



ROBERT WARDEGA

Politechnika Wroclawska
Katedra Dróg i Lotnisk
robert.wardega@pwr.
wroc.pl

Analiza nacisków osi pojazdów ciężarowych na nawierzchnie drogowe

Od prawie dwudziestu lat prowadzone są w Polsce pomiary kontrolne nacisków osi i mas pojazdów mające na celu dyscyplinowanie przewoźników i kontrolę przestrzegania obowiązujących przepisów w zakresie dopuszczalnych nacisków osi i mas pojazdów. Poprzednio, pomiary takie prowadzone były przy użyciu wag przenośnych, których precyzja i skuteczność pozostawiała wiele do życzenia, a dodatkowo prowadzone pomiary wymuszały angażowanie znacznych środków finansowych i zasobów ludzkich. Wady tego typu pomiarów wymusiły stopniowe wprowadzanie systemów pomiarowych umożliwiających automatyczny (i co najważniejsze ciągły) pomiar wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany przekrój drogi.

Niestety, „pojawienie się” na naszych drogach wag systemów WIM [1] (Weigh In Motion), dających możliwość rozszerzenia wiedzy zarządców dróg, projektantów i planistów o niezwykle cenne informacje występujących rzeczywistych obciążeniach, ich zakresie i wartości, nie wywołało praktycznie żadnego odzewu wśród zainteresowanych stron.

Identyfikacja obciążeń nawierzchni

Od 2005 r. Katedra Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej prowadzi badania obejmujące swym zakresem sprawdzenie możliwości praktycznego wykorzystania wyników ważenia pojazdów w ruchu [2], [5]. Wśród systemów przeznaczonych do ważenia pojazdów w ruchu można wyróżnić systemy HS-WIM (High Speed WIM) przeznaczone do pomiarów pojazdów w pełnym zakresie prędkości aż do 130 km/h oraz systemy LS-WIM (Low Speed WIM), w których pomiar jest możliwy z prędkościami z przedziału 5–15 km/h. Wykorzystanie LS-WIM jest możliwe wyłącznie na specjalnie do tego celu przeznaczonych punktach kontrolnych znajdujących się poza przekrojem jezdni głównej, po uprzednim zatrzymaniu pojazdu. Systemu tego nie można wykorzystać do monitorowania istniejących natężeń i pojawiających się obciążeń na danej drodze, a znajduje on zastosowanie jedynie do celów restrykcyjnych.

Systemy HS-WIM umożliwiają precyzyjną rejestrację następujących parametrów przejeżdżających pojazdów: prędkości, naciski osi pojedynczych, osi składowych i osi wielokrotnych, mas całkowitych pojazdów oraz odległości pomiędzy poszczególnymi osiami w pojazdach i odległości pomiędzy kolejnymi rejestrowanymi pojazdami.

Badania prowadzone przez Katedrę Dróg i Lotnisk obejmują systemy HS-WIM, a zarejestrowane w trakcie pomiarów naciski osi występujące w pojazdach ciężarowych, przedstawiono w postaci histogramów nacisków osi na rysunkach 1 ÷ 4 [3], [4].

Na rysunkach tych, naniesiono również dopuszczalne naciski osi pojedynczych i osi składowych, wyznaczone przy założeniu równomiernego rozkładu nacisku na poszczególne osie składowe w osi wielokrotnej. Nacisk osi pojedynczej napędowej nie może przekraczać 98,1 kN, napędowej 112,8 kN, osi składowej osi podwójnej 88,3 kN, a osi składowej osi potrójnej 78,5 kN.

