

*Renata Salerno-Kochan*  
Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

# Innowacje produktowe branży włókienniczej

## Streszczenie

W artykule scharakteryzowano wybrane innowacje produktowe branży włókienniczej, będące efektem zastosowania nanotechnologii, biotechnologii i tekstroniki, w kontekście szans i zagrożeń związanych z ich rozwojem i komercjalizacją. Wykazano, że współczesny przemysł wyrobów tekstylnych i odzieżowych dostarcza już nie tylko wyrobów zaspokajających podstawowe potrzeby człowieka w zakresie ubioru czy wystroju wnętrz, ale produkuje wyroby tekstylne funkcjonalne o różnorodnym zastosowaniu. Oprócz pozytywnych aspektów rozwoju innowacji produktowych branży włókienniczej, zwrócono także uwagę na czynniki utrudniające ich rozwój i komercjalizację, a także na wątpliwości związane z ich oddziaływaniem na zdrowie człowieka i środowisko naturalne, podczas użytkowania i konserwacji wyrobów.

**Słowa kluczowe:** innowacje produktowe, nanotekstylija, biotekstylija, wyroby tekstroniczne.

## 1. Wprowadzenie

Innowacyjność jest istotnym elementem postępu i rozwoju gospodarczego świata. W dobie światowego kryzysu gospodarczego i wzmożonej rywalizacji przedsiębiorstw, ukierunkowanej już nie tyle na wzmocnieniu pozycji konkurencyjnej firmy, co raczej na utrzymaniu się na trudnym zglobalizowanym rynku, pojęcie to nabiera szczególnego znaczenia. Jest pożądaną cechą jednostki, przedsiębiorstwa, organizacji, instytucji naukowej, a także danego regionu czy kraju. Innowacyjność dotyczy wielu aspektów działalności ludzkiej, obejmującej

aktywność o charakterze naukowym, technicznym, organizacyjnym, finansowym i handlowym. Jej zasadniczym celem jest wprowadzanie zmian jakościowych w sferze technologii, organizacji pracy, zarządzania i marketingu. W kontekście towaroznawczym, szczególnie interesujące są zmiany odnoszące się do sfery technologicznej, obejmujące tzw. innowacje produktowe oraz procesowe. Należy mieć tu na myśli wprowadzenie dobra lub usługi, która jest nowa bądź znacząco ulepszona z punktu widzenia jej charakterystyki funkcjonalnej, obejmującej znaczące ulepszenia parametrów technicznych, komponentów i materiałów lub wdrożenie nowej lub ulepszonej metody produkcji lub metody z zakresu logistyki, w tym zmiany w zakresie technologii, urządzeń oraz oprogramowania. Innowacje mogą być efektem wykorzystania nowej wiedzy i technologii, jak również mogą powstać w wyniku nowej kombinacji istniejącej już wiedzy i technologii. Są wprowadzane z myślą o zmniejszeniu kosztów jednostkowych produkcji, zwiększeniu jakości, a także w celu wdrożenia produkcji nowych lub istotnie ulepszonych produktów [*Innowacje i transfer technologii...* 2008, s. 138–139].

Branża włókiennicza, choć postrzegana jest na ogół jako mało innowacyjna, należy jednak do tych gałęzi gospodarki, w których stosuje się innowacje technologiczne na coraz większą skalę. Należy tu wspomnieć przede wszystkim o najnowszych rozwiązaniach z zakresu nanotechnologii, biotechnologii oraz tekstroniki. Technologie te są stosowane niemal na każdym etapie życia wyrobu włókienniczego, począwszy od pozyskiwania nowych surowców – włókien tekstylnych, poprzez procesy tworzenia i wykończania wyrobów tekstylnych, a skończywszy na procesach zagospodarowania i utylizacji odpadów. Ważną rolę w rozwoju innowacyjności branży włókienniczej odgrywa także biomimetyka, nauka zajmująca się obserwacją i analizowaniem mechanizmów działania organizmów żywych i ich adaptacją dla potrzeb człowieka. Jest ona ważnym stymulatorem rozwoju technologii wykorzystywanych w procesach wytwarzania i modyfikacji tekstyliów od wielu lat [Eadie i Ghosh 2011].

Jak dowodzą liczne publikacje, stosowanie nowoczesnych technologii w branży włókienniczej, daje wymierne efekty w postaci innowacji produktowych, takich jak tekstylne wyroby funkcjonalne, charakteryzujące się niespotykanymi dotąd właściwościami lub łączące w sobie różne, wydawać by się mogło wykluczające się właściwości oraz produkty zasługujące na miano inteligentnych, wykazujące zdolność zmiany właściwości lub reagowania na bodźce zewnętrzne. Celem artykułu jest przedstawienie wybranych innowacji produktowych będących efektem wdrożenia do sektora włókienniczego nowoczesnych technologii, takich jak nanotechnologia, biotechnologia i tekstronika, w kontekście możliwości ich różnorodnego zastosowania, a także szans i zagrożeń związanych z ich dalszym rozwojem i komercjalizacją.

## 2. Innowacje produktowe w skali nano

Wytwory technologii działającej na poziomie nanometrowym, tj. atomów i cząsteczek cieszą się dużym zainteresowaniem sektora włókienniczego zarówno w obszarze wytwarzania włókien, ich modyfikacji, jak i wykończania wyrobów tekstylnych. Obecne możliwości technologiczne pozwalają na wytwarzanie ultracienkich włókien, o średnicy mniejszej bądź równej 100 nm, (rzadziej kilkuset nm), tj. prawie tysiąc razy cieńszych od ludzkiego włosa. Są one wytwarzane z różnych polimerów, zarówno naturalnych, jak i syntetycznych, a do najbardziej znanych należy zaliczyć nanowłókna celulozowe, białkowe, poliamidowe, akrylowe, polichlorowinyłowe, węglowe, ceramiczne oraz polipirolowe i polianilinowe. Ich cechą charakterystyczną jest wyjątkowo duże pole powierzchni właściwej, wynoszące od 0,1 do 1 g/m<sup>2</sup>, które warunkuje ich niezwykle właściwości zarówno mechaniczne, chemiczne, cieplne, elektryczne oraz biologiczne, w porównaniu ze standardowymi włóknami [*Nanomateriały...* 2010, s. 256–277]. Właściwości fizykochemiczne, jak i różnorodność surowców stosowanych do ich wytwarzania sprzyjają ich wielokierunkowemu zastosowaniu, jak na przykład w odzieży codziennej, sportowej, ochronnej, innej specjalistycznej, w medycynie, inżynierii tkankowej, w kosmetyce, w wojsku, w ochronie środowiska itp. [Širc *et al.* 2012].

