1–19. doi:10.4172/2157-7048.1000182.
- [2] R. Kishor, D. Purchase, G.D. Saratale, R.G. Saratale, L.F.R. Ferreira, M. Bilal, R. Chandra, R.N. Bharagava, Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety, *J. Environ. Chem. Eng.* 9 (2021) 105012. doi:10.1016/j.jece.2020.105012.
- [3] L. Hossain, S.K. Sarker, M.S. Khan, Evaluation of present and future wastewater impacts of textile dyeing industries in Bangladesh, *Environ. Dev.* 26 (2018) 23–33. doi:10.1016/j.envdev.2018.03.005.
- [4] F. Li, Z. Zhong, C. Gu, C. Shen, C. Ma, Y. Liu, S. Yin, C. Xu, Metals pollution from textile production wastewater in Chinese southeastern coastal area : occurrence , source identification , and associated risk assessment, (2021).
- [5] D. Bhatia, N.R. Sharma, R. Kanwar, J. Singh, Physicochemical assessment of industrial textile effluents of Punjab (India), *Appl. Water Sci.* 8 (2018) 83. doi:10.1007/s13201-018-0728-4.
- [6] The European Commission, Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference document on best available techniques for the textiles industry, 2003. <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>.
- [7] OECD, OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains in the Garment and Footwear Sector, 2017. doi:10.1787/9789264290587-en.
- [8] S. Islam, A Study on the Solutions of Environment Pollutions and Worker's Health Problems Caused by Textile Manufacturing Operations, *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 28 (2020). doi:10.26717/bjstr.2020.28.004692.
- [9] N.R. Mirza, R. Huang, E. Du, M. Peng, Z. Pan, H. Ding, G. Shan, L. Ling, Z. Xie, A review of the textile wastewater treatment technologies with special focus on advanced oxidation processes (Aops), membrane separation and integrated aop-membrane processes, *Desalin. Water Treat.* 206 (2020) 83–107. doi:10.5004/dwt.2020.26363.
- [10] The impact of textile production and waste on the environment (infographic) | News | European Parliament, (n.d.). <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/2021208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographic> (accessed April 4, 2022).
- [11] L. Bilińska, M. Gmurek, The role of water recycling in building a circular economy in the textile industry, in: M. Smol, A. Stefanakis, M.N.V. Prasad (Eds.), *Water Circ. Econ. (Advances Sci. Technol. Innov., SPRINGER INTERNATIONAL PU*, 2023.
- [12] K. Paździor, L. Bilińska, S. Ledakowicz, A review of the existing and emerging technologies in the combination of AOPs and biological processes in industrial textile wastewater treatment, *Chem. Eng. J.* 376 (2019) 120597. doi:10.1016/j.cej.2018.12.057.
- [13] R. Al-Tohamy, S.S. Ali, F. Li, K.M. Okasha, Y.A.G. Mahmoud, T. Elsamahy, H. Jiao, Y. Fu, J. Sun, A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 231 (2022) 113160. doi:10.1016/j.ecoenv.2021.113160.
- [14] S. Ledakowicz, K. Paździor, Recent Achievements in Dyes Removal Focused on Advanced Oxidation Processes Integrated with Biological Methods, *Molecules.* 26 (2021). doi:10.3390/molecules26040870.
- [15] N. Jafari, M.R. Soudi, R. Kasra-Kermanshahi, Biodegradation perspectives of azo dyes by yeasts, *Microbiol.* 2014 835. 83 (2014) 484–497. doi:10.1134/S0026261714050130.
- [16] M.S. Nawaz, M. Ahsan, Comparison of physico-chemical , advanced oxidation and biological techniques for the textile wastewater treatment, *Alexandria Eng. J.* 53 (2014) 717–722. doi:10.1016/j.aej.2014.06.007.

- [17] K. Paździor, J. Wrębiak, A. Klepacz-Smółka, M. Gmurek, L. Bilińska, L. Kos, J. Sójka-Ledakowicz, S. Ledakowicz, Influence of ozonation and biodegradation on toxicity of industrial textile wastewater, *J. Environ. Manage.* 195 (2017) 166–173.
doi:10.1016/j.jenvman.2016.06.055.
- [18] S. Samsami, M. Mohamadi, M.H. Sarrafzadeh, E.R. Rene, M. Firoozbahr, Recent advances in the treatment of dye-containing wastewater from textile industries: Overview and perspectives, *Process Saf. Environ. Prot.* 143 (2020) 138–163.
doi:10.1016/j.psep.2020.05.034.
- [19] Lucyna Bilińska, Decolorization of textile wastewater by Advanced Oxidation Processes (AOPs) under industrial conditions - Doctoral thesis, 2017.
- [20] P. Cesar da Silva, G. Cardoso de Oliveira Neto, J.M. Ferreira Correia, H.N. Pujol Tucci, Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries, *J. Clean. Prod.* 278 (2021).
doi:10.1016/j.jclepro.2020.123855.
- [21] L. Bilińska, M. Gmurek, Novel trends in AOPs for textile wastewater treatment. Enhanced dye by-products removal by catalytic and synergistic actions, *Water Resour. Ind.* 26 (2021). doi:10.1016/j.wri.2021.100160.
- [22] ECWRTI, Report on wastewater handling in the textile industry in Europe, 2020.
- [23] T. und B. Nordwest, Wastewater handling in the German textile industry. A technical and economical assessment. *Textil und Bekleidung Nordwest*, 2017, 2017.
- [24] INCDDTP, Report on wastewater handling in the Romanian textile industry, (2017) 37.
<https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5d1a5037b&appId=PPGMS>.
- [25] T.R.I. Lodz, Report on the wastewater handling in the Polish textile industry. A technical and economical assessment. *Textile Research Institute Lodz*, 2017, 2017.
- [26] CENTEXBEL, Wastewater handling in the Belgian textile industry. A technical and economical assessment. *CENTEXBEL*, 2017, 2017.
- [27] CENTROCOT, Wastewater handling in the Italian textile industry. A technical and economical assessment. *CENTROCOT*, 2017, 2017.
- [28] European Parliament, Directive 2002/61/EC of the European Parliament and of the Council of 19 July 2002 amending for the nineteenth time Council Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (azocolourants) - EU Law and Publications, EU Publications, 2002.
<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d50cd433-e31a-468e-9ed1-d94d2ecbdb56/language-en> (accessed August 15, 2018).
- [29] Parlament UE, DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (wersja przekształcona), European Union, 2020.
- [30] The European Commission, Circular Economy Action Plan, 2020.
<https://cehub.jp/news/new-circular-economy-action-plan/>

Profesor Stefan Włodzimierz Brzeziński – żegnamy wybitnego naukowca (1929 – 2022)



Z ogromną przykrością przyjęliśmy wiadomość o śmierci prof. dr hab. inż. Stefana Brzezińskiego, który mimo sędziwego wieku, był do końca aktywny i kreatywny.

Stefan Włodzimierz Brzeziński urodził się 11 listopada 1929 roku w Łodzi. W 1956 roku uzyskał dyplom magistra inżyniera na Wydziale Włókienniczym Politechniki Łódzkiej. Na tym też Wydziale doktoryzował się w roku 1962, a następnie, w roku 1975, uzyskał stopień doktora habilitowanego. W 1997 roku otrzymał nominację na profesora zwyczajnego.

Od 1951 roku był związany z przemysłem włókienniczym, a zwłaszcza z branżą jedwabniczo-dekoracyjną. Ponad 14 lat pracował w przedsiębiorstwach o tym profilu produkcji, a kolejne 54 lata na rzecz zaplecza naukowo-badawczego przemysłu tekstylnego.

Był wybitnym specjalistą z zakresu włókiennictwa, w szczególności chemicznej technologii włókna. Swoje zawodowe życie związał głównie z Łodzią, pracując i sprawując funkcje kierownicze w różnych instytucjach badawczych działających w dziedzi-

nie włókiennictwa, mianowicie w: Centralnym Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Przemysłu Jedwabniczo-Dekoracyjnego, Instytucie Inżynierii Materiałów Włókienniczych (wieloletni dyrektor) oraz w Zakładzie Niekonwencjonalnych Technik i Wyrobów Włókienniczych Instytutu Włókiennictwa.

Od końca lat 70-tych Profesor Brzeziński był związany także z Akademią Techniczno-Humanistyczną w Bielsku-Białej, pracując najpierw na Wydziale Włókienniczym Filii Politechniki Łódzkiej, a następnie na Wydziale Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska kierując Zakładem Chemicznej Technologii Włókna. W tym okresie prowadził zajęcia dydaktyczne z przedmiotów: chemiczna obróbka włókna, drukarstwo i humanoekologia.

Jego szerokie zainteresowania naukowe dotyczyły wpływu różnych oddziaływań fizycznych oraz fizykochemicznych na zmiany struktury nadcząsteczkowej włókna. Zajmował się szczególnie problematyką kompozytów warstwowych o właściwościach barierowych oraz ekologią i humanoekologią procesów chemicznej obróbki materiałów włókienniczych.

Jako pracownik naukowy uczestniczył w realizacji projektów: badawczych własnych, kluczowych, zamawianych, promotorskich, celowych – pełniąc funkcję kierownika (16), głównego wykonawcy (3), konsultanta (10). Znaczna część opracowań technologicznych Profesora została wdrożona do praktyki przemysłowej.

Profesor był inspiratorem idei wprowadzenia certyfikacji wyrobów włókienniczych i konsekwentnie doprowadził do współpracy Instytutu Inżynierii Materiałów Włókienniczych ze Stowarzyszeniem Oeko-Tex®. Zaowocowało to utworzeniem Ośrodka Certyfikacji działającego najpierw w strukturze IIMW, później Instytutu Włókiennictwa, a obecnie Sieci Badawczej Łukasiewicz Łódzkiego Instytutu Technologicznego w Zakładzie Certyfikacji TextilCERT, który

jako jedyny w Polsce jest uprawniony do wydawania znaku Standard 100 by Oeko-Tex®.

Profesor Brzeziński był autorem licznych skryptów i książek, w tym podręczników akademickich *Wybrane zagadnienia z chemicznej obróbki włókna* oraz monografii *Drukarstwo włókiennicze*, a także wiodącym współautorem rozdziału dotyczącego chemicznej technologii włókna i w *Poradniku Inżyniera – Włókiennictwo*.

Był autorem wielu recenzji, m.in. wniosków o nagrody państwowe (6), wniosków o finansowanie lub raportów końcowych projektów badawczych (35), artykułów w czasopismach naukowo-technicznych, prac doktorskich (15), postępowań habilitacyjnych (11) i profesorskich (10).

Jego dorobek stanowią także 44 patenty, ponad 200 ekspertyz, w tym opracowania projektów technologicznych dla nowych lub modernizowanych wydziałów wykończań i drukarni w 7 dużych przedsiębiorstwach produkcyjnych, ponad 180 artykułów w zagranicznych i krajowych czasopismach naukowo-technicznych, w tym ponad 40 w czasopismach z Listy Filadelfijskiej, ponad 100 referatów na prestiżowych zagranicznych lub krajowych międzynarodowych konferencjach lub seminariach.

Jego nowatorskie osiągnięcia naukowe w zakresie chemicznej obróbki włókna, były przedstawiane w referatach publikowanych i wygłaszanych na osiemnastu Seminariach Polskich Chemików Kolorystów.

Wynalazki, których był twórcą lub współtwórcą, były prezentowane na Światowych Wystawach Wynalazczości i Innowacji - EUREKA w Brukseli, INVENTION w Genewie, ARCHIMEDES w Moskwie, IDEENA w Norymberdze, IWIS w Warszawie - uzyskując 12 medali: 8 złotych (w tym dwa z wyróżnieniem), 3 srebrne i 1 brązowy oraz 10 dyplomów Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 6 nagród Ministra Przemysłu Lekkiego i Chemicznego, 7 nagród Stowarzyszenia Włókienników Polskich.

Profesor Brzeziński otrzymał liczne nagrody i wyróżnienia – państwowe, resortowe i stowarzyszeniowe – w tym *Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski*. Był laurea-

tem *Medalu Honorowego Profesora Edmunda Nekanda Trepki* oraz Honorowym Członkiem Stowarzyszenia Polskich Chemików Kolorystów.

W ciągu wielu lat współpracy dał się poznać nie tylko jako doświadczony specjalista, jeden z najwybitniejszych w swej dziedzinie, ale również, a może przede wszystkim – jako niezwykle erudyta, życzliwy, ciepły i dobry człowiek.

Ze strony zawodowej będziemy wspominać Jego niezwykle profesjonalizm i chęć dzielenia się swoją wiedzą oraz doświadczeniem. Współpracownicy darzyli go ogromnym szacunkiem.

Żegnamy ze smutkiem wybitnego chemika kolorystę – Jego postać na zawsze zostanie w naszej pamięci.



*Fot. 80-lecie urodzin Profesora
w Instytucie Włókiennictwa*

Profesor Stefan Brzeziński zmarł 10 lipca 2022 r. Został pochowany na Starym Cmentarzu przy ul. Ogrodowej w Łodzi w obecności licznie zgromadzonych członków rodziny i współpracowników, jednak bez żadnego wspomnienia o zmarłym przez byłych Jego współpracowników.

**Stowarzyszenie
Polskich Chemików Kolorystów
Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki**

Efektywne odwadnianie wyrobów włókienniczych jako metoda ograniczenia energochłonności procesów wykończalniczych

Waldemar Machnowski

*Politechnika Łódzka, Instytut Materiałoznawstwa Tekstyliów i Kompozytów Polimerowych
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116*

E-mail: waldemar.machnowski@p.lodz.pl

Wprowadzenie

Mimo ciągłego postępu techniczno-technologicznego w obszarze technologii wykończalniczych, operacje prania, bielenia, barwienia, apreturowania cechują się wciąż dużą energo- i wodochłonnością, przez co stanowią jeden z głównych czynników decydujących o kosztach produkcji tekstyliów. Ten znaczący udział kosztów energii w ogólnych kosztach produkcji wyrobów włókienniczych wzrasta skokowo w okresach kryzysów energetycznych. Tak było w czasie kryzysu paliwowego po wybuchu wojny izraelsko-arabskiej w październiku 1973 roku; podobną sytuację, po niemal pół wieku, obserwujemy od wiosny 2022 r.

