**Paweł Ziółkowski**
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku
**Dawid Piechociński**
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku

# URZĄDZENIA WYKORZYSTYWANE DO RECYKLINGU NIEKTÓRYCH TWORZYW SZTUCZNYCH

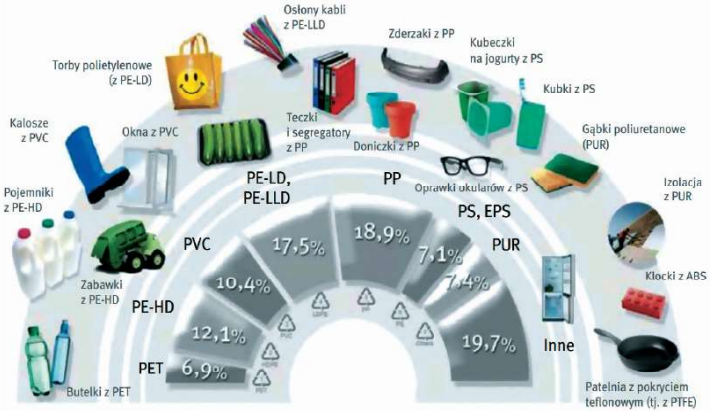
## 1. Wstęp

Tworzywa sztuczne to ogólna nazwa materiałów wykonanych z polimerów syntetycznych lub zmodyfikowanych polimerów naturalnych oraz dodatków modyfikujących. Do grupy tej należą materiały o bardzo różnych właściwościach fizyko-chemicznych i mechanicznych. Większość obecnie produkowanych polimerów odkryto w pierwszej połowie XX wieku. Dopracowanie metod wytwarzania oraz odpowiednich właściwości doprowadziło, w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku, do gwałtownego przyspieszenia produkcji i zużycia tworzyw sztucznych w wielu sektorach gospodarki.

Obecne zapotrzebowanie na różne produkty polimerowe rośnie. W roku 2015 w Europie zapotrzebowanie to wynosiło 49 mln ton, a wg typów polimerów kształtowało się na poziomie przedstawionym na rysunku 1[1].

[1] Tworzywa sztuczne – Fakty 2013Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie.

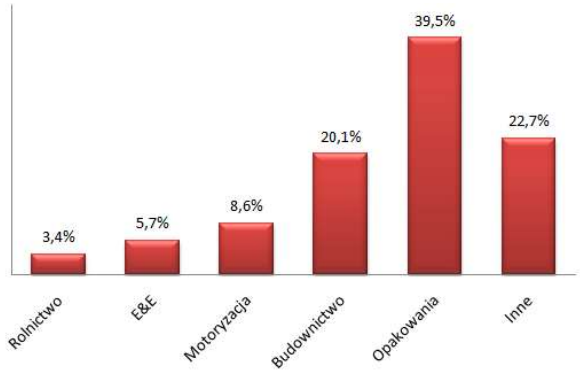
**Rysunek 1. Zapotrzebowanie na tworzywa w Europie (EU-28+NO/CH) wg rodzaju tworzyw (2015).**




Źródło: Tworzywa sztuczne – Fakty 2013. Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie, Plastics (PEMRG)/consultic/myCeppi.

Tworzywa odpowiadają na zapotrzebowanie wielu rynków, co przedstawia rysunek 2:

**Rysunek 2. Zużycie tworzyw sztucznych w Europie wg segmentów zastosowań w roku 2015.**




Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Tworzywa sztuczne – Fakty 2013. Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie, Plastics (PEMRG)/consultic/myCeppi.

Wraz ze wzrostem powszechnego stosowania tworzyw sztucznych pojawia się problem zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych oraz wyrobów kończących swój czas eksploatacji. W 2015 w pokonsumenckich odpadach w Europie znalazło się

25,8 mln ton odpadów tworzyw sztucznych, z tego w Polsce ok. 1,5 mln ton[2]. Efektywne zagospodarowanie tych odpadów stanowi poważny problem.

W lokalnym zakładzie utylizacji odpadów (RZUOK w Machnaczu) udział tworzyw sztucznych odzyskanych w procesie segregacji w 2016 roku wyniósł 5,07% ogólnej masy odpadów, co stanowi 1972,64 ton surowca przekazanego do zakładów przetwórczych[3].

Pozyskany materiał został podzielony na kilka grup. Obrazuje to główne źródła powstawania odpadów (tabela 1).

**Tabela 1. Główne źródła powstawania odpadów.**

| | Grupa | Ilość [ton] | Udział procentowy[%] |
|---|---|---|---|
| 1. | PET | 580,28 | 29 |
| 2. | CHEMIA | 233,46 | 12 |
| 3. | FOLIA | 676,54 | 34 |
| 4. | INNE | 482,36 | 25 |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych P.G.K. Saniko.

Grupę pierwszą - PET - stanowią odpady wykonane z politereftanu etylenu, są to butelki na wodę i napoje, opakowania szamponów i innych płynów oznaczone odpowiednim symbolem. Grupa druga - CHEMIA - to przedmioty z PE-HD i PE-MD (polietylenu dużej i średniej gęstości) - zabawki, rury, miski, wiadra itp. Kolejna grupa - FOLIA - to worki na żywność, materiały opakowaniowe itp. wykonane z polietylenu małej gęstości (PE-LD). Pozostałe pozyskane odpady tworzyw sztucznych ujęto w grupie INNE (guma, kompozyty, laminaty, wyroby z innych materiałów niż wymienione wcześniej).