Stosowanie nanowłókien w odzieży wpływa pozytywnie na jej właściwości użytkowe. Odzież taka charakteryzuje się dużą miękkością, delikatnością i lekkością, a dzięki zwartej strukturze nie wykazuje transparentności [Ahn, Park i Chung 2011, s. 1438; Prince 2012]. Wyroby z nanowłókien wykazują także doskonałe właściwości biofizyczne. Ich obecność w materiale powoduje zwiększenie powierzchni parowania, dzięki czemu materiały posiadają doskonałe właściwości chłodzące. Materiał szybko pochłania i oddaje pot oraz zapobiega wzrostowi temperatury ciała. Ponadto ze względu na efekt kapilary oraz zwiększoną nasiąkliwość, włókno wykazuje doskonałe właściwości wchłania i retencji wody. Przykładem włókien o takich właściwościach są nanowłókna poliestrowe Nanofront™ japońskiej firmy Teijin (<http://www.teijin.co.jp/english/product/poly/specifics/nanofront.html>, dostęp: 4.01.2013). Włókna te charakteryzują się grubością równą 700 nm i mogą być nawet 200 tysięcy razy bardziej elastyczne niż standardowe włókna poliestrowe o grubości 15 μm. Dodatkową właściwością nanowłókien jest zdolność stawiania dużego oporu, który generuje większe siły tarcia na powierzchni skóry. Właściwość ta została wykorzystana w bieliznie spalającej tłuszcz. Twórcy Nanofrontu™ deklarują, że podczas testów osoby noszące przez około 40 dni bieliznę wykonaną z tych włókien uzyskały „znaczne (kilkuprocentowe) zmniejszenie” tkanki tłuszczowej i tym samym obwodu pasa.

Dzięki doskonałej zdolności sorpcji cieczy (retencja nanowłókien celulozowych może sięgać nawet 1000%) nanowłókna są stosowane w medycynie. Wytwarza

się z nich m.in. opatrunki w formie samonośnych powłok włóknistych, które wpływają na przyspieszenie gojenia się ran (nanowłókna proteinowe na bazie kolagenu), a dzięki minimalnej porowatości, uniemożliwiają przedostanie się bakterii z zewnątrz do rany, przy zachowaniu wymiany gazowej [Chowdhury 2012]. Nanowłókna wykorzystywane są także jako nośniki leków. Szczególne zastosowanie mają tu nanorurki węglowe [Kam *et al.* 2004, s. 6850] lub membrany z polimerowych nanowłókien zawierających w swoim składzie leki [*Nanomateriały...* 2010, s. 283]. Dzięki nanometrycznym rozmiarom mogą one skutecznie przynosić lek do komórek. W ten sposób działanie leku jest bardziej ukierunkowane, a substancje aktywne utrzymują się dłużej niż w przypadku tradycyjnych metod podawania farmaceutyku. Nanowłókna są także wykorzystywane w inżynierii tkankowej. Wytwarza się z nich siatki chirurgiczne, protezy naczyniowe, rusztowania do regeneracji tkanki chrzęstnej, kostnej lub nerwowej [*Nanomateriały...* 2010, s. 278–282; Liu 2012, s. 141].

Kolejnym przykładem zastosowania nanowłókien są sensory montowane w odzieży lub w formie opasek umożliwiające monitorowanie pracy mięśni lub stymulowanie ich pracę, co może być wykorzystane w rehabilitacji pacjentów po urazach. Wykorzystanie w nich polimerów elektroprzewodzących zapewnia skuteczne przesyłanie bodźców do odbiornika przy jednoczesnym zachowaniu komfortu użytkownika opaski.

Innym kierunkiem zastosowań nanowłókien są materiały filtracyjne. Charakteryzują się one bardzo zwartą strukturą, umożliwiającą wychwycenie najmniejszych zanieczyszczeń o wielkości kilku nanometrów. Jest to efekt niezwykle małej grubości włókien oraz zmniejszonej odległości pomiędzy włóknami. Charakteryzują się one także dużą chłonnością. Są w stanie wchłonać nawet 20 razy więcej ropy naftowej niż same ważą, ponadto można z nich odzyskać ropę, a filtr ponownie użyć [Błoński 2008]. Filtry takie stosowane są także w motoryzacji i w filtrach przemysłowych, np. w oczyszczaniu powietrza, czy do oddzielania od siebie substancji silnie toksycznych. Są skutecznym narzędziem w walce o zachowanie czystego środowiska naturalnego. Ponadto dzięki możliwościom, jakie daje proces elektroprzędzenia, podczas którego do polimeru włóknotwórczego można wprowadzać substancje dodatkowe, takie jak na przykład biocydy [De Vrieze *et al.* 2012], czy żywe bakterie [Liu *et al.* 2009] można uzyskać bakteriobójcze lub biologiczne filtry stosowane w oczyszczaniu wody.

Dobre perspektywy rozwoju mają także tekstylia nanokomponentowe, powstałe w wyniku modyfikacji struktury wewnętrznej lub powierzchni włókien standardowych. Są one otrzymywane metodami chemicznymi, fizykochemicznymi, biochemicznymi oraz fizycznymi. Zastosowanie różnorodnych nanododatków, nawet w niewielkiej, kilkuprocentowej ilości, pozwala na uzyskanie różnorodnych efektów jakościowych i ilościowych. Do najczęściej stosowanych nanododatków

Tabela 1. Analiza SWOT nanotekstyliów

Mocne strony	Słabe strony
<p>Włókna o niespotykanych dotąd właściwościach:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– o bardzo dużej wytrzymałości na rozciąganie w odniesieniu do masy liniowej, niskim wydłużeniu przy zerwaniu oraz doskonałej elastyczności i sprężystości</li> <li>– o doskonałej chłonności i przepuszczalności wilgoci</li> <li>– o dużej miękkości i delikatności zapewniającej przyjemny chwyt</li> </ul>	<p>Kosztowna technologia wytwarzania (drogie wyposażenie laboratoriów oraz linie produkcyjne)</p> <p>Wysoki koszt produktu</p> <p>Ograniczona trwałość powłok zawierających nanokomponenty</p> <p>Możliwy niekorzystny wpływ na człowieka i środowisko, zwłaszcza w odniesieniu do stosowania nanokomponentów w postaci powłok</p>
<p>Możliwość wykorzystania polimerów naturalnych, odnawialnych i syntetycznych</p> <p>możliwość modyfikacji włókien standardowych nanokomponentami w strukturze polimeru lub stosowanie nanokomponentów w postaci impregnatów</p>	
<p>Szeroka gama nanokomponentów pozwalająca na uzyskanie specyficznych właściwości (elektroprzewodzących, bakterioobójczych, bakteriostatycznych, wytrzymałościowych itp.)</p>	
<p>Możliwość uzyskania zwartych struktur o właściwościach wodoodpornych, nieprzepuszczalnych dla zanieczyszczeń</p>	
Szanse	Zagrożenia
<p>Dalszy rozwój nanotechnologii i wynikający z niego rozwój nanotekstyliów funkcjonalnych i inteligentnych</p>	<p>Brak zainteresowania ze strony konsumentów detalicznych ze względu na wysoką cenę</p>
<p>Nowy asortyment wyrobów komercyjnych powszechnego użytku, charakteryzujących się wysoką wartością dodaną i wysoką jakością</p>	<p>Brak zainteresowania wśród producentów ze względu na wysokie koszty wytwarzania nanotekstyliów</p>
<p>Nowe obszary zastosowań specjalistycznych (wojsko, medycyna, inżynieria tkankowa, ochrona środowiska)</p>	