Na poziom energo- i wodochłonności procesu produkcji wyrobów tekstylnych składają się wszystkie, kolejno wykonywane operacje służące wytworzeniu przędzy, tkaniny lub dzianiny, a następnie wykończeniu tych produktów. Zużycie wody i energii podczas realizacji poszczególnych, ww. etapów produkcji tekstyliów, jest wyraźnie zróżnicowane. Zapotrzebowanie na wodę w procesach wytwarzania przędzy, tkanin, dzianin jest znikome. O wodochłonności produkcji wyrobów włókienniczych decydują operacje wykończalnicze, a w szczególności pranie, bielenie, barwienie. Duże zużycie wody w procesie wykończenia jest jednym z głównych czynników determinujących wysoką energochłonność tego etapu wytwarzania tekstyliów. Jest ona znacząco wyższa niż podczas procesów realizowanych w przędzalniach, tkalniach, dziewiarniach. Wyrażnie obrazuje to następujący przykład: produkcja 1 kg przędzy bawełnianej (25 tex) wymaga zużycia ok. 1,5 kWh (ok. 5,4 MJ)

energii elektrycznej; taka ilość energii wystarczy tylko do jednokrotnego wysuszenia 1 kg tkaniny bawełnianej w procesie jej wykończenia [1], na który składa się jeszcze kilka innych, podobnie energochłonnych operacji jednostkowych, takich jak pranie wstępne, bielenie, barwienie, pranie po druku, apreturowanie, a w przypadku wyrobów z włókien syntetycznych, również stabilizacja termiczna. Szacuje się, że na wykończenie wyrobu włókienniczego zużywa się przeciętnie 70 - 80 % całkowitej ilości energii potrzebnej do jego wytworzenia [2].

Szczegółowe analizy zużycia energii dokonywane w odniesieniu do poszczególnych operacji wykończenia wyrobów włókienniczych pozwalają sformułować kilka ogólnych zaleceń, których spełnienie może zaowocować istotnym zmniejszeniem energochłonności tych operacji. Najczęściej wskazywana jest celowość:

- wykonania instalacji do odzysku ciepła z odprowadzanych do kanału gorących kąpieli barwiących, piorących oraz z odprowadzanych do atmosfery strumieni gorącego powietrza po operacjach suszenia i stabilizacji,
- odzyskiwania ciepła z gorącej wody po płukaniu w okresowych metodach prania i barwienia wykonywanych w aparatach farbiarskich oraz powtórne wykorzystanie tej wody,
- odzyskiwania i powtórnego użycia wody chłodzącej (m.in. po barwieniu w ciśnieniowych aparatach farbiarskich),
- wykonania skutecznej izolacji termicznej ciśnieniowych aparatów farbiarskich oraz suszarek i stabilizatorów ramowych,

- stosowania skutecznych mechanicznych metod odwadniania wyrobów tekstylnych przed suszeniem.

Każda z wymienionych metod zmniejszenia zużycia energii w procesie wykończenia wyrobów tekstylnych jest w istocie dążeniem do ograniczenia zbędnego, nieracjonalnego zużycia energii, a często nawet ewidentnych jej strat, do jakich dochodzi podczas wykonywania poszczególnych operacji technologicznych. Nie jest oczywiście możliwe całkowite wyeliminowanie tych strat, jednak podejmowanie prób ich minimalizowania, szczególnie w obecnym okresie, jest zadaniem nie wymagającym uzasadniania. W niniejszym artykule przedstawiono możliwości zmniejszenia zużycia energii w procesach suszenia, stabilizacji termicznej i apreturowania tkanin, jakie stwarza zastosowanie efektywnego ich odwadniania metodą odsysania próżniowego.

Wpływ składu surowcowego wyrobów włókienniczych na efektywność ich odwadniania

Woda w wyrobach włókienniczych utrzymywana jest jako woda związana mechanicznie, siłami powierzchniowymi w rozbudowanej przestrzennie strukturze wyrobu oraz jako woda związana fizykochemicznie, siłami powinowactwa chemicznego [3,4].

Cząsteczki wody związane fizykochemicznie tworzą w amorficznych obszarach włókna wiązania wodorowe o energii dysocjacji 15–25 kJ/mol z aktywnymi grupami makrocząsteczek polimerów włóknotwórczych ($-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$). Ten sposób oddziaływania cząsteczek wody z tworzywem włókna dotyczy przede wszystkim włókien o właściwościach hydrofilowych, tj. włókien celulozowych (naturalnych i sztucznych) oraz wełny. Usunięcie z wyrobu włókienniczego cząsteczek wody, które wytworzyły z tworzywem włókna wiązania wodorowe wymaga, co oczywiste, zerwania tych wiązań, a to jest możliwe tylko w wyniku doprowadzenia odpowiedniej ilości energii cieplnej w procesie suszenia. Natomiast woda związana z tworzywem włókna mechanicznie, siłami powierzchniowymi, może być usunięta z wyrobu na drodze różnego rodzaju oddziaływań mechanicznych, np. poprzez odżymanie lub wirowanie. Należy wyraźnie podkreślić, że odżymanie, będące dotychczas najczęściej stosowaną metodą odwadniania tkanin, jest obarczone istotnymi wadami.

O niedoskonałość odżymania jako metody odwadniania świadczą wyraźnie wyższe zawartości wody w wyrobach włókienniczych po ich odjęciu w porównaniu z ilościami wody, jakie w tych wyrobach są związane fizykochemicznie.

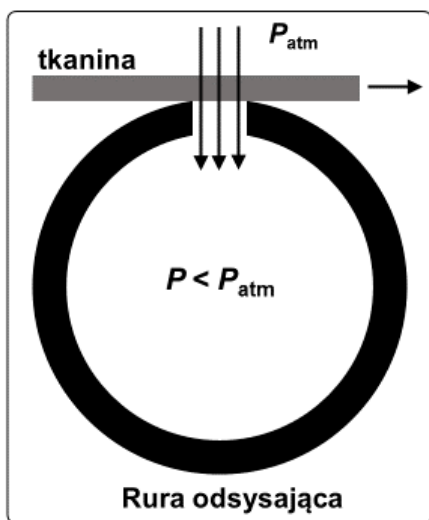
Tabela 1. Zawartość wody w wyrobach włókienniczych po odjęciu oraz zdolność fizykochemicznego wiązania wody przez różne surowce włókiennicze [4,5]

Skład surowcowy wyrobu	Zawartość wody w wyrobie po odjęciu [%]	Woda związana fizykochemicznie [%]	Woda związana mechanicznie [%]
Bawełna	80	50	30
Wł. wiskozowe	85	70	15
Wełna	75	35	40
Włókna PES	50	12	38
Włókna PA	55	22	33

Oznacza to, że po odjęciu wyrobu pozostają w nim wciąż jeszcze znaczne ilości wody związanej siłami powierzchniowymi,

a więc wody, która może być usunięta przy zastosowaniu innej, bardziej efektywnej mechanicznej metody odwadniania.

Jedną z nielicznych metod, która umożliwia usuwanie znacznej części wody pozostającej w wyrobach po odźwieciu, a nie związanej z tworzywem włókien siłami powinowactwa chemicznego, jest odsysanie próżniowe, określane również mianem „odsysania szczelinowego” [ang. vacuum extraction; vacuum slot extraction]. W tej aerodynamicznej metodzie odwadniania czynnikiem usuwającym wodę z wyrobu włókienniczego jest strumień powietrza o odpowiednio dużej energii kinetycznej, przepływający z wysoką prędkością przez wyrób w kierunku prostopadłym do jego powierzchni. Istotę tej metody odwadniania zilustrowano schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. Metoda odsysania próżniowego

Element odsysający instalacji do odwadniania tkanin, często w kształcie rury z wyciętą wzdłużnie szczeliną, jest ustawiony prostopadłe do kierunku ruchu poddawanego odwadnianiu wyrobu włókienniczego. Wyrób prowadzony jest w taki sposób, że opasując nieznacznie rurę odsysającą, przysłania wyciętą w niej szczelinę. Wytworzone w rurze za pomocą pompy próżniowej podciśnienie powoduje zasysanie strumienia

powietrza do wnętrza rury poprzez przesuwający się po niej wyrób włókienniczy. Jeżeli energia kinetyczna tego strumienia jest dostatecznie duża, wówczas powietrze porywa ze sobą cząstki wody zawartej w mokrej tkaninie lub dzianinie, powodując ich odwadnianie. Na wartość energii kinetycznej przepływającego przez tkaninę strumienia powietrza, a tym samym na jego zdolność do usuwania wody, wpływa wiele czynników. Najważniejsze z nich to: wydajność pompy próżniowej, powierzchnia szczeliny w rurze odsysającej, a także parametry struktury odwadnianego wyrobu, takie jak przepuszczalność powietrza, porowatość, grubość [7].

Badania wykazały, że dla szerokiego asortymentu wyrobów włókienniczych optymalne warunki odwadniania istnieją wówczas, gdy w rurze odsysającej panuje podciśnienie o wartości około 0,045 MPa. Prędkość przepływu powietrza przez odwadniany wyrób jest wtedy bliska prędkości dźwięku, a siły działające na cząstki wody przekraczają wartość sił powierzchniowych utrzymujących wodę w wyrobie.

O wpływie składu surowcowego tkanin na skuteczność usuwania z nich wody metodą odżymania oraz odsysania próżniowego świadczą dane zawarte w tabeli 2. Szczególnie wysoka efektywność odwadniania w przypadku metody odsysania przejawia się w odniesieniu do wyrobów z włókien syntetycznych oraz wyrobów z włókien naturalnych, zawierających w swym składzie znaczny udział włókien syntetycznych. Porównanie wartości odnoszących się do tkanin poliestrowo-bawełnianych oraz tkaniny poliestrowej i bawełnianej wskazuje na występującą prawidłowość, że skuteczność odwadniania metodą odsysania rośnie wraz ze wzrostem udziału hydrofobowych włókien poliestrowych w tych dwuskładnikowych tkaninach poliestrowo-bawełnianych.

Tabela 2. Zawartości wody w wyrobach włókienniczych po odwadnianiu metodą odżęcia i odsysania próżniowego [6,7]

Skład wyrobu włókienniczego %	Zawartość wody w wyrobie, %	
	po odżęciu	po odżęciu i odessaniu
Bawełna (100)	80	50-65
PES/Bawełna (50/50)	70	30-40
PES/Bawełna (80/20)	60	20-30
PES (100)	50	10-15
PA (100)	55	30-35
Wełna (100)	75	35-40
PES/Wełna (50/50)	65	30-40

Możliwości optymalizacji procesów wykończalniczych po wprowadzeniu odsysania próżniowego

W etapie wykończania wyrobów włókienniczych bardzo ważną rolę odgrywają operacje odwadniania. Skuteczność, a w wielu przypadkach również równomierność, odwodnienia wyrobu warunkuje nie tylko właściwy przebieg kolejnych operacji wykończalniczych, ale również jakość wyrobu, a także poziom zużycia energii i środków chemicznych. Stąd też od wielu lat przedmiotem zainteresowania producentów maszyn i urządzeń wykończalniczych oraz licznych ośrodków badawczych są metody odwadniania wyrobów tekstylnych, w tym również technika odsysania próżniowego. Prace badawcze, a także doświadczenia wynikające z wieloletniego stosowania instalacji odsysających w skali przemysłowej doprowadziły do rozwoju tej techniki odwadniania i wprowadzenia jej do kilku procesów wykończania wyrobów włókienniczych. Obecnie metoda odsysania próżniowego jest w wielu krajach wykorzystywana z powodzeniem do intensyfikacji takich operacji jak:

- odwadnianie wyrobów włókienniczych przed napawaniem metodą mokro na mokro,
- usuwanie nadmiaru kąpieli apreterskiej po napawaniu w procesie apreturowania.

Zastosowanie odsysania próżniowego do skutecznego odwadniania wyrobów tekstylnych przed suszeniem / stabilizacją

Pierwszym sposobem wykorzystania odsysania próżniowego w procesie wykończania tekstyliów było odwadnianie tkanin przed suszeniem. Tę metodę odwadniania stosowano już na początku ubiegłego wieku do usuwania wody z takich tkanin jak aksamity i plusze, które ze względu na specyficzną strukturę nie mogły być skutecznie odżymane, gdyż poddane dużym naprężeniom ścisakającym podczas tej operacji, ulegały uszkodzeniu [8]. Ten bardzo ograniczony zakres stosowania odsysania próżniowego utrzymywał się przez wiele lat. Nie dostrzegano wówczas w tej metodzie bardziej efektywnego i korzystnego ekonomicznie niż odżymanie sposobu odwadniania, a jedynie inny, bezpieczny sposób usuwania wody z delikatnych tkanin.

Pierwsze doniesienia w literaturze przedmiotu, dotyczące odsysania próżniowego, pojawiły się dopiero w 1965 roku [9]. Autorzy tych publikacji, Parish i Thorp, badając w sposób kompleksowy i metodyczny efektywność odwadniania tkanin bawełnianych, wiskozowych i poliamidowych wykazali, że odsysanie próżniowe stwarza możliwość znacznie skuteczniejszego niż odżymanie usuwania wody z tych wyrobów, a przez to prowadzi do istotnych oszczędności energii podczas suszenia. Właśnie ten energetyczny aspekt stosowania odsysania spowodował w 1973 roku w Stanach Zjednoczonych i Europie Zachodniej, w okresie gwałtownego wzrostu cen energii, wyraźny wzrost zainteresowania tą metodą odwadniania tkanin. W tym okresie zintensyfikowany został także ciągły, trwający nieprzerwanie do dziś, rozwój innych energooszczędnych technik i technologii wykończalniczych.

- odwadnianie wyrobów włókienniczych przed suszeniem / stabilizacją,

Prace badawcze, mające na celu zastosowanie w warunkach przemysłowych odsysania próżniowego jako skutecznej metody odwadniania tkanin przed suszeniem, podjęto także w końcu lat osiemdziesiątych XX w., w Instytucie Włókiennictwa w Łodzi. W tabeli 3 przedstawiono przykładowe wyniki efektywności odwadniania tkanin uzyskane podczas prób wdrożeniowych prototypowych przemysłowych instalacji odsysających w dwóch zakładach włókienniczych.

W tabeli 3 podano również wartości zużycia energii cieplnej niezbędne do wysuszenia tych tkanin po odjęciu oraz po odjęciu i odessaniu. Energochłonność procesu suszenia poszczególnych tkanin po odwodnieniu ww. metodami obliczano na podstawie ilości zawartej w nich wody, którą należało odparować w suszarce ramowej o założonej sprawności energetycznej ($\eta = 0,5$).

