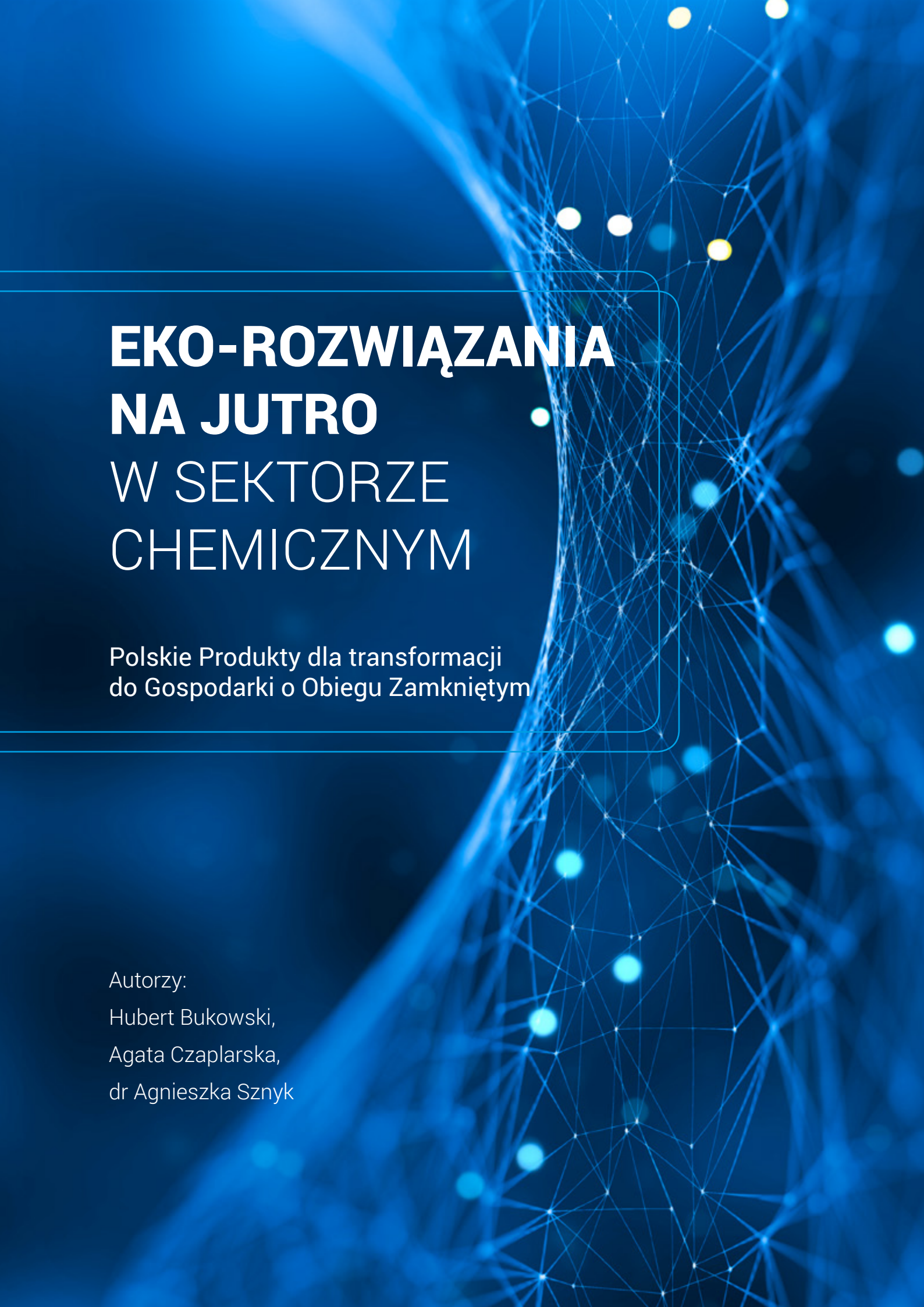


EKO-ROZWIĄZANIA NA JUTRO W SEKTORZE CHEMICZNYM

Polskie Produkty dla transformacji do Gospodarki o Obiegu Zamkniętym

Autorzy:
Hubert Bukowski,
Agata Czaplarska,
dr Agnieszka Sznyk

SPIS TREŚCI

1. PRZEWIDYWANE KIERUNKI ZMIAN W SEKTORZE CHEMICZNYM WYNIKAJĄCE Z TRANSFORMACJI W KIERUNKU GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTEGO W UNII EUROPEJSKIEJ I POLSCE 4]

1.1. Korzyści z wdrożenia modelu gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze chemicznym 6

1.2. Zrównoważone działania sektora chemicznego poprzedzające koncepcje cyrkularne 6

1.3. Chemia cyrkularna jako rozwinięcie poprzednich koncepcji bardziej zrównoważonego sektora chemicznego 7

1.4. Transformacja sektora chemicznego w konsekwencji Europejskiego Zielonego Ładu 7

1.5. Strategia UE w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności 8

1.6. Innowacja jako podstawa transformacji w stronę cyrkularnego sektora chemicznego 8

1.7. Współpraca jako konieczny element cyrkularnego sektora chemicznego. 9

2. EKO-INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA, MODELE I INSTRUMENTY WSPIERAJĄCE GOZ W SEKTORZE CHEMICZNYM 10]

2.1. Ekoprojektowanie produktu i procesu produkcyjnego 12

2.1.1. Dobór alternatywnych surowców i rozpuszczalników 12

2.1.2. Alternatywne szlaki syntetyczne i kataliza 13

2.1.3. Doskonalenie procesu produkcyjnego 14

2.1.4. Koncepcja „Safe and sustainable by design” 15

2.2. Informatyzacja 16

2.2.1. Sztuczna inteligencja 16

2.2.2. Big data i bazy danych 16

2.3. Modele biznesowe 17

2.3.1. Symbioza przemysłowa 17

2.3.2. Produkt jako usługa 18

2.3.3. Ponowne wykorzystanie surowców i recykling 19

2.4. Ekosystem 20

2.5. Certyfikacja i standaryzacja 21

3. PRODUKTY I ROZWIĄZANIA ZGODNE Z KONCEPCJĄ GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM W SEKTORZE CHEMICZNYM W POLSCE 24]

3.1. BACTrem 26
3.2. Biodegradowalne worki przemysłowe BIO-PAK 27
3.3. Biostim F 28
3.4. Biostim H 29
3.5. BIOSULFEX 30
3.6. ErgisMark 31
3.7. Ekologiczne asfalty modyfikowane 32
3.8. FuelCal 33
3.9. Folia monoPET 34
3.10. GREENSTRAP 35
3.11. ILAGRO 36
3.12. InVento 37
3.13. Linia nawozów Fosfarm 38
3.14. NanoWave 39
3.15. Nowa generacja rutenowych katalizatorów metatezy olefin 40
3.16. Odzyskiwanie sadzy w procesie recyklingu opon 41
3.17. Opakowania monomateriałowe i ich zagospodarowanie 42
3.18. Produkcja opakowań do żywności z materiałów biodegradowalnych 43
3.19. Promoten 44
3.20. Recyklowalna torba monomateriałowa 45
3.21. ReduxCO 46
3.22. CLEANING UNIT 47
3.23. TEFRA 48
3.24. Usługa przetwarzania drewnianych odpadów impregnowanych kreozotem 49
3.25. Waloryzacja odpadów kawowych w obiegu zamkniętym 50

Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach I konkursu na projekty otwarte w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych
„Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków" GOSPOSTRATEG

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

1.

PRZEWIDYWANE KIERUNKI ZMIAN W SEKTORZE CHEMICZNYM WYNIKAJĄCE Z TRANSFORMACJI W KIERUNKU GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTEGO W UNII EUROPEJSKIEJ I POLSCE

Produkty sektora chemicznego są obecne w zdecydowanej większości wytwarzanych towarów, od prostych przedmiotów codziennego użytku po zaawansowane technologicznie zastosowania. Od turbin wiatrowych po pojazdy elektryczne, przemysł chemiczny odgrywa kluczową rolę w produkcji technologii i rozwiązań mających na celu stworzenie gospodarki neutralnej pod względem emisji dwutlenku węgla, zasobooszczędnego i zgodnego z koncepcjami cyrkularnymi. Sektor chemiczny od wielu lat czynił kroki w bardziej zrównoważonym kierunku. W ostatnich latach te działania przyspieszyły, natomiast to w przyszłości powinniśmy spodziewać się najbardziej znaczących postępów w zamykaniu obiegów gospodarczych w sektorze chemicznym. Świadectwem tego jest m.in. pojawianie się na rynku Europejskim jak i Polskim coraz bardziej „cyrkularnych" innowacyjnych rozwiązań technologicznych i produktowych.

1.1.

Korzyści z wdrożenia modelu gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze chemicznym

Przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym może przyczynić się do sprostania naszym globalnym wyzwaniom związanym z zasobami, zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych poprzez lepsze wykorzystanie i ponowne użycie materiałów, które już istnieją w gospodarce, zmniejszenia zaśmiecania środowiska, stworzenia nowych miejsc pracy i wsparcia rozwoju gospodarczego.

Produkty cyrkularne, w porównaniu do standardowych, powinny mieć znacząco ograniczony negatywny wpływ na środowisko na każdym etapie cyklu ich życia. W tym celu sektor powinien oferować rozwiązania pozwalające utrzymać materiały w obiegu tak długo, jak jest to technicznie i ekonomicznie możliwe, poprzez ponowne wykorzystanie materiałów, wydłużenie żywotności przy użyciu bardziej trwałych materiałów, odzyskiwanie zasobów i różne rodzaje technologii recyklingu odpadów. Dodatkowo konieczne jest zwiększenie udziału alternatywnych surowców, takich jak CO2/CO poprzez wychwytywanie i wykorzystanie dwutlenku węgla oraz surowców pochodzenia biologicznego.

1.2.

Zrównoważone działania sektora chemicznego poprzedzające koncepcje cyrkularne

Powszechne korzystanie z produktów sektora chemicznego zapewnia korzyści dla dobrobytu społeczeństw, ale może również mieć pewne szkodliwe skutki. Aby przeciwdziałać takim efektom, w ostatnich trzydziestu latach nabierało rozpędu dążenie do bardziej ekologicznego sektora chemicznego.

Podczas gdy gospodarka o obiegu zamkniętym jest stosunkowo nową ideą nie jest pierwszym dążeniem sektora w bardziej zrównoważonym kierunku. Poprzedzały je takie koncepcje jak zielona chemii[1] (Anastas i Warner 1998), zielona inżynieria[2] (Anastas i Zimmerman 2003) oraz eko-efektywność[3] (Verfaillie & Bidwell 2000). Dodatkowo Europejska Rada Przemysłu Chemicznego (CEFIC) wyraźnie zobowiązała się do zrównoważonego rozwoju w całym łańcuchu wartości[4].

W ciągu ostatnich dziesięcioleci koncepcje zielonej i zrównoważonej chemii zyskały znaczny rozmach i uwagę w świetle ich potencjału w zakresie rozwoju bezpieczniejszej chemii i przyczynienia się do zrównoważonego rozwoju. Podczas gdy koncepcja „zielonej chemii" jest opracowywana za pomocą dobrze znanych 12 zasad[5], które koncentrują się na bezpieczniejszej i mniej zasobochłonnej chemii, „cyrkularna chemia" ewoluuje jako bardziej holistyczna koncepcja.

1 Atanas P.T.; Warner J.C. (1998): Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press.

2 Atanas P.T.; Zimmerman J.B. (1998): Design Through the 12 Principles of Green Engineering. Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 5.

3 Verfaillie H.A.; Bidwell R.; Cowe R. (2000): Measuring eco-efficiency : a guide to reporting company performance. World Business Council for Sustainable Development.

4 Teaming up for a sustainable Europe; CEFIC sustainability charter (2016). The European Chemical Industry Council.

5 Atanas P.T.; Warner J.C. (1998): Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press.

1.3.

Chemia cyrkularna jako rozwinięcie poprzednich koncepcji bardziej zrównoważonego sektora chemicznego

Koncepcja „zielonej chemii", która obecnie dyktuje myślenie o zrównoważonym rozwoju w przemyśle chemicznym stało się podstawą zrównoważonej chemii. Jednakże „zielona chemia" reprezentuje skupia się na optymalizowaniu liniowego łańcucha produkcyjnego, podczas gdy przyszłe zrównoważone procesy powinny być cyrkularne. Koncepcja chemii cyrkularnej rozszerza zakres zrównoważonego rozwoju na cały cykl życia produktów chemicznych, włącznie z zagospodarowaniem odpadu, lub raczej spojrzeniu na nie jako na wartościowe materiały[6]. Konieczne jest zastąpienie dzisiejszego liniowego podejścia typu „weź, wyprodukuj i wyrzuć" procesami chemicznymi o obiegu zamkniętym i dążyć do bezodpadowego przemysłu chemicznego.

Koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym ma na celu zwiększenie, a nie marnowanie nieodłącznej wartości materiałów zawartych w produkcie. Chemia jest kluczowa, aby to osiągnąć. Dzięki temu, że procesy chemiczne są naprawdę cykliczne, produkty można – w idealnym przypadku – zmieniać ich przeznaczenie niemal w nieskończoność, wykorzystując energię jako jedyny wkład. Chemia cyrkularna oferuje nowy paradygmat. Myślenie o cyklu życia i cykliczność zapewnią podstawowe zasady opracowywania nowych produktów i procesów chemicznych wykorzystujących odpady jako zasób.

1.4.

Transformacja sektora chemicznego w konsekwencji Europejskiego Zielonego Ładu

Europejski Zielony Ład to ambitny plan Komisji Europejskiej mający na celu uczynienie gospodarki i społeczeństw UE prawdziwie zrównoważonymi, przy jednoczesnym zapewnieniu globalnej konkurencyjności Europy[7]. Plan działania dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym powinien wspierać projekty dotyczące gospodarki o obiegu zamkniętym na poziomie badań, rozwoju, dostępu do rynku i wykorzystania przez konsumentów. Dotyczy to również sektora chemicznego jako jednego z kluczowych obszarów.

Projekty przedstawione w ramach pakietu Europejskiego Zielonego Ładu pokazują, jak od dawna istniejące procesy przemysłowe można przekształcić, aby działały w sposób bardziej przyjazny dla środowiska i zrównoważony, także w obszarze chemii. Działania te mają duże znaczenie dla przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego, biorafineryjnego i bezpośrednio chemicznego/ farmaceutycznego. Koncentrują się przede wszystkim na elektrochemii, fotochemii i syntezie, ale także dotykają dziedziny przetwórstwa.

Działania w ramach Europejskiego Zielonego Ładu wymagają konkretnych kroków. Znacznie więcej odpadów z tworzyw sztucznych musi być poddawanych recyklingowi, a zawartość materiałów pochodzących z recyklingu musi być również zwiększona. Dotyczy to wszystkich form recyklingu: mechanicznego, chemicznego i organicznego. Technologie recyklingu chemicznego powinny

6 Keijer T.; Bakker V.; Slootweg J.C. (2019): Circular Chemistry to enable a Circular Economy. Nature Chemistry 11.

7 Komisja Europejska (2019): Komunikat Komisjii do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu. Europejski Zielony Ład.

również pomóc w oczyszczaniu cykli materiałowych, ponieważ mają potencjał do usuwania niebezpiecznych substancji chemicznych. Inne przykłady, w których przemysł chemiczny odgrywa ważną rolę w przejściu na gospodarkę o obiegu zamkniętym, obejmują: opracowanie efektywnych akumulatorów (także na podstawie odzyskanych materiałów) w celu produkcji pojazdów elektrycznych czy wsparcie produkcji energii odnawialnej.

1.5.

Strategia UE w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności

14 październik 2020 Komisja Europejska przyjęła strategię UE w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważonego rozwoju8. Strategia jest pierwszym krokiem w kierunku dążenia do zerowego zanieczyszczenia środowiska wolnego od toksyn, ogłoszonego w Europejskim Zielonym Ładzie. Strategia pobudzi innowacje w zakresie bezpiecznych i zrównoważonych substancji chemicznych oraz zwiększy ochronę zdrowia ludzkiego i środowiska przed niebezpiecznymi chemikaliami.

