



**NAPĘDZAMY
PRZYSZŁOŚĆ**

12



ORLEN

**PETROCHEMIA
MA PRZYSZŁOŚĆ**

Warszawa 2019



**PETROCHEMIA
MA PRZYSZŁOŚĆ**

Raport został opracowany przez Obszary Dyrektora Wykonawczego ds. Strategii i Relacji Inwestorskich, Dyrektora Wykonawczego ds. Rozwoju i Technologii oraz Dyrektora Wykonawczego ds. Komunikacji Korporacyjnej PKN ORLEN S.A.

Przygotowanie

Aleksandra Chełmińska – Biuro Rozwoju
dr Adam Czyżewski – Główny Ekonomista
Wojciech Kozłowski – Biuro Rozwoju

Nadzór

Iwona Waksmundzka-Olejniczak – Dyrektor Wykonawczy ds. Strategii i Relacji Inwestorskich
Damian Wieczorek – Dyrektor Wykonawczy ds. Rozwoju i Technologii
Adam Burak – Dyrektor Wykonawczy ds. Komunikacji Korporacyjnej

Współpraca redakcyjna

Katarzyna Krzywicka – Biuro Wizerunku i Komunikacji Wewnętrznej
Hanna Beister – Biuro Wizerunku i Komunikacji Wewnętrznej

Copyright by PKN ORLEN, Warszawa 2019

Wszystkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszego dokumentu nie może być publikowana, powielana lub przekazywana w jakiegokolwiek formie i za pomocą jakichkolwiek środków lub przechowywana w jakiegokolwiek bazie danych lub systemie odczytu poza jej wykorzystaniem dla celów prywatnych i niekomercyjnych, z wyłączeniem wszelkich dozwolonych form wykorzystania zgodnych z właściwymi przepisami prawa autorskiego. Każdemu takiemu wykorzystaniu towarzyszyć musi uzyskanie pisemnej zgody.

Merytoryczne prace nad raportem zostały zakończone 3 września 2019 roku.
Raport oddano do druku 23 września 2019 roku.

Publikacja została wydrukowana na papierze ekologicznym Cocoon Silk.

Spis treści

PETROCHEMIA. MITY I FAKTY	5
CZĘŚĆ 1. PROBLEMY	9
CZĘŚĆ 2. ROZWIĄZANIA	23
CZĘŚĆ 3. PRZYSZŁOŚĆ	34
KONKLUZJE	45
BIBLIOGRAFIA	47



Petrochemia. Mity i fakty

Żyjemy w świecie zdominowanym przez plastik, bo prawie wszystko, czego używamy na co dzień, jest zrobione z plastiku lub zawiera plastikowe komponenty. Nagromadzenie plastikowych odpadów urosło do rozmiarów poważnego ekologicznego problemu, którego rozwiązanie nie jest proste i wymaga czasu. Poziom emocji, jakie wywołują plastikowe śmieci, rośnie szybciej niż poziom wiedzy na temat tego, jak pozbyć się ich z korzyścią dla środowiska i klimatu. Świat nauki i przemysł petrochemiczny poszukują długookresowych strategii, których zalety przeważają nad wadami. Ich podstawą jest właściwa diagnoza problemu. Jednak wiedza na temat petrochemii – szybko rozwijającej się gałęzi przemysłu – ma dość hermetyczny charakter, a jej poziom w społeczeństwie rośnie znacznie wolniej niż emocje.

W PKN ORLEN dysponujemy specjalistyczną wiedzą z tego zakresu – śledzimy badania, na podstawie których opracowujemy strategie biznesowe. Przygotowaliśmy ten raport, by się tą wiedzą podzielić i skierować dyskusję na właściwe tory, bowiem

intuicyjne rozwiązania, jak zakazanie produkcji plastiku, są tylko pozornie korzystne.

Mit. Plastik dzieli się na dobry i zły. Dobry jest w jednorazowych strzykawkach, a zły znajduje zastosowanie w produkcji jednorazowych torebek.

Fakt. Podział plastiku na zły (generujący odpady) i dobry (wykorzystywany wielokrotnie i po zużyciu nadający się do recyklingu) nie wynika z rozróżnienia między tworzywami sztucznymi, lecz dotyczy wytwarzanych z nich produktów końcowych oraz tego, w jaki sposób są one wykorzystywane. Dobry plastik, to taki, który przynosi korzyści społeczne przewyższające koszty środowiskowe, zły – odwrotnie. Polietylen wykorzystany w produkcji próżniowych opakowań na mięso będzie „dobry”, bo w efekcie jego zastosowania mniej żywności zostanie wyrzucone, co oznacza tym samym, że mniej żywności będzie musiało zostać wyprodukowane w jednym z najbardziej emisyjnych sektorów gospodarki – hodowli bydła. Polietylen w postaci torby jednorazowego użytku

będzie zaś „zły”, szczególnie gdy zamiast do recyklingu trafi do oceanu.

Więcej na temat zastosowania plastików w codziennym życiu na s. 10–12.

Mit. Plastik pochodzenia biologicznego (tzw. bioplastik) jest biodegradowalny.

Fakt. Nie każdy plastik pochodzenia biologicznego jest biodegradowalny i nie każdy plastik biodegradowalny jest pochodzenia biologicznego. Przykładem niebiodegradowalnego plastiku pochodzenia biologicznego jest bio-PE. Polietylen, konwencjonalnie produkowany z surowców kopalnych, może powstać z etanolu, a etanol z trzciny cukrowej, buraka cukrowego czy pszenicy. Otrzymane w ten sposób tworzywo ma dokładnie takie same właściwości jak jego kopalny odpowiednik, również jeśli chodzi o niebiodegradowalność. Plastik pochodzenia biologicznego klasyfikowane jako biodegradowalne również niekoniecznie rozłożą się w środowisku naturalnym. PLA (polilaktyd, uzyskiwany głównie z kukurydzy, szeroko stosowany jako zamiennik

konwencjonalnych plastikowych kubków i słomek) potrzebuje ponad 50°C, dużej wilgotności i obecności mikroorganizmów do procesu degradacji – wówczas rozłoży się w 6 tygodni. W warunkach pokojowych będzie to zaś trwało setki lat.

Więcej o bioplastikach na s. 26–27.

Mit. Papierowa torba jest lepsza dla środowiska niż plastikowa.

Fakt. Produkcja obu toreb zostawia ślad w postaci emisji oraz zanieczyszczeń w środowisku naturalnym. Torba papierowa musi być użyta, według różnych badań, 5–44 razy, by jej wpływ na środowisko był mniejszy niż każdorazowe wykorzystanie jednorazowej torby plastikowej.

Więcej o alternatywach dla plastikowej torby na s. 24.

Mit. Rozwiązaniem problemu plastikowych odpadów jest zakazanie produkcji plastiku.

Fakt. Odpadem jest to, co wyrzucamy, a nie to, co produkujemy. Rozwiązanie problemu plastikowych (i wszelkich) odpadów polega na wielokrotnym użytkowaniu, odpowiednim zbieraniu i recyklingu, czyli na przejściu od gospodarki liniowej do cyklicznej. Odpowiedzialność za plastikowe odpady leży nie tylko po stronie producenta tworzywa (który może zmniejszyć emisyjność produkcji i jej wpływ na środowisko), ale również wytwórcy produktu końcowego (mającego za zadanie odpowiednio zaprojektować produkt) oraz społeczeństwa (domagającego się tylko „dobrego” plastiku) i władz lokalnych (które wprowadzą odpowiednie systemy zbierania i selekcji odpadów).

Więcej o gospodarce obiegu zamkniętego na s. 32–33.

Mit. Można żyć, rezygnując z plastiku.

Fakt. Wynalezienie plastiku umożliwiło rozwój wielu technologii, bez których nie byłoby współczesnej cywilizacji, postęp w dziedzinie chociażby elektroniki wyglądałby bowiem wówczas zupełnie inaczej. Zastosowanie plastiku decyduje nie tylko o estetycznym wyglądzie naszych urządzeń RTV, lecz zapewnia też ich bezpieczeństwo poprzez izolację elektryczną oraz cieplną, a także cichą pracę całego sprzętu. Dzięki plastikowi urządzenia są lżejsze i przenośne. Jego wykorzystanie przyczyniło się również do powstania np. płytki drukowanej (przeznaczonej do montażu podzespołów elektronicznych) oraz płyt CD.

Więcej o życiu bez plastiku na s. 24–25.

Mit. Tworzywa sztuczne otrzymywane z biokomponentów zamiast ropy są przyjaźniejsze dla klimatu i natury.

Fakt. Wykorzystanie biowadsu ogranicza emisyjność gazów cieplarnianych w pełnym cyklu życia produktu, jednak wadą biochemii jest generowanie kosztów środowiskowych w innych obszarach (głównie zanieczyszczenia gleb i wód). Tworzywa powstałe ze wsadu pochodzenia biologicznego nie rozwiązują również problemu odpadów. Biochemia jest rozwiązaniem przejściowym, dobrym w okresie transformacji energetycznej, gdy dostępność „zielonej energii” jest ograniczona. Nowe technologie pozwalają myśleć o zeroemisyjnej petrochemii, opartej na wykorzystaniu energii odnawialnej oraz wychwycie i zagospodarowaniu CO₂. Ponadto produkcja biokomponentów I generacji konkuruje z produkcją żywności – im jest jej więcej, tym większe staje się prawdopodobieństwo, że ograniczy się podaż żywności. W ten sposób jeden problem społeczny zostanie pozornie zastąpiony innym, poważniejszym, jakim jest głód.

Więcej o bioalternatywach dla plastikowych przedmiotów codziennego użytku na s. 27–28.

Mit. Petrochemia oparta na wykorzystaniu ropy nie ma przyszłości z powodu emisji zanieczyszczeń.

Fakt. Wraz z rozwojem cywilizacyjnym rośnie popyt na materiały oraz udział materiałów wytwarzanych z ropy naftowej i gazu ziemnego. Ropa i gaz to dwa szeroko dostępne surowce, które potrafimy wydobywać i przetwarzać w produkty użytkowe w sposób mniej szkodliwy dla środowiska i klimatu niż w przypadku wykorzystania innych surowców. Ropa naftowa i gaz są zbyt użytecznymi surowcami, by z nich zrezygnować. W produkcji materiałów potrzebnych społeczeństwu, przy obecnym stanie wiedzy, nie da się zastąpić ropy i gazu niczym bardziej ekologicznym.

Więcej o przyszłości petrochemii na s. 34–39.

Mit. Petrochemia w Europie, oparta na ropie naftowej, jest mniej konkurencyjna od petrochemii opartej na gazie, rozwijanej w USA.

Fakt. W Europie istnieją korzystne warunki do rozwoju petrochemii. Relacja cen ropy do cen gazu zmienia się na korzyść ropy z uwagi na długofalowy wzrost zapotrzebowania na gaz w sektorze energetycznym.

Więcej o opłacalności europejskiej petrochemii na s. 40.

Mit. Przyszłość ma tylko petrochemia wysokomarżowa.

Fakt. Na petrochemii zarabia się, wykorzystując luki w podaży (gdy produkuje się petrochemikalia bazowe) lub oferując nowe materiały (chronione patentami i licencjami). Pierwsza ścieżka jest dla nas dostępna od zaraz, druga natomiast za 10–15 lat, przy dostępności różnych narzędzi, w tym wsparcia ze strony powstającego właśnie Centrum Badań i Rozwoju w Płocku.

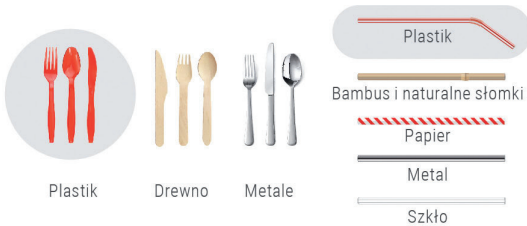
Czym zastąpić plastik?

Plastik wykorzystywany jest w praktycznie każdej dziedzinie naszego życia: od opakowań, poprzez przedmioty codziennego użytku, po elementy budynków i samochodów. Większość tego plastiku mogłaby zostać zastąpiona przez alternatywne materiały, takie jak szkło, metale, papier, drewno, tkaniny naturalne i skóra.

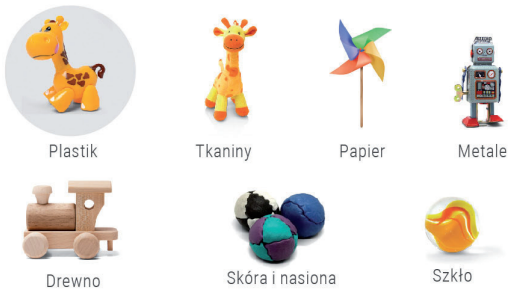
Napoje



Jedzenie



Zabawki

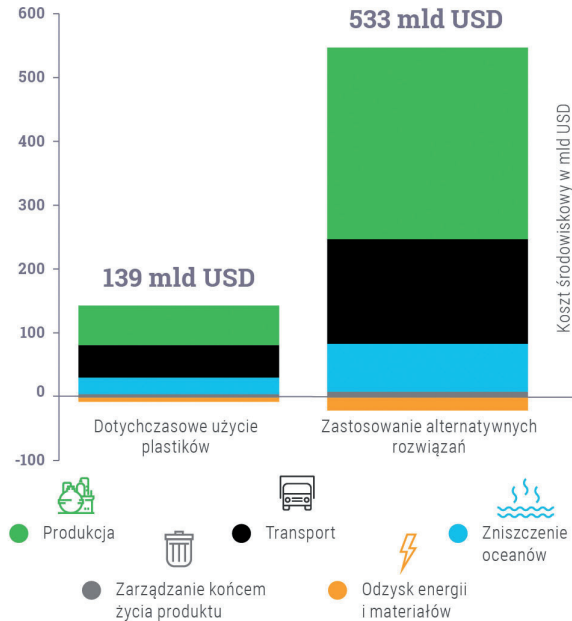


Motoryzacja



Całkowity koszt środowiskowy plastiku i jego alternatyw

Zastąpienie obecnie używanego plastiku materiałami alternatywnymi, wbrew pozorom, zwiększy koszt ponoszony przez środowisko naturalne o 280%. Wzrost odczuwany będzie na każdym etapie życia produktu.



Mimo minimalnie mniejszego jednostkowego kosztu środowiskowego materiałów alternatywnych całkowity koszt środowiskowy w przypadku zastąpienia plastiku różni. Wynika to ze zwiększonego zapotrzebowania na materiał przy zastosowaniu materiałów alternatywnych w stosunku do lekkiego i wytrzymałego plastiku – żeby zastąpić 1 t plastiku musimy przeciętnie zużyć 4,1 t metalu, szkła, papieru, drewna i innych materiałów naturalnych.



Źródło: opracowanie własne na podstawie Trucost, *Plastics and Sustainability: A Valuation of Environmental Benefits, Costs and Opportunities for Continuous Improvement*, <https://plastics.americanchemistry.com/Plastics-and-Sustainability.pdf> (8.07.2019).

| Jak czytać raport?

Raport został podzielony na 3 części: **Problemy, Rozwiązania i Przyszłość**. W każdej z nich, poza tekstem głównym, umieszczono szare ramki, w których znajdują się definicje poszczególnych pojęć, oraz ramki różowe, wypełnione ciekawostkami.

W pierwszej części (**Problemy**) pokazano, w których dziedzinach życia znajdują zastosowanie produkty petrochemiczne, skąd wziął się problem plastikowych odpadów w naszym środowisku oraz jak obecnie z nim walczymy. Tę część raportu otwiera krótka historia petrochemii. Tutaj Czytelnik może zapoznać się z takimi pojęciami jak petrochemia, węglowodór czy monomer. Następnie opisana została różnica między

produktami petrochemicznymi i plastikiem. Pokazano również, w których obszarach naszej codzienności, często nieświadomie, korzystamy z petrochemikaliów i jak wiele produktów można jednocześnie uzyskać z jednej baryłki ropy. Przedstawiono los, który spotkał wszystkie plastyki wyprodukowane od początku ich wynalezienia, oraz problem plastików jednorazowego użytku, w tym plastikowych opakowań, i mikroplastiku. Opisano też szkody, jakie w środowisku wywołuje zarówno produkcja różnych tworzyw plastikowych, jak i ich utylizacja, oraz nowy ruch społeczny, który doprowadził do powstania regulacji w zakresie plastikowych odpadów.

Druga część (**Rozwiązania**) opowiada o możliwych sposobach przezwyciężania opisanych problemów. W tym celu pokazano,

co mogłoby zastąpić plastik i jaki wpływ takie działanie miałyby na środowisko. Przedstawiono też możliwość zastąpienia surowców petrochemicznych oraz nawozów sztucznych, a także zaprezentowano rozwiązanie alternatywne – zrównoważony rozwój, oraz potencjalne korzyści z wprowadzenia zmian w procesie produkcji i gospodarki obiegu zamkniętego.

Ostatnią część raportu (**Przyszłość**) poświęcono przewidywaniom dotyczącym światowej, europejskiej i polskiej petrochemii. Opisano też przyczyny wzrostu zapotrzebowania na produkty petrochemiczne na świecie, a także przyszłość rynku petrochemikaliów w Europie i w Polsce.

Część 1. Problemy

POŻYTECZNE PRODUKTY I SZKODLIWE ŚMIECI. JAK ZACHOWAĆ JEDNE, POZBYWAJĄC SIĘ DRUGICH?

Żyjemy w erze petrochemii

Historia współczesnej petrochemii sięga 1835 roku, kiedy francuski chemik i fizyk Henri Victor Regnault odkrył polichlorek winylu – tworzywo obecnie szeroko stosowane m.in. w stolarce okiennej i drzwiowej. Pierwszy produkowany masowo plastik *Bakelite* powstał dopiero 74 lata później, a rozwój przemysłu petrochemicznego zaczął nabierać tempa w latach 50. ubiegłego wieku¹. Od 1970 roku przemysł petrochemiczny urósł 10-krotnie, czyli szybciej niż którykolwiek inny sektor produkcyjny, przewyższając wzrost światowego PKB o 60%. W 2017 roku 14% ropy naftowej i 8% gazu ziemnego użyte zostało do produkcji

petrochemikaliów². Obecnie przemysł chemiczny generuje blisko 3 500 mld EUR przychodów ze sprzedaży³, czyli ponad 15 razy więcej niż przychody Apple, a produkty petrochemiczne towarzyszą nam w każdej dziedzinie życia.

CZYM JEST PETROCHEMIA I CZY WSZYSTKIE PETROCHEMIKALIA TO PLASTIKI?

Petrochemikalia, w najprostszym ujęciu, to grupa produktów chemicznych wyprodukowanych z ropy naftowej, gazu ziemnego lub węgla, niezawierająca paliw. Surowce pochodzenia petrochemicznego służą do produkcji szerokiej gamy innych chemikaliów. Do grupy surowców

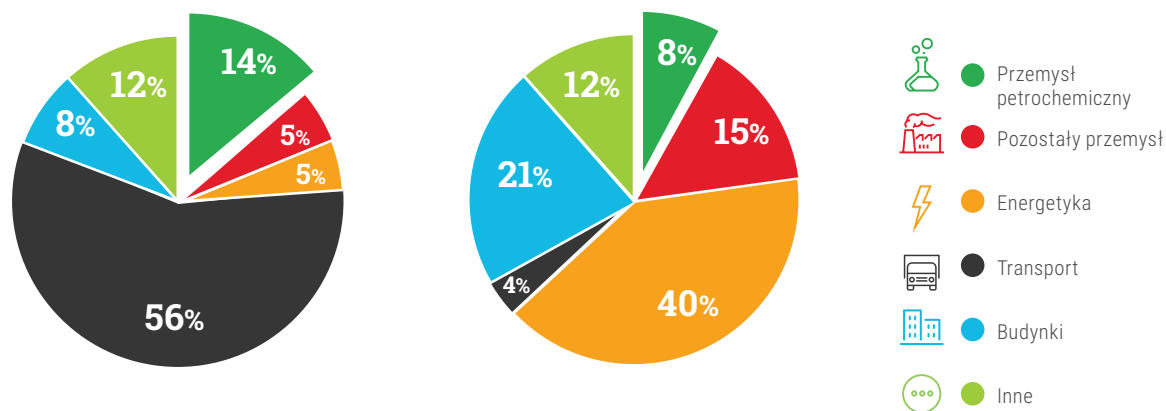
Przemysł chemiczny, potocznie zwany chemią, to gałąź przemysłu przetwórczego, w której zasadnicze procesy produkcyjne mają charakter chemiczny.

Przemysł petrochemiczny (petrochemia) to produkcja i przeróbka surowców chemicznych otrzymywanych z ropy naftowej i gazu ziemnego.

petrochemicznych zaliczane są: węglowodory liniowe (np. etylen, propylen, butadien), cykliczne (benzen, fenol), a także gaz syntezowy (czyli mieszanina gazów, głównie wodoru i tlenku węgla) i chemikalia nieorganiczne, takie jak amoniak czy siarka. W wielu przypadkach substancje uznawane za petrochemikalia można otrzymać z innych źródeł, takich

- 1 World Petroleum Council Guide, *World Petroleum Council Guide: Petrochemicals and Refining*, http://www.world-petroleum.org/docs/docs/publications/petrochemicals/wpc-guide2_layout_lo-res.pdf (12.07.2019).
- 2 International Energy Agency, *The Future of Petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers*, https://webstore.iea.org/download/direct/2310?fileName=The_Future_of_Petrochemicals.pdf (18.07.2019).
- 3 Center for International Environmental Law, *Facts & Figures of the European chemical industry 2018*, https://cefic.org/app/uploads/2018/12/Cefic_FactsAnd_Figures_2018_Industrial_BROCHURE_TRADE.pdf (12.07.2019).

Zużycie ropy naftowej (po lewej) i gazu ziemnego (po prawej) w podziale na sektory w 2017 roku



Uwaga: zużycie surowców w sektorze petrochemicznym uwzględnia ich wykorzystanie w procesach chemicznych i energetycznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie International Energy Agency, op.cit.

Związki organiczne to związki chemiczne pierwiastka węgla, z wyłączeniem tlenków i siarczków węgla, kwasu węglowego i jego nieorganicznych pochodnych, węglików metali, cyjanowodoru, cyjanamidu i kwasu cyjanowego oraz ich soli nieorganicznych i karbonyków metali.

Związki nieorganiczne to związki chemiczne wszystkich prócz węgla pierwiastków chemicznych oraz wymienione wyżej związki węgla niebędące związkami organicznymi.

Węglowodory to związki organiczne o cząsteczkach zbudowanych wyłącznie z atomów węgla i wodoru. Można wyróżnić węglowodory alifatyczne (łańcuchowe), o cząsteczkach, w których atomy węgla tworzą otwarte łańcuchy (proste lub rozgałęzione), oraz cykliczne, w przypadku których atomy węgla tworzą pierścienie.

Źródło: Encyklopedia PWN.

jak wsady pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego⁴.

Plastiki są więc tylko częścią większej grupy produktów petrochemicznych, do której należą też detergenty, rozpuszczalniki, farmaceutyki, nawozy i środki ochrony roślin, a także włókna syntetyczne, gumy i kauczuki.

CZYM JEST PLASTIK?

Plastik to materiał polimeryczny, czyli składający się z powtarzających się fragmentów, zwanych monomerami, który może być formowany lub kształtowany głównie przy użyciu ciśnienia i ciepła. Charakteryzuje go zazwyczaj niska gęstość, niska przewodność elektryczna, wysoka wytrzymałość i przezroczystość⁵. Plastik dzieli się na dwie grupy – termoplastyczne i termoutwardzalne. Pierwsze z nich pod wpływem ciepła topnieją, a utwardzają się przy schłodzeniu. Kształtowanie plastików termoplastycznych jest odwracalne – mogą być ogrzane, przekształcone i schłodzone ponownie. Z kolei w plastikach termoutwardzalnych

pod wpływem temperatury zachodzą nieodwracalne zmiany chemiczne i tworzy się struktura sieciowa⁶.

Monomery to cząsteczki dowolnej klasy związków, głównie organicznych, które mogą reagować z innymi cząsteczkami, tworząc **polimery**.

PETROCHEMIA NA CO DZIEN

Produkty petrochemiczne znajdują zastosowanie w każdej dziedzinie życia. Budynki, w których mieszkamy, izolowane są polistyrenem, potocznie zwanym styropianem, lub pianami poliuretanowymi. Ramy okien i drzwi coraz częściej powstają z poli(chloru winylu), a uszczelki okienne wykonywane są z kauczuków syntetycznych, elastomerów termoplastycznych lub plastyfikowanego PVC. Petrochemii zawdzięczamy nie tylko

⁴ Encyclopaedia Britannica, *Petrochemical*, <https://www.britannica.com/science/petrochemical> (15.07.2019).

⁵ Encyclopaedia Britannica, *Plastic*, <https://www.britannica.com/science/plastic> (15.07.2019).

⁶ United Nations Environment, *Single-Use Plastics, A Roadmap for Sustainability*, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?isAllowed=y&sequence=1 (15.07.2019).

Co można wytworzyć z jednej baryłki ropy?

Ropa naftowa jest mieszaniną węglowodorów. Po oczyszczeniu z siarki i innych związków poddaje się ją procesowi destylacji, w którym jest rozdzielana na frakcje węglowodorowe o różnych właściwościach. Frakcje, bezpośrednio lub po dalszej obróbce, stają się produktami handlowymi. **Jednocześnie powstają więc paliwa, nafta, oleje opałowe, oleje smarowe, gacz parafinowy, asfalty i koks oraz smary stałe.**

Co można uzyskać jednocześnie z baryłki ropy?

