

**Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska**

**Politechnika
Warszawska**

Ogólnopolski Konkurs

ZRÓWNOWAŻONE ŚRODOWISKO

**Przewodnik po edycji 23/24'
Gospodarka o Obiegu Zamkniętym**



**Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Konkurs o indeks PW „ZRÓWNOWAŻONE ŚRODOWISKO”

Edycja 23/24’ – Gospodarka o Obiegu Zamkniętym

Autorzy Przewodnika:

Łukasz Krysiak

Anna Rolewicz-Kalińska

Partner Konkursu





1

POSZUKAJ

Pomyśl o otoczeniu
Znajdź proces liniowy



2

PRZYJRZYJ SIĘ

Zbierz informacje
Zaobserwuj
Zrób schematy



4

OPISZ

Prezentuj pomysł
Rozrysuj schemat
Opisz „obieg”



3

RUSZ GŁOWĄ

Wymyśl proces na nowo!
Wprowadź cyrkularność



5

ANALIZUJ

Policz
Przeanalizuj
Porównaj
Prezentuj korzyści

6 ZGŁOŚ
PRACĘ

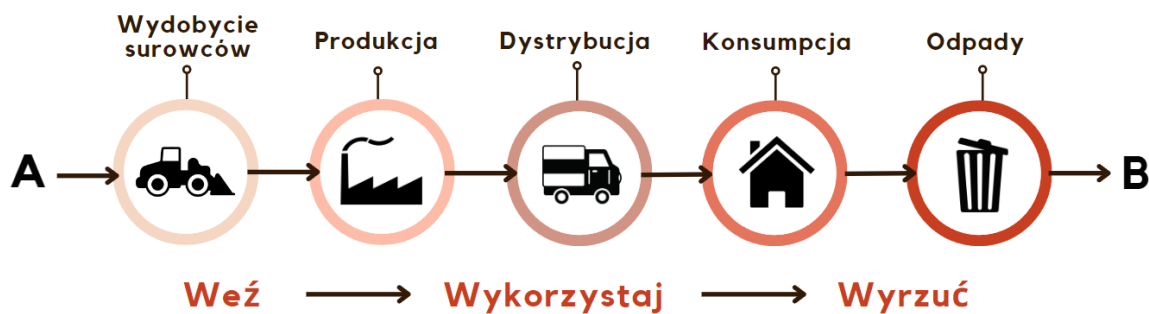


Wygraj indeks PW!

Gospodarka linearna – w czym problem?

Funkcjonowanie naszej cywilizacji opiera się na niezliczonych procesach, dzięki którym zapewniamy sobie przeżycie, rozwój, rozrywkę, zyski, wygodę... Dotyczy to rolnictwa, przemysłu, usług, a na poziomie jednostki - naszych codziennych zajęć, hobby, pracy...

W miarę postępu technicznego, rozwoju gospodarczego i wzrostu populacji intensywność procesów również szybko rosta. Niemal każdy z nich wykorzystuje „na wejściu” zasoby pierwotne, a na koniec pozostawia bezużyteczne odpady. Dotychczasowy model wytwarzania dóbr można określić jako „**weź-wykorzystaj-wyrzuć**”. Schemat **procesu** w tradycyjnym modelu linearnym przedstawiono na rys. 1 poniżej.