Tabela 3. Efektywność odwadniania tkanin metodą odjęcia i odsysania próżniowego oraz zużycie energii podczas suszenia tych tkanin (wyniki uzyskane w warunkach przemysłowych)

Lp.	Skład surowcowy %	Metoda odwadniania	Podciśnienie w układzie odsysającym, MPa	Zawartość wody w tkaninie, %	Zużycie energii cieplnej */ $\text{kJ/kg}_{\text{tkaniny}}$	Oszczędność energii cieplnej $\text{kJ/kg}_{\text{tkaniny}}$
1.	PA (100)	odżymanie	–	69	3800	1605
		odżymanie + odsysanie	0,034	38	2195	
2.	PES/Bawełna (67/33)	odżymanie	–	64	3542	984
		odżymanie + odsysanie	0,031	45	2558	
3.	PES (100)	odżymanie	–	58	3232	1610
		odżymanie + odsysanie	0,036	27	1622	
4.	PES (100)	odżymanie	–	62	3438	1762
		odżymanie + odsysanie	0,042	28	1676	

*/ - sprawność energetyczna suszarki: $\eta = 0,5$

Przykładowo: zawartość wody w 1 kg tkaniny PES (Próba 3), po jej odjęciu, wynosi $m_w = 0,58$ kg. Przyjmując wartość ciepła parowania wody $L = 2257$ kJ/kg, ciepło właściwe wody $c_w = 4,2$ kJ/kg-deg, ciepło właściwe poliestru $c_{\text{PES}} = 1,4$ kJ/kg-deg oraz sprawność energetyczną suszarki $\eta = 0,5$, ilość energii cieplnej E_1 zużytej do wysuszenia 1 kg tkaniny (Próba 3), po jej odjęciu, wynosi: $E_1 = 3232$ kJ/kg_{tkaniny}

wody w 1 kg tej tkaniny wynosi 0,27 kg; pozostałe wielkości nie ulegają zmianie. Ilość energii cieplnej E_2 niezbędnej do wysuszenia 1 kg tkaniny (Próba 3), po jej odjęciu i odessaniu wynosi: $E_2 = 1622$ kJ/kg_{tkaniny}

Oszczędność energii cieplnej ΔE w procesie suszenia tkaniny PES (Próba 3), osiągnięta dzięki wprowadzeniu odsysania, wynosi zatem: $\Delta E = 1610$ kJ/kg_{tkaniny}

Postępując analogicznie obliczono zużycie energii cieplnej potrzebnej do wysuszenia 1 kg tkaniny PES (Próba 3), po jej odjęciu i odessaniu. W tym przypadku zawartość

Podane w tabeli 3 wyniki uzyskano przy wydajności suszenia 25–30 m/min, szerokość tkanin wynosiła 1,5 m, masa powierzchniowa 130–180 g/m².

Można przyjąć, że w czasie 1 godz. podano suszeniu średnio 1620 m (370 kg) tkaniny, co oznacza, że zastosowanie odsysania próżniowego do odwadniania tkanin przed suszeniem umożliwiło w tym czasie zmniejszenie zużycia energii cieplnej:

$$\Delta E = 1610 \text{ kJ/kg}_{\text{tkaniny}} \cdot 370 \text{ kg}_{\text{tkaniny}} = 595700 \text{ kJ} (595,7 \text{ MJ})$$

Należy zaznaczyć, że tę oszczędność energii cieplnej uzyskuje się przy niewielkim zużyciu energii elektrycznej przez instalację odsysającą. Zużycie to w czasie 1 godz. pracy odsysarki wynosi jedynie 12–15 kWh.

Podane wyżej wartości wskazują jednoznacznie, że bilans „korzyści i strat” wynikających ze stosowania odsysania próżniowego jako metody intensyfikującej tradycyjny sposób odwadniania tkanin przed suszeniem przemawia za celowością wprowadzania techniki odsysania do praktyki przemysłowej.

Zastosowanie odsysania próżniowego w procesie napawania metodą mokro na mokro

Dążąc do zmniejszenia zużycia energii w procesach wykończeniowych, już w latach 80 XX w. podejmowano m.in. prace nad modyfikacją klasycznego sposobu apretowania. Powstała koncepcja, aby tradycyjnie stosowane napawanie suchej tkaniny (metoda mokro na sucho) zastępować metodą napawania mokro na mokro (ang. wet on wet) [10]. Podstawowym warunkiem efektywnego, niezakłóconego przebiegu procesu apretowania metodą mokro na mokro jest bardzo skuteczne odwodnienie wyrobu włókienniczego przed napawaniem. Jeśli bowiem zawartość wody w tkaninie wprowadzanej do kąpieli apreterskiej nie zostanie zredukowana do odpowiednio niskiej, granicznej wartości, to w wyniku procesów wymiany masy zachodzących w czasie kontaktu wilgotnej (niewysuszonej) tkaniny z kąpielą napawającą następować będzie rozcieńczenie tej kąpieli, co w efekcie doprowadzi do pogorszenia uzyskiwanych efektów wykończenia tkaniny. Taką wymaganą skuteczność odwadniania, szczególnie wyrobów z syntetycznych włókien hydrofobowych oraz wyrobów dwuskładnikowych zawierających znaczne udziały tych włókien, wykazuje

technika odsysania próżniowego. Badania wykonane w skali przemysłowej wykazały, że po efektywnym odwodnieniu tego typu tkanin przy zastosowaniu metody odsysania, do zawartości wody na poziomie 25-30%, możliwe jest ich napawanie kąpielą apreterską, bezpośrednio po odessaniu, z pominięciem operacji suszenia, wykonywanej w tradycyjnym sposobie apretowania [11].

Na proces apretowania tkanin metodą mokro na mokro składają się następujące operacje jednostkowe:

- odwodnienie mokrej tkaniny poprzez odessanie próżniowe,
- napawanie wilgotnej tkaniny kąpielą apreterską,
- odżęcie,
- obróbka termiczna tkaniny.

Taki sposób postępowania, umożliwiający wyeliminowanie z procesu wykończenia wyrobu włókienniczego jednej operacji suszenia, umożliwia nie tylko uproszczenie (skrócenie) etapu wykończenia, ale przynosi również istotne oszczędności energii.

Gdyby apretowaniu metodą mokro na mokro poddawać tkaniny wymienione w tabeli 3, to oszczędności energii cieplnej, w stosunku do tradycyjnej metody apretowania, wyniosłyby średnio $E_1 = 3232 \text{ kJ/kg}_{\text{tkaniny}}$. Jeśli proces ten prowadzony byłby w czasie 1 godz., z wydajnością 25–30 m/min, to apretowaniu w tym czasie poddano by średnio 1620 m (370 kg) tkaniny, co oznaczałoby oszczędność energii cieplnej:

$$\Delta E = 3232 \text{ kJ/kg}_{\text{tkaniny}} \cdot 370 \text{ kg}_{\text{tkaniny}} = 1195840 \text{ kJ} (1195,8 \text{ MJ})$$

Ta oszczędność energii cieplnej uzyskana byłaby kosztem zużycia energii elektrycznej (przez silniki elektryczne pomp próżniowych) wynoszącego jedynie 12–15 kWh.

Zastosowanie odsysania próżniowego do usuwania nadmiaru kąpieli apreterskich z tkanin po ich odżęciu w procesie apretowania

W latach osiemdziesiątych XX w. wiodącą rolę w produkcji urządzeń odsysających zyskały dwie firmy amerykańskie: EVAC Inc., Spartanburg i Textile Vacuum Extractor Co., Atlanta. Badania podejmowane przez te

firmy m.in. we współpracy z Clemson University przyczyniły się do istotnego rozszerzenia zakresu stosowania techniki odsysania próżniowego w wykończalnictwie. Wykazano wówczas, że przydatność odsysania nie ogranicza się jedynie do intensyfikacji operacji odwadniania tkanin, ale rozciągać się może również na procesy barwienia i apreturowania, w których oprócz oszczędności energii, przyczyniać się może do poprawy niektórych efektów wykończenia, a także do ograniczenia zużycia środków chemicznych.

Jednym z najciekawszych, a zarazem najtrudniejszych technologicznie obszarów wykorzystania techniki odsysania próżniowego są procesy apreturowania, w których odessaniu poddawana jest tkanina po napawaniu i odżęciu. Na tak zmodyfikowany proces apreturowania tkanin składają się następujące operacje jednostkowe:

- - napawanie tkaniny kąpielą apreterską,
- odżęcie,
- odessanie próżniowe,
- obróbka termiczna tkaniny.

Proces apreturowania o takim przebiegu określany jest terminem *low leave-on*, w odróżnieniu od metod wykończania tkanin techniką pianową lub sposobem napawania stykowego, w odniesieniu do których stosowana jest ogólna nazwa *low add-on*. W wyniku odessania następuje zmniejszenie ilości kąpeli apreterskiej w tkaninie, czego oczywistym skutkiem jest mniejsze zużycie energii cieplnej podczas suszenia oraz wynikający stąd wzrost wydajności procesu. Należy zaznaczyć, że pozytywny efekt energetyczny wprowadzenia odsysania do omawianego procesu apreturowania nie jest najważniejszą korzyścią wynikającą z tej modyfikacji procesowej. Bardziej istotna jest tu możliwość zmniejszenia zużycia środków apreterskich oraz poprawa jakości uzyskiwanych efektów wykończenia.

Instalacje odsysające wykorzystywane w procesach apreturowania wyposażone są w separatory umożliwiające odzyskiwanie i ponowne użycie kąpeli apreterskiej, usuwanej z tkaniny w wyniku odessania. Bada-

nia laboratoryjne, których wyniki potwierdzono w warunkach produkcyjnych, wykazały że w tkaninach poddanych odessaniu zmniejszenie ilości środków apreterskich o 30–40 % (w stosunku do tkanin wykończanych tradycyjnie) nie powoduje zazwyczaj pogorszenia uzyskiwanych efektów wykończenia [12]. Szczegółowe badania pozwoliły stwierdzić, że rozmieszczenie środków chemicznych (np. środków do wykończeń przeciwnących i hydrofobowych) w strukturze tkanin poddanych odessaniu podczas apreturowania wykazuje znacznie wyższy stopień równomierności niż obserwowany w próbkach tkanin wykończonych metodą tradycyjną [13]. Tym właśnie należy tłumaczyć możliwość uzyskiwania właściwych efektów wykończenia tkanin, mimo znacznego zmniejszenia zawartości środków apreterskich w ich strukturze.

Badania wykazały jeszcze inny pozytywny wpływ wprowadzenia odsysania do procesu wykończenia przeciwnącego tkanin bawełnianych i poliestrowo-bawełnianych. Wpływ ten przejawia się większą wytrzymałością na rozciąganie i większą odpornością na ścieranie próbek tych tkanin w porównaniu z próbkami apreturowanymi metodą tradycyjną. To ograniczenie ujemnego wpływu procesu apreturowania na niektóre parametry użytkowe tkanin, dzięki poddaniu ich odessaniu próżniowemu, jest spowodowane zmniejszeniem obecności środków apreterskich, które w warunkach wysokiej temperatury, podczas obróbki termicznej tkanin, mogą powodować częściową degradację włókien celulozowych.

Podsumowanie

Odsysanie próżniowe nie jest metodą w pełni uniwersalną, przydatną w jednakowym stopniu do wszystkich tkanin i dzianin, bez względu na ich skład surowcowy i parametry struktury. Istnieje jednak wiele możliwości racjonalnego, uzasadnionego technologicznie i ekonomicznie zastosowania tej metody w różnych procesach wykończalnych, jako sposobu intensyfikacji bądź optymalizacji tych procesów. Analizując możliwości stosowania odsysania próżniowego na różnych etapach wykończania wyrobów

tekstylnych można wskazać kilka potencjalnych korzyści:

- zmniejszenie zużycia energii cieplnej w procesie suszenia / stabilizacji wyrobów,
- możliwość prowadzenia procesu apretowania metodą mokro na mokro,
- zmniejszenie zużycia niektórych chemicznych środków apreterskich,
- poprawę niektórych właściwości użytkowych apretowanych tkanin.

13. W. Machnowski, B. Lipp-Symonowicz, Rozmieszczenie środków apreterskich w strukturze tkanin bawełnianych wykończonych przeciwnąco, *Architektura Tekstyliów* (1999), 2, 15-18.

Literatura

1. A. Hasanbeigi, L. Price L., A Review of Energy Use and Energy Efficiency Technologies for the Textile Industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (2012), 16, 3648-3665.
2. P. Khude, A Review on Energy Management in Textile Industry. *Innovative Energy & Research* (2017), 6, 169-174.
3. G. Urbańczyk, *Nauka o włóknie*, WN-T, Warszawa 1985.
4. A. D. Broadbent, Basic Principles of Vacuum Slot Extraction, *Textile Chemist and Colorist* (1990), 8, 13-17.
5. A. D. Broadbent, Applications of vacuum slot extraction, *Textile Asia* (1990), 9, 53-57.
6. J. Sójka-Ledakowicz, W. Machnowski, C. Kuncewicz, Odsysanie próżniowe w procesach wykończalniczych. Część I Odwadnianie wyrobów włókienniczych przed suszeniem, *Przegląd Włókienniczy* (1994), 5, 17-19.
7. C. Kuncewicz, W. Machnowski, J. Sójka-Ledakowicz, Przepływ powietrza przez tkaninę podczas odsysania próżniowego, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* (1994), 1, 21-25.
8. J. Korsak, *Włókiennicze maszyny wykończalnicze*, WPL, Warszawa, 1968.
9. G. Parish, The suction drying of textile fabrics, *Journal Textile Institute* (1965), 4, 179-190.
10. M. Teli, S. Shah, N. Topiwala, Wet-on-wet Finishing Against Conventional Dry-in-wet Finishing, *Textile Dyer Print* (1987), 24, 17-21.
11. J. Sójka-Ledakowicz, W. Machnowski, Zastosowanie napawania mokro na mokro w procesie apretowania tkanin, *Przegląd Włókienniczy* (2004), 12, 41-43.
12. W. Machnowski, Uwarunkowania wpływu odsysania próżniowego tkanin z włókien celulozowych na uzyskiwane efekty ich chemicznego uszlachetniania, praca doktorska, Wydział Włókienniczy, Politechnika Łódzka 1999.

