

Planowanie dostaw gazu LPG do sieci stacji paliw w koncepcji zapasów sterowanych przez przewoźnika

Planning the supply of LPG to the filling station network in the concept of stocks controlled by the carrier



Jacek Kaleta

Samat Polska Sp. z o.o.

jacek.kaleta@samat.pl

Streszczenie: Analizowany w artykule system dostaw LPG do stacji autogazu jest specyficznym przykładem koncepcji VMI (ang. Vendor Managed Inventory) określanej także jako uzupełnianie dostaw sterowane przez dostawcę, w którym to firma transportowa odpowiada nie tylko za realizację dostaw ale jest odpowiedzialna za cały proces planowania dostaw LPG (wielkości jak i terminów), informowanie dostawcy o planowanych i zrealizowanych dostawach, a także o ewentualnych problemach powstających w trakcie ich realizacji. W artykule opisano specyfikę dostaw LPG do sieci stacji autogazu. Następnie zaprezentowano projekt systemu wspomagania decyzji dostaw LPG, jaki został opracowany dla wybranego przedsiębiorstwa transportu ADR. Przedstawiono pokrótce prezentację interaktywnego systemu komputerowego (realizacji SWD) opracowanego i wdrożonego w prezentowanym przedsiębiorstwie. Pracę kończy wskazanie korzyści z zastosowania systemowego podejścia do planowania oraz określenie kierunków dalszych prac.

Słowa kluczowe: Przewóz ładunków niebezpiecznych, Inventory Routing Problem, Vendor Managed Inventory, Dostawy LPG, Optymalizacja

Abstract: In this paper, supply system of LPG to fuel station is presented as a specific example of vendor managed inventory replenishment concept. A single hauler of LPG is considered, which operates within the network of domestic depots and performs deliveries to hundreds of final customers being responsible for full accessibility for all supported LPG stations. The carrier is responsible for the entire LPG supply planning process (volume as well as scheduling of deliveries), information process, completed deliveries and any problems arising during execution.

In the article the LPG supply process and the planning system which has been developed are presented with a brief presentation of an interactive computer system (DSS implementation) developed and implemented in the reporting enterprise. The work ends with an indication of the benefits of using a system approach to planning and determination of the directions for further research.

Keywords: Hazardous Cargo, Inventory Routing Problem, Vendor Managed Inventory, LPG Deliveries, Optimization

Problematyka współpracy pomiędzy dostawcą, odbiorcą i przewoźnikiem jest ważnym elementem zarządzania łańcuchem dostaw. Wiele pozycji literaturowych jak również doświadczenie płynące z praktyki pokazują istotne zależności pomiędzy głębokością relacji uczestników łańcucha dostaw a płynącymi z niej wzajemnymi korzyściami. Zacieśnienie współpracy między jednostkami spowodowało powstanie nowych koncepcji zarządzania prowadzących do zwiększenia efektywności łańcucha dostaw. Jedną z takich inicjatyw jest koncepcja VMI (ang. Vendor Managed Inventory) czyli zarządzanie zapasami sterowane przez dostawcę, która została opracowana pod koniec lat 1980 przez Wal-Mart i Proc-

ter & Gamble [1]. Koncepcja ta, znana również jako SMI (ang. *Supplier Managed Inventory*), jest szczególnym przypadkiem ogólniejszej klasy modeli współpracy w ramach łańcucha dostaw zwanej CPFR (ang. *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*) – czyli wspólne planowanie, prognozowanie i uzupełnianie zapasów. VMI polega na zarządzaniu zapasami odbiorcy przez dostawcę, który sam decyduje o czasie i wielkości dostawy tak aby zagwarantować pełną dostępność produktów dla odbiorców finalnych. W tym modelu dostawca nie tylko planuje i realizuje dostawę ale też przejmuje odpowiedzialność za zapewnienie ciągłości sprzedaży poprzez reagowanie na informacje

o produkcji, popycie i poziomach zapasów, które są mu udostępniane przez odbiorcę.

Umiejętnie wdrożone VMI pozwala na zwiększenie efektywności tak po stronie odbiorcy (zmniejszenie kosztów sterowania zapasami, zmniejszenie ilości błędów w procesie zamawiania dzięki automatyzacji, podniesienie poziomu obsługi) jak i po stronie dostawcy (zmniejszenie kosztów dystrybucji dzięki zmniejszeniu ograniczeń w trakcie jej planowania, optymalizacja procesów dostaw, ujednoczenia komunikacja, szybszy dostęp do informacji i możliwość dynamicznego reagowania na zmiany. Wdrożenie VMI wiąże się z koniecznością ponoszenia pewnego ryzyka zarówno

po stronie odbiorcy (wzrost stopnia uzależnienia od dostawcy, ujawnienie danych o sprzedaży, narażenie na ryzyko błędów dostawcy) jak i dostawcy (odpowiedzialność za stany magazynowe odbiorcy i ryzyko ponoszenia kar za braki w ciągłości sprzedaży, a także konieczność elastycznego reagowania za zmiany i doskonalenia algorytmów szacowania popytu) [2].