Wielka zaleta tworzyw sztucznych, którą jest możliwość wszechstronnego stosowania dzięki różnorodności, stała się również dużym problemem w przypadku obróbki odpadów tych materiałów i wymusiła przygotowanie wielu różnych metod recyklingu.

## 2. Główne technologie, wykorzystywane do recyklingu

Technologie wykorzystywane do recyklingu możemy podzielić na:

- recykling mechaniczny (materiałowy),
- recykling chemiczny (surowcowy),
- recykling energetyczny (spalanie)[4].

W pierwszej z ww. form recyklingu (recykling mechaniczny) wykorzystywany jest surowiec jednorodny. Materiał używany w procesie recyklingu może posiadać różny stopień czystości. W trakcie procesu folia ulega rozdrobnieniu w celu uzyskania

[2] http://www.mechanik.media.pl/pliki/do_pobrania/artykuly/18/k12-14-16.pdf - dostęp online, 12.05.2017

[3] Dane na podstawie statystyk prowadzonych przez: P.G.K. Saniko.

[4] Sobczyk W. (2004), Recykling odpadów z tworzyw sztucznych na przykładzie Firmy WIBO w Mielcu, „Zeszyty Naukowe Katedry Inżynierii Procesowej Uniwersytetu Opolskiego", z. 2.

regranulatu, który wykorzystywany jest w produkcji nowego produktu. Z otrzymanego surowca możemy wyprodukować produkty o nieznacznie zmienionej strukturze chemicznej w stosunku do produktów wytworzonych z surowca pozyskanego nie w procesie recyklingu. Należy zaznaczyć, że w trakcie takiego procesu, oraz w każdym kolejnym cyklu recyklingu, materiał traci jednak swoje właściwości (jakość)[5].

Recykling chemiczny (surowcowy) polega na rozkładzie polimerów na monomery. Dzieje się to w wyniku przeprowadzenia odpowiednich reakcji chemicznych. W wyniku takiego procesu otrzymywania surowca, uzyskany materiał może być traktowany jako samodzielny surowiec lub być użyty do produkcji innych surowców. Recykling chemiczny jest kosztowniejszy od recyklingu mechanicznego, ponieważ wymaga odpowiednich instalacji. Tworzywem, które zdecydowanie najchętniej jest wykorzystywanym w procesie recyklingu chemicznego jest PET z uwagi na to, że uzyskiwany w trakcie recyklingu materiał sprzedawany jest z zyskiem względem kosztów produkcji, co w przypadku innych surowców nie jest osiągane[6].

Recykling energetyczny jest metodą najczęściej stosowaną z uwagi na jego zalety. W trakcie recyklingu zmniejszana jest objętość materiału (nawet do 90%[7]), dodatkowo takiej formie recyklingu możemy poddać każdy odpad. Inną zaletą jest to, że wartość opałowa uzyskiwana w trakcie spalania odpadów jest wysoka (porównywalna do paliw kopalnych)[8].

W niniejszym opracowaniu skupimy się na recyklingu mechanicznym (materiałowym) odpadów z PE-LD, w którym możemy wyróżnić również kilka metod przetwarzania. Głównym kryterium typologii recykling mechanicznego tego materiału jest stan czystości surowca wykorzystywanego w tym procesie. Dlatego metody te dzielimy na recykling foli czystych i recykling foli zabrudzonych.

### 2.1. Metody recyrkulacji folii czystych

- Wytłaczanie ślimakowe folii czystych.
- Aglomerowanie tarczowe ciągłe folii.
- Aglomerowanie cykliczne folii.
- Aglomerowanie wirnikowe ciągłe folii[9].

Pierwszą z wykorzystywanych metod recyklingu folii czystych jest metoda wytłaczania ślimakowego. Proces recyklingu metodą wytłaczania ślimakowego rozpoczyna się od rozdrobnienia folii. W maszynach nazywanych młynami folia rozdrabniania jest do odpowiednich rozmiarów, otrzymując w ten sposób tzw. płatek foliowy.

---

[5] Kozera-Szałkowska A. (2013a), Wart do odzyskania, „Cztery strony recyklingu – Tworzywa Sztuczne", nr 1.

[6] Korzeniowski A., Skrzypek M. (1999), Ekologistyka zużytych opakowań, Poznań.

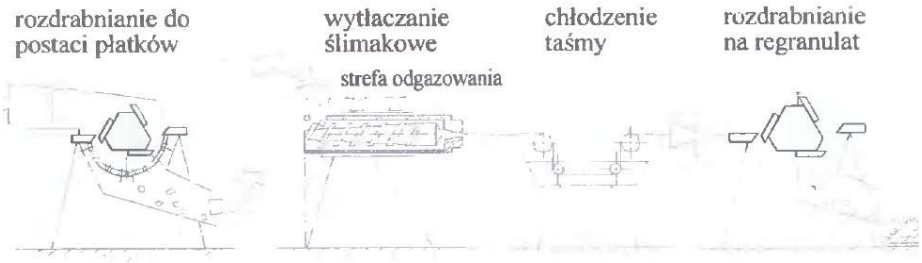
[7] Kozłowski M. (1998), Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych, Wrocław.

[8] Kozera-Szałkowska A. (2013b), Zielona Księga w sprawie odpadów tworzyw sztucznych, „Recykling", nr 9.

[9] Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

Kolejnym etapem jest przetransportowanie płatka foliowego do wytłaczarki, gdzie następuje proces uplastycznienia. Na samym końcu po ochłodzeniu surowiec jest rozdrabniany. Z uwagi na podwyższoną temperaturę (powyżej temperatury topnienia) występującą podczas procesu uplastyczniania, następuje spadek niektórych właściwości związanych z jakością materiału końcowego. Zgodnie z typologią surowców otrzymywanych w procesie recyklingu taki materiał nazywany jest reglanulatem.