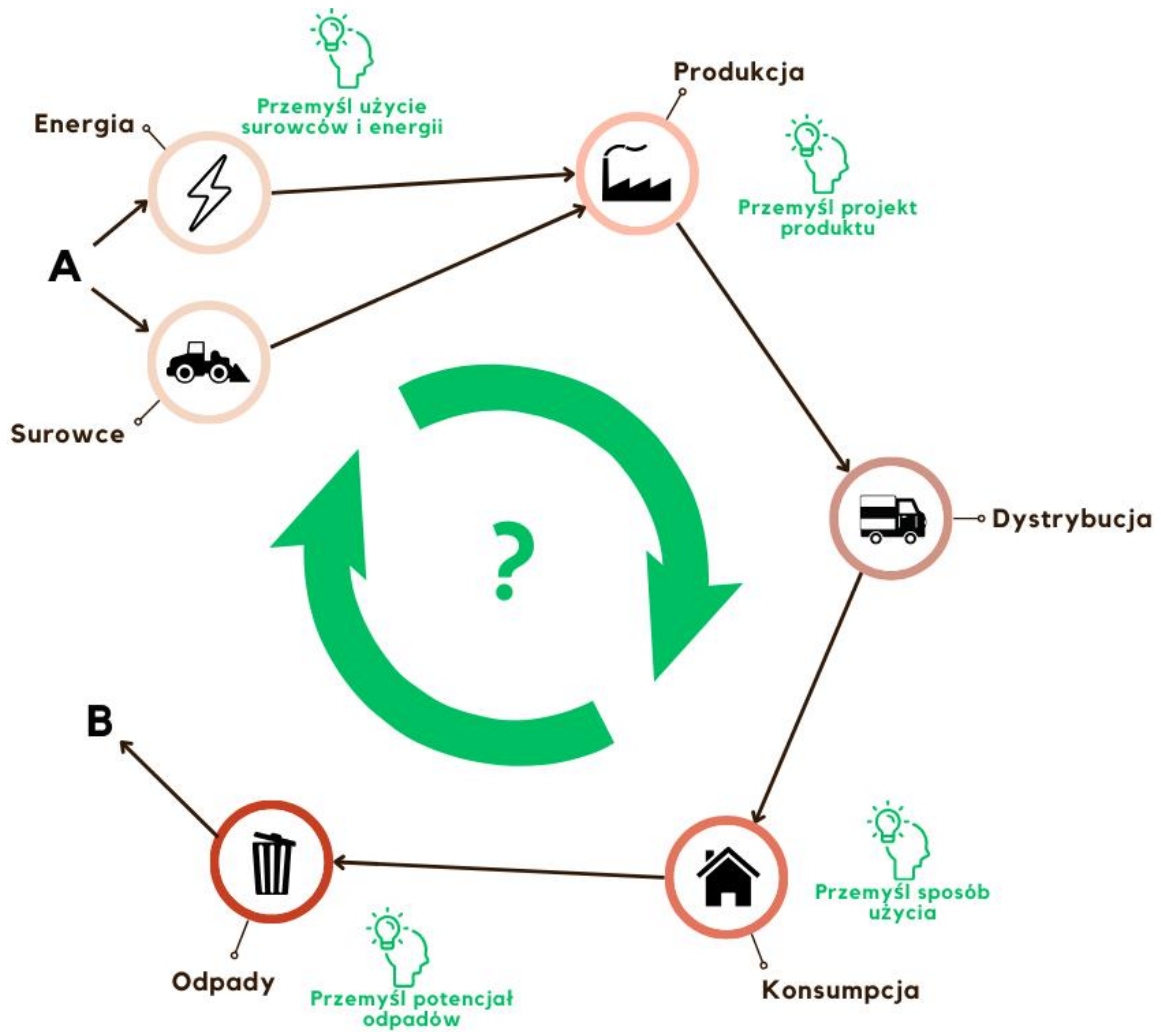


Rys. 1. Schemat procesu (strumienia) o charakterze liniowym

Zastanów się, jakie ograniczenia posiada ten model w warunkach globalnej cywilizacji? Często zapomina się o tym, jakie kluczowe aspekty modelu znajdują się na jego początku i końcu. A Ty jak myślisz, co kryje się w miejscach oznaczonych literami **A** i **B**?

Odpowiedź – **A** to wyczerpywalne **zasoby** surowców; **B** to skończone możliwości środowiska do regeneracji po obciążeniu odpadami i innymi rodzajami zanieczyszczeń. Są to dwie fundamentalne słabości modelu liniowego. Długoterminowe prowadzenie działalności linearnej prowadzi do ograniczenia dostępności surowców oraz obciążenia środowiska zbyt dużą ilością odpadów i innych zanieczyszczeń. Taki niezrównoważony układ wymusza konieczność zmiany charakteru procesu. Jest to typowa sytuacja, w której osiągnięte są krótkoterminowe korzyści kosztem przyszłych znaczących strat. Racjonalnym działaniem jest przejście na inne, bardziej zrównoważone, sposoby gospodarowania. Ale jak to zrobić?





Rys. 2. Schemat procesu cyrkularnego (prawie...)

