

EKOEFEKTYWNOŚĆ

BIOGAZ

CZYSTSZA PRODUKCJA

WYBRANE ZAGADNIENIA W KONTEKŚCIE
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU, BIOGOSPODARKI
I GOSPODARKI OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

Janusz Wojdalski ^{2,3,4}
Roman Niżnikowski ^{1,2,4}
Karol Krajewski

Narodowy Instytut Kultury i Dziedzictwa Wsi w Warszawie

¹Katedra Hodowli Zwierząt SGGW w Warszawie

²Stowarzyszenie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju Polski im. prof. Jana Szyszko w Warszawie

³Stowarzyszenie Energia i Środowisko w Młeczarni w Olsztynie

⁴Rada Nadzorcza Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Rozwój społeczno-gospodarczy,
W którym występuje integracja działań
gospodarczych i społecznych z zachowaniem
praw człowieka, równowagi przyrodniczej oraz
trwałości podstawowych procesów
przyrodniczych i środowiskowych, mający na
celu zapewnienie realizacji potrzeb obecnej
generacji bez naruszania możliwości
zaspakajania potrzeb następnych pokoleń

**EKONOMIA, GOSPODARKA,
EFEKTYWNOŚĆ PRODUKCJI,
ZARZĄDZANIE**

**SPOŁECZEŃSTWO
(W TYM UWARUNKOWANIA
INSTYTUCJONALNO -
POLITYCZNE)**

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

**ZAGOSPODAROWANIE
PRZESTRZENNE**

**BIOGOSPODARKA, ŚRODOWISKO,
ENERGIA, WODA,
EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ,
EKOEFEKTYWNOŚĆ INWESTYCJI**

DEFINICJA AUTORÓW

- Przedstawiony schemat stanowi graficzną interpretację zrównoważonego rozwoju na podstawie doświadczeń autorów.
- Uwzględnia bowiem czynniki i uwarunkowania specyficzne dla gospodarki żywnościowej.
- Swoim zasięgiem obejmuje również **EKOEFEKTYWNOŚĆ** inwestycji.

NOWY IMPERATYW

Nieodłącznym elementem działalności produkcyjnej jest powstawanie odpadów, **bioodpadów**, pozostałości poprodukcyjnych i produktów ubocznych, wymagających właściwego zagospodarowania.

Biorąc pod uwagę wymóg przeprowadzenia zmian w funkcjonowaniu gospodarki, wynikającej z potrzeby zmniejszania się zasobów naturalnych oraz opisanego wyżej problemu zaproponowano koncepcję GOZ

„GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM”