**Rysunek 3. Schemat recyklingu folii czystych metodą wytłaczania ślimakowego**.




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

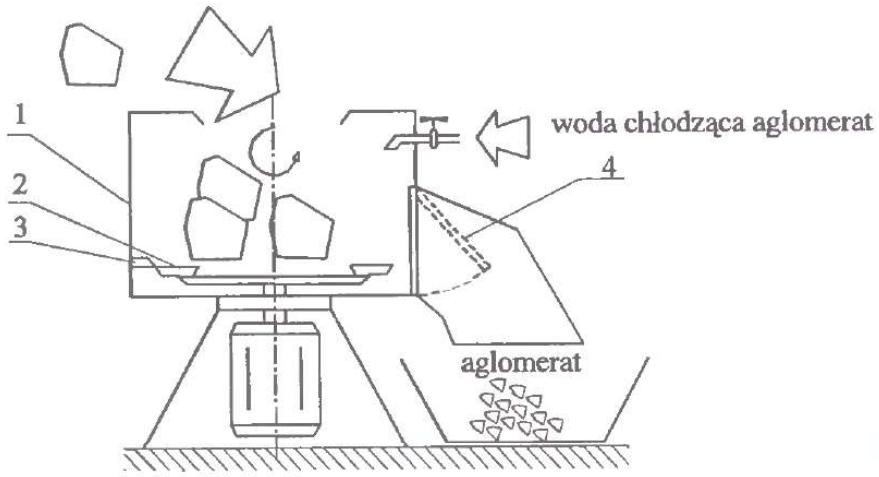
Metoda aglomerowania tarczowego ciągłego folii różni się od metody wytłaczania ślimakowego sposobem uplastyczniania surowca. Pozostałe etapy procesu recyklingu takie jak rozdrabnianie w młynie, czy rozdrabnianie surowca końcowego przebiegają w taki sam sposób. W przypadku aglomerowania tarczowego płatek foliowy uplastyczniany jest poprzez wzrost temperatury występujący podczas tarcia dwóch tarcz, z których jedna pozostaje nieruchoma, a druga obraca się wokół własnej osi. Dużą zaletą tej metody jest to, że w procesie uplastyczniania temperatura występująca podczas tarcia nie przekracza granicy temperatury topnienia folii, gdyż jest zastosowany system chłodzenia i kontroli produkcji. Dzięki temu ostatecznie otrzymywany jest aglomerat.

**Rysunek 4. Schemat recyklingu folii czystych metodą aglomerowania tarczowego ciągłego folii.**

Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

Metoda aglomerowania cyklicznego folii znacząco się różni od dwóch wyżej wymienionych metod. W metodzie aglomerowania cyklicznego materiał źródłowy (dostarczany do komory w odpowiednich porcjach), jest jednocześnie rozdrabniany i podgrzewany przez noże rozdrabniająco-mieszające poruszające się z dużą prędkością. Kolejnym etapem metody cyklicznego aglomerowania jest schłodzenie surowca, najczęściej przy użyciu wody jako czynnika chłodzącego. Chłodzenie musi nastąpić w odpowiednim momencie. Kurczący się pod wpływem rosnącej temperatury, płatek foliowy, musi zostać schłodzony zanim połączy się w zwarty materiał (łączenie się płatków w większe elementy), tak aby pozostawić niepołączone ze sobą ziarna o odpowiedniej masie. Po zakończonym etapie aglomerat zostaje przetransportowany do pojemnika zbiorczego poprzez dalszy ruch obrotowy noży rozdrabniających.

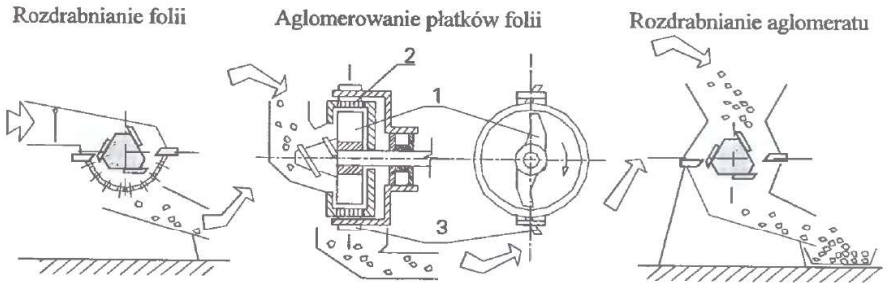
**Rysunek 5. Schemat recyklingu folii czystych metodą aglomerowania cyklicznego folii**.




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

Aglomerowanie wirnikowe ciągłe jest metodą recyklingu, która łączy ze sobą pewne procesy wykorzystywane w ww. metodach. Niezmiennie proces przetwarzania tworzywa sztucznego rozpoczyna się od rozdrobnieniu materiału źródłowego przez młyn. Następnie płatek foliowy transmitowany jest do komory, w której porusza się wirnik (ruchem obrotowym). Ruchy obrotowe wirnika powodują poprzez tarcie wzrost temperatury, która umożliwia uplastycznienie surowca. W dalszym procesie surowiec jest wyciskany z komory wirnika przez sito, na którego powierzchni poruszają się noże tnące wstępnie rozdrabniające przetworzony materiał. Ostatecznie aglomerat jest dodatkowo rozdrabniany w młynie znajdującym się na końcu linii technologicznej.