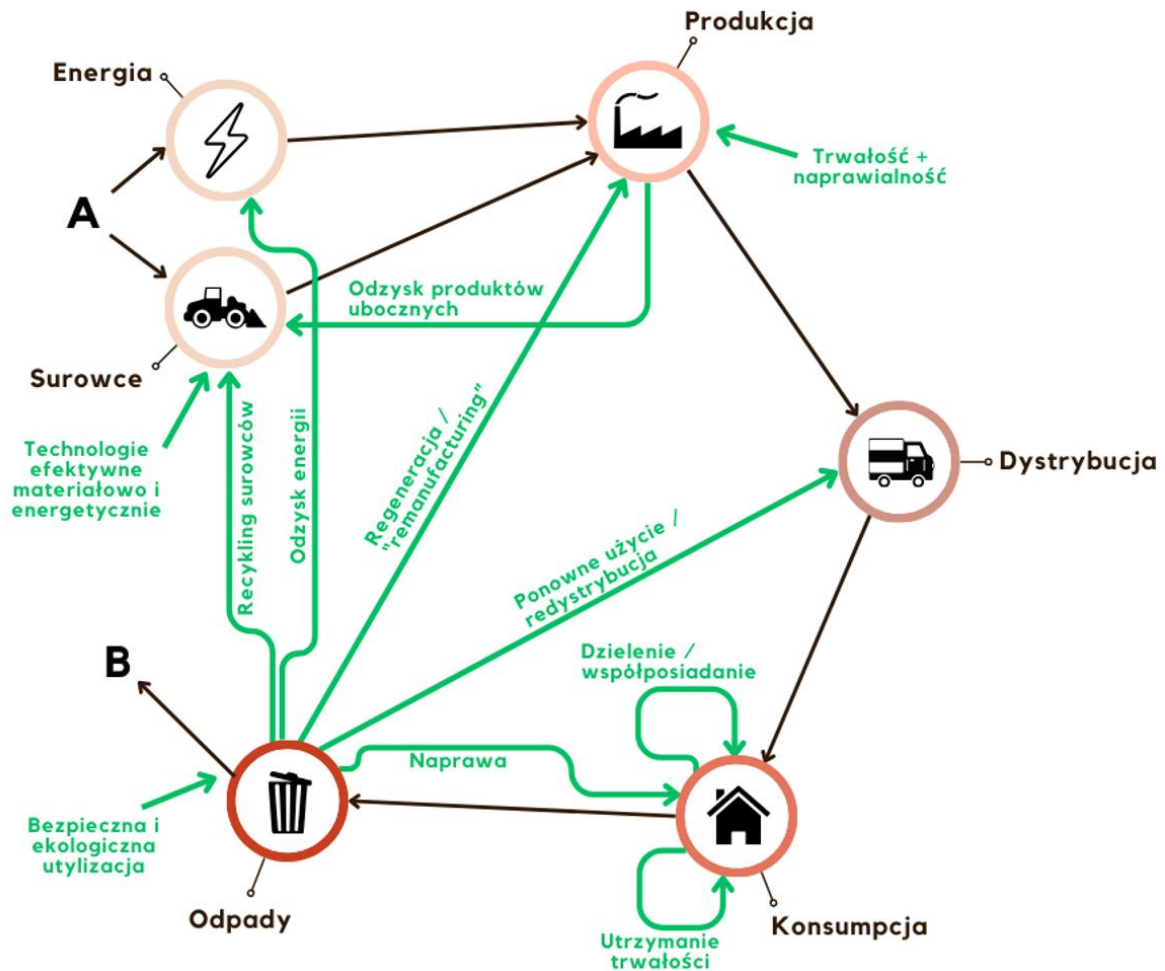
Tylko gdzie są te zamknięte obiegi? Zastanów się chwilę, jakie Ty znasz sposoby wprowadzenia cyrkularności. Schemat ilustrujący wybrane ich przykłady na różnych etapach procesu przedstawia rys. 3.

Pamiętaj, że podobne analizy i zmiany dotyczą nie tylko produktów, ale i usług.

PRZYDATNE ZASOBY – metody i narzędzia dla cyrkularności

- [Modele biznesowe RESOLVE z przykładami](#)
- [Narzędzie „Produkt jako usługa” \(YouTube\)](#)





Rys. 3. Sposoby na wprowadzenie do procesów zamkniętych obiegów (zaznaczone na zielono)

Cyркуlarność nie jest tylko cechą pojedynczych strumieni. O wiele więcej możliwości daje równoległe uwzględnienie większej liczby procesów i szukanie połączeń, takich jak na rys. 3, ale już w tych szerszych ramach. W tym kontekście można więc zaobserwować cyркуlarność w ramach **symbiozy** różnych działów gospodarki – przykład takiego schematu znajduje się na stronie 15 opracowania [PWC Closing the loop](#). Taką symbiozę, można wprowadzić również w innych obszarach związanych z codziennym funkcjonowaniem w lokalnym środowisku.

