

# Analiza wpływu perforacji na wytrzymałość opakowań z tektury falistej

## Analysis of the impact of perforation on the strength of corrugated cardboard packaging

Robert Ziara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> student, członek koła naukowego „Promotor Jakości”, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: robert.ziara@gmail.com

**Streszczenie:** Celem artykułu jest przeprowadzenie badań i wykazanie różnic w wytrzymałości opakowań z tektury falistej z różnymi przebiegami perforacji oraz wykazanie różnicy w wytrzymałości opakowania produkcyjnego względem wzorów ploterowych i poddaniu ich analizie. Badania przeprowadzone były na prasie BCT w przedsiębiorstwie produkującym opakowania z tektury falistej. Badania poprzedzają teoretyczne wyliczenia wytrzymałości opakowania do których również odnoszą się wyniki badań na prasie BCT. W celu rozwiązania problemów związanych z jakością opakowań z perforacją utworzono diagram pokrewieństwa oraz przedstawiono przykładowe działania doskonalące w celu poprawy jakości badanych opakowań.

**Abstract:** The aim of the article is to conduct research and demonstrate differences in the strength of corrugated cardboard packaging with different perforation courses and to show the difference in the strength of the production packaging in relation to plotter patterns and subject them to analysis. The research was carried out on the BCT press in a company producing corrugated packaging. The research is preceded by theoretical calculations of the strength of the packaging, which will also be referred to by the results of tests on the BCT press. In order to solve problems related to the quality of perforated packaging, a kinship diagram was created and examples of improvement activities were presented to improve the quality of the tested packaging.

**Słowa kluczowe:** opakowania, tektura falista, badania BCT, diagram pokrewieństwa, doskonalenie

**Key words:** packaging, corrugated board, BCT testing, kinship diagram, improvement

### 1. Wstęp

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań w zakresie wytrzymałości opakowań tekturowych z różnymi przebiegami perforacji w celu sprawdzenia i porównania wpływu perforacji i jej przebiegu na opakowaniu na jego wytrzymałość. Perforacja są to nacięcia w materiale, ułatwiająca rozdzielanie większego arkusza papieru na z góry określone, mniejsze fragmenty. W przypadku opakowań z tektury falistej, perforacja umożliwia otwieranie opakowań, rozdzielanie jednej części opakowania od drugiej, w celu wyeksponowania towaru na sklepowej półce. Perforacja ma także swoje negatywne konsekwencje z punktu widzenia jakości opakowania, ponieważ obniża jego wytrzymałość w stosunku do takiego samego opakowania bez perforacji. Wytrzymałość opakowania jest zależna w znacznym stopniu od przebiegu perforacji. Podjęto się badań mających na celu sprawdzenie, jakie przebiegi perforacji, w jakim stopniu osłabiają opakowanie i ile mocniejszą tekturę zastosować do danego opakowania, aby zapakowany towar bezpiecznie dotarł na sklepowe półki. Badania przeprowadzone zostały dla dwóch przypadków: pierwszy to porównanie wytrzymałości opakowania produkowanego w procesie produkcyjny wraz z nadrukiem z opakowaniem wyciętym na ploterze. Badanie to ma na celu sprawdzenie różnicy wytrzymałości a wynik będzie pomocny dla konstruktora w celu doboru materiału w przypadku innych konstrukcji opakowań, dla których jedynym sposobem na sprawdzenie wy-

trzymałości BCT przed produkcją jest przebadanie na prasie wyciętego na ploterze wzoru opakowania. Drugim przypadkiem badań jest już porównanie wytrzymałości opakowań z perforacją o różnych przebiegach.

Wyniki badań w zakresie wytrzymałości opakowań z tektury falistej poddano analizie i wyciągnięto z nich wnioski użyteczne, tzn. użyteczne w pracy konstruktora opakowań. W celu doskonalenia jakości wyrobu końcowego, przeprowadzono analizę problemów z wykorzystaniem diagramu pokrewieństwa oraz zaproponowano działania doskonalące. Diagram pokrewieństwa jest narzędziem służącym do analizy dużej ilości danych, głównie jakościowych, które poszczególne rozproszone problemy można grupować we wspólne zagadnienia tematyczne [4].

### 2. Metodologia badań

Badanie na wytrzymałość opakowań z perforacją zostało przeprowadzone w przedsiębiorstwie produkującym tekturę falistą i opakowania z tektury falistej. Firma jest wiodącym w Polsce producentem wysokiej jakości tektury falistej i opakowań; wchodzi w skład międzynarodowej dywizji, która jest największym branżowym producentem papieru, tektury falistej i opakowań w Europie Środkowej. Możliwości techniczne, nowoczesne maszyny oraz wyspecjalizowana załoga pozwalają firmie na zaprojektowanie i wyprodukowanie opakowań ekspozycyjnych, z wielokolorowym nadrukiem dostosowanym do wymagań sieci handlowych, jak i dyskontów (tzw.

„shelf ready packaging”), wytrzymałych pudeł zbiorczych o podwyższonej odporności na wilgoć, skutecznie chroniących produkt podczas transportu i przechowywania w zmiennych warunkach. Firma zapewnia pełne wsparcie w opracowaniu konstrukcji, szaty graficznej, jak i w optymalnym dostosowaniu wytrzymałości proponowanych rozwiązań.