**Rysunek 6. Schemat recyklingu folii czystych metodą aglomerowania wirnikowego ciągłego folii.**




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

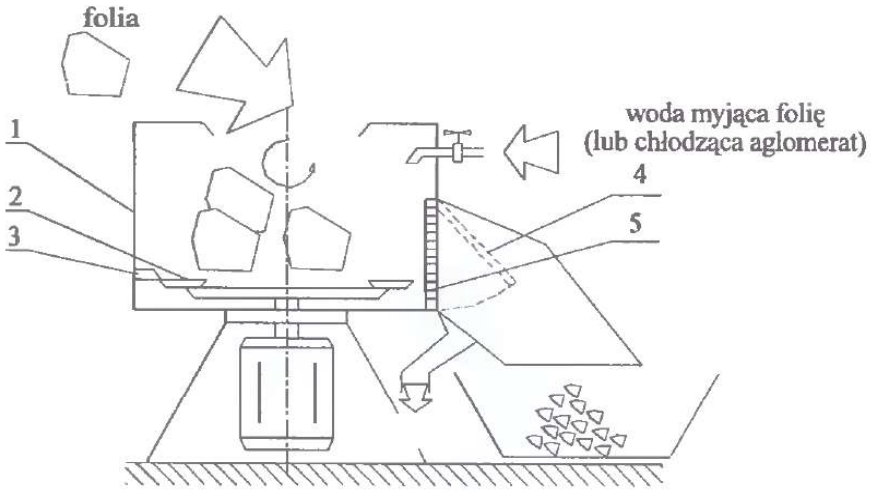
## 2.2. Metody recyrkulacji folii zanieczyszczonych

- Aglomerowanie cykliczne folii zanieczyszczonych.
- Aglomerowanie cykliczne z wyodrębnionymi procesami mycia i suszenia płatków folii.
- Regranulowanie płatków folii oczyszczonych w szeregowych procesach mycia i suszenia.
- Reglanulowanie aglomeratów wytwarzanych w szeregowych procesach mycia i cyklicznego aglomerowania.
- Reglanulowanie płatków folii z oczyszczaniem stopionego tworzywa przez filtrację [10].

Aglomerowanie cykliczne folii zanieczyszczonych różni się do aglomerowania cyklicznego folii czystych tylko tym, że w komorze rozdrabniającej musi zostać zainstalowany układ hydrauliczny, który doprowadzać będzie wodę potrzebną w procesie mycia brudnej folii. Proces recyklingu folii pozostaje niezmieniony. Recykling rozpoczyna się od rozdrobnienia surowca do postaci płatka foliowego przez ostrza znajdujące się w zbiornik, do którego zasypywany jest materiał źródłowy. Jednocześnie w trakcie rozdrabniania do komory podawana jest woda myjąca. Woda odprowadzana jest z komory, w której następuje rozdrobnienie materiału, najczęściej przez system szczelin w pokrywie wysypu. Proces mycia przerywany jest, kiedy w wodzie odprowadzanej z komory nie występują już zanieczyszczenia. Nadmiar wody pozostający na powierzchni płatka foliowego zostaje odparowany, poprzez wzrost temperatury na skutek tarcia wirujących noży tnących. Jest to o tyle wygodna metoda, że umożliwia przeprowadzenie wszystkich procesów (rozdrabnianiem, mycie, suszenie, aglomerowanie) w jednym urządzeniu. Efektywnie jednak metoda wykorzystywana jest przy foliach o bardzo niskim stopniu zanieczyszczenia.

[10] Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

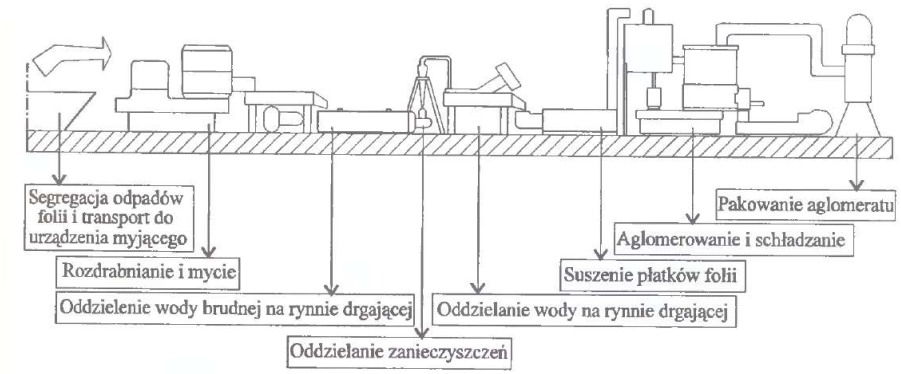
**Rysunek 7. Schemat recyklingu folii zanieczyszczonych metodą aglomerowania cyklicznego.**




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

Z uwagi na niską efektywność procesów składających się na czyszczenie materiału z występujących zanieczyszczeń, w kolejnej metodzie aglomerowania cyklicznego procesy mycia i suszenia płatków folii zostały wyodrębnione. W tym procesie recyklingu w pierwszej kolejności materiał jest rozdrabniany oraz wstępnie myty, następnie z płatka foliowego usuwana jest woda z zanieczyszczeniami, w kolejnym urządzeniu następuje mycie zasadnicze i ponowne usunięcie nadmiaru wody. Po tym procesie płatek foliowy jest ostatecznie suszony i poddawany aglomerowaniu. Dzięki takiemu zabiegowi, nakładem zużycia większej energii, możliwe jest uzyskanie znacznie większej efektywności procesu czyszczenia zabrudzonej folii.

