



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



**NCBR**  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

# „TECHNOLOGIA PRODUKCJI I WŁAŚCIWOŚCI OPAKOWAŃ PAPIEROWYCH”

## rozwiniecie

## Spis treści

|   |    |
|---|----|
| Wstęp .....   | 4  |
| Klasyfikacja opakowań .....                             | 4  |
| Podział opakowań ze względu na materiał .....           | 4  |
| Rodzaje opakowań papierowych .....                      | 5  |
| Funkcje opakowań papierowych .....                      | 6  |
| Surowce do produkcji opakowań papierowych .....         | 6  |
| Włókna pierwotne i wtórne .....                         | 7  |
| Wpływ rodzaju surowca na właściwości opakowań .....     | 8  |
| Zasoby odnawialne i zrównoważona gospodarka leśna ..... | 8  |
| Technologia produkcji papieru i tektury .....           | 9  |
| Proces produkcji papieru .....                          | 9  |
| Rozwłóknianie i przygotowanie masy papierniczej .....   | 9  |
| Formowanie wstęgi papieru .....                         | 10 |
| Prasowanie i suszenie .....                             | 10 |
| Wykańczanie .....                                       | 10 |
| Produkcja tektury falistej .....                        | 10 |
| Budowa tektury falistej .....                           | 10 |
| Technologia wytwarzania .....                           | 11 |
| Innowacje technologiczne .....                          | 11 |
| Obróbka i uszlachetnianie opakowań papierowych .....    | 11 |
| Drukowanie na opakowaniach papierowych .....            | 12 |
| Laminowanie i powlekanie .....                          | 12 |
| Lakierowanie i tłoczenie .....                          | 13 |
| Klejenie i formowanie opakowań .....                    | 13 |
| Nowoczesne metody funkcjonalizacji .....                | 14 |
| Właściwości opakowań papierowych .....                  | 14 |
| Właściwości mechaniczne .....                           | 15 |
| Właściwości fizyczne i chemiczne .....                  | 15 |



|  |    |
|--|----|
| Właściwości estetyczne i drukowność.....                             | 16 |
| Biodegradowalność i recyklingowalność.....                           | 16 |
| Odporność na światło i starzenie się materiału.....                  | 17 |
| Zastosowanie opakowań papierowych.....                               | 17 |
| Przemysł spożywczy.....  | 17 |
| Branża e-commerce i logistyka.....                                   | 18 |
| Przemysł kosmetyczny i farmaceutyczny.....                           | 19 |
| Branża odzieżowa i detaliczna.....                                   | 19 |
| Opakowania przemysłowe i budowlane.....                              | 20 |
| Zastosowania specjalistyczne i innowacyjne.....                      | 20 |
| Ekologiczne aspekty produkcji i utylizacji opakowań papierowych..... | 20 |
| Wpływ produkcji papieru na środowisko.....                           | 21 |
| Recykling papieru i tektury.....                                     | 21 |
| Biodegradowalność i kompostowalność.....                             | 22 |
| Alternatywy dla powłok syntetycznych.....                            | 23 |
| Polityki i regulacje wspierające ekologiczną produkcję.....          | 23 |
| Podsumowanie ekologiczne.....  | 24 |
| Wyzwania i kierunki rozwoju opakowań papierowych.....                | 24 |
| Wyzwania technologiczne.....   | 24 |
| Wyzwania ekologiczne.....  | 25 |
| Trendy i kierunki rozwoju.....                                       | 25 |
| Współpraca branżowa i regulacje.....                                 | 26 |
| Podsumowanie.....  | 26 |
| Zakończenie.....   | 26 |
| BIBLIOGRAFIA.....  | 27 |



## Wstęp

W dobie intensywnego rozwoju przemysłu i rosnącej konsumpcji, opakowania odgrywają istotną rolę zarówno w transporcie i przechowywaniu towarów, jak i w komunikacji z konsumentem. Coraz większą uwagę przykładają się jednak nie tylko do funkcjonalności, ale również do wpływu opakowań na środowisko naturalne. W tym kontekście rosnącą popularność zdobywają opakowania papierowe, które postrzegane są jako bardziej przyjazne dla środowiska alternatywy dla tworzyw sztucznych.

Technologia produkcji opakowań papierowych rozwija się dynamicznie, obejmując zarówno klasyczne metody wytwarzania papieru i tektury, jak i nowoczesne techniki uszlachetniania oraz drukowania. Opakowania te, w zależności od zastosowanego materiału i procesu produkcji, mogą mieć różne właściwości fizyczne i funkcjonalne. Wyróżnia je biodegradowalność, wysoka podatność na recykling oraz szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu – od spożywczego po e-commerce.

Celem niniejszej pracy jest kompleksowe przedstawienie procesu produkcji opakowań papierowych, ich głównych właściwości, a także możliwości wykorzystania i wpływu na środowisko. W pracy poruszone zostaną również aktualne trendy oraz wyzwania związane z technologią i regulacjami dotyczącymi opakowań.

## Klasyfikacja opakowań

### Podział opakowań ze względu na materiał

Opakowania można klasyfikować według różnych kryteriów, z których jednym z najważniejszych jest rodzaj użytego materiału. Wyróżnia się przede wszystkim:

- **Opakowania papierowe i tekturowe** – wykonane z celulozy lub mas makulaturowych; lekkie, łatwe w obróbce i w pełni poddające się recyklingowi. Są powszechnie stosowane w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, kosmetycznym oraz w handlu internetowym.