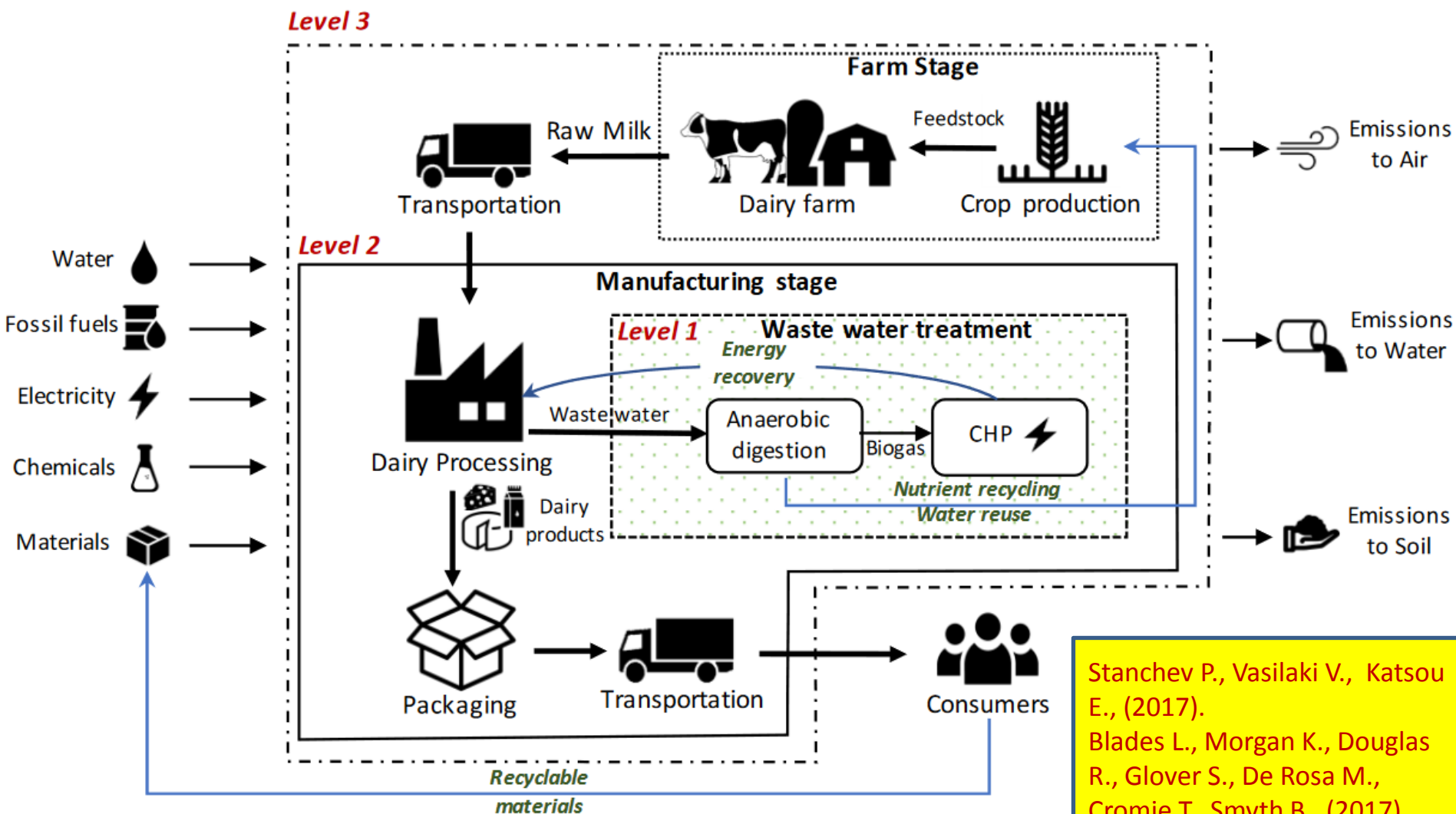
CIRCULAR ECONOMY

Modelowe ujęcie



Analizując szersze znaczenie GOZ na przykładzie MLECZARSTWA, przedstawiono możliwości dążenia do ochrony funkcjonowania ekosystemu. Wymaga to określenia granic poszczególnych poziomów systemowych ze względu na ułatwienie przeprowadzenia przejścia z gospodarki liniowej na cyrkulacyjną

Wyznaczenie wielopoziomowych granic sytemu **GOZ** dla hodowli była i przetwórstwa mleczarskiego

