

## RAPORT NR 17

# Wpływ na zapotrzebowanie na nowe kompetencje w kontekście gospodarki tworzywami sztucznymi, środowiska i zdrowia człowieka: aktualny stan wiedzy i przyszłe trendy

Raport cząstkowy

## Cel

Niniejszy raport jest kolejnym z serii raportów, realizowanych w ramach comiesięcznych Raportów monitoringu potrzeb przedsiębiorstw i pracowników w kontekście zapotrzebowania na kompetencje.

Raport jest kontynuacją raportów poświęconych zmianom środowiskowym związanym z nadmierną produkcją tworzyw trudno przetwarzalnych. Celem raportu jest przedstawienie zmieniającego się zapotrzebowania na kompetencje w kontekście niebezpieczeństw związanych ze złym gospodarowaniem odpadami.

Raport nie ma na celu analizowania programów nastwionych na ekologizację wręcz przeciwnie ma na celu wskazanie co się dzieje kiedy nie zgadzamy się bądź bagatelizujemy obecną sytuację. Co ważne celem jest również wskazanie że, to nie tylko sektory przemysłowe są za to odpowiedzialne.

## Wstęp

Wiele z obecnych zastosowań i przewidywanych korzyści płynących z zastosowania tworzyw sztucznych jest zgodnych z tym, co nakreślili Yarsley i Couzens w latach 40-tych ubiegłego wieku. Ich opis korzyści, jakie przyniosą tworzywa sztuczne osobie urodzonej prawie 70 lat temu, na początku "ery tworzyw sztucznych", był pełen optymizmu:

*Jest to świat wolny od moli i rdzy i pełen kolorów, świat w dużej mierze zbudowany z materiałów syntetycznych wykonanych z najbardziej uniwersalnych substancji, świat, w którym narody są coraz bardziej niezależne od lokalnych zasobów naturalnych, świat, w którym człowiek, jak magik, tworzy to, co chce dla niemal każdej potrzeby z tego, co jest pod nim i wokół niego* (Yarsley & Couzens 1945, s. 152).

Trwałość tworzyw sztucznych i ich potencjał do różnorodnych zastosowań, w tym do powszechnego wykorzystania jako przedmioty jednorazowego użytku, były przewidywane, ale problemy związane z gospodarką odpadami i plastikowymi śmieciami nie były przewidywane.

W rzeczywistości przewidywano, że "świat będzie o wiele jaśniejszy i czystszy niż ten, który poprzedzał erę tworzyw sztucznych" (Yarsley & Couzens 1945, s. 152).

## **Tworzywa sztuczne**

Tworzywa sztuczne to niedrogie, lekkie, mocne, trwałe, odporne na korozję materiały o wysokich właściwościach termoizolacyjnych i elektrycznych. Różnorodność polimerów i uniwersalność ich właściwości jest wykorzystywana do wytwarzania szerokiej gamy produktów, które przynoszą postęp medyczny i technologiczny, oszczędność energii i wiele innych korzyści społecznych (Andrady & Neal 2009). W związku z tym w ciągu ostatnich 60 lat produkcja tworzyw sztucznych znacznie wzrosła - z około 0,5 miliona ton w 1950 roku do ponad 260 milionów ton obecnie. W samej Europie przemysł tworzyw sztucznych osiąga obroty przekraczające 300 milionów euro i zatrudnia 1,6 miliona osób. Z tworzywami sztucznymi mamy do czynienia niemal we wszystkich aspektach życia codziennego - w transporcie, telekomunikacji, odzieży, obuwiu oraz jako materiały opakowaniowe ułatwiające transport szerokiej gamy produktów spożywczych, napojów i innych towarów. Istnieje znaczny potencjał dla nowych zastosowań tworzyw sztucznych, które przyniosą korzyści w przyszłości, na przykład w nowatorskich zastosowaniach medycznych, w produkcji energii odnawialnej oraz poprzez zmniejszenie zużycia energii w transporcie (Andrady & Neal 2009).