Teoria barwienia – teoria, która wciąż powstaje, ale bardzo wolno

Zenon Grabarczyk

Na przestrzeni wieków zmiany klimatyczne i demograficzne wymuszały postęp w metodach zaspokajania trzech głównych potrzeb człowieka: żywności, mieszkania i ubrania. Postęp z reguły odbywał się skokowo i powoli rozprzestrzeniał się na cały cywilizowany świat. W połowie XVIII wieku tempo przemian było tak duże, że zostały one później nazwane „rewolucją przemysłową”. Przyjmuje się, że rewolucja przemysłowa została zapoczątkowana w XVIII w. Anglii, chociaż początków jej należy doszukiwać się już pod koniec XVII wieku. Zniesienie poddaństwa osobistego i sądowego oraz postęp w rolnictwie (nawet nazywany rewolucją agrarną), spowodował przeniesienie się zbędnej na wsi siły roboczej w pobliże lub do miast, gdzie mogła liczyć na pracę w rodzącym się przemyśle. Mając w kolo- niach praktycznie nieograniczone rynki zbytu, rozwijały się w Anglii niektóre dziedziny wytwórczości, przede wszystkim włókiennictwo a także hutnictwo i powiązane z nim górnictwo.

Główną rolę w rewolucji przemysłowej, a właściwie w pierwszym jej etapie (bo rewolucja przemysłowa trwa cały czas), odegrał przemysł włókienniczy. Druga dziedzina to przemysł budowy maszyn i związane z nim hutnictwo i górnictwo. Zastosowanie wynalezionej przez Watta maszyny parowej pozwoliło na mechanizację przedsiębiorstwa i tkactwa, a także, w dalszej kolejności, usprawnienie transportu - najpierw towarowego, a później osobowego. Niekiedy ten okres nazywany jest wiekiem pary. Bez względu na znaczenie dla przyszłości przemian dokonywanych w rozmaitych dziedzinach, dziedziną strategiczną – wymuszającą bezpośrednio albo indukującą pośrednio postęp techniczny w innych gałęziach techniki – był jeszcze co najmniej do połowy XIX wieku przemysł włókienniczy.

Drugi etap rewolucji przemysłowej nazywany jest etapem elektryczności. Rozpoczął się w latach siedemdziesiątych XIX wieku. Nastąpił wtedy przewrót w hutnictwie i metalurgii. Wykorzystano w praktyce elektryczność, najpierw do oświetlenia, a później do napędu. Wynaleziono i zastosowano do pojazdów mechanicznych napęd spalinowy, zapoczątkowując w ten sposób erę motoryzacji. Linia montażowa zastosowana przez Henry'ego Forda w produkcji samochodów znacznie przyspieszyła proces produkcji pojazdów i obniżyła koszty. Pomysł takiej organizacji pracy Ford zaczerpnął ze słynnych chicagowskich rzeźni. Na przenośniku zawieszono były tusze świń i każdy pracownik rzeźni po kolei wykonywał tylko jedno ściśle określone zadanie. Pomysł linii montażowej został szybko wdrożony w innych branżach przemysłu.

Od lat siedemdziesiątych XX wieku możemy mówić o trzecim etapie rewolucji przemysłowej. Wprowadzenie automatyzacji procesów wytwórczych i robotów przemysłowych sterowanych programowalnymi sterownikami z pamięcią, później komputerowo, pozwoliło na wyeliminowanie wielu czynności ludzkich. Produkcja może się odbywać bez udziału człowieka.

Obecnie trwa czwarta rewolucja przemysłowa, która jest kontynuacją poprzedniego etapu. Polega na wykorzystaniu technologii informacyjnych i komunikacyjnych w przemyśle - często określana mianem „Przemysł 4.0”. Jaki będzie obraz przemysłu za kilka lat? Kierunek jest jeden inteligentna fabryka, co oznacza, że zostanie wyeliminowane praca ludzka w bezpośredniej produkcji. Skomputeryzowane systemy produkcji, wyposażone w łącza sieciowe, umożliwią komunikację z innymi obiektami oraz przekazywanie informacji o samych urządzeniach, co pozwoli na sterowanie z dowolnego miejsca - nie koniecznie w fabryce. Połączenie

w sieć wszystkich systemów doprowadzi do powstawania „cyberfizycznych systemów produkcji”.

Wszyscy piszący o rewolucji przemysłowej pomijają fakt, że najistotniejsze zmiany w drugim etapie rewolucji przemysłowej, dokonały się za sprawą powstającego i dynamicznie rozwijającego się wtedy przemysłu chemicznego, którego, przez długie lata, kołem napędowym była produkcja barwników, a pośrednio, tak jak w pierwszym etapie, przemysł włókienniczy. Nie wiem dlaczego historycy tak po macoszemu potraktowali rolę przemysłu chemicznego. Jedyna sensowna odpowiedź jaka mi się nasuwa to fakt, że większość humanistów nie ma w ogóle pojęcia o chemii, nie mówiąc o jej zrozumieniu, co z kolei jest spowodowane fatalnym nauczaniem w szkołach podstawowych i średnich a także wyższych, bowiem na pewnych wydziałach chemicznych po protestach studentów, przedmiot chemia fizyczna został wykreślony z programu nauczania, jak uzasadniali protestujący - chemia fizyczna jest dla nich przedmiotem za trudnym.

Odkrycie moweiny - purpury anilinowej w 1856 roku, podobnie jak wiele innych odkryć z chemii organicznej w tym czasie, było przypadkowe. Zamierzeniem Williama Perkina było otrzymanie chininy. Dzięki jego dociekliwości, otrzymany czarny osad, który nie był poszukiwanym związkiem, nie zutilizował go ale poddał badaniu i wydzielił z niego po ekstrakcji i krystalizacji purpurowioletowe kryształy. Okazało się, że wydzielona substancja barwi jedwab naturalny a otrzymane wybarwienia są wystarczająco odporne na obróbkę w wodzie. Rok później Perkin założył Greenford Green Factory - wytwórnię moweiny, w której w następnych latach rozpoczął produkcję także innych barwników syntetycznych. Moweina nie była pierwszym odkrytym barwnikiem syntetycznym, była jednak pierwszym który zaczęto produkować i z powodzeniem sprzedawać. O odkryciu moweiny można przeczytać artykuł prof. Wojciecha Czajkowskiego w materiałach z seminarium z 2016 roku. Warto się też zapoznać z książką prof. Edmunda Ne-

kandy Treпки zatytułowaną *Historia Kolorystyki*.

Wkrótce po uruchomienia produkcji moweiny przez Perkina, znaleźli się jego naśladowcy. We Francji, Niemczech i w Szwajcarii kilka niewielkich firm do tej pory handlujących barwnikami naturalnymi lub będących farbiarniami, przekształciło się w wytwórnie barwników syntetycznych. Chociaż w pierwszym okresie nowe barwniki syntetyczne tworzone w dużej mierze metodą prób i błędów powstało kilka interesujących barwników prostszych w stosowaniu i tańszych niż naturalne. Postęp we wszystkich działach chemii, a szczególnie w organicznej, pozwolił na dokładne określenie struktury związków organicznych jak i możliwości ich syntezy. Prace badawcze nad wytworzeniem barwników stopniowo stały się ukierunkowanymi badaniami. Opracowanie syntezy alizaryny i indyga, a także uruchomienie ich produkcji spowodowało w krótkim czasie zaniechanie upraw marzanny barwierskiej (Alizaryna) i indygowca (indyga). Był to cios dla plantatorów we Francji i w Indiach, natomiast dla producentów barwników syntetycznych gigantyczne zyski. Rozpracowanie reakcji dwuazowania i sprzęgania pozwoliło na stworzenie grup barwników azowych barwiących wełnę (kwasowe) i bawełnę (bezppośrednie) bez użycia zapraw. Prostszy, krótszy i przez to tańszy sposób barwienia w porównaniu do barwienia barwnikami naturalnymi, jak i większa gama kolorów pozwoliła na obniżenie cen na materiały włókiennicze. Wąskie gardło w ciągu produkcyjnym jakim były dotychczas farbiarnie przestawało powoli istnieć. Nowe barwniki wymagały nowych sposobów i urządzeń do barwienia aby można było efektywnie i coraz taniej barwić. Postęp w barwieniu spowodował zwiększony popyt na tanie barwne tkaniny i aby go zaspokoić trzeba było zwiększyć produkcję. Przemysł włókienniczy znów był kołem zamachowym tym razem przemysłu chemicznego i maszynowego. Z niewielkich firm które rozpoczęły w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XIX wieku produkcję barwników wyrosły takie giganty chemiczne jak Bayer, BASF, Hechst, Cassella, AGFA

w Niemczech i CIBA, GEYGY, Sandoz w Szwajcarii. 50 lat wystarczyło, aby powstał prawie od zera przemysł syntezy organicznej oraz rozwinęła się w niesamowitym tempie chemia organiczna. Chemia organiczna i przemysł chemiczny stanowią doskonały przykład sprzężenia nauki i techniki. Dzisiaj po 165 latach od uruchomienia pierwszego barwnika syntetycznego w każdej dziedzinie życia doświadczamy skutków tej rewolucji, niedocenionej w historii nauki. Euforia w pojawianiu się nowych syntetycznych produktów powoli ustępuje pod naporem ich wad, o których w momencie ich powstawania nikt nie domyślał się. Niestety o ekologii wiemy od niedawna i w niewielkim stopniu chcemy się do niej dostosować.

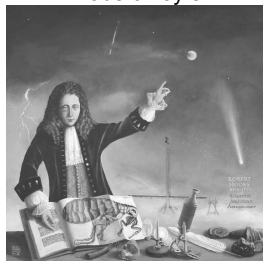
Sprzężenie nauki i techniki w latach powstawania przemysłu chemicznego nie działało od razu. Najpierw nowe produkty (barwniki) powstawały trochę po omacku, później badania laboratoryjne wyjaśniały co powstało i dlaczego, a jeszcze później wymyślono sposób jak barwnik stosować. Następny etap w poznawaniu tajemnic przyrody to odpowiedź na pytanie jak i dlaczego ten barwnik barwi bawełnę, a wełnę nie i odwrotnie. Przez długie lata snuto tylko przypuszczenia, a rozwiązania, tak jak w innych dziedzinach nauki, wyłoniły się w momencie skonstruowania urządzeń pomiarowych, pozwalających na ilościowe określenie zawartości barwnika we włóknie, struktury włókien i aparatu matematyczno-fizycznego opisującego w ścisły sposób zjawiska w trakcie barwienia w kąpeli i we wnętrzu włókna. Powoli, w miarę nagromadzenia się faktów i doświadczenia, powstawała „teoria barwienia” wykorzystująca rozwiązania szeregu zagadnień ujętych przez rozwijającą się wtedy chemię fizyczną. Pozornie prosty sposób, w jaki wiele barwników przenosi się szybko z roztworu do zanurzonego w nim włókna, jest fascynujący zarówno dla laika, jak i naukowca, i nie jest zaskakujące, że zwracał uwagę chemików przez cały okres rozwoju współczesnej nauki.

O powstawaniu „teorii barwienia” możemy mówić od połowy XVII wieku czyli od czasów gdy formułowała się nauka badająca otaczający nas świat. Nowo zdobyta wów-

czas wolność naukowa spowodowała, że w latach 1664 – 1669, R. Boyle i R. Hooke, działając pod auspicjami The Royal Society (dokładniej „The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge” - Królewskie Towarzystwo w Londynie dla Rozszerzania Wiedzy o Przyrodzie, powstałe w 1660 roku z inicjatywy 12 uczonych, (w tym wymienionych wyżej), przeprowadzili badania nad barwieniem. Już w 1664 r. Robert Boyle w pierwszym traktacie naukowym o kolorze twierdził, że „małe cząsteczki pigmentu lub barwników, które są rozpuszczane i ekstrahowane przez kąpiel barwiącą i pływając tam i z powrotem, wsuwając się i wypełniając wszystkie pory ciała, które ma być zabarwione”. Niestety ci wielcy naukowcy znaleźli bardziej ciekawe i trudniejsze (tylko pozornie) problemy do rozwiązania, na których się skoncentrowali. Nie jest dziwna uwaga Bancrofta (1813), że „od tego czasu nie wydaje się, aby przez prawie sto lat ludzie nauki tego królestwa czynili coś znaczącego w kierunku udoskonalenia sztuki farbiarskiej”.

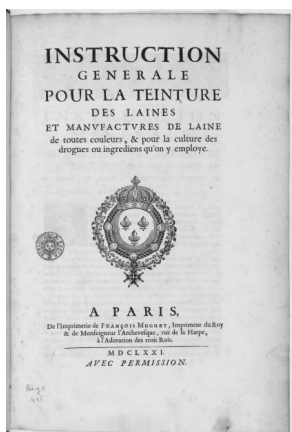


Robert Boyle

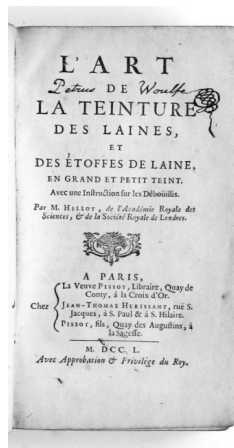


Robert Hooke

W tym samym okresie we Francji Colbert po uruchomieniu w 1662 roku Manufacture des Gobelins (do produkcji gobelinów dla Ludwika XIV i kolejnych monarchów), zwrócił uwagę na jakość barwienia. W działaniach z zakresu „ochrony konsumentów” ministerstwo wydało w 1669 r. „Instrukcja generale pour la teinture des Laines et pour la culture des drogues ou ingredients qu'on emploie”. Przepis ten wymagał ustanowienia systemu kontroli jakości, a sześćdziesiąt lat później powołano stanowisko Generalnego Inspektora Przemysłu Barwienia przy wsparciu Academie Royale des Sciences.



Dufay de Cisternay



ECCO

Medicine, Science and Technology

The art of dying wool, silk, and cotton. Translated from the French of M. Hellot, M. Macquer, and M. le Pileur d'Apligny.