Strategia uznaje pilną potrzebę stawienia czoła wyzwaniom zdrowotnym i środowiskowym powodowanym przez najbardziej szkodliwe chemikalia. W tym duchu strategia określa konkretne działania mające na celu uczynienie substancji chemicznych bezpiecznymi i zrównoważonymi od samego początku oraz zapewnienie przynoszenia przez nie korzyści bez szkody dla planety oraz obecnych i przyszłych pokoleń. Obejmuje to zapewnienie, że najbardziej szkodliwe dla zdrowia ludzkiego i środowiska chemikalia nie będą wykorzystywane do celów niezbędnych, ale także, aby wszystkie substancje chemiczne były używane w sposób bardziej bezpieczny i zrównoważony. Strategia zwraca również uwagę na możliwości inwestowania w zieloną i cyfrową transformację przemysłu UE, w tym w sektorze chemicznym.

Strategia obejmuje w szczególności:

- *Wycofanie z produktów konsumenckich najbardziej szkodliwych substancji, chyba że udowodniono, że ich stosowanie jest niezbędne dla społeczeństwa;*
- *Minimalizowanie i zastąpienie w miarę możliwości obecności substancji wzbudzających obawy;*
- *Zajęcie się połączonym wpływem chemikaliów (efekt koktajlu);*
- *Zapewnienie producentom i konsumentom dostępu do informacji o składzie chemicznym i bezpiecznym stosowaniu.*

1.6.

Innowacja jako podstawa transformacji w stronę cyrkularnego sektora chemicznego

Globalne trendy, strategie polityczne i zmiany społeczne wzywają do nowych zobowiązań i działań w sektorze chemicznym a także całej gospodarce. Jednak zapewnienie dotychczasowego poziomu życia, wymaga aby te działania szły w parze z innowacjami. Konieczne są zmiany w procesach produkcyjnych, takie jak na przykład dostosowanie materiałów wsadowych i wprowadzenie myślenia o całym cyklu życia produktu. Innowacje w chemii, wspierające cyrkularność mogą:

- *przyczynić się do zmniejszenia zanieczyszczenia wynikającego z produkcji i stosowania substancji chemicznych;*

8 Komisja Europejska (2020): KOMUNIKAT KOMISJI DO PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO, RADY, EUROPEJSKIEGO KOMITETU EKONOMICZNO-SPOŁECZNEGO I KOMITETU REGIONÓw Strategia w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności

- *zwiększenia wydajności zasobów;*
- *wsparcia przejścia w kierunku zrównoważonych wzorców konsumpcji i produkcji;*
- *przyczynić się do realizacji wielu celów zrównoważonego rozwoju, w tym dotyczących zmian klimatycznych, zerowego głodu, energii, mieszkalnictwa itp.*

Wizję cyrkularnej i zrównoważonej chemii można osiągnąć poprzez innowacje w chemii, które zapewniają pożądane funkcje chemikaliów, materiałów, produktów i procesów produkcyjnych bez powodowania szkód dla zdrowia ludzkiego i środowiska, jednocześnie wspierając rozwoju gospodarczy. Konieczna jest przy tym zwiększenie efektywności wykorzystania zasobów i energii. W ramach zrównoważonego rozwoju chemia niskoemisyjna ma ogromne znaczenie, a zatem wprowadzenie koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym będzie odgrywać istotną rolę, aby bardziej kompleksowo objąć zasady ekologicznej/zrównoważonej chemii w przemyśle chemicznym. Cyrkularna chemia musi stosować zarówno podejście oparte na cyklu życia, jak i myślenie systemowe, co pomaga zrozumieć i rozwiązać kwestie zrównoważonego rozwoju procesów/produktów chemicznych.

1.7.

Współpraca jako konieczny element cyrkularnego sektora chemicznego.

W wielu przypadkach innowacyjne rozwiązania muszą być wypracowane przez połączenie wiedzy fachowej i kaskady podejść, obejmujących wszystkie dziedziny chemii (chemię organiczną, inżynieryjną, analityczną, polimerową i/lub nieorganiczną). Jednak chemicy muszą również ściślej współpracować z innymi dyscyplinami poprzez multidyscyplinarne podejścia, które mogą prowadzić do ekscytujących efektów synergicznych.

Ponadto projekty gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze chemicznym jak i poza nim, wymagają nie tylko udziału naukowców. Muszą również zaangażować wszystkich interesariuszy badanego łańcucha wartości, w tym firmy, konsumentów i decydentów. Konieczne jest integrowanie projektów gospodarki o obiegu zamkniętym z wizją terytorialną i globalną oraz podejściem multipartnerskim i multidyscyplinarnym.

2.

EKO-INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA, MODELE I INSTRUMENTY WSPIERAJĄCE GOZ W SEKTORZE CHEMICZNYM

Przemysł chemiczny odgrywa kluczową rolę w stawianiu czoła wyzwaniom społecznym, takim jak zmiana klimatu, globalne niedobory żywności lub sposób postępowania z odpadami z tworzyw sztucznych. Oczekiwania stawiane firmom chemicznym są wysokie: oprócz ograniczenia własnych niekorzystnych efektów zewnętrznych, mają one również promować zrównoważone rozwiązania i innowacyjne strategie w każdej powiązanej z nią branży. W końcu wiele innowacji – od wprowadzenia nowych koncepcji mobilności, przez niedrogie mieszkania po zapewnienie wystarczającej podaży żywności dla światowej populacji – jest możliwe dzięki nowym materiałom i procesom w ramach sektora chemicznego.

W celu sprostania tym wyzwaniom kluczowe są innowacje zgodne z koncepcją gospodarki o obiegu zamkniętym. Wśród nich należy wyróżnić kilka kierunków, w których innowacje te są prowadzone. Przedsiębiorstwa branży chemicznej dążą do elastycznego wykorzystania surowców, odejścia od surowców kopalnych na rzecz bardziej zrównoważonych, bezpiecznych, a jednocześnie opłacanych alternatyw. Kluczowe są również inteligentniejsze i wydajniejsze procesy produkcyjne. W tym celu rozwijane są technologie, metody i modele biznesowe, tak aby istniejące procesy były bardziej zrównoważone. Jednocześnie dąży się do bardziej elastycznej produkcji mniejszych partii bardziej zróżnicowanych produktów, co umożliwia firmom szybsze reagowanie na zmieniające się wymagania rynku. Przedsiębiorstwa starają się również osiągnąć jakościową poprawę funkcjonalności produktów chemicznych dopasowaną do potrzeb klientów, czasami wręcz spersonalizowaną. Substancje chemiczne i materiały stają się coraz bardziej złożone, w rezultacie rośnie znaczenie bezpieczeństwa produktów dla środowiska naturalnego i zdrowia człowieka.

Poniżej przedstawiono zestawienie podstawowych rozwiązań, modeli i instrumentów wspierających sektor chemiczny w podążaniu w kierunku zgodnym z koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym, zarówno w zakresie produktu, procesu produkcyjnego, a także zmian organizacyjnych i systemowych.

2.1.

Ekoprojektowanie produktu i procesu produkcyjnego

2.1.1. Dobór alternatywnych surowców i rozpuszczalników

Obecnie jednym z najważniejszych wyzwań przemysłu chemicznego jest odpowiedni dobór substancji chemicznych, tak aby ograniczyć ich negatywny wpływ na środowisko naturalne oraz toksyczność dla ludzi i zwierząt, nie ograniczając funkcjonalności produktu lub materiału. W swoich dążeniach Unia Europejska i jej organy wykazują konieczność powiązań między przepisami dotyczącymi substancji chemicznych, produktów i odpadów[9]. Zgodnie z tymi dążeniami wszystkie materiały powinny być bezpieczne, nadające się do zastosowania i zaprojektowane z myślą o trwałości, recyklingu i niskim wpływie na środowisko. Według tego podejścia najlepszym sposobem zapobiegania niebezpiecznym substancjom w odpadach jest przede wszystkim unikanie ich stosowania w produktach. Tym samym zachęca się do eliminacji substancji wzbudzających obawy, oraz do zastąpienia substancji wzbudzających obawy bezpieczniejszymi, a tam, gdzie nie jest to możliwe, ograniczenie ich obecności poprzez minimalizację stosowania substancji wzbudzających obawy i usprawnienie ich śledzenia, a tym samym zajęcie się potencjalnymi przyszłymi wyzwaniami.

Wyzwanie to polega w szczególności na wyborze alternatyw, które są naprawdę bezpieczniejsze niż substancja zastępowana. Alternatywa musi również zachować parametry techniczne, być dostępna rynkowo i współdziałać z innymi kryteriami zrównoważonego rozwoju, takimi jak zwiększone wykorzystanie surowców odnawialnych. Dodatkowo na te kwestie należy patrzeć z perspektywy całego cyklu życia.

Do tej pory największy nacisk kładziono przede wszystkim na unikaniu konkretnej substancji wzbudzającej obawy, a nie na rozważaniu pożądanych funkcji, jakie substancja chemiczna ma zapewniać, a następnie wyszukaniu bezpieczniejszej alternatywy, która spełnia te same funkcje. Zaś poprzez określenie, w jaki sposób konkretną funkcję można spełnić w inny sposób („zastępowanie

9 Rezolucja Parlamentu Europejskiego 2018. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 13 września 2018 r. w sprawie wdrażania pakietu dotyczącego gospodarki o obiegu zamkniętym: warianty podejścia do interakcji między przepisami w zakresie chemikaliów, produktów i odpadów (2018/2589(RSP)).

funkcjonalne", ang. functional substitution), zastępowanie może zostać przekształcone z działania głównie w zakresie zgodności regulacyjnej na działalność innowacyjną[10]. Funkcjonalne podejście do substytucji również ma pewne ograniczenia. Często wzajemne powiązania funkcji i zagrożeń powodują, że usuwanie określonej substancji wzbudzającej obawy może osłabić niezbędną funkcję. Należy zauważyć, że w niektórych przypadkach może mieć miejsce sprzeczność między celami gospodarki o obiegu zamkniętym, takimi jak długowieczność i możliwość recyklingu produktu, a bezpieczeństwem substancji chemicznych[11]. W takich przypadkach optymalizacji obu sprzecznych celów z pewnością wymaga dalszych innowacji. W tym kontekście konieczne może być rozważenie zupełnie nowych, niechemicznych rozwiązań spełniających pożądaną funkcję. Może to obejmować zmianę użytego materiału, przeprojektowanie procesu, produktu lub usługi.

Europejska Agencja Chemikaliów uruchomiła swoją strategię zastępowania substancji chemicznych[12] w 2018 r., koncentrując się na wyraźnym połączeniu zastępowania z innowacjami w bezpieczeństwie substancji chemicznych, materiałów i technologii oraz opowiadając się za szerszą zmianą w praktykach przemysłowych i perspektywach w celu przeciwdziałania zagrożeniom związanym z substancjami wzbudzającymi obawy.

Kluczową rolę w kontekście cyrkularnych dążeń sektora chemicznego pełni również odpowiedni dobór rozpuszczalników[13]. Rozpuszczalniki są używane między innymi do tworzenia roztworów innych substancji, aby mogły zachodzić reakcje, do oddzielania i oczyszczania substancji chemicznych oraz do czyszczenia sprzętu używanego w procesach chemicznych. Rozpuszczalniki stanowią dużą część całkowitej ilości substancji chemicznych wykorzystywanych w przemysłowych procesach chemicznych. Jednak wiele konwencjonalnych rozpuszczalników uważa się za niebezpieczne, zarówno dla środowiska, jak i zdrowia ludzkiego. Istnieje jednak wiele alternatyw, w tym rozpuszczalniki na bazie biologicznej[14], mniej niebezpieczne rozpuszczalniki, takie jak woda lub etanol, oraz technologie bezrozpuszczalnikowe lub o zmniejszonej zawartości rozpuszczalników.

2.1.2. Alternatywne szlaki syntetyczne i kataliza

Współczesna synteza chemiczna jest nadal głównie procesem liniowym, który koncentruje się na projektowaniu i optymalizacji pojedynczych reakcji i używanych w nich katalizatorów. Natomiast synteza w przyrodzie jest przeprowadzana w ramach wysoce zintegrowanych powiązań wielokatalizatorowych, działających w równowadze termodynamicznej. Pozwala to na ciągłą, samodoskonalącą się, wieloetapową syntezę związków ze zrównoważonych materiałów wyjściowych w łagodnych i przyjaznych dla środowiska warunkach. Chociaż nasze możliwości budowania systemów o podobnej wydajności były do tej pory ograniczone, obecne postępy w chemii, materiałoznawstwie i biologii syntetycznej otwierają nowe ścieżki technologiczne i koncepcyjne[15].

Bardziej ekologiczne reakcje są szczególnie ważne w chemii organicznej, gdzie ze względu na ogromną liczbę procesów przemysłowych z użyciem niebezpiecznych substancji chemicznych i rozpuszczalników dochodzi do poważnych szkód w środowisku. W chemii organicznej eko-innowacje obejmują przykładowo reakcje wspomagane promieniowaniem mikrofalowym, ultradźwiękowym i ultrafioletowym (UV) oraz zastosowanie reaktorów przepływowych[16]. Zrównoważone szlaki syntezy są również stosowane w chemii medycznej oraz przemyśle farmaceutycznym

10 European Commission (2018): Chemicals Innovation Action Agenda: Transition to Safer Chemicals and Technologies.

11 Przykładem takiego kompromisu jest zastosowanie biocydów w produktach w celu przedłużenia żywotności materiału.

12 European Chemicals Agency (2018): Strategy to promote substitution to safer chemicals through innovation.

13 T.M. Persons (2019): Chemical Innovation; Technologies for Making Products and Processes More Sustainable. United States Government Accountability Office.

14 Na przykład biorozpuszczalniki zwane terpenami cytrusowymi, które są ekstrahowane z odpadów skórek cytrusów mogą być alternatywą o niskiej toksyczności w porównaniu z tradycyjnie stosowanymi produktami na bazie ropy naftowej wykorzystywanymi przez przemysł szczelinowania hydraulicznego.

15 Burgener, S., Luo, S., McLean, R. et al. (2020): A roadmap towards integrated catalytic systems of the future. Nat Catal 3, 186–192.

16 Kharissova O.V., Kharisov B.I., O. González César Máximo, M.Y. Peña, L. Israel (2019): Greener synthesis of chemical compounds and materials. R. Soc.

i inżynierii. Stosowana jest przykładowo biosynteza związków i materiałów obejmująca wykorzystanie ekstraktów roślinnych, grzybów, alg czy drobnoustrojów.

W tym kontekście, wcześniej wspomniana istotność innowacji w zakresie katalizy, jest szczególnie ważna. Katalizatory są wykorzystywane do przyspieszenia procesów chemicznych lub zużycia mniejszej ilości materiału. Jednym z powszechnych zastosowań są samochody, w których katalizator zamienia szkodliwe gazy w spalinach na mniej szkodliwe substancje chemiczne. Bez katalizatorów wiele przedmiotów codziennego użytku, takich jak leki, włókna, paliwa i farby, nie mogłoby być produkowane w ilościach wystarczających do zaspokojenia popytu. Niestety, najpowszechniejsze katalizatory — w tym stosowane w katalizatorach samochodowych — to rzadkie metale nieodnawialne, takie jak platyna i pallad. Naukowcy pracują nad zastąpieniem takich metali alternatywami, w tym metalami powszechnie występującymi (np. żelazem i niklem) oraz katalizatorami niemetalowymi, takimi jak biokatalizatory[17].

2.1.3. Doskonalenie procesu produkcyjnego

Przemysł chemiczny od lat dąży do poprawy wydajności i ograniczenia negatywnych efektów zewnętrznych. W tym celu ciągłe doskonalenie procesów produkcyjnych jest koniecznością.

