

dr inż. Sławomir Heller
Heller Ingenieurgesellschaft mbH
NIEMCY

Pavement Management System na poziomie operacyjnym

Pavement Management System on operational level

Zautomatyzowane systemy sterowania eksploatacją nawierzchni na poziomie sieci drogowej, tzw. *Pavement Management Systems (PMS)* bazują na danych o dużym stopniu zagregowania oraz na założeniach modelowych i prognozach, opracowanych głównie na bazie analiz statystycznych. Wyniki PMS wykorzystywane są zatem przede wszystkim do planowania budżetów w odniesieniu do środków utrzymaniowych na poziomie sieci w długim horyzoncie czasowym. Ich adaptacja dla potrzeb konkretnych programów utrzymaniowych na poziomie operacyjnym wymaga uszczegółowienia i uwzględnienia szeregu dodatkowych danych szczegółowych, nie branych pod uwagę na poziomie strategicznym. Ten złożony proces decyzyjny musi być wspomagany przez stosowne narzędzia informatyczne. Niniejszy referat, bazując na doświadczeniach niemieckich, prezentuje podstawowe właściwości takich narzędzi decyzyjnych.

The 'Pavement Management Systems' (PMS) are automated software systems for the management of the road network maintenance. They use strongly aggregated data and base on prognosis-models which have been developed by means of statistic analysis. The PMS-results are primarily used to determine the global budget needs for complete networks over several years. It is therefore suited for the strategic planning. For defining the detailed maintenance sites on object level there is the need for additional information, which was neglected on the strategic level. The decision process on object level needs to be supported by efficient IT-tools that provide this additional information in a suitable way. This paper presents the experience in Germany and the lessons learned while using such tools for the decision process.

Wprowadzenie

W procesie eksploatacji dróg zarządca konfrontowany jest z koniecznością odpowiedzi na dwa podstawowe pytania:

- o wielkość środków niezbędnych do realizacji założonych celów polityki utrzymaniowej w długiej perspektywie czasowej
- o konkretne zabiegi utrzymaniowe w krótkim i średnim horyzoncie czasowym przy uwzględnieniu ograniczeń budżetowych

Aby udzielić właściwej odpowiedzi na sformułowane powyżej pytania wymagane są od zarządcy wysokie kompetencje i kwalifikacje fachowe jak również dysponowanie specjalistycznymi narzędziami decyzyjnymi, określanymi potocznie jako *Pavement Management Systems* (w skrócie *PMS*). Spośród polskich tłumaczeń terminu: *Pavement Management System* określenie: Systemy Sterowania Eksploatacją Dróg wydaje się oddawać najlepiej jego istotę.

W celu udzielenia odpowiedzi na te dwie grupy pytań Zarządca jest wspomagany przez dwie grupy systemów sterowania eksploatacją.

Pierwsza grupa systemów bazuje na długoterminowej prognozie stanu oraz innych, istotnych z punktu widzenia procesu decyzyjnego czynników, takich jak natężenie ruchu, koszty jednostkowe zabiegów utrzymaniowych a także konsekwencji ich realizacji. Systemy te pozwalają optymalizować zabiegi utrzymaniowe w obrębie sieci, tzn. dla każdego obiektu (np. odcinka) sieci drogowej umożliwiają określenie typu zabiegu oraz rok jego realizacji tak, aby nie przekroczywszy założonego limitu środków inwestycyjnych w każdym roku analizy, zoptymalizować określoną funkcję celu przy równoczesnym spełnieniu przyjętych wymagań technicznych. Z uwagi na to, iż analiza obejmuje długi okres czasu, 20 lat lub nawet dłuższy, kluczową rolę odgrywają prognozy stanu w odniesieniu do poszczególnych wskaźników eksploatacyjnych (np. głębokość kolein, rysy i spękania) oraz inne istotne czynniki decyzyjne.