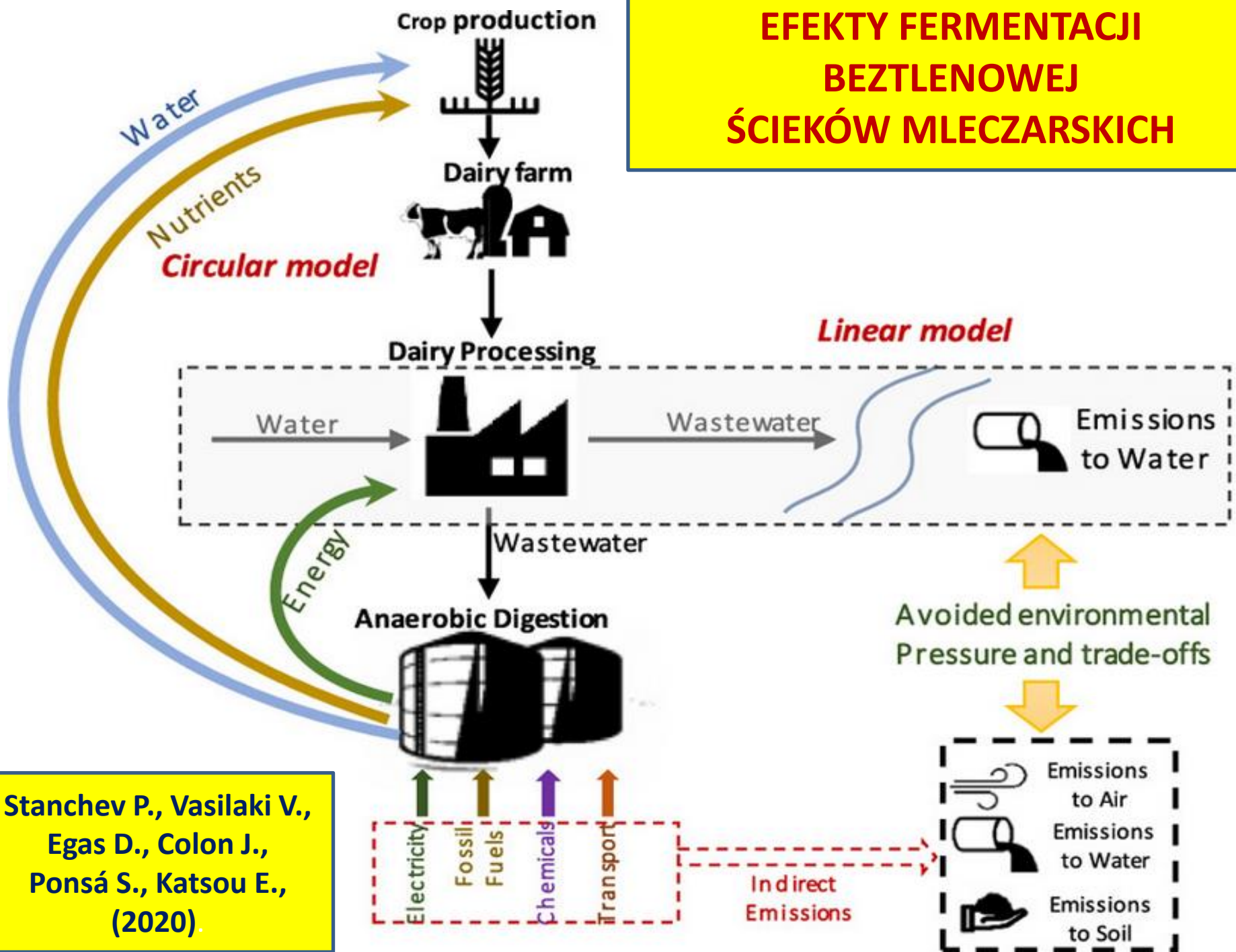


Stanchev P., Vasilaki V., Katsou E., (2017).
Blades L., Morgan K., Douglas R., Glover S., De Rosa M., Cromie T., Smyth B., (2017).

POZIOMY ANALIZY

- **Level (poziom) 1** – oczyszczanie beztlenowe ścieków mleczarskich,
- **Level 2** – zakład produkcyjny wraz z elementami pakowania i transportu powstałych produktów ,
- **Level 3** – początkowy łańcuch dostaw zaczynając od pasz i mleka surowego, przechodząc przez poprzednie poziomy, aż do dystrybucji produktów gotowych do konsumentów. Na kolejnym rysunku rozszerzono poziom 1 z uwzględnieniem modelu cyrkulacji materiałów i energii.

EFEKTY FERMENTACJI BEZTLENOWEJ ŚCIEKÓW MLECZARSKICH



Stanchev P., Vasilaki V.,
Egas D., Colon J.,
Ponsá S., Katsou E.,
(2020).

EFEKTY

Fermentacja beztlenowa ścieków w przemyśle mleczarskim stała się kluczowym elementem gospodarki cyrkulacyjnej.

Ponadto oczyszczanie ścieków mleczarskich minimalizuje ilość odpadów produkcyjnych.

Stosując dodatkowo serwatkę, która pełni rolę katalizatora, zwrócono szczególną uwagę na wzrost wydajności biogazu

EFEKTY

W zakładach mleczarskich biogaz stanowi centralny element produkcji energii, zaś ulepszenie go do postaci **biometanu** (paliwo), powoduje, że jest wykorzystywany do napędzania pojazdów.

Biometan charakteryzuje się mniejszym śladem węglowym w porównaniu do gazu ziemnego.

Istotnym postępowaniem w rozwoju **GOZ jest określenie wskaźników dla przedsiębiorstw, które na czele swoich działań stawiają poprawę jakości ekosystemu. Stanowią one predyspozycje do wskazania wykorzystania przez poszczególne firmy **GOZ**, w celu zabezpieczenia procesów produkcyjnych przed deficytem zasobów, a także ochrony wydajności produkcyjnej opartej na systemach naturalnych. Ważnym elementem jest, aby wykraczały poza fizyczne granice zakładu.**

Przeprowadzone badania wykazują, że przetwórstwo obecnie w większości przypadków koncentrują się na wykazaniu wskaźników z obszaru zakładu m.in. wkładu zasobów naturalnych oraz otrzymanych rezultatów z odzysku odpadów z uwzględnieniem koncepcji cyklu życia, dlatego należy dążyć do poszerzania zakresu wskaźników w celu doskonalenia praktyki GOZ

Uwarunkowania produkcji mleczarskiej w kontekście zrównoważonego rozwoju z uwzględnieniem ekoefektywności

**ROLNICTWO
PASZE,
HODOWLA ZWIERZĄT**

**BIOGOSPODARKA
ZMNIEJSZANIE EMISJI
ZANIECZYSZCZEŃ
CZYSTSZA PRODUKCJA**

**ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
PRODUKCJI MLECZARSKIEJ**

**WZROST EFEKTYWNOŚCI
ENERGETYCZNEJ
ZMNIEJSZANIE ZUŻYCIA
ENERGII I WODY**

**EKONOMIA
EKOEFEKTYWNOŚĆ
INWESTYCJI**

BIOGAZ JAKO KOMPONENT BIOGOSPODARKI

PRODUKCJA, PRZETWARZANIE
ODNAWIALNYCH SUROWCÓW
BIOLOGICZNYCH I ODPADÓW W
PRODUKTY O WARTOŚCI
DODANEJ

ŻYWNOŚĆ
BIOPRODUKTY

BIOGOSPODARKA

BIOENERGIA

BIOGAZ

BIOPALIWA

PASZE

HODOWLA ZWIERZĄT

MLECZARSTWO

Ekoefektywność (**EkoE**)

oznacza produkcję i dostarczanie usług w konkurencyjnych cenach, dostosowanych do potrzeb człowieka i podnoszących jego jakość życia z uwzględnieniem ograniczenia wpływu na środowisko i zużycia materiałów i zasobów w całym cyklu życia.