Jednym z przykładów takich działań jest koncepcja „F3 Factory" (przyszłość, szybka, elastyczna, ang. future, fast, flexible) rozwijana za pośrednictwem platformy SusChem[18]. Fabryka F3 jest fabryką chemiczną przyszłości, zaprojektowaną tak, aby była efektywna, wydajna i elastyczna, a także wymagała mniejszej ilości surowców. Projekt ten rozpoczęto w 2009 r., aby wzmocnić konkurencyjną pozycję przemysłu chemicznego Unii Europejskiej poprzez opracowanie szybszych, bardziej elastycznych i wydajnych metod produkcji. Sercem tego projektu jest modularyzacja produkcji chemicznej i opracowanie nowych standardów, które modyfikują obecne procesy produkcji chemicznej. Innowacje w procesach produkcyjnych, mogą zaś ponownie wpływać na procesy biznesowe i wymuszać innowacje w tej dziedzinie. Dzięki modułowemu procesowi możliwa jest zwiększona elastyczność produkcji, ułatwianie wdrażania nowych procesów i delokalizacja procesów chemicznych. To znowu może wspierać wdrożenie nowych modeli biznesowych firm chemicznych, ponieważ produkcja chemiczna nie będzie musiała być skupiona w jednym miejscu, a indywidualne potrzeby klientów będzie można zaspokoić znacznie taniej, szybciej i w bardziej zrównoważony sposób.

Inną koncepcją produkcji chemicznej zgodną z modelem gospodarki o obiegu zamkniętym jest przetwarzanie ciągłe[19]. Historycznie, chemikalia przemysłowe były produkowane głównie przy użyciu podejścia znanego jako przetwarzanie wsadowe. Zgodnie z nim materiały wejściowe są łączone w zamkniętym naczyniu lub kadzi i poddawane reakcji, a następnie przenoszone do następnej kadzi w celu przetworzenia w ramach następnego etapu produkcji, podczas gdy pierwsza kadź jest oczyszczana. Takie podejście może wykorzystywać znaczne ilości rozpuszczalników do czyszczenia kadzi między partiami, zużywać dużo energii, skutkować potencjalnie długimi czasami oczekiwania na przetwarzanie kolejnych partii i stwarzać zagrożenia dla bezpieczeństwa. Alternatywne do tradycyjnego przetwarzania wsadowego, przetwarzanie ciągłe umożliwia zachodzenie reakcji chemicznych w sposób ciągły. Poprzez pompowanie mieszaniny reakcyjnej przez szereg rur, w których stale zachodzą reakcje otrzymywany jest końcowy produkt. W porównaniu z przetwarzaniem wsadowym podejście to może poprawić wydajność produkcji, jakość produktu i bezpieczeństwo procesu, jednocześnie zmniejszając ilość odpadów i koszty[20].

---

17 Na przykład firma Newlight Technologies opracowała i komercjalizuje technologię biokatalizatora, która wychwytuje metan (silny gaz cieplarniany) i łączy go z powietrzem, aby stworzyć materiał, który dorównuje właściwościom tworzywom sztucznym na bazie ropy naftowej przy niższy kosztach produkcji.

18 Dechema (2017): Modular Plants. Flexible chemical production by modularization and standardization – status quo and future trends

19 J.Britton, C.L. Raston (2017): Multi-step continuous-flow synthesis Chem. Soc. Rev., 46.

20 Na przykład naukowcy opracowali proces wytwarzania aktywny składnik leków, w tym przy użyciu mikroreaktorów, które zminimalizowały odpady, zmniejszyły liczbę etapów oczyszczania i skróciły czas produkcji w porównaniu z tradycyjnym przetwarzaniem wsadowym.18

2.1.4. Koncepcja „Safe and sustainable by design”

Przemysł chemiczny definiuje „Safe and Sustainable by Design” jako proces innowacji i wprowadzania na rynek chemikaliów, materiałów, produktów i technologii, które są bezpieczne dla środowiskowa, społeczeństwa i/lub gospodarki, a jednocześnie zapewniają wartość dodaną poprzez swoje zastosowania[21]. Te związki chemiczne, materiały, produkty i technologie umożliwiają przyspieszenie przejścia do modelu gospodarki o obiegu zamkniętym i społeczeństwa neutralnego dla klimatu oraz zapobieganie szkodom dla zdrowia ludzkiego i środowiska przez cały cykl życia produktu.

Proces innowacji zgodny z tą koncepcją jest wieloetapowy. Rozpoczyna się on od zdefiniowania wymagań funkcjonalnych i wydajnościowych dla przewidywanej aplikacji produktu, po czym następuje mapowanie potencjalnych skutków badanego rozwiązania przez cały cykl życia. W trakcie procesu innowacji gromadzonych jest coraz więcej danych, które pozwalają na ocenę wyników w zakresie zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do kluczowych kryteriów bezpieczeństwa i zgodności z koncepcjami cyrkularnymi. Ostatnim krokiem jest ocena wpływu zgodnie z wcześniej wyznaczonymi kryteriami.

KROK 1

Mapowanie istniejących kryteriów

Przemysł chemiczny, projektując produkty i wprowadzając je na rynek, ma na celu zaspokojenie zapotrzebowania klientów, rynku i społeczeństwa. Coraz częściej firmy zaczynają konkurować w zakresie wydajności swoich procesów i produktów związanych ze zrównoważonym rozwojem, kierując się celami firmy lub swoich klientów. Właśnie te cele i kryteria wymagają mapowania w ramach pierwszego kroku koncepcji „Safe and Sustainable by Design”.

KROK 2

Uporządkowanie kryteriów w ustrukturyzowanych ramach

W celu opracowania ram działania, kryteria są ustrukturyzowane wokół kluczowych wymiarów oceny bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju. W przypadku części dotyczącej bezpieczeństwa podstawa składa się z minimalnych regulacyjnych wymogów bezpieczeństwa, które zostaną uzupełnione o względy funkcjonalne, środowiskowe, społeczne i ekonomiczne, uwzględniające wszystkie etapy cyklu życia, starając się jednocześnie zamknąć występujące obiegi gospodarcze.

KROK 3

Przypisanie kluczowych kryteriów oceny

W kolejnym kroku należy przypisać kryteria bezpieczeństwa i kluczowe wymiary zrównoważonego rozwoju, co wymaga pewnych wyborów metodologicznych. Kluczowe kryteria są przypisywane do konkretnych kombinacji zastosowań produktu oraz jego łańcucha wartości. Dodatkowo kryteria te są różne na różnych etapach fazy innowacji produktu lub procesu oraz przy różnych modelach zastosowań – konsumenckich, profesjonalnych i przemysłowych.

KROK 4

Narzędzia oceny, inwentaryzacja danych i weryfikacja przez stronę trzecią

Końcowy etapem jest ocena produktu lub procesu produkcyjnego. Należy opierać się w jak największym stopniu na powszechnie akceptowanych wytycznych i standardach metodologicznych, aby umożliwić rzetelne porównanie analiz dotyczących zrównoważonego rozwoju i ułatwić ich egzekwowanie (normy ISO, systemy dobrowolnej certyfikacji itp.).
W zależności od etapu rozwoju produktu i innych czynników możliwe jest podejście jakościowe lub ilościowe w stosowaniu wybranych wytycznych i metodologii.

21 Cefic (2021): Safe and Sustainable-by-Design: Boosting Innovation and Growth within the European Chemical Industry.

2.2.

Informatyzacja

2.2.1. Sztuczna inteligencja

Projektowanie nowych materiałów i leków w ramach przemysłu chemicznego coraz częściej odbywa się za pomocą narzędzi cyfrowych. Oprogramowanie symulacyjne oparte na mechanice kwantowej lub klasycznej dynamice molekularnej jest obecnie często wykorzystywane do prowadzenia eksperymentów laboratoryjnych, co w wielu przypadkach drastycznie skraca czas realizacji i zwiększa szansę uzyskania bardziej udanych wyników. W ostatnich latach uczenie maszynowe i inne metody sztucznej inteligencji zaczęły mieć duży wpływ na procesy innowacji w przemyśle chemicznym[22]. Wykazano, że są one w stanie zarówno uzupełniać, jak i częściowo zastępować znacznie wolniejsze i bardziej zasobochłonne tradycyjne oprogramowanie symulacyjne. Sztuczna inteligencja daje również nowe możliwości automatyzacji i racjonalizacji dzisiejszej ręcznej pracy, m.in. w syntezie chemicznej i materiałowej.

Wartość wykorzystania uczenia maszynowego polega na krótszym czasie realizacji znacznie częściej udanych reakcji przy niższych kosztach i mniejszych ilościach generowanych odpadów. Przewidywania odnośnie półproduktów i produktów końcowych, w tym właściwości toksykologicznych potencjalnych zanieczyszczeń, są ważnymi i niezbędnymi punktami kontrolnymi w tym procesie.

2.2.2. Big data i bazy danych

Modele operacyjne oparte na dużych bazach danych (ang. big data) wykorzystują informacje przetwarzane za pomocą zaawansowanych metod analizy do podejmowania decyzji i zwiększania wydajności w procesach projektowania produktów i procesów produkcyjnych branży chemicznej[23]. Dotyczy to w szczególności takich obszarów jak konserwacja predykcyjna, dalsza automatyzacja procesów produkcyjnych, logistyka sieciowa oraz zaawansowana symulacji („in silico") do badań chemicznych.

Dalszy rozwój eksperymentów „in silico" ma na celu symulację większych systemów chemicznych pod względem przewidywania wyników reakcji i jej skalowalności. Koncepcja ta wiąże big data oraz wcześniej wspomnianą sztuczną inteligencję (przede wszystkim uczenie maszynowe). Na podstawie tych spostrzeżeń firmy mogą cyfrowo konceptualizować materiały o wymaganych właściwościach chemicznych, elektronicznych i fizycznych oraz określić ekonomicznie i ekologicznie wydajną ścieżkę produkcji.

Metody big data wykorzystywane są również w konserwacji predykcyjnej, podczas której czujniki zbierają w czasie rzeczywistym duże ilości danych dotyczących bieżącego stanu procesu produkcyjnego, dzięki czemu specjalnie opracowane algorytmy przewidują awarie maszyn, a także ich przyczyny. W ten sposób można uniknąć strat produkcyjnych, znacznie zmniejszając koszty i czas potrzebny na konserwację.

Potencjał zwiększenia efektywności poprzez procesy cyfrowe i modele operacyjne oparte na danych różni się w zależności od konkretnego segmentu przemysłu chemicznego. We wcześniejszych segmentach łańcucha wartości, wzrost wydajności produkcji jest widoczny, na przykład poprzez zdalnie sterowaną, prewencyjną i proaktywną konserwację oraz odpowiednią pracę zakła-

22 N. Brown, P. Ertl, R. Lewis, et al. (2020): Artificial intelligence in chemistry and drug design. Journal of Computer-Aided Molecular Design, 34.

23 Deloitte (2017): Chemistry 4.0 Growth through innovation in a transforming world.

dów. Szczegółowy i kompleksowy wgląd w procesy produkcyjne, a także analiza informacji i symulacja procesu umożliwiają jego optymalizację i minimalne zużycie zasobów. W parze z produkcją modułową i robotyką pozwalają na zwiększenie wydajności i stopnia automatyzacji.

Na późniejszym etapie łańcucha wartości, wzrost wydajności leży bardziej po stronie sprzedaży, marketingu i administracji. Szczegółowe, cyfrowo zebrane i ocenione wzorce użytkowania oraz określone dane dotyczące wpływu na środowisko umożliwiają zwiększenie wydajności i trwałości produktu oraz użyteczności dla klienta.

Dodatkowo technologie big data w połączeniu z cyfrową identyfikowalnością produktów i innowacjami procesowymi, m.in. dzięki nowoczesnym technologiom sortowania, umożliwia dostęp do przejrzystych informacjach o materiałach. Jedna z konsekwencji stosowania tego typu narzędzi jest łatwiejszy recykling, osiągany m.in. dzięki efektywnej harmonizacji procesów sortowania, logistyki i przetwarzania odpadów.

2.3.

Modele biznesowe

Poniżej przedstawiono cyrkularne modele biznesowe o największym potencjale w przemyśle chemicznym. Nie wyczerpują one jednak wszystkich możliwości w tym zakresie.

2.3.1. Symbioza przemysłowa

Wiele badań wykazało, że wdrożenie symbiozy przemysłowej, opartej na współużytkowaniu zasobów dwóch lub większej ilości podmiotów jest pomocne w osiągnięciu harmonijnego rozwoju ekonomicznego przedsiębiorstw przy ograniczeniu efektów zewnętrznych dla środowiska naturalnego.

Ponieważ procesy produkcyjne przemysłu chemicznego, takie jak wymiana ciepła, wymiana masy i reakcje chemiczne, są często ciągłe oraz ze względu na wysoki stopień skorelowania produktów chemicznych wdrożenie symbiozy przemysłowej jest często prostsze niż w innych branżach[24]. Przyczynia się do tego również fakt, że produkty przemysłu chemicznego są zwykle surowcem dalszej produkcji, co prowadzi do wydłużenia chemicznych łańcuchów przemysłowych z korzyściami dla jego efektywności. Ponadto, ze względu na skalę ekonomiczną, czynniki środowiskowe, bodźce społeczne i regulacje prawne, przemysł chemiczny często istnieje w formie klastrów lub parków przemysłowych. Ułatwia to tworzenie symbiozy w przemyśle chemicznym.

Ze względu na zakres działania przedsiębiorstw chemicznych symbioza przemysłowa może obejmować systemy, które w niektórych przypadkach osiągają skalę regionalną[25]. W rezultacie rozszerzenie symbiozy przemysłowej ustanowionej między firmami chemicznymi na parki przemysłowe i tworzenie chemicznych parków eko-przemysłowych jest pomocne w realizacji skoordynowanego rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym na dużą skalę, który mógłby napędzać zrównoważony rozwój całego regionu.

24 H. Cui, C. Liu (2017): Applying industrial symbiosis to chemical industry: A literature review. AIP Conference Proceedings 1864.
25 C. Liu, R. P. Côté, K. Zhang (2015): Implementing a three-level approach in industrial symbiosis Journal of Cleaner Production 87.

Teza o stosunkowej prostocie wdrożenia modelu biznesowego symbiozy przemysłowej w przemyśle chemicznym potwierdzana jest w badaniach naukowych. Praktycznie wszystkie przypadki symbiozy przemysłowej wykazywane w literaturze w jakimś stopniu obejmują przemysł chemiczny, przykładowo:

- *Kalundborg z Danii jest znanym przykładem symbiozy przemysłowej, w które zaangażowane są niektóre firmy chemiczne, takie jak rafineria ropy naftowej i fabryka kwasu siarkowego26.*
- *Na terenie portu w Rotterdamie znajduje się wiele firm z branży chemii precyzyjnej i petrochemicznej. Przykład ten pokazuje, że ustanowienie symbiotycznych relacji jest pomocne dla tych firm chemicznych w zmniejszaniu zużycia energii, zmniejszaniu zrzutu ścieków oraz ponownym wykorzystywaniu odpadów i produktów ubocznych27.*
- *Badanie korzyści środowiskowych i ekonomicznych Midong Chemical Industrial Park (MCIP), wykazało istotne korzyści finansowe uzyskane dzięki ograniczeniu zużycia zasobów i emisji odpadów, takich jak woda słodka, węgiel, żużel karbidowy i popioły lotne28. Przy czym symbioza przemysłowa, poprzez kaskadowanie energii i wody oraz ponowne wykorzystanie produktów ubocznych może przyczynić się znacząco do redukcji emisji dwutlenku węgla.*

2.3.2. Produkt jako usługa

W ramach modelu biznesowego oferującego produkt jako usługę firmy oferują dostęp do produktów, ale zachowują jego własność. W tym modelu często myśli się o zasobach fizycznych, takich jak samochody i odzież. Stosunkowo rzadko na myśl przychodzi leasing substancji chemicznych, który skierowany jest w szczególności do zastosowań przemysłowych i profesjonalnych.

Leasing chemiczny to nowatorski model biznesowy oparty na usługach, który wspiera zrównoważone zarządzanie substancjami chemicznymi i odpowiada na dążenia do bardziej zrównoważonych działań w ramach produktów i procesów chemicznych[29]. W normalnym procesie zaopatrzenia w substancje chemiczne dostawca jest zmotywowany do sprzedaży jak największej liczby produktów. W leasingu chemicznym dostawca zawiera umowę o świadczenie danej usługi określonej przykładowo na podstawie objętości uzdatnionej wody, długości czyszczonych rur, czy liczby pomalowanych przedmiotów. Dostawca jest więc zmotywowany do zminimalizowania ilości użytych substancji chemicznych, co skutkuje korzyściami zdrowotnymi, środowiskowymi i ekonomicznymi dla obydwu stron.