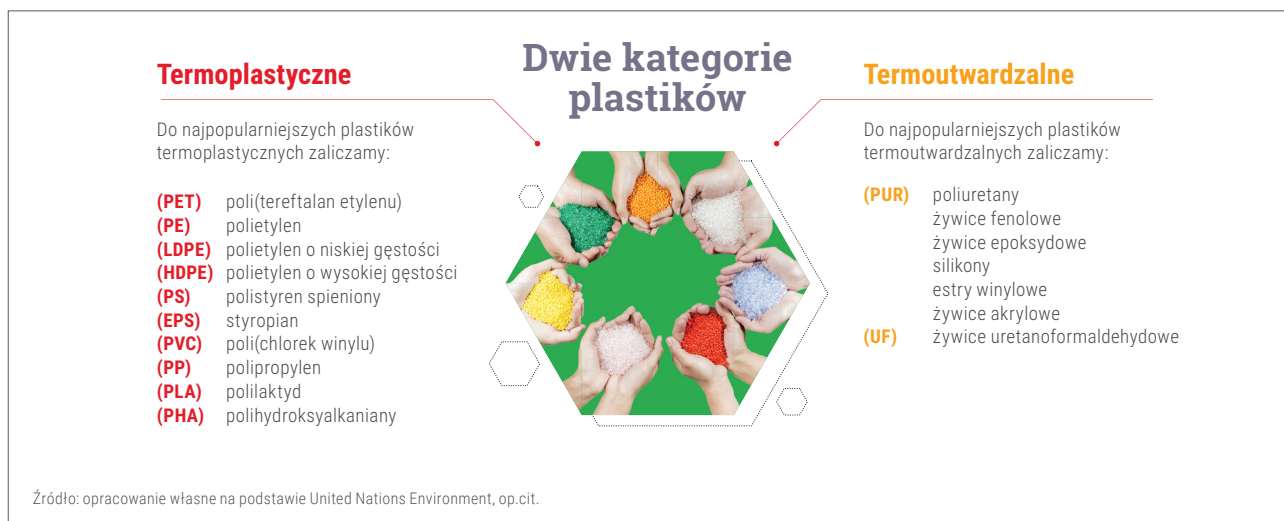


Petrochemia

W procesie rafinacji ropy naftowej obok paliw, surowców energetycznych i asfaltów powstaje frakcja naftowa, służąca do produkcji petrochemikaliów. **Z jednej baryłki ropy można uzyskać jednocześnie:**



Źródło: opracowanie własne na podstawie International Energy Agency, op.cit.; Petroleum Service Company, *What's in a Barrel of Oil? The 42-Gallon Breakdown*, <https://petroleumservicecompany.com/blog/oil-barrel-42-gallon-breakdown/> (18.07.2019) oraz Visual Capitalist, *What Can Be Made from One Barrel of Oil?*, <https://www.visualcapitalist.com/can-made-one-barrel-oil/> (17.07.2019).



Każdy samochód zawiera średnio 10 tys. plastikowych części, które stanowią 50% objętości, ale tylko 10% masy całego pojazdu.

Źródło: American Fuel & Petrochemical Manufacturere, *How Much Oil is in an Electric Vehicle?*, <https://www.visualcapitalist.com/how-much-oil-electric-vehicle/> (17.07.2019) oraz Plastics Industry Association, *Plastics Market Watch Transportation A Series On Economic – Demographic Consumer & Technology Trends In Specific Plastics End Market*, <https://www.plasticsindustry.org/sites/default/files/2019-TransportationMarketWatch.pdf> (25.07.2019).

komfort termiczny w naszych domach, ale również dostęp do bieżącej wody i energii elektrycznej. Zarówno rury wodne, jak i izolacje przewodów elektrycznych, tych dostarczających nam prąd do gniazdka oraz zasilających urządzenia RTV i AGD, wykonane są z polietylenu. Same urządzenia przynajmniej obudowane są tworzywem sztucznym. Meble, nawet te drewniane, również zawierają produkty petrochemiczne. Lakier, farby i kleje, materace i obicia – wszystko to otrzymujemy dzięki zastosowaniu petrochemikaliów. Podobnie wyposażenie naszych samochodów zawiera całą gamę tego typu związków – od węglanów organicznych w akumulatorach, polipropylenowych zderzaków, styrenowo-butadienowych opon, poliwęglanowych reflektorów, po poliuretanowe siedzenia i pasy bezpieczeństwa wykonane z poliamidów.

Średnia zawartość produktów petrochemicznych w pojazdach ciągle rośnie. Jeszcze w 1960 roku przeciętny amerykański samochód osobowy zawierał 8 kg plastiku i kompozytów. W 2016 roku było go już blisko 19 razy więcej, tj. 151 kg⁷.

Produkty petrochemiczne nie tylko nas otaczają, ale są również częścią naszej codzienności. Nawozy sztuczne pozwalają nam produkować żywność w odpowiedniej ilości, a opakowania z tworzyw przedłużają jej termin przydatności do spożycia. Pochodzenia petrochemicznego są również barwniki i aromaty stosowane w wielu produktach spożywczych. Petrochemikalia stanowią też składnik kosmetyków i środków czystości, a cała chemia gospodarstwa pakowana jest w polietylen lub tworzywo PET. Poliester, nylon czy spandex to materiały powszechnie używane do produkcji ubrań – wszystkie pochodzenia petrochemicznego. Współczesna farmacja również nie byłaby możliwa bez petrochemii – fenol i kumen używane są przy produkcji penicyliny i aspiryny, a zastosowanie żywic pochodzenia petrochemicznego umożliwiło tańsze i szybsze oczyszczanie leków. Wykorzystanie petrochemii umożliwiło też stworzenie hermetycznych opakowań na leki. W medycynie petrochemikalia stosowane są również do produkcji strzykawek czy pomp insulinowych.

O powszechności wykorzystania produktów petrochemicznych w naszym życiu codziennym i otoczeniu zadecydowały dwa czynniki: ich właściwości fizyko-chemiczne, umożliwiające różnorodne zastosowania, oraz niskie koszty wytworzenia w porównaniu z rozwiązaniami alternatywnymi. Plastikowe wyroby są tak tanie, że wielu z nich nie opłaca się wykorzystywać wielokrotnie ani poddawać recyklingowi. Ta sytuacja doprowadziła do nagromadzenia odpadów w skali wymagającej radykalnych przeciwdziałań. Przyjrzyjmy się bliżej temu problemowi.

| Żyjemy w erze plastikowych odpadów

Plastik stał się nieodłączną częścią naszego życia, a wraz z nim pojawiły się plastikowe odpady. Badania wskazują, że od lat 50. ubiegłego wieku, uznawanych za początek dzisiejszej petrochemii, wyprodukowano 8,3 mld t plastiku, z czego około 30% jest nadal w użyciu⁸. Pozostałe 70% stanowią po prostu śmieci. Każdy odpad plastikowy może zostać zagospodarowany na jeden z trzech sposobów: składowany (legalnie lub nielegalnie wyrzucony), spalony lub poddany recyklingowi. W procesie

7 Plastics Industry Association, op.cit.

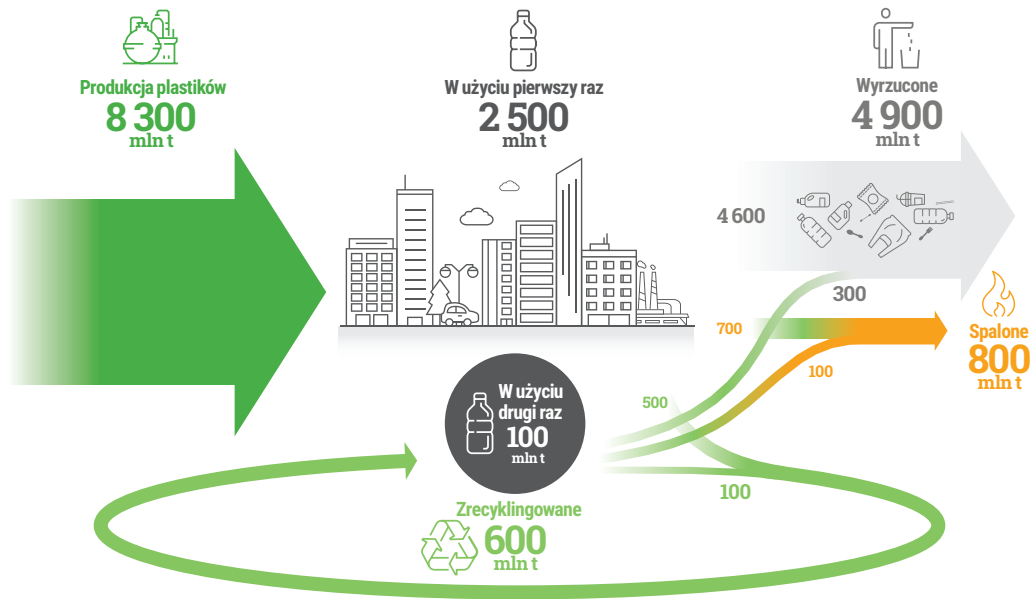
8 United Nations Environment & Beat Plastic Pollution, *Our planet is drowning plastic pollution*, <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/> (15.07.2019).

recyklingu powstaną nowe produkty, a każdy z nich, po wykorzystaniu spotka podobny los jak śmieci „pierwotne” – mogą być składowane, spalone lub ponownie recyklingowane. To, co wydarzyło się z każdą toną plastikowych odpadów, przedstawia poniższa grafika.

W 1960 roku plastikowe odpady stanowiły mniej niż 1% masy wszystkich odpadów komunalnych w krajach o średnim i wysokim przychodzie. W 2005 roku wartość ta sięgnęła 10%, przy jednoczesnym wzroście całkowitej masy śmieci.

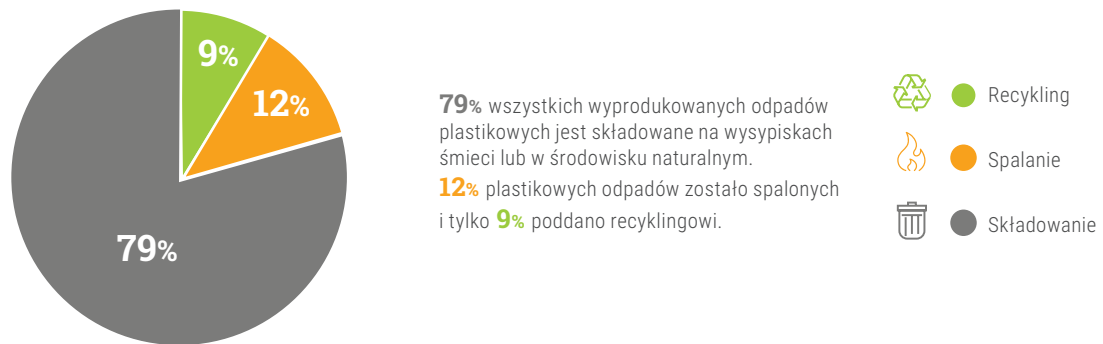
Źródło: R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, Production, use, and fate of all plastics ever made, <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782> (15.07.2019).

Co stało się z plastikiem, który wytworzyliśmy do tej pory?



Źródło: opracowanie własne na podstawie R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, op.cit.

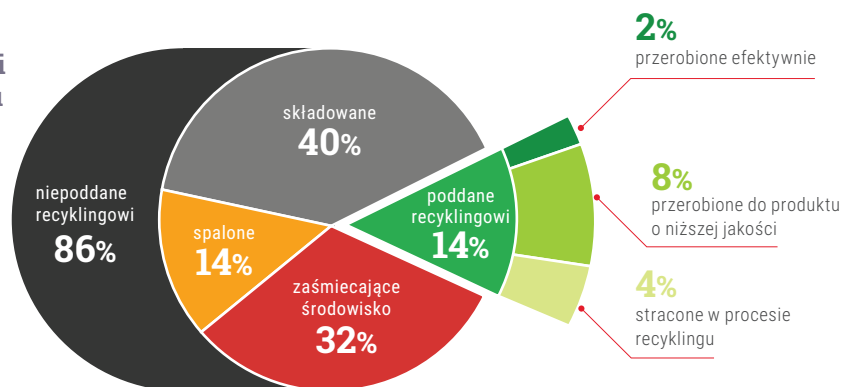
Zagospodarowanie odpadów plastikowych na świecie



Źródło: opracowanie własne na podstawie United Nations Environment & Beat Plastic Pollution, op.cit.

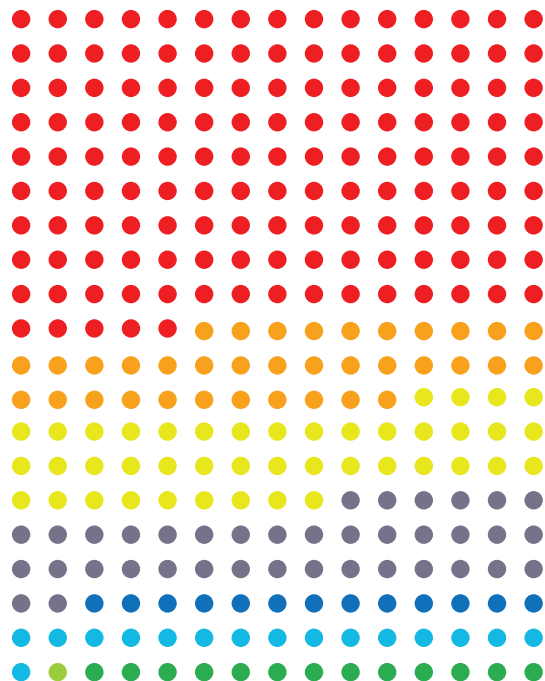
Światowa gospodarka plastikowymi odpadami z opakowań w 2015 roku

Całkowita masa odpadów plastikowych z opakowań w 2015 roku:
141 mln t



Źródło: opracowanie własne na podstawie United Nations Environment, op.cit.

Masa odpadów plastikowych w podziale na źródła pochodzenia w 2015 roku



Przeciętna długość życia plastikowych produktów w sektorach w 2015 roku



Źródło: R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, op.cit.

Z każdego 100 plastikowych odpadów przeciętnie 79 trafiło na wysypiska, 12 zostało spalone, 9 poddano recyklingowi, a spośród tych 9 po powtórny użyciu 2 zostały spalone, 5 jest składowane na wysypiskach i tylko 2 sztuki krążą w obiegu wtórnym⁹. Od początku produkcji plastiku do recyklingu trafiło więc jedynie 9% wszystkich odpadów, co oznacza, że większość śmieci zalega w naszym środowisku.

Plastikowe odpady to głównie produkty jednorazowe. Łatwość produkcji i wygoda użytkownika sprawiły, że uzależniliśmy się od plastiku, szczególnie właśnie tego przeznaczonego do pojedynczego wykorzystania. Co minutę na świecie sprzedaje się milion plastikowych butelek, a roczne zużycie jednorazowych, plastikowych toreb sięga 5 bln sztuk. W sumie połowa całej produkcji plastiku jest przeznaczona do jednokrotnego zastosowania¹⁰.

Oprócz typowych butelek na napoje i toreb na zakupy do plastiku jednorazowego użytku

zaliczamy plastikowe opakowania do żywności, jednorazowe talerze i sztućce, opakowania do jedzenia na wynos, a także butelki i opakowania kosmetyków, leków i chemii gospodarczej¹¹. Plastik jednorazowego użytku stosowany jest zatem głównie w dwóch segmentach: opakowań i produktów konsumenckich.

Te dwa sektory odpowiedzialne były za blisko 60% wygenerowanych plastikowych śmieci w 2015 roku, z czego plastikowe opakowania stanowiły, według różnych źródeł, 40–47% wszystkich odpadów plastikowych. Średni czas życia opakowania plastikowego to pół roku, typowego produktu konsumenckiego – około 3 lata¹². Wliczamy w to nie tylko długość użytkowania plastiku przez odbiorcę końcowego, ale również czas spędzony na półce w sklepie, magazynie lub w transporcie. Torba plastikowa od momentu zakupu do jej wyrzucenia towarzyszy nam przez średnio 12 minut¹³.

Kolejnym dużym sektorem generującym plastikowe odpady jest przemysł tekstylny.

Co roku wyrzucamy ponad 40 mln t ubrań i innych tekstyliów ze sztucznych włókien. Elektronikę wymieniamy co 8 lat, a cały plastik w niej zawarty generuje jedynie 4% odpadów. Najdłużej plastikowe części żyją w budynkach i przemyśle budowlanym – około 35 lat.

Najczęściej wyrzucane i generujące największą masę odpadów są więc opakowania plastikowe. Spośród 141 mln t wyrzuconych w 2015 roku tego typu produktów 14–21% poddano recyklingowi, a tylko niewielka ich część została przetworzona do pełnowartościowych produktów¹⁴.

Kolejne 14% zostało spalone w celu odzyskania energii. Oznacza to, że 7 na 10 opakowań po wyrzuceniu zalega gdzieś w naszym środowisku. Co trzecie opakowanie wyrzucane jest nielegalnie i trafia do lasów, parków, rzek i oceanów. Tam zaczyna się długi proces rozkładu, który polega zazwyczaj na powolnym rozdrabnianiu, ponieważ większość plastiku jest biodegradowalna. Po rozdrobieniu do odpowiednio małych

Plastiki jednorazowego użytku



Poli(tereftalan etylenu) (PET)

butelki na napoje, zbiorniki na wodę, tacki na ciastka



Polietylen wysokiej gęstości (HDPE)

butelki na kosmetyki, butelki na mleko, torebki do zamrażania, pojemniki na lody



Polietylen niskiej gęstości (LDPE)

torby, tacki, pojemniki, folia spożywcza



Polipropylen (PP)

opakowania czipsów, naczynia do mikrofal, pojemniki na lody, nakrętki do butelek



Polistyren (PS)

sztućce, talerze, kubki



Ekspandowany polistyren (EPS)

opakowania do jedzenia na wynos, kubki do gorących napojów, opakowania ochronne

Źródło: ibidem.

9 R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, op.cit.

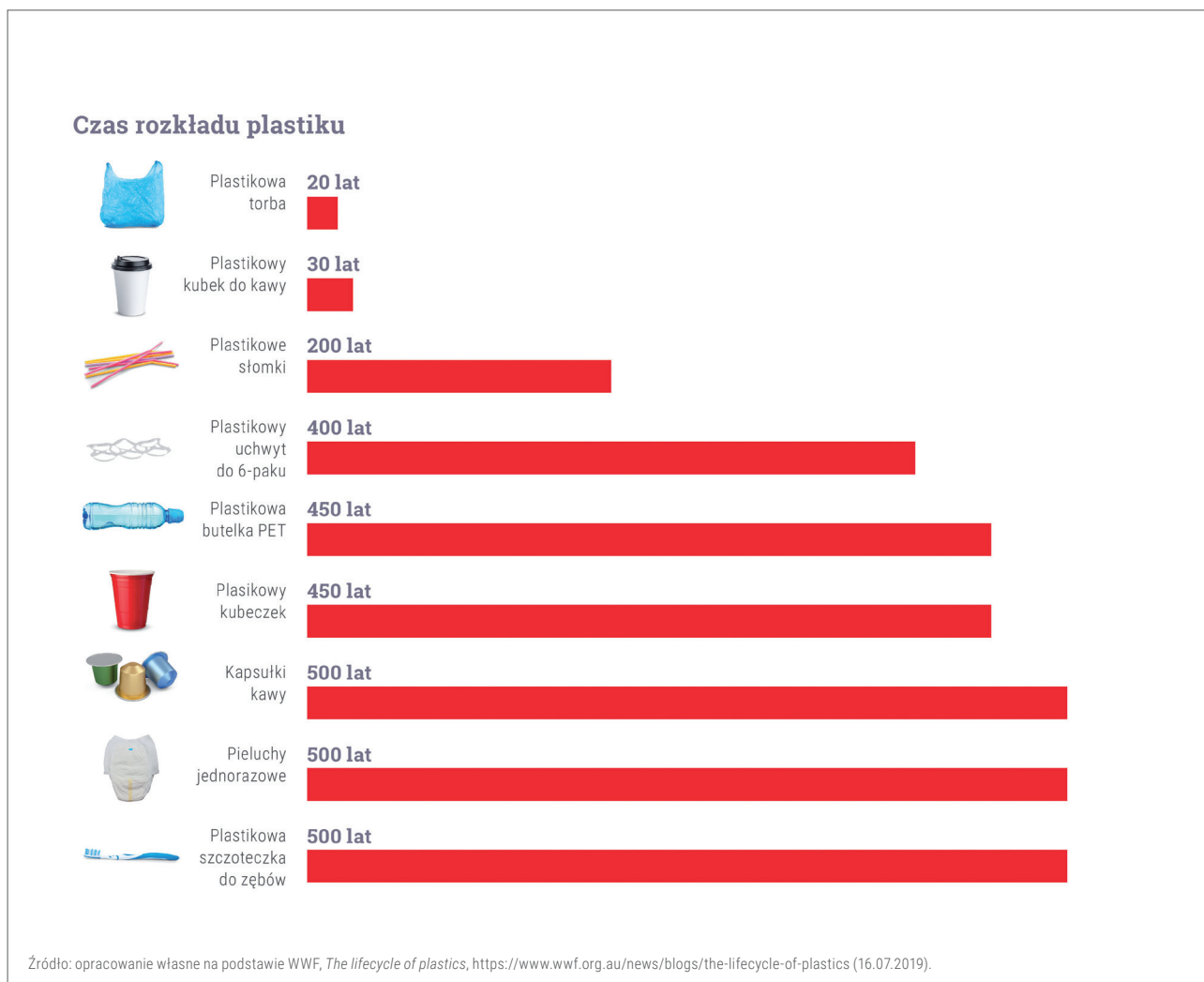
10 Ibidem.

11 Ibidem.

12 R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, op.cit.

13 Business Insider, *In some countries, people face jail time for using plastic bags. Here are all the places that have banned plastic bags and straws so far*, <https://www.businessinsider.com/plastic-bans-around-the-world-2019-4?IR=T> (5.08.2019).

14 Center for International Environmental Law, *Plastic & Climate The Hidden Costs of a Plastic Planet*, <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf> (15.07.2019) oraz United Nations Environment, op.cit.



kawałków plastiku w odpowiednich warunkach może rozpaść się na dwutlenek węgla,

wodę i inne substancje, na co potrzeba jednak nawet ponad 500 lat.

Aż 70–80% mikroplastiku znajdującego się w oceanach to mikrowłókna powstałe w wyniku rozkładu, a także prania ubrań i innych tekstyliów. Badania wskazują, że pojedyncze pranie jednej sztuki syntetycznego ubrania emituje ponad 1900 mikroplastikowych włókien.

Źródło: United Nations Environmental Protection, *Microplastics: Trouble in the Food Chain*, https://uneplive.unep.org/media/docs/early_warning/microplastics.pdf (15.07.2019).

Rozdrabnianie plastiku zachodzi pod wpływem promieniowania słonecznego, wiatru, fal lub przy udziale zwierząt, a jego efektem jest powstawanie fragmentów nazywanych mikroplastikiem. Są to wszystkie cząsteczki plastiku o rozmiarze od 1 nm do 5 mm, niezależnie od tego, czy powstały w wyniku rozdrobnienia czy zostały celowo wyprodukowane w postaci mikroziaren. Plastikowe odpady i mikroplastik przenoszone są przez wiatr i deszcz, a następnie akumulują się w zbiornikach wodnych. Dalsze rozbitcie mikroplastików nie powoduje degradacji polimerów do

monomerów a rozdrabnianie ich do jeszcze mniejszych cząstek. W odpowiednich warunkach mikrocząstki mogą rozłożyć się na dwutlenek węgla, wodę, metan, wodor, amoniak i inne nieorganiczne związki, przy czym taka degradacja nie zachodzi zazwyczaj w środowisku wodnym, gdzie koncentracja mikroplastików jest największa. Szacuje się, że średnio na każdym kilometrze kwadratowym powierzchni oceanu znajduje się ponad 63 tys. cząsteczek mikroplastiku, a lokalnie, głównie we wschodniej Azji, koncentracja mikroplastiku może być 27-krotnie większa. Ta część plastików, która jest biodegradowalna, wymaga często odpowiednich warunków, rzadko zachodzących w środowisku

Celowa produkcja mikroplastiku

Mikroplastik ma dobre właściwości ścierające, dlatego stosowany jest w kosmetykach i chemii gospodarczej pod nazwą mikrogranulek. Używany jest również do kontroli lepkości płynów i stabilności produktów, np. przy produkcji farb.

naturalnym (dotyczy to przykładowo dłuższego przebywania w temperaturach powyżej 50°C)¹⁵.

Szkody w środowisku naturalnym, już poczynione przez nieodpowiednie składowanie plastikowych śmieci, skłaniają do podjęcia natychmiastowych działań. Naturalnym odruchem jest domaganie się

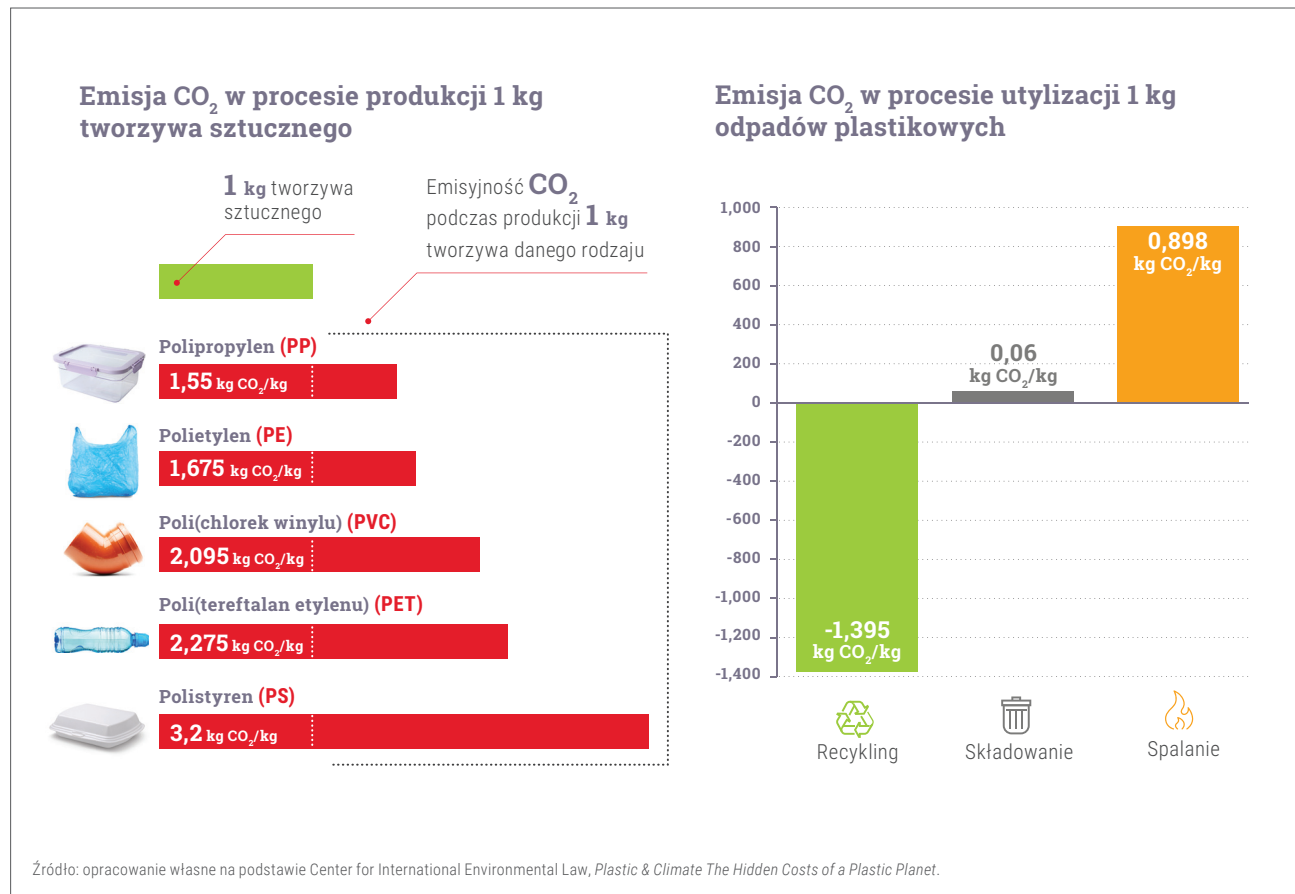
zaprzestania produkcji plastiku, tym bardziej, że jego wytwarzanie wiąże się też z emisją gazów cieplarnianych.

