

EFEKTYWNOŚĆ PROCESÓW LOGISTYCZNYCH W PRZEMYSŁE SAMOCHODOWYM

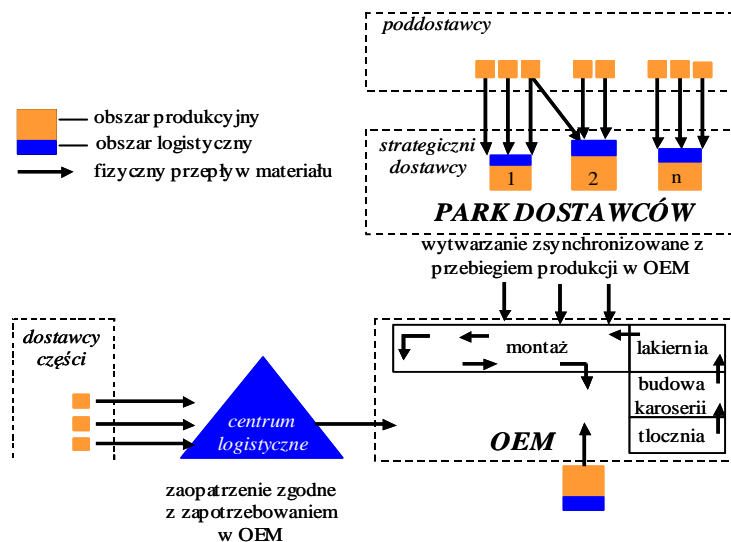
Bożena SKOŁUD, Beata KUJAWSKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodykę badań efektywności łańcucha logistycznego w przemyśle motoryzacyjnym. Zaplanowanie eksperymentu w połączeniu z symulacją w MALAGA umożliwia wybór organizacji przepływów logistycznych korzystnej ze względu na oczekiwane wskaźniki.

Słowa kluczowe: procesy logistyczne, planowanie eksperymentu, symulacja.

1. Wprowadzenie – trendy w logistyce przemysłu motoryzacyjnego

Do podstawowej działalności w przemyśle motoryzacyjnym zalicza się badania i rozwój, produkcję, marketing i serwis. Czynności zasoby spoza tego obszaru działalności delegowane są na zewnątrz operatorom logistycznym. Oznacza to, że w przedsiębiorstwie finalnym (ang.: Original Equipment Manufacturing - OEM) wykonywany jest jedynie końcowy montaż samochodu. Nowe formy powiązań między dostawcami części i operatorami logistycznymi a producentami samochodów spowodowały powstanie tzw. sieć dostawców - czyli sieci powiązań samodzielnych jednostek produkcyjnych (strategicznych dostawców modułów samochodowych) i firm logistycznych świadczących dla niego usługi (rys.1). Moduły samochodowe wytwarzane bądź to na terenie OEM bądź w jego pobliżu są dostarczane na czas i sekwencyjnie (just in time – JIT; just in sequence – JIS).



Rys. 1. Powiązania logistyczne w przemyśle motoryzacyjnym

Wyróżnia się cztery grupy produktów:

1. Towary o wysokim strumieniu materiałowym [m^3 /auto] oraz dużą liczbą wariantów (siedzenie, obicie tapicerki). Przepływ materiałów jest realizowany w systemie dostaw JIT oraz JIS.
2. Towary o wysokim strumieniu materiałowym i niewielkiej liczbie wariantów obsługiwanych w systemach dostaw bezpośrednich (urządzenia klimatyzacyjne, koła).
3. Towary o niewielkich strumieniach ilościowych i wartościowych, niskim stopniu skomplikowania i małej liczbie wariantów (małe i normatywne części). Składowane są w centrum logistycznym.
4. Części, zespoły czy moduły wytwarzane przez OEM (silnik i karoseria). Dostarczane bezpośrednio do miejsca pobrania na linii montażowej.

