

WSKAŹNIKI PRODUKTYWNOŚCI ENERGII Z WYKORZYSTANIEM PODZIAŁU FAZOWEGO LOGISTYKI

Michaela ROSTEK, Ryszard KNOSALA

Streszczenie: Celem artykułu jest zaproponowanie wskaźników produktywności energii w przedsiębiorstwie stosując podział na podsystemy logistyczne, takie jak: zaopatrzenie, produkcja, dystrybucja i magazyn. Dokonano analizy na przykładzie przedsiębiorstwa z branży mleczarskiej. Przeanalizowano wskaźniki opisane w literaturze oraz przedstawiono nowe, które można zastosować do wyznaczania i analizowania produktywności energii z uwzględnieniem logistyki. Dla przyjętych wskaźników wykonano obliczenia i przeanalizowano wyniki na przykładzie konkretnego przedsiębiorstwa.

Słowa kluczowe: produktywność, energia, logistyka, produktywność energii.

1. Wprowadzenie

W przedsiębiorstwach dąży się do poprawy produktywności. Wiele wskaźników pozwala monitorować sytuację firmy. Coraz prężniej rozwijająca się logistyka zaczyna być działem dostrzeganym w przedsiębiorstwach. W zakładach produkcyjnych można wyróżnić wiele działań logistycznych. Mając to na uwadze autorzy zaproponowali zbiór wskaźników pozwalających analizować produktywność ze względu na działania logistyczne [1].

W pracy zaproponowane zostaną wskaźniki, które pozwolą wskazać procesy logistyczne najbardziej wykorzystujące energię. Przedsiębiorstwo zgodnie z podziałem fazowym logistyki powinno dokonać podziału działań na te związane z logistyką: zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji oraz magazynem.

2. Produktywność energii

Produktywność jest to stosunek produkcji wytworzonej i sprzedanej oraz zaangażowanych zasobów w produkcję. Można podzielić ją na produktywności cząstkowe, takie jak: energia, praca, kapitał oraz materiały [2, 3]. Wśród nich znajduje się energia, która zostanie w pracy szczegółowo przeanalizowana. Produktywność energii może być rozpatrywana szczegółowo odnosząc produkcję sprzedaną do poszczególnych rodzajów energii. Jest to wskazane w sytuacji, gdy występuje znaczący udział kosztów energii w kosztach produkcji [3].

Produktywność energii jest to stosunek produkcji do zaangażowanej energii. W przypadku przedsiębiorstw możemy wyróżnić wiele źródeł energii. Zaliczamy do nich między innymi energię:

- elektryczną,
- cieplną,
- jądrową,
- gazową,
- słoneczną,

- wiatrową.

W literaturze [2, 3, 4] przedstawionych jest wiele wskaźników do pomiaru produktywności energii, które zestawiono w tabeli 1. Wskaźniki są przeznaczone dla przedsiębiorstwa jako całości oraz szczegółowe, w których energię dzieli się na poszczególne rodzaje. Każdy wskaźnik można jeszcze dostosować do stanowiska.

Tabela 1. Wskaźniki produktywności energii

Lp.	Wskaźnik	Uwagi
1	$\frac{S}{E}$	Ogólne wskaźniki produktywności energii przedsiębiorstwa
2	$\frac{VA}{E}$	
3	$\frac{NP}{E}$	
4	$\frac{S}{KE_x}$	Szczegółowa analiza produktywności w oparciu o wybrane źródło energii. Może to być energia: elektryczna, cieplna, gazowa, wiatrowa itp.
5	$\frac{VA}{KE_x}$	
6	$\frac{NP}{KE_x}$	
7	$\frac{S}{NE_x}$	Szczegółowa analiza produktywności w oparciu o wybrane źródło energii. Zużycie nie jest wyrażone jako koszt, czyli w pieniądzu, tylko w jednostkach fizycznych.
8	$\frac{VA}{NE_x}$	
9	$\frac{NP}{NE_x}$	
Oznaczenia: E – koszty energii zużytej na cele produkcyjne i nieprodukcyjne NP – wielkość produkcji wyrażona w jednostkach naturalnych S – przychody ze sprzedaży VA – wartość dodana KE _x – koszt zużytej energii elektrycznej ze źródła x NE _x – zużycie energii w jednostkach naturalnych dla źródła x		

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3, 5]

J. Twaróg w swojej pracy [4] wyróżnia wiele wskaźników na poziomie efektywności logistycznej. Dzieli on system logistyczny na wiele podsystemów, takich jak:

- zaopatrzenie,
- produkcja,
- dystrybucja,
- transport,
- gospodarka magazynowa.