EMISYJNOŚĆ PLASTIKU

Ponad 99% plastiku produkowane jest ze źródeł kopalnych, czyli ropy naftowej, gazu ziemnego i węgla. Emisyjność plastiku rozpoczyna się więc w momencie wydobywania surowca. Szacuje się, że emisja gazów cieplarnianych od wydobywania do produkcji żywicy, z której później formowany jest produkt końcowy, wynosi przeciętnie 1,89 kg CO₂ e/kg żywicy (co odpowiada ilości gazów cieplarnianych, które są tak samo szkodliwe dla środowiska jak 1,89 kg CO₂). Znaczną rolę odgrywa

emisyjność produkcji energii elektrycznej i ciepła do procesu wytwarzania plastiku, a zastąpienie kopalnych źródeł energii źródłami niskoemisyjnymi lub odnawialnymi pozwala na zmniejszenie emisyjności produkcji żywicy do 0,9 kg CO₂ e/kg żywicy¹⁶. Poziom emisyjności zależy od przebiegu procesu produkcyjnego, stosowanego wsadu i produktu końcowego.

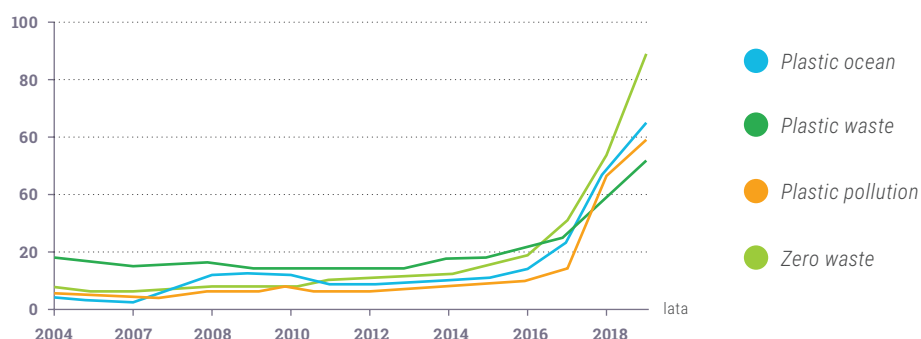
Emisyjność plastików nie kończy się na ich produkcji, lecz w momencie utylizacji odpadów plastikowych. Jak już wspomniano, odpady mogą być poddawane recyklingowi, składowane lub spalane. Recykling przyczynia się do obniżenia emisyjności plastiku o 1,395 kg CO₂ e/kg żywicy, co wynika z braku konieczności produkcji nowego plastiku. Spalanie zwiększa natomiast



15 United Nations Environmental Protection, op.cit.

16 Center for International Environmental Law, *Plastic & Climate The Hidden Costs of a Plastic Planet*.

Wyszukiwanie haseł związanych z plastikowymi odpadami w wyszukiwarce Google



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Google Trends.

emisyjność o około 50% mimo zastąpienia źródła kopalnego (w tym przypadku gazu ziemnego) odpadami. Składowanie odpadów plastikowych wpływa nieznacznie na emisyjność plastiku¹⁷.

Oprócz rosnących gór plastikowych śmieci i emisji CO₂ wśród najczęściej wymienianych zagrożeń, które niesie za sobą produkcja plastiku, można wymienić:

- emisję substancji szkodliwych przy wydobyciu ropy i gazu, szczególnie w procesie szczelinowania hydraulicznego (stosowanego przy wydobywaniu gazu i ropy z łupków) i produkcji ropy z piasków bitumicznych,
- emisję CO₂ i substancji toksycznych w procesie rafinacji i przy produkcji petrochemicznej,
- emisję substancji toksycznych w procesach utylizacji odpadów plastikowych, głównie poprzez spalanie i gazyfikację, akumulację plastiku i dodatków w środowisku oraz w łańcuchu pokarmowym człowieka, prowadzącą do spożycia i wdychania szkodliwych mikrocząstek¹⁸.

Plastik otrzymuje się z ropy naftowej, która znalazła się już na czarnej liście z powodu emisji w transporcie, więc hasło „stop plastikowi” łatwo przekuć w hasło „stop petrochemii”. Podążając jednak tym tokiem myślenia, omijamy sedno problemu, czyli to, w jaki sposób wykorzystujemy plastik. Plastikowe produkty wyrzucamy po jednorazowym zastosowaniu, gdyż są zbyt tanie, a ich trwałość powoduje, że zalegają przez dekady. Wydaje nam się, że zastąpienie plastikowej torebki papierową, którą też wyrzucimy, jest korzystne dla środowiska, bo papier ulega biodegradacji. Niestety, o czym dalej, wykorzystana w ten sposób torebka papierowa zostawia głębszy ślad w naturze niż torebka plastikowa! Żaden produkt nie stanie się odpadem, dokąd go nie wyrzucimy. Rozwiązanie problemu plastikowych śmieci leży w sferze wykorzystywania produktów: projektowania w taki sposób, by można było je wielokrotnie stosować, następnie rzeczywistego wielokrotnego ich użytkowania i w końcu poddania wykorzystanego produktu recyklingowi. Pisaliśmy o tym szerzej w poprzednim

raporcie¹⁹ i rozwinie ten temat również w dalszej części niniejszego raportu.

Walka z odpadami

Wszechobecność plastikowych odpadów skłania ludzi do walki nie tylko z samymi śmieciami, ale również z petrochemią. W krajach rozwiniętych świadomość problemu rośnie wraz z zainteresowaniem tym tematem w mediach. Coraz częściej wyszukujemy informacje o problemie plastikowych odpadów. Hasła „plastic waste” (ang. odpady plastikowe), „plastic ocean” (ang. plastikowy ocean, reprezentujący wyszukiwania wszystkich haseł związanych z odpadami plastikowymi zaśmiecającymi oceany), „plastic pollution” (ang. zanieczyszczenia plastikowe) oraz „zero waste” (ang. zero marnotrawienia, ruch promujący styl życia, zgodnie z którym człowiek stara się generować jak najmniej odpadów, a tym samym nie zanieczyszczać środowiska²⁰), są wyszukiwane dziś odpowiednio 3, 16, 8

17 Ibidem.

18 Ibidem.

19 PKN ORLEN, *Filary trwałego rozwoju przedsiębiorstw. Wizja, surowce, talenty*, zeszyt 11, https://napedzamyprzyszlosc.pl/files/Raport/Raport/PKN_ORLEN_Filary_trwaego_rozwoju_przedsiębiorstw_-_Wizja_surowce_talenty.pdf (28.08.2019).

20 Polskie Stowarzyszenie Zero Waste, *Czym jest zero waste?*, <http://zero-waste.pl/czym-jest-zero-waste/> (5.08.2019).

i 11 razy częściej niż w 2004 roku²¹, a petycja Greenpeace w sprawie zakazu stosowania mikroplastiku w Wielkiej Brytanii w 2016 roku w ciągu tylko 4 miesięcy zdobyła 365 tys. podpisów i stała się największą petycją dotyczącą środowiska naturalnego złożoną do parlamentu²².

Świadomość społeczna na temat plastikowych odpadów jest zjawiskiem relatywnie nowym. Plastik jest z nami od 70 lat, jednak ruch przeciwko jego dalszemu stosowaniu powstał dopiero kilka lat temu. Największe organizacje środowiskowe, takie jak Greenpeace czy Friends of the Earth, nie miały nawet dedykowanych zespołów i programów poświęconych temu problemowi do 2015 roku²³. Gwałtowny wzrost zainteresowania tym tematem wśród społeczeństwa nastąpił jednak w 2017 roku, kiedy BBC opublikowało

drugą część programu dokumentarnego *Błękitna planeta*. W ostatnim odcinku poświęcono 6 minut wpływowi plastiku na morską faunę, pokazując między innymi sławny już obraz żółwia zaplątanego w plastikową torbę oraz albatrosa karmiącego swoje młode plastikiem. Według brytyjskiej sieci supermarketów Waitrose, po obejrzeniu tego odcinka 9 na 10 osób zmieniło swoje zachowania konsumencie, a zainteresowanie tematem plastiku wśród klientów wzrosło 8-krotnie²⁴.

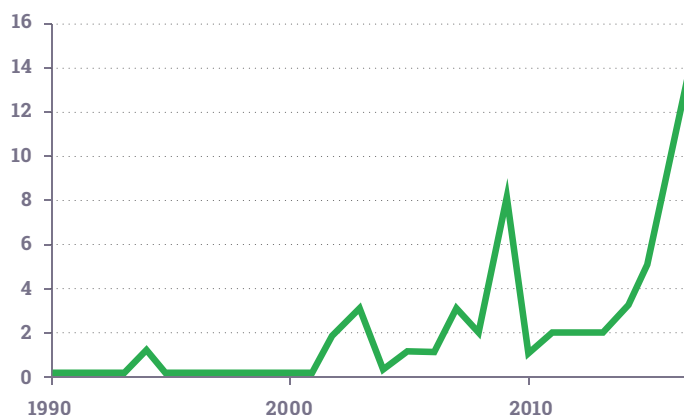
REGULACJE

Nacisk społeczny doprowadził do wprowadzenia szeregu regulacji i zakazów na poziomie zarówno narodowym, jak i globalnym. Podobnie jak w przypadku wyszukiwania haseł związanych z plastikowymi

śmieciami liczba nowych regulacji w zakresie plastików zaczęła rosnąć niedawno. Przed 2000 rokiem wprowadzono tylko jedno obostrzenie dotyczące stosowania plastików jednorazowego użytku. Z kolei w latach 2001–2010 powstało już 21 nowych regulacji, a do 2017 roku – kolejne 39²⁵.

W 2015 roku Unia Europejska wprowadziła dyrektywę mówiącą o maksymalnej liczbie zużywanych plastikowych toreb, co pociągnęło za sobą szereg regulacji krajowych, które różnią się między sobą na poziomie regionalnym. Przykładowo we Włoszech i we Francji wprowadzono zakaz sprzedawania i rozdawania plastikowych toreb, rząd Austrii dogadał się natomiast z sektorem prywatnym, by obniżyć liczbę zużywanych plastikowych toreb. Obecnie ponad 90 krajów na całym świecie zakazało ich stosowania, a kolejne 36 reguluje

Liczba nowych regulacji w zakresie plastików jednorazowego użytku na poziomie narodowym



Źródło: opracowanie własne na podstawie United Nations Environment, op.cit.

21 Google Trends, <https://trends.google.com/trends/explore?date=2004-01-01%202019-07-31&q=plastic%20ocean,plastic%20waste,plastic%20pollution,zero%20waste> (5.08.2019).

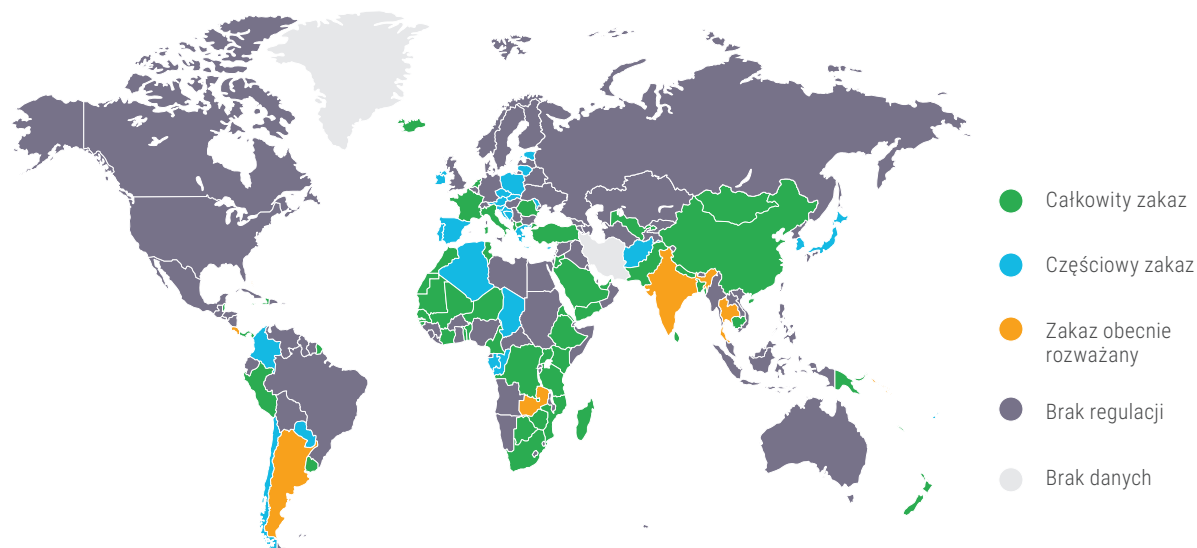
22 The Guardian, *The plastic backlash: what's behind our sudden rage – and will it make a difference?*, <https://www.theguardian.com/environment/2018/nov/13/the-plastic-backlash-whats-behind-our-sudden-rage-and-will-it-make-a-difference> (5.08.2019).

23 Ibidem.

24 Waitrose & Partners, *Food And Drink Report 2018–19*, https://waitrose.pressarea.com/pressrelease/details/78/NEWS_13/10259 (5.08.2019).

25 United Nations Environment, op.cit.

Przepisy dotyczące sprzedaży i użytkowania plastikowych toreb w lipcu 2019 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Google Trends.

konsumpcję poprzez nakładanie na nie opłat i podatków²⁶.

Nie wszystkie regulacje prawne przynoszą oczekiwane efekty. W niektórych przypadkach wprowadzenie podatków lub ustaleń z sektorem prywatnym zmusiło klientów do zmniejszenia konsumpcji toreb plastikowych. Istnieją jednak przykłady nieumiejętnie wprowadzonych przepisów, które przyniosły więcej szkody niż pożytku lub efekty ich wprowadzenia po prostu nie były wystarczające. W Polsce od 1 stycznia 2018 roku obowiązywała tzw. ustawa foliówkowa, która przewidywała opłatę za torby plastikowe, z pominięciem toreb grubszych i tych najcieńszych. Tym samym przyjęta regulacja nie pozwoliła na osiągnięcie zamierzonego efektu ekologicznego ani zakładanych wpływów do

budżetu. Zdecydowano więc, że od 1 września 2019 roku każda torba foliowa powyżej 15 µm (czyli z wykluczeniem najcieńszych toreb) będzie objęta opłatą w wysokości 25 gr (z VAT).

CASE 1: SUKCES IRLANDZKIEGO PLASTAX

W latach 90. ubiegłego wieku Irlandia borykała się z problemem plastikowych toreb zaśmiecających miasta, wsie i wybrzeża. W 1998 roku Departament Środowiska zlecił badania, których celem było wyznaczenie ceny, jaką byłby w stanie zapłacić konsument za dotychczas darmową torbę plastikową. Ustalono, że kwota, przy której zużycie reklamówek na osobę nie zmieni się, wynosi 0,024 EUR.

W 2002 roku Rząd Irlandii postanowił wprowadzić podatek za plastikowe torby wynoszący 6-krotność maksymalnej ceny, którą klienci byli skłonni zapłacić, czyli 0,15 EUR. Nie obejmował on jednak najmniejszych i najcieńszych toreb, niezbędnych z higienicznego punktu widzenia. Jednocześnie przeprowadzona została szeroka kampania zwiększająca świadomość konsumentów, a wszystkie zyski z podatku zasiliły budżet Ministerstwa Środowiska. W efekcie w ciągu roku liczba zużywanych toreb spadła o ponad 90% – z 328 do 21 sztuk na osobę. Gdy po 4 latach liczba używanych reklamówek wzrosła do 31 sztuk podatek został podniesiony do 0,22 EUR, a w 2011 roku ustalono, że może być on podnoszony raz w roku, do maksymalnie 0,70 EUR za torbę²⁷.

²⁶ The Economist, *Ever more countries are banning plastic bags*, <https://www.economist.com/graphic-detail/2019/07/24/ever-more-countries-are-banning-plastic-bags> (30.07.2019).

²⁷ United Nations Environment, op.cit.

Nacisk społeczny na brytyjską gałąź sieci McDonald's wpłynął na zmianę materiału rozdawanych do napojów słomek. Od września 2018 do początku 2019 roku sieć wymieniła wszystkie plastikowe słomki na papierowe. Papierowe słomki rozmakały jednak w napojach i McDonald's musiał zastosować grubszy materiał. Nowe słomki, mimo że teoretycznie poddające się recyklingowi, z technicznego punktu widzenia okazały się niemożliwe do przerobu, więc tymczasowo wyrzucane są do odpadów zmieszanych. Po publikacji artykułu opisującego problem 51 tys. osób podpisało petycję w sprawie przywrócenia słomek plastikowych.

Sieć restauracji zużywa w Wielkiej Brytanii 1,8 mln słomek dziennie.

Źródło: The Guardian, *McDonald's to switch to paper straws in UK after customer campaign*, <https://www.theguardian.com/business/2018/jun/15/mcdonalds-to-switch-to-paper-straws-in-uk-after-customer-concern> (28.08.2019) oraz BBC, *McDonald's paper straws cannot be recycled*, <https://www.bbc.com/news/business-49234054> (28.08.2019).

CASE 2: KLĘSKA DZIAŁAŃ W RPA

W latach 90. plastikowe torby stały się tak wszechobecnym problemem w RPA, że zyskały prześmiewczy przydomek „narodowych kwiatów”. W 2003 roku rząd Republiki Południowej Afryki wprowadził zakaz dystrybucji cienkich toreb plastikowych, nakładając jednocześnie podatek na torby grubsze. Wynosił on 0,04 ZAR, czyli około 2 gr, i obejmował jedynie sektor spożywczy. Część przychodów z podatku miała trafić do Buyisae-Bag, organizacji non-profit, która zajmuje się promowaniem ograniczonego generowania odpadów i tworzeniem miejsc pracy w sektorze recyklingu. Po zaledwie 3 miesiącach, pod wpływem presji producentów, podatek został obniżony do 0,03 ZAR. Wprowadzeniu zmian nie towarzyszyła kampania informacyjna, co spowodowało, że po pewnym czasie konsumenci zaczęli uwzględniać w swoim budżecie zakupowym koszt reklamówek, a liczba sprzedawanych toreb wzrosła do poziomu sprzed wprowadzenia podatku. Podatek uderzył w najbiedniejszych, którzy stosują torby plastikowe do przenoszenia wszystkich dóbr, nie tylko zakupów, a zyskali na nim sprzedawcy, którzy za reklamówkę pobierają obecnie 0,35–0,75 ZAR (9–19 gr) przy podatku w wysokości 0,08 ZAR (około 2 gr). Do Buyisae-Bag trafiło dotychczas jedynie 13% zebranych pieniędzy, a społeczeństwo zaczyna kwestionować zasadność jakichkolwiek zmian²⁸.

ORGANIZACJE, STOWARZYSZENIA I PRODUCENCI PRZECIWKO PLASTIKOWYM ODPADOM

Nowe regulacje są często skutkiem nacisków, jakie na władze lokalne wywierają przede wszystkim proekologiczne stowarzyszenia i organizacje pozarządowe. Najbardziej znaną międzynarodową organizacją zajmującą się problemem plastikowych odpadów jest Greenpeace. Organizacja zachęca do popisania petycji skierowanej do największych producentów żywności: Nestle, Unilever, Coca-Cola, PepsiCo., Colgate, Danone, Johnson & Johnson i Mars, by te zaprzęstały produkcję jednorazowych opakowań plastikowych. Nawołuje również do działania – od tworzenia „plastikowego potwora” z plastikowych odpadów i dzielenia się jego zdjęciem w mediach społecznościowych, wysyłania listów do lokalnych sklepów w celu zmniejszenia dostępności plastikowych opakowań, po prowadzenie kampanii na rzecz usunięcia jednorazowego plastiku z lokalnych restauracji²⁹. WWF, czyli Światowy Fundusz na rzecz Przyrody, stworzył petycję, w której nawołuje ONZ do wprowadzenia regulacji o zasięgu światowym, zapobiegającej zaśmiecaniu oceanów przez plastikowe odpady pochodzenia lądowego do 2030 roku. Dokument podpisało już blisko 1 mln osób³⁰.

Problem dostrzegają również producenci plastiku i plastikowych opakowań. W 2017 roku Borealis, drugi największy w Europie i 8 na świecie producent poliolefin, wraz z SYSTEMIQ rozpoczął realizację Projektu STOP, który ma na celu pomóc miastom wprowadzić tani i efektywny system zarządzania odpadami³¹. Na początku 2019 roku powstało Alliance to End Plastic Waste (AEPW), stowarzyszenie zrzeszające zarówno największe, jak i małe przedsiębiorstwa z sektora plastików, takie jak Procter & Gamble, LyondellBasell, BASF czy Total. AEPW zebrało już 1 mld USD (z planowanych 1,5 mld), które przeznaczy na wspieranie projektów, takich jak projekt STOP, współpracę z organizacjami, takimi jak ONZ, inwestycje w infrastrukturę do zbierania, separacji i recyklingu odpadów oraz oczyszczanie zanieczyszczonych terenów z odpadów plastikowych³². Plastic Pollution Coalition, w skład której wchodzi ponad 750 organizacji, przedsiębiorstw i liderów z 60 krajów, zachęca do wprowadzania w życie zasady 4R: *refuse* (ang. odmawiaj [przyjmowania plastiku jednorazowego użytku]), *reduce* (ang. zmniejsz [zużycie tych produktów, które opakowane są w zbędny plastik]), *reuse* (ang. użyj ponownie), *recycle* (ang. recyklinguj). Fundacja Ellen MacArthur w 2018 roku rozpoczęła *Global Commitment* (ang. światowe zobowiązanie), angażujące ponad 400 przedsiębiorstw i organizacji, z których część odpowiedzialna jest

28 United Nations Environment, op.cit.

29 Greenpeace, *Stop single-use plastic!*, <https://www.greenpeace.org/southeastasia/act/stop-single-use-plastic/> (17.07.2019).

30 WWF, *No more plastic in nature*, <http://www.wwfca.org/en/stopplastic/> (17.07.2019).

31 Projekt STOP, *Frontline action to stop marine plastic pollution*, <https://www.stopoceanplastics.com/> (17.07.2019).

32 Alliance To End Plastic Waste, *The Alliance Launches Today*, <https://endplasticwaste.org/latest/the-alliance-launches-today/> (5.08.2019).

za 20% produkcji plastikowych opakowań. Wśród nich znajdują się m.in. Danone, H&M, L'Oréal, Mars, PepsiCo, The Coca-Cola Company, a działania wspierane są przez WWF, World Economic Forum i The Consumer Goods Forum. Celem zobowiązania jest wyeliminowanie z obiegu niepotrzebnego plastiku, zastosowanie innowacyjnych rozwiązań w projektowaniu opakowań plastikowych, dzięki którym będą one mogły zostać wykorzystane ponownie lub staną się łatwo recyklingowane, oraz cyrkulacja wszystkiego, co jest używane do 2025 roku³³.

| Stop petrochemii?

W walkę z plastikiem włączyły się również instytucje finansowe. Bank Światowy

ogłosił, że po 2019 roku przestanie finansować inwestycje w wydobycie ropy i gazu³⁴. Francuski gigant ubezpieczeniowy AXA Group i holenderski ING Group wycofują się z tych gałęzi przemysłu, które najbardziej wpływają na zmiany klimatu, a francuski BNP Paribas nie będzie finansował już projektów w segmencie ropy uznawanych za szkodzące środowisku³⁵. RBS (Royal Bank of Scotland) oraz HSBC zrezygnowały z inwestycji w projekty ukierunkowane na wydobycie ropy z piasków bitumicznych i z rejonów Arktyki³⁶. W ślad za nimi poszedł brytyjski Barclays³⁷. Finansowanie projektów z sektora ropy i gazu wiąże się nie tylko z pewnym stopniem niepewności dla inwestorów z uwagi na zmieniającą się politykę środowiskową, ale również z ostracyzmem społecznym. Raporty takie jak Banking on Climate Change

punktują wszystkie instytucje wspierające projekty bazujące na paliwach kopalnych, tworząc ranking „parszywej dwunastki”, czyli tych banków, które pożyczły najwięcej pieniędzy firmom z sektora, oraz „ścianę wstydu” dla najgorszych z najgorszych³⁸.