Koncepcje cyркуlarne cechuje złożoność i „wielowymiarowość”. Korzyści z umiejętnego wdrożenia gospodarki cyркуlarnej również są wieloaspektowe – społeczne, środowiskowe, ale też finansowe. Więcej na ten temat można przeczytać m.in. na [infografice dostępnej na stronie Europarlamentu](#).

Patrząc na rys. 3 można odnieść wrażenie, że obiegi zamknięte muszą funkcjonować w dużej skali, dotyczyć całych przedsiębiorstw lub wręcz gałęzi gospodarki. Nie jest to jednak prawda. Idea gospodarki cyркуlarnej jest bardzo elastyczna i może być wdrażana w dowolnych **procesach**.



KROK 3

Może przychodzi Ci do głowy, jakie zmiany można wprowadzić w Twoim lokalnym otoczeniu? Jak zmniejszyć zużycie zasobów (surowców i energii)? Jak ograniczyć ilość wytwarzanych odpadów? Jak zoptymalizować procesy znane Ci z dnia codziennego? Może warto skorzystać z alternatywnych modeli biznesowych? Może warto poszukać obszarów do symbiozy? Każdy z otaczających nas procesów można rozpatrywać przez pryzmat gospodarki cyrkularnej! Co więcej, powszechnie dostępne obecnie narzędzia takie jak np. Internet i aplikacje mobilne stwarzają ogromne możliwości docierania do potencjalnych uczestników procesu na dowolnym jego etapie, co daje szansę prostego przenoszenia rozwiązań lokalnych na szerszą skalę.

Po stworzeniu modelu stanu rzeczywistego, odzwierciedlającego istniejący przepływ zasobów (surowców i energii) w procesie, przychodzi czas na zadanie kreatywne – wymyślenie koncepcji nowego, bardziej cyrkularnego rozwiązania! Możliwe są bardzo różne ścieżki do osiągnięcia tego celu, wprowadzane na różnych etapach procesu. Może będzie to zmiana organizacji procesu, może wdrożenie nowej technologii/wynalazku, a może nieszablonowe zastosowanie już istniejących narzędzi?

Nasz przyszły tata wie, że pieluchy jednorazowe nie są dla niego właściwym rozwiązaniem – pamięta o problemie zasobów i odpadów. W zakurzonej podręczniku o rodzicielstwie znalazł jednak ciekawą wzmiankę o tzw. „pieluchach wielorazowych”. Może to jest odpowiednia droga?

A jak mogą wyglądać konkrety? – przykłady

Dobre zrozumienie ogromu możliwości jakie daje myślenie cyrkularne (rys. 3) wymaga zilustrowania przykładami. Na szczęście znane jest wiele przykładów takiego działania, takich jak:

- **TooGoodToGo** – popularna aplikacja, stawiająca sobie za cel ograniczenie marnowania jedzenia: „Too Good To Go to aplikacja, dzięki której uratujesz przed zmnarowaniem niesprzedane jedzenie z Twoich ulubionych lokali. Szukaj w apce sklepów i restauracji w swojej okolicy i ratuj przed zmarnowaniem nadwyżki jedzenia, zgarniając Paczki Niespodzianki po okazyjnych cenach.” <https://www.youtube.com/@TooGoodToGoINT>
- **Ecovative** – „firma produkująca materiały z grzybni. Jest pionierem nauki o grzybni w celu wyhodowania w pełni uformowanych struktur stosowanych w produktach, które zastępują styropian i inne tworzywa sztuczne, skórę etc. Korzystając z precyzyjnych systemów i zrozumienia biologii grzybni, wzmacnia naturalne właściwości określonych szczepów, aby dopasować je do unikalnych potrzeb materiałowych.” <https://www.ecovative.com/>, <https://www.youtube.com/@ecovative>
- **Falling Fruit** – „to strona internetowa, która mapuje wszystkie owoce i warzywa, rosnące swobodnie na obszarach miejskich, ułatwiając ludziom lokalizację i korzystanie z tych dobrodziejstw.” <https://fallingfruit.org/>
- **Oświetlenie na lotnisku Schiphol** – „Pod nazwą światło jako usługa, lotnisko Schiphol płaci za wyprodukowane światło, podczas gdy jego dwaj partnerzy Philips i Cofely pozostają właścicielami lamp i opraw. Ten innowacyjny rodzaj relacji pozwala zapewnić, że klient (Schiphol) otrzyma niezbędną usługę (oświetlenie), zapewniając jednocześnie, że fizyczne wsparcie dla usługi nie zostanie po prostu wyrzucone po pierwszym użyciu.”