Analiza ekoefektywności umożliwia zarówno ocenę przedsięwzięć prowadzących do ograniczenia zużycia zasobów oraz wpływu na środowisko, jak również wzrostu wartości dodanej produktu oraz wzrostu efektywności ekonomicznej zakładu produkcyjnego (powiązanej z ograniczaniem wpływu na środowisko).

Celem analizy ekoefektywności jest porównanie różnych stosowanych rozwiązań uwzględniających czynniki ekonomiczne (Ekon) i środowiskowe (EkoI).

Ekoefektywność (EkoE)

Wskaźniki ekoefektywności mogą także być wyznacznikami innowacyjności i służyć do oceny wpływu lub porównywana stosowanych technologii na środowisko uwzględniając przy tym dodatkowo efektywność produkcji (EP) i efektywność energetyczną (EE).

Ekoefektywność (**EkoE**)

Może być wyrażona zależnością funkcyjną:

$$\mathbf{EkoE} = f(\mathbf{Ekon}, \mathbf{EkoI}, \mathbf{EP}, \mathbf{EE})$$

- w którym:
- Ekon – czynniki i wskaźniki ekonomiczne,
- EkoI – czynniki i wskaźniki środowiskowe,
- EP - uwarunkowania efektywności produkcji,
- EE - uwarunkowania efektywności energetycznej.

Uwarunkowania ekoefektywności przetwórstwa



Ogólna zasada

**1 Mg proszku
mlecznego**

[Ekon]
Koszt
PLN/Mg prod.

[Eko]
Mg zaniecz./
Mg prod.

**1 Mg proszku
mlecznego**

[EP]
Efektywność
produkcji kg
prod./kg sur.

[EE]
Efektywność
energetyczna
kg prod./kWh

Istota wskaźników wpływających na EkoE

**1 Mg produktu
mięsnego**

[Ekon]

**Koszt PLN/Mg
prod.**

[EkoI]

**Mg zaniecz./Mg
prod.**

**1 Mg produktu
mięsnego**

[EP]

**kg prod./kg
surowca**

[EE]

kg prod./kWh

Ogólna zasada

**1 Mg proszku
mlecznego**

[Ekon]
Koszt
PLN/Mg prod.

[Eko]
Mg zaniecz./
Mg prod.