W badanym przedsiębiorstwie produkujących opakowania tekturowe stosuje się dwie metody oceny jakości wyrobów. Pierwszą metodą jest kontrola wizualna [5], realizowana przy maszynach, przez operatorów, która stanowi pierwszy etap kontroli jakości produkcji. Kontrola ta obejmuje m.in. sprawdzenie poprawności wykonania opakowania zgodnie z projektem, sprawdzenie wymiarów, poprawności konstrukcji, ułożenia nadruku na opakowaniu, poprawności grafiki, kolorystyki (w tym celu używa się spektrofotometru), zgodności materiału ze specyfikacją produktu, obecności niezgodności, takiej jak pęknięcia tektury. Wszystkie te czynności przeprowadza się zgodnie z kartą kontrolną produktu. Operator jest zobowiązany sprawdzić wszystkie punkty kontrolne produktu przed uruchomieniem produkcji oraz wrywkowo w trakcie produkcji, po przekroczeniu progu ilościowego wskazanego na karcie. Kontrolując w taki sposób produkcję, operator jest w stanie szybko zareagować na niepoprawności w produkcji i zmienić ustawienia maszyny w celu wyregulowania procesu [5]. Może także zatrzymać produkcję, jeśli niezgodność ta jest niemożliwa do usunięcia podczas tego procesu, np. niezgodna jakościowo partia tektury lub uszkodzenie narzędzi podczas produkcji (kliszy – braki w nadruku lub wykrojnika, np. stępione noże). Wszystkie te operacje wykonywane są przez operatora na stanowisku pracy, przy maszynie z użyciem urządzeń, takich jak: homologowana miara zwijana, spektrofotometr do mierzenia barw.

Drugą grupą metod oceny jakości opakowań tekturowych w badanym przedsiębiorstwie są badania laboratoryjne, w skład których wchodzi m.in. badania [1]:

- Gramatury – wagi tektury za pomocą wagi analitycznej – wynik wyrażony w g/m<sup>2</sup> (zgodnie z normą PN-EN ISO 536:2012) [1][2].
- ECT – odporności na zgniatanie krawędziowe tektury falistej za pomocą prasy – wynik wyrażony w N/m<sup>2</sup> (zgodnie z normą PN-EN ISO 3037:2013-12) [1][2].
- FCT – odporności na zgniatanie płaskie tektury – wynik wyrażony w kPa (zgodnie z normą PN-EN ISO 3035:2011) [1][2].
- Absorbencji wody wg metody COBB – określenie masy wchłoniętej wody w określonym czasie na 1m<sup>2</sup> tektury (zgodnie z normą PN-EN ISO 535:2014-05) [1][2].
- BCT – wytrzymałości kolumnowej opakowań na specjalistycznej prasie do badań BCT – wynik wyrażony w N/m<sup>2</sup> (zgodnie z normą PN-EN ISO 12048:2002) [1][2].

Wszystkie powyższe badania laboratoryjne prowadzone są w odpowiednich warunkach, z użyciem specjalistycznej aparatury i oprzyrządowania [5]. W przypadku tektury falistej i opakowań z tektury warunki laboratoryjne oznaczają warunki w jakich należy sezonować badane próbki w określonym czasie, tj. wilgotność względna powietrza wynosząca 50 +/- 2%, temperatura otoczenia w zakresie 23°C +/- 1°C [1].

Badanie na wytrzymałość opakowań na zgniatanie, którego wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, jest podstawowym badaniem dotyczącym opakowań, które informuje o wytrzymałości opakowania na nacisk z góry i jest bardzo istotnym parametrem przy doborze tektury dla danego opakowania, głównie do celów logistycznych. Badanie BCT symuluje narażenie występujące podczas ułożenia w warstwy opakowań z zapakowanym towarem w magazynach oraz w środkach transportu. W celu przeprowadzenia badania, należy próbki pudeł w ilości 3 sztuk poddać klimatyzowaniu w

czasie nie krótszym niż 12 godzin, zgodnie z normą PN-EN ISO 20187:2000 [1][7]. W normie PN-EN ISO 2233:2007 [1] podaje się warunki klimatyczne dostosowane do konkretnych specjalnych warunków logistycznych opakowań, takich jak: chłodnie i mroźnie (dla niskich temperatur), transport morski (dla dużej wilgotności) oraz gorące i suche warunki. Wytrzymałość opakowania na BCT można wyliczyć wg reguły McKee, ze wzoru [3]:

$$BCT = C_5 \times ECT \times \sqrt{hZ} \quad [1]$$

gdzie:

BCT – wytrzymałość pudła [kN/m],

C<sub>5</sub> – współczynnik,

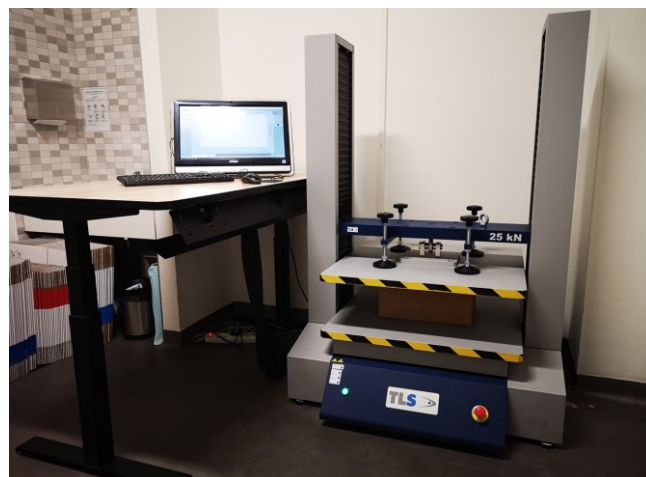
ECT – wytrzymałość tektury [kN/m],

h – grubość tektury [m],

Z – obwód podstawy pudła (2×L + 2×W) [m].

Teoretyczne obliczenie wartości BCT powinno wskazać jaką wytrzymałość powinno mieć opakowanie, aby spełniło wymagania logistyczne dla danego opakowania. Mankamentem teoretycznego wyliczenia wytrzymałości opakowania jest to, że można go zastosować tylko do prostych konstrukcji, jakim są opakowania z grupy FEFCO 0200 – np. 0201, czyli dla pudła klapowego [6] (zwanego również „American Box”), bez dodatkowych okienek, perforacji, itp. Dla pozostałych opakowań należy przeprowadzić badania praktyczne na prasie do badań BCT (rys. 1). Nie inaczej jest w przeprowadzonym badaniu – dla opakowania bez perforacji wyliczono teoretyczne BCT, a dla pozostałych badanych opakowań z perforacją BCT – przebadano je na prasie.