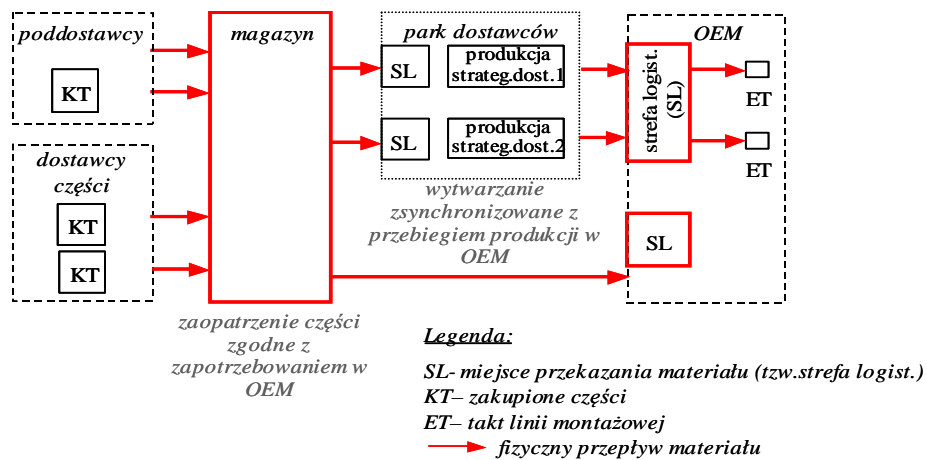
Przeprowadzone analizy wskazują iż 80% wielkości strumienia towaru stanowią produkty obsługiwane w systemie dostaw bezpośrednich (JIT i JIS).

2. Sformułowanie problemu i wybór metody rozwiązania

Konsekwencją planowania przepływem strumieni materiałowych w sferze logistyki, które odbywa się u dostawców, operatorów logistycznych i w przedsiębiorstwie finalnym, jest utrzymywanie wieloosobowego zespołu specjalistów odpowiedzialnych za przepływ materiału, przenoszenie takiego samego materiału przez oddzielne środki przy niskim poziomie ich wykorzystania oraz nierytmiczny obieg opakowań ładunkowych i ich dostawy do linii. Te niedoskonałości stały się powodem poszukiwania przez firmy motoryzacyjne nowej koncepcji zapewniającej sprawniejsze zarządzanie.

Dane jest przedsiębiorstwo finalne i skończony zbiór dostawców strategicznych i ich poddostawców oraz skończony zbiór dostawców części. Zdefiniowany jest łańcuch dostaw, uwzględniający źródła pozyskania surowców, materiałów i podzespołów u poddostawców, miejsca ich przetwarzania, montaż i produkcję w przedsiębiorstwie finalnym, Określone są potrzeby przedsiębiorstwa w zakresie wielkości, asortymentu oczekiwanej produkcji i/lub usług i terminu dostawy, stan zapasu magazynowego w przedsiębiorstwie finalnym i u dostawców strategicznych, organizacja gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie finalnym i u dostawców strategicznych. Znane są środki transportu zewnętrznego i trasy ich przejazdu. Brak jest ustalonego rozkładu jazdy środków transportowych. Ponadto organizacja linii produkcyjnej przedsiębiorstwa finalnego nie podlega zmianom, dopuszczalne są zmiany poza linią produkcyjną na poziomie logistyki dostawców strategicznych i centrum logistycznego.

Poszukując sprawnego i bardziej efektywnego sposobu organizacji procesów logistycznych od dotychczas stosowanego rozwiązania przyjęto koncepcję scentralizowanej organizacji procesów logistycznych. Zgodnie z nią funkcja planowania zostanie powierzona dokładnie jednemu operatorowi logistycznemu. Zakłada się, że centralizacja zadań logistycznych umożliwi firmom logistycznym i spedycyjnym korzystanie ze wspólnych zasobów systemu logistycznego (rys.2).



Rys. 2. Koncepcja scentralizowanej organizacji procesów logistycznych

Pytanie, na które należy odpowiedzieć brzmi „czy scentralizowana organizacja przy zmianie parametrów struktury logistycznej poprawi efektywność funkcjonowania systemu zaopatrzenia”. W tym celu przeprowadzono badania jednoczesnego wpływu wybranych parametrów struktury logistycznej na efektywność funkcjonowania logistycznego systemu transportu i magazynu, wyrażoną przez: liczbę środków transportu i czas efektywnej pracy każdego, liczbę wykonanych operacji transportowych, liczbę opakowań, obszar powierzchni magazynowania oraz liczbę pracowników logistycznych

3. Eksperyment symulacyjny

Na podstawie przeprowadzonych analiz znana jest w danym czasie reakcja systemu logistycznego w przypadku zmiany zachowania wyłącznie jedyne wejścia i przy założeniu niezmienności zachowania pozostałych wejść. Celem badania jest stwierdzenie jak system reaguje przy zmianie większej liczby wejść.