- **Opakowania plastikowe** – charakteryzują się niską masą i dużą wytrzymałością, jednak ze względu na trudności w recyklingu i długotrwałą degradację środowiskową są coraz częściej wypierane przez alternatywy.
- **Opakowania metalowe** – wykorzystywane głównie do przechowywania produktów w puszkach (np. napoje, konserwy); dobrze chronią przed światłem i tlenem.
- **Opakowania szklane** – stosowane tam, gdzie wymagane jest zachowanie sterylności lub neutralności materiału względem zawartości (np. w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym).
- **Opakowania kompozytowe** – zawierające kilka warstw różnych materiałów, np. karton–aluminium–folia (typowe dla opakowań na mleko i soki).

Opakowania papierowe zyskały szczególną uwagę w kontekście transformacji ekologicznej, ponieważ są wytwarzane z surowców odnawialnych i podlegają biodegradacji, co czyni je bardziej przyjaznymi środowisku w porównaniu do opakowań plastikowych.

### Rodzaje opakowań papierowych

Papierowe opakowania można podzielić według ich konstrukcji i zastosowania:

- **Tektura falista** – wykorzystywana do produkcji opakowań transportowych (kartony zbiorcze, pudełka wysyłkowe). Składa się z warstw papieru i fali, która zwiększa sztywność konstrukcji.
- **Tektura lita** – grubsza niż papier, lecz bez warstwy falistej. Znajduje zastosowanie przy opakowaniach jednostkowych i ekskluzywnych (np. kosmetyki, alkohol).
- **Worki papierowe** – stosowane np. w przemyśle spożywczym, budowlanym, chemicznym; produkowane z papieru o podwyższonej wytrzymałości (kraft).
- **Torebki i saszetki** – lekkie opakowania do pakowania produktów sypkich lub drobnych, często z papieru barierowego.



- **Tacki, tuby, owijki** – nowoczesne formy opakowań papierowych, coraz częściej zastępujące tworzywa sztuczne w opakowaniach na żywność.

Każdy z powyższych rodzajów może być modyfikowany poprzez druk, laminowanie, lakierowanie czy inne techniki uszlachetniania, by zwiększyć jego funkcjonalność lub atrakcyjność wizualną.

### Funkcje opakowań papierowych

Opakowania pełnią kilka kluczowych funkcji, z których każda może być realizowana przez papier, o ile zastosowane zostaną odpowiednie technologie produkcyjne:

1. **Funkcja ochronna** – zabezpiecza produkt przed uszkodzeniem mechanicznym, wpływem czynników atmosferycznych, zabrudzeniem i kontaktem z innymi produktami. Tektura falista może chronić produkty w transporcie, a powleczony papier może działać jako bariera dla wilgoci.
2. **Funkcja informacyjna** – papier doskonale nadaje się do druku, dlatego opakowania papierowe są wykorzystywane do przekazywania informacji o produkcie, np. składników, daty przydatności czy kodów kreskowych.
3. **Funkcja marketingowa** – estetyka opakowania wpływa na decyzje zakupowe. Dobrze zaprojektowane opakowanie papierowe może przyciągać uwagę konsumenta i budować rozpoznawalność marki.
4. **Funkcja logistyczna** – opakowania papierowe (szczególnie zbiorcze) ułatwiają transport, magazynowanie i układanie produktów na paletach.
5. **Funkcja ekologiczna** – jako surowiec odnawialny i biodegradowalny, papier wpisuje się w ideę zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym.

### **Surowce do produkcji opakowań papierowych**

Produkcja opakowań papierowych wymaga zastosowania odpowiednio dobranych surowców, które mają bezpośredni wpływ na jakość, wytrzymałość, estetykę oraz właściwości użytkowe gotowego produktu. W tym rozdziale omówiono główne źródła



włókien celulozowych stosowanych w produkcji papieru i tektury, ich charakterystykę oraz znaczenie gospodarki surowcami odnawialnymi.

### Włókna pierwotne i wtórne

#### **Włókna pierwotne (celulozowe)**

Włókna pierwotne pozyskiwane są bezpośrednio z drewna. Są to długie włókna celulozowe, które charakteryzują się wysoką wytrzymałością mechaniczną. W zależności od pochodzenia drewna, rozróżniamy:

- **Drewno iglaste** (np. sosna, świerk) – zawiera długie i mocne włókna, idealne do produkcji opakowań o wysokiej odporności na rozrywanie i zgniatanie (np. tektura falista).
- **Drewno liściaste** (np. brzoza, buk) – zawiera krótsze włókna, wykorzystywane głównie jako uzupełnienie, poprawiające właściwości powierzchniowe papieru (gładkość, drukowność).

Proces wytwarzania celulozy z drewna obejmuje gotowanie w roztworach chemicznych (np. siarczanowych), oczyszczanie i wybielanie, co prowadzi do uzyskania czystych włókien celulozowych, pozbawionych ligniny i innych składników niecelulozowych.

#### **Włókna wtórne (makulaturowe)**

Włókna wtórne pochodzą z recyklingu zużytych papierów i tektur. Mogą pochodzić z:

- **Makulatury pokonsumenckiej** – np. opakowania po żywności, gazety, czasopisma.
- **Makulatury przemysłowej** – odpady z drukarni, biur, fabryk.

Włókna makulaturowe są tańsze i bardziej ekologiczne, ale mają ograniczoną żywotność – mogą być ponownie przetwarzane średnio 5–7 razy, zanim utracą odpowiednią długość i strukturę. Stąd często konieczne jest dodawanie pewnego



procentu włókien pierwotnych do masy makulaturowej w celu utrzymania wymaganej jakości papieru.