W celu przeprowadzenia badania BCT należy uformować opakowanie symulujące zapakowany w nim towar. Jeżeli potrzeba, należy zakleić taśmą zewnętrzne klapy, jeżeli do kompletu opakowania dochodzą wkładki, kratownice i/lub wieczka – należy je skompletować w całość opakowania. Tak przygotowane pudło, układa się na dolną płytę prasy i uruchamia urządzenie. Górna płyta dociska opakowanie do momentu jego przełamania, po czym zostaje zwolniona górna płyta. Wyniki badania określają wartość siły wyrażonej w N, użytej do deformacji i ugięcia opakowania w tym momencie i przedstawione są na monitorze w postaci wykresu oraz danych liczbowych [8].

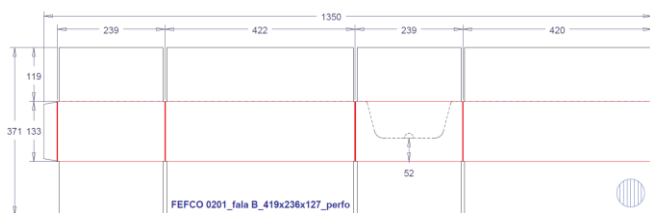


Rys. 1. Stanowisko do badania pudeł na wytrzymałość BCT w badanej firmie

### 3. Wyniki badań i ich analiza

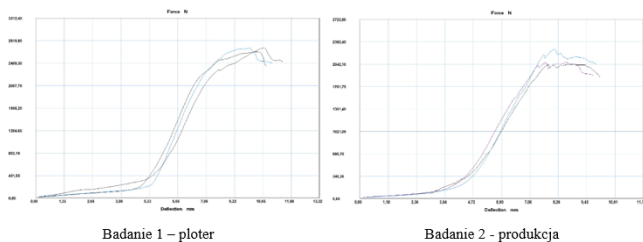
W pierwszej kolejności zostało przeprowadzone badanie w celu sprawdzania różnicy wytrzymałości pomiędzy opakowaniem produkcyjnym a opakowaniem wyciętym z plotera, czyli tak zwanym wzorem ploterowym. Badanie przeprowadzono na przykładzie opakowania dla polskiego producenta masła, które jest zadrukowane w czterech kolorach razem z lakierem oraz wycinane na maszynie Emba 245QS Ultima, częściowo za pomocą slotera (bigi pionowe oraz sloty), a częściowo za pomocą wykrojnika rotacyjnego (perforacja na bigach plus perforacja z frontu opakowania) wg rys. 2. Do badania porównawczego zostały wycięte wzory z tej samej tektury, z tej samej partii produkcyjnej, co opakowania produkcyjne. Specyfikacja tektury użytej do wycięcia w obydwóch przypadkach jest następująca:

- **Tektura:** fala B, jednostronnie biała powlekana.
- **Wsad:** B250WHITEC.
- **Skład papierów:**
  - papier biały powlekany – 160 g/m<sup>2</sup>.
  - fluting – 130 g/m<sup>2</sup>.
  - papier brązowy T2 – 160 g/m<sup>2</sup>.
- **Gramatura:** 496 g/m<sup>2</sup>.
- **ECT:** 6200 N/m<sup>2</sup>.
- **Grubość:** 2,9 mm.



Rys. 2. Projekt konstrukcyjny opakowania SPP:1045203

Przebadano na prasie obydwa warianty opakowania oraz wygenerowano do tych badań wykresy (rys. 3).



Rys. 3. Wykresy badań opakowania z plotera (badanie 1) oraz z produkcji (badanie 2)

W tabeli 1 przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań, z których można odczytać różnicę pomiędzy opakowaniami ploterowymi a produkcyjnymi. W tym przypadku jest to 20%.

Tabela 1. Wyniki badań opakowania ploterowego oraz produkcyjnego

LP	BADANE PUDŁO	Próbka 1 [N/m]	Próbka 2 [N/m]	Próbka 3 [N/m]	Średnia [N/m]	Różnica wytrzymałości
1	PLOTEROWE	2613,00	2680,50	2677,00	2656,833	0%
2	PRODUKCYJNE	2044,50	2072,00	2269,00	2128,500	-20%

Różnica w wynikach może być różna i zależy od wielu czynników, takich jak: technika wycinania (sloter, wykrojnik rotacyjny, wykrojnik płaski), druk (brak druku, literówka, aple, ilość kolorów), rodzaj

papieru i skład tektury (papier chłonny, powlekany, makulaturowy, kraft), wymiary opakowania (np. różne wysokości o tej samej podstawie mają różne wyniki wytrzymałości), a także, w dużej mierze, od jakości samego procesu produkcyjnego. Dla bezpieczeństwa doboru odpowiedniego wsadu, wg zasady, lepiej z nadwyżką niż bez, pod kątem wytrzymałości opakowania przyjęto, że różnica powinna wynosić około 35%.

Do drugiej części badania zaprojektowano i wycięto po 3 sztuki, 6 opakowań z tektury falistej o konstrukcji FEFCO 0201 – pudło klapowe o wymiarach wewnętrznych 400x300x200 bez perforacji (PERFO\_0, rys. 4) (które jest opakowaniem wyjściowym w przeprowadzonych badaniach) oraz pudła o tych samych wymiarach, lecz z perforacją o różnych przebiegach (projekty PERFO\_1 do PERFO\_5).