Jedną z realizacji strategii zarządzania VMI w branży transportowej jest HMI (ang. *Hauler Managed Inventory*) czyli zarządzanie zapasami przez przewoźnika. Często firmy zajmujące się dystrybucją produktów oczekują od przewoźnika nie tylko wykonania specjalistycznej usługi transportowej ale także usługi planowania dostaw do odbiorców końcowych. W tym przypadku można mówić o narzuceniu metody VMI jako warunku koniecznego do spełnienia dla realizacji umowy handlowej przez dominującego partnera.

Ogólnie ujmując w praktyce spotykane są trzy sposoby podejścia do realizacji VMI:

1. Wyspecjalizowana firma transportowa wynajmowana jest na uzgodniony okres i w ramach zawartej umowy transportowej powierza swoje zasoby sprzętowe i osobowe (kierowcy i osoby nadzorujące ich aktywność) do dyspozycji firmy zajmującej się kompleksowo dystrybucją gazu LPG,
2. Specjalistyczna firma transportowa w ramach zawartej umowy z dystrybutorem gazu przejmuje odpowiedzialność za m. in. ciągłość sprzedaży, realizując usługi transportowe w oparciu o samodzielnie przygotowywane plany dostaw na bazie udostępnionych przez dystrybutora danych telemetrycznych o stanach magazynowych produktu na stacjach autogazu,
3. Model pośredni polegający na realizacji dostaw na stacje autogazu przez wyspecjalizowaną firmę transportową w oparciu o plany tras opracowane przez zewnętrzną firmę zajmującą się profesjonalnie wyłącznie planowaniem dostaw

(np. DMS, Bottomline, Synchron, Tecsys).

Terminu „wyspecjalizowana firma transportowa” używa się w domyśle dla przedsiębiorstwa transportowego spełniającego wymogi ADR (transport materiałów niebezpiecznych), dysponującego specjalistycznymi ciągnikami z cysternami bądź/i autocysternami z przyczepami oraz zatrudniającego wykwalifikowanych i doświadczonych kierowców spełniających szczegółowe wymogi prawne.

Koncepcja logistyczna VMI doczekała się licznych modeli na gruncie badań operacyjnych oraz kilku metod ich rozwiązywania. Zagadnienie te są określane jako IRP (ang. *Inventory Routing Problem*) czyli problem wyznaczania tras przepływu zapasów. W teorii zarządzania zagadnienie to znane jest także jako JTIP (ang. *Joint Transportation and Inventory Problem*) [3]. Problem IRP dotyczy powtarzającej się dystrybucji jednorodnego produktu z jednego magazynu przy użyciu homogenicznej floty pojazdów do wielu odbiorców VMI w danym horyzoncie planowania. Zakłada się, że każdy odbiorca dysponuje pewnym magazynem o znanej pojemności do przechowywania dystrybuowanego produktu i znane jest zużycie każdego odbiorcy. Celem jest minimalizacja kosztów dystrybucji w okresie planowania w taki sposób, aby nie wystąpiły braki u żadnego z odbiorców. Rozwiązaniem problemu IRP jest strategia uzupełniania zapasów czyli szczegółowy sposób dystrybucji produktu tzn. ilości i terminy albo warunki wywołania dostaw oraz trasy dostaw dla poszczególnych pojazdów w każdym okresie [4].

Przegląd literatury

Popularność koncepcji łańcucha dostaw i strategii VMI przyczyniły się z kolei do powstania klasy zagadnień zwanej problemem wyznaczania tras przepływu zapasów (ang. IRP - *Inventory Routing Problem*), w których analizowane są poziomy zapasów w poszczególnych lokalizacjach a koszty transportu traktowane są w sposób

dokładny (odejście od pierwotnego założenia o liniowej zależności kosztów transportu od wielkości transportu i odległości pomiędzy lokalizacjami). Podejście IRP zakłada zintegrowane planowanie poziomów zapasów, tras pojazdów i dostaw.