Polimery z tworzyw sztucznych rzadko są stosowane same w sobie i zazwyczaj żywice polimerowe są mieszane z różnymi dodatkami w celu poprawy wydajności. Dodatki te obejmują nieorganiczne wypełniacze, takie jak węgiel i krzemionka, które wzmacniają materiał, plastyfikatory, aby uczynić materiał giętkim, stabilizatory termiczne i ultrafioletowe, środki zmniejszające palność i barwniki. Wiele takich dodatków jest stosowanych w znacznych ilościach i w szerokiej gamie produktów (Meeker et al. 2009). Niektóre chemiczne dodatki są potencjalnie toksyczne (na przykład ołów i cyna tributylova w polichloroku winylu, PVC), ale istnieją znaczne kontrowersje co do zakresu, w jakim dodatki uwalniane z produktów z tworzyw sztucznych (takie jak ftalany i bisfenol A, BPA) mają niekorzystne skutki w populacjach zwierząt lub ludzi. Głównym zagadnieniem jest tutaj powiązanie rodzajów i ilości dodatków obecnych w tworzywach

sztucznych z ich pobieraniem i akumulacją przez organizmy żywe. Dodatki budzące szczególne obawy to plastyfikatory ftalanowe, BPA, bromowane środki zmniejszające palność i środki antybakteryjne. BPA i ftalany występują w wielu masowo produkowanych wyrobach, w tym w urządzeniach medycznych, opakowaniach żywności, perfumach, kosmetykach, zabawkach, materiałach podłogowych, komputerach i płytach CD, i mogą stanowić znaczną część tworzywa sztucznego. Na przykład, ftalany mogą stanowić znaczną część wagową PCW, podczas gdy BPA jest monomerem stosowanym do produkcji tworzyw poliwęglanowych, jak również dodatkiem stosowanym do produkcji PCW. Ftalany mogą być wypłukiwane z produktów, ponieważ nie są chemicznie związane z matrycą plastikową, i przyciągnęły szczególną uwagę ze względu na dużą wielkość produkcji i szerokie zastosowanie (Wagner & Oehlmann 2009; Talsness et al. 2009). Ftalany i BPA są wykrywalne w środowisku wodnym, w pyłe oraz, ze względu na ich lotność, w powietrzu (Rudel et al. 2001, 2003). Istnieją poważne obawy dotyczące negatywnego wpływu tych substancji chemicznych na dzikie zwierzęta i ludzi (Meeker et al. 2009; Oehlmann et al. 2009). Oprócz uzależnienia od ograniczonych zasobów w produkcji tworzyw sztucznych i obaw związanych z efektem addytywnym różnych substancji chemicznych, obecne wzorce użytkowania powodują globalne problemy związane z gospodarką odpadami. Barnes et al. (2009) wykazują, że odpady z tworzyw sztucznych, w tym opakowania, sprzęt elektryczny i tworzywa sztuczne z pojazdów wycofanych z eksploatacji, są głównymi składnikami zarówno odpadów domowych, jak i przemysłowych; nasze możliwości składowania odpadów na wysypiskach są ograniczone, a w niektórych miejscach wysypiska są na granicy pojemności lub szybko się do niej zbliżają (Defra et al. 2006). Tak więc z kilku perspektyw wydaje się, że nasze obecne wykorzystanie i utylizacja tworzyw sztucznych jest powodem do niepokoju (Barnes et al. 2009; Hopewell et al. 2009).

