



KAMIL NOWAKOWSKI
Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad
Oddział w Kielcach
knowakowski@gdkkia.
gov.pl

Preselekcyjne ważenie pojazdów

Jednym z głównych celów polityki gospodarczej Państwa jest poprawa istniejącej infrastruktury drogowej oraz jej jak najefektywniejsze wykorzystanie. Na ten cel przeznaczone są środki finansowe zarówno z budżetu krajowego, jak i dodatkowe środki z budżetu UE. Jedną z głównych przyczyn znacznego skrócenia okresu użytkowania nawierzchni dróg jest przekraczanie dopuszczalnych wartości nacisków poszczególnych osi pojazdów ciężarowych. Pomimo coraz większej świadomości kierowców o negatywnym wpływie przeciążonych pojazdów na jakość nawierzchni, nadal zdarzają się przypadki łamania przepisów dotyczących dopuszczalnego obciążenia drogi przez pojazdy.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie skutecznego narzędzia w walce z nadużyciami w transporcie drogowym, jakim jest system preselekcji wagowej pojazdów. W publikacji zostaną poddane analizie obowiązujące przepisy prawa umożliwiające budowę systemu preselekcji oraz kontroli nieuczciwych przewoźników przez odpowiednie organy.

Przepisy regulujące budowę systemu preselekcyjnego

W obecnym systemie prawnym w Polsce istnieje możliwość skutecznego przeciwdziałania pojazdom ponadgabarytowym i przeciążonym. Na podstawie art. 55 ustawy o transporcie drogowym [15] *Inspektor wykonując zadania, ma prawo do kontrolowania masy, nacisków osi i wymiarów przy użyciu przyrządu pomiarowego*. Natomiast zgodnie z art. 13g ustawy o drogach publicznych [13] *Za przejazd po drogach publicznych pojazdów nienormatywnych bez zezwolenia określonego przepisami o ruchu drogowym lub niezgodnie z warunkami podanymi w zezwoleniu wymierza się karę pieniężną, w drodze decyzji administracyjnej*. W artykule *Przeciwdziałanie pojazdom przeciążonym* autorstwa Nowaka [10] wykazano na podstawie oficjalnych raportów Inspekcji Transportu Drogowego, że na obszarze Polski znaczna liczba pojazdów przeciążonych należy do polskich przewoźników drogowych. Wysunięto również wnioski, że tendencja stosunku pojazdów skontrolowanych przez Inspekcję Transportu Drogowego do udziału wystawionych decyzji administracyjnych wśród polskich przewoźników jest malejąca, odwrotnie niż wśród przewoźników zagranicznych. Spowodowane jest to dotkliwymi karami pieniężnymi.

Bardzo częstym pytaniem zadawanym przez władze wyższych szczebli jest: jak zapobiegać przeciążonym pojazdom

poruszającym się po drogach publicznych. Poniższa piramida (rys. 1) pokazuje, jakie kolejne działania należy podjąć, aby móc wpłynąć na przewoźników drogowych, ale także na samych kierowców poruszających się pojazdami przeciążonymi.



Rys. 1. Piramida możliwości wpływania na użytkowników dróg (źródło: Kujawsko-Pomorski Inspektorat Transportu Drogowego w Bydgoszczy)

Należy jednak pamiętać, że nie tylko do Inspekcji Transportu Drogowego należy dbanie o infrastrukturę drogową i nie tylko na nich spoczywa odpowiedzialność poprzez nałożone przepisy w polskim prawie drogowym. W ustawie o drogach publicznych napisano także, że odpowiedzialność za ochronę dróg publicznych spoczywa również na zarządcy drogi. Zgodnie z art. 20 ustawy o drogach publicznych [13] *do zarządcy drogi należy w szczególności [...] przeciwdziałanie niszczeniu dróg przez ich użytkowników*.

Zadanie polegające na sprawdzaniu pojazdów uczestniczących w ruchu drogowym w zakresie spełniania wymagań dotyczących masy całkowitej pojazdu należy zaliczyć do zadań związanych z kontrolą ruchu. Zgodnie z art. 129 ust. 2 pkt 4 ustawy prawo o ruchu drogowym [14] *w związku z czuwaniem nad bezpieczeństwem i porządkiem ruchu drogowego, kierowania ruchem i jego kontrolowaniem policjant ma prawo do sprawdzania masy pojazdu znajdującego się na drodze*. Jednocześnie przepisy ww. ustawy w art. 129 ust. 2 pkt 8 i 9 uprawniają wskazanego funkcjonariusza publicznego do *używania przyrządów kontrolno-pomiarowych, w szczególności badania pojazdu, określania jego masy i nacisku osi oraz uniemożliwienia korzystania z pojazdu, którego masa lub nacisk osi zagrażają bezpieczeństwu lub porządkowi ruchu i powodują uszkodzenie drogi*.

W celu zredukowania liczby pojazdów przeciążonych w ruchu drogowym niezbędne jest podjęcie działań prewencyjnych w postaci regularnej kontroli i nakładania kar. W związku z powyższym, mając na uwadze ograniczenia fizyczne w pracy przedstawicieli Inspekcji Transportu Drogowego (zbyt mała liczba urzędników) oraz stale rosnącą liczbę pojazdów ciężarowych, wydają się słuszne działania zmierzające do rozbudowy infrastruktury automatycznych systemów preselekcyjnego ważenia pojazdów w ruchu.

Mankamentem prawnym, który nie pozwala w pełni wykorzystać możliwości tego typu systemów, jest na pewno brak umocowania prawnego, a mianowicie legalizacji tych urządzeń (wagi preselekcyjne nie posiadają obecnie dopuszczenia metrologicznego Głównego Urzędu Miar). Obecnie ciężarówka, która przekroczy dopuszczalną wagę po przejeździe przez system preselekcyjny, jest zatrzymywana i ponownie ważona za pomocą zalegalizowanych wag stacjonarnych. W momencie, kiedy drugi pomiar potwierdzi wynik ważenia preselekcyjnego, na przedsiębiorcę nakładana jest kara. Problem ten został zauważony przez Główny Inspektorat Transportu Drogowego, dzięki czemu w niedalekiej przyszłości można spodziewać się wykorzystania wag preselekcyjnych na takiej samej zasadzie jak fotoradarów (nakładanie mandatów na podstawie pomiaru dokonanego w ruchu).

Unia Europejska także zajęła się problemem degradacji dróg spowodowanej poruszaniem się przeciążonych pojazdów. Efektem prac zespołu był raport COST 323 *Weighin-Motion of Road Vehicle*. Określa on wymagania, które spełniać powinny systemy dynamicznego ważenia (*Weigh in Motion*). Na podstawie raportu COST 323 [3] można wyróżnić trzy podstawowe grupy zastosowań systemu preselekcji wagowej, które zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Składowe systemu preselekcji wagowej (źródło: opracowanie własne)

Oddziaływanie pojazdów przeciążonych na nawierzchnię oraz bezpieczeństwo

Niszczenie i degradacja infrastruktury drogowej oraz bezpieczeństwo ruchu zależy od bardzo wielu czynników i ne-

gatywnych zjawisk występujących w szeroko rozumianym transporcie. Należy do nich m.in. zaliczyć:

- zły stan techniczny pojazdów,
- łamanie przepisów dotyczących okresów prowadzenia pojazdów,
- łamanie zasad dotyczących transportu zwierząt, materiałów niebezpiecznych i szybko psujących się,
- przeciążanie pojazdów,
- natężenie ruchu i jego strukturę rodzajową,
- zastosowane technologie i materiały do budowy dróg,
- warunki klimatyczne.