Prognozy stanu bazują z reguły na modelach statystycznych. Liczne prace badawcze, wykorzystujące obszerny materiał empiryczny dokumentują jednoznacznie niski poziom niezawodności tych prognoz na poziomie obiektu (odcinka). Fakt, iż mimo to prognozy stanu są wykorzystywane w systemach sterowania eksploatacją dróg podyktowany jest przekonaniem, że rozbieżności pomiędzy stanem prognozowanym a faktycznie zaistniałym w odniesieniu do poszczególnych obiektów niwelują się w obrębie większych sieci drogowych. Strategie utrzymaniowe na poziomie sieci drogowej, opracowywane dla celów panowania budżetów utrzymaniowych są sumą przedsięwzięć dla poszczególnych (jednorodnych) odcinków. Jakkolwiek błędy statystyczne, jakimi obarczone są wykorzystywane w tym procesie prognozy, niwelują się w obrębie sieci, są one jednak dla poszczególnych obiektów (odcinków) zbyt duże, aby rozwiązania te przejąć bezkrytycznie do konkretnych, obligatoryjnych programów utrzymaniowych, szczególnie w krótkim i średnim horyzoncie czasowym.

Jakkolwiek zatem wieloletnie strategie utrzymaniowe, opracowane na **strategicznym** poziomie decyzyjnym dla długiego (np. 20-letniego) horyzontu planowania oraz dla dużych sieci, mogą być podstawą dla szacowania potrzeb inwestycyjnych, to jednak planowanie programów utrzymaniowych w krótkiej perspektywie czasowej, tzn. najbliższych 1-3 lat wymaga jednak konkretyzacji na poziomie **operacyjnym**, przy uwzględnieniu dodatkowych grup danych oraz specjalistycznych narzędzi decyzyjnych.

Struktura PMS na strategicznym i operacyjnym poziomie decyzyjnym

Obydwie grupy systemów wspomagających zarządców: na strategicznym i na operacyjnym poziomie decyzyjnym realizują różne, jednak komplementarne zadania.

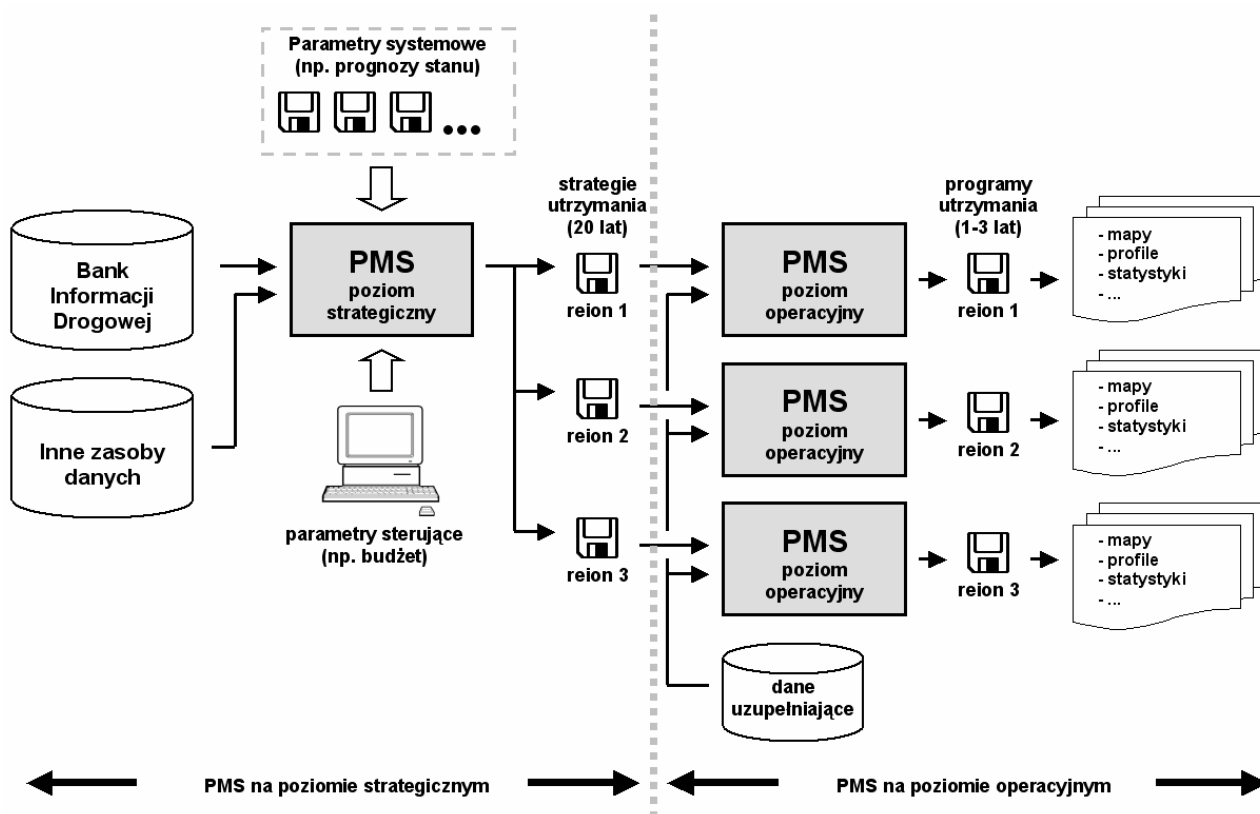
Na poziomie strategicznym opracowywane są prognozy funduszy utrzymaniowych, niezbędnych do realizacji założonych celów utrzymaniowych. Alternatywnie możliwe jest określenie skutków działań, podjętych przy uwzględnieniu określonych ograniczeń budżetowych. W obydwu przypadkach metodyka PMS zakłada, iż strategię utrzymaniową będą optymalizowane, tzn. dla każdego jednorodnego odcinka określane jest takie następstwo przedsięwzięć utrzymaniowych, które gwarantuje optymalizację założonych celów w obrębie całej sieci drogowej.