Tektura, z której zostały wycięte opakowania do badania, to tektura 3-warstwowa, szara na fali B, o następujących parametrach:

- **Tektura:** fala B, szara.
- **Wsad:** B255BROWN.
- **Partia produkcyjna nr:** 645855.
- **Skład papierów:**
  - papier brązowy T2 – 135 g/m<sup>2</sup>.
  - fluting – 125 g/m<sup>2</sup>.
  - papier brązowy T1 – 160 g/m<sup>2</sup>.
- **Gramatura:** 464 g/m<sup>2</sup> ± 5%.
- **ECT:** 6200 N/m<sup>2</sup> ± 8%.
- **Grubość tektury:** 2,9 mm.



Rys. 4. Opakowanie wg FEFCO 0201 – popularna „klapówka” jako opakowanie wyjściowe do przeprowadzenia badań

W przypadku tego opakowania wyliczono teoretyczną wartość BCT wg reguły McKee ze wzoru [3]. Do wyliczenia przyjęto wartości ze specyfikacji tektury, z której zostało to opakowanie wycięte oraz przyjęto współczynnik C5 = 6,35, który funkcjonuje w badanym przedsiębiorstwie. Wynik wskazuje wartość BCT opakowania produkcyjnego i powinien być niższy niż w przypadku badania opakowań wyciętych z plotera. Wynik ten został porównany z wynikami badań praktycznych:

$$\begin{aligned}
 BCT &= C5 \times ECT \times \sqrt{hZ} \\
 BCT &= 6,35 \times 6,2 \times 63,72 \\
 BCT &= 2508,66 \text{ N/m}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

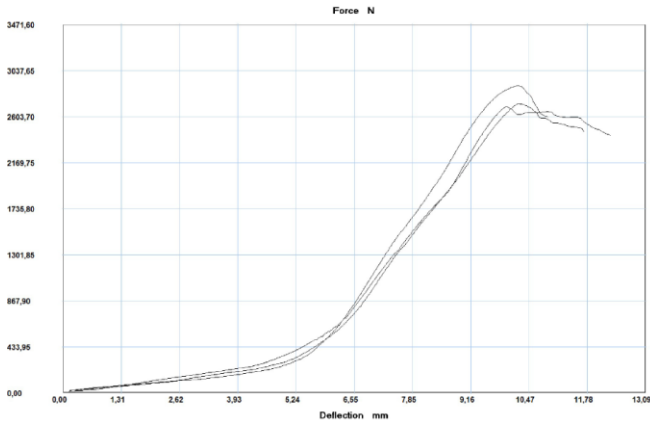
Obliczona wytrzymałość opakowania jest wytrzymałością graniczną. Należy pamiętać, że wynik obliczeń jest przybliżony. Wpływ na rzeczywistą wytrzymałość opakowania ma o wiele więcej czynników, takich jak, m.in.: wilgotność powietrza, wilgotność zapakowanego towaru, odległość docelowego odbiorcy, piętrowanie palet, czas magazynowania.

Wykres badania BCT na prasie tego opakowania przedstawiono na rys. 5, a średnia wyników badań trzech próbek wyniosła 2773,333 N/m. Wynik ten porównany został w wyniku wyliczonym ze wzoru:

- Wynik teoretyczny: 2508,66 N/m.
- Wynik praktyczny: 2773,33 N/m.

- Różnica: około 9,5%.

Różnica wyników badania na prasie BCT względem wyniku wyliczonego ze wzoru wynosi niespełna 10%, co znacznie różni się od przeprowadzonego wcześniej badania porównawczego wzór ploterowy z opakowaniem produkcyjnym, kiedy ta różnica wyniosła 20%.

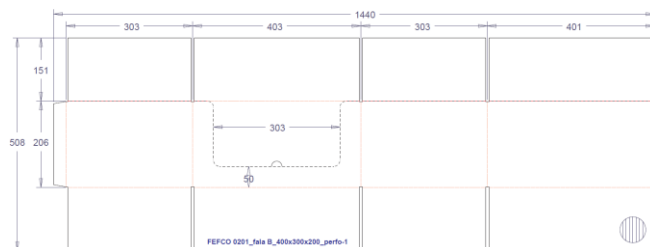


Specimen	MaxF N
1	2727,00
2	2700,00
3	2563,00
Mean	2773,333
Dev. Std	104,510
Maximum	2993,000
Minimum	2700,000
CPK	0,000
+3 Sigma	3089,863
-3 Sigma	2459,803

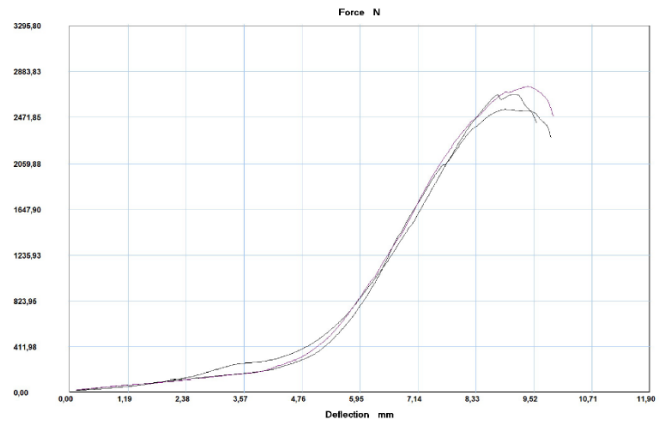
Rys. 5. Wykres badań opakowania wg FEFCO 0201 (perfo\_0)

W dalszej części przeprowadzono badania na opakowaniach z perforacją o różnych przebiegach, którym nadano im nazwy robocze:

- PERFO\_0 – konstrukcja (rys. 4) – wykres badania BCT (rys. 5).
- PERFO\_1 – konstrukcja (rys. 6) – wykres badania BCT (rys. 7).
- PERFO\_2 – konstrukcja (rys. 8) – wykres badania BCT (rys. 9).
- PERFO\_3 – konstrukcja (rys. 10) – wykres badania BCT (rys. 11).
- PERFO\_4 – konstrukcja (rys. 12) – wykres badania BCT (rys. 13).
- PERFO\_5 – konstrukcja (rys. 14) – wykres badania BCT (rys. 15).