Niektóre z wymienionych zjawisk mają charakter patologii i należy im przeciwdziałać. Szczególnie istotne zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu stwarzają przeciążone pojazdy ciężarowe. Eksperti zgodnie przyznają, że pojazdy takie są głównym czynnikiem mającym wpływ na pogarszanie stanu technicznego dróg i obiektów inżynierskich. Okazuje się, że pojazdy, których masa całkowita lub nacisk pojedynczej osi w niewielkim stopniu przekraczają dopuszczalne normy, powodują przyspieszoną degradację nawierzchni jezdni. Zjawisko ma charakter nieliniowy i np. w przypadku nawierzchni asfaltowych przyjmuje się, że wzrasta z czwartą potęgą nacisku osi na nawierzchnię. Oznacza to, że przekroczenie dopuszczalnych norm o 10% może spowodować 45% wzrost efektu niszczącego. W artykule *Analiza nacisków osi pojazdów ciężarowych na nawierzchnie drogowe* Wardęgi [12] autor zauważa, że w konsekwencji destruktywnych oddziaływań pojazdów przeciążonych, zdolność do przeniesienia obciążeń przez nawierzchnię maleje, następuje tzw. stopniowa utrata nośności, a w przypadku osiągnięcia przez konstrukcję nawierzchni stanu granicznego nośności powstają uszkodzenia strukturalne lub spękania zmęczeniowe.

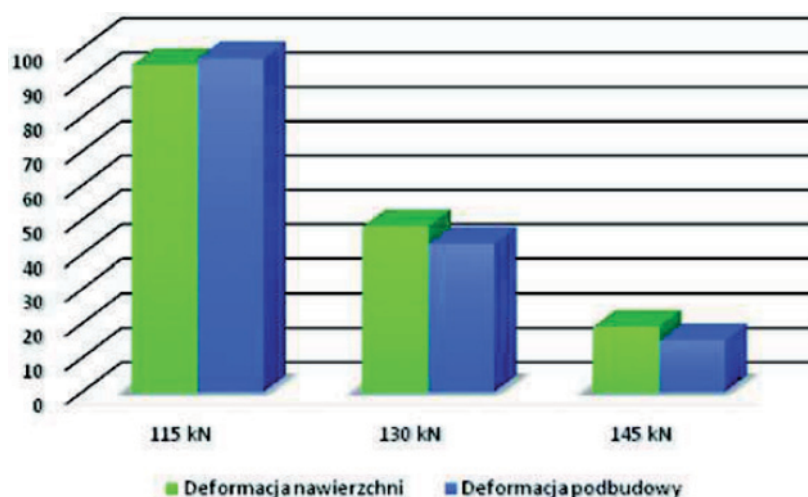
Wpływ pojazdów przeciążonych na nawierzchnię dróg

Mając na celu dobro polskiej infrastruktury drogowej należy nie tylko budować nowe drogi, ale także dbać o już istniejące. Stąd pomysł automatycznych systemów ważenia pojazdów. Z badań przeprowadzonych przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów [20] wynika, że samochód ciężarowy, który dwukrotnie przekroczył dopuszczalną masę, podczas jazdy niszczy nawierzchnię drogową w tym samym stopniu co dwa i pół miliona samochodów osobowych. Wzrost efektu niszczącego pojazdu przeciążonego poruszającego się po drodze, w zależności od nacisku na oś ponad jego dopuszczalną wartość, zaprezentowano na rysunku 3. Z wykresu można odczytać, że wzrost efektu niszczącego następuje wykładniczo, co powoduje, że przy przekroczeniu dopuszczalnego nacisku na oś o 50% wzrost efektu niszczącego jest o 400%, a gdy przekroczenie osiąga wartość 100% to wzrost efektu niszczącego jest aż 16-krotny w stosunku do przejazdu pojazdu o dopuszczalnym nacisku na oś.

Na wykresie (rys. 4) przedstawiono, jaki wpływ na okres eksploatacji nawierzchni drogowej i podbudowy ma poruszanie się pojazdów przeciążonych. Analizując wykres zauważamy, że zarówno na nawierzchnię, jak i na podbudowę skrócenie czasu „życia” następuje wykładniczo (zgodnie z prawem 4 potęgi). Z tego wykresu wynika, że poruszający



Rys. 3. Wzrost efektu niszczącego pojazdu przeciążonego (źródło: Inteligentny system preselekcji wagowej pojazdów – Degradacja Dróg T. Dzieńis, M. Karkowski)



Rys. 4. Skrócenie czasu życia drogi w zależności od obciążenia na pojedynczą oś pojazdu (źródło: Inteligentny system preselekcji wagowej pojazdów – Degradacja Dróg T. Dzieńis, M. Karkowski)

się pojazd o normatywnym nacisku na oś (115 kN) powoduje większe deformacje na warstwie ścieralnej niż na podbudowie, co prawidłowo obrazuje pracę nawierzchni drogowej. Sytuacja zmienia się po przekroczeniu dopuszczalnego nacisku na pojedynczą oś. Należy stwierdzić, że wraz ze wzrostem nacisku, podbudowa nawierzchni doznaje coraz większych deformacji strukturalnych, co może powodować konieczność wymiany wszystkich warstw nawierzchni, przez co koszty remontów wzrastają. Należy pamiętać, że okres żywotności (trwałości) nawierzchni dróg jest przewidziany na 20–30 lat, jednak dodając czas oczekiwania każdego kilometra drogi na swój remont lub modernizację w rzeczywistości czas eksploatacji wydłuża się do ok. 50 lat.

Wpływ pojazdów przeciążonych na bezpieczeństwo ruchu drogowego

Deformacje trwałe takie jak koleiny, odkształcenia podłoża pod konstrukcją nawierzchni, spękania czy ubytki

warstwy ścieralnej są pośrednim, lecz poważnym zagrożeniem związanym z bezpieczeństwem ruchu drogowego.

Zgodnie z artykułem *Wpływ pojazdów przeciążonych na trwałość nawierzchni asfaltowych* Rysia i in. [11], przeciążanie pojazdów również negatywnie wpływa na bezpieczeństwo ruchu ze względu na dłuższą odległość zatrzymania przy hamowaniu awaryjnym oraz ze względu na kiepski stan techniczny pojazdów często przeciążanych. Zaburzona dynamika ruchu pojazdu przeciążonego zwiększa jego bezwładność i ogranicza jego sterowność oraz wydłuża drogę hamowania.

Budowa systemu preselekcji

Ważenie pojazdów w ruchu (WIM) wg definicji zaproponowanej przez ASTM (*American Society for Testing and Materials*) „to proces estymacji nacisków statycznych na podstawie pomiarów dynamicznych nacisków kół pojazdu na podłożu, w sytuacji kiedy kontakt obiektu mierzonego z czujnikiem jest bardzo krótki”. W kontekście tym, każdy system ważenia pojazdów w ruchu składa się:

- z części sprzętowej (ang. *hardware*) – odpowiednie czujniki pomiarowe współpracujące z układami elektronicznymi, których zadaniem jest rejestracja sygnałów generowanych przez przejeżdżające pojazdy ciężarowe;
- z części programowej (ang. *software*) – oprogramowanie dokonujące przetwarzania zarejestrowanych sygnałów przy wykorzystaniu algorytmów eksperckich, w wyniku czego następuje estymacja statycznych nacisków osi pojazdu i jego masy całkowitej. Ponadto dokonywany jest pomiar innych parametrów takich jak: prędkość, liczba i rozstaw osi, długość i wysokość pojazdu, klasa pojazdu.