Wśród wielu opracowanych wskaźników trudno znaleźć taki, który badałby produktywność energii. Energia w podanych miernikach może być zauważalna jedynie jako jedna z wielu składowych, np. w mierniku przychody do zasobów.

3. Podział energii na działy logistyki

W przedsiębiorstwach należy dokonać podziału zużycia każdego rodzaju energii na działy logistyki, takie jak: zaopatrzenie, dystrybucja, produkcja oraz magazyn. Do każdego działu należy przypisać ilość oraz wartość zużytej energii na wykonywanie działań należących do nich.

W ramach **procesów zaopatrzeniowych** wyróżnić można następujące działania:

- wyszukiwanie i ocena dostawców,
- utrzymywanie współpracy z kontrahentami,
- odbiór towarów,
- wysyłanie zamówień na materiały,
- dokonywanie płatności zrealizowanych (odebranych) dostaw,
- kontrola jakości przyjmowanych towarów,
- reklamacje wadliwych materiałów,
- analiza rynku zaopatrzeniowego,
- planowanie zapotrzebowania.

Do **procesów logistycznych w produkcji** zalicza się:

- transport wewnętrzny w procesach produkcji,
- odbiór materiałów do produkcji.

Magazynowanie obejmuje działania, takie jak:

- zarządzanie powierzchnią magazynową,
- przyjmowanie i wydawanie towarów,
- kompletowanie zamówień,
- składowanie towarów,
- transport towarów przyjętych na magazyn.

Procesy logistyczne w **podsystemie dystrybucji** to:

- planowanie zapasów dystrybucyjnych,
- monitorowanie wysyłek,
- dostarczanie wyrobów gotowych,
- pozyskiwanie klientów,
- obsługa finansowa transakcji,
- marketing i promocja,
- obsługa klientów.

W ramach działów zużycie energii można wyznaczyć ilościowo, czyli w kWh, m³ lub wartościowo w złotych, w zależności od dostępu do danych.

4. Produktywność cząstkowa – energii z uwzględnieniem logistyki

W literaturze jest opisanych wiele wskaźników produktywności, jednak brak jest podziału z uwzględnieniem logistyki. W ramach każdego wskaźnika nie bierze się pod uwagę procesów, jakie zachodzą w ramach przedsiębiorstwa, a także brak jest wyróżnienia energii jako składowej. W przedsiębiorstwie produkcyjnym z uwagi na podział fazowy logistyki dzieli się ją na: zaopatrzenie, produkcję oraz dystrybucję. Dodatkowo wyróżnia

się jeszcze magazyn, który odgrywa znaczącą rolę nie tylko w przedsiębiorstwie, ale także w każdym z wymienionych podsystemów logistycznych.

W związku z tym proponuje się stosowanie wskaźników produktywności, które uwzględniają i energię jako zużywany zasób, i podsystemy logistyczne. Propozycja takich wskaźników została przedstawiona w tabeli 2.

Tabela 2. Wskaźniki produktywności energii w systemach logistycznych

Lp.	Wskaźnik	Uwagi
1	$\frac{S}{E}$	Ogólne wskaźniki produktywności energii przedsiębiorstwa. <i>E</i> może być wyrażone w jednostkach naturalnych lub pieniężnych.
2	$\frac{VA}{E}$	
3	$\frac{P}{E}$	
4	$\frac{S}{Ei}$	Szczegółowa analiza produktywności dla podsystemu logistycznego: zaopatrzenie, produkcja, dystrybucja i magazyn.
5	$\frac{VA}{Ei}$	
6	$\frac{P}{Ei}$	
7	$\frac{S}{NEix}$	Szczegółowa analiza produktywności w oparciu o wybrane źródło energii oraz dla <i>i-tego</i> podsystemu logistycznego.
8	$\frac{VA}{NEix}$	
9	$\frac{P}{NEix}$	
<p>Oznaczenia: <i>E</i> – energia zużyta na cele produkcyjne i nieprodukcyjne <i>P</i> – wielkość produkcji wyrażona w jednostkach naturalnych <i>S</i> – przychody ze sprzedaży <i>VA</i> – wartość dodana <i>Ei</i> – zużycie energii dla podsystemu <i>i</i> <i>NEix</i> – zużycie energii w jednostkach naturalnych dla źródła <i>x</i> wykorzystywanego w podsystemie <i>i</i></p>		