## **Wpływ na środowisko**

Istnieją pewne opisy skutków oddziaływania odpadów pochodzących z siedlisk lądowych, na przykład połknięcie przez zagrożonego kondora kalifornijskiego, *Gymnogyps californianus*. Jednak zdecydowana większość prac opisujących środowiskowe konsekwencje odpadów z

tworzyw sztucznych dotyczy środowisk morskich i potrzebne są dalsze prace dotyczące siedlisk lądowych i słodkowodnych. Plastikowe śmieci powodują problemy estetyczne, a także stanowią zagrożenie dla działalności morskiej, w tym rybołówstwa i turystyki. Wyrzucone sieci rybackie powodują połowy "duchów", które mogą powodować straty w rybołówstwie komercyjnym (Moore 2008; Brown & Macfadyen 2007). Pływające odpady plastikowe mogą szybko zostać skolonizowane przez organizmy morskie, a ponieważ mogą utrzymywać się na powierzchni morza przez dłuższy czas, mogą następnie ułatwiać transport nierodzimych lub "obcych" gatunków (Barnes 2002; Barnes et al. 2009; Gregory 2009). Jednak problemy, które przyciągają największą uwagę opinii publicznej i mediów, to problemy wynikające z połknięcia i zaplątania się dzikich zwierząt. Zgłoszono, że ponad 260 gatunków, w tym bezkręgowce, żółwie, ryby, ptaki morskie i ssaki, połknęło lub zaplątało się w odpady z tworzyw sztucznych, co spowodowało zaburzenia w poruszaniu się i żerowaniu, zmniejszenie wydajności reprodukcyjnej, rany, owrzodzenia i śmierć (Laist 1997; Derraik 2002; Gregory 2009). Ograniczone dane z monitoringu, którymi dysponujemy, sugerują, że liczba przypadków zaplątania wzrosła z czasem (Ryan et al. 2009). Znane są przypadki połknięcia tworzyw sztucznych przez wiele gatunków o różnych sposobach odżywiania, w tym filtratorów, osadników i detrytywistów. Jednak połknięcie może być szczególnie problematyczne dla gatunków, które wybierają przedmioty z tworzyw sztucznych, ponieważ mylą je ze swoim pokarmem. W konsekwencji, częstość połknięć może być bardzo wysoka w niektórych populacjach. Na przykład 95 procent fulmarów wyrzuconych na brzeg martwych w Morzu Północnym ma plastik w swoich wnętrznościach, a znaczne ilości plastiku odnotowano we wnętrznościach innych ptaków, w tym albatrosów i prionów (Gregory 2009). Istnieją bardzo dobre dane na temat ilości odpadów połkniętych przez ptaki morskie, pochodzące z tusz martwych ptaków. Podejście to zostało wykorzystane do monitorowania czasowych i przestrzennych wzorców obfitości odpadów plastikowych na powierzchni morza w skali regionalnej w całej Europie (Van Franeker et al. 2005; Ryan et al. 2009).

## Wpływ na zdrowie ludzi

Jeśli chodzi o negatywny wpływ tworzyw sztucznych na populację ludzką, to istnieje coraz więcej literatury na temat potencjalnych zagrożeń dla zdrowia. Wiadomo, że szereg substancji chemicznych stosowanych do produkcji tworzyw sztucznych jest toksycznych. Biomonitoring (np. pomiar stężenia zanieczyszczeń środowiskowych w tkance ludzkiej) zapewnia zintegrowany pomiar narażenia organizmu na zanieczyszczenia pochodzące z wielu źródeł. Podejście to wykazało, że substancje chemiczne stosowane w produkcji tworzyw sztucznych są obecne w populacji ludzkiej, a badania z wykorzystaniem zwierząt laboratoryjnych jako organizmów modelowych wskazują na potencjalne niekorzystne skutki zdrowotne tych substancji chemicznych (Talsness et al. 2009). Obciążenie organizmu substancjami chemicznymi, które są stosowane w produkcji tworzyw sztucznych, zostało również skorelowane z niekorzystnymi skutkami w populacji ludzkiej, w tym z zaburzeniami reprodukcji (np. Swan et al. 2005; Swan 2008; Lang et al. 2008).