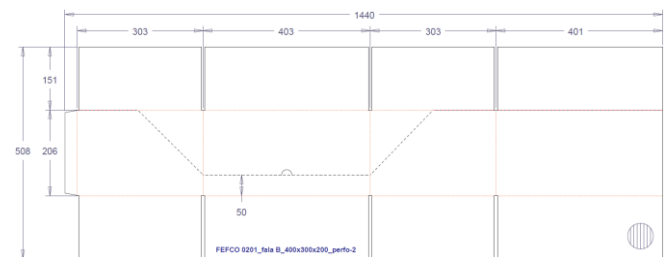


Rys. 6. FEFCO 0201 z perforacją zrywaną – PERFO\_1

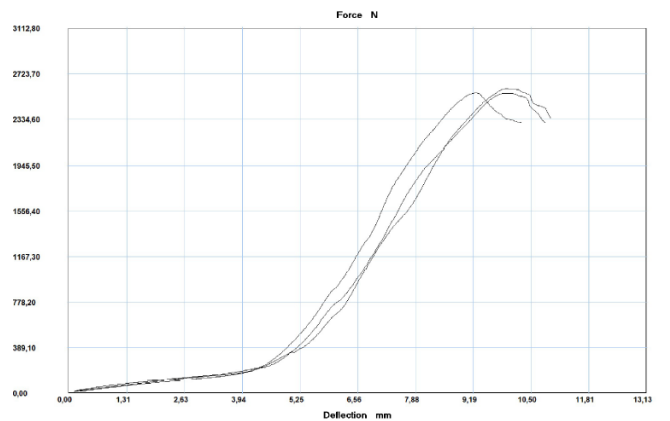


Specimen	MaxF N
1	2642,60
2	2677,00
3	2746,60
Mean	2655,333
Dev. Std	103,712
Maximum	2746,600
Minimum	2542,600
CPK	0,000
+3 Sigma	2906,468
-3 Sigma	2344,199

Rys. 7. Wykres badań wzorów PERFO\_1

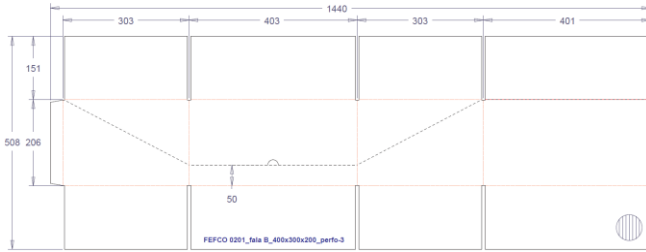


Rys. 8. FEFCO 0201 z perforacją zrywaną – PERFO\_2

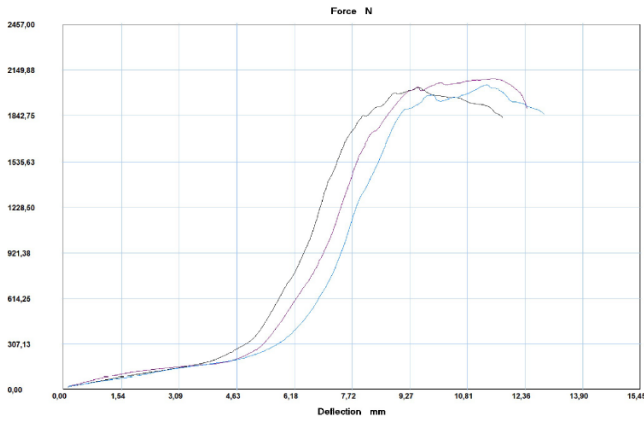


Specimen	MaxF N
1	2656,00
2	2658,00
3	2694,00
Mean	2669,333
Dev. Std	21,386
Maximum	2694,000
Minimum	2656,000
CPK	0,000
+3 Sigma	2633,489
-3 Sigma	2606,177

Rys. 9. Wykres badań wzorów PERFO\_2



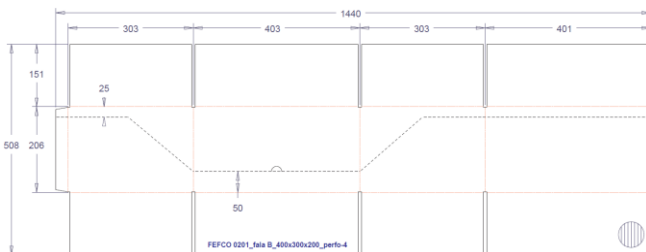
Rys. 10. FEFCO 0201 z perforacją zrywaną – PERFO\_3



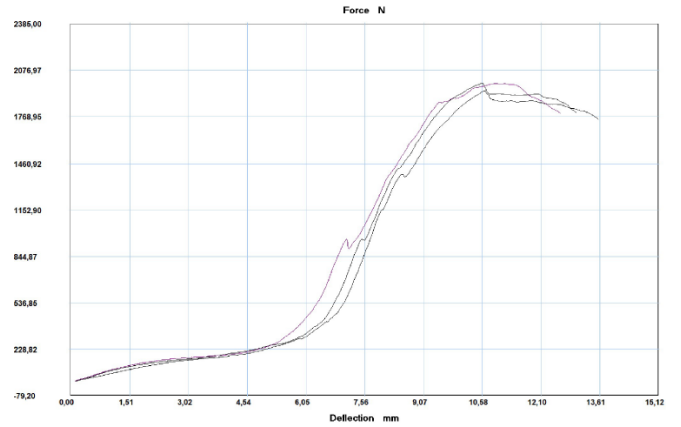
Specimen	MaxF N
1	2030,00
2	2089,00
3	2047,50