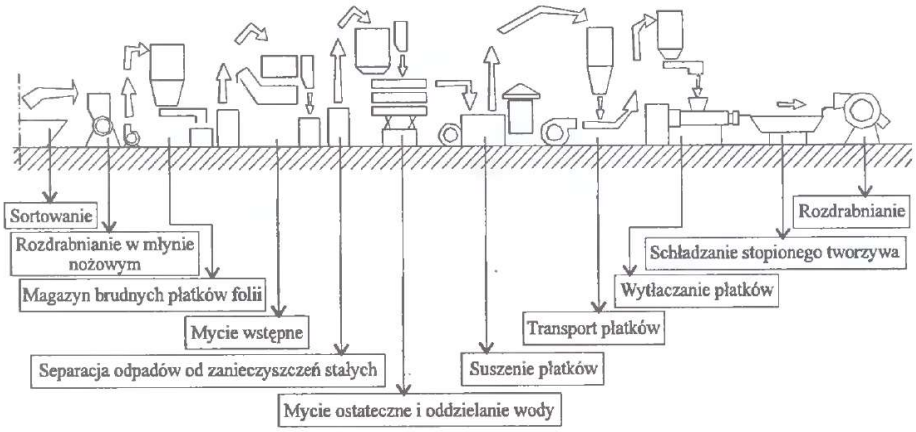
**Rysunek 8. Schemat recyklingu folii zanieczyszczonych metodą aglomerowania cyklicznego z wyodrębnionymi procesami mycia i suszenia.**




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

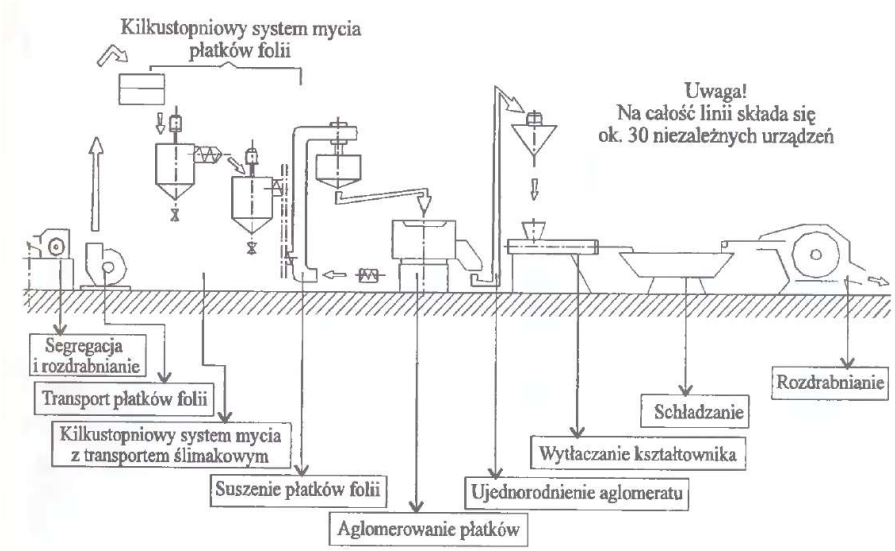
Regranulowanie płatków folii oczyszczonych w szeregowych procesach mycia i suszenia oraz reglanulowanie aglomeratów wytwarzanych w szeregowych procesach mycia i cyklicznego aglomerowania są metodami rozwijającymi procesy mycia i suszenia oraz reglanulowania i aglomerowania. Dotyczy to w szczególności mycia oraz suszenia. Recykling uwzględniający takie rozbicie procesów wymaga udziału większej liczby urządzeń i realizowane są szeregowo.

**Rysunek 9. Schemat recyklingu folii zanieczyszczonych metodą reglanulowania w szeregowych procesach mycia i suszenia.**




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

**Rysunek 10. Schemat recyklingu folii zanieczyszczonych metodą reglanulowania aglomeratów wytwarzanych w szeregowych procesach mycia i cyklicznego aglomerowania.**




Źródło: Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

Reglanulowanie płatków folii z oczyszczaniem stopionego tworzywa przez filtrację przebiega w znacznym zakresie w taki sam sposób jak reglanulowanie folii czystych. Różnica polega tylko na tym, że w układzie reglanulującym instalowana jest zestaw sit specjalistycznych, które wykorzystywane są do filtracji. Metoda ta jest jednak energochłonna, wymaga częstego wymieniania sit filtrujących oraz zastosowania wytłaczarek spełniających wysokie wymagania dotyczące stref odgazowywania.

## 3. Maszyny wykorzystywane do recyklingu tworzy sztucznych

Niezależnie od zastosowanej metody przetwarzania odpadów niezbędne do jej zrealizowania jest użycie specjalistycznego i specjalizowanego sprzętu. Ogólny schemat procesu recyklingu mechanicznego odpadów tworzyw sztucznych wytwarzanych w gospodarstwach domowych, wraz z przyporządkowanym do poszczególnych operacji sprzętem, przedstawia tabela nr 2:

**Tabela 2. Maszyny wykorzystywane w procesie pozyskiwania segregowanych odpadów.**

| Proces | Wykorzystywane urządzenia |
|---|---|
| Pozyskiwanie segregowanych odpadów | *Linie sortownicze*<br>*Prasy*<br>*Pojemniki na selektywną zbiórkę*<br>*Pojazdy specjalne* |
| Rozdrabnianie materiału | *Młyny nożowe*<br>*Młyny walcowe*<br>*Rozdrabniacze* |
| Mycie i oddzielenie od zanieczyszczeń | *Wanny z mieszaczami*<br>*Zbiorniki flotacyjne*<br>*Myjki dynamiczne* |
| Suszenie czystego materiału | *Wirówki suszące*<br>*Wentylatory*<br>*Przenośniki wibracyjne* |
| Dosuszanie i zagęszczanie | *Prasy ślimakowe*<br>*Zagęszczarki do tworzyw*<br>*Aglomeratory bębnowe*<br>*Aglomeratory tarczowe* |
| Ostateczne formowanie | *Wytłaczarki* |

Źródło: Opracowanie własne, Foto P.G.K. Saniko.