### Wpływ rodzaju surowca na właściwości opakowań

Rodzaj zastosowanego surowca papierniczego ma istotny wpływ na:

- **Wytrzymałość** – opakowania wykonane z włókien pierwotnych cechują się większą odpornością na zgniatanie, rozciąganie i wilgoć niż te z makulatury.
- **Estetykę** – włókna pierwotne pozwalają uzyskać bielszy i gładszy papier, co jest szczególnie istotne w opakowaniach ekskluzywnych i marketingowych.
- **Drukowość** – papier z włókien krótkich (np. z drewna liściastego) jest bardziej jednorodny i lepiej nadaje się do druku.
- **Recyklingowość** – opakowania z czystego papieru (bez laminatów i warstw plastikowych) łatwiej poddają się recyklingowi.

Dobrze zaprojektowany system produkcyjny powinien uwzględniać zarówno dostępność surowców, jak i ich wpływ na środowisko, trwałość produktu oraz oczekiwania rynku.

### Zasoby odnawialne i zrównoważona gospodarka leśna

Jednym z największych atutów opakowań papierowych jest to, że produkowane są ze surowców odnawialnych, głównie drewna pochodzącego z kontrolowanych upraw leśnych. Dzięki certyfikatом takim jak:

- **FSC (Forest Stewardship Council)**
- **PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification)**

konsumenci i producenci mają pewność, że drewno użyte do produkcji papieru pochodzi z lasów zarządzanych w sposób zrównoważony. Takie podejście minimalizuje negatywny wpływ na środowisko i sprzyja ochronie bioróżnorodności.

Ponadto coraz częściej wdrażane są **alternatywne źródła włókien**, takie jak:



- Włókna z konopi, bambusa, lnu
- Pozostałości rolnicze (np. słoma pszeniczna)
- Surowce z recyklingu tekstyliów

Choć ich wykorzystanie jest jeszcze ograniczone, rozwój technologii może w przyszłości zmniejszyć zależność od surowców drzewnych.

## Technologia produkcji papieru i tektury

Produkcja opakowań papierowych opiera się na zaawansowanych procesach technologicznych, które przekształcają surowce włókniste (włókna pierwotne i wtórne) w gotowy produkt o określonych właściwościach fizycznych, mechanicznych i wizualnych. Kluczowe etapy obejmują rozwłóknianie, formowanie wstęgi papieru, prasowanie, suszenie oraz ewentualne uszlachetnianie. Osobne procesy technologiczne dotyczą produkcji papieru i tektury falistej, które różnią się strukturą oraz zastosowaniem.

### Proces produkcji papieru

#### *Rozwłóknianie i przygotowanie masy papierniczej*

Pierwszym etapem produkcji papieru jest **rozwłóknianie surowca**, czyli rozdzielenie włókien celulozowych z drewna lub makulatury w wodnym środowisku. W przypadku włókien pierwotnych stosuje się procesy chemiczne (np. siarczanowy), natomiast przy recyklingu – mechaniczne rozdrabnianie makulatury z dodatkiem środków odbarwiających i czyszczących.

Do masy papierniczej dodaje się również substancje pomocnicze, takie jak:

- wypełniacze mineralne (np. kaolin, kreda) – poprawiające biel i gładkość,
- środki wiążące i kationowe – zwiększające wytrzymałość,
- barwniki – do uzyskiwania określonego koloru papieru.



### *Formowanie wstęgi papieru*

Gotowa masa jest doprowadzana do **maszyny papierniczej**, gdzie na sicie formującym następuje odwodnienie i uformowanie cienkiej, mokrej wstęgi papieru. Etap ten jest kluczowy dla uzyskania jednolitej struktury i grubości produktu.

### *Prasowanie i suszenie*

Woda pozostała w strukturze papieru jest usuwana w sekcji prasującej (mechaniczne odciskanie) i suszącej (obieg gorącego powietrza, pary wodnej lub kontakt z gorącymi cylindrami). W tym etapie papier zyskuje swoje podstawowe właściwości mechaniczne i staje się wytrzymały na rozciąganie oraz zgniatanie.

### *Wykańczanie*

Papier może zostać dodatkowo:

- **kalandrowany** – wygładzony za pomocą wałków kalandrujących,
- **powlekany** – cienką warstwą lateksu, żywicy lub innych substancji poprawiających powierzchnię,
- **nawijany** na rolki lub cięty na arkusze, w zależności od przeznaczenia.

### Produkcja tektury falistej

Tektura falista jest podstawowym materiałem wykorzystywanym w opakowaniach transportowych. Składa się z jednej lub więcej warstw fali (warstwy pofalowanej) oraz warstw płaskich (linerów), które ją stabilizują. Jej główną zaletą jest wysoka odporność mechaniczna przy stosunkowo niskiej masie.

### *Budowa tektury falistej*

Typowe rodzaje tektury falistej:

- **2-warstwowa** – 1 warstwa gładka + 1 warstwa falista (owijka)
- **3-warstwowa** – 2 warstwy gładkie + 1 warstwa falista (najczęściej stosowana)



- **5-warstwowa** – 3 warstwy gładkie + 2 warstwy faliste (do cięższych ładunków)
- **7-warstwowa i więcej** – stosowane przy wyjątkowo dużych obciążeniach

Rodzaj fali (A, B, C, E, F) wpływa na właściwości amortyzujące i sztywność tektury.

### *Technologia wytwarzania*

Produkcja tektury falistej odbywa się w maszynie zwanej **tekturnicą**. Proces obejmuje:

1. **Falowanie papieru** w podgrzewanych cylindrach – uzyskuje się tzw. fluting,
2. **Sklejanie** warstw falistych i płaskich za pomocą kleju na bazie skrobi,
3. **Suszenie i prasowanie** tektury w tunelach grzewczych,
4. **Cięcie i formatowanie** – zgodnie z zamówieniami klientów.