Prekursorskie prace w tym zakresie prowadzili E. Beltrami i L. Bodin [5], którzy zastosowali proste algorytmy do rozwiązywania problemów wyznaczania tras przepływu zapasów stosując technikę podziału zbioru odbiorców. Ich podejście zostało uzupełnione przez W. Bella i współautorów [6], którzy w swej pracy zastosowali technikę programowania całkowitoliczbowego do opracowywania dziennych harmonogramów dostaw dla gazów technicznych do odbiorców końcowych. W efekcie zastosowania w praktyce ich modelu uzyskano oszczędności kosztów operacyjnych na poziomie między 6% a 10%. Próby rozwiązywania dużych zadań IRP podejmowane były w tym samym okresie i dotyczyły problemów związanych z dystrybucją gazu ciekłego do odbiorców indywidualnych i przemysłowych.

Początek XXI wieku przyniósł kolejne algorytmy i heurystyki do rozwiązywania problemów IRP. Ważnym krokiem okazało się rozróżnienie strategii uzupełniania zapasów – najczęściej spotykane są dwie strategię nazywane w literaturze jako order-up-to (OU) i maximum level (ML). Pierwsza z nich polega na uzupełnianiu do pełna magazynu odbiorcy przy każdej dostawie, druga zaś zakłada większą elastyczność ograniczoną pojemnością magazynową odbiorcy. Strategia OU została wykorzystana w pracy L. Bertazziego, G. Paletty i M. G. Speranzy [7] do sformułowania kilku postaci funkcji celu i zbadanie ich wpływu na rozwiązanie. W efekcie autorzy uzyskali zmniejszenie liczby dostaw, które skutkowało spadkiem kosztów operacyjnych.

Zaawansowaną metodę rozwiązywania IRP opracowali C. Archetti, L. Bertazzi, G. Laporte i M. G. Speranza [8]. Jest to dokładna procedura rozwiązania problemu IRP dla 50 odbiorców w 6-dniowym horyzoncie planowania. Bardzo obiecującą heurystykę hybry-

dową zaproponowali także C. Archetti, L. Bertazzi, A. Hertz i M. G. Speranza [9]. Dla analogicznego problemu uzyskali oni wyniki błędu średniego na poziomie 0,1% (błąd maksymalny do 2%) wykorzystując model programowania mieszanego i lokalnej poprawy rozwiązań z zakazami (tzw. *tabu serach*).

Jedną z ostatnich prac jest publikacja autorstwa Y.-B. Park et al. [10] dotycząca zastosowania algorytmów genetycznych do rozwiązywania problemu IRP w strategii VMI dla dwupoziomowej sieci dystrybucji. Zaproponowany algorytm genetyczny określa oddzielnie ilości i terminy dostaw oraz trasy pojazdów maksymalizując korzyści całego łańcucha dostaw.

Charakterystyka krajowego rynku LPG

Gaz LPG (Liquified Petroleum Gas) jest mieszaniną skroplonych węglowodorów gazowych (głównie propanu i butanu). Używany jest jako gaz ale będąc przechowywany w zbiornikach ciśnieniowych ma postać cieczy. Gaz LPG należy do najbardziej rozpowszechnionych źródeł energii. Wykorzystywany jest głównie jako paliwo do zasilania różnego rodzaju urządzeń a w szczególności jako gaz używany do napędu samochodów (autogaz). LPG uzyskiwany jest jako uboczny produkt podczas rafinacji ropy naftowej a także ze złóż gazu ziemnego (najczęściej podczas uruchamiania nowego odwiertu).

W wielu krajach obciążenia podatkowe dla autogazu są niższe niż dla benzyn i oleju napędowego co istotnie wpływa na atrakcyjność ekonomiczną i wzrost popularności LPG jako paliwa silnikowego. W Polsce od kilku lat średnioroczna cena detaliczna sprzedaży autogazu utrzymuje się na poziomie niższym lub zbliżonym do połowy średniorocznej ceny detalicznej sprzedaży EU95 (paliwo alternatywne) czy też ceny oleju napędowego, co stanowi istotną zachętę do korzystania z autogazu jako paliwa silnikowego [11].

Najistotniejszym segmentem w ogólnopolskiej sprzedaży gazu LPG jest autogaz, który stanowi ok. $\frac{3}{4}$ ca-

łego rynku (w roku 2014 – 74,8%). Ogółem na koniec 2014 roku w Polsce działało 5460 stacji oferujących autogaz a szacowana liczba pojazdów wyposażonych w instalację LPG wynosiła 2 846 000 i była wyższa o 3,2% w stosunku do roku poprzedniego. Sprzedaż autogazu na stacjach paliw stała się nieodzownym segmentem rynku - zarówno duże koncerny paliwowe i jak i prywatni właściciele wyposażyli swoje stacje w moduły LPG. Przedstawione dane wskazują na rolę jaką odgrywa ciągle rosnący segment autogazu w gospodarce narodowej a także znaczenie firm transportowych świadczących usługi dystrybucji gazu LPG dla działających w naszym kraju koncernów petrochemicznych.