Mean: 2055,500  
 Desv. Std: 30,303  
 Maximum: 2089,000  
 Minimum: 2030,000  
 CPK: 0,000  
 +3 Sigma: 2146,408  
 -3 Sigma: 1964,592

Rys. 11. Wykres badań wzorów PERFO\_3



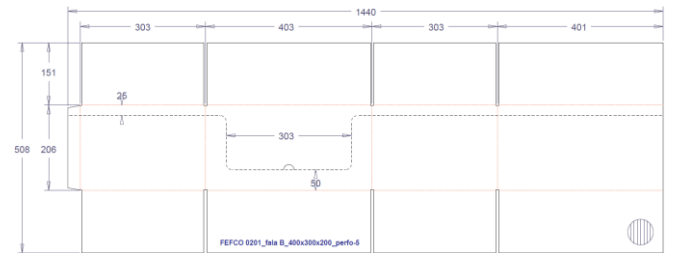
Rys. 12. FEFCO 0201 z perforacją zrywaną – PERFO\_4



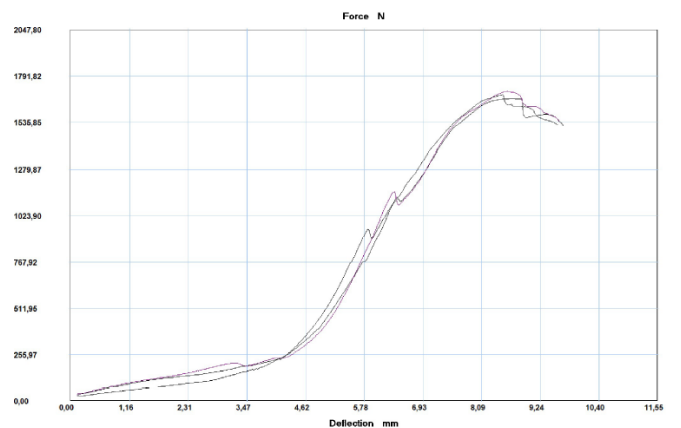
Specimen	MaxF N
1	1991,00
2	1939,50
3	1987,50

Mean: 1972,667  
 Desv. Std: 28,776  
 Maximum: 1991,000  
 Minimum: 1939,500  
 CPK: 0,000  
 +3 Sigma: 2058,996  
 -3 Sigma: 1886,337

Rys. 13. Wykres badań wzorów PERFO\_4



Rys. 14. FEFCO 0201 z perforacją zrywaną – PERFO\_5

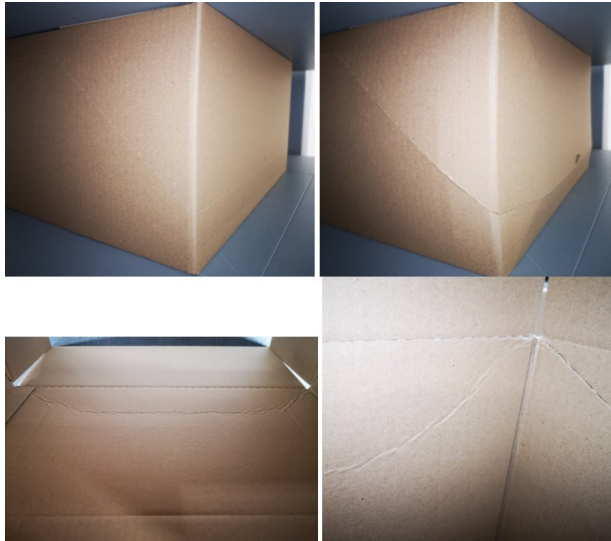


Specimen	MaxF N
1	1685,50
2	1667,00
3	1706,50

Mean: 1687,333  
 Desv. Std: 19,776  
 Maximum: 1706,500  
 Minimum: 1667,000  
 CPK: 0,000  
 +3 Sigma: 1746,661  
 -3 Sigma: 1628,006

Rys. 15. Wykres badań wzorów PERFO\_5

Na rys.16 przedstawiono opakowania podczas ściskania przez prasę BCT, na których widać wypuklenie, głównie w miejscu przebiegu perforacji (tj. najsłabszy punkt opakowania). Pokazano także efekty po badaniu – załamania tektury wewnątrz opakowania.



Rys. 16. Deformacja opakowania w trakcie badania na ściskanie BCT oraz efekty tego badania

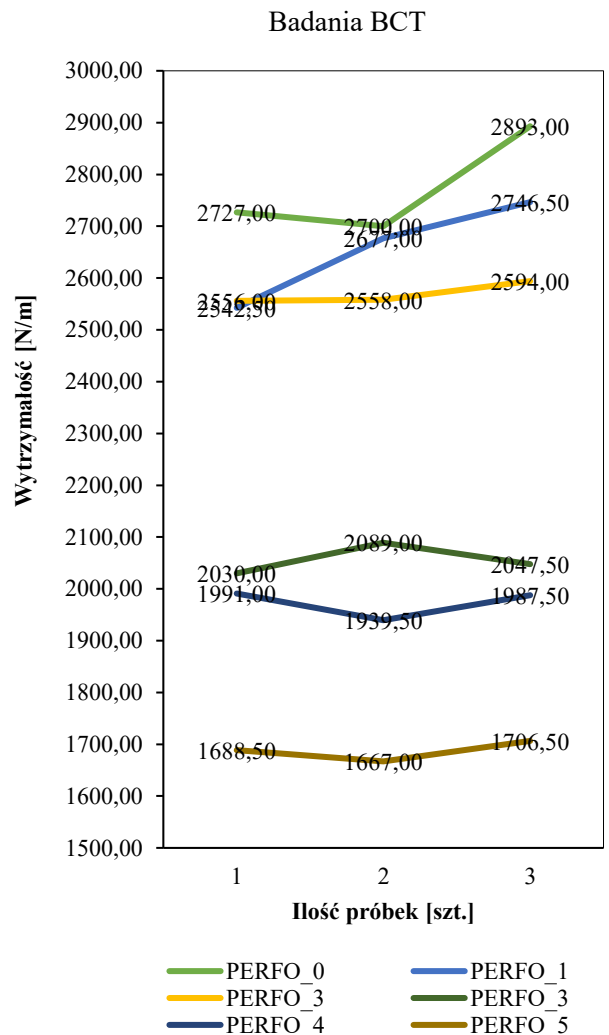
Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 2 oraz na rys. 17. Badania pokazują znaczną różnicę w wytrzymałości opakowań w zależności od przebiegu perforacji do zrywania. Różnica wyniosła od -4% – w przypadku perforacji pionowej i pokrywającej się z bigami klap (PERFO\_1), do -39% – w przypadku takiej samej perforacji pionowej, lecz przeprowadzonej na wysokości opakowania pod bigiem.