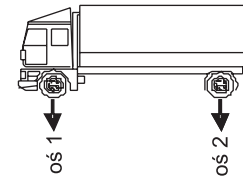
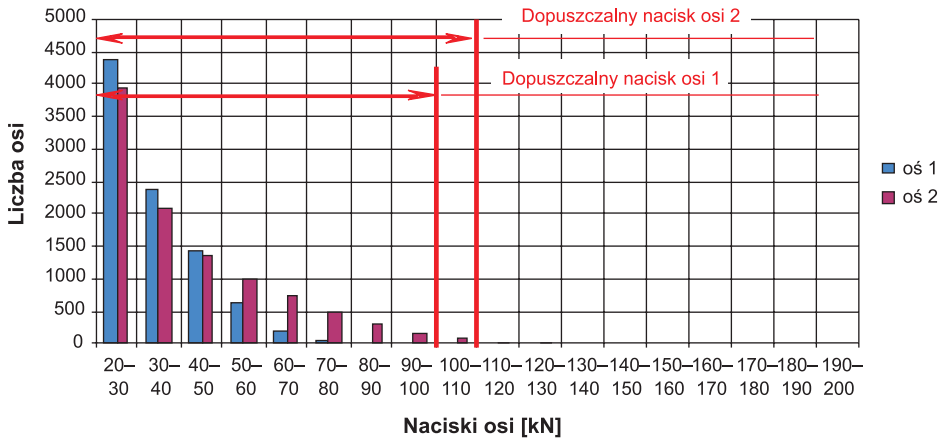
Obserwacja powyższych wyników pozwala sformułować hipotezę, o występowaniu trzech typów krzywych opisujących naciski osi pojazdów: krzywej typu normalnego, wykładniczego i gamma. Dla dominujących sylwetek pojazdów w strumieniu ruchu odpowiadających za wielkość oddziaływań samochodów ciężarowych bez przyczep (2P), samochodów ciężarowych z przyczepami i pojazdów członowych (2P+2P, 2C+2N i 2C+3N), typowe rozkłady nacisków osi przedstawiono na rysunkach 5 ÷ 8.

Rozkład nacisków osi samochodu ciężarowego dwuosioowego (2P) dobrze przybliża rozkład wykładniczy, co jest wynikiem zaliczania do tej grupy pojazdów samochodów dostawczych o masie przekraczającej 2,5 t (dopuszczalna masa całkowita tego typu pojazdów wynosi ok. 6,5 t) i o naciskach osi z reguły nie przekraczających 35 kN. W przeciwieństwie do samochodów ciężarowych dwuosioowych (2P), naciski osi kierowanej i napędowej samochodów ciężarowych wchodzących w skład zespołów pojazdów opisane są już rozkładami normalnymi, a spowodowane jest to dominacją w tej grupie pojazdów samochodów ciężarowych, w których naciski osi od masy własnej pojazdu przekraczają już 20 ÷ 30 kN. Rozkłady nacisków osi przyczep zgodne są natomiast z rozkładami gamma. Rozkłady nacisków osi ciągników siodłowych charakteryzują najlepiej rozkłady normalne (za wyjątkiem osi napędowej ciągnika siodłowego dwuosioowego z dwuosioową naczepą, która zgodna jest z rozkładem gamma), a osi naczep rozkłady wykładnicze (pojazd członowy czteroosiowy 2C+2N), lub normalne (pojazd członowy pięćosiowy 2C+3N). W tym ostatnim przypadku, przeciętny nacisk osi wynosi ok. 52,0 kN. Zgodność empirycznych wyników pomiarów z rozkładami teoretycznymi sprawdzano za pomocą testu zgodności χ -Pearsona.