Badanie współzależności parametrycznych przebiega następująco:

1. Określenie celu badań. Wpływu parametrów struktury logistycznej na efektywność funkcjonowania system zaopatrzenia dla scentralizowanej i zdecentralizowanej organizacji procesów logistycznych.
2. Zdefiniowanie parametrów wejściowych obiektu badań (tabela 1)

Tab. 1. Zakres dopuszczalnej zmienności parametrów wejściowych obiektu badań

parametr wejściowy (x_i)		Jednostka	obszar zmienności		wartość
			$x_{i \min}$	11	$x_{i \max}$
x_1	lokalizacja dostawców strategicznych	Km	30	1	20
x_2	środek transportu	m^3	97	30	90
x_3	dostępność techniczna środka transportu	%	35	94	100
x_4	przeciętny stan zapasów – strefa logist.	min.	10	10	60
x_5	przeciętny stan zapasów – centrum logist.	Dzień	14	2	10
x_6	czas pracy zasobów logist.	godz.		7	21

3. Wyznaczenie zakresu dopuszczalnej zmienności parametrów wejściowych.
4. Zdefiniowanie wyjść obiektu badań.
5. Dobór postaci funkcji opisującej obiekt badań. Na podstawie [1] dla systemów logistycznych przyjmuje się co najwyżej kwadratowej postaci funkcji.
6. Utworzenie planu badań. Zdecydowano się na wybór planu D- optymalnego, powodem wyboru jest:
 - konieczność wykonania najmniejszej liczby eksperymentów. Dla sześciu wielkości wejściowych, liczba eksperymentów mieści się w zakresie od 30 do 50
 - stosunkowo krótki czas (tym samym koszt eksperymentu) wykonania badań symulacyjnych
 - możliwość ograniczenia przestrzeni badań w postaci wykluczenia jej punktów brzegowych lub jednej z jej części.
7. Przeprowadzenie eksperymentu zgodnie z planem badań. Plan D-optymalny wygenerowany został za pomocą oprogramowania RS/1 (33 eksperymenty)

3.1. Przedmiot badań

Przedmiotem badań jest przepływ strumieni materiałowych wybranych modułów samochodowych, podzespołów i detali potrzebnych do ich montażu a także zakupionych części dla samochodu średniej klasy- Golfa A5, wytwarzanego w zakładach Volkswagen w Mosel. W modułowej budowie wyrobu finalnego wyróżnia się 15 zespołów części dostarczanych terminowo i sekwencyjnie.

Rozważane są trzy procesy logistyczne modułów o największym przepływie strumieni materiałowych: siedzenie, kokpit i część przednia oraz dodatkowe procesy logistyczne części niezbędnych do montażu tychże modułów. Wspomniane procesy logistyczne stanowią razem 60% przepływów materiałowych od dostawców strategicznych i 70% strumienia przepływu od dostawców części [3]. Dodatkowo przeanalizowano procesy logistyczne zakupionych części, dostarczanych przez centrum logistyczne.

Procesy logistyczne, biorą swój początek w jednym z dziewięciu punktów spedycyjnych od 385 dostawców zlokalizowanych w centralnej Europie. Łącznie poddany zostanie analizie przepływ 1765 zakupionych części, z czego prawie 80 % wpływa do przedsiębiorstwa finalnego w postaci modułów samochodowych. Reszta części zlokalizowana jest w centrum logistycznym.