Jean Hellot



Pierwszy Generalny Inspektor, Dufay de Cisternay, który może być uważany za twórcę nowoczesnej teorii barwienia, na podstawie swoich wieloletnich eksperymentów opublikował coś, co można nazwać pierwszym prawdziwie naukowym opisem procesów barwienia opartych na fizyczno-chemicznych ideach (1737). Jako pierwszy rozwinął koncepcję konkretnych miejsc adsorpcji barwników w oparciu o różne składniki różnych włókien, co jest niezwykle istotnym spostrzeżeniem, biorąc pod uwagę fakt, że w tamtym czasie nie istniała wiedza na temat organicznej struktury chemicznej barw-

ników ani polimerów. Zainteresowanie Dufay'ego naukowymi aspektami barwienia było konsekwencją ogólnej promocji innowacji technicznych przez państwo francuskie w XVIII wieku.

Kolejnym chemikiem, który stworzył alternatywną teorię po Dufayu był Hellot. Według jego teorii barwnik w postaci cząstek wnikał w pory materiału, które zostały otwarte przez „ciepło”. Barwnik był zatrzymywany w materiale podczas chłodzenia.

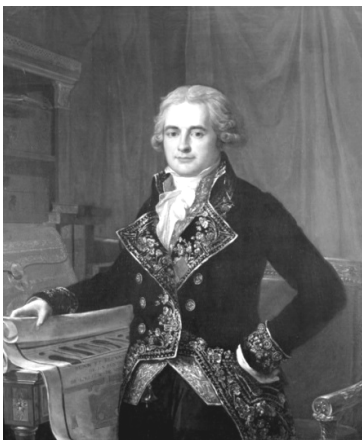
Teoria ta wyjaśniła rolę zacieków w sposób satysfakcjonujący ówczesnych farbiarzy, ale nie wyjaśniła, dlaczego w pierwszej kolejności barwnik powinien dostać się do porów. Podręczniki Hellota jakie się wtedy pojawiły dotyczyły zarówno aspektów praktycznych, jak i teoretycznych oraz szereg tekstów w sprawie barwienia pojedynczych rodzajów włókien, a mianowicie wełny (1750 r.), jedwabiu (1763 r.) i bawełny (1776 r.). Początki koncepcji polegającej na fizycznym procesie wiązania w skali molekularnej była następstwem prac późniejszego inspektora generalnego Macquera. W 1778 roku dyrektorem ds. farbowania w Gobelins w Paryżu został znakomity chemik Berthollet. Prowadził badania nad barwnikami i zaprawami a także środkami bielącymi. W 1789 roku jako pierwszy wyprodukował nowoczesny płyn wybielający w swoim laboratorium na nabrzeżu Javel w Paryżu, we Francji, przepuszczając gazowy chlor przez roztwór węgla sodowego. Powstały płyn, znany jako „Eau de Javel” („woda Javel”), był słabym roztworem podchlorynu sodowego. Wydał w 1791 roku, sponsorowany przez państwo, dwutomowy podręcznik, który, choć oparty na praktyce, odnosił się jednak do aspektów teoretycznych. Wyjaśniał w nim biorąc pod uwagę dostępną wówczas wiedzę chemiczną, rolę i właściwości zapraw i, co godne uwagi, koncepcję, że barwienie jest fizycznym procesem wiązania barwnika w skali molekularnej. Książka została przetłumaczona na kilka języków, w tym na język angielski. Drugie wydanie zostało opublikowane w 1804 roku.

Sukcesja Inspektorów Generalnych Przemysłu Farbiarskiego we Francji zakończyła się wraz z rewolucją francuską. Jed-

nak to blokada napoleońskiej Francji przez Anglię skłoniła do poszukiwania substytutów barwników i innych związków importowanych ze Wschodu, a także z obu Ameryk. Ministrem spraw wewnętrznych Napoleona był chemik i farbiarz Jean Antoine Chaptal, który skupił wokół siebie największych chemików tamtych czasów, a także założył pierwszy akademicki wydział nauczania technologii chemicznej na Uniwersytecie w Montpellier. Chaptal rozwinął idee rozwoju edukacji technologicznej, polegające na interakcji między przemysłem, a ośrodkami akademickimi, które w pewnym stopniu zostały obalone przez klęskę Napoleona. Zostały one jednak z dużym powodzeniem podjęte w Niemczech i stanowiły podstawę systemu Technischen Hochschulen, który umożliwił Niemcom wykorzystanie oraz odegranie ważnej roli w powstaniu przemysłu barwników w drugiej połowie XIX wieku.



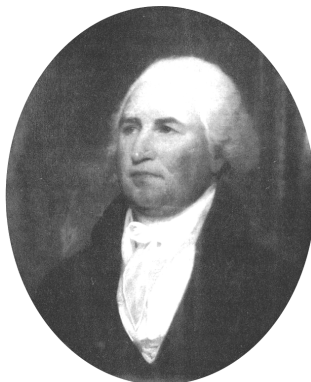
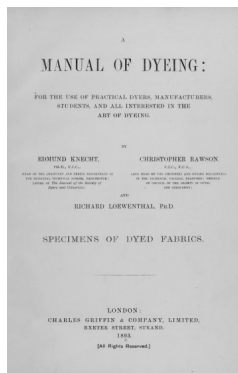
Claude Louis Berthollet



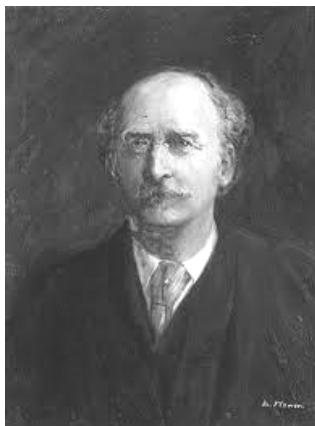
Jean Antoine Chaptal

Barwienie jak sposób w jaki łączą się one z włóknem wzbudzał nieustanne zainteresowanie, ale dopiero w ostatnim ćwierćwieczu XIX wieku zaczęto dyskusować o czystych teoriach mechanizmu barwienia. Z ciekawszych prac, które dotyczyły teorii barwienia (oczywiście tylko częściowo) należy wymienić książkę Edwarda Bancrofta, lekarza i chemika urodzonego Westfield w stanie Massachusetts, opublikowaną w *Experimental Researches Concerning the Philosophy of Permanent Colors* 1794 w roku, którą zaktualizował w 1814 r.

W latach czterdziestych XIX wieku ukazały się prace szkockiego naukowca i przemysłowca, dotyczące chemii barwienia bawełny. Następnie temat nabrał rozpędu. Znajdujemy wielu autorów w Wielkiej Brytanii i na kontynencie europejskim, których prace dotyczyły reakcji barwnik-włókno. Wśród nich wybitni byli profesorowie, Edmund Knecht (Municipal School of Technology), i jego współpracownicy, którzy położyli podwaliny pod nowoczesną teorię barwienia wełny oraz profesor John James Hummel (Yorkshire College) i współpracownicy, którzy wnieśli znaczący wkład w zrozumienie procesu zaprawiania chromem stosowanego w barwieniu wełny.



Edward Bartholomew Bancroft



John James Hummel

First Professor of Dyeing, Yorkshire College

Jako podsumowanie dziewiętnastowiecznych badań nad wyjaśnieniem jak barwniki łączą się z włóknami przytoczę fragment tekstu z hasła „Farbowanie” Encyclopedii Britannica, tom 8 wydanie z 1911, autorstwa wyżej wymienionych profesorów Johna Jamesa Hummela i Edmunda Knechta.

„Sztuka barwienia jest gałęzią chemii stosowanej, w której farbiarz nieustannie wykorzystuje zasady chemiczne i fizyczne, aby doprowadzić do trwałego połączenia między barwionym materiałem a zastosowanym środkiem barwiącym. Jeśli bawełna lub wełna są gotowane w wodzie zawierającej drobno sproszkowany węgiel drzewny lub z innym nierozpuszczalnym kolorowym proszkiem, materiał nie jest barwiony, a jedynie zabrudzony lub poplamiony. To zabarwienie jest całkowicie spowodowane splełnieniem kolorowego proszku przez szorstką powierzchnię włókna, a energiczne mycie i pocieranie wystarczy, aby usunąć wszystkie ślady koloru oprócz zwykłych. Prawdziwe zabarwienie może nastąpić tylko wtedy, gdy substancja barwiąca zostanie doprowadzona do włókna w stanie rozpuszczalnym, a następnie w jakiś sposób stanie się nierozpuszczalna, gdy zostanie wchłonięta przez włókno lub będzie z nim w bezpośrednim kontakcie. Zawsze musi istnieć

wyraźne fizyczne lub chemiczne powinowactwo między włóknem a środkiem barwiącym, a to zależy od właściwości fizycznych i chemicznych obu. Powszechnie wiadomo, że typowe włókna, wełna, jedwab i bawełna, zachowują się bardzo różnie w stosunku do roztworu danej substancji barwiącej, oraz że stosowana metoda barwienia różni się w przypadku każdego włókna. Z reguły wełna najbardziej przyciąga substancje barwiące i najłatwiej farbuje; bawełna ma najmniejszą atrakcyjność, podczas gdy jedwab zajmuje pod tym względem pozycję pośrednią. Różnice te mogą w pewnym stopniu wynikać z różnic w budowie fizycznej włókien, ale wynikają głównie z ich odmiennego składu chemicznego.

Z kolei dane włókno, np. bawełna, zupełnie inaczej zachowuje się podczas barwienia w stosunku do różnych substancji barwiących. Niektóre z nich w ogóle nie są przez nią przyciągane i nie nadają się do stosowania jako barwniki do bawełny. Dla innych bawełna wykazuje wyraźne przyciąganie, tak że można ją łatwo farbować przez zwykłe moczenie w gorącym roztworze substancji barwiącej. Ponownie, w przypadku innych substancji barwiących bawełna ma niewielką lub żadną atrakcyjność i nie może być nimi barwiona, dopóki nie zostanie uprzednio zaimpregnowana lub przygotowana solą metalu, kwasem garbnikowym lub innym środkiem, który może łączyć się z substancją barwiącą i wytrącać ją jako nierozpuszczalny barwny związek wewnątrz lub na włóknie. Takie różnice w zachowaniu należy przypisać różnicom w budowie chemicznej lub rozmieszczeniu atomów różnych substancji barwiących”.

Z dzisiejszej perspektywy wydaje się, że przełom w rozumieniu jak barwniki łączą się z włóknem rozpoczął się od zsyntezowania barwników azowych, kwasowych: Oranżu I i Oranżu II w 1877 roku, oraz bezpośrednich Czerwień Kongo w 1884 roku. Barwniki te barwiły wełnę i bawełnę już bez zapraw i w tym momencie trzeba było postawić pytanie dlaczego ten barwnik barwi wełnę a nie bawełnę i odwrotnie. Odpowiedzi na te pytania zmierzały do wyjaśnienia budowy barwników, włókien i jak są one

z sobą połączone. Trzeba jednak stwierdzić, że osiągnięcia chemików organicznych w produkcji szerokiej gamy nowych syntetycznych barwników znacznie przewyższyły możliwości ich kolegów fizyków w zakresie interpretacji samego procesu barwienia.

W pierwszej dekadzie dwudziestego stulecia W. Haldane Gee i W. Harrison przeprowadzili jedno z najwcześniejszych badań mechanizmów barwienia przy użyciu nowoczesnych technik fizykochemicznych (artykuł *The electrical theory of dyeing*), ale największe postępy odnotowano w latach trzydziestych i czterdziestych. Neale i jego współpracownicy w Manchesterze byli pionierami w podejściu kinetycznym i termodynamicznym do tego tematu, badając proces barwienia włókna i membrany celulozowej. Podobne prace dotyczące barwienia wełny prowadził Egon Elöd z Technischen Hochschule Karlsruhe oraz J.B. Speakman w Leeds oraz Vickerstaff ze współpracownikami w laboratoriach ICI Ltd w Manchesterze. Znaczący wkład wnieśli G. A. Gilbert i E. K. Rideal z Cambridge, którzy jako pierwsi zastosowali zasady termodynamiki do dokładnego określenia powinowactwa włókna (wełny) do kwasów i barwników. Ich metody zostały później zastosowane do włókien celulozowych przez R. H. Petersa i T. Vickerstaffa.

Podsumowaniem wyżej wymienionych badań była monografia T. Vickersa *The Physical Chemistry of Dyeing* wydana 1950 r., a rozszerzone drugie wydanie w 1954 r. Praca ta oraz wcześniejsza monografia Emmericha Valkó *Kolloidchemische Grundlagen der Textilveredlung* z 1937 roku pozwoliły ostatecznie ustalić, że badania barwienia są odrębną, ważną gałęzią samej chemii fizycznej. Jej powstanie zostało potwierdzone w 1953 r. przez zorganizowaną na ten temat Dyskusję w Towarzystwie Faradaya (Discussions of the Faraday Society No. 16, 1954 - *The Physical Chemistry of Dyeing and Tanning*).

Badania nad mechanizmem barwienia w następnych latach rozwijały się intensywnie, bo oprócz nowych włókien syntetycznych opracowano nowe grupy barwników dostosowane do ich barwienia. Rozwijała się

chemia barwników reaktywnych stosowanych nie tylko do włókien celulozowych. Podsumowaniem badań następnych dwudziestu lat były monografie:

1. Rattee ID, Breuer MM. *The Physical Chemistry of Dye Adsorption*. London: Academic Press; 1974.
2. McGregor R. *Diffusion and Sorption in Fibers and Films*. London: Academic Press; 1974.
3. Peters RH. *Textile Chemistry*. Volume 3, Amsterdam: Elsevier; 1975.
4. Bird CL, Boston WS, editors. *The Theory of Coloration of Textiles*. Bradford: Society of Dyers and Colourists; 1975.
5. Johnson A, editor. *The Theory of Coloration of Textiles*. 2nd edition. Bradford: Society of Dyers and Colourists; 1989.

Od lat osiemdziesiątych zainteresowanie badaniami nad mechanizmami barwienia wyraźnie zmalało czego wyrazem są tylko dwie publikacje z tego zakresu:

1. Burkinshaw SM. *Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing*. London: Chapman and Hall; 1995.
2. Burkinshaw SM. *Physico-chemical Aspects of Textile Coloration* - John Wiley & Sons Inc (2016)

Sądząc po publikacjach dotyczących barwienia widać, że popularne są teraz badania z zakresu barwienia barwnikami naturalnymi i aspekty ekologiczne. Teoria barwienia jest zbyt trudna a szansa na Nobla żadna. Ustalona teoria barwienia jak na razie nie ma szans na dokładniejsze opracowanie.