Źródło: opracowanie własne.

należą: krzemiany warstwowe (montmorylonit MMT), krzemionka, fulereny oraz nanorurki węglowe (CNT), kreda, grafit, sadza, metale i ich związki [Olejnik 2008, s. 27; Qian i Hinestroza 2004]. Do najbardziej popularnych, należą jony srebra zawarte w bieliźnie sportowej, w wyrobach pończoszniczych, materacach i pościeli. Nanocząsteczki srebra o wielkości od 1 do 5 nm dodawane są w procesie przędzenia włókien (np. Active Tex, SeaSell Active) [Hipler, Elsner i Fluhr 2006] lub nanoszone są jako powłoki (np. X-Static, Sanitized® Silver) (<http://www.x->

-static.it/en/, <http://www.sanitized.com>, dostęp: 4.01.2013). Nawet niewielki ich dodatek pozwala na uzyskanie właściwości bakteriobójczych, antystatycznych i termoregulujących. Obecność jonów srebra eliminuje także przykre zapachy. Podobny efekt można uzyskać przez dodatek chitosanu, ditlenku krzemu, ditlenku tytanu lub tlenku cynku. Nanododatki w wyrobach tekstylnych w postaci ditlenku tytanu lub tlenku cynku zwiększają także ochronę przed szkodliwym promieniowaniem UV. W zależności od rodzaju włókna efekt ochronny przed promieniowaniem UV można uzyskać na poziomie faktora równego 50 SPF, co zapewnia idealną ochronę, tj. na poziomie 97,5 – 99% [Beringer 2005]. Kolejną korzyścią stosowania nanododatków jest nadanie tekstyliom właściwości umożliwiających samooczyszczanie (Carneiro *et al.* 2011, Željko *et al.* 2011). Właściwość tę, doskonale znaną w przyrodzie pod pojęciem „efektu liścia lotosu” [Fürstner i Barthlott 2005], można uzyskać poprzez wprowadzenie CNT, fluoroakrylu, ditlenku krzemu lub tytanu. Z kolei zastosowanie nanorurek węglowych lub motmorylonitu nadaje tekstyliom właściwości niepalne, a obecność ditlenku glinu, krzemu lub tlenku cynku wpływa na wzrost wytrzymałości mechanicznej materiałów. Możliwość modyfikacji tekstyliów nanokomponentami otwiera nowe kierunki zastosowań zarówno w odniesieniu do materiałów stosowanych w odzieży codziennej, jak i na potrzeby wojska, policji, służb ratowniczych czy medycyny.

Analizując perspektywy rozwoju innowacji produktowych sektora włókienniczego z zastosowaniem nanotechnologii, należy zwrócić uwagę na duży potencjał tej technologii w kształtowaniu właściwości wyrobów tekstylnych. Ta grupa wyrobów będzie miała w przyszłości nowe zastosowania. Istnieją jednak także pewne ograniczenia, które mogą utrudniać dalszy rozwój i komercjalizację nanotekstyliów (tabela 1).

### 3. Biotekstylia w ochronie środowiska i w medycynie

Innowacyjnymi produktami włókienniczymi zasługującymi na omówienie są także biotekstylia. Obejmują one różnorodne produkty, w tym biowłókna oraz materiały przetworzone będące wytworem branży włókienniczej, wykorzystującej głównie osiągnięcia biotechnologii, ale także innych dziedzin nauki, jak wspomnianej wcześniej nanotechnologii.

Biowłókna są włóknami tekstylnymi zbudowanymi z biopolimerów będących wytworem przyrody (roślinne i zwierzęce włókna naturalne) lub wytwarzanych w drodze fermentacji surowców odnawialnych, lub z zastosowaniem innych bioprocessów, w celu zastąpienia wyczerpywanych surowców ropopochodnych. Korzyści wynikające z produkcji włókien biopolimerowych wiążą się nie tylko z dbałością o zasoby naturalne Ziemi, ale także z innymi aspektami ochrony

środowiska, jak na przykład z niższym zużyciem energii, w porównaniu z procesami wytwarzania włókien syntetycznych, brakiem szkodliwych odpadów przemysłowych oraz ich biodegradowalnością. Do najbardziej znanych biopolimerów należy zaliczyć poliestry alifatyczne, wśród których największe zainteresowanie wzbudza poli(kwas mlekowy) PLA otrzymywany z kwasu L-mlekowego, powstającego w wyniku fermentacji cukrów z surowców roślinnych. Jest to tworzywo włóknotwórcze nazywane podwójnie zielonym, ponieważ jest zarówno biodegradowalne, jak i otrzymywane z surowców odnawialnych [Foltynowicz i Jakubiak 2002]. Poza tym charakteryzuje się dobrymi właściwościami termicznymi. W organizmie rozkłada się do kwasu mlekowego, dzięki czemu tworzywo to wykorzystywane jest do wytwarzania rozpuszczalnych nici chirurgicznych lub nośników leków w formie membran z nanowłókien, o czym wspomniano wcześniej. Inne biopolimery, otrzymywane z odtwarzalnych źródeł surowcowych, to celuloza, alginiany, pochodne chityny, zwłaszcza chitozan. Polimery te z uwagi na swoje specjalne właściwości, a w szczególności biodegradowalność, biogodność, nietoksyczność oraz specyficzne właściwości użytkowe, stanowią istotną bazę do produkcji wyrobów włókienniczych przyjaznych dla człowieka [Kirilovs i Kukle 2010, Malinowski 2008]. Mogą być również stosowane w innych niż włókiennictwo działach gospodarki, takich jak medycyna, budownictwo i transport. Należy zaznaczyć, że chociaż obecnie produkcja biopolimerów wynosi zaledwie 400 000 t/r., co stanowi ok. 0,5% produkcji włókien tekstylnych (przy łącznej produkcji włókien wynoszącej ok. 70 mln t/r.), biopolimery uważane są za materiały polimerowe przyszłości.