Na poziomie operacyjnym następuje natomiast konkretyzacja przedsięwzięć utrzymaniowych w takim stopniu szczegółowości, który umożliwia uwzględnienie ich w konkretnych programach utrzymaniowych. W warunkach niemieckich obligatoryjność posiadania programów utrzymaniowych narzuca konieczność redukcji długości horyzontu czasowego do 3 (maximum zaś do 5) lat oraz uwzględnienie w procesie decyzyjnym szeregu dodatkowych informacji, nie wziętych pod uwagę na poziomie strategicznym, takich jak elementarne dane o stanie nawierzchni, sekwencje zdjęć pasa drogowego. Usprawiedliwione, wręcz konieczne uproszczenia modelowe na poziomie strategicznym muszą na poziomie operacyjnym być zastąpione daleko posuniętą konkretyzacją. Lokalizacja planowanych przedsięwzięć nie musi pokrywać się z odcinkami obliczeniowymi oceny stanu, uwzględnia natomiast lokalne warunki i ograniczenia. Typy planowanych przedsięwzięć określane są znacznie bardziej szczegółowo niż na poziomie strategicznym. Zarządca dysponuje możliwością uwzględnienia dodatkowych czynników decyzyjnych, takich jak aspekty ekologiczne, uwarunkowania społeczne i polityczne, niemożliwe do sformalizowania i uwzględnienia w automatycznych algorytmach decyzyjnych, wykorzystywanych w systemach PMS na poziomie strategicznym.

Powyższe uwarunkowania narzucają wysokie wymagania zarówno co do kwalifikacji personelu podejmującego decyzje jak i co do wspomagających narzędzi decyzyjnych. Muszą być one wyposażone w efektywny, niezawodny i ergonomiczny interfejs użytkownika. Z uwagi na bardzo dużą złożoność procesu decyzyjnego na poziomie operacyjnym, jakość narzędzi wspomagających te decyzje ma fundamentalne znaczenie dla akceptacji przez Zarządcę nowoczesnych technik eksploatacji dróg (PMS).