Aby dokładnie zapoznać się z teorią barwienia niezbędna jest znajomość szeregu pojęć z zakresu chemii fizycznej. Druga część niniejszego artykułu będzie zatem zawierała niezbędne minimum tego przedmiotu. Trzecia część będzie prezentacją aktualnego stanu teorii barwienia i spis wykorzystanej literatury.

Konferencja TEXTCHEM – RegioTEX 54.

Bogumił Gajdzicki, Stanisław Prus
Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów

W dniach 10-11 listopada 2022 r. w Hradec Králové odbyła się konferencja TEXTCHEM – RegioTEX 54. z udziałem zagranicznych uczestników zorganizowana przez Stowarzyszenie Chemików Tekstylnych i Kolorystów Pardubice (STCHK) oraz Centrum Inwestycji, Rozwoju i Innowacji (CIRI) we współpracy z:

- CLUTEX - klaster tekstyliów technicznych Kralovehradecký region, z.s. w Hradec Králové,
- ČTPT - Czeska Platforma Technologiczna Tekstyliów, z.s. Uniwersytet w Pardubicach,
- INOTEX spol. s.r.o., Dvůr Králové nad Labem,
- SYNTHESIA a.s. SBU Pigmenty i barwniki, Pardubice-Semtin.

Konferencja odbyła się pod patronatem I Zastępcy Gubernatora Kraju Kralovehradeckiego Pawła Bulička, w udostępnionych pomieszczeniach auli, która zapewniała m.in. doskonale zaplecze techniczne do wzbogacenia programu o prezentacje online autorów i firm zagranicznych. W konferencji ze strony Stowarzyszenia Polskich Chemików Kolorystów i Fundacji Rozwoju Polskiej Kolorystyki uczestniczyła delegacja w składzie: Bogumił Gajdzicki, Stanisław Prus i Włodzimierz Dominikowski.

Tradycją konferencji organizowanych przez STCHK stało się łączenie ich z informacją o rozwijaniu działań w ramach regionalnych programów innowacji, które kryją się pod podwójną nazwą RegioTEX. Biorąc pod uwagę fakt, że nawet w kontekście europejskim organizacja i współfinansowanie programów innowacyjnych zbliża się do ich wykonawców i użytkowników w regionach, stąd w strategiach RiS3 okręgu Hradec Králové pojawiają się dziedziny innowacji z naciskiem na tekstylia. W regionach Liberec a Pardubice program innowacji tekstylnych

w powiązaniu z domeną Inteligentna chemia, w szczególności projekty generowane w wyspecjalizowanych instytucjach na rzecz rozwoju specjalnych układów chemicznych, są wykorzystywane w domenach tekstylnych pozostałej części regionów na innowacje, przynoszące nowe efekty użytkowe w technologii włókienniczej oraz innowacyjną produkcję tekstyliów, zapewniającą nowe właściwości użytkowe i komfort.

Nie bez znaczenia dla zrównoważonego rozwoju produkcji włókienniczej jest fakt, że w sąsiednich regionach (Liberec i Pardubice) istnieje szkolnictwo wyższe z programami związanymi z odpowiednią specjalizacją w tej dziedzinie. Programy obu uczelni są otwarte na współpracę z sektorem wytwórczym, co umożliwi przygotowanie absolwentów już w trakcie studiów do wymaganego poziomu wiedzy o stosowanych technologiach.

Konferencja była współfinansowana (można gratulować i zazdrościć organizatorom) przez poniżej wymienione organizacje powiążane z funduszami unijnymi:



EVROPSKÁ UNIE
 Evropské strukturální a investiční fondy
 Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



EVROPSKÁ UNIE
 Evropský fond pro regionální rozvoj
 OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost



Konferencja obejmowała zagadnienia:

1. regionalnej platformy innowacji CLUTEX w Hradec Králové,
2. nowe materiały tekstylne do nowych multidyscyplinarnych zastosowań.

Otwarcia 54 konferencji TEXCHEM - RegioTEX dokonał Jan Marek, prezes STCHK oraz I zastępca gubernatora regionu Kra-lovohradeckovo - Pavel Bulíček. W obra-dach konferencji uczestniczyło ponad 50 osób oraz 4 osoby wygłaszające prezenta-cje on-line. Podczas trwającej 2 dni konfe-rencji zostały przedstawione następujące prezentacje:

1. Kontynuacja projektu Smart Accelerator + Kraju Hradeckiego I, jego działania i wsparcie w dziedzinie tekstyliów

Daniela Antropiusová, Lenka Michálková CIRI - Centrum inwestycji, rozwoju i innowacji, Hradec Kralové, ČR

Przedstawicielka Centrum Inwestycji, Rozwoju i Innowacji (CIRI) przedstawiła koncepcję projektu inteligentnego akcelera-tora, możliwego do wdrożenia w każdym regionie, koncentrującego się na rozwoju ekosystemów innowacji, w szczególności poprzez współpracę między podmiotami z zakresu nauki i edukacji, przemysłem oraz sektorem publicznym. Podano przykład dzia-łalności takiego akceleratora dla regionu Hradec Králové, przed którym postawiono zadanie zoptymalizowania warunków wytwa-rzania nowych tekstylnych materiałów dla multidyscyplinarnych zastosowań. Takie narzędzie ma rozwiązywać bieżące proble-my w sektorze włókienniczym takie jak brak wykwalifikowanych pracowników, brak środ-ków finansowych dla aktywności innowacyjnej oraz niska międzynarodowa aktywność pracowników instytucji. Przykładem zagad-nień w tym zakresie może być gospodarka cyrkularna, dekarbonizacja lub energia. Na-leży korzystać z warsztatów edukacyjnych oraz nowych instrumentów finansowych.

2. Aktualne trendy branży tekstylnej w projektach CLUTEX i ČTPT

(HiTechTex, Ecomoda, TRICK, ...)

Miloš Beran ČTPT - Czeska platforma techno-logiczna dla tekstyliów, Liberec, ČR

Zrównoważony rozwój, gospodarka obie-gu zamkniętego, cyfryzacja, powiązania zespołowe (blockchain) to zagadnienia prak-tycznie codziennie dyskutowane w odnie-

sieniu do przyszłości przemysłu włókienni-czego. Przedłożona *Strategia UE na rzecz zrównoważonych wyrobów włókienniczych o obiegu zamkniętym (EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles)*. Zgodnie z przedstawionym dokumentem, sektor tek-stylny czeka sporo zmian. Do 2030 r. wyro-by włókiennicze wprowadzane na rynek UE mają być trwałe i nadające się do recyklingu, w znacznym stopniu wykonane z włókien pochodzących z recyklingu, wolne od sub-stancji niebezpiecznych i produkowane z poszanowaniem praw społecznych i śro-dowiska. Strategia stanowi jeden z elemen-tów opublikowanego przez KE zestawu ini-cjatyw, które mają przyspieszyć przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym (GOZ) Więcej informacji pod adresem:

https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-Strategia-UE-dla-sektora-w%C5%82okienniczego_pl

Strategia zawiera szeroki katalog działań mających na celu dostosowanie działalności przemysłu włókienniczego i odzieżowego do osiągnięcia zrównoważonej produkcji i kon-sumpcji, który będzie ponadto konkurencyj-nym i nowoczesnym rynkiem, odpornym na kryzysy. Celem Komisji jest takie zreforma-wanie unijnego sektora tekstylnego, aby w krótkim czasie stał się on globalnym pio-nierem transformacji łańcuchów wartości sektora na cyrkularne, innowacyjne, trans-parentne oraz przyjazne środowisku. Kom-isja podaje, że sektor tekstylny i odzieżowy „ma duże znaczenie gospodarcze i może odgrywać istotną rolę w gospodarce cyrku-lacyjnej”. W latach 2000-2015 światowa produkcja tekstyliów wzrosła niemal dwu-krotnie, a do 2030 r., przy nie zmienionych zasadach funkcjonowania tego sektora, spodziewany jest wzrost konsumpcji odzieży i obuwia o 63 proc. Równoległe z tą nieu-stanną ekspansją rośnie negatywny wpływ sektora na zasoby naturalne, zużycie wody i energii czy klimat.

Wśród kluczowych działań wymienionych w strategii wskazuje się wiążące wymogi dotyczące „ekoprojektu” dla konkretnych produktów w celu poprawy właściwości użytkowych wyrobów włókienniczych pod względem trwałości, możliwości ponownego użycia, zdolności do recyklingu i obowiąz-

kowej zawartości włókien pochodzących z recyklingu. Możliwości zminimalizowania i śledzenia obecności substancji potencjalnie niebezpiecznych oraz ograniczenia negatywnego wpływu na klimat i środowisko. Ma to wydłużyć okres użytkowania odzieży i wraz z nowymi zasadami dotyczącymi rozszerzonej odpowiedzialności producenta na mocy dyrektywy ramowej w sprawie odpadów staną się kamieniem milowym w kierunku nowego paradygmatu atrakcyjnych alternatyw dla szybko zmieniających się trendów w modzie. Przepisy te dotyczyć mają ponadto problemu niezamierzonego uwalniania mikrodrobin włókien syntetycznych. - Komisja planuje zająć się różnymi etapami cyklu życia, na których może dojść do uwalniania mikroplastyki z włókien syntetycznych, w szczególności poprzez wiążące wymagania projektowe, a także w ramach planowanej inicjatywy KE dotyczącej mikroplastyki.

Strategia zwraca ponadto uwagę na kolejną bolączkę sektora - umyślne niszczenie niesprzedanych wyrobów. Aby zniechęcić do tego typu praktyk wprowadzony ma zostać „obowiązek przejrzystości, zgodnie z którym duże przedsiębiorstwa będą musiały publicznie ujawniać liczbę produktów, które wyrzucają i niszczą, w tym tekstyliów, oraz określić dalsze postępowanie w zakresie przygotowania ich do ponownego użycia, recyklingu, spalania lub składowania”.



„Ecomoda” to jeden z ważnych programów UE mających na celu ograniczenie masowej produkcji odzieży.

Wśród rozwiązań, które miałyby zachęcić producentów do projektowania zrównoważonych wyrobów, wymienia się obciążenie ich odpowiedzialnością za powstałe z tych

wyrobów odpady. – KE zaproponuje zharmonizowane unijne zasady rozszerzonej odpowiedzialności producenta w odniesieniu do tekstyliów wraz z propozycją ponoszonych opłat. Działanie to stanowić ma część prac związanych z zaplanowaną na 2023 r. rewizją dyrektywy ramowej w sprawie odpadów.

Przepisy mają zobowiązać ponadto producentów do rzetelnego przedstawiania informacji na temat wyrobów tekstylnych sprzedawanych na rynku UE, w tym celu wprowadzony zostanie m.in. Cyfrowy Paszport Produktu.

Uczestnicy zarówno CLUTEX'u - Cluster wyrobów technicznych jak i CTPT'u są zobowiązani do uczestnictwa w obecnie realizowanych jak i przyszłych pracach organów Unii Europejskiej. Projekt ECOMODA przygotowuje młodych projektantów odzieży na czas limitowanych zasobów produktów włókienniczych i przestawienia się z tworzenia szybkich kolekcji na znacznie wolniejszą ich zmianę. W projekcie HiTechTex podjęto nowe badania europejskie nad wytwarzaniem zrównoważonych wyrobów na terenie obszaru wspólnotowego.

Partnership

HiTech-TEX partnership brings together 4 EU countries and 1 Non-EU Participant involving 4 regions with strong Textile and Clothing industry, competences, and skills.

TECHNOLOGICAL CENTRE FOR TEXTILE AND CLOTHING INDUSTRY OF PORTUGAL	CLUTEX	PORTUGAL (NORTE)
PROTECTOR ASSOCIATED COMPANIES (EMPRESAS ASSOCIADAS DE PROTECTOR)	AEI	SPAIN (CANTABRIA)
ASOCIACIÓN TEXTIL DE LA COMARCA VALLE DE JARÓN	ATEVAL	SPAIN (VALENCIA)
TEXTILE TECHNOLOGY CENTRE OF SLOVAKIA	NET	ITALY (TOSCANO)
ROMANIAN CHAMBER OF COMMERCE	CCC TTC	TURKEY (SİĞIRCI)
CLUTEX - PLAZIN	CLUTEX	GREEN REPUBLIC

W projekcie HiTechTex uczestniczy, jak podano na powyższym rysunku, czterech partnerów z UE i jeden z poza unijnych.

Dzięki tym i jeszcze innym projektom Czeska Republika na bieżąco wspiera i uczestniczy w wypracowaniu strategicznych dokumentów unijnych.

3. Działalność Centrum Badań Obuwia

Tomáš Sáha, Martina Černeková Centrum badań nauki i technologii, Univerzita Tomáše Bati ve Zliné, ČR

Naukowe Centrum Obuwia powstało w 2019 r. Zajmuje się rozwojem i testowaniem materiałów stosowanych w produkcji, technologią tworzenia i projektowania obuwia. Filozofią Centrum jest badanie i rozwój funkcjonalnego, bezpiecznego dla zdrowia i komfortowego w użytkowaniu obuwia. W strefie zainteresowania jest obuwie zdrowotne, projektowanie obuwia z uwzględnieniem rozwoju morfologii stopy, wytwarzaniem obuwia indywidualnego oraz nowymi możliwościami technologicznymi i materiałowymi. Centrum posiada akredytowane laboratorium testowania obuwia zgodnie z normą EN ISO/IEC 17025:2018.



Biodegradowalne obuwie – odpowiedni dobór surowców, już na etapie projektowania, ma pozwolić na wytwarzanie obuwia, jak widać na zdjęciu nie tylko sportowego, biodegradowalnego w kompostowniach.

4. Skuteczność filtracji wirusowej materiałów tekstylnych masek twarzowych

L. Tvrzová, M. Hrubanová, P. Nasadil, A. Blahová, P. Jarmičová Textilní zkušební ústav s.p., Brno, ČR

Skuteczność filtracji materiałów włókienniczych, stosowanych do masek na twarz, stała się w ostatnich dwóch latach niezmiernie istotna ze względu na pandemię COVID-19. Stosowane materiały, zwykle wielowarstwowe włókny, powinny skutecznie filtrować bakterie. Standardowa metoda oceny skuteczności filtracji zaleca stosowanie aerozolu bakterii *Staphylococcus aureus*. Użycie patogenów ogranicza zastosowanie tej metody. Podjęto prace zmierzające do wyeliminowania zagrożenia. Proponuje się za-

stąpienie *Staphylococcus aureus* stabilnym w aerozolu bakteriofag Phi-X 174 i ich rozmiarów (24-27nm). Wyznaczana efektywna skuteczność filtracji wirusów FE, według Autorów wystąpienia, daje bardziej właściwą informację o bezpiecznej skuteczności masek tekstylnych.