Terminal preselekcyjnego ważenia pojazdów

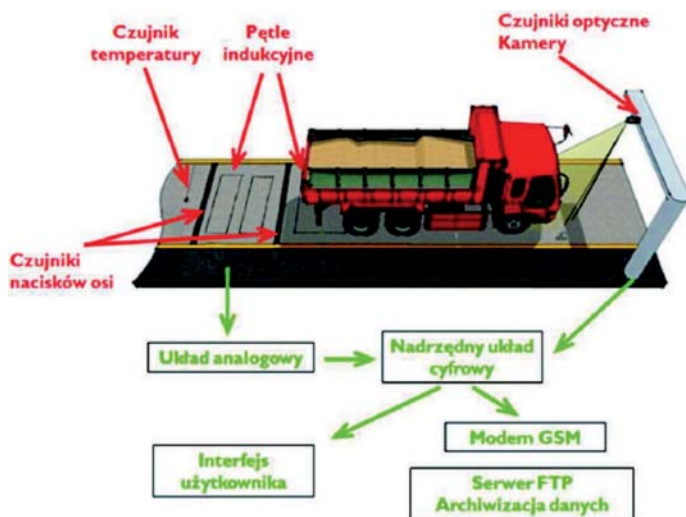
Narzędziem, które w prosty i skuteczny sposób pozwala walczyć ze zjawiskiem przeciążonych pojazdów jest inteligentny system wagowej preselekcji pojazdów. W skład terminala preselekcyjnego (fot. 1) wchodzi m.in. waga dynamiczna (czujnik bądź platforma wagowa), pętla indukcyjna, kamery wideo rejestrujące sylwetkę ważonego pojazdu, kamery do identyfikacji pojazdu poprzez rozpoznawanie tablic rejestracyjnych, tablice zmiennej treści oraz szafy z systemami sterującymi.

Zasada działania systemu preselekcji (rys. 5) jest prosta: kiedy po wadze przejeżdża nadmiernie obciążony pojazd, system automatycznie rejestruje informacje o nacisku każdej z osi i o jego masie całkowitej, następnie umieszczona nad jezdnią kamera wykonuje zdjęcie pojazdu i jego tablicy rejestracyjnej. Informacja o wykroczeniu jest przesyłana dro-



Fot. 1. Terminal preselekcynny (źródło: materiały własne)

gą radiową i błyskawicznie trafia do inspektorów transportu drogowego, którzy mogą zatrzymać pojazd i go zważyć na legalizowanej wadze stacjonarnej. Gdy urzędowy pomiar potwierdzi wynik ważenia preselekcynnego i przekroczenia parametrów wagowych, inspektorzy nie dopuszczają pojazdu do dalszej jazdy, a na nieuczciwego przewoźnika przeladującego swój pojazd są nakładane kary.



Rys. 5. Schemat poglądowy budowy i działania stacji WIM (źródło: www.judico.co.kr)

Czujniki i pętle indukcyjne

Systemy WIM wbudowane w nawierzchnię składają się z czujników nacisku oraz czujników indukcyjnych (fot. 2).

Pętle indukcyjne wykorzystywane są do określenia podstawowych parametrów pojazdu, takich jak:

- długość,
- liczba osi,
- prędkość (jeżeli system wykorzystuje moduł z dwoma czujnikami wirowymi),
- rozstaw osi.

Pętlowy czujnik indukcyjny reaguje na zaburzenia pola magnetycznego przez metalowe elementy pojazdu przejeżdżającego nad sensorem. Efektem tego oddziaływania jest zmiana impedancji czujnika wirowego, na podstawie której można odczytać wymagane parametry pojazdu. Jest on najczęściej stosowanym sensorem do tego celu. Do pozyskiwania wymienionych wyżej informacji stosowane są także inne rodzaje czujników:

- czujnik linkowy – zbudowany jest z linki stalowej utwierdzonej z jednej strony oraz zakończonej z drugiej strony ruchomym stykiem elektrycznym, którego zwarcie oznacza pojawienie się osi. Czujniki te są łatwe w montażu, jednak wymagają częstej konserwacji. Sprawia to, że są doskonałym rozwiązaniem do krótkotrwałych testów;
- czujnik taśmowy – zbudowany jest z dwóch sprężystych taśm metalowych ułożonych poziomo w odległości kilku milimetrów z umieszczonymi wkładkami z gumy przewodzącej. Przestrzeń między taśmami wypełniona jest gazem obojętnym. Pojawienie się osi pojazdu powoduje zetknięcie taśm i chwilową zmianę stanu na wyjściu czujnika;
- czujnik hydrauliczny – składa się z cylindra jednostronnie zamkniętego, wypełnionego nieściśliwą cieczą, którym może być na przykład gumowy wąż o dostatecznie elastycznych ściankach, wypełniony olejem silnikowym. Na drugim końcu umieszczona jest kapilara wypełniona ciekłym materiałem przewodzącym (np. rtęcią), zwierającym styki przy wystąpieniu odpowiedniego nacisku na cylinder. Z tego typu detektorów można uzyskać odczyt bez dodatkowych zakłóceń, ale jest on bardzo podatny na uszkodzenia mechaniczne, szczególnie przy dużych obciążeniach;
- czujnik pneumatyczny – zasada działania jest bardzo podobna do czujnika hydraulicznego, jednak zamiast cieczy wykorzystywane jest powietrze. Jako element końcowy stosowane są styki elektryczne przymocowane do membrany lub manometru mieszkowego, który pobudza



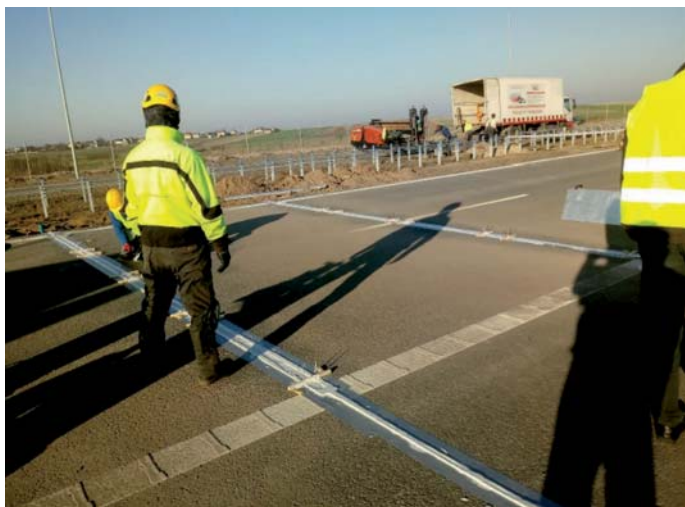
Fot. 2. Czujniki indukcyjne i czujniki nacisku wbudowane w jezdnię (źródło: materiały własne)

czujnik piezoelektryczny. Detektory pneumatyczne wykorzystywane są do krótkotrwałych pomiarów, mających na celu głównie zliczanie pojazdów;

- czujnik rezystancyjny – zbudowany jest z elastycznego materiału o zmiennej rezystancji. Oporność elementu zmienia się pod wpływem obciążenia, czyli przyłożonej siły. Ze względu na nieliniowy charakter zmiany rezystancji jest on trudny w zastosowaniu do ważenia pojazdów, jednak dobrze sprawdza się do wykrywania osi w miejscach o ograniczonej prędkości ruchu (np. bramki poboru opłat). Cechuje się dużą wytrzymałością i łatwą eksploatacją;
- czujnik magnetyczny – ma zbliżony zakres stosowalności jak pętla indukcyjna. Wykorzystuje on zmianę ziemskiego pola magnetycznego w momencie pojawienia się ferromagnetycznego obiektu. Czujniki te są łatwiejsze w użyciu i wymagają mniejszej ingerencji w nawierzchnię. Do wad można zaliczyć podatność na zakłócenia elektromagnetyczne oraz trudne warunki atmosferyczne.

Drugim elementem systemów WIM są czujniki nacisku (fot. 3). To na podstawie pomiarów z tych czujników określa się:

- nacisk od poszczególnych osi,
- masę całkowitą pojazdu,
- prędkość pojazdu (jeżeli system wykorzystuje moduł z dwoma czujnikami nacisku).