Termin biotekstylija odnosi się do materiałów przetworzonych występujących w formie wyrobów liniowych i płaskich. Mogą być one wytwarzane z biowłókien lub w wyniku modyfikacji standardowych włókien i materiałów tekstylnych w wyniku różnych zabiegów, najczęściej na etapie wykończalniczym. Pojęcie to odnosi się zatem zarówno do tekstyliów otrzymywanych w drodze procesów biochemicznych, materiałów wytworzonych z włókien standardowych, którym poprzez modyfikację nadano właściwości bakteriobójcze lub grzybobójcze (w formie nanododatków lub innej), a także w stosunku do materiałów, które zostały zaprojektowane w celu zastosowania ich w środowisku biologicznym, w którym wymagane są takie właściwości jest biotrwałość i biogodność w odniesieniu do komórek ludzkich i płynów ustrojowych. Biorąc pod uwagę właściwości, jakimi cechują się biotekstylija, mają one największe zastosowanie w inżynierii tkankowej (protezy naczyń krwionośnych, zastawki serca, sztuczna skóra, wchłaniające stenty uwalniające leki itp.) [Sumanasinghe i King 2003, *Abbott Gets...* 2011], a także w innych zastosowaniach medycznych, jako opatrunki, bandaże, opaski uciskowe itp. [Struszczyk i Olejnik 2010].



Tabela 2. Analiza SWOT biotekstyliów

Mocne strony	Słabe strony
Stosowanie polimerów odnawialnych (celuloza, białko, chitozan, poli(kwas mlekowy)) zastępujących włókna syntetyczne	Słaby marketing oraz oferta biotekstyliów powszechnego użytku
Właściwości przydane w wielu dziedzinach zastosowań, a zwłaszcza w medycynie (biotrwałość, biodegradowalność) i ochronie środowiska (biodegradowalność)	Wyższe ceny biotekstyliów w porównaniu z wyrobami konwencjonalnymi
Modyfikacja włókien i materiałów przetworzonych na etapie wykończalniczym (właściwości bakteriobójcze, bakteriostatyczne, grzybobójcze)	Zainteresowanie jednostek badawczych i producentów głównie medtekstyliami i związana z tym marginalizacja pozostałych rodzajów biotekstyliów
	Niska trwałość biowłókien, gorsze właściwości mechaniczne w porównaniu z włóknami syntetycznymi
Szansy	Zagrożenia
Biowłókna i procesy biochemicznej ich obróbki szansą na realizację idei czystszej produkcji oraz minimalizację odpadów użytkowych	Brak zainteresowania konsumentów detalicznych wyrobami z biowłókien w wyniku słabego stopnia świadomości ekologicznej i obawą o ich niską trwałość
Poszerzenie asortymentu wyrobów o zastosowaniach specjalistycznych (medycyna, inżynieria tkankowa, ochrona środowiska) i wyrobów powszechnego użytku (tekstyli o właściwościach prozdrowotnych, tekstylia antybakteryjne i dezodorujące)	Kierowanie się ceną jako podstawowym kryterium podejmowania decyzji o zakupie wyrobu tekstylnego, a nie jego funkcjonalnością
	Brak zainteresowania producentów tekstyliów wdrażaniem nowych technologii

Źródło: opracowanie własne.

Charakteryzując innowacje produktowe przemysłu wyrobów tekstylnych w aspekcie wykorzystania biotechnologii w procesach ich wytwarzania, nie można pominąć roli innowacji procesowych. Biotechnologia dostarcza wielu możliwości zastąpienia niebezpiecznych, mniej wydajnych i szkodliwych dla środowiska naturalnego procesów chemicznych, bezpiecznymi procesami biochemicznymi, które wpływają na zmianę właściwości włókien i materiałów tekstylnych. Przykładem procesu wykorzystywanego w obróbce włókna i wyrobów włókienniczych jest biokataliza enzymatyczna. Jest ona stosowana m.in. do odtłuszczenia wełny, modyfikacji włókien syntetycznych, nabłyszczania przędzy, natłuszczania tekstyliów, czy w procesie stone-wash pozwalającym na uzyskanie efektu wytartych jeansów bez obniżenia ich właściwości mechanicznych. Poprzez enzymatyczną modyfikację struktur chemicznych lub fizycznych, polegającą na zmianie mikrotopografii powierzchni włókna, połączonej ze zmianami budowy cząsteczkowej, które wynikają z degradacji molekularnej tworzywa amorficznego warstw powierzchniowych włókna, uzyskuje się także zmianę właściwości tarciovych oraz adhezywnych



ważnych dla wyglądu oraz właściwości przetwórczych i użytkowych włókien [Chen *et al.* 2007, Krucińska 2007, Machnowski i Kotlińska 2008].

W tabeli 2 przedstawiono mocne i słabe strony biotekstyliów, a także szanse rozwoju tej grupy wyrobów i związane z nim zagrożenia.

#### 4. E-tekstylia na co dzień i do zadań specjalnych

E-tekstylia, zwane także wyrobami tekstronicznymi, to kolejna i bardzo różnorodna grupa produktów innowacyjnych sektora włókienniczego. Są one wytworem tekstroniki, rozwijającej się dziedziny nauki łączącej wieloobszarową wiedzę z zakresu włókiennictwa, elektroniki i informatyki, a także automatyki i metrologii. Wyroby te posiadają cechy sensora odbierającego bodziec zewnętrzny, procesora – przetwarzającego odebrany bodziec i urządzenia wykonawczego, które pozwala na wywołanie reakcji w postaci określonej odpowiedzi [Gniotek, Stempień i Zięba 2003, s. 17]. Wizualnie nie wyróżniają się one czymś szczególnym w porównaniu ze zwykłymi wyrobami. Po wnikliwszej obserwacji można jednak w nich dostrzec zintegrowane sieci czujników/sensorów, powiązanych włóknistymi siłownikami.