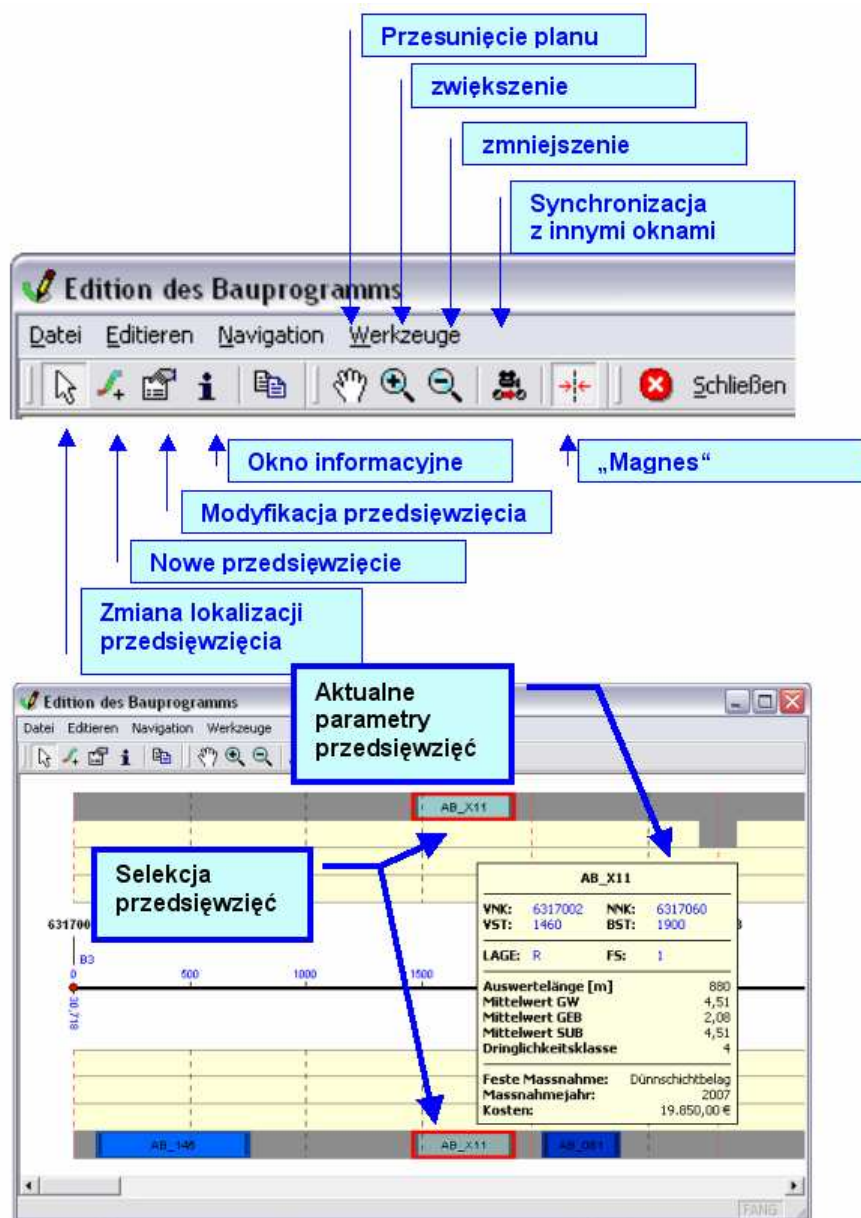
Narzędzia decyzyjne, wspomagające Zarządcę na poziomie operacyjnym

Niemiecka administracja drogowa wykorzystuje intensywnie od prawie 10 lat kanadyjski system dTims® firmy *Deighton Associates Ltd.*, jako narzędzie wspomagające Zarządców na poziomie strategicznym (kraje federalne). Proces adaptacji wyników analiz PMS dla potrzeb krótko- i średnioterminowego planowania przedsięwzięć utrzymaniowych na poziomie jednostek niższego szczebla (*Straßenbauämter* = rejony drogowe) realizowany był do niedawna metodami tradycyjnymi, bez wsparcia zaawansowanych technik komputerowych. Ten niezadowolający stan na operacyjnym poziomie decyzyjnym był głównym powodem podjęcia działań na rzecz implementacji stosownych narzędzi komputerowych. Na **rysunku 1** pokazano ogólny schemat procesu decyzyjnego w ramach PMS z uwzględnieniem obydwu poziomów: strategicznego i operacyjnego.