<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/light-service-green-performance-economy-schiphol-airport>

- **Repair Café** – „to międzynarodowe przedsięwzięcie polegające na tworzeniu społeczności, które naprawiają zepsute rzeczy, a tym samym przedłużają im życie. Pierwsza taka kafejka w Polsce powstała w Pile i miała charakter cyklicznych spotkań, podczas których fachowcy z różnych dziedzin pomagali naprawić zepsute sprzęty czy ubrania.”

<https://youtu.be/Ur2DH7wG6BY>

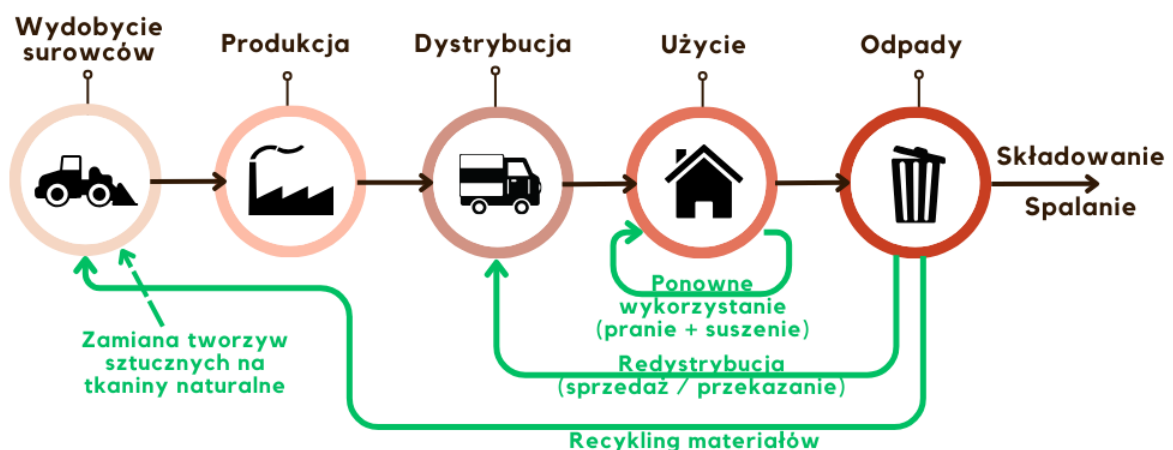
Te inne przypadki wdrożeń gospodarki cyrkularnej mogą stanowić cenną inspirację przy tworzeniu własnych pomysłów. Więcej przykładów wraz z szerszym opisem zamieszczono w załączniku 1 do Przewodnika.

KROK 4

Wybierz jeden (lub kilka) z możliwych sposobów modyfikacji istniejącego procesu. Opisz szczegółowo sposób wdrożenia zasad cyrkularności, jakie są jego wymagania, zasady, cele, ograniczenia. Zilustruj swoją koncepcję w postaci grafu, schematu lub cyklu porównując proces „przed” (stan istniejący) i po transformacji (stan po zmianach w kierunku cyrkularności). Zwróć szczególną uwagę na to, co wyróżnia Twój pomysł, gdzie tkwi różnica, innowacja, nowe spojrzenie.

Pomocne będą schematy podobne do rys. 1, 2 i 3 (bardziej szczegółowe i dopasowane do konkretnego przykładu), ale też analiza ciągu technologicznego, procesu, rozkład na czynniki pierwsze, rozpoznanie potrzebnych zasobów, szukanie słabych ogniw, niedociągnięć, problemów itp. Na tym etapie następuje przejście od ogółu do szczegółu.

Po bardzo uważnej lekturze swojego podręcznika, GrzeGOZ ma już niezłe pojęcie o tym, na czym polega stosowanie pieluch wielorazowych i jakie może przynieść korzyści. Postanowił nawet przygotować nowy, lepszy schemat tego, jak może wyglądać pieluchowanie – cudownie, jest on bogatszy w zamknięte pętle (poniżej)!