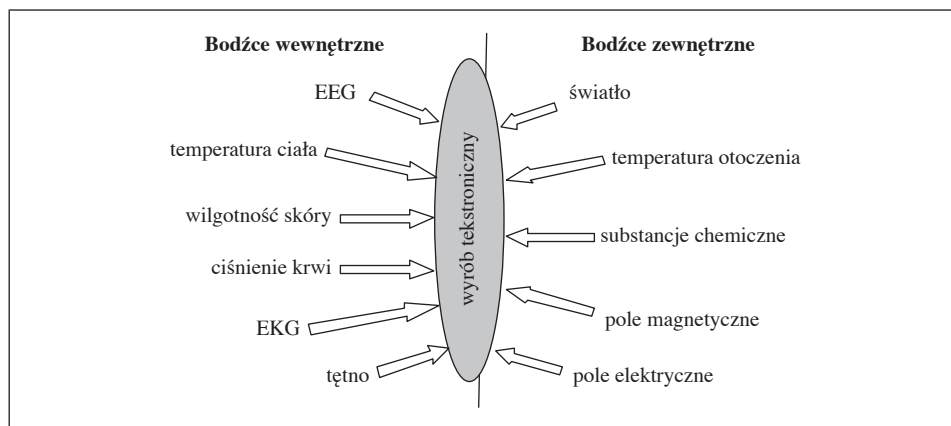
Genezą powstania e-tekstyliów była tzw. elektronika noszona, dla której konieczne było wprowadzenie rozwiązań umożliwiających wygodne korzystanie z tych urządzeń poprzez zintegrowanie ich z odzieżą noszoną na co dzień w jedną funkcjonalną całość. Jednym z pierwszych wyrobów tego typu była, wprowadzona w 2000 r. przez firmy Levis i Philips, kurtka jeansowa integrująca telefon komórkowy, odtwarzacz mp3, słuchawki i mikrofon. Urządzenia elektroniczne umieszczone były w specjalnych kieszeniach i połączone były techniką bezprzewodową. Całość zestawu wymagała jednak rozmontowywania przed praniem, co stanowiło dużą niedogodność dla użytkownika. Ponadto wysoka cena, ok. 800 funtów, nie zachęcała potencjalnych klientów do jej zakupu. Choć wyrób ten nie odniósł sukcesu rynkowego, zapoczątkował jednak rozwój technologii „smart” i uważany jest za prekursora wyrobów tekstronicznych powszechnego użytku [Hurford 2009, s. 27].

Obecnie badania w zakresie tekstroniki skoncentrowane są na udoskonalaniu technik łączenia multimedialnych ze słuchawkami i źródłem zasilania za pośrednictwem prostej sieci bardzo cienkich przewodów oraz złączek, które wplata się w tkaninę ubrania. Znajdują tu zastosowanie włókna elektroprzewodzące, takie jak: polipirol lub polianilina, włókna nanowęglowe, stalowe, miedziane lub standardowe włókna wiskozowe lub poliestrowe pokryte powłoką z polimerów elektroprzewodzących [Avloni, Henn i Lau 2007, Bashir 2012, Król *et al.* 2010]. Zastosowanie wodoodpornych przewodów i układów sterujących sprawia, że multimedialne wyroby odzieżowe można prać w zwykłych pralkach.

Dużym wyzwaniem tekstroniki jest także poszukiwanie nowych źródeł zasilania, które zastępowałyby duże, ciężkie, a zarazem niewygodne akumulatory zewnętrzne. Znajdują tu zastosowanie elastyczne generatory słoneczne, które oprócz funkcji zasilania mogą stanowić ciekawy element designu, a także najbardziej pożądane tekstroniczne źródła energii w postaci generatorów piezoelektrycznych lub termicznych. Warto zaznaczyć, że badania w tym obszarze zmierzają do opracowania technologii pozwalającej na pobieranie i przetwarzanie energii, jaką wytwarza ludzki organizm w czasie pracy lub spaceru tak, aby odzież mogła się stać źródłem zasilania urządzeń elektronicznych [Startner 1996, Yeatman i Mitcheson 2012]. Przykładowo umieszczenie sensorów piezoelektrycznych, np. w podeszwach butów, pozwala na transformację energii mechanicznej ruchu w sygnał elektryczny i wykorzystanie jej do zasilania małych urządzeń elektronicznych. Biorąc pod uwagę, że podczas spaceru organizm ludzki wytwarza energię mechaniczną o mocy ponad 300 W, za pomocą przetwornika piezoelektrycznego można uzyskać prąd elektryczny o mocy 60 W. Z kolei sensory termiczne, zamontowane na przykład w bieliźnie, pozwalają na przetwarzanie energii cieplnej ciała w sygnał elektryczny. Efektywność ich działania jest jednak, jak na razie, na niskim poziomie. W zależności od różnicy temperatury pomiędzy dwoma ośrodkami, np. ludzkiego ciała i otoczenia, energię na poziomie 300–850 mW można uzyskać z powierzchni 1,7 m<sup>2</sup>. Wiązałoby się to z koniecznością pokrycia termoelektrycznymi generatorami całego ciała [Min 2009, s. 222–223].

Rozważając możliwości komercjalizacji multimedialnych wyrobów odzieżowych, należy stwierdzić, że pomimo bardzo ciekawych rozwiązań funkcjonalnych, jakie one oferują, oraz poprawy ich właściwości użytkowych, wciąż podstawowym mankamentem tych wyrobów jest ich wysoka cena. Stanowi ona na tyle istotną barierę dla detalicznego odbiorcy, że trudno liczyć na handlowy sukces tego typu wyrobów w najbliższych latach. Nawet zachęcająco brzmiące hasła marketingowe, jak np. „kurtka skierowana do technologicznie progresywnych, modnych mężczyzn” [Cieślak 2004], „social denim” (<http://www.crunchwear.com/replays-social-denim-jeans-lets-you-update-facebook-on-the-fly>), co w wolnym tłumaczeniu może brzmieć „jeansy dla użytkowników portali społecznościowych”, nie wydają się wystarczającym bodźcem dla konsumenta, by skłonić go do zakupu kurtki o wartości 600 euro, czy spodni za 250 dol. Przeprowadzona analiza ofert handlowych wskazuje, że w chwili obecnej producenci odzieży coraz rzadziej zamieszczają w swojej ofercie handlowej multimedialne wyroby odzieżowe z przeznaczeniem dla odbiorców detalicznych.

Dobre perspektywy wykorzystania e-tekstyliów oraz rozwoju tekstroniki istnieją w obszarze wytwarzania odzieży sportowej, specjalistycznej i zawodowej, przeznaczonej dla służb ratowniczych, wojska, policji, a także w innych obszarach, jak medycyna, transport samochodowy i lotniczy [Hurford 2009,



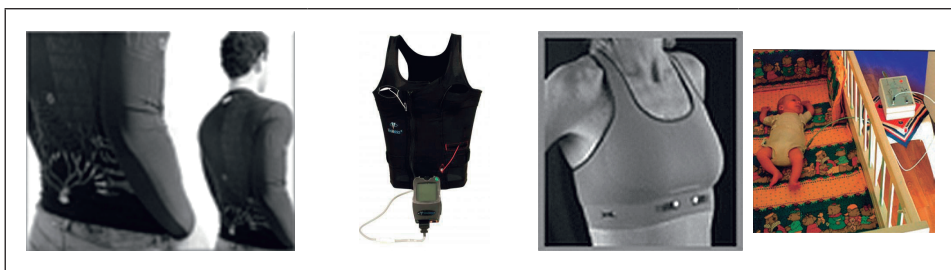
Rys. 1. Bodźce odbierane przez wyroby tekstroniczne

Źródło: opracowanie własne.