Filtration efficiency

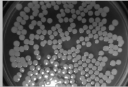
- Testing run – 2 positive controls – without mask
- mean of the total plate counts
- mean particle size (MPS) value

Filtration efficiency (FE) – BFE or VFE

$$FE(\%) = \frac{CPC - CS}{CPC} \times 100$$

• CPC – the mean of the two total positive control counts

• CS is the total specimen count



Warunki wykonania badania i zależność z jakiej obliczano skuteczność filtracji materiału stosowanego na maski twarzowe.

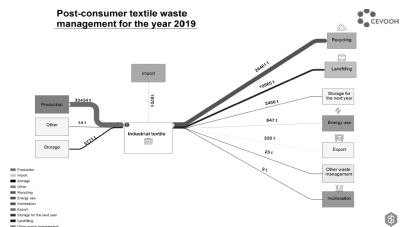
5. Analiza przepływu materiałowego odpadów tekstylnych w Czechach

Anastasia Shtukurova, Ústav chemických procesů AV ČR, Praga, ČR

Ilość odprowadzanych odpadów włókienniczych w ostatnich kilku dekadach ma zdecydowany trend wzrostowy. Związane jest to z nadmierną konsumpcją tych wyrobów wynikającą z relatywnie niskich kosztów ich zakupu, szybko zmieniających się nowych kolekcji, wzrostu populacji i wyższego standardu życia. Zarówno produkcja tekstyliów jak i ich składowanie w postaci odpadów wpływa na zanieczyszczenie środowiska przyczyniając się do wytwarzania gazów cieplarnianych.

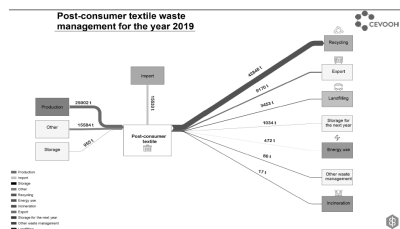
W 2020 r. w Unii Europejskiej adoptowano Circular Economy Action Plan - Plan postępowania przy wdrażaniu gospodarki obiegu zamkniętego (CEAP), w którym odpady mają być również źródłem surowców do ponownego przetwarzania. Założenia tego dokumentu UE winy być zaadoptowane w prawie krajów członkowskich. W Czeskiej Republice stało się to w 2021 roku i będzie wymagać istotnych zmian w prze-

twarzaniu odpadów tekstylnych. Wymaga to wykonania analizy przepływu odpadów włókienniczych na terytorium Czech co tworzy obraz źródeł ich powstawania, jak na przykład podano na poniższym rysunku.



Ilościowa i jakościowa analiza pochodzenia wyrobów tekstylnych z przemysłu i ich podział w zależności od sposobu zagospodarowania w postaci odpadów.

Z wykonanej analizy wynika, że ilość wytworzonych odpadów tekstylnych w przemyśle czeskim wynosiła 70405 ton w 2010 roku i 87840 ton w 2019 roku co wskazuje na niewielki przyrost tych odpadów w analizowanym okresie. Natomiast ilość odpadów włókienniczych pochodzących z gospodarstw domowych wyniosła 37393 ton w 2019 roku i była prawie dziesięciokrotnie wyższa w porównaniu do roku 2010. Dodatkowo analiza wywożonych zanieczyszczeń miejskich wskazuje, że zawierają one około 7% różnego typu składników tekstylnych, które można by ponownie przetworzyć.



Ilościowa i jakościowa analiza pochodzenia wyrobów tekstylnych w gospodarstwach domowych i ich podział w zależności od sposobu zagospodarowania w postaci odpadów.

W konkluzji Autorka stwierdziła, że Czeska Republika nie jest dostatecznie przygotowana do wdrożenia CEAP w zakresie odpadów włókienniczych ze względu na ich

stały przyrost i brak technologicznych możliwości recyklingu.

6. Recykling tekstyliów samochodowych poprzez podejście cyfrowe: projekt Digi-Prime

Omar Maschi CENTROCOT Spa, Busto Arsizio, Włochy

7. Recykling tekstyliów - analiza możliwości

Jakub Wiener, Technická universita v Liberci, ČR

8. Wyniki pilotażowych testów oczyszczalni ścieków zawierających reaktywne barwniki i wody nadtlenkowe

Jana Krivanková¹, Denisa Šindlerová¹, Markéta Hlávková¹, Marika Tringelová² ENVI-PUR, s.r.o., Praga, ²TEBO, a.s., Nová Včelnice, ČR

9. Tekstylia w drodze do gospodarki o obiegu zamkniętym. Czy odpady tekstylne mogą stanowić dochodowy biznes...?

Jan Marek, inoTEX spol. sro, Dvůr Králové n.L., ČR

10. Zrównoważone tekstylia zawierające naturalne barwniki do odzieży chroniącej przed promieniowaniem UV

Joanna Olczyk, Joanna Lewartowska, Bogumił Gajdzicki, Anetta Walawska Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny, Łódź, Polska

Promieniowanie ultrafioletowe ze względu na swój znaczny potencjał destrukcyjny powoduje szereg chorób. Zagrożenia wynikające z nadmiernej ekspozycji na promieniowanie UV to powszechne oparzenia słoneczne, procesy fotostarzenia się skóry, a także różnego rodzaju reakcje fototoksyczne, choroby układu odpornościowego oraz zagrażające życiu nowotwory skóry. WHO zaleca stosowanie odpowiedniej odzieży, zakrywającej jak największą powierzchnię ciała. Oddychające wyroby z włókien celulozowych (bawełna, bawełna organiczna, wiskoza, len), białe lub barwione, nie zapewniają odpowiedniego poziomu ochrony na intensywność światła. Właściwo-

ści barierowe tego typu produktów można zwiększyć stosując m.in. naturalne barwniki i absorbery UV. W ostatnim czasie zainteresowanie barwnikami naturalnymi wzrosło ze względu na rosnące oczekiwania klientów poszukujących wyrobów odzieżowych przyjaznych dla środowiska i człowieka. Barwniki naturalne to wszelkie środki barwiące – barwniki i pigmenty – pozyskiwane głównie z roślin, zwierząt lub minerałów.

W prezentacji przedstawiono wyniki prac badawczych nad ekologicznymi, trwałymi materiałami chroniącymi człowieka przed szkodliwym działaniem promieniowania ultrafioletowego (UV), wykonanymi z bawełny organicznej uzyskane poprzez zastosowanie wyselekcjonowanych naturalnych barwników oraz nowego reaktywnego absorbera UV o wysokiej absorpcji molowej. Materiały te przeznaczone są na odzież, w szczególności dla dzieci i osób o skórze wrażliwej na światło.

Dokonano instrumentalnej oceny użytych barw i właściwości barierowych wyrobów tekstylnych na promieniowanie UV, wyrażonych wartością UPF (Ultraviolet Protection Factor), wyznaczaną na podstawie pomiarów transmitancji UV przez wyrób włókienniczy. Ze względu na obszar zastosowania nowych materiałów zbadano parametry komfortu fizjologicznego – przepuszczalność powietrza, odporność na parę wodną z wykorzystaniem modelu sztucznej skóry oraz ich właściwości użytkowe, w tym trwałość dzianin na przekłucia oraz odporność kolorów na pranie, pot, tarcie i sztuczne światło.

Dla wybranych nowo opracowanych produktów z bawełny organicznej, zawierających w swojej strukturze naturalny barwnik oraz nowy pochłaniacz promieniowania UV, przeprowadzono specjalistyczne testy podrażnień wg OECD. Ponadto przedstawiono wyniki badań właściwości przeciwdrobnoustrojowych na podstawie oceny działania przeciwbakteryjnego wobec Gram (+) *Staphylococcus aureus* i Gram (-) *Escherichia coli*.

Kolekcja odzieży została przygotowana z materiałów wyprodukowanych w warunkach

przemysłowych w przedsiębiorstwie produkcyjnym JANIS Sp. z o.o.

11. Aplikacja mobilna do wykonywania pomiarów trwałości kolorów tekstyliów i skór za pomocą telefonu komórkowego

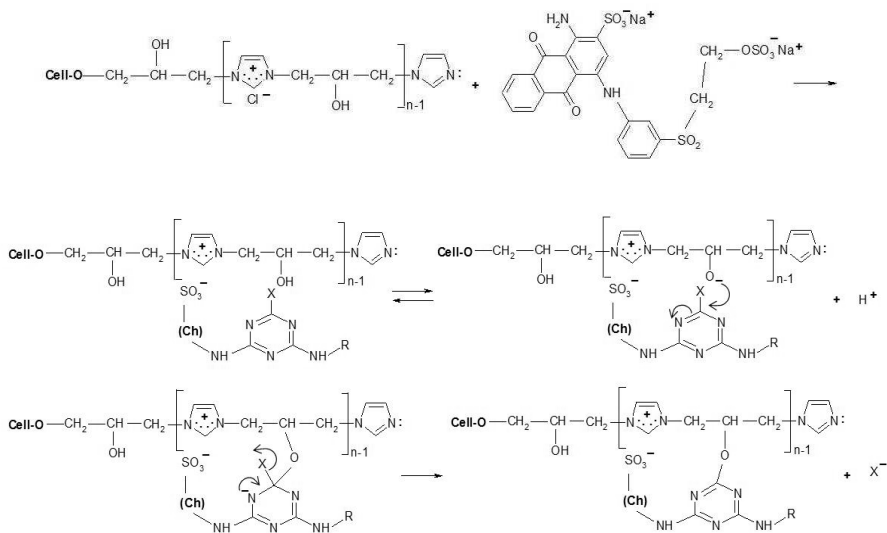
Patrick Wallrafen Kuraray Europe GmbH, Niemcy

12. Mechanizm wiązania barwników reaktywnych z celulozą kationizowaną kopolimerem (chlorometylo)oksirano-1H-imidazolu (Texamin ECE New)

Stanisław Prus¹, Piotr Kulpiński¹, Edyta Matyas-Zgondek¹, Krzysztof Wojciechowski²

¹Katedra Inżynierii Mechanicznej, Informatyki i Chemii Materiałów Polimerowych, Politechnika Łódzka, Łódź, Polska ²Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych, Politechnika Łódzka, Łódź, Polska

Wprowadzenie grup kationowych do łańcucha celulozy w procesie modyfikacji całkowicie zmienia ładunek na powierzchni włókna bawełny z ujemnego na częściowo lub całkowicie dodatni. Oddziaływania elektrostatyczne pomiędzy anionowymi barwnikami reaktywnymi i zmodyfikowaną celulozą pozwalają na ich jednoczesne wyczerpywanie i utrwalanie. Stwierdzono i potwierdzono eksperymentalnie, że barwniki reaktywne podczas procesu barwienia bawełny kationizowanej kopolimerem (chlorometylo)oksirano-1H-imidazolu (Texamin ECE New) tworzą wiązania kowalencyjne w reakcji z grupą hydroksylową zlokalizowaną w czynniku modyfikującym zamiast z grupą hydroksylową w pierścieniu glukopiranozy (rys. 1). Reakcję można przeprowadzić bez soli i zasad w temperaturze pokojowej. W podobny sposób przebiega w tych warunkach również reakcja między reaktywnym barwnikiem, a samym kopolimerem, co potwierdzono za pomocą chromatografii TLC. Analiza optymalizacji cząstek z wykorzystaniem mechaniki molekularnej MM + oraz obliczeń kwantowo-chemicznych PM3 metodą wszystkich orbitali walencyjnych potwierdziła eksperymentalne wyniki wynikające z wysokiej aktywności nukleofilu powstającego na grupie hydroksylowej w łańcuchu modyfikatora.



Rys. 1. Proponowany schemat mechanizmu reakcji

W oparciu o uzyskane wyniki zaproponowano mechanizm reakcji tworzenia wiązania kowalencyjnego pomiędzy układem reaktywnym barwnika, a grupą hydroksylową w modyfikatorze kationowym celulozy. Grupa ta znajduje się w sąsiedztwie czwartorzędowej grupy amoniowej modyfikatora. Tworzenie wiązania następuje wg mechanizmu substytucji dla barwników chlorotriazynowych (jak na rysunku powyżej) lub addycji dla barwników z układem winylosulfonowym. W analizowanych warunkach nie zachodzi proces barwienia niemodyfikowanej celulozy, a tylko jej zabrudzenie. Wyniki potwierdzono wykonując ekstrakcję zabarwionych prób wrzącym dimetyloformamidem podczas której barwnik niezwiązany kowalencyjnie (zhydrolizowany lub związany jonowo) ulega pełnej ekstrakcji z włókna celulozowego niemodyfikowanego i modyfikowanego.

13. Wełna jako sorbent hydrolizatu barwników reaktywnych

Jana Šašková, Technická universita v Liberci, ČR

Oczyszczanie ścieków barwionych to temat, któremu poświęcono wiele prac. W przypadku barwienia celulozy barwnikami reaktywnymi ten temat jest nawet ważniejszy niż w przypadku innych systemów, głównie ze względu na stosunkowo dużą ilość zhydrolizowanych anionów barwnika, które pozostają w kąpeli po procesie barwienia. Jak wiadomo hydrolizat ten nie nadaje się do dalszego barwienia bawełny. Jednak ze względu na swoją jonowość ma potencjał, aby być stosowany podobnie jak kwaśne barwniki do barwienia wełny.

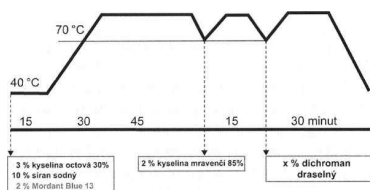
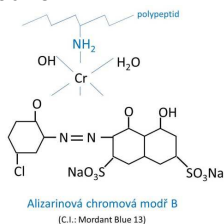
Z przedstawionej pracy wynika, że przy odpowiednim dostosowaniu pH kąpiel pozostała po farbowaniu barwnikami reaktywnymi może być efektywnie wykorzystana do barwienia wełny. Ponadto materiał wełniany może być wykorzystany jako sorbent do hydrolizatu barwnika podczas końcowego

prania barwników reaktywnych. Może to skrócić czas technologiczny i zużycie wody.