Rysunek 1 Strategiczny i operacyjny poziom decyzyjny w ramach PMS

Punktem wyjścia i podstawą do opracowywania programów utrzymaniowych dla poszczególnych podsięci są wyniki, uzyskane w ramach analiz na poziomie strategicznym. Na poziomie operacyjnym następuje ich konkretyzacja, przy wykorzystaniu graficznych edytorów, umożliwiających łatwą zmianę lokalizacji, a także modyfikację atrybutów poszczególnych przedsięwzięć takich jak typ, koszty, rok realizacji. Na **rysunku 2** pokazano fragment takiego właśnie graficznego edytora programów utrzymaniowych.

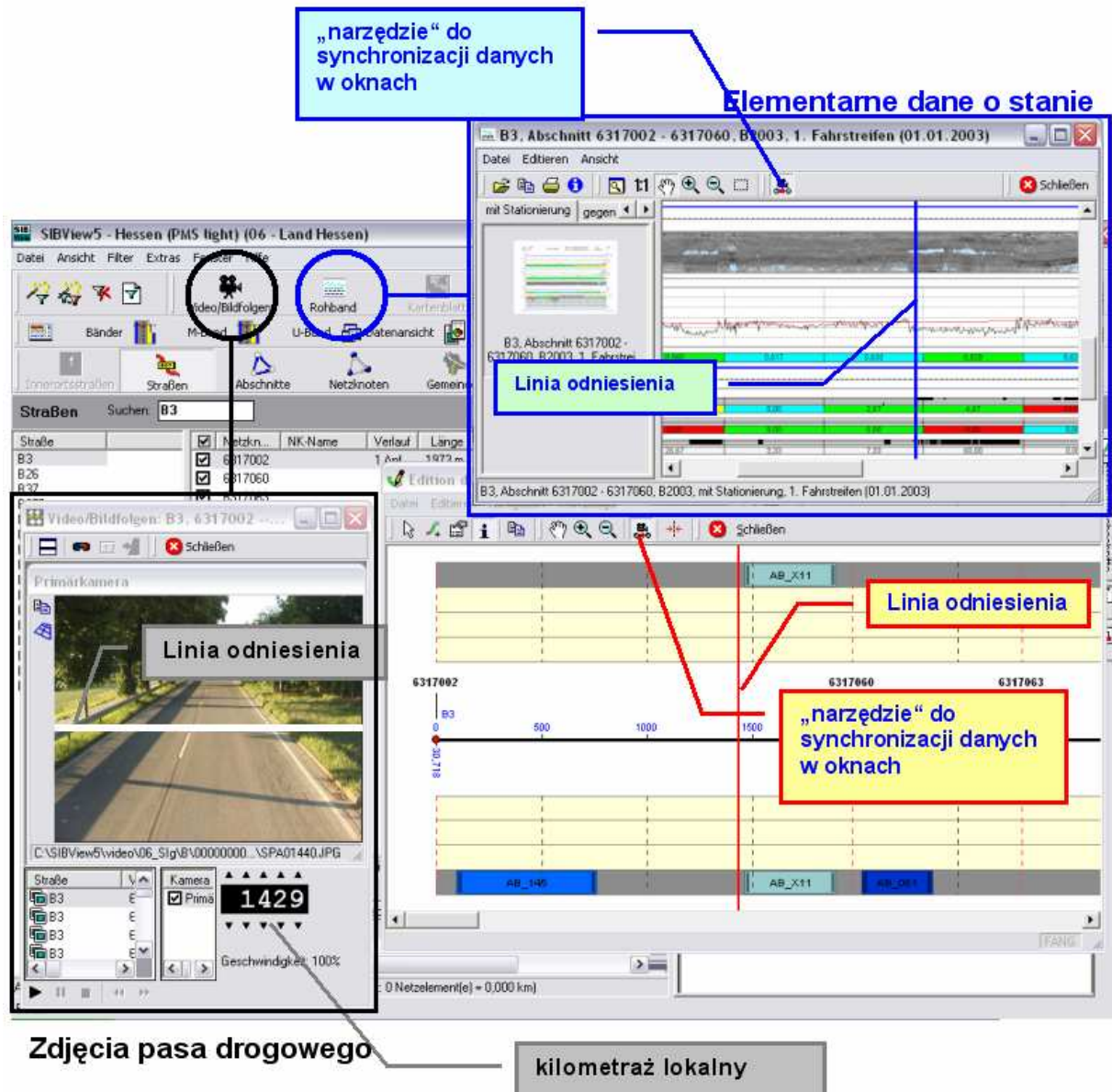


Rysunek 2 Graficzny edytor programów utrzymaniowych

Operator systemu dysponuje całym szeregiem narzędzi wspomagających, pozwalających na szybkie uzyskanie informacji o konsekwencjach konkretnych decyzji. W oknach informacyjnych wyświetlane