**Rysunek 11. Maszyny wykorzystywane w procesie pozyskiwania segregowanych odpadów: a – pojazd specjalny z pojemnikiem na selektywną zbiórkę; b, c – linia sortownicza; d – prasa.**

a

b

c

d

Źródło: Opracowanie własne, Foto P.G.K. Saniko.

Dodatkowo, na każdym etapie wykorzystywany jest sprzęt pomocniczy jak przenośniki taśmowe, przenośniki ślimakowe, układy pneumatycznego transportu, zbiorniki magazynujące (silosy), ładowarki, wózki widłowe itp.

**Rysunek 12. Sprzęt pomocniczy – przenośniki ślimakowe.**

a

b

Źródło: http://www.jankomorowski.pl/oferta – dostęp online, 12.05.2017.

## 4. Case study - na podstawie wybranej technologii i konkretnej maszyny

Na dobór optymalnej metody recyklingu tworzyw sztucznych, a co za tym idzie zastosowanie konkretnych maszyn i urządzeń, ma wpływ wiele czynników. Głównymi są:

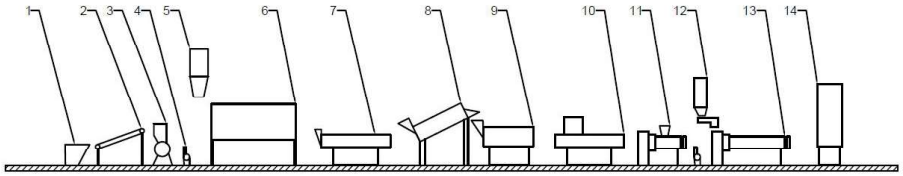
- rodzaj przetwarzanego tworzywa,
- źródło pozyskanych materiałów,
- założona wielkość produkcji (zapewniona ilość surowca).

Na przykładzie działalność gospodarczej jednej z lokalnych firm zajmujących się recyklingiem tworzyw sztucznych poniżej przybliżymy rzeczywiste zapotrzebowanie na wykorzystywany w produkcji sprzęt techniczny.

Lokalizacja firmy na terenach wiejskich, w bliskim sąsiedztwie dużych gospodarstw rolnych oraz ferm drobiu, zapewniła dostęp surowca w postaci worków i opakowań po zużytych nawozach i paszach (PE-LD). Ten sam materiał odzyskuje, ze zbiórki selektywnej, przedsiębiorstwo utylizacji odpadów komunalnych na terenie oddalonego o kilkanaście kilometrów składowisku. Wybór rodzaju przetwarzanego materiału staje się oczywisty – folia PE-LD. Zarówno surowiec pozyskany od producentów rolnych, jak i ten segregowany ze zbiórki selektywnej można uznać za średnio zabrudzony. Ilość zapewnionego surowca pozwala znaleźć ekonomiczne uzasadnienie dla przygotowania dwóch niezależnych linii przetwórczych o wydajności ok. 150kg/h. Wybór dwóch bliźniaczych technologicznie linii o stosunkowo niewielkiej wydajności (zamiast jednej o większych możliwościach) podyktowany był koniecznością zapewniania ciągłości produkcji (maszyny pracują w systemie całodobowym) w wypadku awarii i przerw technicznych. Dwie linie pozwoliły też na produkcję wyrobu końcowego w dwóch barwach (uzależnionych od wsadu) – ciemnej i jasnej.

Na podstawie schematu z rysunku 13 można określić przebieg procesu technologicznego:

**Rysunek 13. Schemat ideowy linii technologicznej recyklingu folii.**




| | |
|---|---|
| 1. miejsce dostarczania surowca; | 8. myjka dynamiczna\ |
| 2. przenośnik taśmowy; | 9. wirówka; |
| 3. młyn rozdrabniający; | 10. prasa ślimakowa/aglomeratom; |
| 4. wentylator; | 11. zagęszczarka; |
| 5. cyklon; | 12. magazyn czystego płatka; |
| 6. wanna myjąca; | 13. wytłaczarka; |
| 7. podajnik ślimakowy; | 14. magazyn regranulatu |

Źródło: Opracowanie własne.

Pozyskany surowiec składowany jest w magazynie, skąd w odpowiednich porcjach dostarczany jest (ładowarką) na platformę (rys. 14a) przenośnika taśmowego (rys. 14b) i dalej taśmociągiem do młyna nożowego rozdrabniającego (rys. 15a).

**Rysunek 14. Sprzęt pomocniczy – przenośniki ślimakowe.**

a

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK."

b

Źródło: http://www.jankomorowski.pl/oferta – dostęp online, 12.05.2017.

Na tym etapie możliwe jest jeszcze ręczne usunięcie dużych zanieczyszczeń przeoczonych w trakcie segregacji lub powstałych w czasie transportu. Młyn wyposażony jest w 5 ostrzy obrotowych i 2 stałe, część robocza noży ulepszana cieplnie do 60HRC, Zainstalowane sito (rys. 14b) ogranicza wielkość materiału wyjściowego do płatków wielkości ok. 40x40mm.