Leasing chemiczny jest doskonałym przykładem tego, jak przemysł chemiczny może przejść na sprzedaż opartą na usługach, która koncentruje się na funkcji sprzedaży i jakości, a nie na ilości. W ten sposób, branża chemiczna może pomóc przedsiębiorstwom niższego szczebla (swoim klientom) w adopcji modelu obiegu zamkniętego przy jednoczesnym obniżeniu kosztów wewnętrznych[30].

26 T. Sterr, T. Ott (2004): The industrial region as a promising unit for eco-industrial development—reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. Journal of Cleaner Production 12 (8-10), 947-965

27 L. Baas (2008): Industrial Symbiosis in the Rotterdam Harbour and Industry Complex: Reflections on the Interconnection of the Techno-Sphere with the Social System. Business Strategy and the Environment 17(5).

28 B. Guo, Y. Geng, T. Sterr, L. Dong Y. Liu (2016): Evaluation of promoting industrial symbiosis in a chemical industrial park: A case of Midong. Journal of Cleaner Production 135.

29 Chemical Leasing (2013): Chemical Leasing. Sustainable Chemicals Service Solutions. Strona: https://chemicalleasing.org/sites/default/files/20_CHEMICAL_LEASING_Basics.pdf

30 Na przykład SAFECHEM, firma zajmująca się leasingiem chemicznym, pomaga klientom zmniejszyć zużycie rozpuszczalników do czyszczenia metali nawet o 93 procent i zmniejszyć zużycie energii nawet o 50 procent dzięki zamknięciu obiegów gospodarczych.

Cyrkularny model biznesowy produktu jako usługi może być stosowany również w odniesieniu do produktów branży chemicznej, które znajdują się niżej w łańcuchu wartości. Przykładowo program wynajmu opon może pomóc utrzymać ciągłość działań klientów, zaoszczędzić paliwo i obniżyć koszty za pomocą energooszczędnych rozwiązań technologicznych[31]. Dzięki stawkom za kilometr, klienci płacą jedynie za konkretną funkcjonalność i nie martwią się śledzeniem konieczności wymian opon, czuwaniem nad zmniejszeniem ryzyka i optymalizacją wydajności. Takich przykładów jest coraz więcej. W pewnych przypadkach model ten może zrewolucjonizować całe podsektory w ramach przemysłu chemicznego. Takie nadzieje pokłada się w koncepcji leków jako usługi (ang. medicine-as-a-service). Przemysł farmaceutyczny może w szczególności przekonfigurować swoje zasoby w celu opracowania innowacyjnych modeli biznesowych związanych z lekami na receptę na przewlekłe schorzenia[32]. Chociaż istnieją skuteczne leki na większość chorób przewlekłych, dostęp i przestrzeganie dawkowania leków nie pozwalają na osiągnięcie pełnej skuteczności leczenia. Za pomocą koncepcji leków jako usługi, a więc sprzedawaniu leczenia, a nie pigułek czy tabletek, można pozyskiwać i utrzymywać większą liczbę pacjentów korzystających z leków, z korzyścią dla pacjentów i przedsiębiorstw.

2.3.3. Ponowne wykorzystanie surowców i recykling

Większość sektorów przemysłowych wykorzystuje substancje chemiczne przynajmniej na pewnym etapie swoich procesów produkcyjnych. W większości przypadków wydajność chemiczna – procent ilości substancji chemicznej zużytej lub przetworzonej podczas reakcji chemicznej – może być zaskakująco niska. Często wynosi mniej niż 50 procenta, a w niektórych procesach przemysłowych wydajność chemiczna może wynosić nawet 5 procent. Oznacza to, że przeważająca część substancji chemicznych staje się odpadem, nawet gdy nigdy nie została wykorzystana w procesie produkcyjnym. Dodatkowo, do celów utylizacji, zużyte chemikalia muszą zostać przekształcone w wodę, którą można odprowadzić, oraz osady ściekowe, które można spalić lub pozbyć się w inny sposób. Ta konwersja zużywa dodatkowe substancje chemiczne. Na przykład zasady są używane do neutralizacji ścieków kwaśnych, a wapno do ekstrakcji zużytych chemikaliów.

Według niedawnego badania, do 60 procent cząsteczek wykorzystywanych przez europejski przemysł chemiczny można poddać recyrkulacji[33]. Jednak dzisiaj bardzo niewiele substancji chemicznych używanych w procesach przemysłowych poddaje się recyklingowi. Mimo to wiele z nich, w tym rozpuszczalniki, kwasy i smary, można odzyskać za pomocą procesów takich jak destylacja, filtracja lub regeneracja chemiczna[34].

Substancje chemiczne można nie tylko poddać recyklingowi, ale także ponownie wykorzystać[35]. Dzięki wcześniej opisanej symbiozie przemysłowej zużyte chemikalia z jednego procesu przemysłowego mogą stać się surowcem dla innego. Na przykład chlorek żelazowy, produkt uboczny trawienia stali w kwasie solnym, może być stosowany w procesach uzdatniania wody; dwutlenek węgla, głównie produkt uboczny procesów spalania, wkrótce może zastąpić surowce petrochemiczne do produkcji substancji chemicznych, w tym polimerów.

Wspomniane polimery, składające się na tworzywa sztuczne, których zagospodarowanie stanowi obecnie jeden z najważniejszych i najbardziej medialnych problemów środowiska naturalnego, również w znacznym stopniu mogłyby być poddawane ponownemu użyciu lub recyklingowi. Ponowne użycie tworzyw sztucznych byłoby oczywiście optymalne. W pewnych przypadkach już

31 https://www.michelin.com/en/activities/related-services/connected-services-and-solutions/

32 M. Soeren, L. Klautzer, T. Mengistu (2012): Medicines as a Service: A New Commercial Model for Big Pharma in the Postblockbuster World. RAND Corporation.

33 Accenture (2019): Taking the European Chemical Industry into the Circular Econom; strona: https://cefic.org/app/uploads/2019/02/Accenture-Cefic-circular-economy-brochure.pdf

34 Mostafa MK, Peters RW. Applying the three R's: Reduce, reuse, and recycle in the chemical industry. J Air Waste Manag Assoc. 2017 Mar;67(3):322-329. doi: 10.1080/10962247.2016.1234421. PMID: 27649743.

35 M.K. Mostafa, R.W. Peters (2017): Applying the three R's: Reduce, reuse, and recycle in the chemical industry, Journal of the Air & Waste Management Association, 67:3.

teraz ma ono miejsce – w przypadku skrzynek na butelki i coraz częściej w przypadku toreb na zakupy. Jeżeli chodzi o recykling, na pierwszy rzut oka zbieranie tworzyw sztucznych, które można ponownie formować – tworzyw termoplastycznych, wydaje się atrakcyjnym rozwiązaniem. Jednak zbieranie i sortowanie artykułów z tworzyw sztucznych na określone polimery jest procesem kosztownym i trudnym. Pomocne są w tym wypadku innowacje w zakresie sortowanie. Coraz częściej używane są techniki spektroskopowe - spektrometria w podczerwieni, wizyjne czujniki koloru, spektrometria rentgenowska, wreszcie spektrometria bliskiej podczerwieni. Tworzywa sztuczne można również oddzielić na podstawie gęstości przez flotację w wodzie.

Tak odzyskany materiał można poddać recyklingowi. Przykładowo odzyskane butelki po umyciu, zmieleniu, topieniu, są wytłaczane jako włókna. Recykling toreb plastikowych pozwala zaoszczędzić około dwóch trzecich energii zużywanej do wyprodukowania nowej torby.

Niektóre polimery można depolimeryzować w celu przekształcenia monomerów, które można następnie oczyścić przez destylację i ponownie polimeryzować w celu wytworzenia tworzyw sztucznych. Wciąż jednak odpady polimerowe muszą być sortowane przed podgrzaniem. Polimery, podobnie jak inne związki organiczne o dużej masie cząsteczkowej, takie jak alkany w oleju, można krakować w wysokich temperaturach, tworząc mniejsze cząsteczki. Mieszaniny polimerów można także przekształcić w użyteczne związki przez pirolizę lub utlenianie. Ma to tę zaletę, że tworzywa sztuczne nie muszą być rygorystycznie sortowane przed obróbką.

2.4.

Ekosystem

Przemysł chemiczny jest w wyjątkowej sytuacji, aby wspierać gospodarkę o obiegu zamkniętym z dwóch perspektyw: z myślą o adopcji modelu w swoich organizacjach, a także jako podmiot „umożliwiający" tą adopcję na dalszych etapach łańcucha wartości. Ponieważ firmy niższego szczebla starają się przeformułować procesy produkcyjne, przemyśleć nakłady materiałowe i wzmocnić swoje zobowiązania w zakresie zrównoważonego rozwoju, będą potrzebować wskazówek ekspertów. A podmioty rynku chemicznego są idealnie przygotowane do napędzania zrównoważonego wzrostu, pomagając swoim klientom w opracowywaniu trwalszych, przyjaznych dla środowiska produktów. Aktywne partnerstwo z markami i sprzedawcami detalicznymi, aby pomóc im we wprowadzaniu modelu obiegu zamkniętego będzie korzystne więc dla dwóch stron. Po pierwsze przyczyni się do ograniczenia ilości zużytych zasobów oraz generowanych odpadów, a co za tym idzie kosztów. Po drugie zwiększy wielkość rynku produktów i usług cyrkularnych, co może skutkować powstaniem ekonomicznych efektów skali. Po trzecie, w pełniejszym stopniu odpowie na rosnące wymagania regulacyjne.

Podczas gdy sprawy związane z przejściem do gospodarki o obiegu zamkniętym już trwają, należy położyć nacisk na stworzenie ekosystemu z podejściem integracyjnym, w którym wszyscy uczestnicy pracują nad ujednoliconym celem. Ważne jest również zapewnienie, aby pożądana gospodarka przyniosła wymierne korzyści wszystkim zainteresowanym stronom w całym łańcuchu wartości, w tym konsumentom końcowym, biorąc pod uwagę złożoność łańcucha wartości przemysłu chemicznego. Nowe modele biznesowe mające na celu integrację łańcuchów wartości, tworzenie lokalnych baz i sieci wartości w celu wspierania zrównoważonego rozwoju we wszystkich obszarach pomogą w opracowaniu bardziej samowystarczalnego i odpornego łańcucha wartości. Podejścia oparte na współpracy, integrujące różne zainteresowane strony w całym łańcuchu wartości, a jednocześnie dzielenie się korzyściami, może zwiększyć udział zainteresowanych stron i pomóc w uczynieniu gospodarki o obiegu zamkniętym najwyższym priorytetem.

Ekosystem na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym może również skorzystać na wsparciu partnerstwa publiczno-prywatnego. Nie powinno ograniczać się ono tylko do współpracy między

środowiskiem akademickim i przemysłowym. Należy aktywnie promować współpracę z władzą publiczną na szczeblu lokalnym, co w niektórych przypadkach – dużych ośrodków produkcji chemicznej czy klastrów, może promować gospodarkę o obiegu zamkniętym w skali regionalnej. Kluczowa jest rola partnerstwa w zapewnianiu testowania pilotażowego w czasie rzeczywistym i komercyjnego przyjęcia osiągnięć technologicznych, w przemyśle chemicznym ale także integrująca inne branże, np. biogospodarkę. Dodatkowo takie podejście sprzyja widocznej już dziś specjalizacji produktowej, dóbr wytwarzanych lokalnie w pobliżu źródeł surowców.

2.5.

Certyfikacja i standaryzacja

Certyfikacja i standaryzacja może aktywnie przyczynić się do szybszego i pełniejszego wdrożenia modelu gospodarki o obiegu zamkniętym. Przede wszystkim może stanowić dodatkowe kryterium rozpatrywane przez klienta, któremu zależy na bardziej zrównoważonych dobrach i usługach. Standaryzacja pozwala dodatkowo na większą porównywalność produktów i sprawniejsze działania biznesowe w ramach całego łańcucha wartości.

Istnieje kilka krajowych i międzynarodowych obowiązkowych i dobrowolnych norm i systemów certyfikacji, które mają zastosowanie w przemyśle chemicznym. Większość z nich dotyczy surowców petrochemicznych, biomateriałów, żywności i pasz. Niestety często certyfikacja dotyczy pojedynczej grupy produktowej, co znacząco zawęża jej postrzeganie przez konsumenta końcowego.

Przykładami zastosowania certyfikacji i standaryzacji w obrębie zawężonego zestawu typów produktów:

- *Certyfikacja ekologiczna według standardu COSMOS: Ecocert Cosmos dla produktów kosmetycznych.*
- *Standaryzacja związana z członkostwem w Europejskiej Radzie Przemysłu Chemicznego, CEFIC, obejmująca bezpieczne stosowanie surfaktantów*
- *Członkostwo w Europejskim Komitecie Organicznych Surfaktantów i ich Półproduktów*
- *Certyfikaty zgodnie z SQAS (system oceny bezpieczeństwa i jakości) w zakresie czyszczenia zbiorników i usług transportowych.*

Istnieją również przykłady systemów certyfikacji i standaryzacji dla przemysłu chemicznego obejmujących swych zasięgiem szersze spektrum produktów. Wśród nich należy wyróżnić system Responsible Care. Jest to dobrowolna inicjatywa globalnego przemysłu chemicznego, która – poza zgodnością z przepisami i regulacjami – zobowiązuje firmy, krajowe stowarzyszenia przemysłu chemicznego i ich partnerów do:

- *Nieustannego poprawiania wiedzę na temat środowiska, zdrowia, bezpieczeństwa i ochrony oraz wydajność technologii, procesów i produktów w całym ich cyklu życia, aby uniknąć szkód dla ludzi i środowiska.*
- *Efektywnego wykorzystywania zasobów i minimalizacji strat.*
- *Otwarte raportowanie wyników, osiągnięć i niedociągnięć.*
- *Słuchania i pracy z ludźmi, aby zrozumieć i odpowiedzieć na ich obawy i oczekiwania.*
- *Współpracowania z rządami i organizacjami w opracowywaniu i wdrażaniu skutecznych przepisów i standardów oraz w celu ich wypełnienia lub wykroczenia poza nie.*
- *Zapewnienia pomocy i porad, aby wspierać odpowiedzialne zarządzanie substancjami chemicznymi przez wszystkich, którzy nimi zarządzają i używają w łańcuchu produktów.*

Inną inicjatywą jest certyfikacja International Sustainability and Carbon Certification (ISCC). Celem systemu jest stworzenie międzynarodowego, praktycznie wykonalnego i przejrzystego systemu certyfikacji biomasy i bioenergii, także w przemyśle chemicznym. Dotyczy w szczególności biopaliw ciekłych, substancji chemicznych i tworzyw sztucznych. Certyfikacja obejmuje cały łańcuch dostaw, wraz z uwzględnieniem wykorzystywanych surowców. Certyfikacja jest stosunkowo przejrzysta i szczegółowa. Na przykładzie produktów biopaliwowych, stosuje trójstopniowe podejście do certyfikacji zrównoważonego rozwoju, złożone z audytu kryteriów zrównoważonego rozwoju w terenie, weryfikacji bilansu masy, obliczeniu ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych.

Wśród podstawowych działań standaryzacyjnych należy wyróżnić opracowywanie norm przez Europejski Komitet Normalizacyjny w odniesieniu do niektórych bioproduktów. Komitet techniczny (TC 411) pracuje nad normami dotyczącymi biorozpuszczalników, zawartości węgla pochodzenia biologicznego, zrównoważonego rozwoju i cyklu życia bioproduktów. Drażliwą kwestią poruszaną przez komitet są wymagania konieczne aby określić dane dobro bioproduktem. Prace nad tym temat nie zostały jednak jak dotąd zakończone.

Innym, stosunkowo powszechnie używanym standardem jest IFS HPC – standard audytu bezpiecznych i wysokiej jakości produktów/procesów dostawców dotyczących produkcji artykułów gospodarstwa domowego i środków higieny osobistej. Standard IFS HPC obejmuje cztery konkretne grupy produktów: kosmetyki, produkty chemii gospodarczej, artykuły gospodarstwa domowego codziennego użytku, środki higieny osobistej. Celem standardu jest zapewnienie, aby producenci artykułów gospodarstwa domowego i środków higieny osobistej byli w stanie dostarczać na rynek towary bezpieczne, zgodne i wysokiej jakości.