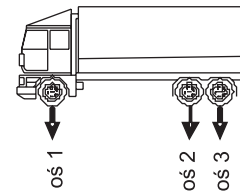
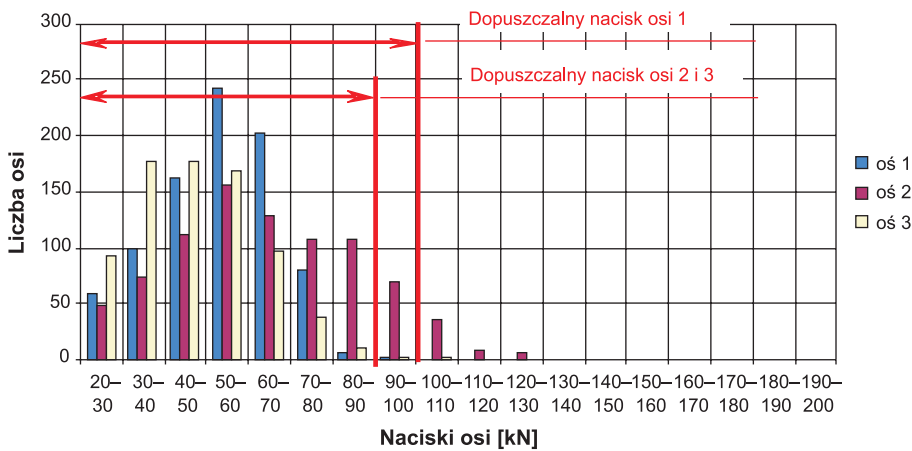
Podobny charakter nacisków osi w sylwetkach tego typu, obserwowany jest również w innych krajach europejskich (m. in. w Niemczech) – nasuwa się pytanie, czy rozkłady nacisków osi w poszczególnych sylwetkach pojazdów są typowe dla danego typu sylwetki i nie zależą od miejsca pomiaru? Najprawdopodobniej, ale potwierdzenie tej hipotezy wymaga jeszcze dalszych badań i prowadzenia ciągłego monitoringu przejeżdżających pojazdów. Na razie można stwierdzić, że rozkłady nacisków osi dwuwierchołkowych (typu dwumodalnego) są charakterystyczne dla ciągników siodłowych pięćosiowych.

Pomiary ciągłe nacisków osi przejeżdżających pojazdów pozwalają na charakterystykę występujących obciążeń za-

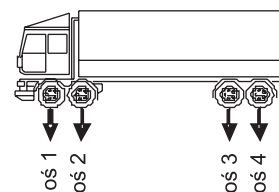
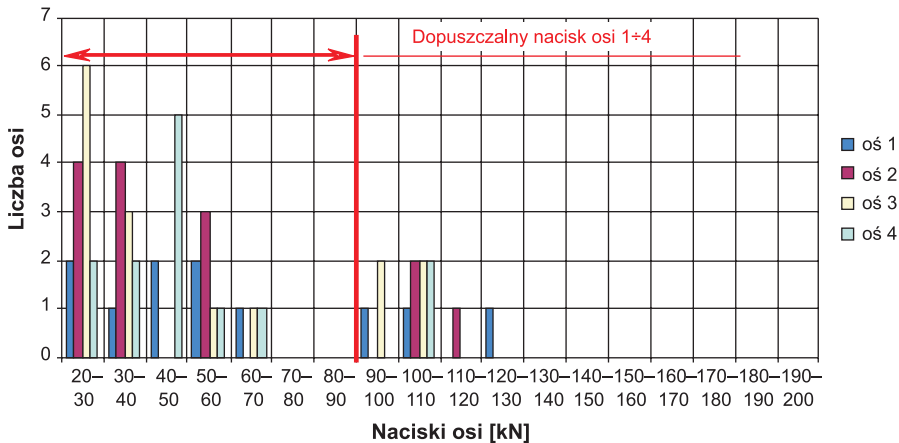
Naciski osi – pojazd 2P