Czy w takim razie należy odejść w zupełności od stosowania plastiku lub nawet całej petrochemii? Zagadnienie to nie jest czarno-białe, a rezygnacja z petrochemikaliów przyniosłaby daleko idące skutki, których nie sposób przewidzieć na pierwszy rzut oka. Możliwe rozwiązania przedstawiono w kolejnej części raportu.

33 Ellen MacArthur Foundation, *New Plastics Economy Global Commitment*, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/GC-Report-June19.pdf> (5.08.2019).

34 The Guardian, *World Bank to end financial support for oil and gas extraction*, <https://www.theguardian.com/business/2017/dec/12/uk-banks-join-multinationals-pledge-come-clean-climate-change-risks-mark-carney> (1.08.2019).

35 Wall Street Journal, *Big Oil Investors Rethink Their Bets*, <https://www.wsj.com/articles/big-oil-investors-rethink-their-bets-1514992061> (9.08.2019).

36 Reuters, *RBS to stop financing new coal plants, oil sands or arctic oil projects*, <https://www.reuters.com/article/us-rbs-strategy-fossil-fuels/rbs-to-stop-financing-new-coal-plants-oil-sands-or-arctic-oil-projects-idUSKCN1IU155> (9.08.2019).

37 Global Trade Review, *Barclays to stop funding for new thermal coal, Arctic oil projects*, <https://www.gtreview.com/news/sustainability/barclays-to-stop-funding-for-new-thermal-coal-arctic-oil-projects/> (9.08.2019).

38 Banking on Climate Change, *Fossil Fuel Finance Report Card 2019*, <http://priceofoil.org/content/uploads/2019/03/Banking-on-Climate-Change-2019-final.pdf> (1.08.2019).

Część 2. Rozwiązania

NIE REZYGNUJMY Z POŻYTECZNYCH PRODUKTÓW, PRZESTAŃMY ŚMIECIĆ, WYKORZYSTAJMY ODPADY.

Czy można zastąpić plastik?

Używany przez nas na co dzień plastik może być zastąpiony innymi materiałami. W sektorze samochodowym można zastosować w jego miejsce m.in. metal, szkło czy tekstylia, a w sektorze opakowań – szkło, papier i metal. Zamiast plastikowej reklamówki możemy użyć papierowej lub tekstylnej torby, zamiast kupować dzieciom plastikowe zabawki możemy wybierać te z metalu i drewna, a restauracje i kawiarnie mogą podawać do napojów, w szklanych i ceramicznych kubkach, papierowe, metalowe lub słomiane słomki. Plastik można więc w wielu przypadkach zastąpić, lecz nie bez konsekwencji.

Jest on materiałem lekkim i wytrzymałym, dlatego stosunkowo niewielka

masa plastiku jest w stanie zaspokoić potrzeby konsumentów. Dla przykładu przedstawiono możliwości zastąpienia plastikowej butelki z wodą. 500 ml napoju przeciętnie pakowane jest w butelkę PET ważącą 9,9 g³⁹. Butelka szklana o takiej samej objętości będzie ważyła 330 g⁴⁰, czyli ponad 33 razy więcej, a półlitrowa puszka aluminiowa około 2-krotnie więcej⁴¹. Jeżeli plastikowe opakowania w segmencie napojów i lodu zastąpić alternatywnymi materiałami w proporcji takiej jak obecnie obserwowana na rynku, to każda tona plastiku zastąpiona byłaby przez miks:

- 400 kg metalu,
- 6,5 t szkła oraz
- 300 kg papieru i kartonu,

co oznacza, że 13 mln t plastikowych opakowań napojów zastąpione zostałyby przez blisko 94 mln t innych materiałów. Waga produktu i jego opakowania

przekłada się na środowiskowy koszt jego produkcji, transportu i utylizacji. Koszt środowiskowy każdej tony opakowań z miksu alternatywnych materiałów w tym przypadku jest o 30% niższy niż tony plastikowych butelek, jednak, żeby zaspokoić te same potrzeby, trzeba zużyć tych materiałów 7,3 razy więcej. Oznacza to, że końcowy koszt środowiskowy zastąpienia plastiku w segmencie opakowań napojów i lodu przez materiały alternatywne będzie 5,2 razy większy niż używanie plastiku jak dotychczas⁴².

Waga materiałów alternatywnych nie jest jedynym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę, rozważając wymianę plastiku na inne materiały. Są one przede wszystkim droższe w produkcji niż plastik. Przykładowo producent napoju ma obecnie średnią marżę na produkcie 10,5%. Zakładając, że ceny dla konsumenta końcowego nie wzrosną,

39 PET Resin Association, *Little-Known Facts about PET Plastic*, http://www.petresin.org/news_didyouknow.asp (26.07.2019).

40 Analiza własna na podstawie katalogów producentów (Vetropack, Brewcraft USA, BrewPac).

41 Australian Aluminium Council.

42 Trucost, op.cit.

Szacuje się, że zastąpienie jednorazowej torebki plastikowej torbą wielokrotnego użytku przynosi korzyść dla środowiska dopiero wtedy, gdy zostanie ona użyta przynajmniej 40 razy, w zależności od materiału. W wielu przypadkach ten cel nie zostaje osiągnięty, co pociąga za sobą odwrotne do zamierzonych skutki¹, a 4 na 10 razy konsumenci zapominają zabrać swoją torbę wielokrotnego użytku na zakupy².

Niezależne badania duńskiego Ministerstwa Środowiska i Żywności oraz brytyjskiej Agencji Ochrony Środowiska wskazują, że:

- 14³–37⁴ razy musi być użyta torba z polipropylenu, czyli „grubsza” torba plastikowa sprzedawana jako torba wielokrotnego użytku,
- 4³–43⁴ razy musi zostać użyta torba papierowa,
- 173³–7100⁴ razy musi zostać użyta torba bawełniana,

żeby koszt środowiskowy zrównał się z kosztem zastosowania toreb jednorazowych, które są powtórnie wykorzystywane, głównie jako worki na śmieci*.

* W badaniach duńskiego Ministerstwa Środowiska i Żywności 100% jednorazówek zostało wykorzystane jako worki na śmieci, natomiast badania brytyjskiej Agencji Ochrony Środowiska zakładają powtórne użycie torby, z czego 40,3% jako worka na śmieci.

1 S.D. Kominers, *People Make It So Hard to Ditch Plastic Straw*, https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2019-07-15/people-make-it-so-hard-to-ditch-plastic-straw-s?utm_source=whatsapp&utm_medium=msg&utm_campaign=whatsapp (17.07.2019).

2 Clemson University, *Life Cycle Assessment of Grocery Bags in Common Use in the United States*, https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=cudp_environment (1.08.2019).

3 Environment Agency, *Life cycle assessment of supermarket carrier bags: a review of the bags available in 2006*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291023/scho0711buan-e-e.pdf (1.08.2019).

4 Ministry of Environment and Food of Denmark, Environmental Protection Agency, *Life Cycle Assessment of grocery carrier bags*, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2018/02/978-87-93614-73-4.pdf> (1.08.2019).

a zmieni się opakowanie produktu, jego marża spadnie do -0,2%. Brak plastiku jeszcze mocniej odczuliby producenci zabawek. Ich obecna 4,6% marża spadłaby do -24,8%, co oznacza, że, aby utrzymać swoje przychody, producenci musieliby podnieść cenę zabawek o około 1/4⁴³.

Obecnie za około połowę szkód środowiskowych spowodowanych przez plastik odpowiada emisja gazów cieplarnianych, natomiast sama produkcja plastiku nie jest głównym źródłem emisji. Najbardziej emisyjny jest sektor energetyczny, który w 2017 roku uwolnił do atmosfery 38% CO₂. Cały przemysł emituje 28% CO₂, a na trzecim miejscu znajduje się sektor transportowy z 24% udziałem⁴⁴. Znacznym emitorem jest również przemysł mięsny. Jest on odpowiedzialny za 14,5% światowej emisji antropogenicznych, czyli wytworzonych przez człowieka, gazów cieplarnianych⁴⁵.

Plastik może pomóc w zmniejszeniu emisji z tych sektorów.

CASE 1: CO BY SIĘ STAŁO, GDYBY PLASTIK ZNIKNAŁ Z TRANSPORTU?

W 2015 roku przemysł samochodowy zużył 6,5 mln t plastiku. Zastąpienie plastikowych części wiązałoby się z użyciem 14,8 mln t innych materiałów, czyli 2–3 razy więcej. Gdyby sama tylko Ameryka Północna wymieniła wszystkie plastikowe części na materiały alternatywne w samochodach produkowanych w jednym roku, sumaryczne zużycie paliwa przez te samochody w czasie ich użytkowania wzrosłoby o 336 mln l. Jednocześnie należy zaznaczyć, że cała Ameryka Północna posiada jedynie 16% udziałów w rynku samochodowym⁴⁶. Proste przeliczenie

wskazuje na to, że zastąpienie tylko w jednym roku plastiku w produkcji samochodów będzie skutkowało wzrostem zużycia paliw płynnych o 2,1 mld l, co stanowi równowartość paliwa zużywanego przez całe Stany Zjednoczone w ciągu blisko 1,5 roku⁴⁷.

CASE 2: CO BY SIĘ STAŁO, GDYBY PLASTIK ZNIKNAŁ Z OPAKOWAŃ PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH?

Średnio co trzeci produkt spożywczy jest marnowany. Najwięcej wyrzuca się jedzenia w krajach rozwiniętych. W Europie i Ameryce Północnej każdy konsument wyrzuca średnio 95–115 kg jedzenia rocznie, podczas gdy w krajach rozwijających się marnuje się 6–11 kg na osobę⁴⁸.

43 Trucost, op.cit.

44 BP Energy Outlook 2019, <http://www.bp.com/energyoutlook> (18.07.2019).

45 Food and Agriculture Organization in the United Nations, *Key facts and findings, GHG emissions by livestock*, <http://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/> (29.08.2019).

46 Trucost, op.cit.

47 EIA, *How much gasoline does the United States consume?*, <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=23&t=10> (9.08.2019).

48 Food and Agriculture Organization in the United Nations, op.cit.

W Europie co roku wyrzuca się 88 mln ton pożywienia, a około 60% marnowanego jedzenia w gospodarstwach domowych wynika z krótkiego czasu przydatności do spożycia⁴⁹. Produkcja nadmiarowego jedzenia nie pozostaje jednak bez wpływu na środowisko. Emisja gazów cieplarnianych z rolnictwa stanowi 9% i 10% całej emisji odpowiednio w Stanach Zjednoczonych i Europie⁵⁰. Stosowanie opakowań plastikowych pozwala na dłuższe zachowanie świeżości produktów spożywczych. Przykładem produktu sprzedawanego zarówno w opakowaniach plastikowych, jak i bez nich jest ser żółty. Emisja gazów cieplarnianych związana z opakowaniem sera w przypadku zakupu 150 g „na wagę” wynosi 18 g CO₂, natomiast w przypadku gotowego opakowania plastikowego – 45 g CO₂. Badania pokazują jednak, że emisja związana z marnotrawstwem sera w pierwszym przypadku wynosi przeciętnie 71 g CO₂, podczas gdy w drugim jedynie 2 g CO₂. W przypadku sera żółtego średni koszt środowiskowy okaże się niższy, gdy ser będzie „fabrycznie” zapakowany⁵¹.

| Koszt zastąpienia plastiku

Przedstawione przykłady pokazują, że plastiki w samochodach, zabawkach, opakowaniach napojów i produktów spożywczych, a nawet osławionych torbach na zakupy wydają się chwilowo niezastąpione. Szersze badania, w których wzięto pod uwagę nie tylko pojedyncze produkty, lecz także całe sektory, przynoszą podobne wnioski. Zastąpienie plastiku w sektorach: spożywczych, używek, mebli, tekstyliów, obuwia, produktów codziennego użytku, medycznym i farmaceutycznym,

AGD i RTV, kosmetycznym, samochodowym, sportowym, zabawek oraz w sprzedaży detalicznej, restauracjach i barach alternatywnymi materiałami naturalnymi przyniesie więcej szkody niż pożytku. Mimo że przeciętnie tona materiałów alternatywnych, która mogłaby zastąpić plastik we wszystkich wymienionych sektorach, spowoduje w środowisku o 8% mniejsze szkody niż tona plastiku (1 558 USD amerykańskich kosztu środowiskowego za tonę materiałów alternatywnych w stosunku do 1 654 USD za tonę plastiku), to podobnie jak w przypadku opakowań na napoje oraz innych materiałów będziemy musieli zużyć jej więcej. Globalnie będzie to aż 4,1 razy więcej, więc środowisko ucierpi 3,8 razy bardziej. Kosz środowiskowy rezygnacji z plastiku to aż 533 mld USD rocznie w porównaniu z obecnie przeznaczanymi na ten cel 139 mld USD.

Jak na razie nie istnieje dobra alternatywa dla samego plastiku, lecz pojawiają się odpowiedniki kopalnego wsadu służącego do ich produkcji.

| Czy można zastąpić petrochemię?

Zamiast zastępować plastikowy produkt końcowy możemy zastąpić wsad bioalternatywą. Oznacza to, że zamiast produkować etylen z nafty, a naftę wydzielając z ropy naftowej, wyprodukujemy go np. z bioetanolu, który powstanie z biomasy lub biodegradowalnej części odpadów. Dodatkowo energię potrzebną do przeprowadzenia procesów fizyko-chemicznych możemy czerpać z odnawialnych źródeł energii zamiast spalać gudron (gudron to ciężka pozostałość po procesie rafinacji

Produkcja 1 kg wołowiny emituje 67,8 kg gazów cieplarnianych (w przeliczeniu na CO₂)¹, co czyni ją jednym z najdroższych pod względem środowiskowym produktów spożywczych. Standardowe opakowanie wołowiny składa się z polistyrenowej tacki i plastikowej folii. Zastąpienie ich kompozytem plastikowym pozwala na wydłużenie okresu przydatności do spożycia o 6–16 dni, co zmniejsza marnotrawienie pożywienia o blisko połowę².

1 Food and Agriculture Organization in the United Nations, *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment*, <http://www.fao.org/3/i3461e/i3461e03.pdf> (1.08.2019).

2 Trucost, op.cit.

Koszty środowiskowe to koszty związane z występującym lub potencjalnym pogorszeniem zasobów naturalnych na skutek działalności gospodarczej.

Źródło: OECD, *Glossary*, <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=819> (28.08.2019).

ropy naftowej). Wówczas produkt końcowy, na przykład polietylen, będzie miał dokładnie takie same właściwości jak polietylen produkowany z ropy, natomiast do jego produkcji nie zostanie użyte źródło kopalne, takie jak ropa naftowa czy gaz ziemny.

Inną możliwością jest użycie węgla jako surowca. Obecnie instalacje CTC (ang. *coal to chemicals*, czyli produkcji chemikaliów z węgla) coraz częściej pojawiają się w Chinach, jednak taka produkcja charakteryzuje się większym śladem węglowym niż produkcja z ropy czy gazu ziemnego. Emisja CO₂ na każdą tonę olefin w przypadku użycia węgla jest 5-krotnie większa niż w przypadku użycia nafty⁵².

49 Komisja Europejska, *Periodic Reporting for period 1 - Fresh Solutions (Fresh Solutions – A fresh approach to food packaging)*, <https://cordis.europa.eu/project/rcn/210402/reporting/fr> (1.08.2019).

50 United States Environmental Protection Agency, *Sources of Greenhouse Gas Emissions*, <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> (1.08.2019) oraz Eurostat, *Agri-environmental indicator – greenhouse gas emissions*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_greenhouse_gas_emissions (1.08.2019).

51 B. Wohner, E. Pauer, V. Heinrich, M. Tacker, *Packaging-Related Food Losses and Waste: An Overview of Drivers and Issues*, <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/264/pdf> (1.08.2019).

52 Q. Zhang, S. Hu, D. Chen, *A comparison between coal-to-olefins and oil-based ethylene in China: An economic and environmental prospective*, <https://www.columbiariverkeeper.org/sites/default/files/2018-12/Exh.%205%20Qun%20et.%20al.%202017%20%281%29.pdf> (7.08.2019).

Czym jest bioplastik?

Plastik pochodzenia biologicznego

– plastik produkowany z wsadu pochodzenia roślinnego lub innego wsadu biologicznego, zazwyczaj produkowany ze skrobi, celulozy i ligniny. Często nazywany jest bioplastikiem, jednak należy pamiętać, że określenie „bio” dotyczy jedynie pochodzenia wsadu, natomiast niekoniecznie znajduje ono odzwierciedlenie w mniejszym negatywnym wpływie na środowisko.

Plastik biodegradowalny

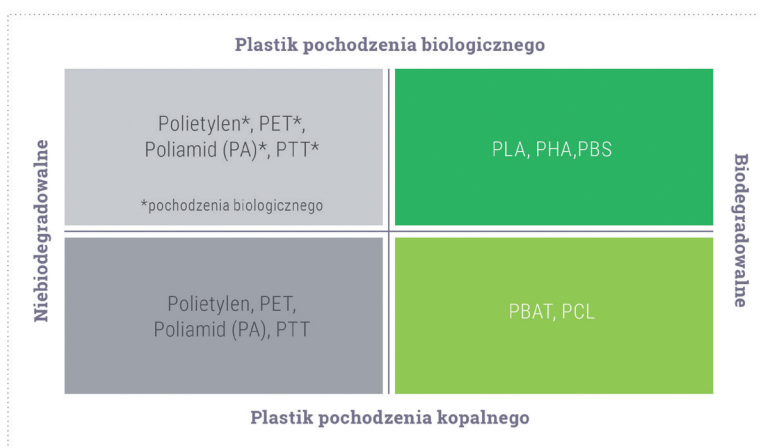
– plastik, który rozkłada się po upływie określonego czasu. Biodegradowalny może być plastik pochodzenia zarówno biologicznego, jak i kopalnego.

Plastik kompostowalny

– plastik, który rozkłada się w warunkach przemysłowego kompostowania oraz spełnia normę EN13432 (lub inne, porównywalne normy), która zakłada, że plastik kompostowalny ma 12 tygodni na to, by w odpowiednich warunkach się rozłożyć. Nie każdy plastik biodegradowalny jest kompostowalny, natomiast każdy plastik kompostowalny ulega biodegradacji.

Nie każdy plastik pochodzenia biologicznego jest biodegradowalny i nie każdy plastik biodegradowalny jest pochodzenia biologicznego.

Przykłady plastików w podziale na źródło wsadu i biodegradowalność



Źródło: WRAP, *Understanding plastic packaging and the language we use to describe it*, <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Understanding%20plastic%20packaging%20FINAL.pdf> (6.08.2019).

Bioplastiki

Skoro zastąpienie plastiku innymi materiałami nie przyniesie zamierzonych skutków, można wymienić petrochemiczny wsad do produkcji plastiku na wsad pochodzenia biologicznego – wówczas otrzymamy tzw. bioplastiki.

Ocena cyklu życia plastików pochodzenia biologicznego pokazuje, że w większości przypadków mają one mniejszy lub nawet ujemny wpływ na postępowanie globalnego ocieplenia. Z reguły produkcja bioplastiku powoduje również mniejsze zanieczyszczenie smogiem i wymaga zużycia mniejszej ilości zasobów kopalnych⁵³. Szczególnie korzystna dla klimatu jest produkcja ze słomy kukurydzianej

plastiku PHA (polihydroksyalkanianów), czyli biodegradowalnych polimerów pochodzenia biologicznego o właściwościach podobnych do polipropylenu. PHA może być produkowane z ujemnym śladem węglowym, czyli w sposób, w który gazy cieplarniane są pobierane ze środowiska, a nie emitowane. Badanie LCA wskazuje jednak, że produkowanie PHA z ziaren kukurydzy, a nie słomy, wyemituje

⁵³ M.D. Tabone, J.J. Cregg, E.J. Beckman, A.E. Landis, *Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers*, http://www.news.pitt.edu/sites/default/files/documents/TaboneLandis_etal.pdf (6.07.2019).

przeciętnie więcej CO₂ niż ropopochodny poli-propylen. Nie można więc powiedzieć, że PHA jest „lepsze” lub „gorsze” od polipropylenu, bo wszystko zależy od procesu produkcyjnego.

Okazuje się też, że plastiki pochodzenia biologicznego mogą być bardziej szkodliwe dla środowiska od ich konwencjonalnych odpowiedników, uzyskiwanych z węglowodorów kopalnych, nie tylko pod względem emisji. Przede wszystkim produkcja bioplastików wymaga zwiększonego użycia ziem uprawnych oraz większego nawożenia. Dodatkowe nawożenie skutkuje zwiększoną eutrofizacją gleb i wód (czyli niechcianym wzbogacaniem w pierwiastki biogenne) oraz może przyczynić się do zakwaszenia środowiska⁵⁴. Obecnie produkcja biopolimerów wymaga zużycia około 0,01% ziem uprawnych dostępnych na całym świecie, a wymiana wszystkich plastików na te pochodzenia biologicznego wymagałaby zwiększenia arealu od 0,6% do 4,4%. W 2020 roku wiązałyby się do dodatkowo z wykorzystaniem od 8% do 61% jeszcze niewykorzystanych ziem uprawnych. Do produkcji plastików pochodzenia biologicznego potrzebna jest zwiększona ilość wody w porównaniu z plastikami pochodzenia kopalnego. W 2016 roku ilość wody (liczona jako ślad wodny) zużyta przez bioplastiki wyniosła 7,72 mld m³, czyli niecałe 0,1% całkowitego światowego zużycia wody w danym roku. Wymiana wszystkich plastików na ich bioodpowiedniki spowodowałaby wzrost zużycia wody o 307–1652 mld m³ rocznie, co przełożyłoby się na globalny wzrost zużycia o 3–18%⁵⁵. Jednymi słowy, negatywne efekty klimatyczne i środowiskowe nie zostają w ten sposób wyeliminowane, lecz pojawiają się w innych obszarach. Ilustrują to poniższe przykłady.

CASE 1: OPAKOWANIE Z POLIETYLENOWEJ FOLII

W tym badaniu porównane zostały metodą oceny cyklu życia dwa 30-gramowe opakowania z folii polietylenowej. Jedno z nich

wyprodukowane było w Niemczech z ropy pochodzenia kopalnego, drugie – z trzciny cukrowej w Brazylii. Oba materiały przetransportowane zostały do Niemiec i tam użyte. W przypadku, gdy transport z Brazylii do Niemiec miał wpływ na wynik, zostało to odnotowane.

Z badania wynika, że:

- biopolietylen ma ponad 10-krotnie mniejszy wpływ na zmianę klimatu niż konwencjonalny polimer;
- zużycie zasobów kopalnych w przypadku materiału pochodzenia biologicznego jest ujemne (czyli podczas procesu produkcyjnego powstają zasoby kopalne), podczas gdy do produkcji polietylenu tradycyjną metodą potrzeba blisko 0,03 kg ropy na m² folii;
- materiał konwencjonalny przyczynia się do generowania ponad 4-krotnie większego smogu w okresie letnim.

Z drugiej strony:

- biopolimer przyczynia się w większym stopniu do zakwaszenia środowiska (w tym zakwaszenia oceanów), nawet gdy nie zostanie wzięty pod uwagę transport polimeru z Brazylii do Niemiec;
- polietylen produkowany z trzciny cukrowej oddziałuje 3-krotnie silniej na eutrofizację gleb niż polimer konwencjonalny (ponad 2,5 razy silniej, gdy efekt transportu polimeru nie będzie wliczony);
- podczas gdy tradycyjny polietylen nie wpływa na eutrofizację wód, każdy m² folii bio-PE powoduje uwalnianie do wód około 0,075 g fosfatów odpowiedzialnych za nadmierne nawożenie gleb;
- emisja cząstek PM10, czyli niebezpiecznych dla człowieka zawieszonych w powietrzu cząstek stałych o średnicy nie większej niż 10 μm, jest 6-krotnie większa w przypadku biopolimeru niż polimeru konwencjonalnego;
- zużycie ziemi uprawnej do produkcji trzciny cukrowej to około 0,085 m² na m² folii, podczas gdy produkcja polietylenu z ropy nie wymaga użycia ziemi uprawnej;

Ocena cyklu życia (LCA, ang. *life cycle assessment*) jest procesem oceny efektów, jakie dany wyrób wywiera na środowisko podczas całego okresu użytkowania poprzez wzrost efektywnego zużycia zasobów i zmniejszenie obciążeń środowiskowych (ang. *liabilities*). Może ona dotyczyć zarówno samego wyrobu, jak i przypisanej mu funkcji. LCA jest traktowane jako „analiza od kołyski do grobu” (ang. *from cradle to grave*).

Źródło: UNEP.

- zużycie energii jest ponad 4-krotnie większe w przypadku biopolimeru;
- zużycie wody jest blisko 30-krotnie większe w przypadku produkcji z trzciny cukrowej.

Konkludując: bio-PE nie może być uznany za lepszy bądź gorszy środowiskowo od jego konwencjonalnego odpowiednika⁵⁶.

CASE 2: PLASTIKOWA MISECZKA

W tym badaniu porównane zostały metodą oceny cyklu życia dwie 15-gramowe miski z zamknięciem. Jedna z nich była wyprodukowana z polistyrenu uzyskanego z ropy naftowej, druga – z PLA. PLA, czyli kwas polimlekowy, otrzymywany jest z kwasu mlekowego, a ten z produktów rolnych, głównie kukurydzy i buraków cukrowych. Trwają prace nad produkcją kwasu mlekowego na dużą skalę z wsadów pochodzenia biologicznego niebędących możliwym źródłem pożywienia. W badaniu wzięto pod uwagę produkcję zarówno z buraka cukrowego, jak i z niejadalnej lignocelulozy. Uwzględniono również potencjalne zastosowanie usprawnień w procesie produkcji kwasu mlekowego w scenariuszach „przyszłych”.

Okazuje się, że:

- polistyren przyczynia się w większym stopniu do zmian klimatu niż PLA we wszystkich scenariuszach – różnica wynosi około 20–50%;

⁵⁴ Ibidem.

⁵⁵ R.E. Putri, *The water and land footprint of bioplastics*, <https://www.utwente.nl/en/et/wem/education/msc-thesis/2018/putri.pdf> (6.08.2019).