Polski rynek LPG ma ponad 20 lat tradycji. Dostawy tego produktu, zarówno na stacje jak i do zbiorników zasilających instalacje przemysłowe lub grzewcze, odbywają się za pomocą cystern. Są one napełniane na rozlewniach gazu, które zlokalizowane są zazwyczaj w pobliżu rafinerii lub terminali kolejowych, do których dojeżdżają wagony bezpośrednio zza granicy wschodniej. Gaz LPG magazynowany jest w dużych cylindrycznych zbiornikach ciśnieniowych spełniających surowe normy m.in. dotyczące materiałów niebezpiecznych (ADR). Z uwagi na właściwości fizykochemiczne LPG i obowiązujące przepisy prawne, dopuszczalne jest wypełnienie zbiornika maksymalnie do 85% jego pojemności (zachowanie tzw. poduszki powietrznej). Na terenie terminali gazowych obowiązują surowe procedury bezpieczeństwa i funkcjonuje specyficzna infrastruktura dostosowana do warunków lokalnych i przepisów prawnych. Z operacyjnego punktu widzenia firmy zajmujące się transportem LPG muszą brać pod uwagę godziny otwarcia terminali (tylko niektóre z nich są czynne przez 24 godziny na dobę i przez 7 dni w tygodniu). Dojazd zazwyczaj jest utrudniony (zwłaszcza w okresie zimowym lub wiosennym) i należy liczyć się z oczekiwaniem w kolejce do stanowiska załadunkowego (czasami nawet kilka lub kilkanaście godzin). W razie występowania braków produktu

pochodzącego czy to z importu czy też z produkcji krajowej należy brać pod uwagę zwiększony czas oczekiwania albo skierowanie cysterny na inny terminal (oddalony czasem o kilkadziesiąt lub kilkaset kilometrów).

Pojazdy i kierowcy realizujący dostawy LPG są prawnie zobowiązani do przestrzegania ustawy o czasie pracy kierowców oraz przepisów dotyczących transportu materiałów niebezpiecznych (ADR). Ponadto niektórzy klienci wymagają spełnienia dodatkowych standardów dotyczących bezpieczeństwa (np. skrócenie dobowych norm czasu pracy kierowców, zakaz pracy w godzinach nocnych, dodatkowe ograniczenia prędkości jazdy) oraz przepisów obowiązujących na poszczególnych rozlewniach gazu. Kierowcy muszą przestrzegać procedur QHSE (Quality, Health, Safety and Environment) - jedną z nich jest zakaz używania telefonów komórkowych ani żadnych innych urządzeń umożliwiających komunikację dwustronną podczas prowadzenia pojazdów jak również podczas załadunków cystern na rozlewniach i rozładunków na stacjach. Przepis ten utrudnia w znacznym stopniu komunikację z kierowcami realizującymi dostawy LPG.

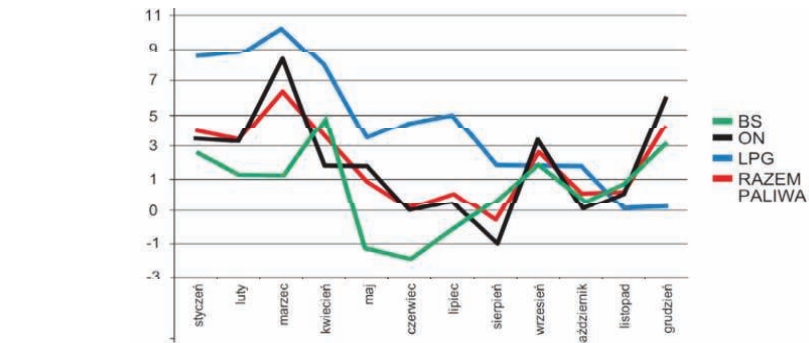
W dystrybucji gazu LPG stosowane są specjalistyczne cysterny dopuszczone do transportu ADR. Najczęściej spotykane są zestawy transportowe: ciągnik siodłowy i 20-tonowa naczepa cysterna, do której jednorazowo można załadować ok. 36 tys. litrów mieszaniny węglowodorów LPG (głównie propanu i butanu). O liczbie załadowanych litrów LPG decydują: gęstość, temperatura i skład mieszaniny. Proporcje składu bywają różne a zmieniają się w zależności od pory roku, pochodzenia mieszaniny i przeznaczenia dostawy. Maksymalne napełnienie cysterny nie może przekroczyć 85% pojemności oraz wielkości wskazanych na tabliczce znamionowej cysterny (kg) ze względów bezpieczeństwa.