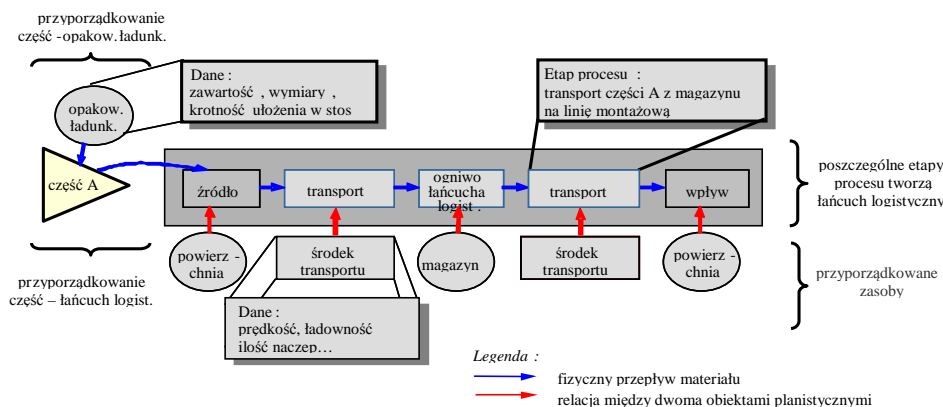
3.2. Wybór narzędzia symulacyjnego

Symulację procesów logistycznych sfery zaopatrzenia produkcji przedsiębiorstwa finalnego przeprowadzono przy użyciu narzędzia symulacyjnego – MALAGA (*Materials Flow Analysis, Layout Development Analysis, Graphic Association Data Management*), stosowanego w zakładzie Volkswagen AG. Modułowa struktura MALAGA, opartego na bazie programu CAD umożliwia odwzorowanie, planowanie i analizę przepływów materiałowych bezpośrednio w planie przestrzennym przedsiębiorstwa.

Planowanie procesu logistycznego w środowisku Malaga odbywa się w oparciu o schemat logistycznego łańcucha dostaw (rys. 3). Zamodelowanie łańcucha dostawy przebiega w następujących krokach:

1. Przyporządkowanie wyrobu/części do opakowania ładunkowego
2. Przyporządkowanie wyrobu/części do łańcucha logistycznego

3. Zdefiniowanie łańcucha logistycznego tj. określenie źródła pozyskania i miejsca zdania części, podzespołu czy modułu, tzw. Źródło oraz przyporządkowanie ogniw łańcucha, tzw. stacji logistycznych, oraz środka transportu.



Rys. 3. Schemat logistycznego łańcucha dostaw w środowisku MaLaGa

Dla każdej części, podzespołu czy modułu samochodowego definiowany jest łańcuch logistyczny, co oddaje powiązanie źródła z wpływem dla każdego elementu samochodu.

3.3. Eksperyment symulacyjny

Po podstawieniu wartości zgodnych z zakresem dopuszczalnej zmienności parametrów struktury logistycznej otrzymano plan badań eksperymentu, zgodnie z planem wykonano 33 doświadczenia. W zakresie zdecentralizowanej i scentralizowanej organizacji procesów logistycznych wykonano badania dla partii produkcyjnych: 400, 800, 1200 i 1600 szt./dzień (program produkcji modelu Golfa [2]) i przeprowadzono analizę wyników.

Za środek transportu przyjęto wózek ciągnikowy o następujących cechach technicznych:

wymiary [dł*szer*wys]	: 4,15*1,85*2,0 m,	ładowność	: 30 m ³ ,
liczba platform	: 2,	prędkość poruszania się	: 1,8 m/s,
czas załadunku	: 1,3 min,	czas wyładunku	: 1,3 min,
środek za-/ wyładunku	: wózek ciągnikowy		

W wyniku realizacji eksperymentu symulacyjnego otrzymano odpowiedź na pytania:

- Jakie wartości wskaźników oceny charakteryzują logistyczny system zaopatrzenia dla wymaganych parametrów struktury logistycznej?
- który ze sposobów organizacji procesów logistycznych wykazuje większą efektywność funkcjonowania logistycznego systemu zaopatrzenia?

Poniżej przedstawiono fragment analizy wyników badań parametrów podsystemu „transport” i przedstawiono wyniki tej analizy

- Przepływ materiału od dostawców części

Odcinek drogi łączący magazyn wyjściowy dostawcy części (tzw. magazyn obszaru spedycyjnego) z magazynem wejściowym dostawcy strategicznego i/- lub z magazynem składowania przedsiębiorstwa finalnego pokonywany jest przez samochód ciężarowy.