3.

PRODUKTY I ROZWIĄZANIA ZGODNE Z KONCEPCJĄ GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM W SEKTORZE CHEMICZNYM W POLSCE

3.1. **BACTrem**

Firma BACTrem opracowała biopreparat o tej samej nazwie do likwidacji skażeń ropopochodnymi w gruncie, odpadach, osadach oraz ściekach. Jest on oparty na synergistycznym współdziałaniu mikroorganizmów, co powoduje przyspieszenie procesu oraz rozkład substancji toksycznych do związków bezpiecznych, konkretnie wody i etanolu.

Biopreparat obok likwidacji skażeń związkami ropopochodnym likwiduje również skażenia związkami nitrowymi. Może być stosowany w miejscu występowania skażenia (gleby, tereny poprzemysłowe, hałdy, jeziora, stawy) oraz na pryzmach, płytach bioremediacyjnych i w oczyszczalniach (odpady, osady, ścieki).

Działanie biopreparatu opiera się na synergistycznym współdziałaniu bakterii, które produkują odpowiednie enzymy do rozkładu poszczególnych związków wchodzących w skład zanieczyszczenia oraz wytwarzają naturalne surfaktanty ułatwiające im biodegradację związków toksycznych. Bakterie wyselekcjonowano z terenów zanieczyszczonych (gleby i wody) jedno- i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, nitrozwiązkami, pestycydami, metalami ciężkimi i farmaceutykami. Preparat działa w warunkach tlenowych i względnie beztlenowych. Może być osadzony na złożu biologicznym. Preparat jest bezpieczny dla środowiska, nie zawiera substancji toksycznych ani modyfikacji genetycznych, posiada atest higieniczny Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego.

Biopreprat otrzymał srebrny medal 66. Międzynarodowych Targach „Pomysły, Wynalazki, Nowe Produkty iENA 2014" w Norymberdze, oraz został opatentowany w Polsce, Unii Europejskiej, USA, Chinach, Rosji, Ukrainie, Białorusi.

3.2. **Biodegradowalne worki przemysłowe BIO-PAK**

Worki przemysłowe BIO-PAK produkowane przez firmę C2C sp. zo.o. opierają się na technologii produkcji w pełni biodegradowalnych worków przemysłowych BIO-PAK wykonanych z nie plastikowej folii mineralnej NPMF (non plastic mineral foil). Firma przeprowadziła we własnym zakresie projekt badawczy, w ramach którego opracowano technologię materiałową oraz przebadano nowy produkt, w celu określenia jego właściwości i parametrów. W wyniku zrealizowania planowanej inwestycji C2C uruchomiło produkcję innowacyjnego w skali międzynarodowej produktu.

Surowcem do produkcji folii biokompostowalnych są substancje odnawialne oraz dodatek mineralny . Folia ulega rozpadowi w naturalnym procesie kompostowania z frakcją odpadów BIO. Produkt uzyskał certyfikat kompostowalności produktów TUV „OK compost HOME". Ewentualne odpady produkcyjne mogą być ponownie wdrażane do produkcji jako pełnowartościowy surowiec bez skomplikowanej obróbki.

Firma w procesie produkcyjnym optymalizuje zużycie energii, a w procesie przetwórczym nie zużywa wody i stale zwiększa efektywność energetyczną procesu. Obecnie jest w trakcie przeprowadzania termomodernizacji całego zakładu oraz planuje pozyskiwanie energii elektrycznej poprzez panele fotowoltaiczne.

Działania firmy C2C w tym opracowanie biodegradowalnych worków przemysłowych BIO-PAK zostało docenione przez wiele instytucji.

Firma w 2018 r. otrzymała wyróżnienie od Prezydenta Miasta Lublin w kategorii „Innowacyjność", w 2020 r. otrzymała nominację do Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju, zaś w 2019 r. została laureatem konkursu LAWP w kategorii Biogospodarka.

3.3. **Biostim F**

Preparat Biostim F to naturalny, mikrobiologiczny preparat do zwalczania organizmów szkodliwych lub niepożądanych, zwłaszcza grzybów. Produkt firmy BACTrem działa jak pestycydy – bakteriocydy i fungicydy. Preparat zawiera szczepy bakterii, które produkują naturalne bakteriocydy o działaniu bakteriobójczym wobec bakterii patogennych dla roślin m.in. Pseudomonas syringae, Pectobacterium carotovorum. Preparat zawiera również substancje biogenne potrzebne do rozwoju bakterii. Są to m.in. związki organiczne i mineralne odpowiedzialne za aktywność mikroorganizmów np. tworzenie próchnicy.

Podstawowe korzyści ze stosowania Biostim-F to pozbycie się grzybów z ogrodów bez stosowania szkodliwych środków ochrony roślin, przywrócenie naturalnego stanu glebie, stymulacja rozwoju zdrowych roślin. W ten sposób możliwe jest ograniczenie stosowania lub całkowite zaprzestanie stosowania środków ochrony roślin, które mają znaczące negatywne działanie na środowisko naturalne, co jest zgodne z koncepcją gospodarki o obiegu zamkniętym.

Preparat jest bezpieczny dla środowiska, nie zawiera substancji toksycznych ani modyfikacji genetycznych, posiada atest higieniczny Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego. Produkt został opatentowany w Polsce i za granicą.

3.4. **Biostim H**

Preparat Biostim H firmy BACTrem efektywnie rozkłada herbicydy do związków bezpiecznych. Zabezpiecza uprawy przed szkodliwymi skutkami ubocznymi działania herbicydów, m.in. wyjałowieniem gleby oraz obniżeniem odporności gleby i roślin na atak grzybów oraz zapewnia bezpieczeństwo żywności i zmniejsza zagrożenia dla zdrowia.

Stosowanie herbicydów w ogródkach i na działkach do zwalczania chwastów, może być niebezpieczne dla ludzi i zwierząt. Badania pokazują, że te chemiczne środki mogą przedostawać się do organizmu ludzkiego i powodować wzrost ryzyka zachorowania na raka oraz bezpłodność. Preparat zawiera m.in. szczepy bakterii glebowych, zdolnych do biodegradacji herbicydów bazujących na substancji aktywnej jaką jest glifosat.

Preparat jest bezpieczny dla środowiska, nie zawiera substancji toksycznych ani modyfikacji genetycznych, posiada atest higieniczny Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego.

3.5. **BIOSULFEX**

Przygotowane i wyprodukowane przez PROMIS urządzenia BIOSULFEX pozwalają na oczyszczanie i usuwanie siarkowodoru z biogazu. Zapewniają efektywność tego procesu na poziomie powyżej 99%.

Proces usuwania nieprzyjemnych zapachów połączony jest z inteligentną produkcją nawozów. Docelowymi odbiorcami urządzenia są oczyszczalnie ścieków, rolnictwo, biogazownie, operatorzy kanalizacji. PROMIS oferuje zarówno urządzenia na skalę przemysłową, jak i urządzenia małej skali do lokalnych ścieków, odpadów czy rolnictwa.

BIOSULFEX to bezodpadowa technologia odsiarczania biogazu, gazu, powietrza itp. Oferuje wysokowydajną konwersję odpadów z odsiarczania lub kontroli zapachów na nowoczesne, inteligentne nawozy. Urządzenia gwarantują wyjątkową skuteczność w zwalczaniu zapachów o wysokiej zawartości siarkowodoru i amoniaku. Usuwanie z biogazu siarkowodoru metodą BIOSULFEX zapobiega powstawaniu korozji rurociągów, armatury i elementów kotła, dzięki czemu nie dochodzi do stanów awaryjnych. Urządzenia mogą być dodatkowo wyposażone w usuwanie pyłów i siloksanów, czyli produktów hydrolizy związków krzemoorganicznych używanych do produkcji kosmetyków i chemii gospodarczej.

Odsiarczanie biogazu metodą BIOSULFEX wykorzystuje unikalny w kraju i na świecie koncentrat katalityczny BIOCAT w formie proszku. Koncentrat konwertuje siarkowodór do pulpy siarkowej, która jest jedynym produktem ubocznym procesu. BIOCAT stosowany podczas procesu odsiarczania, nietoksyczny, łatwy

w przechowywaniu i transporcie, jest dostarczany w hermetycznie zamkniętych wiadrach. Odsiarczanie biogazu opracowaną metodą nie wytwarza ścieków oraz nie emituje szkodliwych substancji do atmosfery. W procesie BIOSULFEX jedynym produktem ubocznym są niewielkie ilości czystej siarki, zamiast wielu ton odpadów jak w przypadku np. rudy darniowej stosowanej w metodach suchych. Koszty eksploatacyjne technologii są bardzo niskie; rzędu 1 grosza za 1 m^3 gazu.

3.6. **ErgisMark**

Circular Packaging Design Sp. z o.o. (CPD) opracowało ErgisMark – innowacyjną technologię znakowania i selekcjonowania różnych tworzyw w opakowaniach wielomateriałowych. Pozwala to skutecznie zarządzać strumieniami recyklingu. Nowatorska metoda pozwala na recykling opakowań, które do tej pory takiemu procesowi nie mogły być poddane, ze względu na niemożność rozpoznania/identyfikacji poszczególnych tworzyw w strukturze. Rozwiązanie przyczynia się znacząco do zwiększenia poziomu recyklingu opakowań, przy jednoczesnym niskim nakładzie finansowym. ErgisMark zakłada identyfikowanie i odzysk materiałów na podstawie swoistej „tabliczki znamionowej" lub też „kodu kreskowanego", nanoszonej w postaci odpowiedniego, zmywalnego po sortowaniu markera fluorescyjnego w trakcie formowania wyrobu.

Technologia polega na sortowaniu systemowym odpadów, tj. sortowaniu odpadów ze zmieszanego strumienia. Sercem metody są markery fluorescencyjne (innowacja produktowa), które naniesione na materiał umożliwiają jego sprawne sortowanie na czyste frakcje, co dotychczas w przypadku materiałów wielotworzywowych było praktycznie niemożliwe. Znaczniki pozwalają na detekcję i identyfikację materiału pod względem widma emisyjnego markera oraz optycznego wzoru.

Innowacyjna technologia daje możliwości zastosowania materiału powłokowego w postaci lakieru o różnym składzie jakościowym markerów (tj. związków fluorescencyjnych), jak również drukowanie na powierzchni opakowania różnych znaków graficznych.

Każda z kombinacji markerów stanowi odrębną wersję kodu i może służyć do oznakowania innego materiału na etapie jego produkcji. Takie nowatorskie rozwiązanie pozwala na identyfikację i recykling każdego tworzywa znajdującego się w strukturze opakowania. Materiał powłokowy jest zmywany w procesie recyklingu, dzięki czemu odzyskiwane są markery i strumień możliwie jednorodnego tworzywa. Unikalnością metody jest łatwość detekcji każdego typu tworzywa w złożonej strukturze opakowania. Zastosowanie technologii odbywa się relatywnie przy nieznacznym nakładzie finansowym, czego nie gwarantuje żadna dotychczasowa metoda.

3.7. **Ekologiczne asfalty modyfikowane**

Ostatnimi laty spółka Lotos wprowadziła na polski rynek budownictwa drogowego nowatorskie produkty: asfalty modyfikowane z dodatkiem gumy (MODBIT CR), asfalty drogowe WMA oraz asfalty wysokomodyfikowane MODBIT HiMA do budowy nawierzchni długowiecznych.

LOTOS Asfalt jako pierwszy producent w Polsce opracował oraz uruchomił produkcję i sprzedaż asfaltu modyfikowanego z dodatkiem gumy z recyklingu opon samochodowych. Dzięki temu powstał produkt o podwyższonych właściwościach użytkowych i zwiększonej odporności na starzenie przeznaczony do budowy trwałych i cichych nawierzchni asfaltowych. Przyczynił się on nie tylko do ochrony środowiska przed nadmiernym hałasem, ale również do redukcji śladu węglowego poprzez zastosowanie materiału, który poddany by został odzyskowi energii.

Kolejnym innowacyjnym produktem niezwykle przyjaznym dla środowiska jest wdrożony przez spółkę w 2014 roku asfalt do technologii „na ciepło" o nazwie WMA (Warm Mix Asfalt). To ekologiczny materiał wpisujący się w trend zrównoważonego rozwoju. Jedną z korzyści jest możliwość obniżenia temperatury produkcji i wbudowania nawierzchni nawet o 30 stopni Celsjusza. Efektem jest ograniczenie wpływu na środowisko, oszczędność energii i redukcja oparów przy wbudowaniu. Ślad węglowy jest niższy niż w przypadku tradycyjnych nawierzchni asfaltowych, a w porównaniu dróg z cementu nawet kilkukrotnie niższy. Zmniejszenie temperatur produkcji i wbudowania wpływa też korzystnie na trwałość nawierzchni, ograniczając procesy jej starzenia i wydłużając jej żywotność. Nawierzchnia jest bardziej odporna na spękania termiczne i zmęczenie. Zmniejszają się więc koszty utrzymania drogi.

Podwyższona trwałość i większa odporność na działanie czynników klimatycznych, a co za tym idzie oszczędność w utrzymaniu drogi, ograniczenie częstotliwości zabiegów utrzymaniowych i powiązanej z tym ingerencji w środowisko naturalne charakteryzują też inną grupę produktów wytwarzanych przez LOTOS Asfalt - asfalty wysokomodyfikowane MODBIT HiMA. Są one stosowane w Polsce z pozytywnym skutkiem od kilku lat. Lepiszcza te wykorzystywane są w nawierzchniach długowiecznych o trwałości przekraczającej 50 lat. Dzięki swoim ponadstandardowym właściwościom, pozwalają na optymalizację konstrukcji i obniżenie kosztów budowy. Trwałość nawierzchni modyfikowanej polimerami gwarantuje również oszczędności w nakładach na prace remontowo-utrzymaniowe i znaczną redukcję śladu węglowego.

3.8. **FuelCal**

Evergreen Solutions Sp. z o.o. opracowała innowacyjną technologię FuelCal pozwalającą przetworzyć wszelką biomasę organiczną na mineralno-organiczne nawozy i środki poprawiające właściwości gleby OrCal pHregulator.

Technologia może być w szczególności wykorzystywana w oczyszczalniach ścieków, ubojniach, mleczarniach, browarach, biogazowniach, zakładach celulozowych, przetwórniach spożywczych, hotelach. Biomasa będąca odpadem w tych i innych rodzajach działalności jest substratem w 100% wykorzystanym w celu jego przywrócenia do środowiska naturalnego. Nowy produkt wykorzystuje odpad jako surowiec czyli substrat do wytworzenia i przywrócenie go do gleby w 100% bez uszczerbku dla środowiska oraz bez użycia zewnętrznych źródeł energii jedynie z reakcji egzotermicznej. W całym procesie powstające ciepło jest wielokrotnie wykorzystywane do procesów stabilizacji biologicznej i odparowania wody. Technologia opiera się o sanityzację poprzez gotowanie a więc nie powstają szkodliwe dla środowiska związki spotykane podczas spalania takie jak tlenki siarki czy węgla.

Metoda przyjęta do przeróbki osadów polega na uśrednianiu biomasy, odpowiednio zmiennym, regulowanym i kontrolowanym w czasie przebywania i prędkości mieszaniu biomasy, oraz precyzyjnym i powtarzalnym kontaktowaniu z wapnem palonym Bardzo Wysokiej Reaktywności (BWR). Cały proces przebiega w temperaturze przekraczającej 60°C w wyniku egzotermicznych reakcji chemicznych bez udziału zewnętrznych źródeł energii cieplnej, zachodzących pomiędzy dawkowanym Reagentem WapCal a wodą z biomasy odpadowej. Reakcja przebiega w reaktorze o przepływie reagującej mieszaniny z kierunkiem zgodnym z siłami grawitacji odbywającym się w pionowym węźle reakcyjnym gdzie następuje znaczne związanie, oraz odparowanie wody zawartej w biomasie co wpływa na obniżenie kosztów oraz optymalizację przebiegu procesu.