Rys. 4. Schematyczne przedstawienie analizowanego procesu w wariantach liniarnym (ciąg czarnych strzałek) oraz metody zwiększenia cyrkularności w wariantach alternatywnym (zielone strzałki)



KROK 5

Analiza procesów (strumieni masy i energii) może mieć różny poziom złożoności i korzystać z różnych danych, w zależności od wybranego przypadku. Nie istnieje jeden przykład, który mógłby służyć jako uniwersalny wzorzec. Wprowadzanie zmian w myśl gospodarki cyrkularnej ze swej natury często wymaga myślenia nieszablonowego, innowacyjnego, przełamującego utarte schematy.

Przemysł potencjalne korzyści proponowanych zmian, np. w postaci oszczędności zasobów, energii, pieniędzy, czasu... Niektóre korzyści mogą być trudne do policzenia; w szczególności nie zapominajmy o wymiarach społecznym i środowiskowym, w myśl celów SDG ([Sustainable Development Goals](#)). Wyraźnie pokaż osiągnięte efekty cyrkularności wyrażone za pomocą jasnych kryteriów i wskaźników.

GrzeGOZ nie jest głupim kosmitą i zdążył się zorientować, że na papierze każdy pomysł może wyglądać doskonale. Prawdziwa weryfikacja ma jednak miejsce tylko na drodze szczegółowej analizy, a najlepiej – w praktyce! Dlatego zaraz po narodzinach swojej córki zaczął skrupulatnie notować, obserwować, rachować i analizować... Dzięki temu udało mu się przygotować zestawienie porównujące dostępne warianty organizacji procesu (tab. 1).

Okazało się, że znacząca ilość odpadów wytwarzanych w wariantcie bazowym/linearnym (nieefektywne wykorzystanie surowców), nie przekłada się na dużo wyższy ślad węglowy – wręcz przeciwnie, nieoptymalne korzystanie z pralki i suszarki może być w tym kontekście większym obciążeniem. Pozornie błaha zmiana sposobu suszenia prowadzi jednak do istotnego spadku tego parametru. Ocena kosztów w cyklu użytkowania pokazuje natomiast oszczędność wynoszącą 30% w wariantcie cyrkularnym z suszeniem w suszarce oraz 21% z suszeniem na powietrzu.

Podsumowując – jeżeli GrzeGOZ chce zoptymalizować aspekty środowiskowy i ekonomiczny, korzystanie z pieluch wielorazowych jest jak najbardziej uzasadnione, pod warunkiem wysokiej dbałości o przebieg prania, suszenia i zachowania trwałości pieluch. Hurra!

Tab. 1. Zestawienie parametrów opisujących analizowane warianty zarządzania procesem

Kryterium porównawcze	Wariant linearny	Wariant cyrkularny - suszarka	Wariant cyrkularny - bez suszarki
Łączny koszt użytkownika [PLN]	4106	2837	3227
Przybliżony ślad węglowy [CO ₂]	550	570	370
Zużycie wody [m ³]	0	27,4	27,4
Zużycie energii [kWh]	0	1277	547
Pozostałe do użytku pieluchy [-]	nie dotyczy	17	32
Ilość wytworzonych odpadów [kg]	1095	1 (5 sztuk)	1,8 (9 sztuk)

UWAGA: W załączniku do Przewodnika przedstawiono szczegółowe obliczenia stojące za tym przykładem.



Jak może wyglądać zgłoszona praca

Wymagane elementy zadania konkursowego to:

- Wybór obecnie istniejącego procesu linearnego, jego opis, analiza, zwrócenie uwagi na dostrzeżone problemy.
- Propozycja rozwiązania (rozwiązań) służącego zwiększeniu cyrkularności, jego przedstawienie, analiza porównawcza, przesłanki, korzyści, argumentacja.

Pamiętaj, żeby kierować się nie tylko kwestiami technicznymi i ekonomicznymi, ale również społecznymi i środowiskowymi, z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań. Opracowanie powinno mieć formę „inżynierską” – analizy, opisy i koncepcje muszą być przedstawione zrozumiale, precyzyjnie, wyczerpująco i merytorycznie. Można się posłużyć w tym celu np. rysunkami, schematami, opisami, tabelami, obliczeniami, animacjami, filmami, modelami itp.

Zadanie będzie oceniane według następujących kryteriów:

- trafność diagnozy stanu istniejącego,
- twórcze, pomysłowe spojrzenie na problem,
- zasadność proponowanych rozwiązań,
- jakość merytoryczną pracy,
- formę przedstawienia koncepcji.