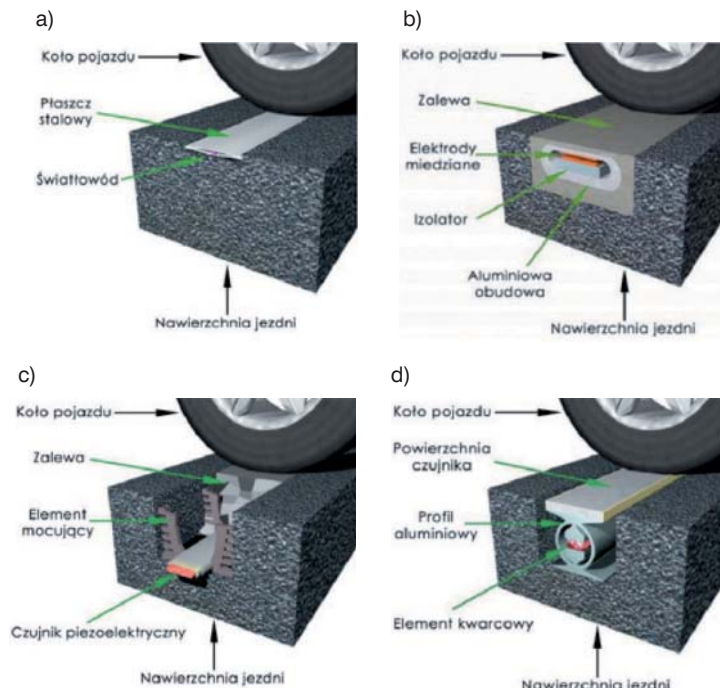
Fot. 3. Montaż czujników nacisku w jezdnię (źródło: materiały własne)

Czujniki nacisku mierzą bezpośrednią siłę, z jaką działają opony pojazdu na czujnik zabudowany w nawierzchni, dając proporcjonalny sygnał elektryczny. Zmiany i rozwój aparatury pomiarowej pozwalają na zastosowanie coraz dokładniejszych, tańszych i trwalszych czujników nacisku. Do najpopularniejszych można zaliczyć:

- czujniki światłowodowe – są stosunkowo najnowszą technologią rozwijaną od 1997 roku. Do pomiaru nacisku wykorzystywane jest zjawisko zmiany propagacji fali świetlnej wewnątrz światłowodu pod wpływem siły zewnętrznej. Zmiana mierzonych parametrów fali świetlnej jest proporcjonalna do przyłożonego obciążenia. Czujniki te są mało

wrażliwe na zmiany temperatury przy jednoczesnej dużej czułości na naciski pionowe. Dużą trwałość mechaniczną zapewniają metalowe osłony umieszczone nad i pod czujnikiem. Rozmiary czujnika nie powodują dużej ingerencji w nawierzchnię (rys. 5a);

- czujniki pojemnościowe – należą do grupy detektorów kontaktowych. Zbudowane są z dwóch elektrod przewodzących odizolowanych dielektrykiem (zwykle powietrzem). Elementem konstrukcyjnym są profile aluminiowe, które zapewniają jak największą trwałość mechaniczną, jednocześnie nie obniżając czułości czujnika. Zasada działania jest bardzo prosta, nacisk pionowy powoduje zbliżanie się elektrod, a tym samym zmianę pojemności czujnika, która następnie jest mierzona przez elektroniczny układ pomiarowy. Sensor jest odporny na działanie sił bocznych, skompensowany temperaturowo oraz ma liniową charakterystykę statyczną. Niestety tego typu detektory są mało odporne na uszkodzenia mechaniczne oraz zasolenie w ziemi (rys 5b);
- czujniki piezoelektryczne – czujniki te należą do grupy detektorów generacyjnych, wykorzystujących zjawisko piezoelektryczne proste. Zbudowane są najczęściej z piezoceramików, w formie koncentrycznego przewodu lub płaskiej taśmy. Pod wpływem nacisku generowany jest proporcjonalny ładunek elektryczny. Podstawową zaletą czujników tego typu jest ogromna czułość oraz szeroki zakres temperaturowy pracy. Jednak duże zalety niweluje podatność na działanie sił bocznych, brak możliwości zastosowania do ważenia statycznego oraz duża niejednorodność czułości czujnika w funkcji długości. Mimo tego czujniki piezoelektryczne są szeroko stosowane zarówno w systemach montowanych na powierzchni drogi, jak i systemach zabudowanych w nawierzchni (rys. 5c);
- czujniki kwarcowe – są to detektory kontaktowe również wykorzystujące zjawisko piezoelektryczne. Elementem piezoelektrycznym w tym przypadku jest kryształ kwarcu umieszczony w specjalnie zaprojektowanym aluminiowym profilu, który minimalizuje wpływ sił poprzecznych, jednocześnie maksymalizując działanie sił pionowych na czujnik. Czujniki kwarcowe charakteryzują się dobrymi właściwościami metrologicznymi i stałością parametrów. Są trwałe (do 10 lat), mało podatne temperaturowo, posiadają szeroki zakres pomiarowy (do 150 kN) oraz są mało wrażliwe na zakłócenia elektromagnetyczne. Detektory tego typu są jednak drogie oraz wymagają dużej ingerencji w nawierzchnię drogi (rys 6b).
- czujniki tensometryczne – stosowane są do pomiarów statycznych oraz dynamicznych. Wykorzystują zjawisko zmiany rezystancji przewodnika lub półprzewodnika pod wpływem działającej na niego siły. Budowane są w postaci platform podpartych na belkach, do których przymocowane są tensometry mierzące ich odkształcenie. W celu zminimalizowania wpływu temperatury oraz zmaksymalizowania czułości czujnika, wykorzystuje się cztery tensometry połączone w układ pełnego mostka. Detektory te osiągają dokładność rzędu 1–2% w przypadku pomiarów statycznych oraz 6–10% w przypadku masy całkowitej, 15% w przypadku nacisku na pojedyncze osie dla pomiarów dynamicznych. Ich trwałość określa się na 8–10 lat,



Rys. 6. Czujniki nacisku w systemach nawierzchniowych WIM: a) czujnik nacisku światłowodowy, b) czujnik nacisku pojemnościowy, c) czujnik nacisku piezoelektryczny, d) czujnik nacisku kwarcowy (źródło: *Pomiary parametrów ruchu drogowego* Gajda J., Sroka R., Stencel M., Żegleń T., Burnos P., Piwowar P.)

jednak wymagają bardzo dużej ingerencji w nawierzchnię oraz długiego czasu instalacji (fot. 4).



Fot. 4. Montaż wagi tensometrycznej (źródło: www.roadtraffic-technology.com)

Czujniki nacisku i pętle indukcyjne tworzą jeden moduł. W systemach MS-WIM instalowanych jest kilkanaście takich modułów na wyznaczonym odcinku drogi (rys. 7).

Zainstalowanie większej liczby stref pomiarowych zwiększa dokładność ważenia pojazdów. Jezdnia, w której ma zostać wbudowana waga, musi spełniać odpowiednie wymagania na odcinku dojazdowym długości 50 m oraz zjazdowym długości 25 m (tab. 1).