Wskaźniki 1-3 są przeznaczone do wyznaczenia produktywności dla całego przedsiębiorstwa. W zależności od danych jakimi dysponujemy lub przedmiotu analizy wskaźniki można wyznaczać w oparciu o sprzedaż, wartość dodaną lub wielkości wyrażone w jednostkach naturalnych. Kolejne wskaźniki 4-6 dotyczą już pomiarów w podziale na podsystemy logistyczne: zaopatrzenie, produkcję, dystrybucję oraz magazyn. Analizując wskaźniki widać, że w liczniku występuje sprzedaż, wartość dodana lub produkcja wyrażona w jednostkach naturalnych, natomiast w mianowniku zużycie energii dla odpowiedniego podsystemu z wyżej wymienionych. Podstawić tutaj można zarówno wartość zużycia lub ilość zużytej energii wyrażonej w odpowiednich jednostkach

fizycznych. Należy jednak pamiętać, że jeśli w przedsiębiorstwie korzysta się z kilku źródeł energii łatwiejsze będą do wyznaczenia wskaźniki wykorzystujące wartość zużytej energii. Wynika to z tego, że w opisanym przypadku musimy zunifikować ilości zużytych jednostek do jednej uniwersalnej.

Ostatnie trzy wskaźniki służą do wyznaczania produktywności szczegółowej uwzględniającej zarówno odpowiedni podsystem logistyczny, jak i rodzaj zużytej energii. Tutaj również jest możliwość wyboru w oparciu o jakie dane wyznaczamy wskaźniki. Może to być sprzedaż, wartość dodana lub produkcja w jednostkach naturalnych. Mianownik również może być wyrażony wartościowo lub ilościowo. W pierwszej kolejności dokonujemy podziału energii na podsystemy, a w dalszym etapie wyróżniamy rodzaje zużytej energii i wyznaczamy wskaźniki. W zależności od liczby wykorzystywanych źródeł energii wyznacza się przy jednym rodzaju energii 4 wskaźniki. Najczęściej jest to dla podsystemów logistycznych i rodzaju energii – elektrycznej. W przypadku większej liczby źródeł energii wyznacza się wskaźniki w ilości: wielokrotność liczby cztery.

W zależności od prowadzonej ewidencji w przedsiębiorstwie należy dobrać odpowiednie dane. Najlepiej jeśli przedsiębiorstwa prowadziłyby, na potrzeby tych wskaźników, ewidencję kosztów w podziale na podsystemy logistyczne, ale przedsiębiorstwa raczej nie prowadzą ewidencji w tym układzie. Dlatego należy odpowiednio opracować dane wejściowe, aby mogły posłużyć jako podstawę do wyznaczania odpowiednich wskaźników. Do tego celu można wykorzystać różnego rodzaju klucze podziałowe. Może to być powierzchnia wykorzystywana w ramach procesów dla każdego podsystemu, czas pracy pracowników, liczba pracowników, wielkość poszczególnych działów wykonujących prace w podziale na podsystemy logistyczne. W zależności od przedsiębiorstwa należy dobrać odpowiedni klucz podziałowy. Idealnym rozwiązaniem jest posiadanie liczników pomiaru zużycia energii dla każdego urządzenia i przyporządkowanie ich do odpowiedniego podsystemu logistycznego. Rozwiązanie to jest jednak bardzo kosztochłonne oraz pracochłonne, ponieważ każde urządzenie należałoby osobno księgować oraz ewidencjonować jego koszty.

5. Analiza produktywności na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa

Produktywność energii przeanalizowana zostanie na przykładzie przedsiębiorstwa zajmującego się produkcją wyrobów mleczarskich. Jest to średniej wielkości firma produkująca na zamówienia sieci handlowych, takie jak: Bierdonka, Kaufland, Netto, Tesco, Żabka.