Interpretacja danych z biomonitoringu jest złożona, a kluczowym zadaniem jest zestawienie informacji z poziomami dawek, które uznaje się za toksyczne na podstawie badań doświadczalnych na zwierzętach laboratoryjnych. Pojęcie "toksyczności", a tym samym metody doświadczalne badania wpływu na zdrowie substancji chemicznych zawartych w tworzywach sztucznych oraz innych substancji chemicznych sklasyfikowanych jako substancje zaburzające gospodarkę hormonalną, przechodzi obecnie transformację (odwrócenie paradygmatu), ponieważ zaburzenie endokrynologicznych systemów regulacyjnych wymaga podejścia bardzo odmiennego od badania ostrych substancji toksycznych lub trucizn. Istnieją zatem liczne dowody na to, że tradycyjne podejścia toksykologiczne są nieadekwatne do ujawniania wyników takich jak "przeprogramowanie" systemów molekularnych w komórkach w wyniku narażenia na bardzo niskie dawki w krytycznych okresach rozwoju (np. Myers et al. 2009). Badania na zwierzętach doświadczalnych informują epidemiologów o możliwości wystąpienia niepożądanych skutków u ludzi, a tym samym odgrywają kluczową rolę w ocenie ryzyka chemicznego. Kluczowym wnioskiem z pracy Talsnessa i wsp. (2009) jest potrzeba zmiany naszego podejścia do badań

chemicznych w celu oceny ryzyka. Jak zauważają ci autorzy i inni, istnieje potrzeba zintegrowania koncepcji endokrynologicznych z założeniami leżącymi u podstaw oceny ryzyka chemicznego. W szczególności założenia, że krzywe zależności dawka-odpowiedź są monotoniczne i że istnieją dawki progowe (poziomy bezpieczne) nie są prawdziwe ani dla hormonów endogennych, ani dla substancji chemicznych o aktywności hormonalnej (co obejmuje wiele substancji chemicznych stosowanych w tworzywach sztucznych) (Talsness et al. 2009). Badanie zależności pomiędzy dodatkami do tworzyw sztucznych a niekorzystnym wpływem na człowieka stanowi szereg wyzwań. W szczególności, zmieniające się modele produkcji i stosowania zarówno tworzyw sztucznych, jak i zawartych w nich dodatków, a także poufny charakter specyfikacji przemysłowych sprawiają, że ocena narażenia jest szczególnie trudna. Rozwijająca się technologia, metodologia i podejścia statystyczne powinny pomóc w rozróżnieniu zależności pomiędzy tymi substancjami chemicznymi a skutkami zdrowotnymi. Jednakże w przypadku większości statystycznie istotnych zmian hormonalnych, które zostały przypisane narażeniom środowiskowym i zawodowym, rzeczywisty stopień zmian hormonalnych został uznany za subkliniczny. W związku z tym, więcej informacji jest wymagane na temat mechanizmów biologicznych, które mogą być naruszone przez dodatki z tworzyw sztucznych, a w szczególności, niskie dawki narażenia przewlekłego. W międzyczasie powinniśmy rozważyć strategie ograniczenia stosowania tych substancji chemicznych w produkcji tworzyw sztucznych i/lub opracować i przetestować alternatywne rozwiązania (na przykład cytryniany są opracowywane jako zastępcze plastyfikatory). Jest to cel nowej dziedziny zielonej chemii, która opiera się na założeniu, że rozwój chemikaliów do użytku w handlu powinien obejmować interakcję pomiędzy biologami i chemikami. Gdyby takie podejście było stosowane 50 lat temu, prawdopodobnie zapobiegłoby to rozwojowi substancji chemicznych, które są uznawane za prawdopodobne substancje zaburzające gospodarkę hormonalną (Anastas & Beach 2007). Istnieje również potrzeba, aby przemysł i niezależni naukowcy ściślej współpracowali ze sobą, a nie przeciw sobie, w celu skutecznego skupienia się na najlepszych sposobach postępowania.

## Wpływ na zapotrzebowanie na kompetencje

Sytuacja zdaje się być coraz bardziej poważna a w związku z tym pojawia się zapotrzebowanie na nowe możliwości przetwarzania tworzyw sztucznych.

Pojawiają się nowe technologie oraz nowe rozwiązania wymagające wyplenienia luk kompetencyjnych u pracowników, by mogli oni łatwiej przystosować się do konieczności ciągłej zmiany technologicznej ale i edukacyjnej.