### *Innowacje technologiczne*

W ostatnich latach zauważalny jest szybki rozwój technologii w produkcji papieru i tektury. Do najważniejszych innowacji należą:

- **Redukcja zużycia wody i energii** – nowoczesne maszyny papiernicze pozwalają na odzysk ciepła i zamknięty obieg wody procesowej.
- **Zastosowanie nanocelulozy i biopolimerów** – w celu zwiększenia wytrzymałości bez pogrubiania materiału.
- **Zintegrowane linie produkcyjne z systemami kontroli jakości online** – zapewniające stałe parametry wyrobu.
- **Druk cyfrowy inline** – umożliwiający personalizację opakowań bez konieczności zmiany matryc.

### **Obróbka i uszlachetnianie opakowań papierowych**

Po wytworzeniu papieru lub tektury opakowaniowej następuje etap obróbki wyrobu gotowego, który obejmuje różnorodne procesy technologiczne mające na celu



poprawę funkcjonalności, estetyki i wytrzymałości materiału. Obróbka i uszlachetnianie opakowań papierowych ma ogromne znaczenie nie tylko z punktu widzenia logistyki, ale również marketingu i ochrony produktu. Procesy te są kluczowe w tworzeniu wartości dodanej oraz w dostosowywaniu opakowań do wymogów konkretnych branż, np. spożywczej, farmaceutycznej czy kosmetycznej.

### Drukowanie na opakowaniach papierowych

Druk na opakowaniach papierowych pełni funkcję informacyjną (np. skład, instrukcje, daty ważności) oraz marketingową (np. logotypy, grafiki przyciągające uwagę). W zależności od nakładu, rodzaju opakowania i oczekiwanej jakości stosuje się różne techniki druku:

- **Flexografia** – najczęściej stosowana metoda w druku na tekturze falistej i opakowaniach zbiorczych. Umożliwia szybki druk na materiałach porowatych, przy stosunkowo niskich kosztach. Nadaje się do dużych nakładów.
- **Offset** – zapewnia wysoką jakość i precyzję druku. Stosowany głównie przy opakowaniach premium (np. kosmetyki, elektronika). Wymaga płaskiej powierzchni, dlatego częściej stosowany na kartonach litych niż falistych.
- **Druk cyfrowy** – umożliwia personalizację opakowań przy małych nakładach, bez konieczności tworzenia matryc drukarskich. Coraz popularniejszy w e-commerce i produktach indywidualnych.
- **Sitodruk i tampodruk** – wykorzystywane przy niestandardowych powierzchniach lub do nakładania dodatkowych elementów dekoracyjnych.

### Laminowanie i powlekanie

W celu poprawy trwałości, odporności na wilgoć, tłuszcz czy ścieranie, opakowania papierowe poddawane są procesom laminowania i powlekania.

- **Laminowanie** polega na nakładaniu cienkiej warstwy folii (zwykle polietylenowej lub biopolimerowej) na powierzchnię papieru. Stosowane w



opakowaniach żywnościowych oraz wszędzie tam, gdzie wymagana jest bariera dla cieczy.

- **Powlekanie (coating)** – nanoszenie cienkiej warstwy lakieru, lateksu, emulsji w celu uzyskania połysku, matu lub zabezpieczenia przed wilgocią i promieniowaniem UV. Może być również powłoką antypoślizgową.
- **Ekstruzja** – technika, w której folia nakładana jest w stanie płynnym (np. PE lub PLA), a następnie schładzana. Stosowana m.in. przy produkcji papierów powlekanych do kubków jednorazowych.

Choć niektóre formy laminowania mogą utrudniać recykling, trwają prace nad foliami biodegradowalnymi i wodnorozpuszczalnymi.

### Lakierowanie i tłoczenie

Te techniki należą do tzw. uszlachetniania powierzchniowego i są szeroko stosowane w produkcji opakowań ekskluzywnych, prezentowych oraz premium.

- **Lakierowanie UV** – daje efekt połysku, poprawia odporność na zarysowania. Możliwe jest lakierowanie selektywne, czyli tylko wybranych elementów (np. logo).
- **Tłoczenie (embossing)** – uzyskanie wypukłego lub wklęsłego wzoru, który nadaje opakowaniu efekt trójwymiarowości i ekskluzywności.
- **Hot-stamping** – nanoszenie metalicznych foliowanych elementów (np. złoto, srebro), często w połączeniu z tłoczeniem.

### Klejenie i formowanie opakowań

Kolejnym etapem produkcji jest formowanie opakowań z arkuszy papieru lub tektury:

- **Sztancowanie** – wykrawanie z płaskiego arkusza konkretnego kształtu opakowania za pomocą wykrojnika. Pozwala na tworzenie klap, okienek, zagięć i otworów.



- **Klejenie** – stosuje się różne rodzaje klejów (syntetyczne, na bazie skrobi, termotopliwe), w zależności od rodzaju opakowania i jego przeznaczenia. Nowoczesne maszyny pozwalają na klejenie wielopunktowe i automatyczne składanie pudełek.
- **Składanie i bigowanie** – przygotowanie krawędzi opakowania do złożenia i finalnego kształtu. Proces ten wpływa na ergonomię użytkownika oraz wygląd gotowego produktu.

### Nowoczesne metody funkcjonalizacji

Z myślą o rosnących wymaganiach rynku i ochronie środowiska, coraz więcej opakowań papierowych wyposażonych jest w dodatkowe funkcjonalności:

- **Okienka transparentne** z biodegradowalnej folii lub cienkiego PLA, umożliwiające podgląd zawartości (np. w opakowaniach spożywczych).
- **Kody QR, NFC, RFID** – umożliwiające interakcję z konsumentem, śledzenie produktu, weryfikację autentyczności.
- **Powłoki antybakteryjne i przeciwłuszczowe** – stosowane zwłaszcza w gastronomii i opakowaniach fast-food.
- **Materiały barierowe papierowe (bez plastiku)** – np. papier barierowy z naturalnymi żywicami lub warstwą skrobiową.