Tabela 1. Kryteria wyboru jezdni drogowej dla instalacji systemu WIM (źródło: COST 323)

Kryterium	Jezdnia optymalna	Jezdnia akceptowalna
Nachylenie podłużne	< 1%	< 2%
Nachylenie poprzeczne	< 3%	< 3%
Promień łuku	Prosty odcinek drogi	> 1000 m
Stan techniczny nawierzchni	Klasa I albo II wg [7]	Klasa III wg [7]

Kamery

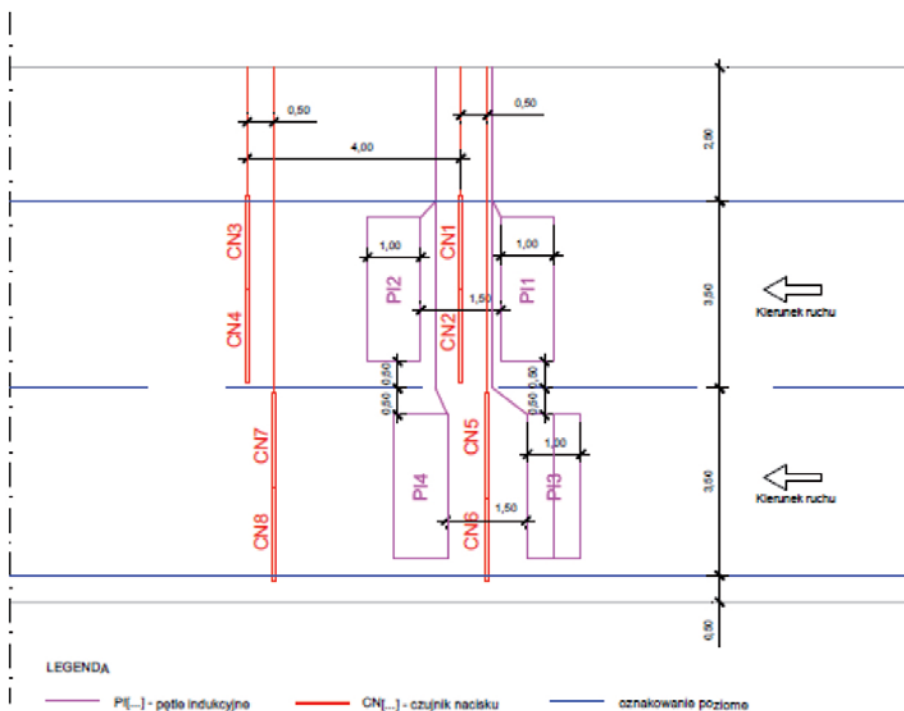
Strefa wideorejestracji (fot. 5) powinna składać się z kolorowej cyfrowej kamery video, zapewniającej dobrą jakość obrazu, zarówno w dzień, jak i w nocy, rejestrującej obraz pozwalający rozpoznać liczbę osi każdego przeciążonego lub przekraczającego dopuszczalną wysokość pojazdu przejeżdżającego przez stację do preselekcyjnego ważenia pojazdów.

Kolejnym ważnym elementem systemu jest kamera z funkcją ARTR (Automatyczne Rozpoznawanie Tablic Rejestracyjnych), identyfikująca numery tablic rejestracyjnych każdego pojazdu przejeżdżającego przez stację do preselekcyjnego ważenia pojazdów z 90% prawdopodobieństwem poprawnego odczytu numeru tablicy rejestracyjnej. Niezbędne jest zastosowanie promienników światła podczerwonego, emitujących promieniowanie niewidoczne dla oka ludzkiego współpracujące z kamerami systemu rozpoznawania numerów tablic rejestracyjnych.



Fot. 5. Rozmieszczenie kamer na konstrukcji wsporczej (źródło: materiały własne)

Powyższe elementy powinny być zamontowane nad jezdnią na konstrukcji wsporczej zlokalizowanej za stanowiskiem preselekcyjnym, w odległości zapewniającej poprawne



Rys. 7. Schemat instalacji czujników WIM (źródło: www.cat-traffic.pl)

urządzeń zmiennej organizacji ruchu w technologii znaków pryzmatycznych (fot. 6), zapewniających mały pobór prądu i sprawdzone działanie.



Fot. 6. Znak pryzmatyczny (źródło: materiały własne)

i pewne działanie systemu szafy sterowniczej wyposażonej w urządzenia elektroniczne obsługujące system wideo. Urządzenia elektroniczne mogą być zainstalowane w jednej szafie sterowniczej wraz z urządzeniami elektronicznymi dla stacji preselekcyjnej.

Elementy organizacji zmiennej ruchu

Zadaniem systemu WIM jest wstępna selekcja potencjalnie przeciążonych pojazdów ciężarowych, oraz kierowanie wytypowanych pojazdów do specjalnie przygotowanego miejsca kontroli prowadzonej przez Inspekcję Transportu Drogowego (rys. 8). Inspektorzy za pomocą legalizowanych wag poddają podejrzanemu pojazdowi ważeniu i weryfikują wyniki ze stacji WIM.

Aby ta kontrola była mogła przebiegać sprawnie i zgodnie z prawem, niezbędne jest wprowadzenie zmiennej organizacji ruchu (na czas kontroli). Jest to możliwe za pomocą

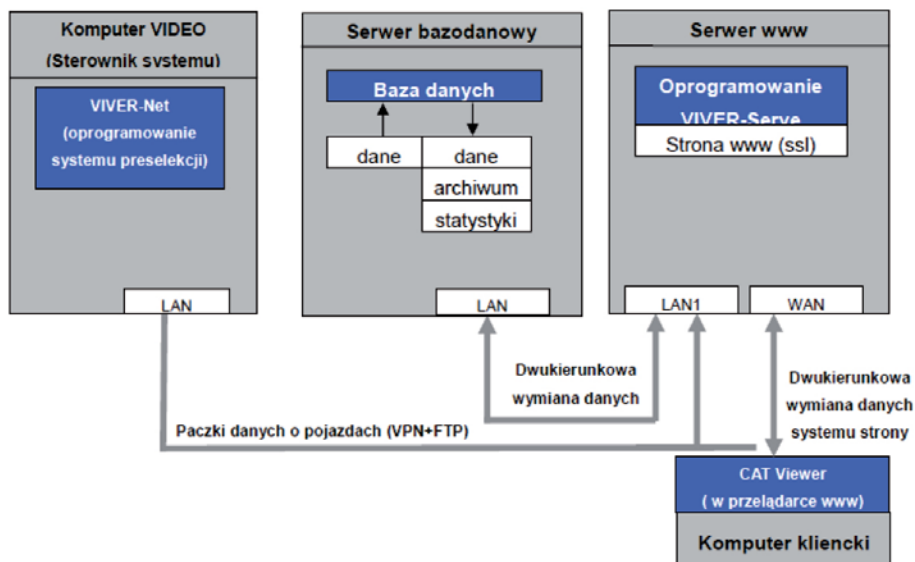
Oznakowanie pionowe uruchamiane jest automatycznie poprzez oprogramowanie przeznaczone do pracy dla inspektorów transportu drogowego podczas prowadzenia działań kontrolnych (włączane/wyłączane ze stanowiska kontroli statycznej na miejscu ważenia weryfikującego). Rozpoczęcie kontroli rozpoczyna się po zalogowaniu pracownika ITD do systemu. Sekwencja znaków rozpoczyna się od znaku „inne niebezpieczeństwo (znak A-30) z tabliczką „Kontrola ITD. za km”, kolejnym znakiem jest zakaz wyprzedzania przez samochody ciężarowe (znak B-26), co powoduje potokowanie pojazdów ciężarowych na prawym pasie ruchu oraz ograniczenie prędkości pojazdów ciężarowych do 50 km/h, a samochodów osobowych do 90 km/h. Taka organizacja ruchu w znacznym stopniu ułatwia skierowanie podejrzanego pojazdu do kontroli. Za miejscem ważenia weryfikującego zmienna organizacja ruchu kończy się znakiem „koniec zakazów” (znak B-42). Wylogowanie się pracownika ITD z systemu jest równoznaczne z zakończeniem kontroli i powoduje automatycznie zamknięcie znaków zmiennej treści.



Rys. 8. Schemat działania systemu preselekcji wagowej (źródło: Wpływ pojazdów przeciążonych na trwałość nawierzchni, D. Ryś i in.)