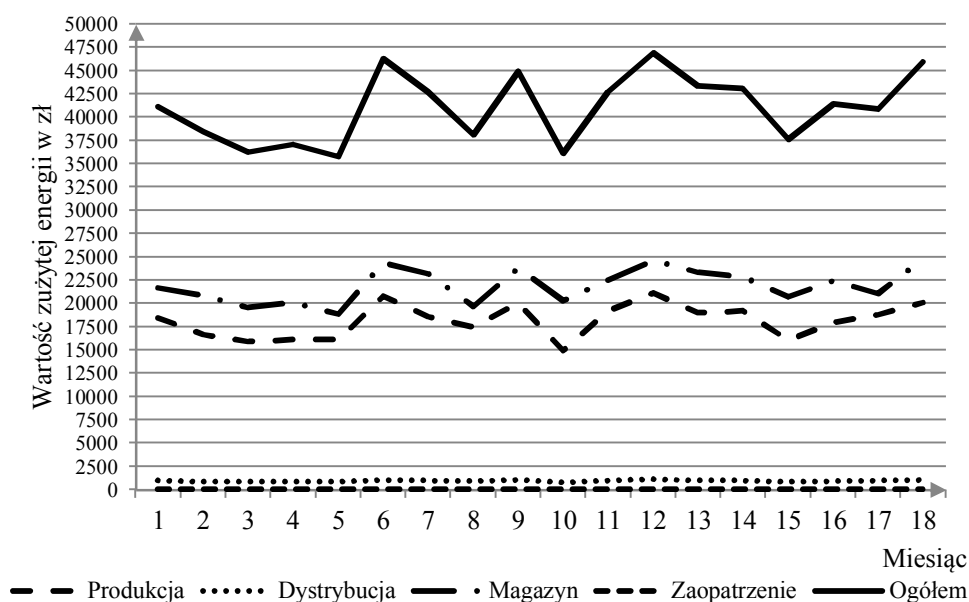
W przedsiębiorstwie nie prowadzi się ewidencji szczegółowej zużycia energii. W związku z posiadaniem tylko jednego licznika należy dane odpowiednio podzielić na podsystemy logistyczne z wykorzystaniem klucza, który będzie najbardziej adekwatny oraz w oparciu o dane do jakich mamy dostęp. Jako prosty klucz rozliczeniowy można zastosować powierzchnie poszczególnych działów logistyki lub czas pracy w miesiącu na danej powierzchni. Analiza oparta będzie na zużyciu gazu i energii elektrycznej. Do analizy wykorzystano jako klucz rozliczeniowy liczbę godzin pracy przemnożoną przez powierzchnię, którą zajmują poszczególne podsystemy logistyczne. Zaproponowano taki klucz podziału, ponieważ oparcie się na samej powierzchni wykluczyłoby czas pracy działów, a magazyny zużywają energię całą dobę 7 dni w tygodniu, gdyż są wyposażone w chłodnie pracujące całą dobę. Dla wyrobów mleczarskich bardzo ważne jest utrzymywanie odpowiedniej temperatury do przechowywania. Z kolei opierając się tylko

na czasie pracy nie będzie uwzględniona powierzchnia przeznaczona na działania w ramach logistycznych podsystemów. Na produkcji mamy najwięcej zatrudnionych osób, natomiast magazyn zatrudnia zaledwie kilku pracowników. Nie odzwierciedliłoby to faktu, że magazyn pobiera cały czas energię. W związku z dwoma źródłami energii analiza oparta będzie na danych wartościowych.

W przedsiębiorstwie analiza produktywności obejmuje:

- podsystem produkcji,
- podsystem dystrybucji,
- magazyn,
- podsystem zaopatrzenia,
- całe przedsiębiorstwo.

Zgodnie z dobranym kluczem rozliczeniowym dokonano podziału zużycia energii w przedsiębiorstwie na podsystemy logistyczne wcześniej wymienione. Najlepiej obrazuje to wykres przedstawiony na rysunku 1. Zebrane dane są kompletne za okres 18-tu miesięcy. W przedsiębiorstwie korzysta się z energii elektrycznej oraz gazu jako źródeł energii.



Rys. 1. Wartość zużycia energii w przedsiębiorstwie ogółem oraz w podsystemach logistycznych w okresach miesięcznych [zł]

Przebiegi krzywych obrazujących zużycie są podobne, dla wartości ogółem, magazynu i produkcji, różnią się poziomem wartości, na którym się utrzymują. Krzywe mają takie same trendy z różną amplitudą wahań. Świadczy to o zależności zużytej energii od wielkości produkcji. Najniższe zużycie energii posiada dział zaopatrzenia oraz dystrybucji. Charakteryzują się one takimi wielkościami w związku z faktem, iż energia jest pobierana przez osiem godzin oraz powierzchnia przeznaczona jest najmniejsza z analizowanych działów. Dystrybucja i zaopatrzenie to głównie pracownicy biurowi, nie posiadają dużych maszyn i urządzeń. W tym przypadku najczęściej pobór energii wynika z pracy