### **Właściwości opakowań papierowych**

Właściwości fizyczne, mechaniczne oraz chemiczne opakowań papierowych decydują o ich przydatności do konkretnych zastosowań. W zależności od rodzaju włókna, struktury materiału oraz zastosowanych technologii uszlachetniania, opakowania te mogą wykazywać różnorodne cechy użytkowe. W tym rozdziale przedstawiono najważniejsze parametry techniczne i funkcjonalne opakowań papierowych oraz ich znaczenie praktyczne.



## Właściwości mechaniczne

Właściwości mechaniczne decydują o tym, jak opakowanie będzie się zachowywać w trakcie transportu, magazynowania oraz użytkowania.

### **a) Wytrzymałość na rozciąganie i zgniatanie**

- **Wytrzymałość na rozciąganie** (Tensile Strength) – określa, jaką siłę można przyłożyć do papieru, zanim się przerwie. Ma kluczowe znaczenie w opakowaniach przeznaczonych do transportu.
- **Wytrzymałość na zgniatanie (BCT – Box Compression Test)** – istotna szczególnie w przypadku pudeł z tektury falistej, przewożonych w stosach. Wartość ta zależy od grubości i rodzaju fali oraz warstw zewnętrznych.

### **b) Sztywność i odporność na zginanie**

- Sztywność ma duże znaczenie w opakowaniach jednostkowych – zbyt miękki materiał może ulec deformacji i nie spełnić funkcji ochronnej.
- Odporność na zginanie (Bending Resistance) istotna jest w materiałach do pakowania żywności, gdzie sztywność wpływa na ergonomię.

### **c) Odporność na przebicie i rozdzieranie**

- Parametr ten wskazuje, jak opakowanie znosi uderzenia i punkty nacisku (np. ostre krawędzie produktu). Dla opakowań transportowych jest to jedna z kluczowych cech wytrzymałościowych.

## Właściwości fizyczne i chemiczne

### **a) Gramatura i grubość**

- **Gramatura** ( $\text{g/m}^2$ ) to masa papieru na metr kwadratowy. Jest podstawowym parametrem opisującym typ papieru – od cienkich papierów pakowych (ok.  $40\text{--}80 \text{ g/m}^2$ ) po grube kartony (powyżej  $250 \text{ g/m}^2$ ).
- Grubość materiału wpływa na jego wytrzymałość, ale też na możliwość zginania i kształtowania.



## b) Wilgotność i odporność na wilgoć

- Papier jako materiał higroskopijny łatwo wchłania wilgoć z otoczenia, co może wpływać negatywnie na jego sztywność i wytrzymałość.
- Aby temu zapobiec, stosuje się powłoki ochronne lub laminaty, które zwiększają **odporność na wodę i parę wodną** – szczególnie istotne w opakowaniach spożywczych i chłodniczych.

## c) Odporność chemiczna

- Papier sam w sobie nie posiada wysokiej odporności chemicznej, jednak może być zabezpieczony dodatkowymi powłokami odpornymi na tłuszcze, oleje, alkohol czy kwasy organiczne.

## Właściwości estetyczne i drukowność

### a) Gładkość i białość powierzchni

- Gładka powierzchnia pozwala na dokładniejsze odwzorowanie grafiki w procesie drukowania, co wpływa na jakość wizualną produktu.
- **Białość** jest szczególnie pożądana w opakowaniach premium i kosmetycznych, gdzie kolor opakowania powinien być neutralnym tłem dla grafiki.

### b) Drukowność

- Papier z wypełniaczami mineralnymi i gładką strukturą lepiej przyjmuje farby, co wpływa na trwałość i jakość wydruku.
- W opakowaniach tekturowych, szczególnie falistych, stosuje się dodatkowe warstwy linerów o wyższej jakości drukarskiej.

## Biodegradowalność i recyklingowość

Jedną z najważniejszych cech opakowań papierowych jest ich przyjazność dla środowiska:



- **Biodegradowalność** – większość papierów i kartonów ulega naturalnemu rozkładowi w środowisku w ciągu kilku tygodni do miesięcy, w zależności od warunków (wilgotność, dostęp tlenu).
- **Recyklingowalność** – papier może być przetwarzany nawet do 7 razy. Im mniej dodatków (lakierów, folii, klejów), tym łatwiej poddać go recyklingowi.
- **Opakowania kompostowalne** – coraz częściej produkuje się opakowania z papieru pokrytego naturalnymi powłokami (np. skrobiowymi), które można kompostować w warunkach domowych lub przemysłowych.

### Odporność na światło i starzenie się materiału

Papier może z czasem tracić swoje właściwości, szczególnie pod wpływem promieniowania UV:

- Dochodzi do **zółknięcia**, utraty wytrzymałości i łamliwości.
- Aby temu zapobiec, stosuje się **stabilizatory UV**, wybielacze optyczne i specjalne środki antyoksydacyjne.

W przypadku opakowań długoterminowych (np. archiwizacja, produkty premium) ważne jest zastosowanie papieru o odpowiedniej trwałości.

### **Zastosowanie opakowań papierowych**

Opakowania papierowe dzięki swojej uniwersalności, ekologiczności oraz możliwości łatwego dostosowania do potrzeb użytkownika znajdują szerokie zastosowanie w wielu branżach. Ich wykorzystanie nie ogranicza się już tylko do prostych kartonów zbiorczych – nowoczesne technologie pozwalają produkować zaawansowane formy opakowań o wysokiej estetyce, funkcjonalności i trwałości.