Naciski osi – pojazd 3P



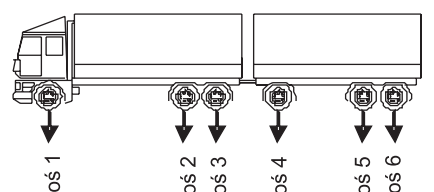
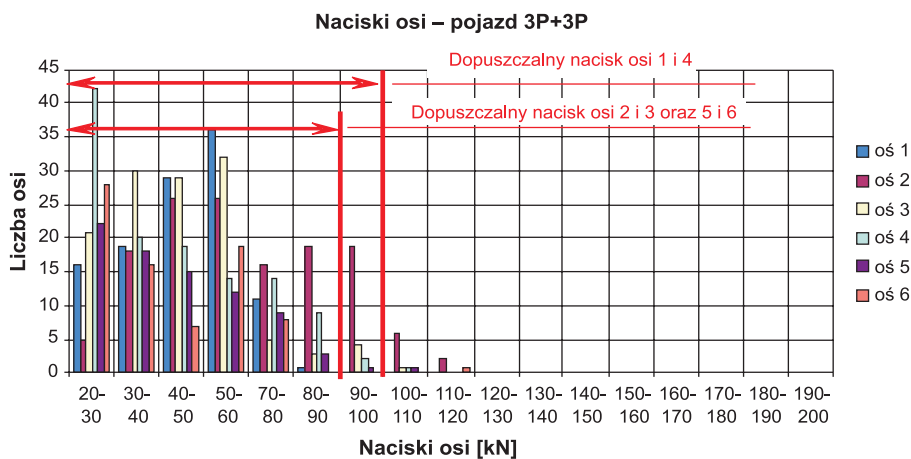
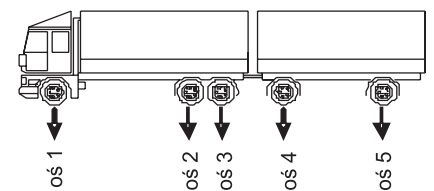
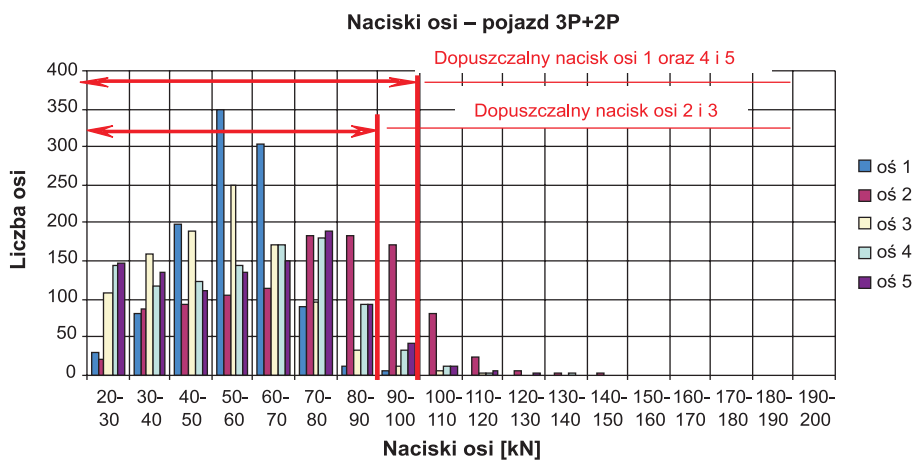