**1 Mg proszku
mlecznego**

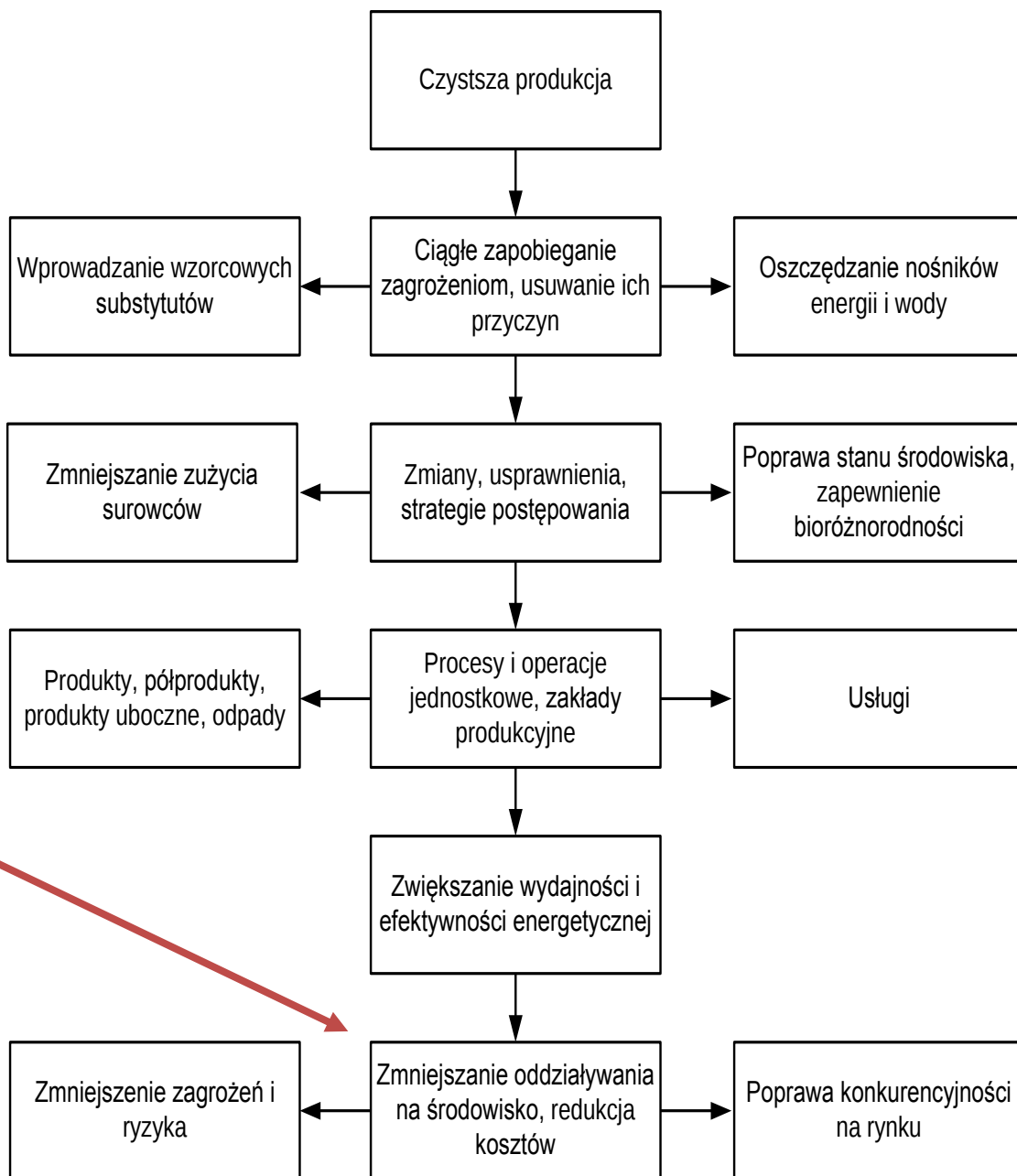
[EP]
Efektywność
produkcji kg
prod./kg sur.

[EE]
Efektywność
energetyczna
kg prod./kWh

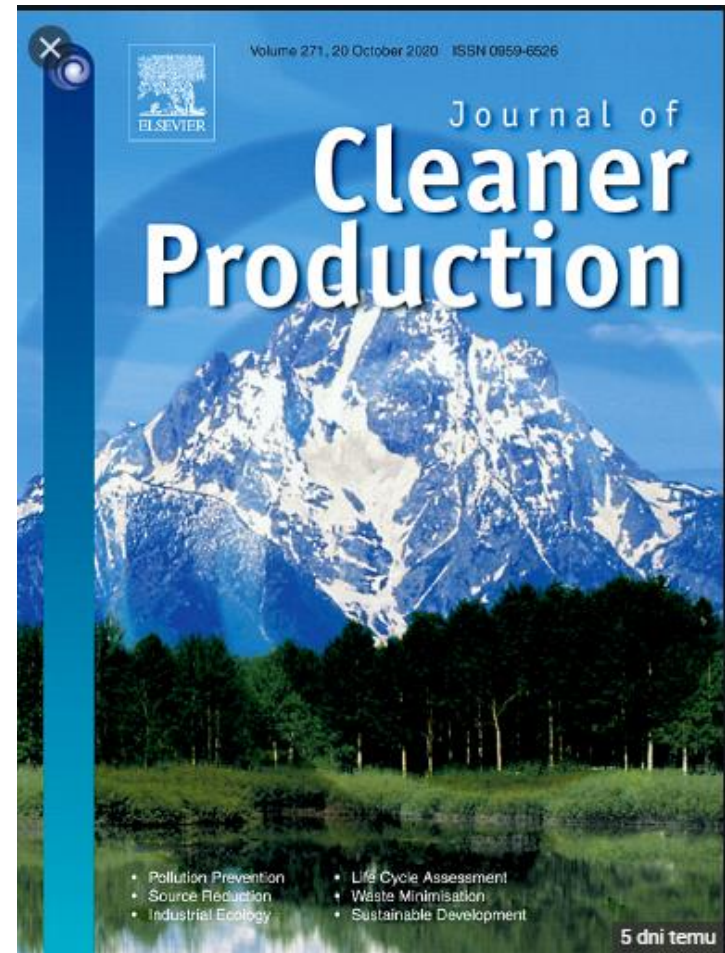
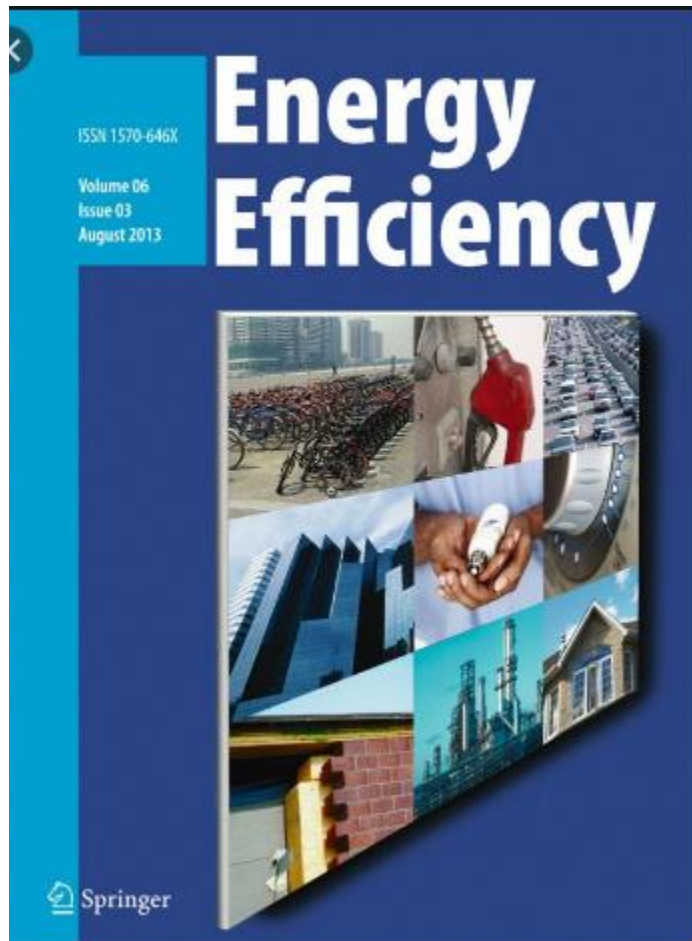
CZYSTSZA PRODUKCJA