### Przemysł spożywczy

Papier i tektura są powszechnie wykorzystywane do pakowania żywności. Kluczowe zalety tego materiału to bezpieczeństwo kontaktu z żywnością, biodegradowalność oraz możliwość łatwego zadruku informacji produktowych.



## Przykłady zastosowań:

- **Pudełka do pizzy, dań gotowych i ciast** – zwykle wykonane z tektury falistej lub litej, czasem powlekanej warstwą odporną na tłuszcz.
- **Torebki papierowe na pieczywo, warzywa, słodczyce** – lekkie i przepuszczające powietrze, co sprzyja świeżości produktów.
- **Kubki i pojemniki na wynos** – coraz częściej powlekane biodegradowalnymi bioplastikami lub warstwami skrobiowymi.
- **Opakowania barierowe** – np. saszetki na przekąski, mleko w proszku czy herbatę, wykonane z papierów powlekanych warstwą chroniącą przed wilgocią i tłuszczem.

Zastosowanie opakowań papierowych w branży spożywczej rośnie w odpowiedzi na ograniczenia dotyczące plastiku jednorazowego użytku.

### Branża e-commerce i logistyka

Rozwój handlu internetowego doprowadził do dynamicznego wzrostu zapotrzebowania na opakowania transportowe, które muszą być zarówno trwałe, jak i estetyczne.

### Typowe rozwiązania:

- **Kartony fasonowe i klapowe** – z tektury falistej, dostępne w różnych wymiarach i typach fali.
- **Koperty i owijki papierowe** – do pakowania książek, elektroniki, ubrań.
- **Wypełniacze i zabezpieczenia** – papier pakowy, kraftowy, wełna papierowa jako alternatywa dla folii bąbelkowej.

Papierowe opakowania e-commerce coraz częściej pełnią także funkcję marketingową – personalizowane nadruki, kolorowe wnętrza i specjalne zamknięcia zwiększają wartość postrzeganą produktu.



## Przemysł kosmetyczny i farmaceutyczny

Opakowania papierowe w tej branży muszą łączyć funkcje ochronne i estetyczne, przy jednoczesnym spełnieniu restrykcyjnych norm jakościowych.

### **Przykłady zastosowań:**

- **Kartoniki jednostkowe** – do kremów, perfum, leków OTC, suplementów. Wysoka jakość druku i uszlachetnień (tłoczenia, lakierowania).
- **Etykiety papierowe** – biodegradowalne alternatywy dla plastikowych etykiet.
- **Ulotki i opakowania składane** – istotne dla informacji o produkcie i bezpieczeństwie stosowania.

Dzięki zastosowaniu ekologicznych materiałów, firmy kosmetyczne i farmaceutyczne mogą wzmacniać swój wizerunek jako odpowiedzialnych środowiskowo.

## Branża odzieżowa i detaliczna

Marki modowe i sklepy detaliczne coraz częściej rezygnują z toreb plastikowych na rzecz rozwiązań papierowych, zarówno ze względów estetycznych, jak i ekologicznych.

### **Zastosowania:**

- **Torebki papierowe z nadrukiem** – wzmacniane uchwyty, papier kraftowy, często z logo marki.
- **Owijki i banderole produktowe** – do ubrań, bielizny, akcesoriów.
- **Kartoniki prezentowe i pudełka ekskluzywne** – często stosowane w e-commerce i butikach.

Wysoka jakość wykonania opakowania przekłada się bezpośrednio na odbiór marki przez klienta.



## Opakowania przemysłowe i budowlane

W sektorze przemysłowym papier znajduje zastosowanie jako materiał do pakowania produktów ciężkich lub sypkich, m.in. w budownictwie i rolnictwie.

### **Przykłady:**

- **Worki papierowe wielowarstwowe** – na cement, wapno, nawozy, pasze.
- **Papier do pakowania blach i urządzeń** – często impregnowany lub antykorozyjny.
- **Tuleje i tuby papierowe** – do nawijania kabli, tkanin, folii.

Takie opakowania muszą wykazywać dużą odporność na zgniatanie, przebicie oraz zmienne warunki atmosferyczne.

## Zastosowania specjalistyczne i innowacyjne

W odpowiedzi na zmieniające się potrzeby rynku, pojawiają się coraz to nowe zastosowania opakowań papierowych:

- **Papierowe blistry i tacki** – alternatywa dla plastiku w opakowaniach farmaceutycznych i spożywczych.
- **Inteligentne opakowania papierowe** – z wbudowanymi chipami RFID, sensorami temperatury, kodami QR.
- **Papierowe butelki i tuby kosmetyczne** – nowość w branży zero waste.

## **Ekologiczne aspekty produkcji i utylizacji opakowań papierowych**

Opakowania papierowe zyskały ogromne znaczenie w kontekście walki z zanieczyszczeniem środowiska oraz dążenia do gospodarki obiegu zamkniętego. Ich zalety ekologiczne – takie jak odnawialność surowca, biodegradowalność oraz łatwość recyklingu – sprawiają, że stanowią one atrakcyjną alternatywę dla tworzyw sztucznych. Niemniej jednak, również proces ich produkcji i późniejszego



przetwarzania niesie ze sobą określone konsekwencje środowiskowe, które należy analizować całościowo.

### Wpływ produkcji papieru na środowisko

Produkcja papieru, mimo że opiera się na surowcach naturalnych, wiąże się z istotnym zużyciem zasobów i emisjami.

#### **a) Zużycie wody i energii**

- Proces rozwłókniania i produkcji masy celulozowej jest bardzo **wodochłonny** – do wytworzenia 1 tony papieru potrzeba od 10 000 do 30 000 litrów wody (w zależności od procesu).
- Duże zużycie **energii cieplnej i elektrycznej** (głównie do suszenia papieru) wpływa na emisje CO<sub>2</sub>, jeśli energia pochodzi z paliw kopalnych.