UWAGA: ogólna problematyka i cel Konkursu są określone, jednak to od Uczestnika zależy wybór obszaru analizy, kontekstu, metod. Nie narzucamy sztywnych kryteriów co do szczegółowej formy projektu i sposobu prezentacji koncepcji, chociaż należy kierować się wskazówkami zawartymi w Przewodniku.

POWODZENIA!

KONKLUZJA

Uważne czytelniczki i czytelnicy zdążyli się być może zorientować, że case GrzoGOZA nie jest tak do końca „nie z tego świata” (choć w nieskończonym wszechświecie mogą istnieć kosmici korzystający z pieluch oraz posługujący się PLN jako walutą w analizie ekonomicznej...).

Tak naprawdę ta historia jest o nas, mieszkańcach planety Z.

„Planeta jest mała, surowców jak na lekarstwo, mieszkańcy nie znoszą marnowania miejsca (i środowiska) na składowanie odpadów”. Jeżeli jeszcze nie jesteśmy w tym miejscu, to czy nie zbliżamy się do niego nieubłaganie?

Kiedy będzie odpowiedni czas, by zatrzymać tę tendencję i obrać inny kurs?

Kiedy powinniśmy zacząć cierpieć na „alergię na linie proste”?

PRZYDATNE ZASOBY – co z planetą Ziemią?

W myśleniu o globalnym systemie dóbr wspólnych może pomóc koncepcja granic planetarnych.



obecnym lub po naprawie. Akceptowane przedmioty obejmują meble, elektronikę i materiały budowlane. Park obsługuje około 500 ton odpadów rocznie, z czego 75% znajduje nowych właścicieli. Pomaga ponownie wykorzystać przedmioty przeznaczone do utylizacji i jednocześnie działa jako typowe centrum recyklingu dla selektywnie zbieranych odpadów (narzędzie – ponowne użycie, recykling);

- We wrześniu 2012 r. Seul uruchomił program "Sharing City Seoul" w celu promowania ekonomii współdzielenia i poprawy życia mieszkańców przy jednoczesnym oszczędzaniu zasobów. Program odpowiada na wyzwania społeczno-ekonomiczne poprzez zachęcanie do wspólnego korzystania z zasobów publicznych i prywatnych, angażowanie obywateli i wspieranie lokalnych przedsiębiorstw. Znaczące wyniki w ciągu pięciu lat od uruchomienia:
 - Ponad 1,5 miliona mieszkańców miasta zaangażowanych w ekonomię współdzielenia.
 - Codzienne korzystanie z samochodów współdzielonych przez 6000 mieszkańców.
 - Miesięczne korzystanie z wypożyczalni dóbr trwałych przez 1400 użytkowników.
 - Wykorzystanie „jałowego czasu” 1200 instytucji publicznych.
 - Ponownie wykorzystano 180 000 sztuk odzieży dziecięcej.
 - 9 140 miejsc parkingowych w 363 garażach jest współdzielonych przez użytkowników.(narzędzie – współdzielenie, zrównoważony projekt usługi).



Załącznik 2

Poniżej przedstawione są obliczenia stojące za prostą analizą wariantową naszego „kosmity”, opartą o technologie dobrze znane i łatwo dostępne na Ziemi – a więc nieszczęśliwie innowacyjne. Jego celem jest natomiast zilustrowanie obliczeń, które mogą służyć do oceny efektywności wariantów zarządzania procesem. Takie obliczenia i analiza mogą stanowić jedną z części pracy konkursowej.

W ostatnich latach dużą uwagę kieruje się na produkty jednorazowe, jako źródło znacznej ilości odpadów oraz typowy przykład gospodarki liniowej. Dotyczy to m.in. pieluch jednorazowych, które parę dekad temu zastąpiły ówczesny standard, czyli pieluchy materiałowe wielorazowe. Porównanie tych dwóch wariantów realizacji procesu przedstawiono na rys. 4.

W ramach tej krótkiej analizy dokonamy porównania wariantu bazowego (produkt jednorazowy) oraz dwóch wariantów dążących do cyrkularności – z suszeniem na powietrzu oraz w suszarce bębnowej. W tab. 2 zestawiono dane wejściowe, potrzebne do przeprowadzenia dalszych obliczeń, pozyskane na drodze obserwacji procesu i pomiarów. Poniżej przedstawiono obliczenia dotyczące porównywanych wariantów.