⁵⁶ Umweltbundesamt, *Study of the Environmental Impacts of Packagings Made of Biodegradable Plastics*, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4446.pdf> (6.08.2019).

- produkcja miseczki z polistyrenu wymaga zużycia maksymalnie 4-krotnie większej ilości zasobów kopalnych niż jej odpowiednik z PLA;
- opakowanie z polistyrenu generuje 5–10 razy więcej smogu w okresie letnim niż miseczka z PLA;
- produkcja polistyrenowej miski wymaga zużycia większej ilości energii w porównaniu z technologią „przyszłych” produkcji PLA, natomiast różnica w przypadku technologii obecnych jest niewielka.

Z drugiej strony:

- miska z PLA produkowana technologią „dzisiejszą” zakwasi środowisko przynajmniej 2-krotnie bardziej niż miska z polistyrenu; technologia „przyszła” i użycie lignocelulozy może pomóc zmniejszyć zakwaszenie o około 10%;
- zarówno eutrofizacja ziemi, jak i wód jest zawsze większa w przypadku biopolimerów; wzbogacanie ziem w pierwiastki biogenne jest do 2 razy większe w przypadku miski z PLA niż jej odpowiednika wykonanego z polistyrenu; używanie wód jest pomijalne w przypadku polistyrenu, niewielkie w przypadku lignocelulozy i duże (około 45 g fosfatów na 1000 misek) w odniesieniu do PLA z buraka cukrowego;
- emisja cząstek PM10 jest największa w przypadku produkcji miski z PLA metodami „dzisiejszymi”, a najmniejsza przy zastosowaniu metod „przyszłych”; oznacza to, że obecnie miska z polistyrenu emituje mniej PM10, istnieje natomiast szansa, że w przyszłości ta hierarchia się odwróci;
- ziemia uprawna używana jest tylko w przypadku produkcji miseczki z buraka cukrowego – na 1000 misek potrzebne jest 15–16 m² ziemi;
- obecnie stosowanie miski z polistyrenu wymaga użycia ponad 5 razy więcej wody niż w przypadku miski z PLA;

w przyszłości polistyren będzie wciąż najbardziej korzystny, jednak różnica się zmniejszy.

Podsumowując: obecnie miska z polistyrenu nie jest gorsza bądź lepsza niż miska z PLA. W przyszłości, jeżeli spełnią się założenia dotyczące technologii produkcji kwasu mlekowego, produkcja misek z PLA będzie miała mniejszy negatywny wpływ na środowisko⁵⁷.

| Nawozy (nie)sztuczne

Wraz ze wzrostem populacji rosnąć będzie zapotrzebowanie na żywność. Oprócz wzrostu populacji na ilość potrzebnych plonów w przyszłości wpłyną również zwiększenie produkcji biopaliw i biomateriałów oraz wzrost przeciętnego spożycia mięsa, głównie w krajach rozwijających się. W 1970 roku spożycie mięsa na osobę wynosiło 26 kg rocznie. W 2000 roku było to już 37 kg, podczas gdy w 2050 roku wzrośnie ono najprawdopodobniej do 44 kg⁵⁸. Jednocześnie na całym świecie 1 na 9 osób jest niedożywiona, a liczba osób bez odpowiedniego dostępu do żywności po raz pierwszy od dekad zaczęła rosnąć. Dodatkowo kolejne 1,3 mld osób nie ma regularnego dostępu do wystarczającego i bogatego w składniki odżywcze jedzenia⁵⁹. Zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego będzie wymagało dostarczenia wielu różnych produktów rolnych, w tym przede wszystkim trzech zbóż: ryżu, pszenicy i kukurydzy. Obecnie zajmują one 58% areału uprawnego i dostarczają połowę wartości kalorycznej, a ich produkcja na tak dużą skalę nie byłaby możliwa bez nawożenia. Badania wskazują, że użycie nawozów azotowych zwiększa plon kukurydzy o blisko 70%, ryżu – o 38%, a pszenicy o 19%. Bez odpowiedniego nawożenia świat

produkowałby o połowę mniej głównych produktów rolnych⁶⁰.

CASE 1: POMIDOR

W tym badaniu sprawdzono wpływ środowiskowy nawożenia kompostem przydomowym, przemysłowym i nawozami mineralnymi na produkcję pomidora w ciągu roku. Plon pomidora przy użyciu nawozów mineralnych wyniósł 37,6 t z ha i był o 5% większy niż w przypadku zastosowania przemysłowego kompostu i o 1/3 przewyższał zbiory po nawożeniu kompostem domowym. Najlepszy dla środowiska w badanym roku okazał się kompost domowy, który w każdej analizowanej kategorii, oprócz zakwaszenia ziemi, był lepszy zarówno od kompostu przemysłowego, jak i nawozów mineralnych. W przypadku tych dwóch, nawóz mineralny miał większy wpływ na zmianę klimatu, eutrofizację wód oraz zużycie zasobów kopalnych, natomiast przemysłowy kompost wymagał zastosowania większej ilości energii oraz o 25% bardziej przyczynił się do zubożenia warstwy ozonowej⁶¹. W badaniu nie uwzględniono, jak zwiększyłby się wpływ poszczególnych nawozów na środowisko, gdyby przeliczono go na 1 t pomidora, a nie na rok. Szacunkowo nawóz mineralny wypadłby wówczas porównywalnie nawet z kompostem przydomowym w kategoriach zużycia energii, wpływu na warstwę ozonową i eutrofizacji wód słodkich oraz zużycia paliw kopalnych. Dwie kategorie, w których nawóz mineralny zawsze przegrywa, to wpływ na zmianę klimatu i eutrofizacja wód słonych.

Podsumowując: kompost przydomowy jest, z punktu widzenia środowiska, najlepszym nawozem dla pomidora, jednak z uwagi na jego niewielki wolumen produkcji nie może on zastąpić nawozów sztucznych.

57 Ibidem.

58 W.M. Stewart, T.L. Roberts, *Food Security and the Role of Fertilizer in supporting it*, <https://core.ac.uk/download/pdf/82098360.pdf> (7.08.2019).

59 Food and Agriculture Organization in the United Nations, *State of Food Security Nutrition*, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/> (9.08.2019).

60 W.M. Stewart, T.L. Roberts, op.cit.

61 R. Quiros, G. Villalba, X. Gabarrell, P. Munoz, *Life cycle assessment of organic and mineral fertilizers in a crop sequence of cauliflower and tomato*, <http://www.bioline.org.br/pdf?st15310> (9.08.2019).

CASE 2: KALAFIOR

W tym badaniu sprawdzono wpływ środowiskowy nawożenia kompostem przydomowym, przemysłowym i nawozami mineralnymi na produkcję kalafiora w ciągu roku. Plon kalafiora przy użyciu nawozów mineralnych wyniósł 8,6 t z ha i był o 25% większy niż w przypadku zastosowania przemysłowego kompostu i blisko 2-krotnie przewyższał zbiory po nawożeniu kompostem domowym. Podobnie jak w przypadku pomidora, najlepszy dla środowiska okazał się domowy kompost – we wszystkich kategoriach oprócz eutrofizacji gleb.

Nawóz mineralny:

- wpływa na zmianę klimatu bardziej niż nawozy organiczne, a w niektórych przypadkach może mieć ujemny wpływ na postępowanie globalnego ocieplenia;
- zawsze słabiej oddziałuje na zakwaszenie gleb;
- ma nieznaczny wpływ na eutrofizację mórz i oceanów, podczas gdy nawozy organiczne pomagają zmniejszyć ilość azotu w wodach słonych;
- w przeliczeniu na 1 t plonu zużyje mniej energii niż kompost;
- mniej niż kompost przemysłowy, ale bardziej niż kompost domowy wpływa na zubożenie warstwy ozonowej;
- w przypadku oceny rocznej podobnie oddziałuje na eutrofizację wód słodkich jak kompost oraz słabiej w przeliczeniu na 1 t produktu;
- wymaga zużycia większej ilości zasobów kopalnych niż kompost przemysłowy w przypadku oceny rocznej oraz porównywalnie w przeliczeniu na 1 t produktu⁶².

Podsumowując: kompost przydomowy jest, z punktu widzenia środowiska, najlepszym nawozem dla kalafiora, jednak z uwagi na niewielki wolumen produkcji tego nawozu nie może on zastąpić nawozów sztucznych.

Dostępne technologie produkcji biokomponentów, bioplastików i bionawozów na szeroką skalę nie są środowiskowo lepsze od metod konwencjonalnych. Zastąpienie źródeł kopalnych jako surowca do produkcji petrochemii nie zmniejsza negatywnego wpływu na środowisko, lecz przenosi je z klimatu na glebę i wodę. Największym problemem petrochemii kopalnej jest jej emisyjność, czyli właśnie wpływ na klimat, który można jednak ograniczyć dzięki zastosowaniu istniejących już technik.

Zrównoważony rozwój petrochemii lepszy niż jej zastępowanie?

Wpływ petrochemii na środowisko można ograniczyć na każdym etapie „życia” produktu: od wydobycia ropy lub gazu, przez wytworzenie produktu końcowego, po użytkowanie i utylizację.

WYDOBYCIE

Wpływ produkcji petrochemicznej na środowisko zaczyna się w momencie poszukiwań złóż ropy i gazu. Po wybraniu obszaru, który wydaje się najbardziej korzystny, i przeprowadzeniu wizji lokalnej zaczynają się badania sejsmiczne terenu. Jeżeli zidentyfikowane struktury geologiczne wydadzą się obiecujące, zaczynają się wiercenia poszukiwawcze, a w przypadku ich powodzenia, wykonuje się więcej odwiertów, by ustalić wielkość pola naftowego. Gdy wielkość złoża zostanie określona, przeprowadza się nawet setki większych odwiertów. Ropa naftowa początkowo, pod wpływem różnicy ciśnień, wypływa na powierzchnię, skąd kierowana jest do separatora, w którym ropa, gaz i woda są rozdzielane. W późniejszych etapach eksploracji złoża pompowanie ropy jest wymagane. Wykorzystuje się w tym celu media, głównie wodę

A co z wodą?

Do produkcji 1 baryłki ropy zużywa się średnio 635 l wody. Podobna ilość wody potrzebna jest do wyprodukowania 3 filiżanek kawy*.

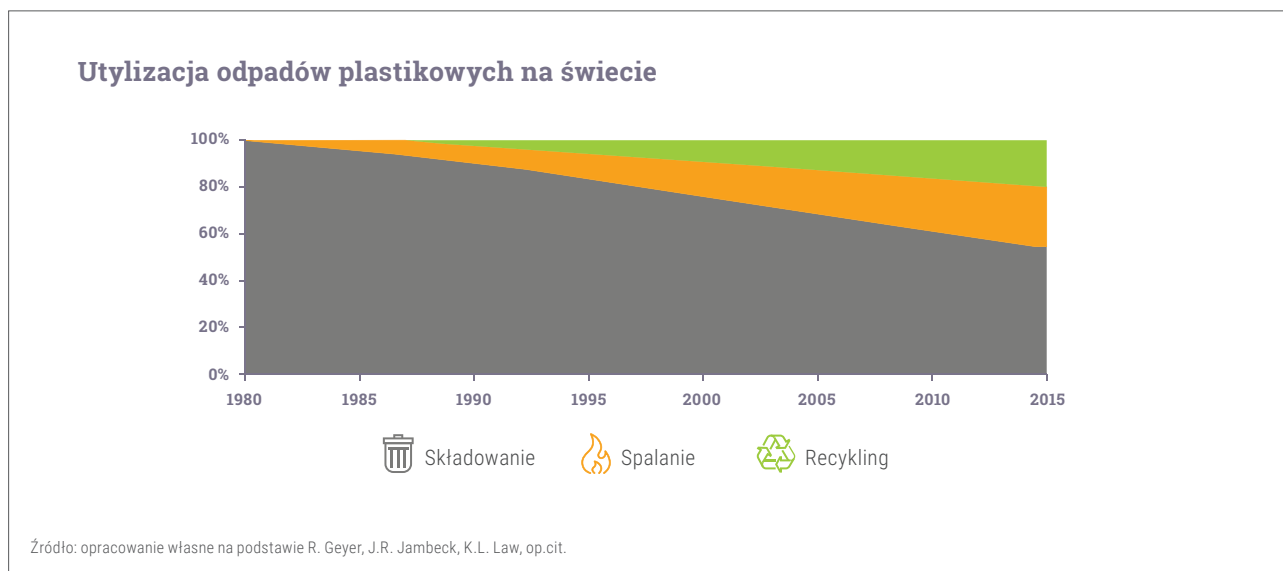
* Większość wody zużywana jest do uprawy ziaren kawy.

Źródło: CNBC & Total, *Five barrels of water for one barrel of oil*, <https://www.cnbc.com/advertorial/2017/11/13/five-barrels-of-water-for-one-barrel-of-oil.html> (18.07.2019).

oraz chemikalia. Coraz częściej jednak na potrzeby podniesienia ciśnienia w złożu o szybko opadającej krzywej produkcyjnej stosuje się CO₂ w procesie zwanym sekwestracją. CO₂ zatłaczane jest wówczas głęboko pod ziemię i nie tylko poprawia parametry produkcyjne i finansowe, ale pozwala też na uwięzienie CO₂ pod ziemią (ang. *carbon capture storage*). Ograniczeniem w przypadku tej technologii jest fakt, że można ją stosować tylko w miejscach o określonych parametrach geologicznych. Po 20–40 latach wyeksploatowane złożo jest zamykane. Wiąże się to z zaburzeniem budynków oraz przywróceniem odpowiednich warunków środowiskowych fauny i flory, a także z poniesieniem pewnego kosztu środowiskowego i społecznego (np. przesiedlenie, hałas, zmiana terenu)⁶³. Badania przeprowadzone w 2015 roku obejmujące około 98% światowej produkcji ropy naftowej wskazują, że średnia emisja gazów cieplarnianych z produkcji 1 baryłki ropy i kondensatu wynosi 61,8 kg CO₂. Największą wartość odnotowano pod tym względem w Algierii, Wenezueli i Kamerunie, najmniejszą natomiast w Danii, Arabii Saudyjskiej i Bahrajnie. Badanie wykazało również związek między stosowaniem flar (pochodni, w których spalany jest gaz o parametrach niespełniających wymagań rynkowych) oraz wentylacji (bezpośrednim uwalnianiu gazu, głównie metanu do środowiska) i emisją CO₂. Szacuje się, że 22% całkowitej emisji gazów cieplarnianych z wydobycia ropy i gazu pochodzi właśnie z flar. Większą emisyjność wykazuje również wydobycie rop ciężkich oraz z wyczerpujących

62 Ibidem.

63 E&P Forum and UNEP, *Environmental management in oil and gas exploration and production*, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8275/-Environmental%20Management%20in%20Oil%20&%20Gas%20Exploration%20&%20Production-19972123.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (7.07.2019).



się złożyć z uwagi na większe zużycie energii. Badania wskazują, że wprowadzenie limitów dotyczących wentylacji (równych poziomowi średnich emisji obserwowanych na norweskich polach naftowych w 2015 roku) oraz spalania we flarach (brak spalania rutynowego, tylko w przypadku awarii) doprowadzi do zmniejszenia średniej emisji o 30–43%. Kolejne 5 kg gazów cieplarnianych z każdej baryłki ropy może nie zostać wyemitowane, gdy zamiast paliw kopalnych do zasilania wydobycia użyta zostanie energia odnawialna. Takie rozwiązanie zostało już zastosowane w Omanie i Kalifornii⁶⁴. Sumaryczne zmniejszenie emisji z wydobycia ropy naftowej i gazu przy zastosowaniu istniejących już technologii może sięgać ponad 50%.

PRODUKCJA

Zmniejszenie emisji z wydobycia ropy i gazu nie jest jedynym sposobem ograniczenia wpływu petrochemii na środowisko. Najprostsze rozwiązanie polega na zastosowaniu w procesie produkcji energii ze źródeł niskoemisyjnych. Blisko połowa emisji gazów cieplarnianych, 12% kosztu

środowiskowego zanieczyszczenia wód i lądów oraz 86% kosztu środowiskowego zanieczyszczenia powietrza powstałych przy produkcji plastiku wynika ze zużycia energii elektrycznej, głównie ze spalania surowców kopalnych. Szacuje się, że jeżeli producenci plastików zwiększyliby udział niskoemisyjnej energii w całkowitym zużyciu energii dwukrotnie, to pełny koszt środowiskowy plastiku (od wydobycia do utylizacji) spadłby o 5%. Przy hipotetycznym scenariuszu zakładającym bezwzględne przejście na źródła niskoemisyjne plastik stałby się o 1/4 mniej szkodliwy⁶⁵.

Dodatковым sposobem na zmniejszenie emisyjności plastiku, a więc wpływu na zmiany klimatu, są technologie wychwytu CO₂. Zaliczamy do nich CCS (ang. *carbon capture and storage*), czyli wychwyt i przechowywanie CO₂, oraz CCU (ang. *carbon capture and utilization*), czyli wychwyt i przerób CO₂. Dwutlenek węgla w połączeniu z wodorem może być stosowany do produkcji węglodorów, a w przyszłości – na szeroką skalę – również w wytwarzaniu petrochemikaliów. Zastosowanie wychwytu CO₂ pozwala wyeliminować emisję tego związku do atmosfery,

a w połączeniu z zastosowaniem energii ze źródeł odnawialnych – rozpocząć produkcję niskoemisyjnych produktów petrochemicznych. Obecnie na świecie prowadzone jest 18 projektów z zakresu wychwytu CO₂, które pozwolą na wyeliminowanie 40 mln t CO₂ rocznie⁶⁶.

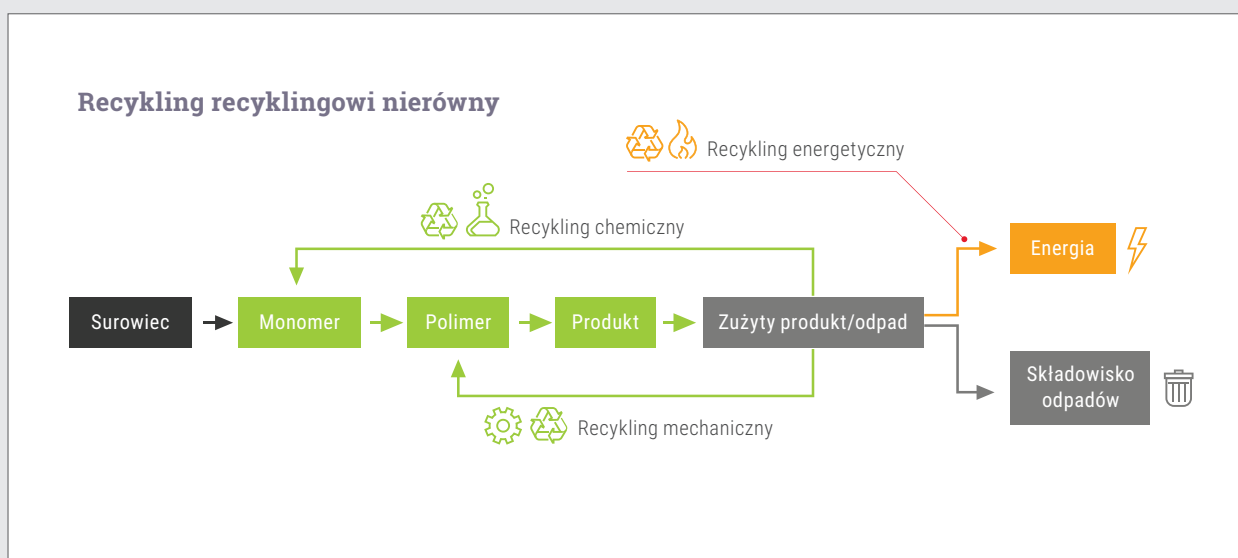
Oprócz wprowadzania zmian w procesie produkcji producenci mogą zmienić sam produkt końcowy. Zmiany projektu opakowań mogą wpłynąć na ich masę, co przełoży się na koszt środowiskowy zarówno wytworzenia, jak i transportu produktu. Dodatkowo opakowania mogą być projektowane w sposób ułatwiający późniejszą obróbkę odpadów lub umożliwiającą ich ponowne użycie. Zmiana projektu opakowania w sposób, który pozwoliłby na redukcję masy, jest możliwa. Przykładowo w 2012 roku The Coca-Cola Company zmniejszyła ciężar 600 ml butelek PET o 25%. Badania sugerują, że podobne, 30%, zredukowanie wagi opakowań w sektorze spożywczym w Europie i Ameryce Północnej pozwoliłoby na zmniejszenie kosztu środowiskowego wszystkich plastików w sektorze o 5%⁶⁷.

64 M.S. Masnadi i in., *Global carbon intensity of crude oil production*, https://www.researchgate.net/publication/327328315_Global_carbon_intensity_of_crude_oil_production (7.08.2019).

65 Trucost, op.cit.

66 Komisja Europejska, *The Potential For CCS And CCU In Europe Report To The Thirty Second Meeting Of The European Gas Regulatory Forum 5–6 June 2019*, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/iogp_-_report_-_ccs_ccu.pdf (16.08.2019).

67 Trucost, op.cit.



Wyróżnia się trzy główne rodzaje recyklingu: mechaniczny, chemiczny i energetyczny.

Recykling mechaniczny (materiałowy) polega na rozdrobnieniu użytego produktu. Cały proces recyklingu mechanicznego rozpoczyna się w sortowniach, gdzie odpady wyprodukowane z różnych polimerów są rozdzielane oraz oddzielane od materiałów kompozytowych, czyli złożonych z kilku różnych komponentów. Jeżeli sortownia nie znajduje się w miejscu instalacji dalszego przerobu, odpady złożone z jednego typu polimerów są następnie belowane i transportowane; w przeciwnym razie trafiają bezpośrednio do mycia. Na tym etapie usuwa się z nich zanieczyszczenia, przeważnie organiczne. Umyte odpady trafiają do młynów, w których rozdrabniają się na płatki. Te z kolei mogą być bezpośrednio użyte do wytworzenia nowego produktu lub granulatu, który jest łatwiejszy w późniejszym przerobie niż płatki¹. Produkt końcowy powstający w procesie recyklingu mechanicznego posiada często gorsze właściwości mechaniczne niż produkt pierwotny, a jego jakość w dużym stopniu zależy od jakości procesów sortowania i mycia. Do recyklingu mechanicznego nadają się przede wszystkim plastiki termoplastyczne, które w procesie topnienia i utwardzania nie tracą swoich właściwości, więc mogą być przetwarzane z niewielką stratą na jakości².

Recykling chemiczny (surowcowy) polega na konwersji odpadów plastikowych do chemikaliów używanych jako surowce w przemyśle chemicznym. Technologie pozwalające na uzyskanie monomerów, oligomerów i wyższych węglowodorów z odpadów plastikowych to głównie piroliza, zgazowanie, depolimeryzacja chemiczna, kraking katalityczny i reforming oraz uwodornienie. Powstający w procesie recyklingu chemicznego produkt ma takie same właściwości jak produkt pierwotny, a odpady plastikowe nie muszą być posortowane. Obecnie nie istnieje jedna, ogólnie przyjęta definicja recyklingu chemicznego. Dostępne źródła wymieniają w tym przypadku m.in. odzysk energii lub tylko niektóre z jego metod³. Na potrzeby tego raportu recykling chemiczny i odzysk energii zdefiniowane zostały jako odrębne metody utylizacji odpadów.

Recykling energetyczny polega na przetwarzaniu odpadów plastikowych w celu wygenerowania energii elektrycznej i ciepła. Stosuje się w tym przypadku głównie spalanie. Zastąpienie paliw kopalnych w przemyśle energetycznym przez wysokokaloryczne odpady plastikowe pozwala na dwukrotne wykorzystanie energii zawartej w paliwie kopalnym: w pierwszej kolejności do produkcji plastiku, a następnie do wytworzenia energii.

1 K. Ragaert, L. Delva, K. Van Geem, *Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste*, https://www.researchgate.net/publication/319189954_Mechanical_and_chemical_recycling_of_solid_plastic_waste (8.08.2019).

2 Plastics Europe, *Recycling and Energy Recovery*, <https://www.plasticseurope.org/en/focus-areas/circular-economy/zero-plastics-landfill/recycling-and-energy-recovery> (8.08.2019).

3 Plastics Recyclers Europe, *Chemical Recycling*, <https://www.plasticsrecyclers.eu/chemical-recycling> (8.08.2019).

Czym jest gospodarka obiegu zamkniętego?

Gospodarka obiegu zamkniętego (ang. *circular economy*) jest koncepcją zmierzającą do racjonalnego wykorzystania zasobów i ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko w przypadku wytwarzanych produktów, które – podobnie jak materiały oraz surowce – powinny pozostawać w gospodarce tak długo, jak jest to możliwe, a wytwarzanie odpadów powinno być jak najbardziej zminimalizowane¹. W gospodarce obiegu zamkniętego:

- surowce wykorzystywane są w optymalny sposób,
- projekt produktu zakłada wykorzystanie jak najmniejszej masy surowca, a sam produkt może być użyty ponownie,
- dystrybucja odbywa się przy udziale niskoemisyjnych środków transportu,
- produkt jest kupowany tylko wtedy, gdy okazuje się niezbędny, następnie używany jest wielokrotnie, naprawiany, a wyrzucany tylko wtedy, gdy przestaje być użyteczny,
- odpady są zbierane oraz segregowane i służą jako wsad do dalszej produkcji.