Coraz częściej słyszymy o polimerach degradablech które są alternatywą dla konwencjonalnych tworzyw sztucznych na bazie ropy naftowej, a ich produkcja znacznie wzrosła w ostatnich dziesięcioleciach. Materiały o funkcjonalności porównywalnej z konwencjonalnymi tworzywami sztucznymi mogą być obecnie produkowane na skalę przemysłową; są one droższe niż polimery konwencjonalne i stanowią mniej niż 1 procent produkcji tworzyw sztucznych (Song et al. 2009). Biopolimery różnią się od polimerów konwencjonalnych tym, że ich surowcem jest odnawialna biomasa, a nie ropa naftowa. Mogą to być polimery naturalne (np. celuloza), polimery syntetyczne wykonane z monomerów biomasy (np. PLA) lub polimery syntetyczne wykonane z monomerów syntetycznych pochodzących z biomasy (np. polietylen uzyskany z bioetanolu) (WRAP 2009). Często określa się je mianem polimerów odnawialnych, ponieważ pierwotna biomasa, np. kukurydza uprawiana w rolnictwie, może być odtwarzana. Emisja netto dwutlenku węgla może być mniejsza niż w przypadku polimerów konwencjonalnych, ale nie jest równa zero, ponieważ rolnictwo i produkcja pestycydów generują dwutlenek węgla (WRAP 2009). Ponadto, w wyniku gwałtownego wzrostu populacji ludzkiej, wydaje się mało prawdopodobne, aby istniała wystarczająca ilość ziemi do uprawy roślin przeznaczonych na żywność, a co dopiero na znaczne ilości opakowań, w które można by ją zapakować. Jednym z rozwiązań jest przetwarzanie odpadów żywnościowych na biopolimery; ma to swoje zalety, ale ostatecznie będzie ograniczone przez ilość dostępnych odpadów żywnościowych.

Biopolimery, które są przeznaczone do rozkładu w kompostowniku przemysłowym są określane jako "biodegradable", podczas gdy te, które są przeznaczone do rozkładu w kompostowniku domowym są znane jako "kompostowalne". Materiały ulegające biodegradacji są korzystne w



określonych zastosowaniach, na przykład w przypadku opakowań towarów łatwo psujących się, gdzie niestety konieczne może być usunięcie nieotwartego i nieużywanego produktu wraz z opakowaniem. Song et al. (2009) wykazali doświadczalnie, że degradacja polimerów biodegradowalnych, w przeciwieństwie do kompostowalnych, może być bardzo powolna w kompostownikach domowych (typowo mniej niż 5% utraty biomasy w ciągu 90 dni). Degradacja tych polimerów na składowiskach odpadów jest również prawdopodobnie powolna i może powodować niepożądaną emisję metanu. Dlatego korzyści z biopolimerów są osiągnięte tylko wtedy, gdy są one usuwane do odpowiedniego systemu gospodarki odpadami, który wykorzystuje ich właściwości biodegradowalne. Zazwyczaj jest to osiągnięte poprzez kompostowanie przemysłowe w temperaturze 50°C przez około 12 tygodni, w wyniku którego powstaje kompost jako użyteczny produkt.