Tab. 2. Dane do obliczeń efektywności organizacji procesu. Dla ułatwienia wprowadzono kod kolorystyczny: **czarne** – dane z bezpośrednich obserwacji; **niebieskie** – łatwo dostępne dane publiczne, charakterystyki urządzeń itp.; **czzerwone** – dane pochodzące ze specjalistycznych analiz, baz danych o utrudnionej dostępności

Wariant bazowy - linearny			
Dzienne zużycie średnie	u_j	6	szt
Koszt za sztukę	k_j	0,75	PLN
Masa odpadów średnio na sztukę	m_j	200	g
Ślad węglowy średnio w cyklu życia¹⁾	CF_j	550	kg CO ₂
Warianty o zwiększonej cyrkularności			
Dzienne zużycie średnie	u_w	8	szt
Koszt za sztukę	k_w	70	PLN
Trwałość - udział sztuk zniszczonych w ciągu 2,5 roku	t_w	20	%
Liczba sztuk prana jednocześnie	l_{pr}	16	szt
Pranie i suszenie raz na	t_{pr}	2	doby
Zużycie wody w cyklu prania z płukaniem²⁾	w_{pr}	60	l
Zużycie detergentu w jednym praniu²⁾	d_{pr}	80	g
Zużycie energii w jednym praniu (60 stopni)²⁾	E_{pr}	1,2	kWh
Zużycie energii w suszarce bębnowej jednorazowo²⁾	E_{su}	1,6	kWh
Czas suszenia w suszarce bębnowej	t_{su}	2 (0)	H (doby)
Czas suszenia na powietrzu średnio	t_{pow}	2	doby
Cena energii przybliżona³⁾	k_E	1	PLN/kWh
Cena wody przybliżona³⁾	k_{wo}	11	PLN/m ³
Ślad węglowy średnio w cyklu życia¹⁾	CF_w	370-570	kg CO ₂
	-	-	-
Czas korzystania w obu przypadkach	t_{catk}	2,5	roku



1) – opracowanie dostępne pod adresem https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291130/scho0808boir-e-e.pdf

2) – dane dostępne w kartach charakterystyki urządzeń lub wartości przybliżone dla podobnego sprzętu o danej klasie energetycznej

3) – informacje publiczne, dostępne w Internecie

Obliczenia – wariant bazowy – linearny

Zużycie pieluch w całym okresie

$$zużycie_j = t_{całk} \cdot u_j = 2,5 \cdot 365 \cdot 6 = 5475 \text{ szt}$$

Koszt w całym okresie

$$koszt_j = zużycie_j \cdot k_j = 5475 \cdot 0,75 \approx 4106 \text{ PLN}$$

Masa odpadów w całym okresie

$$odpady_j = zużycie_j \cdot m_j = 5475 \cdot 0,2 = 1095 \text{ kg}$$

Obliczenia – wariant o zwiększonej cyrkularności

Liczba potrzebnych sztuk pieluch z uwzględnieniem skończonej trwałości w całym okresie (2 dodatkowe sztuki względem niezbędnego minimum, z uwzględnieniem uzupełnienia 20% nietrwałych sztuk)

- przy suszeniu w suszarce bębnowej

$$zużycie_{w1} = ((2 + t_{su}) \cdot u_w + 2) = ((2 + 0) \cdot 8 + 2) \approx 18 \text{ szt}$$

- przy suszeniu na powietrzu

$$zużycie_{w2} = ((2 + t_{pow}) \cdot u_w + 2) = ((2 + 2) \cdot 8 + 2) \approx 34 \text{ szt}$$

Koszt pieluch w całym okresie

- przy suszeniu w suszarce bębnowej

$$koszt_{w1} = zużycie_{w1} \cdot k_w = 18 \cdot 70 = 1260 \text{ PLN}$$

- przy suszeniu na powietrzu

$$koszt_{w2} = zużycie_{w2} \cdot k_w = 34 \cdot 70 = 2380 \text{ PLN}$$

Zużycie wody

$$woda_w = w_{pr} \cdot \frac{t_{całk}}{t_{pr}} = 60 \cdot \frac{2,5 \cdot 365}{2} = 27375 \text{ l}$$

Koszt wody w całym okresie

$$koszt.w_w = w_w \cdot k_w = 27,375 \cdot 11 = 300 \text{ PLN}$$

Zużycie energii

- przy suszeniu w suszarce bębnowej