są kompleksowe parametry, charakteryzujące każde przedsięwzięcie w jego aktualnej konfiguracji czasowej i przestrzennej, w tym statystyczne parametry stanu, koszty itd.

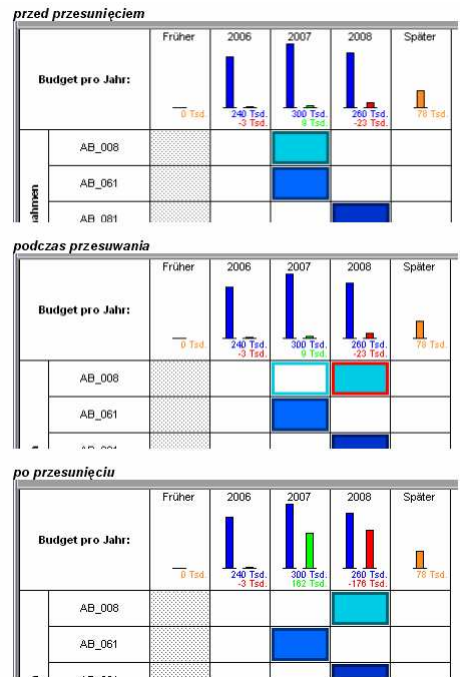
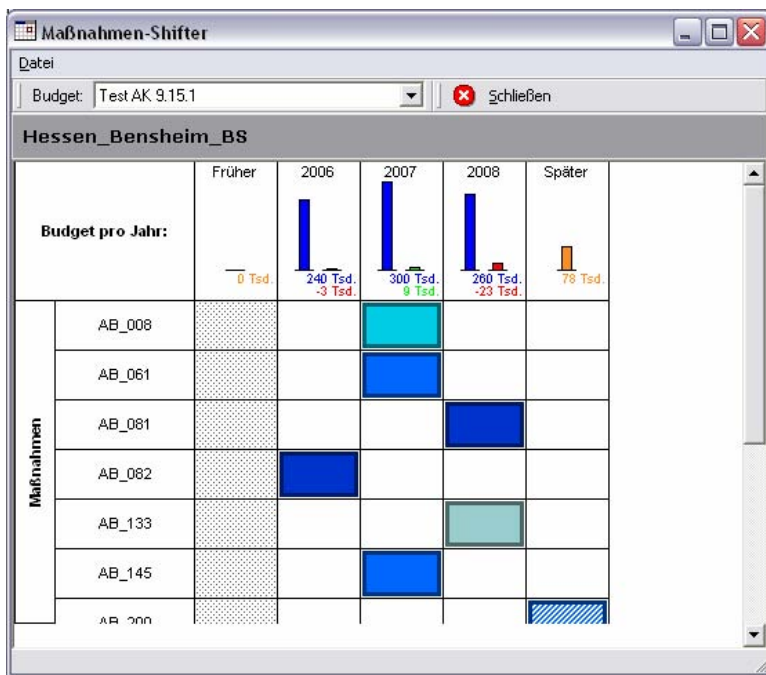
W celu umożliwienia operatorowi precyzyjnej, zgodnej ze sztuką inżynierską lokalizacji planowanych przedsięwzięć utrzymaniowych dysponuje on dodatkowymi informacjami, wyświetlanymi w niezależnych oknach, synchronizowanych z oknem edytora. Do najistotniejszych spośród tych dodatkowych informacji należy zaliczyć profile z danymi elementarnymi o stanie nawierzchni oraz sekwencje zdjęć pasa drogowego, wykonywane podczas identyfikacji stanu, patrz **rysunek 3**. Informacje te są w Niemczech standardowo kodowane podczas wszystkich kampanii identyfikacji i oceny stanu, mogą zatem być