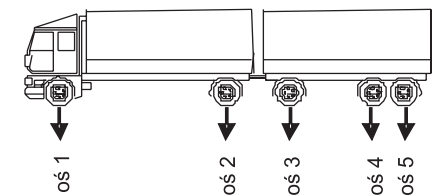
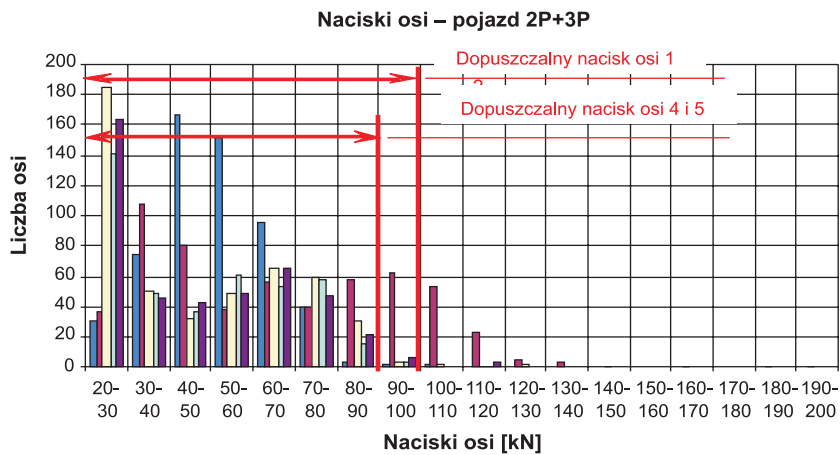
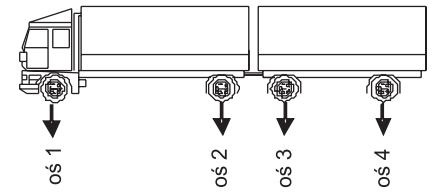
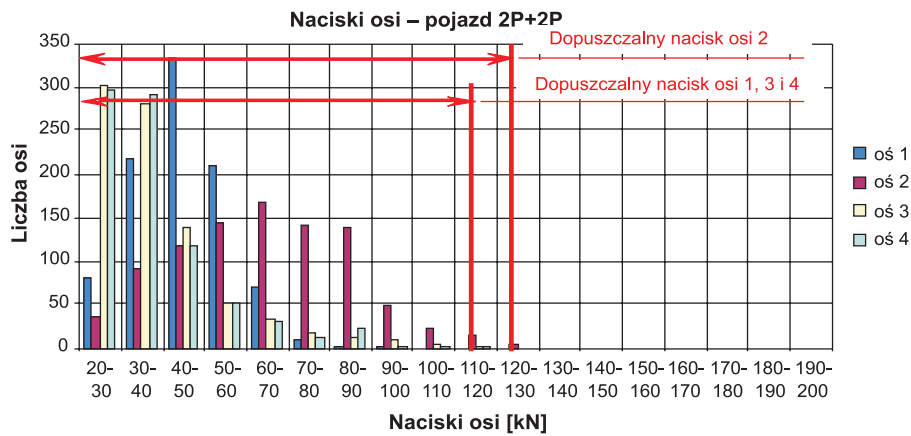
Naciski osi – pojazd 4P