Operacje za- i wyładownicze wykonywane są przy pomocy wózka podnośnikowego. Konfigurację zdecentralizowanego logistycznego systemu zaopatrzenia dla wielkości partii 1200 szt./dzień przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wyniki badań dla podsystemu „transport” w przepływie materiału od dostawców części („-“ oznacza przewagę struktury scentralizowanej) liczba samochodów ciężarowych (*Licz_ST*), łączny czas efektywnej pracy (*T_jazdy*), łączna liczba operacji transportowych (*Licz_trans*). Dziennego zaangażowania pracowników logistycznych (*Licz_Prac*)

1200 szt./ dzień	przepływ materiału od dostawców części							
	samochód ciężarowy					wózek podnośnikowy		
	Licz_ST	T_jazdy	Licz_trans	Licz_Prac	Licz_ST	T_jazdy	Licz_trans	Licz_Prac
	<i>szt/dzień</i>	<i>godz</i>	<i>szt/dzień</i>	<i>szt/dzień</i>	<i>szt/dzień</i>	<i>godz</i>	<i>szt/dzień</i>	<i>szt/dzień</i>
org. scentralizowana (M1)	763,88	5345,91	484,28	763,70	249,20	1880,95	0,00	268,70
org. zdecentralizowana (M2)	764,00	5348,95	484,28	764,00	250,00	1881,00	0,00	269,00
zysk dobowy (M1-M2) [jedn]	-0,12	-3,03	0,00	-0,30	-0,80	-0,05	0,00	-0,30
zysk roczny (M1-M2) [jedn.]	-27,60	-696,90	0,00	-69,00	-184,00	11,50	0,00	-69,00
zysk (M1-M2) [%]	-0,02	-0,06	0,00	-0,04	-0,32	0,00	0,00	-0,11

Poprawę efektywności funkcjonowania logistycznego systemu zaopatrzenia dla wielkości partii produkcyjnej 1200 szt./ dzień upatruje się w scentralizowanym sposobie organizacji procesów logistycznych. Charakteryzuje się on wyższym poziomem wykorzystania zasobów logistycznych. Przy takiej samej liczbie operacji transportowych jest wymagana mniejsza liczba środków transportu. Fakt ten znajduje swoje odzwierciedlenie w mniejszej liczbie pracowników logistycznych.

W zakresie produkcji 400 –1600 szt./dzień stwierdzono, że (*Licz_trans*) i (*T_jazdy*) nie mają wpływu na podjęcie decyzji o sposobie sterowania procesem logistycznym. Scentralizowana organizacja procesów logistycznych niezależnie od wielkości partii produkcyjnej jest w stanie zapewnić poprawę funkcjonowania systemu logistycznego mierzonego (*T_jazdy*). Dla partii produkcyjnej od 400 do 1000 szt./dzień wykazano korzyść ze sterowania zdecentralizowanego w postaci mniejszej (*Licz_ST*). Dla produkcji od 1000 do 1600 szt./dzień wykazano korzyść ze sterowania scentralizowanego. W przedziale od 400 do 1500 szt./dzień scentralizowane zarządzanie procesem logistycznym wymaga zaangażowania mniejszej liczby wózków podnośnikowych.

- Przepływ materiału od dostawców strategicznych i/- lub z magazynu składowania Na podstawie analizy wskaźników oceny logistycznego systemu zaopatrzenia dla wielkości partii 1200 sztuk wnioskuje się o korzyściach wynikających ze zdecentralizowanego sterowania procesem logistycznym (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**).

Tab. 3. Tabela wyników badań dla podsystemu „transport” w przepływie materiału od dostawców części („-“ oznacza przewagę struktury scentralizowanej)

1200 szt./ dzień	przepływ materiału od dostawców strategicznych			
	<i>wózek ciągnikowy</i>			
	Licz_ST	T_jazdy	Licz_trans	Licz_Prac
	<i>szt/dzień</i>	<i>godz</i>	<i>szt/dzień</i>	<i>sz./dzień</i>
org. scentralizowana (M1)	88,35	1238,85	1890,32	249,29
org. zdecentralizowana (M2)	85,00	1219,32	1902,00	246,00
zysk dobowy (M1-M2) [jedn.]	3,35	19,53	-11,68	3,29
zysk roczny (M1-M2) [jedn.]	770,50	4.491,90	-2.686,40	756,70
zysk (M1-M2) [%]	3,79	1,58	-0,62	1,32

Jedynie wskaźnik oceny liczba operacji transportowych (Licz_trans) przyjmuje wartości ujemne, świadczące o efektywności rozwiązania scentralizowanego. Wskaźnik ten jest jednakże konsekwencją wynikającą z poprzedniego etapu procesu logistycznego związanego z lepszym wykorzystaniem środków transportu w strukturze scentralizowanej.