W praktyce dystrybucji LPG spotykane są trzy sposoby składania zamówień. Najbardziej tradycyjny sposób polega na tym, że klienci zamawiają gaz dzwoniąc na infolinię dostawcy,

uzgadniają ilość, termin i inne warunki dostawy (m.in. formę i termin płatności). Drugi sposób polega na opracowaniu i realizacji harmonogramu dostaw do poszczególnych stacji w określone dni tygodnia lub miesiąca. Trzeci sposób oparty jest na systemie zdalnej telemetrii, polegającym na możliwości zdalnego odczytania poziomu wypełnienia zbiorników z gazem LPG dzięki transmisji danych GPRS z czujników zainstalowanych na niektórych stacjach. W praktyce krajowej dystrybucji LPG mamy często do czynienia z kombinacją wszystkich trzech wymienionych sposobów składania zamówień.

Ważnym czynnikiem charakteryzującym specyfikę dystrybucji gazu LPG jest stosunkowo mała pojemność zbiorników u klientów na stacjach w odniesieniu do wolumenu dziennej sprzedaży. Najczęściej spotykana na rynku krajowym modułowa instalacja stacji LPG obejmuje zwykle dwa połączone ze sobą zbiorniki naziemne o pojemności 4850 l i o średnicy 1250 mm każdy, dystrybutor oraz pompę z niezbędnym orurowaniem i armaturą. Ze względu na ograniczoną przestrzeń na stacjach paliw nie ma zwykle możliwości powiększenia pojemności magazynowej dla LPG. Specyfika stacji prowadzących sprzedaż autogazu ma istotny wpływ na sposób realizacji jego dystrybucji i jest przyczyną swoistego podejścia osób zarządzających stacjami do kwestii zamówień na dostawy LPG.

Ze względu na atrakcyjność ekonomiczną autogazu jako paliwa silnikowego, która jest od wielu lat dominującym czynnikiem wpływającym na popularność sprzedaży LPG w Polsce, nawet stosunkowo niewielkie różnice cen sprzedaży w stosunku do stacji sąsiednich mogą powodować istotne wahania popytu na danej stacji. W praktyce wahania popytu mają istotny wpływ na przebieg procesu zamawiania i realizacji dostaw gazu do sieci stacji a w szczególności na poziom kosztów dystrybucji i poziom obsługi (liczbę braków ciągłości sprzedaży występujących u klientów końcowych).



1. Dynamika sprzedaży detalicznej na stacjach paliw w roku 2014
wartości cen wyrażone w [% m-c/m-c], opracowanie własne na podstawie literatury [12]

Wpływ zmienności popytu na proces planowania

Spośród wielu czynników zakłócających proces dystrybucji autogazu do sieci stacji paliw, najistotniejszą rolę odgrywa problem zmienności popytu. Oprócz zmienności wynikającej z niepewności co do ostatecznej ilości gazu dostarczonego do poszczególnych stacji składających zamówienie, istnieje zmienność wynikająca *stricto* ze stochastycznej zmienności sprzedaży autogazu na stacjach typu M. Sprzedaż detaliczna stacji wykazuje znaczną zmienność wynikającą z wielu czynników w tym zarówno z sezonowości jak również z wahań cen i zmienności popytu na stacjach. Na rysunku 1 przedstawiono dynamikę sprzedaży detalicznej paliw na stacjach paliw w Polsce w roku 2014 w ujęciu procentowym miesiąc do miesiąca. Ogółem zanotowano dla całego roku 2014 średni wzrost dynamiki sprzedaży paliw na stacjach na poziomie ok. 2%, przy czym dla benzyn o 1%, dla ON wzrost o 2% i dla autogazu aż o 4%.

Analizując wahania popytu w poszczególnych okresach miesięcznych można zaobserwować największe różnice w przypadku autogazu dochodzące do 11%. Na podstawie doświadczeń z praktyki dystrybucji paliw wiadomo, że przy bardziej szczegółowych analizach dynamiki popytu na stacjach paliw można mówić o wahaniami dobowych sięgających ponad 50% różnic między wartościami popytu uśrednionego a danymi o rzeczywistej sprzedaży.