zakres

Cel



istota



Przykłady wskaźników

Wskaźnik	Jednostka	Wartość	Wartość	Wartość	Źródło
Jednostkowe zużycie energii cieplnej*	GJ/m³ mleka	2,6540 (0,3136)**	1,7502 (0,2859)	3,4125 (0,3600)	[30]
Efektywność zużycia energii cieplnej*	dm³ mleka/GJ	376,8 (0,3188)**	293,1 (2777,8)	571,4 (3497,7)	[30]
Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu BZT₅	kg/m³ mleka surowego	1,25	0,01	6,76	[24]
	mgO₂/dm³ ścieków (przed oczyszczeniem)	836	100	2406	
	mgO₂/dm³ ścieków (po oczyszczeniu)	251	6	1150	
Odprowadzane ścieki	m³ ścieków/m³ przerabianego mleka	3,00	1,17	4,69	[6]

Przykłady wskaźników c.d.

Energochłonność oczyszczania ścieków	kWh/kg BZT ₅	-	0,89	3,22	[12]
	kWh/m ³ ścieków	-	1,94	6,32	
Chemiczne zapotrzebowanie tlenu <u>ChZT</u>	kg/m ³ mleka surowego	2,19	0,1	13,3	[24]
	mgO ₂ /dm ³ (przed oczyszczeniem)	1338	38	3560	
	mgO ₂ /dm ³ (po oczyszczeniu)	406	24	1850	
Emisja SO ₂	kg/m ³ mleka surowego	1,65	0,05	22,4	[24]
	dm ³ <u>przerabianego mleka/kg</u>	1205	-	-	
Emisja <u>NO_x</u>	kg/m ³ mleka surowego	0,49	0,03	6,4	[24]
	dm ³ <u>przerabianego mleka/kg</u>	1667	-	-	[24]
Emisja CO ₂	kg CO ₂ /kg mleka w opakowaniu	0,077	0,0661	0,0879	[21]
<u>Emisja pyłów</u>	kg/m ³ mleka surowego	1,3	0,01	14,4	[24]
	kg/m ³ <u>przerabianego mleka</u>	1,15	-	-	[24]

Przykłady wyrażania ekoefektywności

1. Na podstawie definicji:

Ekoefektywność = [Wartość produktu (wyrobu lub usługi)/ (Wpływ na środowisko)]

$$\mathbf{EkoE} = \frac{[E_{kon}]}{[E_{kol}]} = \frac{[PLN/Mg \text{ produktu}]}{[Mg \text{ zanieczyszczeń}/Mg \text{ produktu}]}$$

[E_{kon}] - **wartość produktu** można wyrażać jako jednostkowy koszt przetwarzania surowca lub wytworzenia gotowego produktu np. koszt przetwarzania surowca [PLN/m³ mleka]

[E_{kol}] - **wpływ przetwarzania mleka na środowisko** można wyrazić jako [Mg zanieczyszczeń/m³ mleka].

Otrzymany **wskaźnik ekoefektywności [EkoE]** ma wymiar **[PLN/Mg zanieczyszczeń]** i może posłużyć do racjonalnej interpretacji ekonomiczno-inżyniersko-środowiskowej oraz porównań ekoefektywności innych przedsięwzięć o charakterze proekologicznym.