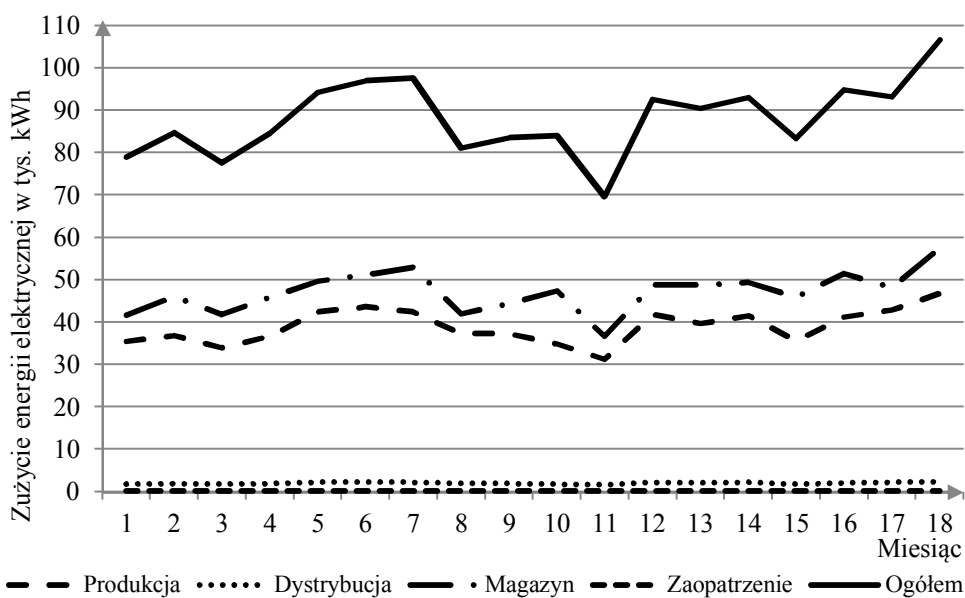
komputerów, oświetlenia itp. Zużycie energii w tych dwóch działach jest niezależne od wielkości produkcji. Największą powierzchnią charakteryzuje się produkcja, której zużycie energii jest na nieco niższym poziomie, niż przypadająca na magazyn.

Kolejne rysunki (rys. 2 i rys. 3) prezentują zużycie energii elektrycznej i gazu wyrażonych w wartościach naturalnych. Na tych rysunkach również widać, że dystrybucja i zaopatrzenie są na najniższym, stałym poziomie. Natomiast pozostałe podsystemy mają podobny przebieg krzywych. W tych samych miesiącach występują poziomy minimum i maksimum dla wszystkich podsystemów.

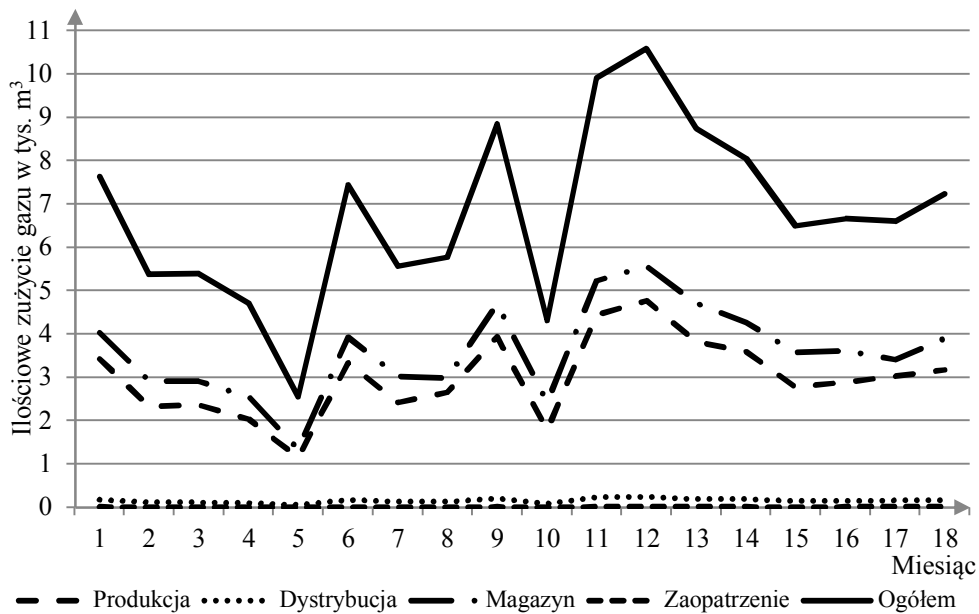
W dalszej części przedstawiono produktywność energii (rys. 4 i rys. 5). Z uwagi na dużą różnicę w wynikach i małą czytelność wykresu, wyniki zaprezentowano na dwóch rysunkach. Rysunki 4 i 5 przedstawiają wskaźniki produktywności energii w przedsiębiorstwie liczone w oparciu o dane wartościowe. Przeanalizowanie rysunków dotyczących produktywności pozwala stwierdzić, że podsystem zaopatrzenia charakteryzuje się najwyższą produktywnością energii. Oznacza to, że najlepiej wykorzystuje zasób jakim jest energia. W rzeczywistości jest to spowodowane niskim udziałem w zużyciu energii. Dział ten zużywa około 0,1% całej pobieranej energii w przedsiębiorstwie. Wynika to z faktu, że przydzielona powierzchnia to około 12 m². Jest to jedno stanowisko biurowe.