natychmiast, bez dodatkowych transformacji wykorzystywane w celu precyzyjnej lokalizacji planowanych przedsięwzięć utrzymaniowych.



Rysunek 3 Synchronizacja edycji programu utrzymaniowego z dodatkowymi informacjami, wspomagającymi operatora programu

Każda, dokonana przez operatora korekta zakresu przedsięwzięć utrzymaniowych oraz ich typu implikuje zmianę kosztów, które są przez system automatycznie aktualizowane oraz sumowane dla poszczególnych lat. Równocześnie, w wypadku przekroczenia założonych limitów budżetowych, emitowane są komunikaty i ostrzeżenia. Za pomocą graficznego *shiftera* możliwe jest „przenoszenie” przedsięwzięć pomiędzy poszczególnymi latami programu utrzymaniowego, patrz **rysunek 4**. Operator informowany jest o stopniu wykorzystania i ewentualnie przekroczenia budżetu, przewidzianego na poszczególne lata.



Rysunek 4 Shifter przedsięwzięć drogowych

Istotnym zadaniem systemów wspomagających Zarządcę na poziomie operacyjnym jest generowanie dokumentacji programu utrzymaniowego. Dokumentacja taka umożliwia kompleksową prezentację przedsięwzięć utrzymaniowych wraz z najistotniejszymi danymi wejściowymi w celu kontroli wyników, koordynację zadań pomiędzy poszczególnymi wydziałami a także stanowi istotny element polityki informacyjnej Zarządcy wobec mediów oraz społeczności lokalnej. Na **rysunku 5** pokazano przykład mapy z naniesionymi przedsięwzięciami utrzymaniowymi.



Rysunek 5 Przykład dokumentacji programu utrzymaniowego na mapie tematycznej

Podsumowanie

Jednym z najistotniejszych czynników, utrudniających efektywne i powszechne korzystanie z systemów sterowania eksploatacją dróg, jest ograniczona możliwość bezpośredniego wykorzystania wyników obliczeń PMS w konkretnych programach utrzymaniowych. Dzieje się tak w konsekwencji poczynionych, nieodwrotnych uproszczeń modelu decyzyjnego, agregacji danych oraz z racji niemożności uwzględnienia na poziomie strategicznym lokalnych ograniczeń i uwarunkowań.

W celu **harmonizacji** procesu decyzyjnego na **poziomie strategicznym** (planowanie budżetów utrzymaniowych dla dużych sieci drogowych w długim horyzoncie czasowym) oraz na **poziomie operacyjnym** (planowanie programów utrzymaniowych w ramach podsieci, w krótkim i średnim okresie czasowym, do 5 lat) niezbędne jest zatem wyposażenie Zarządcy w odpowiednie narzędzia decyzyjne. Umożliwią one konkretyzację strategii, opracowanych na poziomie strategicznym z uwzględnieniem dodatkowych danych o niższym stopniu agregacji oraz szeregu informacji uzupełniających.