Warto zwrócić uwagę, że dane agregowane ze wszystkich krajowych

sieci stacji zilustrowane na rys. 1 nie uwzględniają indywidualnych wahań sprzedaży na poszczególnych stacjach. Biorąc pod uwagę silną zależność popytu na paliwa silnikowe od cen detalicznych (które same podlegają częstym wahaniami wynikającym na przykład z promocji albo reakcji na działania konkurencji), spotykane w praktyce wahania popytu znacznie odbiegają od wartości uśrednionych. Wahania te przeanalizowano na przykładzie próby 1200 stacji obsługiwanych przez badaną firmę transportową. W celu określenia zmienności popytu na stacjach autogazu wyliczono dla każdej z nich współczynnik zmienności (CV - ang. *coefficient of variation*), który definiowany jest jako iloraz odchylenia standardowego σ i wartości średniej μ :

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (1)$$

Współczynnik zmienności informuje nas o zmienności obserwowanych wyników w odniesieniu do wielkości średniej. Wyniki analizy zmienności popytu dla badanej grupy stacji o monitorowanym poziomie zapasu zostały zestawione w tabeli 1 na podstawie danych o sprzedaży dla 1200 stacji za cały 2014 rok.

Wobec uzyskanych wyników rozkładu współczynnika zmienności nie ma sensu przeprowadzanie analizy XYZ, która pozornie mogłaby ułatwić podejście do problematyki prognozowania wartości przyszłego popytu a zarazem planowania dostaw. W celu zapewnienia wymaganego poziomu obsługi klientów istnieje jednakże potrzeba wykorzystania precyzyjnych informacji o przyszłych wartościach zapotrze-

Tab. 1. Analiza zmienności popytu dla stacji o monitorowanym zapasie

Rozkład współczynnika zmienności CV dla stacji o monitorowanym poziomie zapasów											
Przedziały	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	>1
liczba stacji	12	4	7	90	386	264	168	92	73	49	55

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z badanej firmy

bowania na produkt. Niewłaściwe rozpoznanie przyszłego popytu, obciążone zbyt dużym błędem, może bowiem poważnie obniżyć efektywność procesu dostaw do stacji wewnątrz całej sieci. Konsekwencją tego będą wyższe koszty ekonomiczne wskutek wystąpienia braków produktu, wykonywania dodatkowych dostaw lub utrzymywania zbyt wysokiego poziomu zapasów.

Integracja danych na pulpicie planisty

Problem planowania dostaw gazu LPG do sieci stacji paliw w koncepcji zapasów sterowanych przez przewoźnika dotyczy zadania sieciowego gdzie sieć jest duża a tabor ograniczony. Pożądanym narzędziem pozwalającym na jego efektywne pokonywanie w codziennej pracy w przedsiębiorstwie transportu ADR byłby model wspomagający decyzje, który pomagałby rozwiązywać złożone problemy decyzyjne co do:

- ustalenia tras pojazdów,
- terminów dostaw na poszczególne stacje,
- ilości dostarczanego autogazu,
- z której rozlewni i ile gazu pobrać,
- jak rozdzielić kierowców do obsługi pojazdów biorąc pod uwagę ograniczenia wynikające z przepisów o czasie pracy kierowców,
- jak rozwiązywać problemy powstałe w wyniku zakłóceń w zaplanowanej obsłudze stacji sprzedających autogaz.

Podjęcie decyzji w warunkach idealnych powinno odbywać się w sposób szybki (czas na zaproponowanie rozwiązania nie powinien przekraczać kilkunastu sekund), gwarantując uzyskanie zadowalającego rozwiązania (bliskiego rozwiązaniu optymalnemu) i umożliwiając zapewnienie wysokiego poziomu obsługi klientów (liczba braków na stacjach nie powinna przekra-

czać kilku przypadków dla wszystkich stacji w skali miesiąca). Jednocześnie system powinien gwarantować wysoką efektywność ekonomiczną liczoną wskaźnikiem liczby kilometrów przejechanych przez flotę realizująca dostawy autogazu do liczby dostarczonego na stacje produktu. Istotną dla użytkowników funkcjonalnością jest możliwość przejrzystej wizualizacji statusów i stanu zaawansowania przebiegających procesów (tras, wypełnienia zbiorników i system, alarmów i zagrożeń).

Warto ponadto wspomnieć o konieczności oceny efektywności ekonomicznej systemu dystrybucji. Ocena ta opierałaby się na specjalnie zdefiniowanych wskaźnikach efektywności KPI (Key Performance Indicators), pozwalających na bieżące śledzenie wyników pracy całego zespołu realizującego usługi transportowe (planistów, koordynatorów i kierowców).