Tabela 2. Wyniki przeprowadzonych badań opakowań

LP	BADANE PUDŁO	Próbka 1 [N/m]	Próbka 2 [N/m]	Próbka 3 [N/m]	Średnia [N/m]	Różnica wytrzymałości
1	PERFO_0	2727,00	2700,00	2893,00	2773,333	0%
2	PERFO_1	2542,50	2677,00	2746,50	2655,333	-4%
3	PERFO_2	2556,00	2558,00	2594,00	2569,333	-7%
4	PERFO_3	2030,00	2089,00	2047,50	2055,500	-26%
5	PERFO_4	1991,00	1939,50	1987,50	1972,667	-29%
6	PERFO_5	1688,50	1667,00	1706,50	1687,333	-39%

Badanie opakowania PERFO\_1 wypadło najlepiej spośród wszystkich badanych opakowań z perforacją, wskazując, iż ułożenie w pionie perforacji nie wpływa tak negatywnie na wytrzymałość opakowania, jak to w przypadku perforacji poprowadzonej pod kątem. Z badania wysuwa się wniosek: im większy jest kąt ułożenia perforacji, tym opakowanie staje się słabsze. W przypadku opakowania PERFO\_5 (które ma taki sam przebieg perforacji jak opakowanie PERFO\_1, lecz pozioma część perforacji została obniżona na wysokości opakowania o 25 mm od górnej krawędzi opakowania), w przypadku (pionowej perforacji) wynik ten wypadł dużo gorzej, niż przebieg perforacji pod kątem z opakowania PERFO\_4. Ten przypadek wskazał na to, że główną przyczyną obniżenia wytrzymałości opakowania nie jest kąt pod jakim ma przebieg perforacja, tylko długość perforacji poziomej biegnącej po górnej krawędzi opakowania, po jego obwodzie. Opakowanie PERFO\_4 które pomimo, że część perforacji jest przeprowadzona z góry na dół pod kątem, co w przypadku opakowań PERFO\_1\_2 i\_3, wskazywało

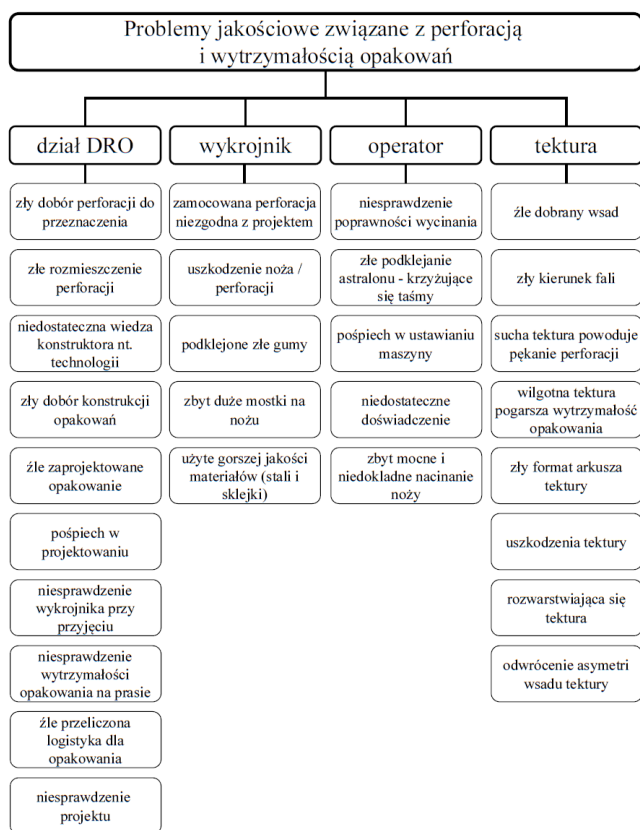
że, im większy kąt, to słabsze opakowanie, to w tym przypadku jest odwrotnie. Opakowanie PERFO\_4, ma krótszy odcinek perforacji biegnącej po obwodzie opakowania umieszczonej pod górną krawędzią opakowania w porównaniu do opakowania PERFO\_5.



Rys. 17. Wyniki badań BCT badanych opakowań

Należy zaznaczyć, że badania przeprowadzone zostały na próbkach z plotera, tak więc w celu dobrania odpowiednio mocnego wsadu dla opakowań produkcyjnych należy przyjąć, iż badania na tego typu próbkach są wyższe, niż na próbkach produkcyjnych, co zostało przedstawione podczas pierwszego etapu badania porównawczego.

Na koniec badań, w celu doskonalenia jakości wyrobu końcowego, jakim są opakowania tekturowe z perforacją zrywającą, przeprowadzono analizę problemów z wykorzystaniem narzędzia jakości z kategorii „nowych”, tj. diagramu pokrewieństwa (rys. 18). W tym celu, w dziale rozwoju opakowań przeprowadzona została debata wyłaniająca problemy związane z jakością badanego opakowania. Następnie wszystkie problemy pogrupowano w cztery kategorie, którym nadano nazwy: dział DRO, wykrojnik, operator oraz tektura.