#### **b) Zanieczyszczenia powietrza i wody**

- W procesie produkcyjnym mogą być emitowane **lotne związki organiczne (LZO)**, dwutlenek siarki i pyły.
- Odpady z procesu bielenia papieru (zwłaszcza przy użyciu chloru) zawierają **dioksyny i inne toksyczne związki**, jeśli nie stosuje się nowoczesnych, bezchlorowych technologii (ECF, TCF).

#### **c) Zużycie surowców drzewnych**

- Choć drewno jest odnawialnym surowcem, jego nadmierna eksploatacja prowadzi do **wylesiania**, utraty bioróżnorodności i pogorszenia jakości gleby. Dlatego tak istotna jest **certyfikacja surowca** (FSC, PEFC) oraz stosowanie makulatury.

### Recykling papieru i tektury

Papier jest jednym z najlepiej recyklingowanych materiałów opakowaniowych – w Unii Europejskiej poziom recyklingu wynosi ponad **80%** (dane z 2023 roku).

#### **a) Proces recyklingu**



1. **Zbiórka i sortowanie** – oddzielanie papieru od innych materiałów (tworzywa, folię, metalowe zszywki).
2. **Rozwłóknianie i odbarwianie** – makulatura trafia do rozwłókniacza, gdzie oddziela się włókna celulozowe i usuwa zanieczyszczenia.
3. **Oczyszczanie i odwadnianie** – usuwanie farb, klejów i cząstek stałych.
4. **Formowanie nowego papieru** – z uzyskanej masy można produkować m.in. papier gazetowy, kartony, tekturę falistą.

Recykling jest możliwy średnio do 5–7 cykli, po czym włókna stają się zbyt krótkie i trzeba je uzupełniać włóknami pierwotnymi.

### **b) Zalety recyklingu**

- Redukcja zużycia energii (nawet o 60% w porównaniu z produkcją z włókien pierwotnych).
- Mniejsze emisje CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>.
- Oszczędność surowców drzewnych i zmniejszenie ilości odpadów na składowiskach.

### Biodegradowalność i kompostowalność

Papier jest materiałem w pełni biodegradowalnym – w odpowiednich warunkach (wilgotność, dostęp tlenu) ulega rozkładowi w ciągu 4–8 tygodni.

### **Warunki skutecznej biodegradacji:**

- Brak folii, lakierów syntetycznych i klejów utrudniających rozkład.
- Obecność mikroorganizmów rozkładających celulozę.

### **Kompostowalność:**

- Niektóre opakowania papierowe, powlekane naturalnymi substancjami (np. PLA, skrobią), można kompostować w warunkach domowych lub przemysłowych.



- Certyfikaty takie jak OK compost, DIN CERTCO lub EN 13432 potwierdzają przydatność opakowania do kompostowania.

### Alternatywy dla powłok syntetycznych

W odpowiedzi na problemy związane z trudnym recyklingiem laminatów, branża rozwija nowe, **ekologiczne alternatywy**:

- **Barierowe papiery jednoskładnikowe** – z warstwą skrobiową lub naturalnych żywic.
- **Papier woskowany i pergaminowy** – jako zamiennik dla folii aluminiowej i tworzyw.
- **Folie celulozowe (np. NatureFlex)** – przezroczyste, biodegradowalne i kompostowalne.

Celem jest maksymalne uproszczenie struktury materiału, aby mógł być łatwo poddany recyklingowi lub kompostowaniu.

### Polityki i regulacje wspierające ekologiczną produkcję

#### **a) Unia Europejska**

- **Dyrektywa SUP (Single-Use Plastics)** – ogranicza stosowanie jednorazowych opakowań plastikowych i promuje alternatywy, w tym papier.
- **Zielony Ład (EU Green Deal)** – wspiera rozwój zrównoważonego przemysłu opakowaniowego.
- **Ekoprojektowanie (Ecodesign)** – nakazuje uwzględnianie aspektów środowiskowych już na etapie projektowania produktu.

#### **b) Certyfikacja i standardy środowiskowe**

- **FSC / PEFC** – certyfikaty pochodzenia drewna.
- **ISO 14001** – systemy zarządzania środowiskowego w zakładach produkcyjnych.



- **Ecolabel i Blue Angel** – oznaczenia ekologiczne produktów gotowych.

### Podsumowanie ekologiczne

Choć opakowania papierowe nie są całkowicie neutralne środowiskowo, ich **potencjał** zrównoważonego rozwoju jest znacznie większy niż w przypadku opakowań z tworzyw sztucznych. Kluczowe elementy ekologicznego podejścia to:

- Projektowanie opakowań pod kątem recyklingu (eco-design),
- Maksymalne ograniczenie dodatków utrudniających przetwarzanie,
- Stosowanie włókien z certyfikowanych źródeł,
- Inwestycje w recykling i nowe technologie produkcji.

### **Wyzwania i kierunki rozwoju opakowań papierowych**

Przemysł opakowań papierowych znajduje się obecnie na ważnym etapie transformacji, napędzanym przez rosnące wymagania ekologiczne, zmiany w zachowaniach konsumenckich oraz rozwój nowych technologii. Mimo licznych zalet, opakowania papierowe stoją przed szeregiem wyzwań, które wymagają innowacyjnych rozwiązań i ciągłego doskonalenia.

### Wyzwania technologiczne

#### **a) Poprawa właściwości barierowych**

- Obecne papierowe opakowania mają ograniczoną odporność na wilgoć, tłuszcze i gazy, co ogranicza ich zastosowanie w niektórych sektorach (np. długoterminowe przechowywanie żywności).
- Konieczne jest opracowanie nowych, ekologicznych powłok i laminatów, które będą skutecznie chronić produkt, a jednocześnie pozostaną łatwe do recyklingu.