W wyniku takiego procesu przemiany fizyko-chemicznej rozdrobnionej i odwodnionej biomasie powstanie produkt, po ustabilizowaniu, higienizacji i odparowaniu wody łatwy w przechowywaniu, transporcie i rozprowadzaniu na polach ogólnodostępnymi maszynami. Efektem dostarczonej technologii są produkty o właściwościach umożliwiających wykorzystanie ich jako środek wspomagający uprawę roślin lub nawóz organiczno-mineralny, posiadający wysokie zdolności regulacji pH gleby (pH powyżej 12,7), oraz użyźnienia i odżywienia gleby.

W pionowej komorze reakcyjnej z reagującej substancji wydzielający się podczas procesu amoniak i merkaptany są separowane i przepuszczane przez Układ Neutralizacji Skroplin co minimalizuje uciążliwość odorową. Przerabiana biomasa nie ma możliwości wydostania się poza urządzenia aż do zakończenia procesu egzotermicznego i wysypanie partii nawozu na posadzkę lub przyczepę. W trakcie trwania procesu nie powstaje zagrożenie pożarowe.

Technologia zamyka proces odpadowy w oczyszczalni tym samym pozwala wypełnić w pełni zapisy ustawy o odpadach z 14 grudnia 2012 r. gdzie zakład przestaje wytwarzać odpad czyli zagęszczony komunalny osad ściekowy a wytwarza pełnowartościowy produkt w rozumieniu stawy o nawozach i nawożeniu.

3.9. **Folia monoPET**

Folia monoPET to sztywna folia PET produkowana przez firmę MKF-Ergis sp. z o.o. wyłącznie z materiału PET (tj. poli(tereftalanu etylenu)) o specjalnej strukturze warstwowej, gdzie do 90% struktury stanowi materiał pochodzący z recyklingu. Folie takie są powszechnie stosowane do produkcji termoformowanych opakowań głównie produktów spożywczych, ale również termoformowanych i bigowanych opakowań produktów innych niż spożywcze.

Szczególnie innowacyjny jest wariant barierowy folii monoPET. Jest to folia PET (monoPET) wytwarzana z dodatkiem barierowym (przeciwko tlenowi) zdyspergowanym w masie. W celu uzyskania odpowiedniej barierowości folii monoPET stosowane są dodatki aktywne do masy tworzywa, które zdyspergowane w matrycy polimerowej aktywnie wychwytują cząsteczki tlenu permeujące przez matrycę tworzywa. Pozwala to na zastąpienie konwencjonalnych, trudnych do recyklingu wielomateriałowych folii barierowych. Szczegóły dotyczące stosowanych dodatków barierowych stanowią know-how firmy.

Do wytwarzania folii monomateriałowej PET (monoPET) wykorzystywany jest w głównej mierze materiał PET pochodzący z recyklingu. Surowiec pierwotny stanowi średnio tylko do 10% masy całego produktu (zależnie od zapotrzebowania klienta i wymagań produktowych docelowego opakowania i jego wykorzystania). Na życzenie klienta możliwe jest również wytworzenie folii monoPET w 100% z surowca pochodzącego z recyklingu.

Dzięki niezanieczyszczeniu innymi tworzywami, folia monoPET pozwala na projektowanie opakowań, które są w pełni przydatne do recyklingu przede wszystkim materiałowego. Potencjalnie (przy dostępnych odpowiednich instalacjach przetwórczych) możliwe jest również skierowanie opakowań wykonanych z folii monoPET do strumienia recyklingu chemicznego.

Folia monoPET nie tylko wykonana jest przy użyciu surowców pochodzących z recyklingu oraz nadaje się do dalszego recyklingu, ale także w procesie produkcji takiej folii możliwe jest prowadzenie tzw. "recyklingu wewnętrznego", tzn. wykorzystywanie m.in. nawrotów technologicznych w procesie produkcji. Pozwala to na zminimalizowanie ilości generowanych odpadów produkcyjnych. Folia monoPET jest wytworzona w 100% z jednego materiału, tj. PET, co realizuje założenia gospodarki o obiegu zamkniętym, a przy tym jest realizacją podstawowych postulatów projektowania opakowań wg zasad "Eco-design".

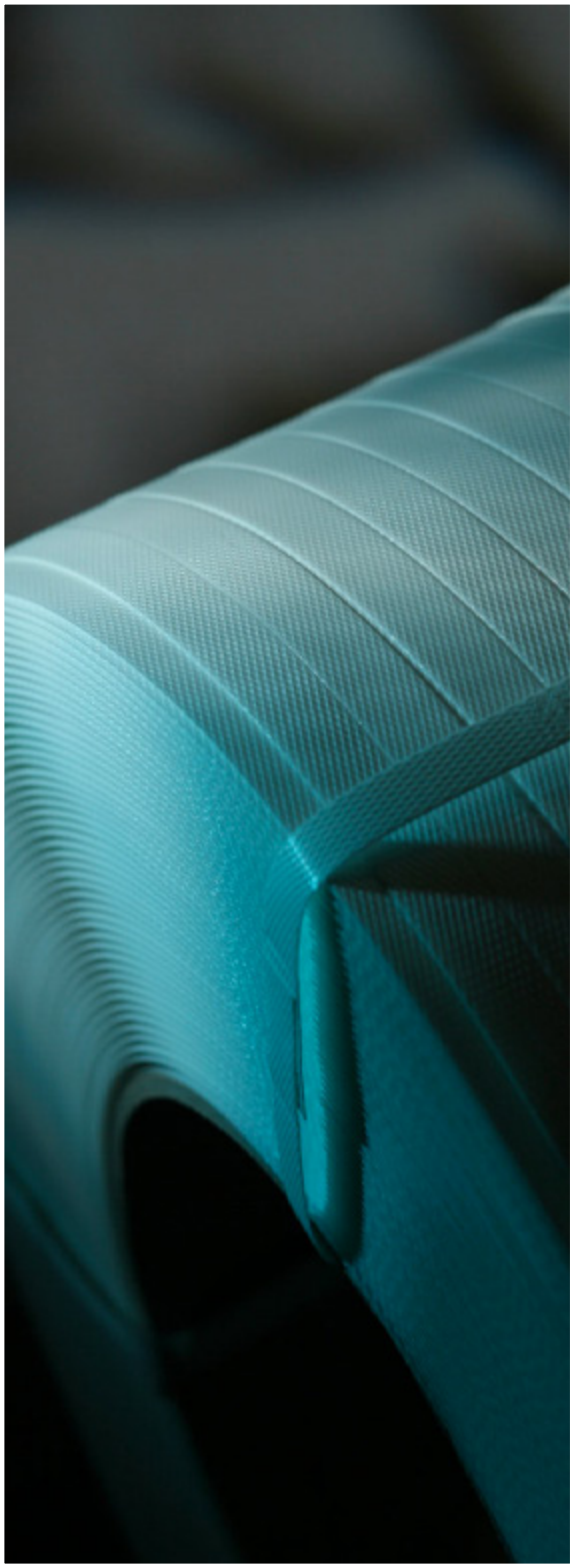
Proces produkcji folii monoPET z wykorzystaniem recyklatu spełnia europejskie wymogi procesów produkcji materiałów opakowaniowych do produktów spożywczych wytwarzanych z udziałem surowców pochodzących z recyklingu, czego potwierdzeniem jest pozytywna opinia (ON-3703) Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA).

3.10. **GREENSTRAP**

GREENSTRAP to taśma spinająca wykonana z tworzywa PET. Taśma spinająca GREENSTRAP firmy Ergis S.A. wykorzystywana jest do zabezpieczania ładunków zbiorczych na paletach o dużych gabarytach i różnorodnym kształcie. Ze względu na swoje właściwości: wysoką wytrzymałość mechaniczną, sprężystość, dobrą odporność na działanie czynników atmosferycznych w tym UV, taśmy GREENSTRAP stanowią doskonałą alternatywę dla taśm stalowych. W przeciwieństwie do taśm stalowych nie uszkadzają krawędzi pakowanego towaru, nie ulegają korozji, nie pozostawiają rdzawych plam i są bardzo ekonomiczne w użyciu

Taśma jest wytworzona w 98% z tworzywa pochodzącego z recyklingu mechanicznego butelki PET. Uzyskany produkt posiada wysokie właściwości fizykomechaniczne takie jak wytrzymałość na zerwanie, zgrzewalność, pozwalające na wykorzystanie go do zabezpieczania ładunków w przemyśle ciężkim bez tak zwanego efektu dowcyklingu.

Taśma GREENSTRAP jest produktem w 100% recyklowalnym. Odpady w postaci zużytej taśmy PET, po odpowiednim przygotowaniu mogą zostać powtórnie wykorzystane w procesie produkcyjnym taśmy PET, co ma znaczący wpływ na redukcję emitowanych do środowiska odpadów po-opakowaniowych. Brak zużywania surowców pierwotnych do produkcji wpływa nie tylko na redukcje generowanych do środowiska odpadów, ale także na zmniejszenie śladu węglowego produktu oraz zmniejszenie tempa zużywania surowców kopalnych.



3.11. **ILAGRO**

Produkt ILAGRO firmy Inosil stanowi odmienny od standardowych środków ochrony sposób na zapewnienie roślinom ochrony przed chorobami. Stymuluje naturalne mechanizmy ich odporności przy wykorzystaniu substancji aktywnej, neutralnej dla środowiska. Taki sposób ochrony prowadzi też do poprawy parametrów ilościowych i jakościowych plonu.

Substancja czynna BTHWA w produkcie ILAGRO to cząsteczka odkryta podczas badań przeprowadzonych w latach 2013-2014. Wyniki badań nad BTHWA wykazały, że w prowokacyjnych warunkach testowany związek może działać jako silny induktor odporności roślin. Zamiast skupiać się na zwalczaniu patogenów roślinnych za pomocą środków chemicznych, substancja aktywna zawarta w produkcie uruchamia i wzmacnia naturalne mechanizmy odporności roślin. To sprawia, że nie jest ona toksyczna zarówno dla samej rośliny, jak i dla środowiska.

Użycie środka przyczyni się więc do zmniejszenia kosztów produkcji rolnej, co może skutkować zmniejszeniem cen produktów spożywczych. Do stymulowania mechanizmów odporności roślin wystarcza użycie minimalnej ilości substancji aktywnej – nawet poniżej 10 g na hektar.

ILAGRO można stosować w uprawie praktycznie każdego gatunku roślin. Do tego wzbudzona odporność zapewnia roślinie ochronę zarówno przed chorobami wywoływanym przez patogeniczne bakterie i grzyby, jak również wirusy, przeciwko którym nie działają konwencjonalne środki ochrony

Bezpośrednie działanie substancji aktywnej na metabolizm rośliny powoduje, że nie istnieje możliwość, by patogeny nabyły odporność na działanie produktu. Ponadto ten rodzaj ochrony nie powoduje dodatkowych utrudnień i nie zwiększa kosztów, ponieważ aplikacji dokonuje się przy użyciu technik, które już są stosowane w rolnictwie.

Należy zauważyć, że induktory SAR tylko stymulują odporność roślin, zaś ILAGRO ma wysoki potencjał aplikacyjny, który został opracowany ze względu na podejrzewany szeroki zakres stosowania przeciwko bakteriom, wirusom i grzybom, niespotykany wśród obecnie stosowanych środków ochrony roślin, wspierając w ten sposób rozwój innowacyjnych, ekologicznych i zrównoważonych podejść w rolnictwie. Co więcej ILAGRO jest biodegradowalne i nietoksyczne, a dawka wymagana do nałożenia na uprawy jest znacznie niższa (nawet 8-10g/ha) niż zwykłych pestycydów (1000-2000 g/ha). Stosowanie tego produktu ma istotne zalety zarówno dla rolników (obniżone koszty produkcji nawet o 50%, bezpieczniejsze warunki pracy – ograniczona ekspozycja operatora na toksyczne pestycydy, łatwe dostosowanie roztworu do obecnych metod aplikacji środków ochrony roślin), jak i dla konsumentów (niższa zawartość niebezpieczne i toksyczne chemikalia w żywności).

Ewentualne przyszłe szerokie wykorzystanie produktu ILAGRO w ochronie roślin może drastycznie ograniczyć stosowanie powszechnych pestycydów, a tym samym znaczne zmniejszyć zagrożenia związane ze stosowaniem tych szkodliwych środków chemicznych dla ludzi i środowiska.

3.12. **InVento**

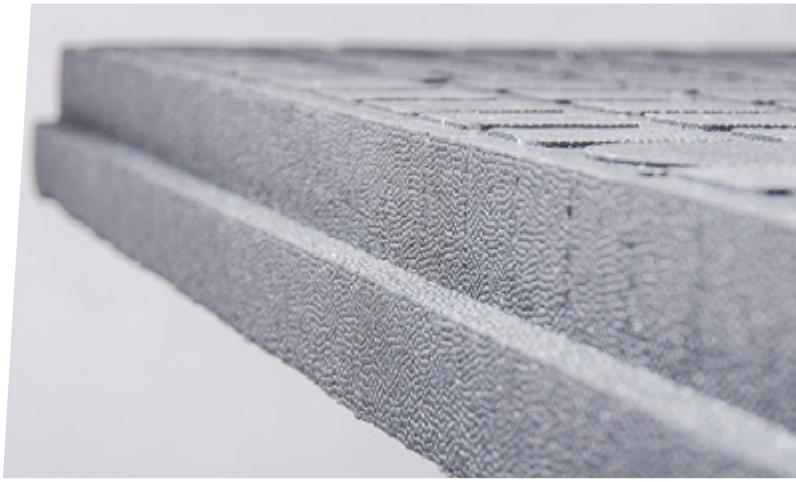
Firma Synthos opracowała InVento – innowacyjny produkt stosowany w termoizolacji, stworzony w trosce o środowisko naturalne. Jest to szary polistyren przeznaczony do spieniania (EPS). Do jego produkcji wykorzystuje się unikatowy, ekologiczny dodatek geopolimerowy, pełniący funkcję środka obniżającego współczynnik przewodzenia ciepła.

InVento są szarymi polistyrenami klasy premium przeznaczonymi do spieniania (EPS). Są innowacyjnymi i ekologicznymi produktami opracowanymi z myślą o szerokim zastosowaniu na rynku termoizolacyjnym. Ich współczynnik przewodzenia ciepła [λ] osiąga wartości poniżej 0,030 [W/m·K]. Produkty wykonane w technologii InVento oprócz charakteryzowania się doskonałymi parametrami termoizolacyjnymi mogą być w pełni recyklowane, zaś ich proces produkcji jest bezodpadowy. Wykorzystuje on surowce pochodzące z odzysku.

InVento wytwarzane są w procesie wytłaczania, na najnowocześniejszej w Europie instalacji tego typu. Do ich produkcji wykorzystuje się unikatowy, ekologiczny dodatek Geopolimerowy pełniący funkcję zarówno środka obniżającego współczynnik przewodzenia ciepła, jak i wolnego od srodków halogenowych uniepalniacza. Unikalna kompozycja składników Geopolimeru stosowanego w technologii InVento wykorzystuje zjawisko blokowania promieniowania podczerwonego – istotnego z punktu widzenia wymagań współczesnego budownictwa w zakresie ograniczenia strat ciepła oraz stabilności parametrów użytkowych płyt termoizolacyjnych. To unikatowa kompozycja surowców mineralnych i węglowych, której zadaniem jest znacząco zwiększać zdolności termoizolacyjne płyt styropianowych. Geopolimer jest hybrydą mineralno/węglową, która dzięki przestrzennej strukturze polimerowej blokuje promieniowanie podczerwone zwiększając termoizolacyjność płyt styropianowych nawet do 10% w stosunku do pozostałych szarych płyt.

Unikalny dodatek Geopolimerowy wbudowany w strukturę InVento charakteryzuje się wyjątkową ekologicznością ponieważ podlega pełnemu odzyskowi w drodze recyklingu. Może być wielokrotnie wykorzystywany przy produkcji nowych płyt EPS, bez jakiegokolwiek uszczerbku dla ich końcowych właściwości użytkowych. Znakomita przetwarzalność InVento pozwala na ograniczenie strat materiałowych i daje oszczędności, wynikające z możliwości skrócenia czasów przetwarzania.

Badania wykazały, że skuteczność termoizolacyjna InVento jest większa o 25% w porównaniu z tradycyjnymi płytami styropianowymi i stanowi ekologiczną alternatywę dla powszechnie stosowanych dodatków atermicznych. Dodatkowo geopolimer jest środkiem zmniejszającym palność, zaś InVento jest wolne od związków halogenowych, takich jak powszechnie stosowane organiczne związki bromu.