Największa produktywność energii dla przedsiębiorstwa zanotowana została w okresie 11, czyli w styczniu 2013 roku. W tym miesiącu odnotowano najniższe zużycie energii elektrycznej w analizowanym okresie 18-tu miesięcy, co wpłynęło pozytywnie na wynik produktywności. Energia elektryczna stanowi średnio 66 % ogólnego zużycia energii.

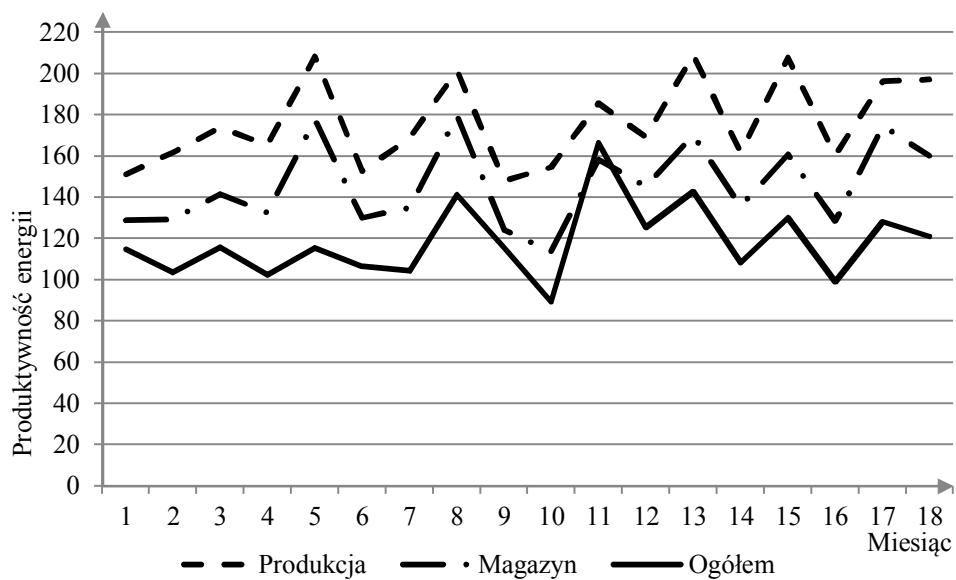
Nie można tutaj szczególnie wyznaczyć jednego trendu wiodącego. Zużycie energii podlega dużym wahaniom, a za tym idą również wahania produktywności. Najstabilniejsze zużycie zauważalne jest dla dystrybucji i zaopatrzenia, co w przypadku dystrybucji daje stabilną produktywność.



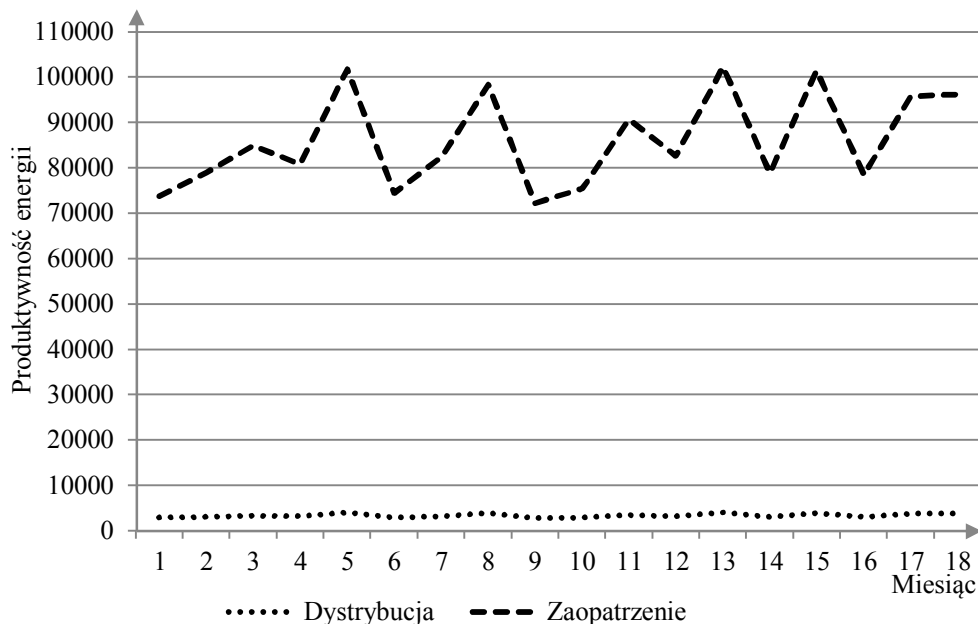
Rys. 2. Ilość zużytej energii elektrycznej w przedsiębiorstwie ogółem oraz w podsystemach logistycznych w okresach miesięcznych [kWh]