W celu zbudowania efektywnego

modelu do zarządzania dystrybucją autogazu do ogólnopolskiej sieci stacji paliw na podstawie zintegrowanych informacji VMI w firmie będącej przedmiotem badań został opracowany system planistyczny o nazwie SPS.

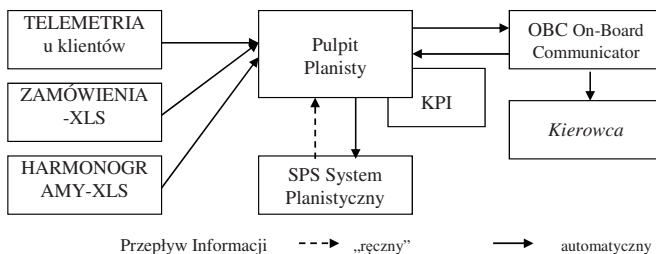
Schemat ideowy przepływu strumieni informacji w programie przedstawia rysunek 2.

Głównym elementem systemu jest aplikacja zwana Pulpitem Planisty (rys. 2). Pozwala ona na przeglądanie zintegrowanych informacji – takich jak poziomy zapasów na stacjach i w cysternach, wolumenty dostępne na terminalach gazowych, planowane czasy dostaw itd.

Program pozwala także na automatyczne bądź półautomatyczne tworzenie tras dystrybucyjnych dla poszczególnych pojazdów a także śledzenie stanu wykonania poszczególnych planów.

Wszystkie dane (zarówno plany jak ich wykonanie) są przechowywane w bazie danych systemu SPS i mogą być wykorzystywane w przyszłości do optymalizacji tras przy użyciu bardziej zaawansowanych algorytmów.

W ciągu ostatnich kilku lat autor



2. Schemat przepływu informacji w programie SPS.

Szczegóły pojazdu				Okres				Kierowca				Ograniczenia listy			
Sygnal	TZ1	Okres	2013-10-01	Kierowca	Nicel A.	Kierowca (drug)	-brak-	Prz.	Zul.	Dostaw	Ucz.	Do zaf.	Dost.		
Początek	B_WZDY	Start	2013-10-01 00:00	Koniec	B_WZDY	Manualna									
Ciągnik	TBU25S	Systema	TBU663	Zaloznik	Wola Zydowska										
Lp	Lokalizacja	Pojazd	Dostawa	okres	Lokalizacja	Produkt	Dostawa								
1	B_WZDY Wola Zydowska	0	01:00												
2	Wola Zydowska Wola Zydowska	36 000	01:00	+36 000											
3	4321 Chmielnik, Hielecha 55	33 000	02:43	-3 000			5700								
4	1118 Operonow, Włodowska 57	33 000	08:00	0			3400								
5	Wola Zydowska	33 000	13:35												

3. Moduł planistyczny.

niniejszej pracy obserwował rezultaty współpracy specjalistycznej firmy transportowej realizującej usługi w zakresie transportu materiałów niebezpiecznych (w skrócie - transportu ADR) z klientami będącymi w Polsce i w Europie wiodącymi dostawcami gazów kriogenicznych, gazu LPG, paliw płynnych i asfaltu. W praktyce funkcjonowały różne modele współpracy – począwszy od prostej realizacji zleceń transportowych aż po HMI (Haulier Managed Inventory) czyli odmianę VMI polegającą na zarządzaniu przez przewoźnika zapasami klientów końcowych. Na pewnym etapie współpracy jeden z klientów będący liczącym się w kraju dostawcą gazu LPG, wykorzystując pozycję dominującego partnera, narzucił firmie transportowej metodę VMI jako warunek konieczny do spełnienia w realizacji umowy handlowej.

W praktyce zauważalne jest istotne zwiększenie efektywności stosowania VMI głównie poprzez zmniejszenie kosztów dystrybucji. Efekty można zaobserwować w optymalizacji procesów dostaw, ujednoczeniu komunikacji, szybszym dostępie do informacji, zmniejszeniu ilości błędów w procesie zamawiania i w efekcie - podniesieniu poziomu obsługi klientów. Podejście to stało się przedmiotem dalszych badań na bazie informacji zebranych w wybranej firmie transportu towarów niebezpiecznych świadczącej usługi dystrybucji autogazu dla ogólnopolskiej sieci stacji paliw i dla odbiorców indywidualnych tejże sieci.

Podsumowanie i kierunki dalszych prac

Dla uzupełnienia przedstawionego systemu SPS w dalszym toku prac zostaną opracowane i zintegrowane dwa dodatkowe narzędzia badawcze: moduł symulacyjny i moduł prognostyczny.