Niektóre biopolimery, takie jak PLA, ulegają biodegradacji, ale inne, takie jak polietylen otrzymywany z bioetanolu, nie ulegają. Kolejną komplikacją jest to, że polimery ulegające degradacji, w przeciwieństwie do biodegradowalnych (zwane również "oxo-biodegradowalnymi", "oxy-degradowalnymi" lub "UV-degradowalnymi") mogą być również wytwarzane ze źródeł opartych na ropie naftowej, ale w konsekwencji nie są biopolimerami. Te materiały ulegające degradacji to zazwyczaj polietylen wraz z dodatkami przyspieszającymi degradację. Są one wykorzystywane w wielu zastosowaniach i zaprojektowane tak, aby rozpadały się pod wpływem promieniowania UV i/lub suchego ciepła oraz naprężeń mechanicznych, pozostawiając małe cząsteczki plastiku. Nie ulegają one efektywnemu rozkładowi na składowiskach odpadów i niewiele wiadomo o skali czasowej, zakresie i skutkach ich degradacji w środowisku naturalnym (Barnes et al. 2009; Teuten et al. 2009). Polimery degradowalne mogą również pogorszyć jakość tworzyw sztucznych poddawanych recyklingowi, jeśli dostaną się do strumienia recyklingowego. W związku z tym, nie zaleca się stosowania polimerów degradowalnych do produkcji podstawowych opakowań detalicznych (WRAP 2009).

Istnieje powszechne błędne przekonanie, że polimery degradowalne i biodegradowalne stanowią rozwiązanie problemu odpadów z tworzyw sztucznych i związanych z nimi zagrożeń dla środowiska wynikających z zaśmiecania. Jednak większość z tych materiałów nie ulega szybkiej

degradacji w środowisku naturalnym i istnieją obawy, że polimery degradowalne na bazie ropy naftowej mogą po prostu rozpaść się na małe kawałki, które same w sobie nie są bardziej degradowalne niż tradycyjne tworzywa sztuczne (Barnes et al. 2009). Tak więc, mimo że polimery biodegradowalne oferują pewne rozwiązania w zakresie gospodarki odpadami, istnieją ograniczenia i znaczne niezrozumienie wśród społeczeństwa co do ich zastosowania (WRAP 2007). Aby uzyskać maksymalne korzyści z materiałów ulegających degradacji, biodegradowalnych i kompostowalnych, konieczne jest zatem określenie konkretnych zastosowań, które oferują wyraźne korzyści, oraz dopracowanie norm krajowych i międzynarodowych i powiązanego z nimi oznakowania produktów w celu wskazania właściwego wykorzystania i odpowiedniego usuwania.

Zauważyć należy że każda najmniejsza zmiana nawet taka która nie zabezpiecza nas przed „zasypaniem” odpadami wymaga dopracowania technologii a także zmiany w podejściu całego przedsiębiorstwa.

Potrzebne są na to ogromne zasoby finansowe ale i kadrowe/szkoleniowe. Szansą są programy jak chociażby Europejski zielony ład jednak nie są one w stanie rozwiązać wszystkich problemów.

W większości konieczna jest również zmiana myślenia o tworzywach sztucznych i recydingu.

## **Podsumowanie**

Patrząc w przyszłość, wydaje się, że nie zbliżamy się do końca "ery tworzyw sztucznych, a tworzywa sztuczne mogą wiele wnieść do życia społecznego. Andrady & Neal (2009) uważają, że tempo zmian technologicznych rośnie wykładniczo, tak że życie w roku 2030 będzie nie do poznania w porównaniu z życiem obecnym, a tworzywa sztuczne odegrają w tej zmianie znaczącą rolę. Tworzywa sztuczne mogą potencjalnie przyczynić się do postępu naukowego i medycznego, złagodzić cierpienie oraz pomóc w zmniejszeniu wpływu człowieka na środowisko naturalne naszej planety (Andrady & Neal 2009). Na przykład, tworzywa sztuczne będą prawdopodobnie odgrywać coraz większą rolę w zastosowaniach medycznych, w tym w

przeszczepach tkanek i organów; lekkie komponenty, takie jak te w nowym Boeingu 787, zmniejszą zużycie paliwa w transporcie; komponenty do wytwarzania energii odnawialnej i izolacji pomogą zmniejszyć emisję dwutlenku węgla, a inteligentne opakowania z tworzyw sztucznych bez wątpienia będą w stanie monitorować i wskazywać jakość łatwo psujących się towarów.