14. Zastąpienie dichromianu potasu po barwieniu barwnikami chromowymi?

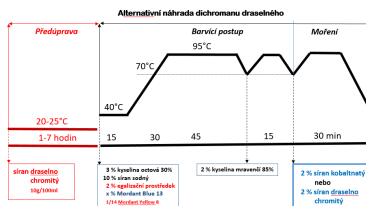
Martin Némec, Synthesia a.s., Pardubice, ČR

Prezentacja dotyczyła możliwości zastąpienia dichromianu potasu jako źródła Cr^{+6} w procesach chromowania po barwieniu barwnikami do chromowania w barwieniu tkanin wełnianych barwnikiem Alizarine Chrome Blue B 117/B 140 innymi preparatami pozwalającymi na tworzenie kompleksów z barwnikiem i włóknem jak na poniższym przykładzie:



Rysunek 1. Klasyczna procedura barwienia, po které następuje obrábka dichromianem potasu

Různé sole zostały przetestowane jako odpowiednie zaprawy: $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, CuSO_4 , FeSO_2 , $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, KMnO_4 , $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ i CoSO_4 . Otrzymane zabarwienia wszystkich badanych soli nie pozwalają na uzyskanie błękitów i przesuwają kolorystykę w kierunku fioletu (w przypadku jonów Fe^{+2} i Fe^{+3} w kierunku kolorów brązowych). Wstępna obróbka materiału w roztworze siarczanu potasowo-chromowego ma wpływ na pożądany odcień dla siarczanu kobaltu i siarczanu potasowo-chromowego stosowanego jako zaprawa po właściwym wybarwieniu.



Rysunek 2. Procedura alternatywna

Procedura alternatywna pokazuje raczej problem danego zastąpienia niż pełnowartościowego zastąpienia (konieczność wstępnej obróbki, środka wyrównującego, barwnika niuansowego, legislacji).

15. Wykańczanie ognioodporne odzieży ochronnej - zastosowanie w procesie prania i regeneracja efektu FR w celu przedłużenia żywotności

Lenka Martinková inoTEX spol. sro, Dvůr Králové n.L., ČR

W projekcie CleanProtect (Czeskie Ministerstwo Przemysłu i Handlu: TRIO, FV40146, 2018-2022) opracowano i zweryfikowano technologię trwałego wykończenia ognioodpornego TEXA-FLAM DFR we współpracy INOTEX-u z pralnią przemysłową Pradelna LOTOS, s.r.o. oraz Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego w Pradze, do funkcjonalizacji odzieży ochronnej i tekstyliów domowych w procesach pralniczych. Określono warunki odtworzenia efektu FR jak również liczbę cykli prania.

Apretura ognioodporna TEXAFLAM DFR jest przeznaczona do wyrobów tekstylnych ze 100% bawełny i mieszanek Co/PES z zawartością PES do 65%. Potwierdzono, że zawartość włókien syntetycznych w istotny sposób przyczynia się do przywrócenia utraty wytrzymałości na rozciąganie po obróbce wykończeniowej FR. W wyniku wyższej odporności mechanicznej uzyskano wydłużenie żywotności materiałów mieszanych w porównaniu z konstrukcją z czystej bawełny, co stanowi istotną zaletę w warunkach wynajmu serwisowego pralni.

Aplikacja wykańczająca TEXAFLAM DFR w etapach: zwilżanie-wirowanie-suszenie-

obróbka w wysokiej temperaturze, pranie utleniające/neutralizujące została zweryfikowana na materiałach i odzieży klientów pralni Pradelna LOTOS w laboratorium, a następnie ustalono warunki dla prób przemysłowych w pralni komercyjnej. Wyniki badań palności zgodnie z normami EN ISO 12025 i EN ISO 14116 (INDEX 3) potwierdziły jednorodny i niezawodny efekt ognioodporności stabilny w powtarzanych cyklach prania.

Oceniono parametry mechaniczno-fizyczne i fizjologiczne według odpowiednich metod badawczych, potwierdzono komfort noszenia gotowej odzieży. Ponadto zweryfikowano możliwość połączenia wykończenia FR z wykończeniem hydrofobowym/przeciw brudzeniu (DWOR) pod kątem osiągnięć w zakresie efektów bariery wielofunkcyjnej. Bezpieczeństwo zdrowotne wyrobów gotowych FR zostało potwierdzone w NIPH Praga (test cytotoxyczności in vitro EN ISO 10993-5:2010 oraz test podrażnienia skóry Colipa). Produkty do wykańczania TEXA-FLAM DFR są dostępne w INOTEX.

16. Obróbka powierzchni organicznymi materiałami fotoaktywnymi w celu zapobiegania osadzaniu się zanieczyszczeń

Lubomír Kubáč¹, R. Koříková¹, J. Černý¹, V. Trousil¹, M. Pummerová², K. Žetková³, L. Martinková⁴

¹Centrum organické chemie sro, Rybitví, ČR,

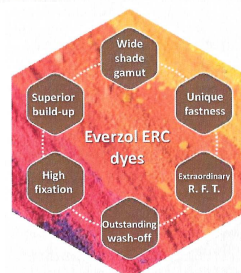
²Univerzita Tomáše Bati, Zlín, ČR, ³Synpo, akciová společnost, Pardubice, ČR, ⁴inoTEX Sp. sro, Dvůr Králové nad Labem, ČR

17. Everzol ERC - "Go Green Go Fast" - nowa ekologiczna koncepcja kolorystyczna

Lawrence Song Kierownik działu, marketing techniczny i serwis Everlight, Tajwan

Nowo opracowane barwniki reaktywne Everzol ERC mogą znacznie przyczynić się do przyjaznego dla środowiska procesu barwienia tekstyliów. W porównaniu z konwencjonalnymi barwnikami reaktywnymi do barwienia na ciemne odcienie, barwniki Everzol ERC zmniejszają ogromne dawki barwników, elektrolitów i ilość ścieków, oszczędzając wodę, energię i czas procesu. Paleta

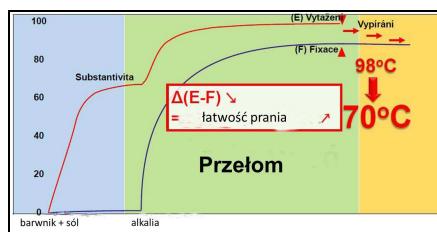
tych barwników zawiera następujące pozycje:

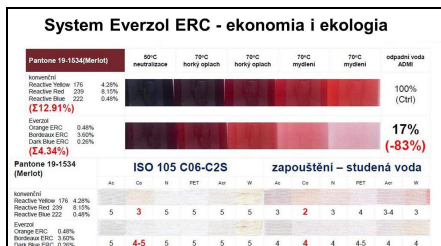
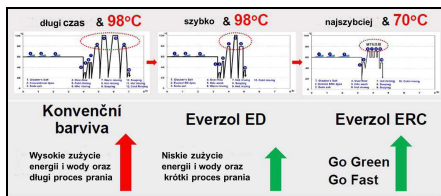


Wysokie wymagania przemysłu barwienia tekstyliów dotyczące kompaktowego procesu prania, oszczędzania wody i energii, skłoniły do przejścia od pomysłu do praktyki na miejscu. Procesy prania MT/ MTS/ HT, w połączeniu z barwnikami Everzol ERC, zapewniają najbardziej efektywną skuteczność tej operacji technologicznej.

Klasyfikacja metod prania:

- **MT** – umiarkowana temperatura 70 °C bez środka piorącego
- **MTS** - umiarkowana temperatura 70 °C ze środkiem piorącym
- **HT** – wysoka temperatura 98 °C ze środkiem piorącym





Firma EVERLIGHT/TW, dołączyła do grona sponsorów konferencji i jest wspierana w ČR dystrybucją i pełną obsługą kolorystyczną przez InoTEX. Skorzystanie z tej nowej oferty jest bardzo trafnym rozwiązaniem w duchu używanego dzisiaj hasła „**Go green-go fast**” – znacznie zwiększa się efektywność kąpieli dzięki zmniejszonemu dozowaniu soli i alternatywnym opcjom skrócenia reżimów prania po barwieniu. Oszczędzając wodę, energię i czas.

18. Włókna i tekstylia na bazie kwasu hialuronowego

Jolana Kubčková, Kristýna Skuhrovcová, Lucie Horáčková, Vladimír Velebný, Josef Chmelář, Contipro a.s., Dolní Dobruška, ČR

Kwas hialuronowy (HA) to anionowy liniowy polisacharyd, który jest naturalnym składnikiem ludzkiego organizmu. Występuje m.in. w skórze, chrząstce, płynie maziowym lub macierzy pozakomórkowej. Kwas hialuronowy odgrywa ważną rolę w procesach takich jak nawilżenie, natłuszczenie i naturalna regeneracja tkanek. Ze względu na swój unikalny zestaw korzystnych właściwości i wrodzoną biogodność, HA jest często stosowany w kosmetyce i medycynie. Konkretnymi przykładami zastosowań HA są produkty do pielęgnacji i rewitalizacji skóry, krople do oczu stosowane w leczeniu zespołu suchego oka, leczeniu chorób stawów czy gojeniu ran przewlekłych. Aby zapewnić optymalne właściwości w tak różnych zastosowaniach, konieczne jest przetworzenie kwasu hialuronowego w różne formy aplikacji. Do niektórych zastosowań odpowiednia będzie postać roztworu, do innych najlepiej będzie pasował żel, a do dalszych zastosowań wymagane będą formy stałe, w tym włókna, nici i tekstylia.

Firma Contipro a.s. opracowała całe portfolio form włóknistych z natywnego HA i jego różnych pochodnych. Z technologicznego punktu widzenia formy włókniste można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa to nanowłókna ($< 1 \mu\text{m}$) przygotowane metodą elektroprzędzenia z wykorzystaniem autoroskiej technologii 4SPIN. Nanowłókna można osadzać na różnych podłożach tekstylnych lub, jeśli ich masa jest wystarczająca, można również wytwarzać warstwy samonośne. Druga grupa to mikrowłókna przygotowane metodą przędzenia na mokro. Otrzymane włókna ($= 100 \mu\text{m}$) mogą być przetwarzane na nici, a następnie na tekstylia przy użyciu klasycznych technologii włókienniczych. Specyficznym przykładem są włókniny, które przygotowuje się analogicznie do papieru czerpanego, dając miękkie, papieropodobne tekstylia HA. W zależności od pożądaných właściwości możliwe jest przetwarzanie natywnego kwasu hialuronowego, różnych

po pochodnych kwasu hialuronowego i innych polimerów zarówno na nanowłókna, jak i mikrowłókna. Możliwe jest również wprowadzanie różnych składników aktywnych, w tym peptydów. W ten sposób możemy przygotować materiały włókniste o znacznych różnicach w ich właściwościach końcowych, które nadają się do szerokiego zakresu możliwych zastosowań.

* * *

Konferencja zakończyła się krótkim podsumowaniem przez Jana Marka, przewodniczącego STCHK.

Pierwszego dnia wieczorem uczestnicy konferencji mieli przyjemność wziąć udział w spotkaniu koleżeńskim, które zostało przez organizatorów przygotowane w uroczym i zabytkowym miejskim browarze zlokalizowanym przy głównym rynku w Hradec Králové, aby podyskutować o zagadnieniach naukowo-technicznych, współpracy pomiędzy organizacjami i odnowić relacje koleżeńskie zaburzone pandemią.

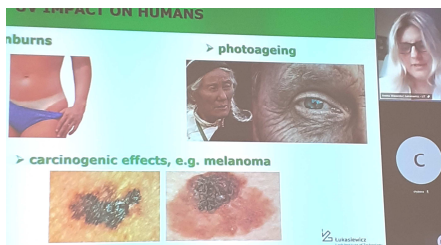
Zainteresowanych szerszą informacją zawartą w wygłoszonych prezentacjach zapraszamy do bezpośredniego kontaktu z autorami opracowania.



Fot. 1. Uczestnicy konferencji



Fot. 2. Uczestnicy polskiej delegacji



Fot. 3. Anetta Walawska podczas prezentacji on-line



Fot. 4. Stanisław Prus w dyskusji z Przewodniczącym konferencji Janem Markiem o Texaminie ECE New



Fot. 5. Spotkanie i dyskusja w miejskim browarze Hradec Králové



Fot. 6. I zastępca gubernatora okręgu Hradec Králové – Pavel Bulíček (z prawej) – w dyskusjach z uczestnikami konferencji na wieczornym spotkaniu

*Wesołych Świąt
i Szczęśliwego Nowego Roku*

Z okazji Świąt Bożego Narodzenia oraz zbliżającego się Nowego Roku
pragniemy serdecznie podziękować za dotychczasową współpracę
oraz złożyć Naszym Klientom, Przyjaciółom i Sympatykom
moc gorących życzeń, zdrowia, szczęścia i wszelkiej pomyślności.

Życzenia składa zespół Tanachem



an official partner of
TANATEX[®]
CHEMICALS



www.tanatexchemicals.com

Dosiego Roku 2023



Wszystkim Klientom i Przyjaciółom
serdeczne życzenia wesołych
i spokojnych Świąt Bożego Narodzenia
oraz pomyślności w Nowym Roku 2023
składa Barbara Lechtańska
Tel. 601 945 910
barbara.lechtanska@wp.pl



**Radosnych i spokojnych, pełnych ciepła i nadziei
Świąt Bożego Narodzenia
oraz wszelkiej pomyślności i osiągnięcia sukcesów,
cierpliwości i wytrwałości w realizacji planów
i dalszej owocnej współpracy w nadchodzącym 2023 roku
składają naszym Przyjaciołom i Klientom
Zarząd i Pracownicy Firm**

TEXCHEM TH  REX



Najserdeczniejsze życzenia szczęśliwych i radosnych
Świąt Bożego Narodzenia
oraz wszelkiej pomyślności i sukcesów
w nadchodzącym Nowym Roku,
wraz z podziękowaniami za dotychczasową współpracę
składa

swisscolor
wszystko dla włókiennictwa



WESOŁYCH
ŚWIĄT

|

SZCZĘŚLIWEGO
NOWEGO ROKU 2023