Oprogramowanie

Oprogramowanie stacji preselekcyjnej (Net) odbiera ze sterownika odpowiedzialnego za obróbkę sygnału z czujników umieszczonych w jezdni aktualne dane dotyczące ciężaru pojazdu, prędkości, typu oraz omijania stanowiska. Oprogramowanie obsługuje także system przekroczenia wysokości pojazdu, wykonuje zdjęcia poglądowe oraz odbiera informacje z kamer ANPR. Następnie skorelowane dane o pojeździe sprawdzane są pod kątem naruszenia przepisów



Rys. 9. Ogólny schemat przepływu danych w systemie (źródło: www.cat-traffic.pl)

i odpowiednio pakowane w jedną paczkę danych przesyłanych bez zwłoki do dalszego przetwarzania przez aplikację obsługującą system (Serve). Oprogramowanie obsługujące system udostępnia w sieci Internet dane o przeciążonych pojazdach. Starsze dane są automatycznie przenoszone do archiwum. Oprogramowanie to jest także odpowiedzialne za obsługę dodatkowych specyficznych funkcjonalności jak np. synchronizacja z zewnętrznymi bazami danych, nadrzędnym systemem monitoringu lub systemem zarządzania ruchem. Oprogramowanie klienckie (Viewer) prezentuje dane z systemu preselekcji (Net). Są to między innymi informacje o naciskach kół, długość pojazdu, kategorii oraz zdjęcia pojazdu. Poniżej przedstawiono ogólny schemat przepływu danych pomiędzy elementami systemu (rys. 9).

Większość zarządców dróg zamawiających wykonanie preselekcyjnego systemu ważenia pojazdów w ruchu wymaga spełnienia warunku, że system zapewnia detekcję i rejestrację w systemie co najmniej 99% wszystkich pojazdów przejeżdżających przez punkt preselekcyjnego ważenia pojazdów. Ponadto system powinien zapewnić:

- określenie dla pojazdów wykrytych przez punkt preselekcyjny następujących danych:
 - naciski poszczególnych kół i osi pojazdu z dokładnością spełniającą wymagania dokładności pomiarowej B+(7) zgodnie ze specyfikacją COST 323,
 - łączne naciski stron pojazdu,
 - odległości pomiędzy poszczególnymi osiami pojazdu, z dokładnością spełniającą wymagania dokładności pomiarowej B(10) zgodnie ze specyfikacją COST 323,
 - rozpoznanie osi pojedynczych i wielokrotnych pojazdu
 - całkowitą masę pojazdu z dokładnością spełniającą wymagania dokładności pomiarowej B+(7) zgodnie ze specyfikacją COST 323,
 - długość pojazdu (zastępcza długość elektryczna zmierzona na pętli indukcyjnej),
 - informację czy została przekroczona dopuszczalna wysokość pojazdu z poprawnością wskazań na poziomie 90%,

- informację o przekroczeniu dopuszczalnego nacisku osi i grupy osi oraz masy całkowitej pojazdu lub zespołu pojazdów, wraz z informacją o wartości tego przekroczenia,
- dopuszczalną masę całkowitą pojazdu, według rozpoznanej klasy pojazdu (tab. 2.) i danych zapisanych w systemie,
- prędkość pojazdu z dokładnością spełniającą wymagania dokładności pomiarowej B(10) zgodnie ze specyfikacją COST 323,
- pas ruchu i kierunek ruchu,
- kategorie pojazdu według 8+1 z poprawnością wskazań na poziomie A1 zgodnym z tabelą (tab. 3),
- kategorie pojazdu wg COST 323 (tab. 4.) z poprawnością wskazań na poziomie 80% dla każdej z kategorii,








Tabela 2. Klasy pojazdów (źródło: PFU GDDKiA)

Kod	Sylwetka	Przyporządkowana klasa podstawowa
6		pojazdy niesklasyfikowane
10		motocykle
7		samochody osobowe
11		samochody dostawcze do 3,5 t
2		samochody osobowe z przyczepami
3		samochody ciężarowe (jednoczłonowe)
8		samochody ciężarowe z przyczepami
9		samochody ciężarowe z naczepami
5		autobusy

Tabela 3. Poprawność klasyfikacji pojazdów (źródło: PFU GDDKiA)

	Poprawność klasyfikacji
dla motocykli:	≥ 90%
dla samochodów osobowych:	≥ 97%
dla samochodów dostawczych:	≥ 90%
dla samochodów osobowych z przyczepą:	≥ 90%
dla samochodów ciężarowych:	≥ 90%
dla samochodów ciężarowych z przyczepą:	≥ 95%
dla pojazdów naczepowych:	≥ 95%
dla autobusów:	≥ 90%

Tabela 4. Kategorie pojazdów (źródło: COST 323)

Kategoria	Sylwetka	Opis
Kategoria 1		Samochody osobowe, Sam. osobowe z lekkimi przyczepami i samochody dostawcze o masie <35kN
Kategoria 2		Samochody ciężarowe 2-osiowe
Kategoria 3		Samochody ciężarowe 3-osiowe Samochody ciężarowe 4-osiowe
Kategoria 4		Ciągniki siodłowe od trzech do sześciu osi (o maksymalnie dwu osiach w grupie)
Kategoria 5		Ciągniki siodłowe od pięciu do siedmiu osi (o maksymalnie trzech osiach w grupie)
Kategoria 6		Samochody ciężarowe z przyczepami
Kategoria 7		Autobusy
Kategoria 8		Inne pojazdy

- numer kolejny pojazdu,
- data i godzina przejazdu UTC(PL),
- zdjęcie pozwalające rozpoznać liczbę osi pojazdu w każdych warunkach oświetleniowych i pogodowych, tylko dla pojazdów, co do których istnieje przypuszczenie popełnienia wykroczenia,
- zdjęcie tablicy rejestracyjnej każdego pojazdu – wymaganie to ma być spełnione w co najmniej 95% przypadków,
- dane z tablicy rejestracyjnej przekonwertowane na format tekstowy – rozpoznane poprawnie dla minimum 90% dających się zidentyfikować pojazdów przejeżdżających przez punkt preselekcyjnego ważenia pojazdów.
- wykrywanie pojazdów przejeżdżających przez stację preselekcyjną, które po uwzględnieniu dokładności pomiarowej na poziomie B+ (7) przekraczają:
 - dopuszczalny nacisk osi,
 - dopuszczalny nacisk grup osi,
 - dopuszczalną masę całkowitą,
 - dopuszczalną wysokość.
- w momencie wykrycia pojazdu przeciążonego lub przekraczającego dopuszczalną wysokość wykonanie zdjęcia pojazdu przejeżdżającego przez stanowisko pomiarowe. Na zdjęciu powinna być widoczna cała sylwetka pojazdu pozwalająca rozpoznać liczbę osi pojazdu. System musi zestawiać w przejrzysty sposób wykonane zdjęcie sylwetki pojazdu oraz tablic rejestracyjnych z informacjami z pozostałych czujników jak:
 - rozpoznany numer rejestracyjny pojazdu,
 - typ wykroczenia,
 - liczba osi,
 - nacisk poszczególnych osi,
 - data i godzina wykroczenia.
- wykrywanie pojazdów omijających czujniki nacisku poprzez jazdę częściowo lub w całości po pasie awaryjnym lub poboczu.

Interfejs użytkownika

Większość oferowanych na rynku systemów preselekcji zapewnia użytkownikom dostęp do danych przez aplikację internetową dostępną z dowolnego miejsca poprzez przeglądarkę internetową.

Przykładem takiej aplikacji może być interfejs CAT VIVER, w którego zakładce „Bieżący pomiar” możliwy jest podgląd w trybie „na żywo” wyników pomiarów preselekcyjnego systemu ważenia. Poniższy rysunek (rys. 10) przedstawia elementy obsługi i wskaźniki zakładki. W celu ograniczenia ilości przesyłanych danych możemy ustawić wyświetlanie informacji tylko o pojazdach przeciążonych.