Analiza wskaźników oceny logistycznego systemu zaopatrzenia dla wielkości produkcji 400- 1600 szt./dzień sprowadza się do podjęcia decyzji o zdecentralizowanej organizacji procesów logistycznych. Wykazano korzyść tego rodzaju sterowania w postaci mniejszej (Licz_ST) oraz krótszego czasu (T_jazdy). Ze względu na (Licz_trans) efektywnym wydaje się podjęcie decyzji o scentralizowanym sterowaniu procesem logistycznym.

- Przepływ materiału wewnątrz przedsiębiorstwa finalnego

Z uwagi na kompleksowość zagadnienia przepływu materiału z magazynu wejściowego przedsiębiorstwa finalnego do linii montażowej został poddany analizie wyłącznie jeden moduł samochodowy (część przednia).

Tab. 4. Wyniki badań podsystemu „transport” w przepływie materiału wewnątrz przedsiębiorstwa finalnego („-“ oznacza przewagę struktury scentralizowanej)

1200 szt./ dzień	przepływ materiału wewnątrz przedsiębiorstwa finalnego			
	<i>wózek ciągnikowy</i>			
	Licz_ST	T_jazdy	Licz_trans	Licz_Prac
	<i>szt/dzień</i>	<i>godz</i>	<i>szt/dzień</i>	<i>szt/dzień</i>
org. scentralizowana (M1)	0,41	5,73	150,00	0,82
org. zdecentralizowana (M2)	1,00	5,73	150,00	1,00
zysk dobowy (M1-M2) [jedn.]	-0,59	0,00	0,00	-0,18
zysk roczny (M1-M2) [jedn.]	-135,70	0,00	0,00	-41,40
zysk (M1-M2) [%]	-43,90	0,00	0,00	-21,95

Na podstawie analizy wyników badań dla wielkości produkcji 400-1600 szt./dzień

stwierdzono poprawę efektywności działania logistycznego systemu zaopatrzenia decyduje wyłącznie wskaźnik (*Licz_ST*). Tylko scentralizowana organizacja gwarantuje wykorzystanie mniejszej liczby wózków. Największe oszczędności zauważa się dla produkcji 400 szt./dzień, najmniejsze dla 1600 szt./dzień. Wskaźnik (*Licz_trans*) wózka ciągnikowego jak również (*T_jazdy*) nie ma wpływu na podjęcie decyzji o sposobie sterowania procesem logistycznym.

4. Wnioski z przeprowadzenia eksperymentu symulacyjnego

Wykazano, że poprawę efektywności funkcjonowania systemu zaopatrzenia można osiągnąć przez odpowiedni sposób sterowania procesem logistycznym. Ocena efektywności systemu logistycznego jest możliwa w części procesu logistycznego, co pokazano na przykładzie systemu transportu. Wykazano przypadki, w których podjęcie decyzji o sposobie zarządzania procesem logistycznym jest zależne od miejsca przepływu materiału.

Całościową ocenę funkcjonowania logistycznego systemu zaopatrzenia stanowi jednoczesna analiza wszystkich wskaźników oceny systemu transportu i magazynu.

Przeprowadzone badania przedstawione w niniejszej pracy i szereg innych wykazały, że decyzję o sposobie sterowania procesem logistycznym należy podejmować w zależności od wielkości partii produkcyjnej. Jednakże w niektórych przypadkach niezależnie od wielkości produkcji, zalecany jest wyłącznie jeden rodzaj sterowania

Literatura

1. Waters D.: Zarządzanie operacyjne, towary i usługi, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005
2. Volkswagen, AG: programem produkcji modelu Golfa A5 miejsca wytwarzania, 2002
3. Volkswagen, AG: strumień materiałowy A5, 2004

Prof. dr hab. inż. Bożena SKOŁUD,
Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18A,
tel.: (032) 2371601
e-mail: bozena.skolud@polsl.pl

mgr inż. Beata KUJAWSKI (doktorantka)
beata.kujawski@t-online.de