Wskaźnik ten wyraża
np. koszt wytworzenia 1Mg produktu na 1Mg emitowanych zanieczyszczeń.

2. Zarówno efektywność produkcji [EP] jak i efektywność energetyczna [EE] stanowią ilorazy [efekt]/[nakład].

definicja:

Efektywność energetyczna (EE), stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu.

Ekoefektywność [EkoE] może być też wyrażana podobnym ilorazem. W takim przypadku byłby to iloraz [(wskaźnik środowiskowy)/(wskaźnik kosztów)].
Zatem istotę **ekoefektywności [EkoE]** można wyrazić również jako **iloraz**:

[(efekt środowiskowy)/(nakład poniesiony na uzyskanie efektu środowiskowego)].

Efekt środowiskowy może być wyrażony jako zmniejszenie emisji zanieczyszczeń.

W tym przypadku EkoE ma np. wymiar

[ΔMg zanieczyszczeń/1 mln PLN]

i jest interpretowana jako łączne zmniejszenie emisji zanieczyszczeń na jednostkę poniesionych

Wskaźnik wyrażający koszt wytworzenia 1Mg produktów na jednostkę emitowanych zanieczyszczeń [PLN/Mg zanieczyszczeń] można obliczyć na podstawie zależności:

[PLN/Mg zanieczyszczeń]

= [PLN/m³ mleka] / [Mg zanieczyszczeń/m³ mleka]

**Oba wymienione wskaźniki,
jako parametry ekoefektywności
są komplementarne względem siebie
i odpowiadają
na
podstawowe stawiane pytania
dotyczące powiązań
ekonomiczno-ekologicznych**

PRZYKŁAD OSZACOWANIA EKOEFEKTYWNOŚCI

Pewien zakład mleczarski w roku 2020 modernizował system produkcji energii cieplnej i pary technologicznej.

Koszty finansowania przedsięwzięcia były następujące:

- całkowity koszt przedsięwzięcia: 10 002 218 zł, w tym: koszty kwalifikowane: 8 131 885 zł koszty niekwalifikowane: 1 870 333 zł
- kwota dofinansowania: **do 6 912 102 zł**
- kwota dofinansowania stanowi do 85% kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia

EFEKT EKOLOGICZNY przedsięwzięcia obejmował

zmniejszenie następujących emisji:

-CO₂- z: 28 271,283 Mg/rok na: 13 160,197 Mg/rok
tj. mniej o **15 111,09 Mg/rok** (tj. o 53,4%)

-SO₂- z: 224,321 Mg/rok na: 0,111 Mg/rok
tj. mniej o **224,210 Mg/rok** (tj. o 99,9 %)

-NO_x- z 42,255 Mg/rok na: 11,512 Mg/rok
tj. mniej o **30,743 Mg/rok** (tj. o 72,7%)

-pyłu z: 210,273 Mg/rok na: 0,006 Mg/rok
tj. mniej o **210,267 Mg/rok** (tj. o 99,9%)

Stanowi to łącznie 15576,31 Mg zanieczyszczeń/rok mniej w porównaniu ze stanem przed wdrażaniem inwestycji proekologicznych.

**W związku tym,
z punktu widzenia wymienionego przedsiębiorstwa,
uwzględniającego całkowity koszt przedsięwzięcia**

$$[\text{EkoE}]_{10} = [\text{efekt ekologiczny} / \text{poniesione koszty}] = \frac{15576,31 \text{ Mg}}{10,002\,218 \text{ mln zł.}} = 1554,18 \frac{\text{Mg}}{1 \text{ mln zł.}}$$

Wskaźnik wyraża [Δ Mg zanieczyszczeń/1 mln PLN] tj. efektywność zmniejszania emisji zanieczyszczeń

$$[\text{EkoE}]_{20} = [\text{tys. PLN} / \Delta \text{Mg zanieczyszczeń}] = \frac{10002,218 \text{ tys.zł}}{15576,31 \text{ Mg}} = 0,6421 \frac{\text{tys.zł.}}{\text{Mg}} = 642,1 \text{ zł/Mg}$$

Wskaźnik wyraża [tys. PLN/ Δ Mg zanieczyszczeń] tj. koszt ponoszony na zmniejszania emisji zanieczyszczeń o jednostkę [Mg].