Rys. 3. Ilość zużytego gazu w przedsiębiorstwie ogółem oraz w podsystemach logistycznych w okresach miesięcznych [m³]



Rys. 4. Produktywność w przedsiębiorstwie ogółem oraz dla produkcji i magazynu w oparciu o zużycie energii wyrażone wartościowo dla okresów miesięcznych



Rys. 5. Produktywność zaopatrzenia i dystrybucji w oparciu o zużycie energii wyrażone wartościowo dla okresów miesięcznych

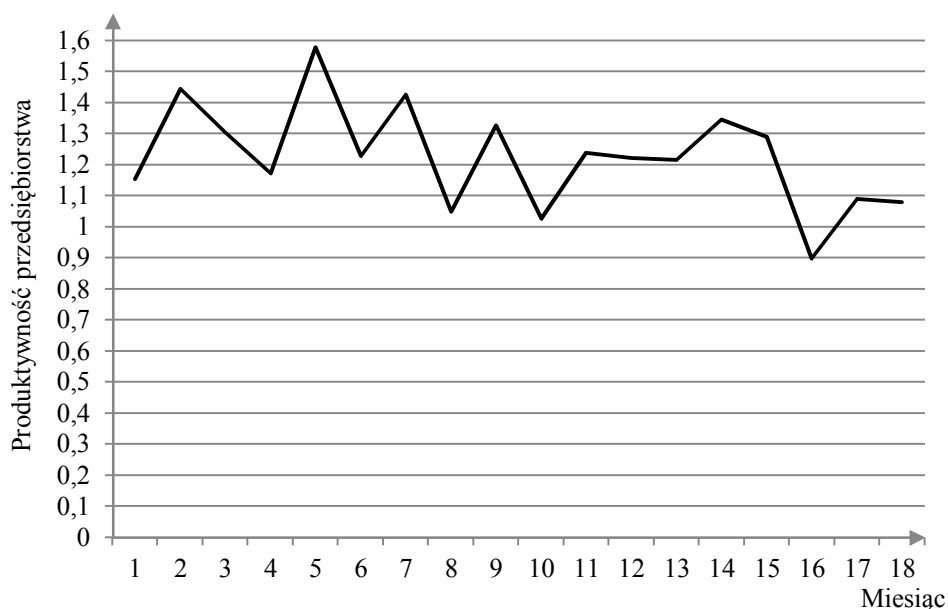
Produktywność przedsiębiorstwa ze względu na wykorzystanie zasobu, jakim jest energia w początkowym okresie była stabilna, środkowy czas to burzliwy okres od najniższej wartości wskaźnika do najwyższej. Niestety później obserwuje się wahania, które mają trend malejący. Podobnie prezentuje się produktywność wykorzystanie energii w podsystemie produkcji, a także magazynowania.

W okresie 10. zanotowano najniższą produktywność energii w przedsiębiorstwie. Wynika to z najniższych przychodów w analizowanym okresie, co mogło spowodować taki wpływ na produktywność. Należy zauważyć, że zaprezentowana na rysunku 6 produktywność dla całego przedsiębiorstwa nie jest w tym okresie na najniższym poziomie. Generalnie przebieg produktywności przedsiębiorstwa nie pokrywa się z produktywnością energii. Na tym etapie można wysunąć wniosek, że zużycie energii w przedsiębiorstwie nie ma istotnego wpływu na produktywność całkowitą.

W związku ze wzrostem przychodów w ostatnich miesiącach objętych analizą i kosztach energii na względnie stałym poziomie, wnioskuje się, że produktywność energii powinna wzrastać. Głównymi stymulatorami wzrostu wskaźników produktywności jest wzrost przychodów ze sprzedaży oraz ograniczenie zużycia energii.

Analiza zebranych danych pozwala zauważyć, że wzrost zużycia energii powoduje spadek produktywności. Natomiast spadek zużytej energii powoduje wzrost produktywności, przy zachowaniu trendów rosnących lub malejących dla pozostałych danych. W przypadku zachwiania trendu również następuje zmiana w produktywności. Przykładowo, jeśli zużycie energii maleje to rośnie produktywność przy przychodach na względnie stałym poziomie. Gdy przychody drastycznie spadną i odnotuje się spadek zużycia energii wtedy produktywność zamiast rosnać może zmaleć.