Podsumowując, tworzywa sztuczne oferują znaczące korzyści na przyszłość, ale jest oczywiste, że nasze obecne podejście do ich produkcji, stosowania i utylizacji nie jest zrównoważone i stanowi zagrożenie dla dzikiej przyrody i zdrowia ludzi. Dysponujemy znaczną wiedzą na temat wielu zagrożeń dla środowiska, a informacje na temat wpływu tworzyw sztucznych na zdrowie ludzi są coraz bogatsze, jednak nadal pozostaje wiele obaw i niejasności. Istnieją rozwiązania, ale mogą one być osiągnięte jedynie poprzez połączone działania. Rolę odgrywają tu osoby fizyczne, poprzez właściwe użytkowanie i usuwanie odpadów, w szczególności recykling; przemysł poprzez stosowanie zielonej chemii, redukcję zużycia materiałów oraz projektowanie produktów pod kątem ich ponownego użycia lub możliwości recyklingu po zakończeniu użytkowania; rządy i decydenci poprzez ustanowienie norm i celów, określenie odpowiedniego oznakowania produktów w celu informowania i zachęcania do zmian oraz poprzez finansowanie odpowiednich badań naukowych i rozwoju technologicznego. Środki te muszą być rozpatrywane w ramach analizy cyklu życia, która powinna obejmować wszystkie kluczowe etapy produkcji tworzyw sztucznych, w tym syntezę substancji chemicznych wykorzystywanych w produkcji, a także wykorzystanie i utylizację.

## **Rekomendacje**

W kwestii gospodarowania odpadami oraz konieczności wprowadzenia gospodarki cyrkularnej nasi przedsiębiorcy z sektora chemicznego są informowani.

Powstają nowe programy, stare natomiast zostają w dużej mierze aktywniej wprowadzane.

Jednak została jedna grupa która w tej kwestii nie jest do końca wyedukowana i przygotowana na zmianę. Są to zwykli odbiorcy i konsumenci tej wielkiej eko bomby.

Jednym z ważnych elementów funkcjonowania Rady powinna być próba edukacji społecznej. Konieczne jest wypracowanie takich metod by rozbudować krytyczne myślenie u zwykłych odbiorców działań sektora chemicznego.

## Bibliografia

- Andrady A. L., Neal M. A. 2009 Applications and societal benefits of plastics. *Phil. Trans. R. Soc. B* **364**, 1977–1984 ([doi:10.1098/rstb.2008.0304](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304))
- Defra 2008 *The milk roadmap* London, UK: Department of Environment, Food and Rural Affairs; <http://www.defra.gov.uk/environment/consumerprod/products/milk.htm#roadmap>
- Meeker J. D., Sathyanarayana S., Swan S. H. 2009 Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes. *Phil. Trans. R. Soc. B* **364**, 2097–2113 ([doi:10.1098/rstb.2008.0268](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0268))
- Moore C. J. 2008 Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environ. Res* **108**, 131–139 ([doi:10.1016/j.envres.2008.07.025](https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025))
- Rudel R. A., Camann D. E., Spengler J. D., Korn L. R., Brody J. G. 2003 Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air and dust. *Environ. Sci. Technol.* **37**, 4543–4553 ([doi:10.1021/es0264596](https://doi.org/10.1021/es0264596))
- Swan S. H. 2008 Environmental phthalate exposure in relation to reproductive outcomes and other health endpoints in humans. *Environ. Res* **108**, 177–184 ([doi:10.1016/j.envres.2008.08.007](https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.08.007))
- Talsness C. E., Andrade A. J. M., Kuriyama S. N., Taylor J. A., vom Saal F. S. 2009 Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health. *Phil. Trans. R. Soc. B* **364**, 2079–2096 ([doi:10.1098/rstb.2008.0281](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0281))
- Wagner M., Oehlmann J. 2009 Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles. *Environ. Sci. Pollut. Res* **16**, 278–286
- Van Franeker J. A., et al. 2005 Save the North Sea' Fulmar Study 2002–2004: [www.zeevogelgroep.nl](http://www.zeevogelgroep.nl).
- Yarsley V. E., Couzens E. G. 1945 *Plastics* Middlesex: Penguin Books Limited