Z punktu widzenia instytucji udzielającej wymienionej kwoty dofinansowania, wskaźniki ekoefektywności wynoszą:

$$[\text{EkoE}]_{11} = [\text{efekt ekologiczny} / \text{poniesione koszty}] = \frac{15576,31 \text{ Mg}}{6,912102 \text{ mln zł.}} = 2253,48 \frac{\text{Mg}}{1 \text{ mln zł.}}$$

Wskaźnik wyraża [Δ Mg zanieczyszczeń/1 mln PLN] tj. efektywność zmniejszania emisji zanieczyszczeń

$$[\text{EkoE}]_{21} = [\text{tys. PLN} / \Delta \text{Mg zanieczyszczeń}] = \frac{6912,102 \text{ tys.zł}}{15576,31 \text{ Mg}} = 0,4437 \frac{\text{tys.zł.}}{\text{Mg}} = 443,7 \text{ zł/Mg}$$

Wskaźnik ten wyraża [tys. PLN/ Δ Mg zanieczyszczeń] tj. koszt PLN ponoszony na zmniejszania emisji zanieczyszczeń o jednostkę [Mg].

Obliczone wskaźniki $[EkoE]_{10}$ i $[EkoE]_{20}$ mają znaczenie wewnątrz branży przemysłowej do porównań z innymi obiektami planującymi przedsięwzięcia o znaczeniu proekologicznym.

Wskaźniki $[EkoE]_{11}$ i $[EkoE]_{21}$ mogą posłużyć instytucji przyznającej dofinansowanie do porównań z innymi planowanymi przedsięwzięciami, w celu wyboru najbardziej korzystnych wariantów.

Wymienione wskaźniki wyrażają efektywność zmniejszania emisji zanieczyszczeń wyrażoną kwotą poniesioną na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń o 1 Mg. Wskaźniki zestawione w tabeli (w materiałach) mogą także posłużyć do obliczania ekoefektywności.

sugestia

- **Kontakt ze środowiskiem przemysłu mleczarskiego i prezentacja firm w roku 2021.**
- **Odbędzie się kolejna XXXIX Konferencja nt. Problemy gospodarki energią i środowiskiem w przemyśle mleczarskim w Olsztynie.**

Podsumowanie

- Wskaźniki środowiskowe (w tym ekoefektywności) są przydatne w procesach oceny wniosków o przyznanie dofinansowania na cele proekologiczne.
- Mogą także być przydatne benchmarkingu
tj. w badaniach porównawczych lub analizach porównawczych jako praktykach stosowanych w zarządzaniu (polegające na porównywaniu np. energochłonności zakładu lub procesów i praktyk stosowanych przez analizowane przedsiębiorstwo z energochłonnością lub praktykami stosowanymi w zakładach/przedsiębiorstwach uznawanych za najlepsze w danej branży lub analizowanej dziedzinie.

LITERATURA

1. Blades L., Morgan K., Douglas R., Glover S., De Rosa M., Cromie T., Smyth B., (2017). Circular biogas-based economy in a rural agricultural setting. *Energy Procedia*, 123, 89-96.
2. Cerutti A. K., Beccaro G. L., Bagliani M., Donno D., Bounous G., (2013). Multifunctional ecological footprint analysis for assessing eco-efficiency: A case study of fruit production systems in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*, 40, 108-117.
3. Ghisellini P., Protano G., Viglia S., Gaworski M., Setti M., Ulgiati S., (2014). Integrated agricultural and dairy production within a circular economy framework. A comparison of Italian and Polish farming systems. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 2(4), 367-384.
4. Honkasalo N., Rodhe H., Dalhammar C., (2005). Environmental permitting as a driver for eco-efficiency in the dairy industry: A closer look at the IPPC directive. *Journal of Cleaner Production*, 13(10-11), 1049-1060.
5. Howard M., Hopkinson P., Miemczyk J., (2019). The regenerative supply chain: a framework for developing circular economy indicators. *International Journal of Production Research*, 57(23), 7300-7318.
6. Kılıkş, Ş., Kılıkş, B. (2017). Integrated circular economy and education model to address aspects of an energy-water-food nexus in a dairy facility and local contexts. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1084-1098.
7. Kleiber M. (2011). *Ekoefektywność technologii*. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji–Państwowego Instytutu Badawczego, Radom.
8. Milani F. X., Nutter D., Thoma G., (2011). Invited review: environmental impacts of dairy processing and products: a review. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4243-4254.
9. Stanchev P., Vasilaki V., Egas D., Colon J., Ponsá S., Katsou E., (2020). Multilevel environmental assessment of the anaerobic treatment of dairy processing effluents in the context of circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 121139.
10. 23. Wojdalski J., Niżnikowski R., (2019). Energia, woda i środowisko w produkcji mleczarskiej–zarys problematyki. *Przegląd Hodowlany*, 87(6).
11. <https://applia.pl/tematy/gospodarka-obiegu-zamknietego/>



ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ W ŚWIEŹLE ENCYKLIKI LAUDATO SI'



LO SVILUPPO SOSTENIBILE ALLA LUCE
DELL'ENCICLICA LAUDATO SI'

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN CONTEXT
OF LAUDATO SI'

***Dziękuję
za
uwagę***

CHROŃMY PSZCZÓLKĘ