1 Ministerstwo Środowiska, *Gospodarka o obiegu zamkniętym*, <https://www.gov.pl/web/srodowisko/goz> (26.08.2019).

UTYLIZACJA

Plastikowe odpady są głównie składowane. W 2015 roku 55% wyprodukowanych na całym świecie śmieci trafiło na wysypiska (zarówno te legalne, jak i bezpośrednio zanieczyszczające środowisko). Coraz istotniejsza staje się jednak rola spalania i recyklingu

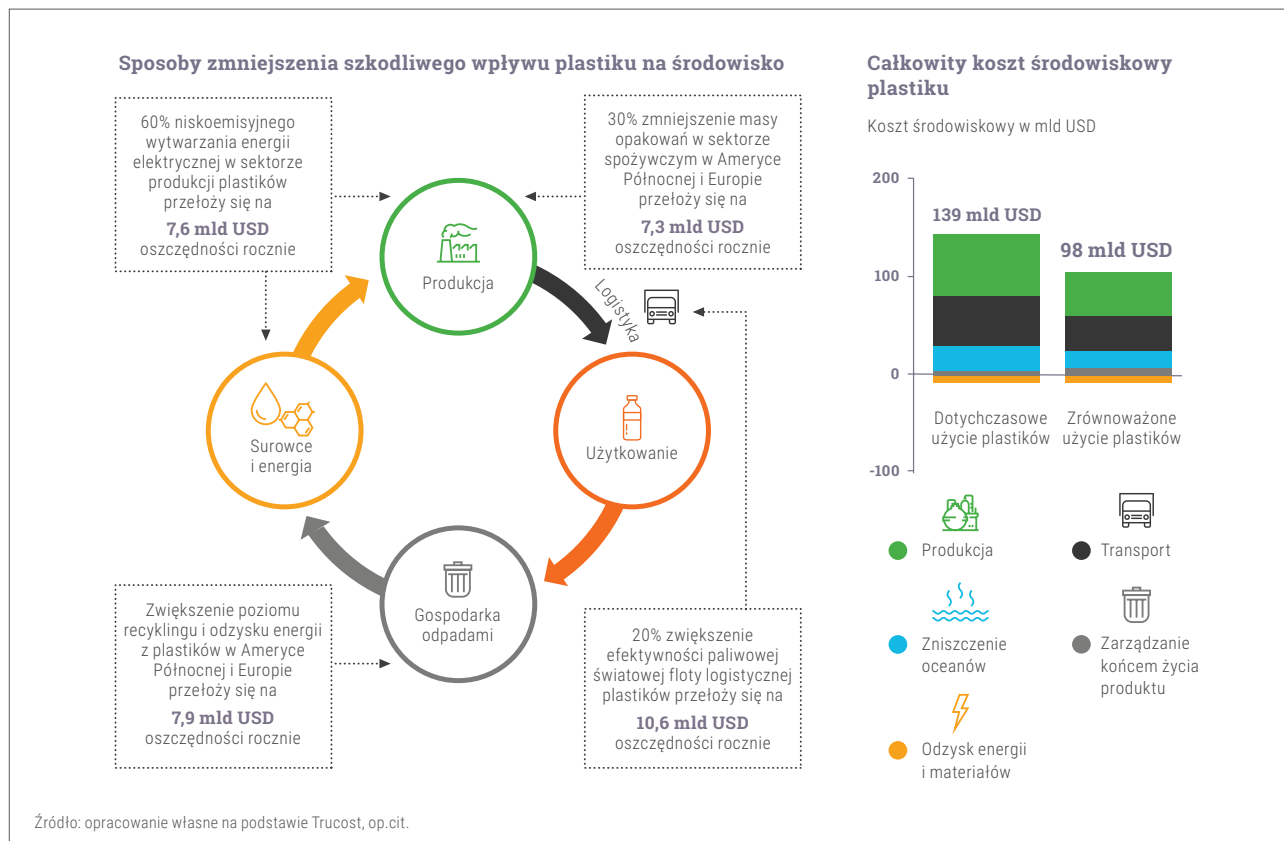
jako metod zagospodarowania odpadów. Od 2000 roku udział plastikowych śmieci spalanych rósł o 3,6% rocznie, natomiast tych poddawanych recyklingowi o 5,3%⁶⁸.

Większość obecnie produkowanych plastików nadaje się do recyklingu mechanicznego, co pozwala na blisko 10-krotne

zmniejszenie emisji CO₂ w stosunku do plastiku otrzymywanego z polimeru pierwotnego. Jeżeli plastik nie nadaje się do recyklingu mechanicznego, może zostać poddany obróbce chemicznej. Ta metoda pozwala zaoszczędzić do 75% emisji gazów cieplarnianych w stosunku do produkcji tworzywa z surowców kopalnych⁶⁹.

68 R. Geyer, J.R. Jambeck, K.L. Law, op.cit.

69 Material Economics, *The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation. Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry*, <https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2018/06/FINAL-MATERIAL-ECONOMICS-CIRCULAR-ECONOMY-SUMMARY.pdf> (6.08.2019).



Za sprawą odpowiedniego projektowania produktów, wydłużającego cykl życia oraz przystosowującego do recyklingu dotychczasowy liniowy model gospodarki, w którym produkt jest wytwarzany, użytkowany i wyrzucany, następuje przejście na model cyrkularny⁷⁰, czyli gospodarkę obiegu zamkniętego.

Werdykt?

Odpowiedzialnie zaprojektowana i przeprowadzona produkcja petrochemikaliów niesie za sobą korzyści dla środowiska oraz społeczeństwa. Badania wskazują, że wprowadzenie kilku zmian w procesie produkcji plastików może zmniejszyć koszt środowiskowy z 139 do 98 mld USD, czyli o blisko 1/3. Zmiany

muszą jednak objąć cały cykl życia produktu⁷¹.

Zmniejszenie kosztu środowiskowego plastiku o blisko 1/3 wiąże się z zmianą źródła energii wykorzystywanej przy produkcji petrochemicznej na niskoemisyjną. Badania wskazują, że osiągnięcie 60% udziału źródeł niskoemisyjnych (energetyki jądrowej i odnawialnej) w wykorzystywanych źródłach energii spowoduje spadek kosztu środowiskowego o ponad 5%. Zmiany powinny zająć również na etapie projektowania produktów. W tym przypadku zredukowanie masy opakowań tylko w sektorze spożywczym i tylko w Europie i Ameryce Północnej o 30% spowoduje zmniejszenie szkodliwości plastiku o kolejne 5%. W dłuższej perspektywie tego typu zmiany mogłyby objąć całą kulę ziemską. Największe oszczędności przyniosłoby

zwiększenie efektywności paliwowej pojazdów używanych do transportu plastików. Zmniejszenie zużycia paliwa o 1/5 przełożyłoby się na spadek kosztu środowiskowego o blisko 8%. Recykling w krajach rozwiniętych pozwoliłby z kolei na wygenerowanie kolejnych korzyści dla środowiska⁷².

Poza zmianami, których wpływ na środowisko został już zmierzony, istnieje możliwość wprowadzenia wielu innych rozwiązań w sektorze petrochemicznym, które środowisku wyjdą na dobre. Możemy zmniejszać spalanie we flarach oraz wyłapywać CO₂ z kominów i flar, a następnie wykorzystywać go jako surowiec w petrochemii. Petrochemia nie musi być trucicielem środowiska, a produkowana i wykorzystywana w odpowiedzialny sposób przyniesie wiele pozytywnych efektów społecznych i środowiskowych.

⁷⁰ Szerzej na ten temat w cytowanym już raporcie *Filary trwałego rozwoju przedsiębiorstw. Wizja, surowce, talenty*.

⁷¹ Trucost, op.cit.

⁷² Ibidem.

Część 3. Przyszłość

DOSTĘPNOŚĆ ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO, WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW PETROCHEMICZNYCH ORAZ NIŻSZY ŚLAD ŚRODOWISKOWY W PEŁNYM CYKLU ŻYCIA, W PORÓWNANIU Z ALTERNATYWAMI, NAPĘDZAJĄ ROZWÓJ PETROCHEMII.

Zapotrzebowanie na produkty petrochemiczne wzrośnie

Mimo wyzwań środowiskowych zapotrzebowanie na produkty petrochemiczne będzie rosło. Przy zachowaniu bieżącego tempa wzrostu w 2030 roku popyt na chemikalia bazowe wzrośnie o 50%, do 2050 roku podwoi się, a pod koniec wieku będzie 4-krotnie większy niż dziś⁷³. Oznacza to, że za 30 lat produkcja roczna chemikaliów wyniesie około 1 mld t. Nawet przy wymuszeniu na sektorze chemicznym zmniejszenia emisyjności do

2050 roku o 60% (scenariusz alternatywny) produkcja petrochemiczna nie spadnie. Do 2030 roku zużycie chemikaliów bazowych wzrośnie bowiem wówczas o 30%, a do 2050 roku – o 40%⁷⁴.

ROSNAĆ I BOGAĆ SIĘ POPULACJA

W tym samym czasie, tj. do 2030 i 2050 roku, populacja światowa zwiększy się odpowiednio o 13% i blisko 30%⁷⁵. Oznacza to, że nawet w razie spełnienia się scenariusza alternatywnego, zużycie petrochemikaliów na osobę będzie rosło.

Rosnąć będzie również zużycie plastiku na osobę, a największy wzrost zaobserwujemy

Chemikalia bazowe to takie, które nie posiadają bezpośredniego zastosowania, natomiast używane są do produkcji innych chemikaliów. Przykładem jest etylen, wykorzystywany głównie do produkcji polietylenu – polimeru, z którego wykonane są torebki foliowe. Do chemikaliów bazowych zaliczamy m.in. etylen, propylen, benzen, toluen, ksylen, metanol i amoniak.

w najbliższych latach w Chinach – średnioroczne tempo wzrostu zużycia wyniesie tam 4,6%⁷⁶. Zużycie plastiku na osobę rośnie wraz z bogaceniem się społeczeństwa, a kraje, w których liczba ludności osiągnie najbardziej dynamiczny wzrost (Nigeria, Pakistan, Egipt),

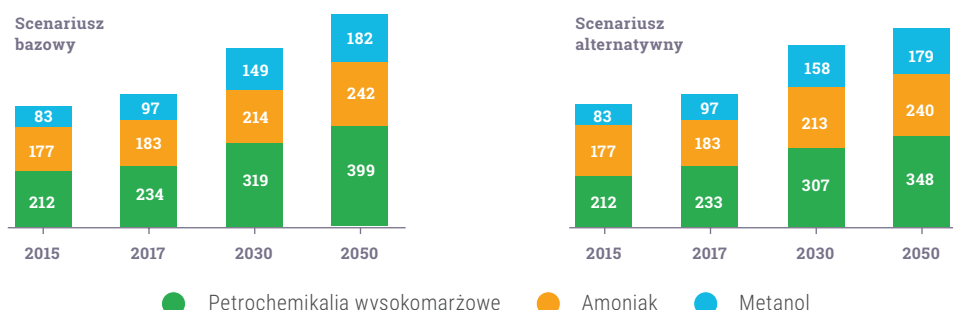
73 Material Economics, op.cit.

74 International Energy Agency, op.cit.

75 United Nations, *World Population Prospects 2019*, <https://population.un.org/wpp/> (18.07.2019).

76 Euromap, op.cit.

Produkcja chemikaliów [mln t]



Źródło: opracowanie własne na podstawie International Energy Agency, op.cit.

znajdą się niebawem w czołówce najszybciej bogacących się społeczeństw⁷⁷. W krajach rozwiniętych zużycie plastiku na osobę również rośnie, przy czym obserwowany wzrost jest ponad 2-krotnie niższy niż w krajach rozwijających się⁷⁸.

URBANIZACJA

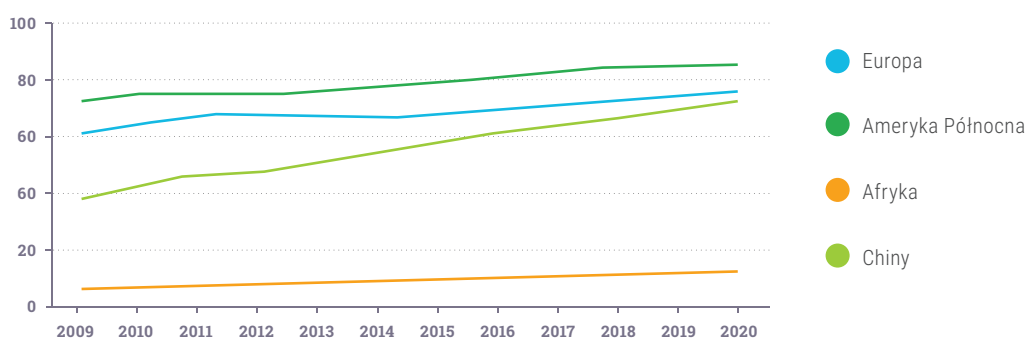
Rosnąca populacja nie jest jedynym czynnikiem powodującym wzrost

zużycia petrochemikaliów. Ma na nie wpływ również urbanizacja. W niedalekiej przyszłości coraz więcej ludzi będzie zamieszkiwało miasta, a najszybszy wzrost osiągną ośrodki zlokalizowane w krajach rozwijających się. Przewiduje się, że w 2030 roku około 9% populacji będzie stanowiła ludność 41 megamiast (liczących ponad 10 mln osób), z których 29 znajdzie się w Azji. Najszybsza urbanizacja nastąpi jednak w Afryce. Populacja Kinszasy, stolicy Demokratycznej

Republiki Konga, wzrośnie 100-krotnie, od 200 tys. w 1950 do 20 mln w 2030 roku. W tym samym roku populacja Lagosu w Nigerii wyniesie 24 mln⁷⁹.

Wraz z rozwojem miast będzie rosła liczba dróg, mostów, tuneli i budynków, a jeszcze szybciej zaczną przybywać drapacze chmur. W 2018 roku na 1 mld ludzi przypadało 800 drapaczy chmur – w 2050 roku będzie ich już 6 800. Rosnąc będzie też ich wysokość. Dziś najwyższy

Zużycie plastiku na osobę [kg]

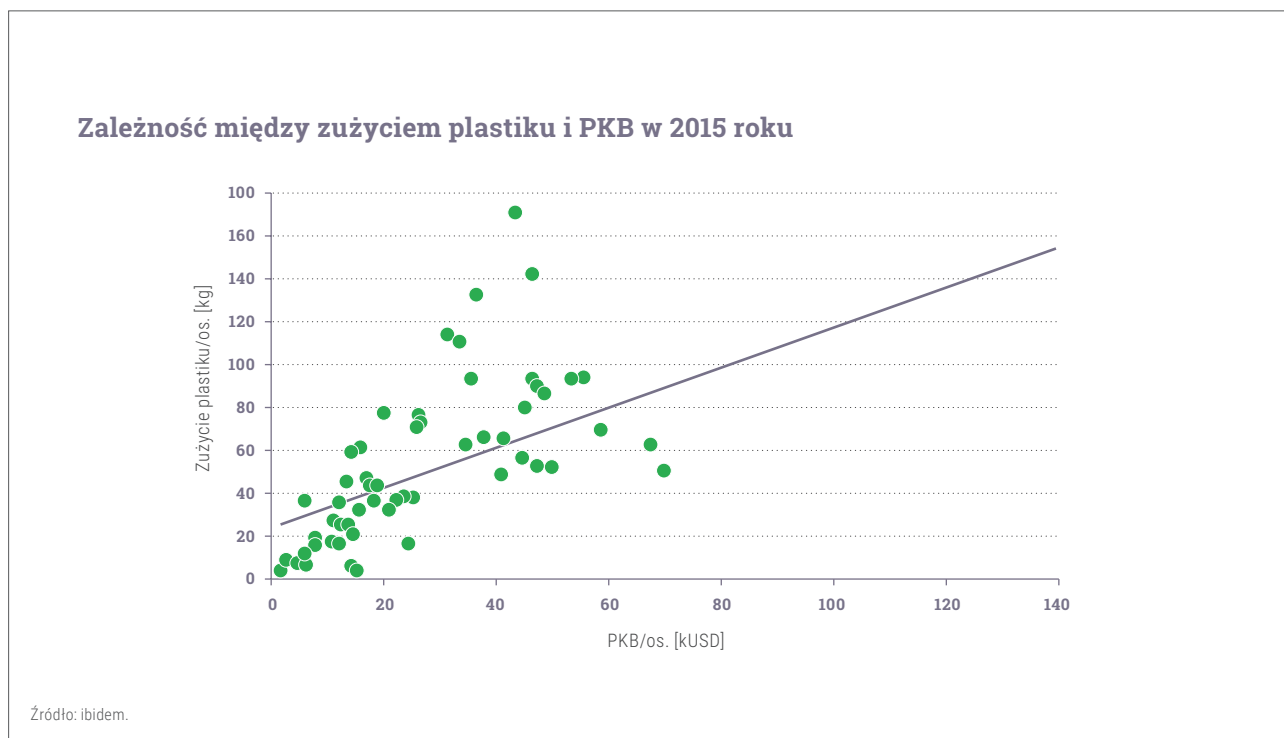


Źródło: opracowanie własne na podstawie Euromap, *Plastics Resin Production and Consumption in 63 Countries Worldwide*, <http://www.pagder.org/images/files/euromappreview.pdf> (18.07.2019).

77 PwC, *The Long View How will the global economic order change by 2050?*, <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf> (19.07.2019).

78 Euromap, op.cit.

79 The Economist, *Bright lights, big cities*, <https://www.economist.com/node/21642053> (25.07.2019).



Geofoam to materiał produkowany z ekspandowanego polistyrenu, wykorzystywany do wypełniania i wyrównywania powierzchni pod zabudowę. Jest około 100 razy lżejszy niż ziemia i 10-krotnie lżejszy niż inne wypełniacze, co czyni go wygodnym w użyciu i trwałym środkiem do zastosowań w miejscach, w których inne materiały zawodzą. Wykorzystywany jest przykładowo jako podkład dróg i torów kolejowych tam, gdzie gleba jest zbyt luźna, oraz do stabilizacji skarp.

Dodanie polistyrenu do cementu zmniejsza lepkość materiału, co pozwala na łatwe pompowanie go na najwyższe piętra powstających drapaczy chmur. Technologia ta została wykorzystana przy wznoszeniu najwyższego budynku na świecie – hotelu Burj Khalifa w Dubaju.

Źródło: D. Wisne, *High Performing Buildings, Nine Ways Chemistry Contributes to High Performing Buildings*, <http://www.hpbmagazine.org/Nine-Ways-Chemistry-Contributes-to-High-Performing-Buildings/> (22.07.2019).

W 2012 roku bezpośrednia emisja z budynków w Wielkiej Brytanii stanowiła 37% krajowej emisji gazów cieplarnianych, czyli 91 mln t CO₂. Izolacja istniejących obiektów pozwoliłaby na zmniejszenie emisji o 5,2 mln t CO₂, a więc o około 6%.

Źródło: Committee on Climate Change, *Fourth Carbon Budget Review – technical report*, https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/1785b-CCC_TechRep_Singles_Chap3_1.pdf (25.07.2019).

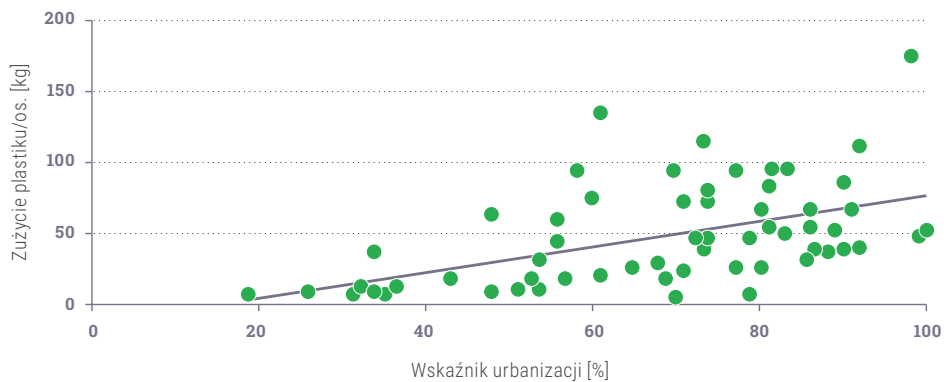
budynek liczy 828 m wysokości, lecz przewiduje się, że w 2020 roku powstanie pierwszy obiekt sięgający wzwyż 1 km. W 2050 roku najwyższy budynek będzie miał już 1134 m, choć istnieje 9% prawdopodobieństwo, że jego wysokość przekroczy 1 milę, czyli około 1600 m⁸⁰. Budowa coraz lepszych jakościowo dróg, coraz bardziej wytrzymałych mostów i coraz większej liczby coraz wyższych budynków wymaga zastosowania specjalnych chemikaliów

Istnieje też zależność między poziomem urbanizacji i zużyciem plastiku. Kraje bardziej zurbanizowane zużywają zazwyczaj więcej plastiku od tych mniej zurbanizowanych. Wynika to nie tylko z użycia żywic plastikowych w budownictwie miejskim, ale również z szerszego zastosowania opakowań plastikowych w przemyśle spożywczym i restauracyjnym oraz dostępności sprzętów AGD i RTV⁸¹.

80 MIT Technology Review, *Get ready for more and taller skyscrapers*, <https://www.technologyreview.com/s/611878/get-ready-for-more-and-taller-skyscrapers/> (19.07.2019).

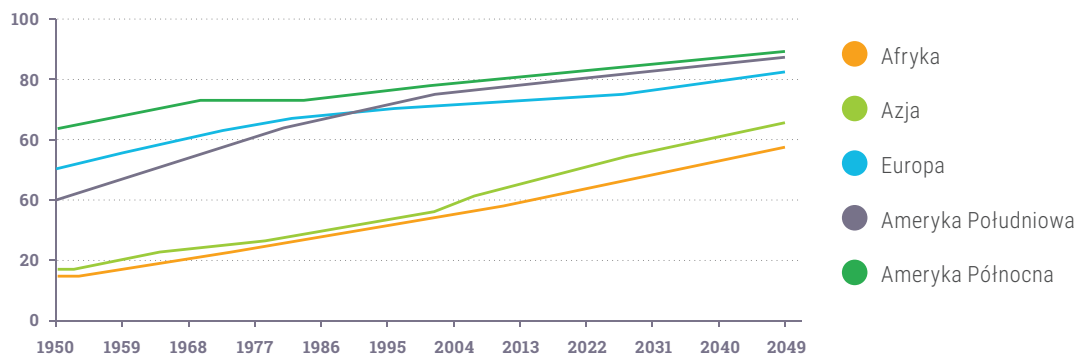
81 United Nations, op.cit. oraz Euromap, op.cit.

Zależność między zużyciem plastiku i wskaźnikiem urbanizacji w 2015 roku



Źródło: ibidem.

Wskaźnik urbanizacji [%]



Źródło: opracowanie własne na podstawie United Nations, *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, <https://data.worldbank.org/indicator/sp.urb.totl.in.zs?end=2015&start=1960> (19.07.2019).

Po ulicach Barcelony jeździ obecnie ponad 600 tys. samochodów, które emitują około połowę całego CO₂ produkowanego przez miasto. „Odchudzenie” każdego z tych pojazdów o 100 kg obniżyłoby roczną emisję CO₂ o 30 tys. t, a tym samym emisję powstałą w mieście o 1%.

Źródło: Bax & Willems, *Lightweighting automotive past, present and future collaborative R&D&i*, <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/sites/default/files/report/The%20Role%20of%20Lightweight%20in%20Today%E2%80%99s%20and%20Tomorrow%E2%80%99s%20Car%20Manufacturing.pdf> (25.07.2019) oraz Ajuntament de Barcelona, *Barcelona's Commitment to the Climate*, <http://eldigital.barcelona.cat/wp-content/uploads/2016/10/Barcelona-Commitment-to-Climate-1.pdf> (9.08.2019).

1/10 światowej emisji CO₂. Biorąc pod uwagę również pośrednią emisję z generowania energii elektrycznej zużywanej do zasilania tych budynków, wartość ta wzrośnie do blisko 30%, przewyższając emisyjność sektora transportowego⁸². W 2010 roku liczba budynków w Europie wyniosła 160 mln, przy czym większość z nich zbudowana została przed 1990 rokiem, w tym połowa przed 1960. Obecnie tylko 1% stanowią obiekty nowo wybudowane. Oznacza to, że renowacja istniejących budynków przyniesie większe korzyści dla środowiska niż skupianie się na obiektach, które dopiero powstają. Szacuje się, że głęboka renowacja budynków może zmniejszyć ich emisyjność o 36% do 2030 roku⁸³.

W celu ograniczenia emisyjności budynków stosowana jest izolacja termiczna. Oprócz zmniejszenia strat ciepła i zwiększenia komfortu cieplnego zapobiega ona niszczącemu zawilgoceniu, zwiększa trwałość poszczególnych obiektów i wpływa na

niższe koszty ich użytkowania⁸⁴. Najczęściej stosowane w Europie materiały izolacyjne to wełna szklana, ekspandowany i ekstrudowany polistyren, wełna mineralna oraz poliuretany. Najszybciej będzie rosło wykorzystanie termoizolacji pochodzenia petrochemicznego. W 2025 roku jej udział sięgnie 46%⁸⁵.

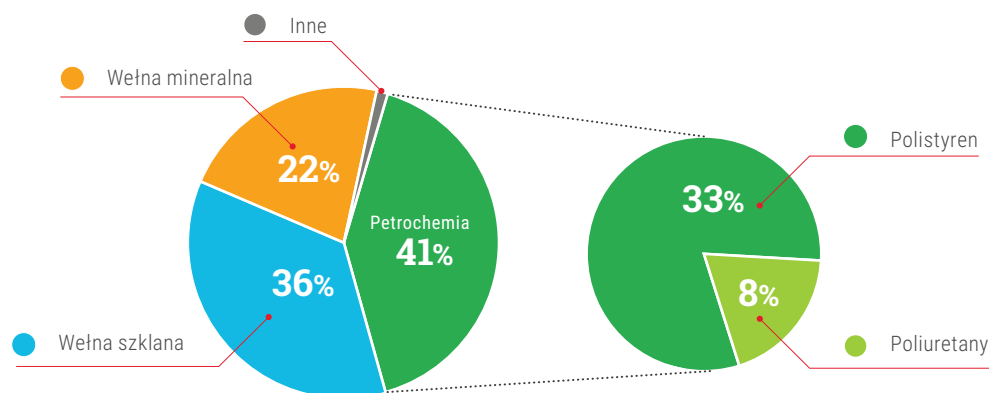
ELEKTROMOBILNOŚĆ I ODCHUDZANIE SAMOCHODÓW

Średnia masa pojazdów rosła wraz ze wzrostem oczekiwań klientów co do wydajności, wygody, bezpieczeństwa i zaawansowania technologicznego. W stosunku do lat 90. każdy samochód w 2005 roku ważył przeciętnie o 10% więcej⁸⁶. Badania wykazały, że wraz ze wzrostem masy pojazdu zwiększa się jego emisyjność, a rosnąca świadomość środowiskowa wymusiła na producentach poszukiwanie metod odchudzania samochodów przy zachowaniu

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA BUDYNKÓW

Od 1995 roku zapotrzebowanie na energię w budynkach wzrosło o około 40%, a obecnie odpowiedzialne są one bezpośrednio za

Sprzedż izolacji termicznych w Europie w 2015 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie European Commission, *JRC Technical Reports. Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings*, <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108692/kj1a28816enn.pdf> (25.07.2019).