3.13. **Linia nawozów Fosfarm**

Grupa Azoty wprowadziła na rynek innowacyjną linie nawozów Fosfarm. Nawozy wieloskładnikowe Fosfarm są produkowane zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, w tym koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym. To nawozy wzbogacone w wapń, magnez, siarkę i mikroskładniki, tj. miedź i cynk. Co warto podkreślić, zawarty w nawozie fosfor, a także wapń, magnez i mikroskładniki, w całości pochodzą z zasobów odnawialnych.

Nawozy linii Fosfarm zawierają azot amonowy, magnez i siarkę, które ułatwiają pobieranie fosforu przez rośliny – tzw. synergizm pierwiastków. Zawarty w nawozach fosfor jest rozpuszczalny w cytrynianie amonu i wodzie, w tym ¼ fosforu jest rozpuszczalna w wodzie. Związki fosforu rozpuszczalne w tych dwóch substancjach wykazują porównywalną skuteczność niezależnie od terminu aplikacji, o ile są umieszczone na odpowiedniej głębokości w glebie.

Obecnie na rynku dostępne są dwa produkty tej linii: Fosfarm 4-10-15 oraz Fosfarm 4-8-21. Jednak już teraz Grupa Azoty zapowiada, że w ramach rozwoju linii będzie planować wprowadzenie kolejnych formuł nawozowych.

3.14. **NanoWave**

NanoWave to technologia wytwarzania nanocząstek srebra posiadająca znaczącą przewagę kosztową ponad tradycyjnymi metodami i dodatkowo charakteryzuje się wysoką wydajnością procesu i precyzją otrzymywanego produktu.

NanoWave oferuje w ciągłej sprzedaży nanocząstki srebra o potwierdzonej aktywności przeciwdrobnoustrojowej dla celów zarówno przemysłowych jak i naukowych. Firma oferuje nie tylko wysokiej jakości koloidy srebra, ale opracowuje syntezę nanocząstek na bazie innych metali szlachetnych tj. miedzi, złota i platyny ale również aktywnie pracuje nad przedłużeniem łańcucha wartości poprzez rozwój specyficznych aplikacji produktowych takich jak:

- Dodatki na bazie nanosrebra farb i tynków zapobiegających rozwojowi pleśni i grzybów
- Powłoki ochronne z dodatkiem nanosrebra i nanomiedzi do zastosowania w budownictwie zapobiegających erozji biologicznej (pleśnie, glony, mchy)
- Hydrofobowe powłoki na bazie nanosrebra do impregnacji tkanin obiciowych i wykładzin zapobiegających zabrudzeniom i blokujących rozwój drobnoustrojów
- Biobójcze i biostatyczne komponenty do tworzyw sztucznych i farb proszkowych
- Tusze na bazie nanosrebra i nanozłota do drukowania obwodów mikroelektronicznych

NanoWave to niejonowy roztwór (koloid) srebra o cząstkach wielkości od 10 do 50 nm otrzymywanych wg najnowocześniejszej, opatentowanej metody charakteryzującej się wysoką precyzją, powtarzalnością, stabilnością i czystością otrzymywanego produktu. Cząstki mogą być wytwarzane w dwóch podstawowych kształtach: sześciany (NanoWave Cube) oraz kulki (NanoWave Sphere).

Badania prowadzone m.in. na Uniwersytecie Gdańskim oraz Gdańskim Uniwersytecie Medycznym potwierdzają wysoką skuteczność koloidu w procesie blokowania metabolizmu komórkowego drobnoustrojów prowadzącą do ich obumierania. Skuteczność została potwierdzona na szczepach bakterii gram + (Staphylococcus ureus), gram – (Pseudomonas aeruginosa) oraz na drożdżakach (Candida albicans).

3.15. **Nowa generacja rutenowych katalizatorów metatezy olefin**

Metateza olefin to reakcja chemiczna, w której dwa podwójne wiązania węgiel-węgiel (olefiny) łączą się i wymieniają ze sobą, tworząc nowe produkty olefinowe. Dziś jesteśmy świadkami szerokiego zastosowania reakcji metatezy do syntezy w różnych sektorach i kategoriach produktów, w tym farmaceutyków, chemikaliów zapachowych, feromonów, modyfikowanych kauczuków, smarów, specjalistycznych środków powierzchniowo czynnych, polimerów i wielu innych. Z definicji tworzenie nowych produktów (olefinowych) stwarza wyjątkowe możliwości. Misją Apeiron jest wykorzystanie tych możliwości i udostępnienie innowacji.

Technologia Apeiron, która obejmuje różne katalizatory na bazie rutenu, może zaspokoić prawie każdy proces wykorzystujący metatezę i jest gotowa do zastosowania zarówno w procesie badawczo-rozwojowym, jak i produkcyjnym. W szczególności platforma technologiczna firmy jest wysoce modułowa, co pozwala wytwarzać różne katalizatory zawierające dostosowane modyfikacje strukturalne w ugrupowaniach jonowych, benzylidenowych i/lub NHC, które najlepiej pasują do wymagań strukturalnych substratu metatezy. Ponadto firma specjalizuje się w modyfikacjach ugrupowania NHC, które zawierają znaczniki użytkowe w tym nielabilnym ligandzie, które zapewniają nowe cechy pomocnicze i zapewniają istotne korzyści w praktycznych syntezach.

Apeiron Synthesis jest ponadto zaangażowany w opracowanie układów katalitycznych, składających się ze zdefiniowanych rutenowych katalizatorów metatezy, układów aktywujących katalizator i opóźniaczy polimeryzacji, przeznaczonych do metatetycznej polimeryzacji z otwarciem pierścienia.

Bazując na dotychczasowych doświadczeniach z tzw. katalizatorami uśpionymi oraz na oczekiwaniach klientów, spółka projektuje szereg nowych katalizatorów rutenowych, charakteryzujących się różnym stopniem uśpienia i wymagających różnego typu aktywacji (aktywacja termiczna lub chemiczna).

3.16. **Odzyskiwanie sadzy w procesie recyklingu opon**

Syntoil S.A. jest pomysłodawcą i twórcą sposobu na opłacalny i przyjazny dla środowiska recykling produktów z recyklingu opon. Startup zajmuje się przerabianiem tych produktów w ramach gospodarki o obiegu zamkniętym, w którym produkty z recyklingu ponownie trafią do produkcji opon i wyrobów gumowych. Głównym polem działalności firmy jest przetwarzanie karbonizatu (zanieczyszczona sadza) ze zużytych opon do postaci sadzy technicznej oraz przetwarzanie granulatu gumowego (produkt) z opon w procesie bezpiecznej, ciągłej pirolizy w niewielkim reaktorze.

Zanieczyszczoną sadzę z procesu pirolizy wsadowej przekształcamy w specjalnie dostosowaną do potrzeb odzyskaną sadzę, oczyszczając ją do etapu, w którym można ją wykorzystać do zastąpienia tradycyjnej sadzy opartej na paliwach kopalnych w produkcji opon i przemyśle gumowym. Produkt firmy może w pełni zastąpić pierwotną sadzę z paliw kopalnych. Dodatkowo koszty produkcji są niższe niż produkcji z ropy naftowej, co stanowi zachętę dla potencjalnych nabywców przemysłowych.

Do tej pory karbonizat spalano w cementowniach, ponieważ nikt nie potrafił tego produktu oczyścić. Syntoil odbiera karbonizat od firm, które go produkują i wprowadza ponownie do obiegu – po uprzednim oczyszczeniu.

W wyniku oczyszczania karbonizatu (zanieczyszczonej sadzy) powstałego w procesie recyklingu zużytych opon, uzyskuje się sadzę techniczną powstałą w zrównoważony ekologicznie sposób.

Następnie po oczyszczeniu produkt sprzedawany jest producentom wyrobów gumowych i w ten sposób wraca do obiegu. Sadza wyprodukowana w ekologiczny sposób znajduje zastosowanie w produkcji gumy, opon, wyrobów gumowych, takich jak dywaniki samochodowe czy wycieraczki. Dodatkowym zastosowaniem jest także użycie sadzy jako pigmentu. Konkurencyjne rozwiązania charakteryzują się dużo mniejszą czystością materiału, a przez to ich użycie jest ograniczone.

Technologia może znacznie ograniczyć zużycie paliw kopalnych i minimalizować wytwarzanie CO2, przyczyniając się w ten sposób do zrównoważonych wzorców konsumpcji i produkcji, działań na rzecz klimatu oraz promowania inkluzywnej i zrównoważonej industrializacji poprzez innowacje.

3.17. **Opakowania monomateriałowe i ich zagospodarowanie**

Firma KB Folie Polska Sp. z o.o. opracowała monomateriałowe opakowanie na bazie polietylenu. Jest to opakowanie przeznaczone do pakowania produktów żywnościowych wymagających wysokiej bariery na tlen, takich jak np. kawa ziarnista. Materiał produkowany jest z użyciem polietylenu oraz alkoholu etylowinylowego (EVOH).

Innowacyjność produktu polega na otrzymaniu takiego opakowania, które w 100% może być poddane recyklingowi, czyli jest laminatem powstałym z tworzyw tej samej grupy polimerowej a posiada właściwości barierowe laminatów wielomateriałowych. Przydatność produktu na recykling została potwierdzona certyfikatem „Made for Recycling" organizacji certyfikującej Interseroh Dienstleistungs GmbH.

Istnieją trzy podstawowe typy monomateriałów oferowane przez firmę KB Folie:

- Laminaty mono-materiałowe typu PE/PE – przeznaczone do formowania doypacków, dedykowane do mydła w płynie, detergentów w formie płynnej lub stałej. Zamienniki do tradycyjnie stosowanych laminatów wielomateriałowych, bez możliwości recyklingu typu PET/PE. Laminaty są certyfikowane znakiem przydatności do ponownego przetwórstwa przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Opakowań w Warszawie.
- Laminaty mono-materiałowe typu PE/bariera/PE oparte na polietylenie wzbogacone barierą na tlen, przeznaczone do pakowania takich produktów jak: bakalie, płatki śniadaniowe z bakaliami, orzechy, odżywki, herbata. Zamienniki do tradycyjnie stosowanych laminatów wielomateriałowych bez możliwości recyklingu typu PET/PE. Laminaty PE/bariera/PE mogą być stosowane do formowania różnych typów opakowań w tym wymagających doypacków ze struną.
- Laminaty mono-materiałowe typu PP/bariera/PP mogą być również stosowane do formowania różnych typów opakowań w tym wymagających doypacków ze struną. Produkt dedykowany do produktów wymagających doskonałej bariery na tlen i parę wodną: np.: kawy, bakalii.

W kręgu zainteresowań KB Folie Polska jest nie tylko opakowanie, ale również jego „kolejne życie". We współpracy z jednostkami naukowymi firma opracowała technologię przetwarzania odpadów opakowaniowych, w wyniku której powstają regranulaty, służące do produkcji różnych wyrobów, takich jak: pokrywy do studzienek, wiadra, grabie, obrzeża trawnikowe, doniczki, wieszaki, grabie do liści, uchwyt do tablic rejestracyjnych, pudełka, kolanka do wody, itp.

3.18. **Produkcja opakowań do żywności z materiałów biodegradowalnych**

Firma Multipack Europe produkuje opakowania dla wielu sektorów przemysłu spożywczego. Firma zdecydowała się wprowadzić do oferty produkty ekologiczne, oparte o polimer PLA (polilaktyd), który rozkłada się w procesie kompostowania. Jest to materiał w pełni biodegradowalny, który otrzymuje się z surowców odnawialnych. Materiał ten rozkłada się po zaledwie 75-80 dniach. Nazywany bioplastikiem materiał PLA to materiał w 100% recyklinowany, co sprawia, że można z niego zrobić kolejne opakowania lub pozwolić się rozłożyć w kompostowniku. Dodatkowo w procesie produkcji wykorzystywane są odpady poprodukcyjne innych sektorów.

3.19. **Promoten**

Firma Bercanan opracowała oryginalną, innowacyjną konstrukcję do przetwarzania kruszyw, oparta na patencie Promoten – aktywatorze umożliwiającym przekształcenie odpadów przemysłowych w bezpieczne surowce. Rozwiązanie to idealnie nadaje się do zastosowania jako materiał budowlany do budowy dróg, wzmacniania wzgórz, kultywacji i rekultywacji terenów zdegradowanych biologicznie.

Technologia ta umożliwia, za pomocą aktywatora, neutralizację osadów ściekowych i popiołu lotnego (produktów ubocznych spalania). Połączenie osadu ściekowego, popiołu i aktywatora pozwala na otrzymanie produktu końcowego, który w zależności od proporcji i zastosowania odpowiedniego stężenia aktywatora (od nawozów rolniczych po medium wspomagające) może przybierać różne formy. Firma przetestowała nawóz z pozytywnymi wynikami pod kątem wzrostu roślin i bezpieczeństwa owoców. Promoten powoduje również całkowite i trwałe zniknięcie nieprzyjemnego zapachu osadów ściekowych w ciągu 15 minut po dodaniu substancji.

Opracowana technologia pozwala na mieszanie komunalnych osadów ściekowych oraz odpowiednio dobranych produktów spalania, które, dzięki zastosowaniu aktywatora Promoten, uzyskają wymagane w danej sytuacji cechy fizyko-chemiczne stanowiące o możliwości ich zastosowania zgodnie z wymaganiami Klienta. Materiał otrzymywany z odpadów wg technologii Promoten nie jest kolejnym odpadem, lecz pełnowartościowym produktem, którego cechy można niemal dowolnie modelować.

Promoten jest obecnie jedynym katalizatorem generującym reakcje chemiczne pomiędzy związkami zawartymi w osadach ściekowych (związki metali ciężkich), a substancjami zawierającymi glinokrzemiany. Mieszanie osadów ściekowych z popiołami lotnymi bez Promotenu nie zmienia chemicznego charakteru osadów i popiołów w otrzymanej mieszaninie.

Promoten wywołuje całkowity i trwały zanik nieprzyjemnego zapachu osadów ściekowych w ciągu 15 minut od wymieszania substancji. Zatrzymuje procesy fermentacyjne w osadach ściekowych oraz blokuje wydzielanie metali ciężkich do roztworów wodnych, co powstrzymuje proces ich wymywania, dzięki czemu wyprodukowany grunt zastępczy jest całkowicie bezpieczny dla środowiska naturalnego.

3.20.
Recyklowalna torba monomateriałowa

Polska firma Drukpol.Flexo wraz z kooperantami: Dow Chemicals i RB stworzyła jednomateriałowe monomateriałowe opakowanie na bazie folii PE, które może być produkowane na istniejącym sprzęcie i zapewnia dodatkowe funkcje, takie jak łatwe otwieranie oraz odpowiednia mieszanka sztywności i elastyczności .

Nowa zamykana torba, ze względu na użycie jedynie jednego rodzaju materiału jest stosunkowo prosta w recyklingu. Opakowanie zostało zaprojektowane nie tylko z myślą o recyklingu, ale także zapewnia klientom wysokiej jakości wrażenia pod względem wydajności, takiej jak wygląd, dotyk i łatwość użytkowania. Dodatkowo ponieważ opakowanie jest lżejsze, producenci są również w stanie obniżyć koszty transportu i emisje.

Drukpol.Flexo przyczynił się do innowacji dzięki swojej wiedzy w zakresie przetwarzania, wspierając RB w zakresie pomocy wymaganej dla ich linii pakujących. Nowe opakowanie zostało przetestowane z „zieloną linią bezzapachową 0%" detergentu FINISH do zmywarek.

3.21. **ReduxCO**

Katalizator ReduxCO firmy Degas wpływa na poprawę efektywności procesu spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych w różnego rodzaju kotłach instalacji wytwarzających energie cieplną.

Katalizator spalania REDUXCO jest substancją chemiczną (ciekłą), która dodana do układu obniża energię aktywacji reakcji chemicznej (bariery energetycznej, którą musi pokonać układ reagujących atomów, aby doszło do reakcji chemicznej), czego efektem jest wzrost szybkości reakcji utleniania, zmniejszenie zużycia paliwa oraz zmniejszenie emisji gazów szkodliwych (CO2, NOx, SOx, CO). Katalizator dozowany jest do powietrza wtórnego i/lub pierwotnego, które uczestniczy w procesie spalania. W rezultacie powstają dwa główne rodniki, proton wodoru H+ oraz grupa hydroksylowa OH-, które mają znaczący wpływ na przebieg reakcji procesów spalania. Katalizator w takim samym stopniu jest aktywny do węgla jak i do siarki i azotu, dlatego miejsce dozowania jest kluczowe.