Rys. 18. Diagram pokrewieństwa dla problemów jakościowych opakowań z perforacją

W celu poprawy jakości opakowań z tektury falistej z perforacją należy dążyć do wyeliminowania wszystkich wskazanych w diagramie problemów oraz zwiększyć udział kontroli jakościowej w tych punktach. Działania doskonalące jakość opakowań z tektury falistej powinny być w szczególności ukierunkowane na:

- projektowanie opakowania a w szczególności na dobór rodzaju perforacji,
- szkolenia dla konstruktorów z rodzajów perforacji, budowy i zastosowań,
- dobór odpowiedniego wsadu tektury,
- dobór odpowiednich gum do wykrojnika,
- szkolenia operatorów z wyklejania astralonu oraz nacinania wykrojnika,
- kontrole na każdym etapie, od projektowania, aż po wycinanie opakowań.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Celem podjętych badań było sprawdzenie i porównanie wytrzymałości opakowań z tektury falistej z perforacją o różnych przebiegach. Analiza literatury poświęconej tej problematyce oraz przeprowadzone badania empiryczne pozwoliły zrealizować ten cel. Badania były przeprowadzone na próbkach opakowań wyciętych na ploterze, po sklejeniu i uformowaniu, poddane zgniataniu BCT na prasie. Badania pokazały różnice pomiędzy zwykłą „klapówką” bez perforacji, a „klapówką” z perforacją w różnych przebiegach. Różnica jakie wykazały badania są istotnym parametrem dla konstruktora opakowań, podczas projektowania opakowania oraz doboru wsadu (tektury) pod kątem logistycznym, tak, aby opakowanie zapewniło bezpieczeństwo zapakowanemu towarowi. Podczas badań

udowodniono również różnice wytrzymałości pomiędzy wzorami ploterowymi a opakowaniami produkcyjnymi, wykonanych z tej samej partii produkcyjnej tektury i o tej samej konstrukcji. W tym przypadku słabszą wytrzymałość mają opakowania, które zostały wyprodukowane w procesie produkcyjnym, ponieważ na jego wytrzymałość ma szereg czynników, takich jak: sposób wycinania (slotter, wykrojnik rotacyjny, wykrojnik płaski), gdzie np. wykrojniki poprzez gnienie tektury przez naklejone wzdłuż noży gumy wpływają negatywnie na wytrzymałość opakowań a nieodpowiedni dobór tych gum, może pogorszyć ten parametr. Kolejnym kryterium osłabiającym opakowania jest nadruk, który poprzez docisk fotopolimera do tektury przenosi farbę w celu naniesienia nadruku, działa również negatywnie na tekturę, zgniatając ją delikatnie. Ilość kolorów oraz rodzaj nadruku, jaki jest np. pełny aplowy zadruk, może także pogarszać parametr wytrzymałości. Kolejnym negatywnym czynnikiem jest również sam proces produkcyjny: każde przejście przez maszynę, drukującą, wycinającą oraz sklejącą powoduje przygniecenie tektury w całości arkusza (wałki wprowadzające, dociski), czy też w jakiejś jej części (pasy i rolki prowadzące), pogarszając jednocześnie właściwości wytrzymałościowe tektury falistej.

Z treści artykułu wyłaniają się dwa użyteczne wnioski. Po pierwsze: rodzaj perforacji i jej przebieg znacząco obniża parametr wytrzymałości opakowania w porównaniu z takim samym opakowaniem, lecz bez perforacji. Po drugie: na jakość i wytrzymałość opakowania ma wpływ szereg czynników, począwszy od projektowania, poprzez produkcję, aż po magazynowanie i transport do klienta, są to tzw. czynniki „twarde”, oraz czynniki „miękkie”, takie jak: doświadczenie, wiedza i zaangażowanie pracowników. Podsumowując, materiał, jakim jest tektura falista, jest delikatny i wrażliwy na wiele czynników mechanicznych i klimatycznych, i przerabianie jej na opakowania, może sprawiać nie lada problemy, nawet doświadczonym osobom.

#### Literatura

- [1] Baranek E., Janiga U., Nowacka G.: *Wybrane metody badania materiałów opakowaniowych i opakowań z tworzyw papierowych – skrypt szkoleniowy*, Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych – Laboratorium Jakości Papieru, Łódź 2007.
- [2] Bielecki M., Chmielewska-Wurch A., Damięcki T., Patalan B., Słoma M., Ździebło S.: *Zagadnienia ogólne oraz rekomendowane standardy dotyczące tektury falistej i opakowań z tektury falistej*; Wydawnictwo Stowarzyszenia Papierników Polskich; Łódź 2011
- [3] Grabowski T., Kuca M., Niziałek Ł., Łukawska M.: *Analityczna weryfikacja popularnej formuły McKee*; Przegląd Papierniczy.
- [4] Ingaldi M., Klimecka-Tatar D., Knop K., Krynke M., Mazur M., Mieleczarek K., Rosak-Szyrocka J.: *Narzędzia jakości w praktyce. Poradnik dla biznesu*, Ulewicz R. (red.), Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, Częstochowa 2018.
- [5] Nęcki Ł.: *Kontrola jakości procesu produkcji z wykorzystaniem metody wizualnej. Studium przypadku*, Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement, Nr 1(2), 2015.
- [6] Międzynarodowy katalog opakowań – FEFCO.
- [7] Soja A.: *Przygotowanie próbek do badań laboratoryjnych* - Instrukcja nr IS-3; badane przedsiębiorstwo, 2018.
- [8] Soja A.: *Metodyka badań laboratoryjnych* - Instrukcja nr IS-4; badane przedsiębiorstwo, 2018.