**Rysunek 15. Maszyny wykorzystywane w procesie rozdrabniania materiału:a - młyn rozdrabniający; b – sito młyna rozdrabniającego .**

a

b

Źródło: http://pokazywarka.pl/93j8oc/#zdjecie2388235 – dostęp online, 12.05.2017.

Podczas procesu cięcia usuwana jest także duża część zanieczyszczeń luźno związanych z materiałem (piasek, resztki nawozów itp.) Za pomocą systemu transportu pneumatycznego zasilanego wentylatorem (rys. 16) płatek folii z młyna trafia do

cyklonu odpylającego (rys. 17) gdzie następuje oddzielenie pyłów i drobnych zanieczyszczeń.

**Rysunek 16. Systemu transportu pneumatycznego: a – zdjęcie ofertowe wentylatora; b – wentylator w trakcie eksploatacji.**

a

Źródło: https://www.plastech.pl/oferty-b2b - dostęp online, 12.05.2017.

b

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

**Rysunek 17. Systemu transportu pneumatycznego: a – zdjęcie ofertowe cyklonu; b – cyklon w trakcie eksploatacji.**

a

Źródło: https://www.plastech.pl/oferty-b2b - dostęp online, 12.05.2017.

b

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

Po wytraceniu prędkości płatek kierowany jest do wanny myjącej (rys. 18a) wypełnionej wodą. Tu następuje namaczanie i wstępne mycie frakcji. Ruch płatka w wodzie wymuszany jest poprzez obroty łopat mieszających napędzanych oddzielnymi silnikami dla każdej osi. Zanieczyszczenia i brud opadają na dno wanny skąd są usuwane przenośnikiem spiralnym, a wstępnie umyty płatek zgromadzony na powierzchni wody, innym przenośnikiem ślimakowym transportowany jest do myjki dynamicznej (rys. 18b), gdzie dostarczana pod ciśnieniem woda i ruch obrotowy powodują dokładne mycie dostarczonej porcji surowca.

**Rysunek 18. Maszyny wykorzystywane w procesie mycia i oddzielania od zanieczyszczeń: 7 – wanna z mieszaczami; 8 – myjka dynamiczna.**

a

Źródło: http://pokazywarka.pl/93j8oc/#zdjecie2388235 – dostęp online, 12.05.2017 (b).

b

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

W końcowym etapie tego zabiegu odcinany jest dopływ wody i materiał zostaje oddzielony, dzięki sile odśrodkowej, od wody. Odwirowywanie powtarza się w drugiej wirówce (rys. 19), wyposażonej w wirnik z zabierakami i sita wykonane ze stali kwasoodpornej połączonej przenośnikiem ślimakowym z myjką.

**Rysunek 19. Maszyny wykorzystywane w procesie suszenia czystego materiału: a – komora wirówki myjącej; b – wirówka myjąca.**

a b

Źródło: http://pokazywarka.pl/93j8oc/#zdjecie2388235 – dostęp online, 12.05.2017.

Odseparowany od wody, wilgotny płatek, kolejnym przenośnikiem ślimakowym przenoszony jest do urządzeń zagęszczających. W omawianym przykładzie, w poszczególnych liniach zastosowano nieco inne rozwiązania. W pierwszej, używanej do jasnego produktu, zastosowano po wyjściu z wirówki aglomerator tarczowy. W drugiej zrezygnowano z wirówki, a zastosowano prasę ślimakową i zagęszczarkę tworzywa. Prasa ślimakowa (rys. 20) ma za zadanie dosuszenie dostarczonego po wirowaniu w myjce materiału oraz jego wstępne zagęszczenie. Napędzany silnikiem o mocy 55kW, poprzez układ przekładni, ślimak spręża dostarczony do kosza zasypowego umyty płatek.

**Rysunek 20. Maszyny wykorzystywane w procesie dosuszania i zagęszczania: prasa ślimakowa.**

Źródło: http://www.jankomorowski.pl/oferta – dostęp online, 12.05.2017.

Ruch obrotowy ślimaka powoduje znaczne tarcie wewnątrz materiału i o specjalnie perforowane ścianki cylindra. Dla wzmocnienia tego efektu w obudowie zainstalowano dwa regulowane noże. Otwory w cylindrze ślimaka pozwalają na odprowadzenie odciśniętej wody ze sprężonego materiału. Część wilgoci odparowuje na skutek temperatury powstałej w procesie sprężania i tarcia surowca (ok. 70˚C ). Sprężanie materiału możliwe jest dzięki zastosowaniu układu szczęk dławiących wyjście z cylindra ślimaka. Szczęki dławiące sterowane są hydraulicznie, tak aby utrzymać najkorzystniejsze parametry procesu bez przeciążania maszyny. Tuż za szczękami dławiącymi, na wale, zamocowane są obrotowe noże których zadaniem jest rozdrobnienia wysuszonego, wstępnie zagęszczonego płatka. Wychodzący z prasy materiał trafia dzięki przenośnikowi taśmowemu do zagęszczarki (rys. 21).

**Rysunek 21. Maszyny wykorzystywane w procesie dosuszania i zagęszczania: zagęszczarka do tworzyw.**

Źródło: http://koltex.com/oferta/maszyny/granulowanie-wytlaczanie/ – dostęp online, 12.05.2017.

W zagęszczarce obracający się z dużą prędkością wirnik, wyposażony w ostrza, powoduje zmniejszenie objętości płatka i jego dokładne dosuszenie. Praca aglemaratora (rys. 22) tarczowego opiera się na podobnych zasadach jak omówione powyżej.