82 BP Energy Outlook 2019, op.cit.

83 European Commission, op.cit.

84 KEA Climate Protection and Energy Agency of Baden-Württemberg GmbH, *The significance of thermal insulation*, http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/the_significance_of_thermal_insulation.pdf (25.07.2019).

85 European Commission, op.cit.

86 International Council On Clean Transportation, *Lightweighting Technology Developments*, https://theicct.org/sites/default/files/publications/PV-Lightweighting_Tech-Briefing_ICCT_07032017.pdf (25.07.2019).

standardu, do którego przyzwyczaili się konsumenci. Wykorzystanie petrochemii w przemyśle samochodowym wpływa nie tylko na wygląd i bezpieczeństwo pojazdów, ale również na redukcję emitowanego przez nie CO₂. Zastosowanie plastiku pozwala bowiem obniżyć masę pojazdów o 200–300 kg, a każde 50 kg redukcji przekłada się na zmniejszenie emisji CO₂ o 5–8,5 g/km⁸⁷.

Większość głównych producentów samochodów obniżyła masę nowych pojazdów w stosunku do poprzednich modeli. Tym samym Ford F-150 z 2016 roku waży o 288 kg mniej niż model z 2014 roku, a Chevrolet Camaro w ciągu roku „schudł” o 10%⁸⁸.

W przypadku samochodów elektrycznych redukcja masy pojazdu skutkuje zwiększonym zasięgiem oraz możliwością stosowania mniejszych i tańszych akumulatorów.

Akumulator zainstalowany w przeciętnym samochodzie elektrycznym waży nawet ponad 500 kg, co stanowi do 25% masy całego pojazdu⁸⁹. Zastosowanie lżejszych akumulatorów wpływa na dalszą redukcję masy pojazdu, co skutkuje wtórnym zwiększeniem zasięgu lub możliwością zainstalowania jeszcze mniejszej baterii przy zachowaniu innych właściwości.

| Europejska petrochemia ma przyszłość

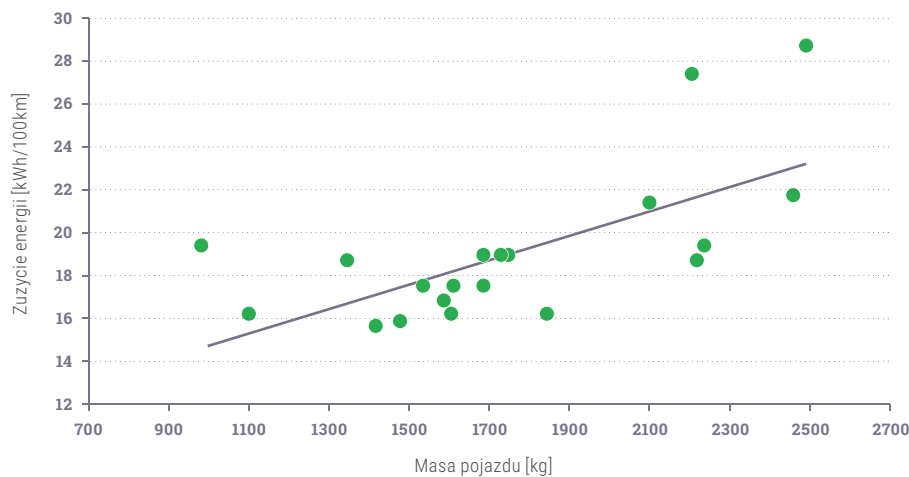
Europa zauważa zarówno dobre, jak i złe strony petrochemii. Europejski rynek plastików jest rynkiem dojrzałym i, po spadku wywołanym kryzysem finansowym w 2008 roku, stabilnie rośnie w tempie

około 1% rocznie. Sama Unia Europejska zużywa obecnie 49 mln t plastiku rocznie, czyli ponad 100 kg plastiku na osobę. Ciągła zmiana materiałów opakowaniowych na lżejsze, odchudzanie pojazdów i szersze zastosowanie izolacji doprowadzą jednak do wzrostu zużycia plastiku do 62 mln t w 2050 roku⁹⁰. Sam sektor tworzyw sztucznych oferuje w Europie pracę ponad 1,5 mln osobom w 60 tys. przedsiębiorstw i kolejne 3 razy tyle w sektorach pokrewnych.

Zastąpienie 100 tys. pojazdów spalinowych poruszających się po Barcelonie samochodami elektrycznymi pozwoliłoby na zmniejszenie emisji CO₂ o kolejne 90 tys. t rocznie. Tym samym koszty środowiskowe ponoszone co roku przez miasto spadłyby o 28 mln EUR.

Źródło: Bax & Willems, op.cit.

Zależność między masą pojazdu i zużyciem energii potrzebnej do przejechania 100 km



Zielona kropka odpowiada jednemu elektrycznemu pojazdowi osobowemu

Źródło: opracowanie własne na podstawie Fuel Economy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, <https://www.fueleconomy.gov/> (16.07.2019); Electric Vehicle Database, Compare hybrid and electric vehicles, <https://ev-database.org> (26.07.2019); katalog produktowy OPEL, <https://www.opel.pl/> (26.07.2019); katalog produktowy Renault, <https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/zoe.html> (26.07.2019) oraz katalog produktowy Citroen, <https://www.citroen.com/en/> (26.07.2019).

87 DuPont, *Vehicle Weight Reduction for Optimal Performance*, <https://www.dupont.com/industries/automotive/articles/lightweighting.html> (12.07.2019) oraz Bax & Willems, op.cit.

88 International Council On Clean Transportation, *Lightweighting Technology Developments*, https://theicct.org/sites/default/files/publications/PV-Lightweighting_Tech-Briefing_ICCT_07032017.pdf (25.07.2019).

89 D. Berjoza, *Influence of Batteries Weight on Electric Automobile Performance*, <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2017/Papers/N316.pdf> (25.07.2019).

90 Material Economics, op.cit.

Korzyści skali – występujące w długim okresie zjawisko obniżania przeciętnych kosztów całkowitych produkcji jednostki danego wyrobu w miarę zwiększania skali produkcji.

W 2017 roku wniósł on do puli finansów publicznych 32,5 mld EUR (czyli blisko 140 mld PLN) w formie podatków i opłat i był siódmym największym sektorem pod względem wartości dodanej⁹¹.

CZY PETROCHEMIA W EUROPIE JEST DZIŚ OPŁACALNA?

Europejski przemysł petrochemiczny znajduje się w okresie przejściowym. Tradycyjnie był on znany na całym świecie i doceniany za wysoką jakość. O przewadze

Europy nad innymi regionami decydują wciąż te same czynniki, tj. wykwalifikowana kadra, zasoby wiedzy specjalistycznej i doświadczenie, wysoki stopień zintegrowania produkcji, dobra infrastruktura oraz mnogość dostawców i usługodawców. Integracja produkcji petrochemikaliów wpływa również na jej rentowność.

Obecnie jednak pozycja europejskiej petrochemii jest zagrożona. Inne regiony mają dostęp do tańszego surowca (także do tańszego od ropy gazu ziemnego), regionalne władze dotują przemysł, a baza klientów rośnie szybciej, chociażby ze względu na wzrost populacji. Wymierne korzyści przynoszą również efekty skali⁹².

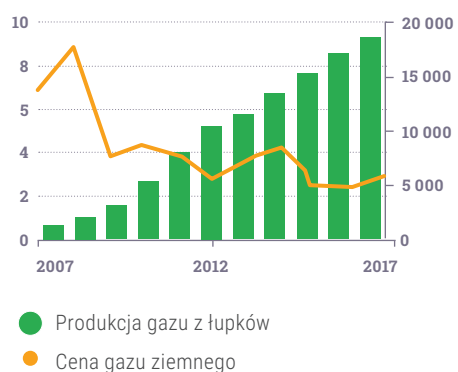
ŁUPKOWA REWOLUCJA W USA

Zapoczątkowany w 2005 roku boom na niekonwencjonalny gaz w Stanach

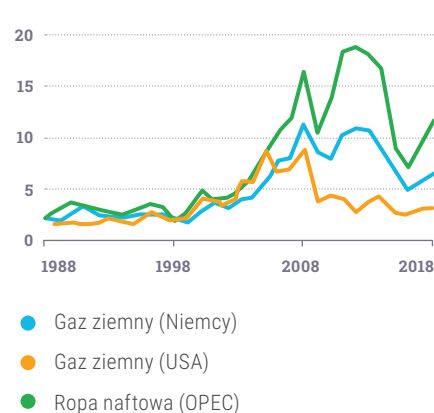
Zjednoczonych rozpoczął łupkową rewolucję. W 2015 roku produkcja gazu z łupków sięgnęła 45% całkowitej produkcji gazu w Stanach Zjednoczonych, podczas gdy w Kanadzie w latach 2010–2015 odnotowano pod tym względem 3-krotny wzrost. Dodatkowo, dzięki ulepszonej technologii wydobycia, zaledwie w ciągu 3 kolejnych lat (od 2012 do 2015 roku) koszt produkcji gazu z łupków spadł o 25–30%⁹³. Obietnica niskiego kosztu wydobycia i dużej dostępności przy niskich wymaganiach kapitału początkowo doprowadziła do szybkiego wzrostu produkcji i spadku cen.

Mimo powszechnie panującej opinii o tym, że koszt produkcji gazu z łupków wynosi poniżej 3 USD/MMBtu, sprawozdania roczne producentów świadczą o czymś innym. Cabot, Range i Antero, producenci gazu łupkowego na wschodzie Stanów Zjednoczonych, żeby zarobić 1 USD w 2016 roku, musieli wydać 1,43 USD, a więc ponoszone przez nich

Wpływ wolumenu produkcji gazu z łupków na ceny gazu w Stanach Zjednoczonych



Ceny ropy i gazu ziemnego (USD/MMBtu)

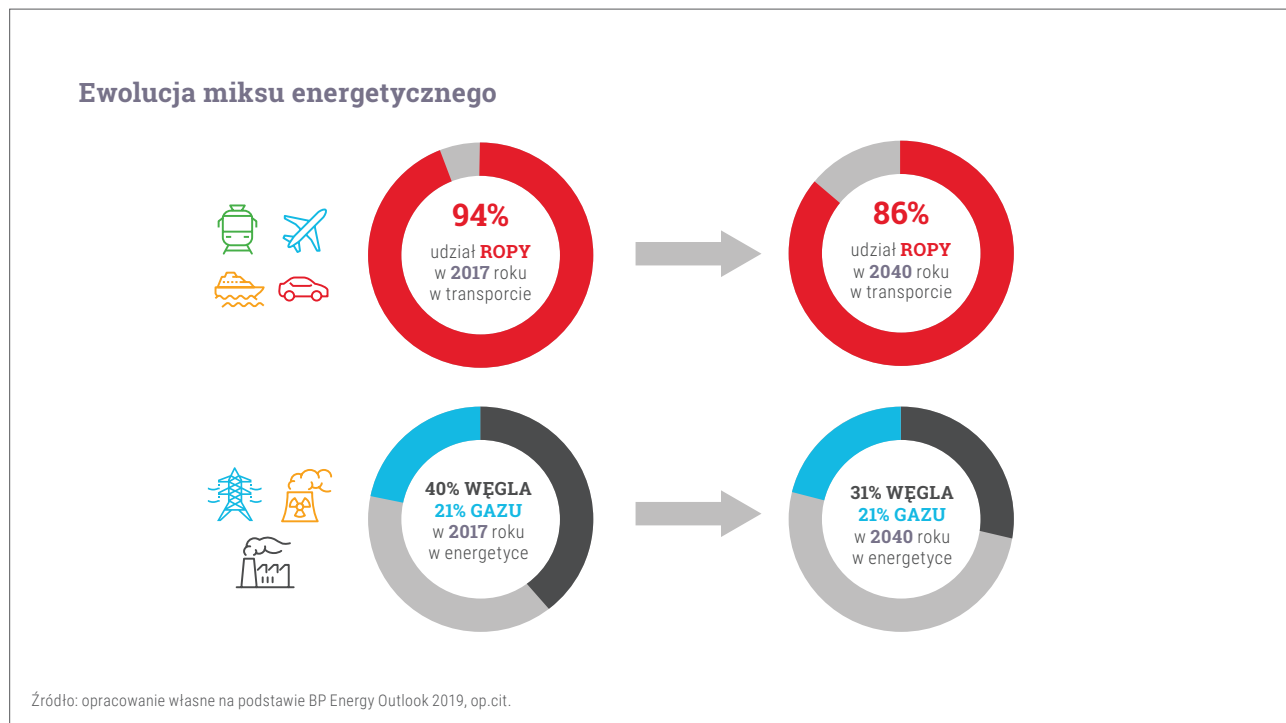


Źródło: opracowanie własne na podstawie: EIA, *Henry Hub Natural Gas Spot Price*, <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhda.htm> (9.08.2019); EIA, *Shale Gas Production*, https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_prod_shalegas_s1_a.htm (9.08.2019); BP Statistical Review of World Energy 2019 – Crude Oil, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-oil.pdf> (7.08.2019); BP Statistical Review of World Energy 2019 – Natural Gas, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-natural-gas.pdf> (7.08.2019).

91 Plastics Europe, *Plastics – the Facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data*, https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf (15.07.2019).

92 The European Petrochemical Association, *The Role of Clusters in the Chemical Industry*, <https://newsroom.epca.eu/wp-content/uploads/2017/02/946705.pdf> (9.08.2019).

93 M. Mistré, *Shale gas production costs: historical developments and outlook*, http://www.insightenergy.org/system/publication_files/files/000/000/067/original/RREB_Shale_Gas_final_20170315_published.pdf?1494419889 (9.08.2019).



wówczas koszty przewyższyły przychody. Inny producent, Chesapeake, przez rok wykazywał straty tak duże, że nie był w stanie zapłacić za koszty operacyjne. Szacunki Forbesa wskazują, że minimalna cena, przy której optaca się wydobywać gaz z łupków, wynosi 4 USD/MMBtu, czyli o jedną trzecią więcej⁹⁴.

WIELKA PETROCHEMIA W CHINACH

Chiny są największym i najszybciej rosnącym rynkiem zbytu w przypadku produktów petrochemicznych. Szacuje się, że w ciągu najbliższych 10 lat Państwo Środka wygeneruje połowę całego wzrostu zapotrzebowania na petrochemikalia⁹⁵, a w ciągu najbliższych 5 lat zdolności produkcyjne w Chinach zwiększą się o 60%, przy czym blisko 1/3 tego wzrostu będzie bazowała na węglu⁹⁶.

PRZYSZŁOŚĆ EUROPEJSKIEJ PETROCHEMII

W europejskiej petrochemii wykorzystuje się głównie wsad naftowy, ropopochodny, a sama zależność od ropy postrzegana jest jako słaby punkt Europy. Wśród preferowanych rozwiązań wymienia się tani wsad gazowy oraz węglowy.

CZY W PRZYSZŁOŚCI GAZ BĘDZIE TAŃSZY OD ROPY?

Niekoniecznie. Ropa naftowa używana jest głównie w transporcie, ale w przyszłości jej znaczenie w tym sektorze spadnie. Podobnie wygląda sytuacja z węglem w sektorze energetycznym, którego udział obniży się z 40% w 2017 roku do 31% w 2040 roku⁹⁷. Z kolei gaz, z racji mniejszej emisyjności, preferowany

będzie jako źródło energii zarówno w napędach samochodowych, jak i w energetyce. W wyniku zmian miks energetycznego cena ropy naftowej i węgla w stosunku do ceny gazu może spaść w długim terminie, a przewaga konkurencyjna amerykańskich producentów nad europejskimi znacznie słabnąć.

CO Z CHINAMI?

Z drugiej strony zagrożeniem dla Europy są Chiny i azjatyckie inwestycje w megafabryki. Nowa produkcja pokryje przede wszystkim wewnętrzne zapotrzebowanie, co zmniejszy jednak popyt na produkt importowany. Obecnie Chiny importują około 38 mln t petrochemikaliów bazowych, głównie ze Stanów Zjednoczonych i Bliskiego Wschodu⁹⁸. Produkt pochodzący z tych dwóch regionów będzie musiał znaleźć rynek zbytu.

94 A. Berman, *Shale Gas Is Not A Revolution*, <https://www.forbes.com/sites/arthurberman/2017/07/05/shale-gas-is-not-a-revolution/#986c1a831b57> (9.08.2019).

95 Wood Mackenzie, *Is the outlook for China's petrochemicals market hanging in the balance?*, <https://www.woodmac.com/news/opinion/outlook-china-petrochemical-market-balance/> (9.08.2019).

96 Szacunki własne.

97 BP Energy Outlook 2019, op.cit.

98 Szacunki własne.

CZY W TAKIM RAZIE PRODUKT ZE STANÓW ZJEDNOCZONYCH ZALEJE EUROPEJSKI RYNEK?

Niekoniecznie. 10 największych producentów na rynku amerykańskim posiada również 2/3 rynku europejskiego. Wkroczenie na rynek europejski spowodowałoby obniżenie średniej ceny produktów, a co za tym idzie – „kanibalizację” zysków. Inaczej sprawa wygląda w Azji. Obecnie przedsiębiorstwa wytwarzające 9 na 10 produktów petrochemicznych w USA posiadają jedynie 7% udziału w rynku wschodnim.

CO Z EFEKTEM SKALI?

Średnia wielkość krakera, czyli instalacji produkującej olefiny, w Stanach Zjednoczonych to 700 tys. t etylenu rocznie. W Europie są one o 30% mniejsze. Posiadamy również mniej (jedynie 4% w porównaniu do 34% w USA) megainstalacji, czyli krakerów produkujących ponad 1 mln t etylenu

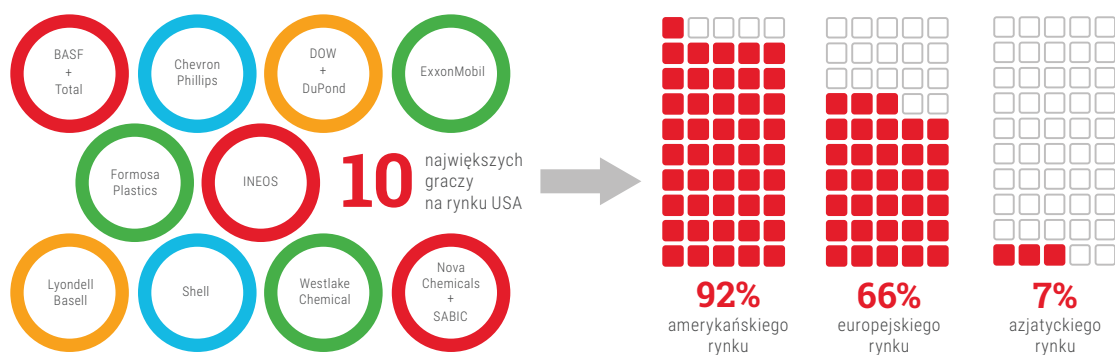
rocznie, a obecnie budowane są instalacje przekraczające nawet 2 mln t. Europę czeka więc racjonalizacja starszych i mniejszych zakładów petrochemicznych, która przełoży się na budowę większych instalacji pozwalających poszerzyć skalę produkcji.

CO Z BIAKONKURENCJĄ I ŚRODOWISKIEM?

Produkty chińskie, szczególnie te oparte na węglu, zanieczyszczają środowisko bardziej niż produkty europejskie, powstające z wykorzystaniem ropy i spełniające najbardziej restrykcyjne wymagania środowiskowe. Podobnie będzie wyglądała sytuacja ze wszystkimi produktami, które będą trafiać do europejskiego konsumenta z zewnątrz. W tym przypadku środowiskowy koszt transportu może przewyższać ekonomiczną przewagę wynikającą z kosztu surowca. W sytuacji wprowadzenia podatku od śladu węglowego lub innych opłat środowiskowych europejskie produkty

obronią się na lokalnych rynkach nawet przy niekorzystnych warunkach makroekonomicznych. W Europie jest miejsce nie tylko dla petrochemii konwencjonalnej, lecz także tej opartej na biowadach. Kluczem do współdziałania są wydatki na badania i rozwój (B+R, ang. *R&D – research and development*). Wiodące przedsiębiorstwa petrochemiczne inwestują w badania nad chemikaliami zarówno ropopochodnymi, jak i tymi bio. Inwestycje w działalność badawczo-rozwojową skorelowane są również z wynikami finansowymi. Każda złotówka wydana na B+R skutkuje wzrostem EBITDA (ang. *earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*), zysku operacyjnego przedsiębiorstwa przed potrąceniem odsetek od zaciągniętych zobowiązań oprocentowanych (kredytów, obligacji), podatków i amortyzacji, o 2,3 PLN⁹⁹. Niektóre firmy z sektora chwala się jeszcze większym zwrotem z inwestycji w działalność badawczo-rozwojową. ExxonMobil oczekuje, że każdy zainwestowany dolar przyniesie ponad 5 USD¹⁰⁰.

Udział 10 największych amerykańskich producentów na światowych rynkach

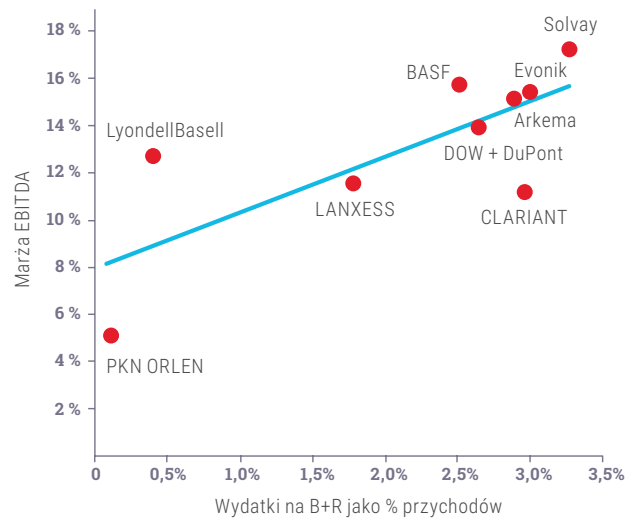


Źródło: opracowanie własne na bazie IHS.

99 Opracowanie własne na podstawie raportów Arkema, BASF, Clariant, DOW DuPont, Evonik, Lanxess, LyondellBasell oraz Solvay.

100 ExxonMobil, *Raport roczny 2017*.

Wpływ wydatków na B+R na wynik finansowy firmy z sektora petrochemicznego



Każde
1 PLN wydane
na B+R generuje
2,3 PLN EBITDA

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów Arkema, BASF, Clariant, DOW DuPont, Evonik, Lanxess, LyondellBasell oraz Solvay.

Polska petrochemia ma przyszłość

Petrochemia na całym świecie stanowi podstawę gospodarki. Stoi ona za innowacyjnością produktów, które stają się coraz bardziej użyteczne i powszechne dzięki nowym materiałom o wyrafinowanych parametrach lub tanim plastikom, które pozwalają szerokiemu społeczeństwu cieszyć się z osiągnięć cywilizacji, takich jak komputery, smartfony, samochody, sprzęt AGD, przyrządy do ćwiczeń etc.

Polska petrochemia to również ogromny pracodawca na skalę całej gospodarki. Rozwój tej gałęzi przemysłu przekłada się na ogólny dobrobyt państwa i społeczeństwa. W 2017 roku 302 tys. osób zatrudnionych było w 11 tys. przedsiębiorstwach w polskim

sektorze chemicznym. Każde 1 miejsce pracy w chemii generuje kolejne 2-8 miejsc pracy w innych sektorach. Firmy z branży chemicznej zainwestowały w 2017 roku ponad 11 mld PLN, w tym 27% w działalność B+R, a produkcja sprzedana przekroczyła 240 mld PLN. Największy udział w sprzedaży miały produkty ropopochodne (około 30%) oraz nawozy (około 20%)¹⁰¹.

Polska petrochemia podąża za światowymi megatrendami między innymi za sprawą działań PKN ORLEN. Wraz z rosnącym zużyciem produktów petrochemicznych, w tym plastików, rosną zdolności wytwórcze w zakresie produkcji chemikaliów w kraju. Największą inwestycją w tej dziedzinie jest ogłoszony w czerwcu 2018 roku Program Rozwoju Petrochemii (PRP) PKN ORLEN S.A. z budżetem do 2023 roku w wysokości ponad 8 mld PLN. Zakłada on realizację trzech kluczowych inwestycji: budowę

kompleksu Pochodnych Aromatów, rozbudowę Kompleksu Olefin oraz rozbudowę zdolności produkcyjnych Fenolu. Realizacja PRP, a w szczególności rozbudowa Olefin, zwiększy dostępność chemikaliów bazowych, które będą wykorzystywane w ramach Grupy Kapitałowej ORLEN oraz przez inne firmy chemiczne w regionie, co wpłynie na wzrost produkcji przemysłowej oraz całej gospodarki. Inwestycji towarzyszyć będzie rozwój zaplecza badawczo-rozwojowego i budowa Centrum Badawczo-Rozwojowego w Płocku. Działalność B+R to podstawa produkcji chemikaliów specjalistycznych, które stanowią niezbędny element w procesie urbanizacji oraz zaspokajania rosnących potrzeb mieszkaniowych. Obecnie 4 na 10 osób w Polsce żyje w przeludnionych domach, co oznacza, że aby dogonić średnią europejską do 2030 roku, musimy budować 200 tys. nowych mieszkań rocznie. Polska chemia, w tym chemia budowlana,

101 Dane GUS.

materiały izolacyjne do ocieplania budynków, a także surowce, z których wykonane są rury i kable, rozwijać się będzie właśnie dzięki inwestycjom w B+R.