Moduł symulacyjny ma pozwolić w odniesieniu do wyizolowanego zagadnienia na porównanie wyników uzyskanych drogą eksperymentu komputerowego (na podstawie uśrednionych danych historycznych o popycie w zadanym horyzoncie czasowym – np. 5 tygodni) z wynikami, które faktycznie

wystąpią w praktyce. Można spodziewać się uzyskania w ten sposób informacji kiedy i na ilu stacjach wystąpią braki itp.

Autorzy większości prac (np. Coelho et al. [13]) uśredniają zwykle popyt na bazie danych historycznych i wyliczają średnią sprzedaż dobową. Na tej podstawie tworzone są algorytmy, których celem jest wyliczenie prognozy popytu dla danego regionu na każdy dzień tygodnia.

Jednym z zadań będzie wykazanie skutków stosowania takiego podejścia (stany na stacjach, braki, efektywność systemu dystrybucji liczona np. jako liczba km przejechanych średnio przez pojazd na dowieszenie 1 t produktu, średnia wielkość dostawy itp.) i porównanie ich z wynikami osiąganymi w praktyce.

W kolejnej fazie, wykorzystując dodatkowo moduł prognostyczny, zostaną przeprowadzone symulacje jak wyżej ale przy użyciu wzorca popytu (np. tygodniowego), co pozwoli na porównanie efektów z wynikami uzyskanymi wcześniej oraz z praktyką.

W kolejnym kroku można dodatkowo rozważyć zastosowanie metody planowania zasobów dystrybucji (ang. DRP - *Distribution Resource Planning*), co mogłoby pozwolić na zmniejszenie zasobów (w tym liczby pojazdów) dedykowanych do obsługi danego klienta. Oddzielną kwestią pozostaje jednak utrzymanie właściwego kompromisu pomiędzy zbudowaniem szczupłego i zwinnego systemu dystrybucji (ang. *leanle supply chain*) stanowiącego hybrydę łączącą dwie strategię z pozoru wykluczające się - *lean* (sprawdzającą się świetnie w warunkach stabilnego popytu i długiego czasu reakcji) i *agile* (duże wahania popytu i krótki czas reakcji) [14]. ◀

Materiały źródłowe

[1] Davis T., Waller M., Johnson M.E., Vendor-Managed Inventory In The Retail Supply Chain, *Journal of Business Logistics*. Oak Brook 1999. Vol.20, Iss. 1.

- [2] Grabiński Sz., Szymczak M., Vendor Managed Inventory – właściwe podejście do zarządzania łańcuchem dostaw w czasie kryzysu. *Gosdarka Materiałowa i Logistyka* nr 1_2013.
- [3] Hanczar P., An Inventory-Distribution System with LTL Deliveries – Mixed Integer Approach, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 20 (2011) 207–216.
- [4] Hanczar P., Wspomaganie decyzji w obszarze wyznaczania tras pojazdów, *Decyzje* nr 13_2010.
- [5] Beltrami E., Bodin L., 1974. Networks and vehicle routing for municipal waste collection. „*Networks*”4: 65-94.
- [6] Bell W. et al., 1983. Improving the distribution of industrial gases with an on-line computerized routing and scheduling optimizer, “*Interfaces*”, nr13(6), s.4-23.
- [7] Bertazzi L., Paletta G., and Speranza M.G., Deterministic order-up-to level policies in an inventory routing problem. *Transportation Science*, 36(1):119–132, 2002.
- [8] Archetti C., Bertazzi L., Laporte G. and Speranza M. G., A branch-and-inventory-routing problem. *Transportation Science*, 41(3):382–391, 2007.
- [9] Archetti C., Bertazzi L., Hertz A. and Speranza M. G., A hybrid heuristic for an inventory routing problem. *INFORMS Journal on Computing*, 24(1):101–116, 2012.
- [10] Y.-B. Park, J.-S. Yoo, H.-S. Park, A genetic algorithm for the vendor-managed inventory routing problem with lost sales. *Expert Systems With Applications* (2016).
- [11] POPIHN (Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego) - Raport Roczny 2010 – 2014.
- [12] POPIHN (Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego) - Raport Roczny 2014.
- [13] Coelho L.C., Cordeau J.-F., Laporte G.: The Inventory-Routing Problem with Transshipment. *CIRRELT*, 2011, 21.
- [14] Bukowski L. et al.: Zarządzanie systemami logistycznymi. Wydawnictwa AGH, Kraków 2014.