Zakładka „Statystyki” umożliwia wygenerowanie zbiorczych informacji o danych zbieranych przez system. Istnieje szereg pól umożliwiających dostosowanie prezentowanych wyników do życzeń użytkownika. Poniżej (rys. 4.14) przedstawiono inicjalny ekran zakładki „Statystyki”:

Funkcje systemu preselekcji

System preselekcyjnego ważenia pojazdów w ruchu daje duże możliwości w zakresie rozbudowy i zwiększenia jego funkcjonalności, dzięki modularnej budowie i łatwości konfiguracji jego poszczególnych elementów. W przyszłości może on stanowić element Inteligentnych Systemów Transportowych. Zadaniem systemu może być określanie czasu przejazdu na wybranych odcinkach dróg, czyli w efekcie obliczanie średniej prędkości przejazdu na wybranym odcinku drogi. Będzie to zrealizowane na podstawie zapisów numerów rejestracyjnych pojazdów oraz czasu minięcia danego punktu pomiarowego. Dzięki budowie modularnej istnieje możliwość wyposażenia stacji pomiarowych w czujniki parametrów meteorologicznych czy tablice zmiennej treści, które dają możliwość szybkiego reagowania w zmiennej sytuacji drogowej na wybranym odcinku. Zabiegi, o których mowa powyżej, będą miały na celu poprawę bezpieczeństwa i komfortu podróżowania po drogach, a także w dalszej perspektywie wpłyną na wymierne korzyści finansowe zarządców dróg i inwestorów nowych odcinków drogowych.

Wykrywanie pojazdów przekraczających dopuszczalne parametry

Podstawową funkcją systemu preselekcji wagowej jest wykrywanie pojazdów przeciążonych pod względem dopuszczalnej masy całkowitej oraz nacisku na oś lub grupy osi. Przy zastosowaniu odpowiedniego czujnika możliwe jest również wykrywanie pojazdów przekraczających dopuszczalną wysokość (rys. 11).

Ważenie pojazdów w ruchu ma tę przewagę nad ważeniem na wagach statycznych, że pojazdy nie muszą zatrzymywać

się do kontroli, dzięki czemu kontrolowany jest cały potok ruchu pojazdów. W artykule *Wpływ pojazdów przeciążonych na trwałość nawierzchni asfaltowych* autorzy Rys i in. [11] wysuwają wniosek, iż błąd popełniany podczas ważenia po-

jazdów w ruchu jest większy niż podczas ważenia na węgach statycznych, dlatego ważenie pojazdów w ruchu ma na celu preselekcję pojazdów i skierowanie do dokładnej kontroli pojazdów podejrzanych o przeciążenie. Niemniej jednak, w wy-

niku rozwoju technologii ważenia pojazdów w ruchu w ostatnich latach, błąd pomiaru nacisków osi pojazdów jest niewielki i przy analizie dużej liczby danych można powiedzieć, że jest pomijalnie mały. Legalizacja wag preselekcyjnych oraz zmiana przepisów prawa otwiera możliwość wykorzystania systemu preselekcji do nakładania kar, podobnie jak to jest w przypadku foto-radarów.

Dostarczenie danych o ruchu

Analiza danych pozyskiwanych przez system preselekcji wagowej ze szczegółowymi informacjami o natężeniu i strukturze ruchu na poszczególnych odcinkach dróg oraz bieżąca obserwacja ruchu pozwala m.in. na:

Zakładki Okno zdjęć Przegład Czas przyjazdu Ustawienie odległości Wybór stacji ważenia

Zalogowany (L.Kzermanek) | Wyloguj się

Bieżący pomiar Archiwum Statystyki Kamery Strefa użytkownika Strefa administratora

1:2 Wroniec 621ka 2017-08-02 14:04:07.33

DOLEGAŁOŚĆ DO PUNKTU KONTROLI 3000 [m] USTAW ODLEGŁOŚĆ

ID	Nazwa Miejsca	Nr Drogi	Plikotaz	Odział GDDKiA	Wyb.
41	Sitaniec 1	DK17	107+200 P	Lubin	<input type="checkbox"/>
40	Sitaniec 2	DK17	106+040 L	Lubin	<input type="checkbox"/>
43	Wroniec 1	DK2	618+070 P	Lubin	<input type="checkbox"/>
42	Wroniec 2	DK2	621+147 L	Lubin	<input checked="" type="checkbox"/>

Miejsce i czas pomiaru

Jd	Nazwa miejsca	Nr drogi	Plikotaz	Odział GDDKiA
42	Wroniec 2	DK2	621+147 L	Lubin

PAS JEZDNI: 1 DATA: 2017-08-02 GODZ: 14:04:17

Przekroczenia

OS. POJ.	OS. WIEL.	DMG	PRZEK. WYS.	POZA PAS	PRZEK. PREO.
0 (%)	0 (%)	0 (%)	NIE	NIE	TAK

Parametry pojazdu

TYP POJ.	DLUGOŚĆ	MASA CAŁ.	WYSOKOŚĆ	FREKWENCJA	LICZBA OSI
7 [8+1]	5.40 [m]	1830 [kg]	1.50 [m]	94 [km/h]	2 [os.]

Os. T. R. [m] L. [kg] R. [kg] L+R [kg] N.0 [kg] (<+> [kg]) Um. [kg]

1	1	0	550	470	1020	1020	907 - 1132	11500
2	1	2.68	426	385	810	810	720 - 800	11500
			976	855	1830	1830	1701 - 1958	3000

LB34745 01:42

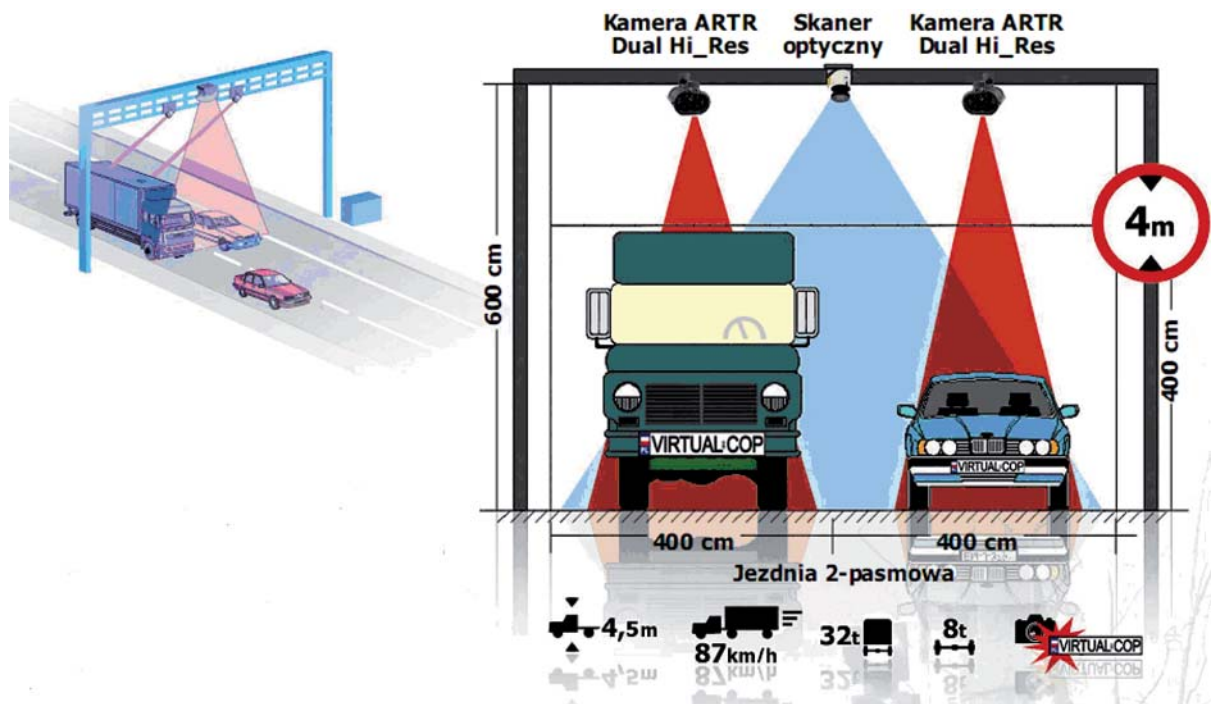
Przegład listy Stan połączenia Dane o pojeździe Sygnalizacja Znacznik Filtr

ilość pojazdów na liście: 20 Czas od ostatniego pojazdu: 11 Powiadomienie dźwiękowe [P] Dodaj znacznik Ukryj filtr