Pachła 2011, Schumm *et al.* 2010, Walter *et al.* 2011]. Poprzez zastosowanie odpowiednich czujników odbierających różne bodźce (rys. 1), wyroby tekstroniczne mogą spełniać funkcje monitorujące, komunikacyjne, informacyjne i użytkowe. W ten sposób stają się wyrobami interaktywnymi, zapewniającymi pasywną lub aktywną ochronę i zasługującymi na miano wyrobów inteligentnych [Krucińska 2007, s. 42; Malmivaara 2009, s. 5; Makarewicz 2005].

Dzięki możliwościom zastosowania zespołu czujników wplecionych w strukturę materiału e-tekstyli umożliwiają monitorowanie czynności życiowych człowieka (rys. 2). Poprzez pomiary m.in. takich parametrów, jak: temperatura wewnętrzna oraz zewnętrzna, tętno, szybkość oddechu, ciśnienie krwi, czy wilgotność skóry, tekstylia mogą „czuć” nad bezpiecznym i efektywnym uprawianiem sportów, a co więcej umożliwiają diagnozowanie zdrowia pacjentów na odległość. Zastosowanie techniki bezprzewodowego przesyłania danych, np. do komputera lekarza prowadzącego [*Body Sensor Networks* 2006, Pantelopoulos i Bourbakis 2010, Tęsiorowski, Frydrysiak i Zięba 2011] stwarza szanse sprawowania skutecznej opieki zdrowotnej nad osobami starszymi lub przewlekle chorymi przebywającymi w domu. Rozwiązania te pozwalają na wyeliminowanie stresu związanego np. z pobytem pacjenta w szpitalu, a także przyczyniają się do obniżenia kosztów leczenia. Systemy takie są także stosowane w ubraniach dla dzieci. Jako przykład można wymienić piżamę „Mamagoose”, przeznaczoną dla niemowląt, która powstała jako efekt współpracy belgijskiej firmy Verhaert Designora i brukselskiego Université Libre de Bruxelles (ULB). Jej zadaniem jest zapobieganie Zespołowi Nagłego Zgonu Niemowląt (SIDS), czyli tzw. śmierci łóżeczkowej ([http://www.esa.int/Our\\_Activities/Technology/TTP2/New\\_pyjamas\\_could\\_revent\\_cot](http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2/New_pyjamas_could_revent_cot)

\_deaths). Czujniki wbudowane w materiał, z którego jest ona wytworzona, monitorują stan zdrowia dziecka przez całą dobę, a sygnałem dźwiękowym informują, gdy z niemowlęciem dzieje się coś niepokojącego.



Rys. 2. Wyroby tekstroniczne monitorujące czynności życiowe człowieka

Źródło: <http://www.parp.gov.pl/index/more/30286>, <http://vivoenotics.com/products/sensors/lifeshirt/>, <http://www.textronicsinc.com/health-wellness/>, [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Technology/TTP2](http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/TTP2), dostęp: 12.12.2012.

E-tekstylię potrafią także wykryć zagrożenia, takie jak obecność szkodliwych gazów i cieczy w otoczeniu, uruchomić alarm lub systemy ostrzegawcze, a tym samym w znaczny sposób mogą usprawnić komunikację i zautomatyzować pracę jednostek ratowniczych, wojska, policji itp. [Innowacje w sektorze... 2008, Hurford 2009]. Z kolei zastosowane w firankach, zasłonach, czy dywanach mogą stanowić niewidoczny system zabezpieczeń przed niepożądanymi gośćmi [Mosse 2012], system grzewczy lub element klimatyzujący, który napędzany energią elektryczną chłodzi otoczenie [Langer i Langer 2009].



Rys. 3. Termiczne wyroby tekstroniczne

Źródło: <http://www.warmx.de>, <http://fibretronic.com>, dostęp: 9.12.2012.

Dużym zainteresowaniem wśród odbiorców detalicznych zarówno tych aktywnych, uprawiających zawodowo lub rekreacyjnie sport, jak również ludzi starszych lub mających kłopoty krążeniowe, cieszą się wyroby tekstroniczne

Tabela 3. Analiza SWOT wyrobów tekstronicznych

Mocne strony	Słabe strony
<p>Wysoka funkcjonalność wyrobów tekstylnych i odzieżowych, obejmująca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– monitorowanie parametrów życiowych</li> <li>– monitorowanie bodźców zewnętrznych, w tym stężenia szkodliwych substancji, temperatury itp.</li> <li>– alarmowanie o zagrożeniach zewnętrznych komunikację z otoczeniem</li> <li>– wspomaganie procesów termoregulacji organizmu użytkownika</li> <li>– generowanie i akumulację energii</li> <li>– obsługę multimedialnych</li> </ul>	Wysoka cena wyrobów
	Uboga oferta handlowa, słaba promocja i mała dostępność wyrobów tekstronicznych na rynku detalicznym
	Brak wiedzy na temat wyrobów tekstronicznych wśród konsumentów i handlowców
	Niska trwałość i odporność e-tekstyliów na procesy użytkowania i konserwacji
	Konieczność rozmontowywania elementów elektronicznych przed praniem
Większe możliwości projektowe i wynikający z nich ciekawy design wyrobów	Duże i ciężkie źródła zasilania
Stosowanie najnowszych rozwiązań technologicznych, w tym nanotechnologii	Mała wydajność generatorów prądu wykorzystujących energię ludzkiego ciała
	Możliwość szkodliwego oddziaływania tekstroniki na organizm ludzki
Szanse	Zagrożenia
Nowy asortyment wyrobów charakteryzujący się wysoką wartością dodaną i wysoką jakością	Brak zainteresowania wyrobami tekstronicznymi wśród konsumentów
Różne obszary zastosowań: odzież sportowa i rekreacyjna, odzież ochronna i mundurowa, ochrona zdrowia, budownictwo, motoryzacja i transport	Brak zainteresowania wśród producentów wyrobów tekstylnych ze względu na wysokie koszty wytwarzania e-tekstyliów, związane z koniecznością wprowadzenia zaawansowanych technologii, zakupem urządzeń w celu uzyskania wyższego standardu produktu
Rozwój nowatorskich technologii w zakresie miniaturyzacji urządzeń elektronicznych, źródeł zasilania, sensorów odbierających bodźce, połączeń elementów tekstronicznych	Opór pracowników firmy wprowadzającej do produkcji wyroby tekstroniczne, wiążący się z koniecznością podnoszenia kwalifikacji i opanowania nowych technologii
Rozwój firm, zwiększenie obrotów i zysków, nowe rynki zbytu, zmiana wizerunku i poprawa konkurencyjności rynkowej firmy	Brak zainteresowania firm elektronicznych współpracą z firmami branży włókienniczej