W Polsce dostrzega się również potrzebę domknięcia liniowego modelu produkcji oraz stosowania i zagospodarowania plastików w ramach obiegu zamkniętego. Do wytwarzania dobrych jakościowo produktów z recyklingu potrzebne są nakłady na badania, a platformą do prowadzenia takich działań może być płockie Centrum Badawczo-Rozwojowe. Produkcja biomateriałów i zastosowanie wsadów biologicznych są realizowane również przez inne polskie

przedsiębiorstwa. ORLEN Południe podpisał umowę na budowę pierwszej w Polsce instalacji do produkcji ekologicznego glikolu propylenowego. Nowa instalacja będzie produkować 30 tys. t glikolu propylenowego rocznie, co pokryje aż 75% zapotrzebowania na ten produkt w Polsce. Glikol propylenowy to produkt ekologiczny, bezpieczny dla środowiska. Wykorzystywany jest m.in. w medycynie, kosmetyce i przemyśle spożywczym.

Razem ze światem Polska zmierza w kierunku elektromobilności. W tym celu PKN ORLEN rozszerza liczbę punktów ładowania samochodów elektrycznych. Do końca

2019 roku uruchomione zostanie około 50 szybkich punktów ładowania, a w późniejszych latach – kolejne 100. Elektromobilność to nie tylko infrastruktura ładowania, ale również produkcja akumulatorów. Inwestycja w Program Rozwoju Petrochemii pozwoli na wytwarzanie chemikaliów bazowych potrzebnych do produkcji elektrolitów wykorzystywanych w bateriach samochodowych. PRP realizuje również zagadnienie elektromobilności poprzez przekierowanie strumienia benzyn obecnie wykorzystywanych do produkcji paliw płynnych na petrochemię. Zabieg ten wydłuży okres żywotności aktywów rafineryjnych oraz poprawi ich rentowność w stosunku do konkurencji.

Konkluzje

W ostatnich dekadach ropa naftowa i gaz ziemny stały się najważniejszymi surowcami w produkcji dóbr konsumpcyjnych oraz przemysłowych, a petrochemikalia wyparły takie materiały jak metale, szkło czy drewno. Swój sukces zawdzięczają one trzem zasadniczym właściwościom: szerokiej dostępności oraz łatwej i taniej obróbce. W stosunku do innych materiałów produkcja dóbr z wykorzystaniem ropy i gazu jest mniej energochłonna, co czyni petrochemię również mniej emisyjną. Ropa naftowa i gaz ziemny są zbyt cennymi i efektywnymi surowcami, by z nich zrezygnować – przynajmniej dopóty, dopóki stan rozwoju techniki nie pozwoli na stworzenie lepszych alternatyw. Zapotrzebowanie na petrochemikalia będzie więc rosło, co w przypadku całej branży dobrze rokuje na przyszłość, chociaż wiele musi się jeszcze zmienić.

Petrochemia znajduje się obecnie w fazie koniecznej przemiany. Dojrzewająca świadomość społeczna w krajach rozwiniętych powoduje rosnącą presję na ograniczanie zastosowania plastiku i, w połączeniu z regulacjami, wymusza zmiany strukturalne w branży petrochemicznej. Należy na nie jednak patrzeć nie jak na zagrożenie, lecz długoterminową szansę na przetrwanie i umacnianie dominującej roli petrochemii w dzisiejszym świecie. Przejawia się to rosnącym udziałem recyklingu w zagospodarowaniu odpadów

pochodzenia petrochemicznego. Wiąże się z tym jednak szereg ograniczeń, które sprawiają, że wyskalowanie procesów odzysku plastików nastąpi, ale potrzeba do tego czasu oraz dużego zaangażowania na każdym etapie cyklu życia produktu. Rozwiązaniem problemu zarówno emisji, jak i alarmującego wzrostu masy odpadów jest nie sam recykling, lecz GOZ, tj. gospodarka obiegu zamkniętego, która obejmuje nie tylko plastiki i petrochemikalia, ale też wszystkie materiały i produkty. Zaangażowanie powinno bowiem rozpoczynać się już u samych producentów petrochemikaliów (np. poprzez zastosowanie niskoemisyjnych technologii) oraz wytwórców plastikowych produktów końcowych (stosujących np. odpowiednie oznaczenie [taggowanie] polimerów), przez szerokie społeczeństwo (prowadzące odpowiednią segregację odpadów, nastawione na powtórne używanie produktów), na infrastrukturze do segregacji i recyklingu kończąc.

Coraz częściej napływające sygnały o tym, że petrochemia chce brać odpowiedzialność za swoje produkty, ścierają się obecnie z poszukiwaniem dla niej alternatyw pochodzenia naturalnego. Należy jednak pamiętać, że słomki czy torebki papierowe, w produkcji których wykorzystuje się chemię (np. ług sodowy), stanowią tylko prowizoryczne rozwiązanie. Podobnie dzieje się w przypadku bioplastików,

których produkcja wymaga wyparcia z pól uprawnych żywności, przez co uzyskanie przez nią odpowiedniej skali jest mało prawdopodobne. Zastosowanie biokomponentów sprawia, że jeden problem społeczny w postaci zanieczyszczeń powietrza zastępujemy znacznie poważniejszym problemem niedożywienia czy głodu, wciąż zanieczyszczając przy tym wodę i środowisko. Idealnym rozwiązaniem dla petrochemii w okresie przejściowym, a więc do czasu pojawienia się czwartego obok ropy, gazu i węgla surowca do produkcji petrochemikaliów w postaci OZE, jest produkcja bioplastików II generacji, pochodzących z odpadów rolnych. Ograniczeniem w tym przypadku jest jednak znów skala i dostępność materiału, a także powtarzalność jego jakości i właściwości.

Docelowo należy więc dać światowej petrochemii, mieszkańcom ziemi i producentom dóbr konsumpcyjnych szansę i czas na to, aby nauczyli się mądrze zarządzać odpadami i konsumować racjonalnie. Zrównoważony rozwój w połączeniu z domknięciem cyklu życia produktu jest najbardziej efektywny kosztowo i może przynieść najlepsze skutki dla społeczeństwa. Petrochemia ma przed sobą również wspomnianą wielką szansę w postaci taniego lub darmowego źródła energii odnawialnej (OZE), która pozwoli branży stać się częścią zrównoważonego rozwoju dla nas wszystkich.

Jak rozwiązać problem plastiku i petrochemicznych emisji?



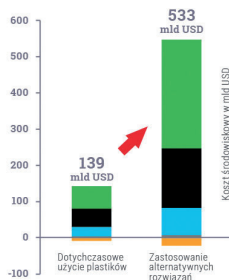
Rosnące zanieczyszczenie środowiska plastikowymi odpadami i problem emisyjności przemysłu skłania do działania.

Możliwości są dwie – szukać alternatyw lub poprawić to, co mamy dziś.



Rezygnacja z plastiku nie jest korzystna dla środowiska i klimatu

Zeby rezygnacja z foliówki przyniosła pozytywny efekt środowiskowy, torby z innych materiałów muszą być użyte przeciętnie **40 razy!**



W skali całej gospodarki światowej rezygnacja z plastiku zwiększy koszt środowiskowy 3,8-krotnie.

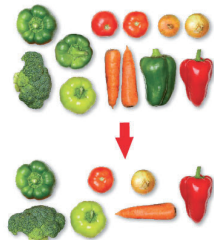


Zrównoważony rozwój bazuje na produktach petrochemicznych

Petrochemikalia przynoszą gospodarce i środowisku szereg korzyści. Umożliwiają m.in. rozwój elektromobilności, mniejsze marnotrawienie żywności oraz zmniejszenie emisji z transportu produktów.

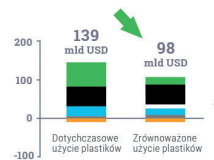


Rozwiązaniem jest domknięcie obiegu produktów i materiałów powiązane z wydłużeniem cyklu życia produktów oraz modelu konsumpcji.



Rezygnacja z petrochemii też nie jest rozwiązaniem

Nawozy sztuczne pozwalają na większą produkcję żywności. Brak odpowiedniego nawożenia spowodowałby spadek produkcji produktów rolnych o połowę.



Wprowadzenie zmian w produkcji, transporcie i gospodarce odpadami, zmniejszy koszt środowiskowy o 30%.



Obecne technologie produkcji plastików z biowasodów nie są lepsze dla środowiska niż ropopochodne odpowiedniki. Przenoszą szkody środowiskowe z emisyjności na zanieczyszczanie gleb i wód.



Technologie ograniczania emisji z wydobycia i przerobu ropy i gazu są znane. **W powiązaniu z zieloną energią pojawi się zeroemisyjna petrochemia.**

Petrochemia ma przyszłość

Bibliografia

- Ajuntament de Barcelona, *Barcelona's Commitment to the Climate*, <http://eldigital.barcelona.cat/wp-content/uploads/2016/10/Barcelona-Committed-to-Climate-1.pdf> (9.08.2019).
- Alliance To End Plastic Waste, *The Alliance Launches Today*, <https://endplasticwaste.org/latest/the-alliance-launches-today/> (5.08.2019).
- American Fuel & Petrochemical Manufacturere, *How Much Oil is in an Electric Vehicle?*, <https://www.visualcapitalist.com/how-much-oil-electric-vehicle/> (17.07.2019).
- Banking on Climate Change, *Fossil Fuel Finance Report Card 2019*, <http://priceofoil.org/content/uploads/2019/03/Banking-on-Climate-Change-2019-final.pdf> (1.08.2019).
- Bax & Willems, *Lightweighting automotive past, present and future collaborative R&D&i*, <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/sites/default/files/report/The%20Role%20of%20Lightweight%20in%20Today%E2%80%99s%20an%20Tomorrow%E2%80%99s%20Car%20Manufacturing.pdf> (25.07.2019).
- BBC, *McDonald's paper straws cannot be recycled*, <https://www.bbc.com/news/business-49234054> (28.08.2019).
- Berjoza D., *Influence Of Batteries Weight On Electric Automobile Performance*, <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2017/Papers/N316.pdf> (25.07.2019).
- Berman A., *Shale Gas Is Not A Revolution*, <https://www.forbes.com/sites/arthurberman/2017/07/05/shale-gas-is-not-a-revolution/#986c1a831b57> (9.08.2019).
- BP Energy Outlook 2019, <http://www.bp.com/energyoutlook> (18.07.2019).
- BP Statistical Review of World Energy 2019 – Crude Oil, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-oil.pdf> (7.08.2019).
- BP Statistical Review of World Energy 2019 – Natural Gas, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-natural-gas.pdf> (7.08.2019).
- Business Insider, *In some countries, people face jail time for using plastic bags. Here are all the places that have banned plastic bags and straws so far*, <https://www.businessinsider.com/plastic-bans-around-the-world-2019-4?IR=T> (5.08.2019).
- Center for International Environmental Law, *Facts & Figures of the European chemical industry 2018*, https://cefic.org/app/uploads/2018/12/Cefic_FactsAnd_Figures_2018_Industrial_BROCHURE_TRADE.pdf (12.07.2019).
- Center for International Environmental Law, *Plastic & Climate The Hidden Costs of a Plastic Planet*, <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf> (15.07.2019).
- Clemson University, *Life Cycle Assessment of Grocery Bags in Common Use in the United States*, https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=cudp_environment (1.08.2019).
- CNBC & Total, *Five barrels of water for one barrel of oil*, <https://www.cnbc.com/advertorial/2017/11/13/five-barrels-of-water-for-one-barrel-of-oil.html> (18.07.2019).
- Committee on Climate Change, *Fourth Carbon Budget Review – technical report*, https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/1785b-CCC_TechRep_Singles_Chap3_1.pdf (25.07.2019).
- DuPont, *Vehicle Weight Reduction for Optimal Performance*, <https://www.dupont.com/industries/automotive/articles/lightweighting.html> (12.07.2019).
- E&P Forum and UNEP, *Environmental management in oil and gas exploration and production*, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8275/-Environmental%20Management%20in%20Oil%20&%20Gas%20Exploration%20&%20Production-19972123.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (7.07.2019).

- EIA, *Henry Hub Natural Gas Spot Price*, <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhda.htm> (9.08.2019).
- EIA, *How much gasoline does the United States consume?*, <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=23&t=10> (9.08.2019).
- EIA, *Shale Gas Production*, https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_prod_shalegas_s1_a.htm (9.08.2019).
- Electric Vehicle Database, *Compare hybrid and electric vehicles*, <https://ev-database.org> (26.07.2019).
- Ellen MacArthur Foundation, *New Plastics Economy Global Commitment*, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/GC-Report-June19.pdf> (5.08.2019).
- Encyclopaedia Britannica, *Petrochemical*, <https://www.britannica.com/science/petrochemical> (15.07.2019).
- Encyclopaedia Britannica, *Plastic*, <https://www.britannica.com/science/plastic> (15.07.2019).
- Environment Agency, *Life cycle assessment of supermarket carrier bags: a review of the bags available in 2006*, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291023/scho0711buan-e-e.pdf (1.08.2019).
- EPS Industry Alliance, *Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam Applications & Technical Data*, <https://my.civil.utah.edu/~bartlett/Geofoam/EPS%20Geofoam%20Applications%20&%20Technical%20Data.pdf> (22.07.2019).
- Euromap, *Plastics Resin Production and Consumption in 63 Countries Worldwide*, <http://www.pagder.org/images/files/euomappreview.pdf> (18.07.2019).
- European Commission, *JRC Technical Reports. Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings*, <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108692/kj1a28816enn.pdf> (25.07.2019).
- Eurostat, *Agri-environmental indicator – greenhouse gas emissions*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_greenhouse_gas_emissions (1.08.2019).
- Food and Agriculture Organization in the United Nations, *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment*, <http://www.fao.org/3/i3461e/i3461e03.pdf> (1.08.2019).
- Food and Agriculture Organization in the United Nations, *Key facts and findings, GHG emissions by livestock*, <http://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/> (29.08.2019).
- Food and Agriculture Organization in the United Nations, *Key facts on food loss and waste you should know!*, <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/> (1.08.2019).
- Food and Agriculture Organization in the United Nations, *State of Food Security Nutrition*, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/> (9.08.2019).
- Fuel Economy, *Office of Energy Efficiency & Renewable Energy*, <https://www.fueleconomy.gov/> (16.07.2019).
- Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L., *Production, use, and fate of all plastics*, <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782> (15.07.2019).
- Global Trade Review, *Barclays to stop funding for new thermal coal. Arctic oil projects*, <https://www.gtreview.com/news/sustainability/barclays-to-stop-funding-for-new-thermal-coal-arctic-oil-projects/> (9.08.2019).
- Google Trends, <https://trends.google.com/trends/explore?date=2004-01-01%202019-07-31&q=plastic%20ocean,plastic%20waste,plastic%20pollution,zero%20waste> (5.08.2019).
- Greenpeace, *Stop single-use plastic!*, <https://www.greenpeace.org/southeastasia/act/stop-single-use-plastic/> (17.07.2019).
- International Council On Clean Transportation, *Lightweighting Technology Developments*, https://theicct.org/sites/default/files/publications/PV-Lightweighting_Tech-Briefing_ICCT_07032017.pdf (25.07.2019).
- International Energy Agency, *The Future of Petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers*, https://webstore.iea.org/Content/Images/uploaded/The_Future_of_Petrochemicals_Methodological_Annex.pdf (18.07.2019).
- *Katalog produktowy Citroen*, <https://www.citroen.com/en/> (26.07.2019).
- *Katalog produktowy OPEL*, <https://www.opel.pl/> (26.07.2019).
- *Katalog produktowy Renault*, <https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/zoe.html> (26.07.2019).

- KEA Climate Protection and Energy Agency of Baden-Württemberg GmbH, *The significance of thermal insulation*, http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/the_significance_of_thermal_insulation.pdf (25.07.2019).
- Kominers S.D., *People Make It So Hard to Ditch Plastic Straw*, https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2019-07-15/people-make-it-so-hard-to-ditch-plastic-straws?utm_source=whatsapp&utm_medium=msg&utm_campaign=whatsapp (17.07.2019).
- Komisja Europejska, *Periodic Reporting for period 1 - Fresh Solutions (Fresh Solutions – 'A fresh approach to food packaging')*, <https://cordis.europa.eu/project/rcn/210402/reporting/fr> (1.08.2019).
- Komisja Europejska, *The Potential For CCS And CCU In Europe Report To The Thirty Second Meeting Of The European Gas Regulatory Forum 5-6 June 2019*, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/iogp_-_report_-_ccs_ccu.pdf (16.08.2019).
- Masnadi M.S. i in., *Global carbon intensity of crude oil production*, https://www.researchgate.net/publication/327328315_Global_carbon_intensity_of_crude_oil_production (7.08.2019).
- Material Economics, *The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation. Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry*, <https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2018/06/FINAL-MATERIAL-ECONOMICS-CIRCULAR-ECONOMY-SUMMARY.pdf> (6.08.2019).
- Ministerstwo Środowiska, *Gospodarka o obiegu zamkniętym*, <https://www.gov.pl/web/srodowisko/goz> (26.08.2019).
- Ministry of Environment and Food of Denmark, Environmental Protection Agency, *Life Cycle Assessment of grocery carrier bags*, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2018/02/978-87-93614-73-4.pdf> (1.08.2019).
- Mistré M., *Shale gas production costs: historical developments and outlook*, http://www.insightenergy.org/system/publication_files/files/000/000/067/original/RREB_Shale_Gas_final_20170315_published.pdf?1494419889 (9.08.2019).
- MIT Technology Review, *Get ready for more and taller skyscrapers*, <https://www.technologyreview.com/s/611878/get-ready-for-more-and-taller-skyscrapers/> (19.07.2019).
- OECD, *Glossary*, <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=819> (28.08.2019).
- PKN ORLEN, *Filary trwałego rozwoju przedsiębiorstw. Wizja, surowce, talenty*, zeszyt 11, https://napedzamyprzyszlosc.pl/files/Raport/Raport/PKN_ORLEN_Filary_trwaego_rozwoju_przedsiębiorstw_-_Wizja_surowce_talenty.pdf (28.08.2019).
- PET Resin Association, *Little-Known Facts about PET Plastic*, http://www.petresin.org/news_didyouknow.asp (26.07.2019).
- Petroleum Service Company, *What's in a Barrel of Oil? The 42-Gallon Breakdown*, <https://petroleumservicecompany.com/blog/oil-barrel-42-gallon-breakdown/> (18.07.2019).
- Plastics Europe, *Plastics – the Facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data*, https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf (15.07.2019).
- Plastics Europe, *Recycling and Energy Recovery*, <https://www.plasticseurope.org/en/focus-areas/circular-economy/zero-plastics-landfill/recycling-and-energy-recovery> (8.08.2019).
- Plastics Industry Association, *Plastics Market Watch Transportation A Series On Economic – Demographic Consumer & Technology Trends In Specific Plastics End Market*, <https://www.plasticsindustry.org/sites/default/files/2019-TransportationMarketWatch.pdf> (25.07.2019).
- Plastics Recyclers Europe, *Chemical recycling*, <https://www.plasticsrecyclers.eu/chemical-recycling> (8.08.2019).
- Polskie Stowarzyszenie Zero Waste, *Czym jest zero waste?*, <http://zero-waste.pl/czym-jest-zero-waste/> (5.08.2019).
- Projekt STOP, *Frontline action to stop marine plastic pollution*, <https://www.stopoceanplastics.com/> (17.07.2019).
- Putri R.E., *The water and land footprint of bioplastics*, <https://www.utwente.nl/en/et/wem/education/msc-thesis/2018/putri.pdf> (6.08.2019).
- PwC, *The Long View How will the global economic order change by 2050?*, <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf> (19.07.2019).
- Quiros R., Villalba G., Gabarrell X., Munoz P., *Life cycle assessment of organic and mineral fertilizers in a crop sequence of cauliflower and tomato*, <http://www.bioline.org.br/pdf?st15310> (9.08.2019).

- Ragaert K., Delva L., Van Geem K., *Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste*, https://www.researchgate.net/publication/319189954_Mechanical_and_chemical_recycling_of_solid_plastic_waste (8.08.2019).
- Reuters, *RBS to stop financing new coal plants, oil sands or arctic oil projects*, <https://www.reuters.com/article/us-rbs-strategy-fossil-fuels/rbs-to-stop-financing-new-coal-plants-oil-sands-or-arctic-oil-projects-idUSKCN1IU155> (9.08.2019).
- Stewart W.M., Roberts T.L., *Food Security and the Role of Fertilizer in supporting it*, <https://core.ac.uk/download/pdf/82098360.pdf> (7.08.2019).
- Tabone M.D., Cregg J.J., Beckman E.J., Landis A.E., *Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers*, http://www.news.pitt.edu/sites/default/files/documents/TaboneLandis_etal.pdf (6.07.2019).
- The Economist, *Bright lights, big cities*, <https://www.economist.com/node/21642053> (25.07.2019).
- The Economist, *Ever more countries are banning plastic bags*, <https://www.economist.com/graphic-detail/2019/07/24/ever-more-countries-are-banning-plastic-bags> (30.07.2019).
- The European Petrochemical Association, *The Role of Clusters in the Chemical Industry*, <https://newsroom.epca.eu/wp-content/uploads/2017/02/946705.pdf> (9.08.2019).
- The Guardian, *McDonald's to switch to paper straws in UK after customer campaign*, <https://www.theguardian.com/business/2018/jun/15/mcdonalds-to-switch-to-paper-straws-in-uk-after-customer-concern> (28.08.2019).
- The Guardian, *The plastic backlash: what's behind our sudden rage – and will it make a difference?*, <https://www.theguardian.com/environment/2018/nov/13/the-plastic-backlash-whats-behind-our-sudden-rage-and-will-it-make-a-difference> (5.08.2019).
- The Guardian, *World Bank to end financial support for oil and gas extraction*, <https://www.theguardian.com/business/2017/dec/12/uk-banks-join-multinationals-pledge-come-clean-climate-change-risks-mark-carney> (1.08.2019).
- Trucost, *Plastics and Sustainability: A Valuation of Environmental Benefits, Costs and Opportunities for Continuous Improvement*, <https://plastics.americanchemistry.com/Plastics-and-Sustainability.pdf> (8.07.2019).
- Umweltbundesamt, *Study of the Environmental Impacts of Packagings Made of Biodegradable Plastics*, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4446.pdf> (6.08.2019).
- United Nations, *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, <https://data.worldbank.org/indicator/sp.urb.totl.in.zs?end=2015&start=1960> (19.07.2019).
- United Nations, *World Population Prospects 2019*, <https://population.un.org/wpp/> (18.07.2019).
- United Nations Environment, *Single-Use Plastics, A Roadmap for Sustainability*, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?isAllowed=y&sequence=1 (15.07.2019).
- United Nations Environment & Beat Plastic Pollution, *Our planet is drowning plastic pollution*, <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/> (15.07.2019).
- United Nations Environmental Protection, *Microplastics: Trouble in the Food Chain*, https://uneplive.unep.org/media/docs/early_warning/microplastics.pdf (15.07.2019).
- United States Environmental Protection Agency, *Sources of Greenhouse Gas Emissions*, <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> (1.08.2019).
- Visual Capitalist, *What Can be Made from One Barrel of Oil*, <https://www.visualcapitalist.com/can-made-one-barrel-oil/> (17.07.2019).
- Waitrose & Partners, *Food And Drink Report 2018–19*, https://waitrose.pressarea.com/pressrelease/details/78/NEWS_13/10259 (5.08.2019).
- Wall Street Journal, *Big Oil Investors Rethink Their Bets*, <https://www.wsj.com/articles/big-oil-investors-rethink-their-bets-1514992061> (9.08.2019).
- Wisne D., *High Performing Buildings, Nine Ways Chemistry Contributes to High Performing Buildings*, <http://www.hpbmagazine.org/Nine-Ways-Chemistry-Contributes-to-High-Performing-Buildings/> (22.07.2019).
- Wohner B., Pauer E., Heinrich V., Tacker M., *Packaging-Related Food Losses and Waste: An Overview of Drivers and Issues*, <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/264/pdf> (1.08.2019).

- Wood Mackenzie, *Is the outlook for China's petrochemicals market hanging in the balance?*, <https://www.woodmac.com/news/opinion/outlook-china-petrochemical-market-balance/> (9.08.2019).
- World Petroleum Council Guide, *World Petroleum Council Guide: Petrochemicals and Refining*, http://www.world-petroleum.org/docs/docs/publications/petrochemicals/wpc-guide2_layout_lo-res.pdf (12.07.2019).
- WRAP, *Understanding plastic packaging and the language we use to describe it*, <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Understanding%20plastic%20packaging%20FINAL.pdf> (6.08.2019).
- WWF, *The lifecycle of plastics*, <https://www.wwf.org.au/news/blogs/the-lifecycle-of-plastics> (16.07.2019).
- WWF, *No more plastic in nature*, <http://www.wwfca.org/en/stopplastic/> (17.07.2019).
- Zhang Q, Hu S., Chen D., *A comparison between coal-to-olefins and oil-based ethylene in China: An economic and environmental prospective*, <https://www.columbiariverkeeper.org/sites/default/files/2018-12/Exh.%205%20Qun%20et.%20al.%202017%20%281%29.pdf> (7.08.2019).

W raporcie wykorzystano również dane następujących ośrodków badawczych i przedsiębiorstw: Arkema, BASF, Clariant, DOW DuPont, Eurostat, Evonik, GUS, IHS, Lanxess, LyondellBasell, Solvay oraz UNEP.







Napędzamy Przyszłość to autorski projekt PKN ORLEN, którego celem jest inicjowanie dyskusji nad najważniejszymi zagadnieniami z zakresu gospodarki, ekonomii, biznesu czy kwestii społecznych. W ramach projektu organizowane są debaty i panele dyskusyjne z udziałem ekspertów, a także publikowane autorskie raporty.

Więcej o projekcie na www.napedzamyprzyszlosc.pl

Druk na papierze ekologicznym