**Rysunek 22. Aglomerator tarczowy w trakcie eksploatacji.**

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

W tym przypadku materiał z wirówki (o niższej wilgotności) podawany jest przenośnikiem śrubowym między dwie tarcze urządzenia. Jedna z tarcz jest nieruchoma, druga - napędzana przez układ przekładni - wykonuje ruch obrotowy oraz

liniowy umożliwiający zmianę odległości między tarczami. Odległość ta jest regulowana przez hydrauliczny układ sterowania i ma duży wpływ na poprawność przebiegu procesu. Ruch obrotowy wymusza przemieszczanie płatka w kierunku obwodu współpracujących tarcz. Powstała podczas sprężania i tarcia temperatura jest na tyle wysoka, że powodowałaby niekontrolowane topienie surowca i pogorszenie jakości wyrobu końcowego. Aby tego uniknąć stosuję się system regulacji temperatury i wodnego schładzania tarcz. Ogrzana woda wykorzystywana jest w procesie mycia. Na wyjściu z maszyny aglomerowany materiał jest rozdrabniany w zintegrowanym młynie .

Zagęszczony płatek, systemem pneumatycznym, dostarczany jest (poprzez cyklon) do zbiornika magazynującego, a stamtąd podajnikiem ślimakowym do wytłaczarki (rys. 23).

**Rysunek 23. Maszyny wykorzystywane w procesie ostatecznego formowania: a – zdjęcie ofertowe wytłaczarki; b – wytłaczarka w trakcie eksploatacji.**

a

Źródło: http://koltex.com/oferta/maszyny/granulowanie-wytlaczanie/ – dostęp online, 12.05.2017.

b

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

Wytłaczarka, wyposażona we własny system zasilania w surowiec, transportuje go do pomp ślimakowych, gdzie jest zgodnie z technologią przygotowywany, następnie wytłaczany i cięty na dyski o zamierzonym kształcie. W skład zespołu wytłaczarki wchodzi system schładzania wyrobu, jego suszenia i transportu na sito drgające (rys. 23a), które pozwala oddzielić wyroby odbiegające kształtem lub posklejane od pełnowartościowego produktu, kierowanego (systemem pneumatycznym) do zbiornika magazynującego (rys. 23b).

**Rysunek 24. a – sito drgające; b – magazynowanie gotowego wyrobu.**

a b

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

Zbiornik jest wyposażony w system dozowania oraz uchwyty i wyprowadzenia do łatwego montażu i napełniania worków typu big-bag, w których towar opuszcza linię produkcyjną. Napełnione worki przewożone są wózkiem widłowym do magazynu wyrobu gotowego, gdzie oczekują na transport do klienta.

W urządzeniach odpowiedzialnych za przebieg procesu technologicznego sterowanie realizowane jest z użyciem systemów automatyki przemysłowej. Zastosowanie tego rozwiązania zapewnia stabilną pracę maszyn oraz założoną jakość wyrobu.

**Rysunek 25. Przykładowy wygląd regranulatu, wytworzonego na omawianych liniach, przedstawiają fotografię:**

Źródło: Opracowanie własne, Foto Zakład Produkcyjno-Handlowo-Usługowy "VIK".

## Podsumowanie

Przedstawione w referacie informacje, ze względów oczywistych, są ściśle związane z wyzwaniami gospodarczymi i społecznymi w globalnej gospodarce.

Jest bardzo ważnym to, że w tej globalnej gospodarce swój udział ma również region włocławski, ponieważ wiele przedstawionych tu urządzeń wytwarzanych jest w tym regionie. Urządzenia te poziomem technicznym nie odbiegają od maszyn wytwarzanych przez światowe firmy i są znacznie tańsze. Stanowi to zatem źródło oszczędności finansowych. Ma to również duże znaczenie społeczne, gdyż w ich wytwarzaniu biorą udział pracownicy regionu włocławskiego.

Recykling tworzyw sztucznych, sam w sobie, nosi znamiona oszczędności gospodarczych z uwagi na ponowne użycie odzyskanych w tym procesie tworzyw do produkcji nowych wyrobów oraz znamiona społeczne ze względu na ochronę środowiska.

## Bibliografia:

### Literatura:

Konieczka R. (1996), Podstawy mechanicznych procesów recyrkulacji folii z polietylenu małej gęstości.

Korzeniowski A., Skrzypek M. (1999), Ekologistyka zużytych opakowań, Poznań.

Kozera-Szałkowska A. (2013a), Warto do odzyskania, „Cztery strony recyklingu – Tworzywa Sztuczne", nr 1.

Kozera-Szałkowska A. (2013b), Zielona Księga w sprawie odpadów tworzyw sztucznych, „Recykling", nr 9.

Kozłowski M. (1998), Podstawy recyklingu tworzyw sztucznych, Wrocław.

Sobczyk W. (2004), Recykling odpadów z tworzyw sztucznych na przykładzie Firmy WIBO w Mielcu, „Zeszyty Naukowe Katedry Inżynierii Procesowej Uniwersytetu Opolskiego", z. 2.

Tworzywa sztuczne – Fakty 2013Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie.

### Netografia:

http://www.jankomorowski.pl/oferta – dostęp online, 12.05.2017

http://pokazywarka.pl/93j8oc/#zdjecie2388235 – dostęp online, 12.05.2017

https://www.plastech.pl/oferty-b2b - dostęp online, 12.05.2017

http://koltex.com/oferta/maszyny/granulowanie-wytlaczanie/ – dostęp online, 12.05.2017.

http://www.mechanik.media.pl/pliki/do_pobrania/artykuly/18/k12-14-16.pdf - dostęp online, 12.05.2017.