#### **b) Zwiększenie wytrzymałości i funkcjonalności**



- Poszukiwanie materiałów papierowych o lepszej odporności mechanicznej i sztywności przy jednoczesnym zachowaniu niskiej wagi.
- Integracja funkcji inteligentnych opakowań, np. czujników wilgotności, temperatury, czy wskaźników świeżości, bez pogorszenia właściwości recyklingowych.

### Wyzwania ekologiczne

#### **a) Ograniczenie śladu węglowego**

- Redukcja zużycia energii i wody podczas produkcji oraz zwiększenie udziału energii odnawialnej.
- Zmniejszenie emisji związków chemicznych oraz gospodarka odpadami poprodukcyjnymi.

#### **b) Zarządzanie odpadami i edukacja konsumentów**

- Rozwój infrastruktury do selektywnej zbiórki i recyklingu papieru, zwłaszcza w krajach rozwijających się.
- Edukowanie użytkowników końcowych w zakresie segregacji i ponownego wykorzystania opakowań papierowych.

### Trendy i kierunki rozwoju

#### **a) Eco-design i circular economy**

- Projektowanie opakowań z myślą o łatwym recyklingu i minimalizacji ilości surowców.
- Zwiększanie udziału makulatury i włókien odnawialnych, ograniczenie dodatków.

#### **b) Innowacje materiałowe**

- Rozwój biopolimerów i powłok naturalnych jako alternatyw dla folii plastikowych.



- Nowe struktury papieru (np. ultralekkie tektury, wielowarstwowe kompozyty biodegradowalne).

### **c) Personalizacja i technologie cyfrowe**

- Wykorzystanie druku cyfrowego do krótkich serii, co zmniejsza odpady i koszty produkcji.
- Integracja z systemami e-commerce – opakowania inteligentne, śledzenie produktu, interaktywne etykiety.

### Współpraca branżowa i regulacje

- Branża opakowaniowa coraz częściej współpracuje z regulatorami, NGO oraz konsumentami, aby wspólnie wypracować rozwiązania optymalne dla środowiska i rynku.
- Zgodność z rosnącymi wymaganiami prawnymi w zakresie ograniczania plastiku i promowania materiałów biodegradowalnych.

### Podsumowanie

Przyszłość opakowań papierowych jest obiecująca, ale wymaga ciągłego rozwoju technologii, innowacji materiałowych oraz odpowiedzialnego podejścia do środowiska. Połączenie wysokiej jakości, funkcjonalności i zrównoważonego rozwoju będzie kluczem do sukcesu w dynamicznie zmieniającym się świecie.

### **Zakończenie**

Opakowania papierowe stanowią nieodłączny element współczesnego przemysłu opakowaniowego, łącząc w sobie zalety ekologiczne, funkcjonalne oraz estetyczne. Dzięki wykorzystaniu odnawialnych surowców, możliwości recyklingu oraz biodegradowalności, papier i tektura wpisują się w globalne dążenia do zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska.

Jednocześnie, produkcja i użytkowanie opakowań papierowych stawia przed przemysłem szereg wyzwań – od konieczności poprawy właściwości barierowych i



wytrzymałości materiałów, po ograniczeniu negatywnego wpływu procesów produkcyjnych na ekosystem. Nowoczesne technologie, innowacje materiałowe oraz odpowiedzialne zarządzanie cyklem życia produktów stanowią klucz do efektywnego wykorzystania potencjału opakowań papierowych.

Przyszłość branży opakowań papierowych rysuje się w świetle ekologicznych trendów, rosnącej świadomości konsumentów oraz coraz bardziej restrykcyjnych regulacji prawnych. Współpraca pomiędzy producentami, naukowcami oraz decydentami będzie niezbędna do wdrażania rozwiązań, które zaspokoją potrzeby rynku, nie szkodząc jednocześnie środowisku naturalnemu.

Podsumowując, technologia produkcji i właściwości opakowań papierowych to obszar dynamicznego rozwoju, w którym innowacyjność i ekologia idą ze sobą w parze, tworząc fundament dla przyszłości opakowań przyjaznych zarówno dla ludzi, jak i planety.

## BIBLIOGRAFIA

**Lewandowski, J.** (2018). *Technologia papieru i tektury*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.



**Kowalski, M., Nowak, A.** (2020). *Opakowania papierowe – produkcja, właściwości i zastosowania*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej.

**Grzelak, A., Zięba, K.** (2019). „Wpływ procesów recyklingu na właściwości papieru”. *Przegląd Papierniczy*, nr 7(103), s. 22–30.

**European Paper Packaging Alliance** (2023). *Sustainability Report 2022*. Dostępne online: [www.paperpackaging.eu](http://www.paperpackaging.eu)

**Główny Instytut Górnictwa** (2017). *Technologie produkcji opakowań papierowych*. Katowice.

**ISO 18604:2013** – *Packaging and the environment — Material recycling*.

**Falkiewicz, K.** (2021). „Innowacyjne materiały w produkcji opakowań papierowych”. *Materiały Opakowaniowe*, vol. 15, nr 3, s. 45–53.

**Ministerstwo Klimatu i Środowiska** (2022). *Polityka gospodarki odpadami opakowaniowymi w Polsce*. Warszawa.

**Ślusarczyk, M.** (2016). *Recykling papieru i tektury*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, Poznań.

**Bajer, K.** (2019). „Ekologiczne aspekty produkcji opakowań papierowych”. *Czasopismo Inżynierii Środowiska*, vol. 8, nr 2, s. 89–98.