Źródło: opracowanie własne.

wspomagające procesy termoregulacji ciała. Zastosowanie włókien elektroprzewodzących, wykazujących zdolność zmiany izolacyjności cieplnej, zintegrowanych z systemem grzewczym, pozwala na regulowanie temperatury wokół ciała użytkownika w zależności od warunków zewnętrznych, bez uszczerbku na komforcie użytkownika. Tekstylia te są coraz powszechniej stosowane w odzieży (koszulki, kamizelki, kurtki, rękawice, obuwie), wyrobach pończosznicych, tapicerce samochodowej czy w wyrobach pościelowych (rys. 3). Ich cena kształtuje się od 40 euro

wzwyż i, jak informują producenci, wyroby te cieszą się sporym zainteresowaniem wśród odbiorców detalicznych [*Fibretronic TM 2012, Warmx... 2012, Urban Lizard Ltd. 2012*].

Na podstawie omówionych przykładów innowacji produktowych można stwierdzić, że tekstronika stwarza ogromne możliwości różnorodnego stosowania i dalszego rozwoju tekstyliów. Wyroby te nie można postrzegać jednak wyłącznie poprzez pryzmat atutów. Należy uwzględnić także zagrożenia związane z ich stosowaniem i rozpowszechnianiem, na co zwrócono uwagę w analizie SWOT przedstawionej w tabeli 3.

## 5. Podsumowanie

Przedstawione przykłady innowacji produktowych branży włókienniczej dają podstawę do stwierdzenia, że sektor ten rozwija się wielokierunkowo i na podstawie najnowszych oraz wysoce zaawansowanych technologii. Rezultatem dynamicznych zmian, jakie zachodzą w tej branży, jest nowe spojrzenie na nią jako na nowoczesny przemysł, który dostarcza już nie tylko wyrobów zaspokajających podstawowe potrzeby ludzkie w zakresie ubioru czy wystroju wnętrz, ale produkujący wyroby tekstylne i odzieżowe powszechnego użytku, charakteryzujące się wysoką wartością dodaną, a także tekstylne wyroby specjalistyczne, bez których nie mogłyby już funkcjonować, takie obszary gospodarki, jak: budownictwo, transport, przemysł kosmetyczny, rolnictwo, a także medycyna, armia, ratownictwo oraz ochrona środowiska.

Przeprowadzona analiza SWOT innowacji produktowych przemysłu wyrobów tekstylnych pozwala zauważyć duży potencjał ich rozwoju. Związany jest on z rozwojem nauki w obszarze nanotechnologii, biotechnologii, elektroniki, automatyki i włókiennictwa, z ciągłym doskonaleniem wdrażanych procesów produkcyjnych, z poszukiwaniem nowych surowców włóknotwórczych oraz materiałów wykończeniowych, efektem których są lepsze lub zupełnie nowe właściwości tej grupy wyrobów. Należy zaznaczyć, że istnieją także czynniki utrudniające rozwój innowacyjności produktowej branży włókienniczej. Dużą barierą dla komercjalizacji tekstylnych produktów innowacyjnych jest ich wyższa w porównaniu z wyrobami tradycyjnymi cena, kierowanie się przez konsumentów ceną, a nie funkcjonalnością i jakością wyrobu podczas dokonywania zakupu, mała otwartość konsumentów na nowości oraz słaby marketing. Wiele wątpliwości dotyczy także aspektów zdrowotnych i środowiskowych w zakresie użytkowania i konserwacji niektórych produktów innowacyjnych.



## Literatura

- Abbott Gets Approval for Dissolvable Stent [2011], „Reuters”, January 11, <http://www.foxnews.com/health/2011/01/11/abbott-gets-approval-dissolvable-stent/>, dostęp: 10.01.2013.
- Ahn H.W., Park C.H., Chung S.E. [2011], *Waterproof and Breathable Properties of Nanoweb Applied Clothing*, „Textile Research Journal”, nr 81.
- Avloni J., Henn A., Lau R. [2007], *Development and Applications of Nano- and Microscale Layers of Conductive Polymers Applied onto Various Surfaces*, „Polymers in Electronics”, nr 1.
- Bashir T., Skrifvars M. [2012], *Production of PEDOT Coated Conductive Fibres for Smart & Interactive Textile Applications*, Abstarcts of 4<sup>th</sup> International Conference pt. „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Błoński M. [2008], *Nanowłókna oczyszczają wodę*, „Kopalnia Wiedzy.pl”, dostęp: 8.01.2013.
- Body Sensor Networks* [2006], ed. G.Z. Yang, Springer, London.
- Beringer J.N. [2005], *Nanotechnology in Textile Finishing. State of the Art and Future Prospect*, Hohenstein Institutes, Boston.
- Carneiro J.O. i in. [2011], *Photocatalytic Activity and UV-Protection of TiO<sub>2</sub> Nanocoatings on Poly(lactic acid) Fibres Deposited by Pulsed Magnetron Sputtering*, „Journal of Nanoscience and Nanotechnology”, vol. 11.
- Chen J. et al. [2007], *Research and Application of Biotechnology in Textile Industries in China*, „Enzyme and Microbial Technology”, nr 7.
- Chowdhury M.M.R. [2012], *Electrospinning Process. Nanofibers and their Applications*, <http://www.cottonbangladesh.com/January2009/ElectroSpinning.htm>, dostęp: 6.06.2012.
- Cieślak D. [2004], *mp3blue*, <http://www.pcworld.pl/news/69107/mp3blue.html>, dostęp: 11.12.2012.
- Eadie L. Ghosh T.K. [2011], *Biomimicry in Textiles: Past, Present and Potential*, „Journal of the Royal Society Interface”, 16 February.
- Foltynowicz Z., Jakubiak P. [2002], *Poly(lactid Acid) – Biodegradable Polymer Obtained from Vegetable Resources*, „Polimery”, nr 47.
- Gniotek K., Stempień Z., Zięba J. [2003], *Tekstronika – nowy obszar wiedzy*, „Przegląd Włókienniczy” nr 2.
- Fibretronic TM [2012], <http://fibretronic.com/>, dostęp: 9.12.2012.
- Fürstner R., Barthlott W. [2005], *Wetting and Self-Cleaning Properties of Artificial Superhydrophobic Surfaces*, „Langmuir”, vol. 21, nr 3.
- Hipler U.C., Elsner P., Fluhr J.W. [2006], *A New Silver-Loaded Cellulosic Fiber with Antifungal and Antibacterial Properties*, „Current Problems in Dermatology, Biofunctional Textiles and the Skin”, series ed. G. Burg, vol. 33.
- Hurford R.D. [2009], *Types of Smart Clothes and Wearable Technology*, „Smart Clothes and Wearable Technology”, eds. J. McCann i D. Bryson, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, New Delhi.
- Innowacje i transfer technologii. Słownik pojęć* [2008], red. K.B. Matusiak, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- Innowacje w sektorze tekstylny-odzieżowym na rynku europejskim* [2008], red. Z. Wysockińska, Politechnika Łódzka, Łódź.