CAT TRAFFIC

Rys. 10. Interfejs strony, zakładka „Bieżący pomiar” (źródło: www.cat-traffic.pl)

Rys. 11. Przykładowy preselekcyjny punkt pomiarowy. (źródło: Kompleksowy system ważenia pojazdów na drogach krajowych, A. Maciejewski, GDDKiA)



- monitorowanie rozptyłów ruchu z podziałem na ruch lokalny i tranzytowy,
- modelowanie i optymalizację ruchu,
- wprowadzanie ograniczeń w ruchu i zalecanych tras pojazdu,
- weryfikację wprowadzanych zmian w organizacji ruchu,
- określanie czasu eksploatacji i planowanie remontów infrastruktury drogowej,
- wyznaczanie miejsc wymagających wzmożonej kontroli,
- lokalizację pojazdów poszukiwanych,
- określenie struktury rodzajowej ruchu (motocykle, samochody osobowe, dostawcze, ciężarowe, ciężarowe z przyczepą, itp.),
- określenie natężenia ruchu,
- system daje możliwość korzystania z danych archiwalnych, które mogą być wykorzystywane jako materiały dowodowe,
- następuje poprawa bezpieczeństwa ruchu na drogach krajowych poprzez eliminację pojazdów zagrażających bezpieczeństwu ruchu drogowego.

Podsumowanie i wnioski

Rozwój infrastruktury drogowej oraz rosnący poziom zmotoryzowania niosą za sobą konieczność poszukiwania systemów kontroli ruchu obejmujących swoim działaniem większą liczbę pojazdów niż obecnie używane urządzenia pomiarowo-kontrolne. Wymusza to poszukiwanie nowych rozwiązań mających na celu ochronę dróg przed ich niszczeniem. Jednym z nich są systemy preselekcji wagowej służące do wykrywania pojazdów przekraczających dopuszczalne naciski osi oraz dopuszczalną masę całkowitą.

W artykule poddano analizie obowiązujące przepisy prawa, z których jasno wynika, że to na zarządcy drogi spoczywa obowiązek niedopuszczenia do przedwczesnego zniszczenia drogi, obniżenia klasy drogi, ograniczenia jej funkcji, niewłaściwego jej użytkowania oraz pogorszenia warunków bezpieczeństwa ruchu. Ustawodawca jednocześnie daje zarządcy możliwość budowy miejsc wykonywania kontroli ruchu i transportu drogowego, przeznaczonych w szczególności do ważenia pojazdów. Mankamentem prawnym, który nie pozwala w pełni wykorzystać możliwości systemów WIM, jest na pewno brak umocowania prawnego, a mianowicie legalizacji wag preselekcyjnych – nie posiadają obecnie dopuszczenia metrologicznego Głównego Urzędu Miar.

Wykazano, że nawet nieznacznie przeciążone pojazdy, których masa całkowita lub nacisk pojedynczej osi w niewielkim stopniu przekraczają dopuszczalne normy, powodują przyspieszoną degradację nawierzchni jezdni. Zjawisko ma charakter nieliniowy i wzrasta z czwartą potęgą nacisku osi na nawierzchnię. Skutkami poruszania się po drogach pojazdów przeciążonych są: koleinowanie, powstawanie spękań, zmiany równości podłużnej i poprzecznej, zmiana współczynnika tarcia czy też niszczenie podbudowy. Zaburzona dynamika ruchu pojazdu przeciążonego zwiększa jego bezwładność i ogranicza jego sterowność oraz wydłuża drogę hamowania, co znacznie wpływa na bezpieczeństwo.

W publikacji przedstawiono budowę terminala preselekcyjnego, w którego skład wchodzi m.in. waga dynamiczna, pętle indukcyjne, kamery wideo rejestrujące sylwetkę ważonego pojazdu, kamery do identyfikacji pojazdu poprzez rozpoznawanie tablic rejestracyjnych, tablice zmiennej treści oraz szafy z systemami sterującymi. Ważną częścią tego systemu jest również oprogramowanie, które za pomocą aplikacji internetowej pozwala na bieżąco monitorować ruch pojazdów, sterować znakami zmiennej treści, ale także daje możliwość analizy danych archiwalnych oraz przygotowywania statystyk służących modelowaniu struktury ruchu.

System preselekcji może być wykorzystywany przez wiele instytucji w celu realizacji swoich ustawowych zadań. Inspekcja Transportu Drogowego posiada narzędzie do 100% eliminacji przewoźników łamiących przepisy, a także podnosi efektywność swoich kontroli.

Bibliografia

Publikacje:

- [1] Brudny D., Krawiec S., *Prognozowanie trendów rozwoju rynku w Polsce na podstawie danych z preselekcyjnych stacji ważenia pojazdów*. PTIL, 2, 2016, 89–96.
- [2] CAT Traffic Sp. z o.o., *Koncepcja i wytyczne budowy stacji ważenia pojazdów w ruchu*. Poznań, 2010.
- [3] COST 323, *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu*. Raport końcowy. Załącznik 1. Europejska specyfikacja WIM, 1999.
- [4] Dzienis T., Karkowski M., *Inteligentny system preselekcji wagowej pojazdów – Degradacja dróg*. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Wrocław, 2010.
- [5] Gajda J., Sroka R., Stencel M., Żegleń T., Burnos P., Piwowar P., *Pomiary parametrów ruchu drogowego*. Wydawnictwo AGH, Kraków, 2012.
- [6] GDDKiA Oddział w Warszawie: *Program Funkcjonalno-Użytkowy, Wykonanie kompletnej dokumentacji projektowej oraz budowa preselekcyjnego systemu ważenia pojazdów w ruchu, w ciągu drogi krajowej nr S8*. Warszawa, 2013.
- [7] Kujawsko-Pomorski Wojewódzki Inspektorat Transportu Drogowego w Bydgoszczy, *Podstawowe narzędzie regionalnej administracji państwowej w eliminacji nieprawidłowości funkcjonowania przewoźników drogowych*.
- [8] Maciejewski A., *Kompleksowy system ważenia pojazdów na drogach krajowych*. GDDKiA, Warszawa.
- [9] Mitas A.W., Bernas M., Bugdol M., Ryguła A., Konior W., *Elektroniczne narzędzia pomiarowe w transporcie – wagi preselekcyjne*. „Elektronika”, 12, 2011, 86–89.
- [10] Nowak P., *Przeciwdziałanie pojazdom przeciążonym*. „Drogownictwo”, 9, 2015, 306-310.
- [11] Ryś D., Judycki J., Jaskuła P., *Wpływ pojazdów przeciążonych na trwałość nawierzchni asfaltowych*. „Logistyka”, 6, 2014.
- [12] Wardęga R., *Analiza nacisków osi pojazdów ciężarowych na nawierzchnie drogowe*. „Drogownictwo”, 11, 2010, 400-408.

Przepisy:

- [13] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych. Dz.U. z 2018 poz. 2068, ze zm.
- [14] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym. Dz.U. z 2018 poz. 1990, ze zm.
- [15] Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym. Dz.U. 2019 poz. 58 ze zm.

Źródła internetowe:

- [16] www.cat-traffic.pl
- [17] www.roadtraffic-technology.com
- [18] www.judico.co.kr
- [19] www.gitd.pl/wagi-preselekcyjne-kontrola-masy-pojazdow-bez-kontroli
- [20] www.ibdim.edu.pl