Zaletami użycia katalizatora jest zmniejszenie zużycia paliwa, zmniejszenie emisji gazów szkodliwych, zwiększenie sprawności kotła i stabilizacja pracy, utrzymanie wewnętrznej powierzchni kotłów w dobrym stanie technicznym oraz stopniowa eliminacja dymienia podczas spalania. Katalizator ReduxCO nie jest toksyczny i nie jest szkodliwy dla zdrowia i środowiska. Działa także jako inhibitator korozji. Katalizator posiada patenty w Polsce, UE oraz USA, atest PZH, oraz numer REACH ECHA z rejestracją jako nowy związek chemiczny.

W przypadku benzyny bezołowiowej katalizator umożliwia zmniejszenie zużycia paliwa od 4,8% do 8,4%, zmniejszenie emisji niespalonych węglowodorów (THC) od 21,2% do 22,5%, zmniejszenie emisji tlenku węgla (CO) od 7,7% do 12,7%, zmniejszenie emisji dwutlenku węgla (CO2) od ok. 0,7% do ok. 3%, zmniejszenie emisji tlenków azotu (NOx) od 1,8% do 6,7%.

Zgodnie z założeniami projektu potwierdzono brak negatywnego wpływu opracowanego dodatku na właściwości fizyko-chemiczne paliwa – benzyna bezołowiowa z dodatkiem opracowanego katalizatora zachowuje zgodność z normą PN-EN 228+A1:2017-06/Ap1.

W przypadku oleju napędowego następuje zmniejszenie zużycia paliwa od 6,6% do 8,6%, zmniejszenie emisji niespalonych węglowodorów (THC) od 46% do 56%, zmniejszenie emisji tlenku węgla (CO) od 18,6% do 21,5%, zmniejszenie emisji cząstek stałych (PM) od 13,5% do 17,5%, zmniejszenie emisji tlenków azotu (NOx) od 1,8% do 6,7%, zmniejszenie emisji dwutlenku węgla (CO2) od 1% do 19,3%.

Zgodnie z założeniami projektu potwierdzono brak negatywnego wpływu opracowanego dodatku na właściwości fizyko-chemiczne paliwa - olej napędowy z dodatkiem opracowanego katalizatora będzie zachowywał zgodność z normą EN 590: 2013+A1:2017.

3.22. **CLEANING UNIT**

Firma PROZAP Sp. z o.o. opracowała system oczyszczania powietrza odlotowego z wież granulacyjnych mocznika lub saletry amonowej CLEANING UNIT.

Nawozy azotowe (np. mocznik, czy saletra amonowa) produkowane są w postaci granul, które formowane są w zdecydowanej większości za pomocą układów wieżowych lub granulatorów (o złożu fluidalnym lub mechanicznych). W procesie granulacji powstaje pył, a produkt uwalnia pewne ilości gazowego amoniaku. Powietrze, którym chłodzone są zestalające się granule, zawiera w związku z tym amoniak i pył nawozu w ilościach przekraczających dozwolone normy środowiskowe oraz generujących realne straty produkcji.

System CLEANING UNIT składa się przede wszystkim z baterii płuczek (skruberów), w których zachodzi oczyszczanie przepływającego przez system powietrza z nadmiaru pyłu nawozu (rozpuszczanie w wodnym roztworze) i gazowego amoniaku (absorpcja).

W przypadku, gdy system odpylania ma za zadanie oczyszczenie strumienia powietrza z pyłu nawozu, produktem jest ok. 25% wag. wodny roztwór nawozu. Jeżeli wśród składników niepożądanych oprócz pyłu w powietrzu znajduje się gazowy amoniak, do skrubera dodawany jest kwas siarkowy (w przypadku pyłu mocznika) lub kwas azotowy (w przypadku pyłu saletry amonowej) otrzymując odpowiednio siarczan lub azotan amonu. Produktem oczyszczania w wypadku produkcji mocznika będzie roztwór mocznika i odpowiednio siarczanu (UAS) lub azotanu amonu (UAN), który można wykorzystać do produkcji nawozów płynnych.

Przy zastosowaniu skruberów o specjalnej konstrukcji, tzw. dwustopniowych, strumienie produktów oczyszczania powietrza z granulacji mocznika można rozdzielić i uzyskać osobno roztwór mocznika i roztwór siarczanu / azotanu amonu, a następnie wykorzystać je zgodnie z wymaganiami i możliwościami zakładu, np. roztwór mocznika zawrócić do sekcji odparowania w instalacji mocznika, a roztwory soli amonowych skierować do węzła krystalizacji lub wytwórni nawozów płynnych.

Baza surowcowa wykorzystywana do procesu produkcyjnego to kondensat procesowy lub woda zdemineralizowana, energia elektryczna, kwas siarkowy/ azotowy (w przypadku kwaśnej absorpcji amoniaku). Proces ten charakteryzuje się wysoką skutecznością oczyszczania powietrza, niskim spadkiem ciśnienia w skruberze, co przekłada się na oszczędność energii elektrycznej, łatwą skalowalnością, kompatybilnością z najpopularniejszymi technologiami granulacji: granulatory, wieże granulacyjne i inne, możliwością zastosowania w różnego typu instalacjach. Dodatkowo produkt uboczny oczyszczania (wodny roztwór produktu) nadaje się do dalszego wykorzystania (jako nawóz), lecz może być także zawrócony do procesu produkcyjnego istniejącej instalacji produkcyjnej (obieg zamknięty). Produkt węzła oczyszczania może być użyty do produkcji nawozów spełniających wymagania Rozporządzenia WE 2003/2003

Innowacyjność systemu CLEANING UNIT wynika ze specjalnej konstrukcji skrubera, umożliwiającej uzyskanie wysokiej skuteczności oczyszczania powietrza przy stosunkowo niewielkim zużyciu energii elektrycznej. W omawianym procesie wykorzystanie energii jest niższe niż w alternatywnych rozwiązaniach, ze względu na specjalną budowę skrubera, umożliwiającą zmniejszenie oporów przepływu, co przekłada się na zmniejszenie emisji CO_2.

3.23. **TEFRA**

TEFRA jest certyfikowanym niskoemisyjnym spoiwem hydraulicznym produkowanym przez Grupę Ekotech, stosowanym do ulepszania podłoża w budownictwie komunikacyjnym i projektach kubaturowych.

Innowacyjna technologia Grupy EKOTECH pozwala na ponowne wykorzystanie ubocznych produktów spalania węgla (UPS), takich jak popioły lotne i przetworzenie ich w pełnowartościowy oraz bezpieczny dla ludzi i środowiska produkt – spoiwo hydrauliczne TEFRA. Popioły, powszechnie uważane za odpad, stają się w ten sposób cenionym i chętnie stosowanym w zielonym budownictwie spoiwem. TEFRA wykorzystywana jest do osuszania, ulepszania i stabilizacji gruntów pod budowę dróg, kolei i innych obiektów infrastruktury transportowej, a także obiektów wymagających podłoża o wysokiej nośności, takich jak centra handlowe, centra logistyczne czy fabryki. Receptura TEFRA jest przy tym bezpieczna dla ludzi i środowiska, a niskoemisyjność spoiwa potwierdzona certyfikatem. Aplikowana jest identycznie jak tradycyjne spoiwa sypkie, z wykorzystaniem takich samych maszyn. Dostarczana jest bezpośrednio w miejsce aplikacji dokładnie wtedy, kiedy jest potrzebna, bez konieczności składowania spoiwa na placu budowy.

TEFRA jest doskonałym zamiennikiem naturalnych surowców wykorzystywanych do osuszania podłoża (np. wapna) czy wysokoemisyjnych materiałów powszechnie stosowanych do stabilizacji gruntów (np. cementu). Ponadto, wykorzystanie spoiwa, wytworzonego według indywidualnych potrzeb zamawiającego, pozwala uzyskać wymagane parametry. Zastosowanie spoiw tego typu pozwala obniżyć ślad węglowy inwestycji.

Tona TEFRA zastosowana w miejsce tradycyjnych materiałów do osuszania i stabilizacji podłoża to około 0,5 tony uniknięte emisji CO_2e.

Wytwarzane spoiwa TEFRA, zarówno w procesie produkcyjnym, jak i transporcie do odbiorcy końcowego, występują wyłącznie w postaci suchej, tak więc cały cykl produkcyjny odbywa się bez udziału wody i w warunkach zapewniających szczelność instalacji, co skutkuje brakiem pylenia i wytwarzania ścieków. W procesie produkcyjnym nie powstają także żadnego rodzaju odpady. Instalacja funkcjonuje w systemie nadążnym, tzn. bez magazynowania produktu gotowego.

W dużym uproszczeniu, proces technologiczny polega na pobieraniu surowców z poszczególnych zbiorników, w ilościach właściwych dla danego rodzaju produkowanego aktualnie wyrobu, a następnie ich wymieszaniu, po którym następuje załadunek na samochody, przystosowane do transportu materiałów sypkich. Po załadunku, suche mieszanki przewożone są do odbiorcy końcowego, gdzie następuje ich rozładunek i wykorzystanie w prowadzonych robotach budowlanych.

Oprócz uniknięte emisji CO_2e, stosowanie materiałów odpadowych (popioły z energetyki) do produkcji spoiw TEFRA przyczynią się do ograniczenia wydobycia surowców naturalnych oraz ograniczenia powierzchni składowisk odpadów.

Produkty z tej linii posiadają deklaracje środowiskowe zaś grupa Ekotech otrzymała za nie nagrody EKO JAKOŚĆ w ramach Jakość Roku 2014, Jakość Roku 2017 oraz Diament Polskiej Innowacyjności 2016. EKOTECH został również laureatem konkursu Ministerstwa Środowiska, Greenevo – Akcelerator Zielonych Technologii.

3.24. **Usługa przetwarzania drewnianych odpadów impregnowanych kreozotem**

Firma BACTrem opracowała technologię przetwarzania i utylizacji podkładów kolejowych i innych drewnianych odpadów niebezpiecznych impregnowanych kreozotem. W oparciu o tą technologię firma realizuje usługa przetwarzania tego typu odpadów. W wyniku procesu otrzymywany jest odpad bezpieczny, pozbawiony kreozotu. Dodatkowo jest on wykorzystywany jako paliwo w ciepłowniach. Przedsiębiorstwa zainteresowane taką usługą, po przekazaniu odpadu niebezpiecznego, otrzymują dokument potwierdzający jego przetworzenie oraz ostateczną utylizację.

W technologii wykorzystywane są metody fizyczne, chemiczne i biologiczne. W procesie ługowania następuje oddzielenie kreozotu od podkładów kolejowych lub innych odpadów drewnianych nasyconych olejem kreozotowym. Po procesie ługowania, podkłady są osuszane a oddzielony kreozot jest utylizowany w procesie biologicznym.

Technologia opracowana przez BACTrem jest jedyną dostępną na rynku polskim, bezpieczną technologią przetwarzania niebezpiecznych odpadów drewnianych w tym podkładów kolejowych o potwierdzonej skuteczności. Cały proces gospodarowania odpadami prowadzony jest zgodnie z ideą ‘zero weste’.

Proces przetwarzania odpadów drewnianych nasyconych kreozotem przeprowadzany jest w tej samej nasycalni, w której wyprodukowana była istotna część podkładów kolejowych. A więc po zakończeniu cyklu życia produktu, dobra wracają do miejsca produkcji, aby zostać ostatecznie zutylizowane, co jest zgodne z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym.

3.25. **Waloryzacja odpadów kawowych w obiegu zamkniętym**

Firma EcoBean opracowała innowacyjny proces waloryzacji odpadów kawowych w obiegu zamkniętym. Może być on podzielony na produkcję biorafinatów (olej kawowy, lignina, polilaktyd oraz dodatki paszowe) i biofabrykatów (brykiet grillowy i kominkowy oraz biodegradowalne doniczki).

Proces produkcji biorafinatów składa się z trzech etapów następujących w ściśle określonej kolejności, zaś poszczególne etapy mogą być pomijane. Zebrane fusy kawowe są suszone i zabezpieczane do dalszego wykorzystania. W pierwszej kolejności otrzymywany jest olej kawowy. Proces zaczyna się od ekstrakcji oleju heksanem, jest to rozpuszczalnik organiczny, który uznawany jest za niebezpieczny. Jednakże, w procesie ekstrakcji występuje w obiegu zamkniętym, zawracany jest do ponownego użycia. Olej kawowy obecnie wykorzystywany jest w przemyśle paliwowo-energetycznym jako dodatek do biodiesla. Trwają badania nad możliwością wykorzystania oleju kawowego oraz jego poszczególnych składników w przemyśle kosmetycznym.

W kolejnym etapie otrzymywana jest lignina. W wielu gałęziach przemysłu uznawana jest za odpad, ze względu na nieodwracalne zmiany zachodzące w klasycznych procesach jej obróbki. W proponowanym procesie zastosowano innowacyjną metodę ekstrakcji wykorzystując ciecze jonowe. Dzięki przeprowadzonej w ten sposób reakcji lignina zachowuje swoje właściwości i może być następnie przetwarzana oraz dostarczana ponownie na rynek w postaci nowych produktów.

Otrzymywana w procesie ekstrakcji lignina jest mieszana ze skrobią oraz przetwarzana na nowy produkt. Wytwarzane są jednorazowe słomki (z możliwością ponownego przetworzenia) dostarczane do branży HoReCa. Ciecz jonowa tak jak pozostałe rozpuszczalnik wykorzystywane w procesie są zawracane, w celu ponownego użycia.

Fusy kawowe pozostałe po ekstrakcji zarówno oleju kawowego jak i ligniny podlegają hydrolizie kwasowej w celu otrzymania cukrów prostych. Otrzymane cukry są wykorzystane jako pożywka dla bakterii kwasu mlekowego. Hodowane szczepy bakteryjne mogą produkować różne enancjomery (L i D) kwasu mlekowego. Dzięki zastosowanym metodom oczyszczania (procesy membranowe oraz dializa bipolarna) możliwe jest uzyskanie kwasu mlekowego o wybranej czystości. Otrzymany kwas mlekowy kierowany jest na działającą już instalację, służącą do polimeryzacji polilaktydu (PLA). Powstały polimer może służyć do produkcji przedmiotów o różnych właściwościach w zależności od wykorzystanego enancjomeru kwasu mlekowego.

Pozostałości fusów kawowych po produkcji biorafinatów wraz z dodatkiem biomasy bakterii kwasu mlekowego są przekazywane jako dodatek paszowy dla zwierząt. Dzięki zastosowanej technologii i złożoności procesu, możliwe jest przetworzenie 100% zebranych odpadów kawowych.

Drugą częścią wytwarzanych produktów są biofabrykaty. Są one wytwarzane wraz z dodatkiem poszczególnych składników w procesach fizycznych.

Produkowany jest brykiet kominkowy i grillowy, różniący się między sobą składem i właściwościami. Drugą grupę biofabrykatów stanowią biodegradowalne doniczki, które powstają dzięki połączeniu odpadów kawowych z polilaktydem.

Wszystkie stosowane odczynniki posiadają w naszym ciągu technologicznym obieg zamknięty, zaś większość aparatów jest dostępna na skalę przemysłową, np. destylacja wymaga nakładów ciepła, jednak jest to proces szeroko stosowany w przemyśle. Brak potrzeby przemywania produktów i półproduktów powoduje, że zużycie wody nie jest drastycznie wysokie, zaś stosowane roztwory, nawet jeśli trafią do ścieków, nie stanowią obciążenia dla oczyszczalni.

Innowacyjnością jest przetwarzanie odpadów kawowych w taki sposób, aby w całości mogły one powrócić na rynek jako inne produkty, a następnie być dalej wykorzystywane oraz przetwarzane. Do tej pory nie zaproponowano innego rozwiązania umożliwiającego waloryzację odpadów kawowych na szeroką skalę.

ISBN 978-83-959737-5-8