- Kam N.W.S. *et al.* [2004], *Nanotube Molecular Transporters: Internalization of Carbon Nanotube-Protein Conjugates into Mammalian Cells*, „Journal of the American Chemical Society”, nr 22.
- Kirilovs E., Kukle S. [2010], *Biopolimers and their Development and Use*, „Scientific Journal of RTU”, nr 9.
- Krucińska I. [2007], *Diagnoza potencjału jednostek badawczo-rozwojowych i procesu komercjalizacji badań*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, Łódź.
- Król I.A. i in. [2010], *Surowce o właściwościach elektroprzewodzących w wyrobach wysokospecjalistycznych*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, nr 3–4.
- Langer K., Langer J.J. [2009], *E-tkaniny*, „Biulder. Materiały i Technologie”, [www.ebuilder.pl/index.php?act=article&sub=print&id=4575](http://www.ebuilder.pl/index.php?act=article&sub=print&id=4575), dostęp: 18.12.2012.
- Liu H. [2012], *Nanomaterials Improve Cellular Interactions for Medical Implants*, Abstracts of 4th International Conference „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Liu Y. *et al.* [2009], *Engineering of Bio-Hybrid Materials by Electrospinning Polymer-Microbe Fibers*, „PNAS”, vol. 106, nr 34.
- Machnowski W., Kotlińska A. [2008], *Nowe możliwości zastosowania enzymów proteolitycznych w obróbce wyrobów z włókien jedwabiu naturalnego*, „Przegląd Włókienniczy. Włókno. Odzież. Skóra”, nr 2.
- Malinowski R. [2008], *Polimery biodegradowalne*, Teka Kom. Bud. Ekspł. Masz. Elektrotech. Bud. – OL PAN.
- Malmivaara M. [2009], *The Emergence of Wearable Computing* [w:] *Smart Clothes and Wearable Technology*, eds. J. McCann, D. Bryson, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, New Delhi.
- Min G. [2009], *Power Supply Sources for Smart Textiles* [w:] *Smart Clothes and Wearable Technology*, eds. J. McCann, D. Bryson, Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, New Delhi.
- Mosse A. [2012], *Adaptive Textiles for the Home*, Proceedings of 4th International Conference „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Nanomateriały inżynierskie, konstrukcyjne i funkcjonalne* [2010], red. K. Kurzydłowski, M. Lewandowska, PWN, Warszawa.
- Olejnik M. [2008], *Nanokompozyty polimerowe – rola nanododatków*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, nr 1–2.
- Pachła J. [2011], *Ubrania przyszłości. Rażą prądem, ratują życie*, Money.pl.
- Pantelopoulos A., Bourbakis N.G. [2010], *A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis*, „Journal IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews”, vol. 40, nr 1.
- Prince A.P. [2012], *Nanotextiles*, „World of Garment-Textile-Fashion”, <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/8/713/nano-textiles1.asp>, dostęp: 9.06.2012.
- Qian L., Hinestroza J.P. [2004], *Application of Nanotechnology for High Performance Textiles*, „Journal of Textile and Apparel. Technology and Management”, vol. 4, nr 1.
- Schumm *et al.* [2010], *Unobtrusive Physiological Monitoring in an Airplane Seat*, „Personal and Ubiquitous Computing”, vol. 14, nr 6.
- Startner T. [1996], *Human-Powered Wearable Computing*, „IBM Systems Journal”, vol. 35, nr 3 i 4.

- Struszczyk M.H., Olejnik M. [2010], *Obecne i przyszłe zapotrzebowanie rynku na włókiennicze wyroby medyczne*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, nr 3–4.
- Sumanasinghe R.D., King M.W. [2003], *New Trends in Biotextiles – the Challenge of Tissue Engineering*, „Journal of Textile and Apparel, Technology and Management”, vol. 3, nr 2.
- Širc J. et al. [2012], *Morphological Characterization of Nanofibres: Methods and Application in Practice*, „Journal of Nanomaterials”, <http://www.hindawi.com/journals/jnm/2012/327369/>, dostęp: 10.01.2013.
- Teşiorowski Ł., Frydrysiak M., Zięba J. [2011], *Bezprzewodowy system monitorowania częstości rytmu oddechu i temperatury ciała*, „Elektronika – Konstrukcje, Technologie, Zastosowania”, nr 1.
- Urban Lizard Ltd. [2012], <http://urbanlizard.co.uk/>.
- Vrieze de S. et al. [2012], *Filtration Performance of Electrospun Polyamide Nanofibres Loaded with Bacteriocides*, „Textile Research Journal”, vol. 82, nr 1.
- Walter et al. [2011], *The Smart Car Seat: Personalized Monitoring of Vital Signs in Automotive Applications*, „Personal and Ubiquitous Computing” (on line), Springer, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2039113&dl=ACM&coll=DL&CFID=230040179&CFTOKEN=46740133>, dostęp: 15.12.2012.
- Yeatman E.M., Mitcheson P. [2012], *Energy Harvesting from Motion for Body Sensor Networks*, Proceedings of 4th International Conference „Smart Materials, Structures, Systems”, Montecatini Terme, June 10–14, Italy.
- Željko S. et al. [2011], *Application of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Obtaining Self-Decontaminating Smart Textiles*, „Scientific Technical Review”, vol. 61, nr 3–4.

## The Product Innovations of Textile Branch

This paper describes selected product innovations that have occurred in the textile industry thanks to the application of nanotechnology, biotechnology and textronics. The larger context is the opportunities and risks associated with the development and commercialisation of these processes. Beyond providing products to satisfy basic human needs including clothing and interior decoration, the modern textile industry manufactures functional textiles with a wide range of applications. Apart from the positive innovations that have occurred in the industry, the paper also looks at those factors that make the development and commercialisation of textiles difficult as well as concerns about their impact on human health and the environment during the use and maintenance of products.

**Keywords:** product innovations, nanotextiles, biotextiles, textronics.