W celu wzrostu poprawy produktywności przedsiębiorstwo powinno ograniczać zużycie energii. W tego typu przedsiębiorstwach wiadomo, że produkcja musi pochłaniać pewne minimum energii. Nie można ograniczyć produkcji po to, aby zwiększyć produktywność, ponieważ to doprowadzi do zmniejszania przychodów ze sprzedaży. Warto zastanowić się nad kosztami zainstalowania urządzeń dokonujących pomiaru zużycia energii w poszczególnych działach i szukać miejsc, w których energia jest zużywana niepotrzebnie. Być może należałoby sprawdzić czy wszędzie są żarówki energooszczędne oraz czy nie dochodzi do sytuacji, gdy oświetlane są „puste” pomieszczenia. Tego typu rzeczy można wyeliminować. Są to niby małe „kroczki” jednak w skali całego przedsiębiorstwa mogą przynieść wymierny efekt. Na produkcji również należy przyjrzeć się czy nie ma zbędnego użycia urządzeń zasilanych energią elektryczną lub gazem. Warto przeanalizować wyposażenie magazynów pod kątem stanu urządzeń chłodzących. Być może wymiana na nowsze będzie skutkowałą wzrostem produktywności. Również wadliwe działanie tych urządzeń może powodować nadmierny pobór energii.



Rys. 6. Produktywność przedsiębiorstwa całkowita liczona w oparciu o dane wartościowe w okresach miesięcznych

Największe zużycie energii występuje w magazynie – na poziomie 52-54%, natomiast produkcja zużywa od 41% do 45% pobieranej energii w całym przedsiębiorstwie. Dystrybucja pobiera około 2% energii ogólnej, natomiast zaopatrzenie to znikomy ułamek w skali całego przedsiębiorstwa. Podsystem produkcji oraz magazyn charakteryzują się produktywnością zbliżoną do produktywności energii dla przedsiębiorstwa. Jest to wynikiem dużego udziału tych podsystemów w zużyciu energii.

6. Wnioski

Produktywność energii jest jedną z cząstkowych produktywności całego przedsiębiorstwa. Energia to jeden z zasobów, który jest angażowany w każdym przedsiębiorstwie. Zawsze występuje energia elektryczna, często jest też wykorzystywana energia gazowa. Poza nimi jest jeszcze wiele innych źródeł energii, jednak mniej popularnych. W literaturze często autorzy opisują wiele wskaźników produktywności energii. W zależności od przedsiębiorstwa można dopasować kilka wskaźników do swojego profilu. W doborze wskaźników ważny jest aspekt posiadanych danych.

Większość przedsiębiorstw dostrzega jak ważne jest dobre organizowanie procesów logistycznych oraz jakie efekty może przynieść odpowiednie zarządzanie. Znane jest już zarządzanie logistyczne, jednak brak jest uwidocznienia logistyki w produktywności. W związku z tym, w artykule zaproponowano wskaźniki logistycznej produktywności energii. Wyróżnione zostały zadania, które można przypisać do podsystemów logistycznych, zgodnie z podziałem fazowym logistyki. Na tej podstawie dokonano podziału kosztów energii na podsystem dystrybucji, produkcji, zaopatrzenia oraz magazynu.

Badano dane zebrane w przedsiębiorstwie w okresach miesięcznych przez 1,5 roku. Wyniki wskazują, że wzrost kosztów energii powoduje spadek produktywności energii przy niezmiennych przychodach. W badanym przedsiębiorstwie zauważono również brak zależności produktywności przedsiębiorstwa od produktywności energii. W okresie o najniższych przychodach ze sprzedaży w badanym czasie zanotowano również najniższą produktywność. W przedsiębiorstwie najwyższą produktywność energii zanotowano dla zaopatrzenia i dystrybucji, natomiast magazyn i produkcja charakteryzowały się produktywnością zbliżoną do ogólnej produktywności energii.

Literatura

1. Rostek M., Knosala R.: Koncepcja oceny wpływu działań logistycznych na produktywność przedsiębiorstwa. [w:] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji pod red. Knosala R., Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole 2013.
2. Kosieradzka A.: Zarządzanie produktywnością w przedsiębiorstwie. C. H. Beck, Warszawa 2013.
3. Lis S. (red.): Vademecum produktywności. Placet, Warszawa 1999.
4. Twaróg J.: Mierniki i wskaźniki logistyczne. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2003.
5. Kosieradzka A., Lis S.: Programowanie poprawy produktywności. ORGMASZ, Warszawa 1998.

Mgr inż. Michaela ROSTEK,
prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów Politechniki Opolskiej
45-370 Opole, ul. Ozimska 75
e-mail: m.rostek@po.opole.pl
r.knosala@po.opole.pl