Rys. 1. Histogramy nacisków osi składowych pojazdów pojedynczych – miejscowość Byczyna grudzień 2005 r.

równy z uwzględnieniem rozpoznanych i sklasyfikowanych sylwetek pojazdów, jak również z wykorzystaniem widm obciążeń osi, czyli statystycznych rozkładów nacisków osi w danym przekroju drogi. Opracowanie widm obciążeń osi jest możliwe w sytuacji, gdy prowadzony jest ciągły pomiar naci-

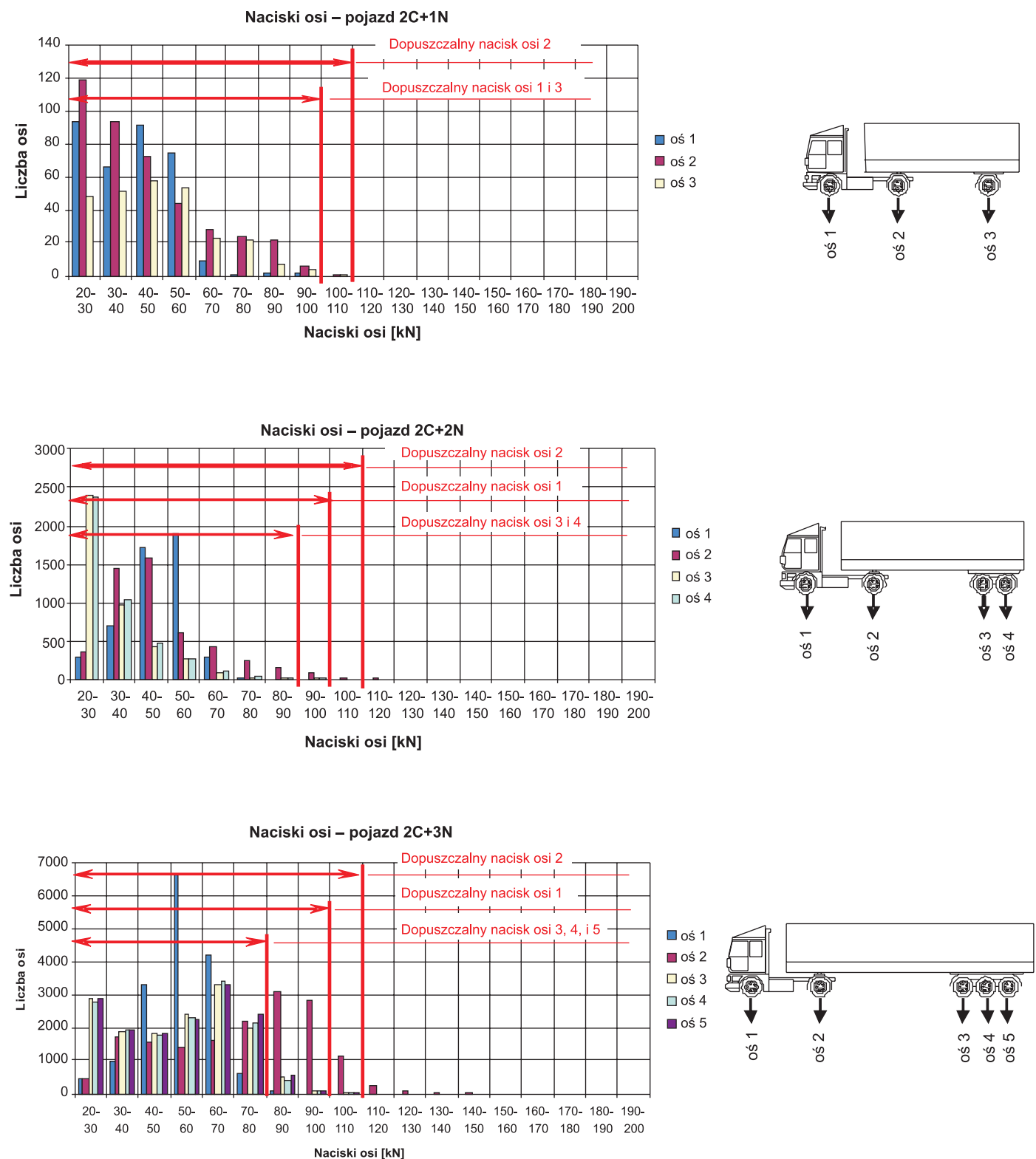
sków wszystkich osi pojawiających się w analizowanym przekroju drogi. I nie jest już istotne, jak sylwetka pojazdu przejechała, ale jaki typ osi został zarejestrowany (pojedynczy, podwójny, czy też potrójny) – wynika to z różnic w sposobie oddziaływania na nawierzchnie osi pojedynczych i osi wielo-



Rys. 2. Histogramy nacisków osi składowych zespołów pojazdów – miejscowość Byczyna, grudzień 2005 r.

krotnych. Na rysunkach 9 ÷ 11 przedstawiono histogramy nacisków osi pojedynczych, podwójnych i potrójnych przejeżdżających pojazdów wyznaczone dla tego samego okresu i stanowiska pomiarowego, co zestawione powyżej naciski osi sylwetek pojazdów.

Podobnie jak w przypadku nacisków osi sklasyfikowanych sylwetek pojazdów, na podstawie obserwacji można wysnuć hipotezę o występowaniu typowych rozkładów teoretycznych opisujących empiryczne wyniki pomiarów. Rozkład nacisków osi pojedynczych pojazdów można przybliżyć za pomocą



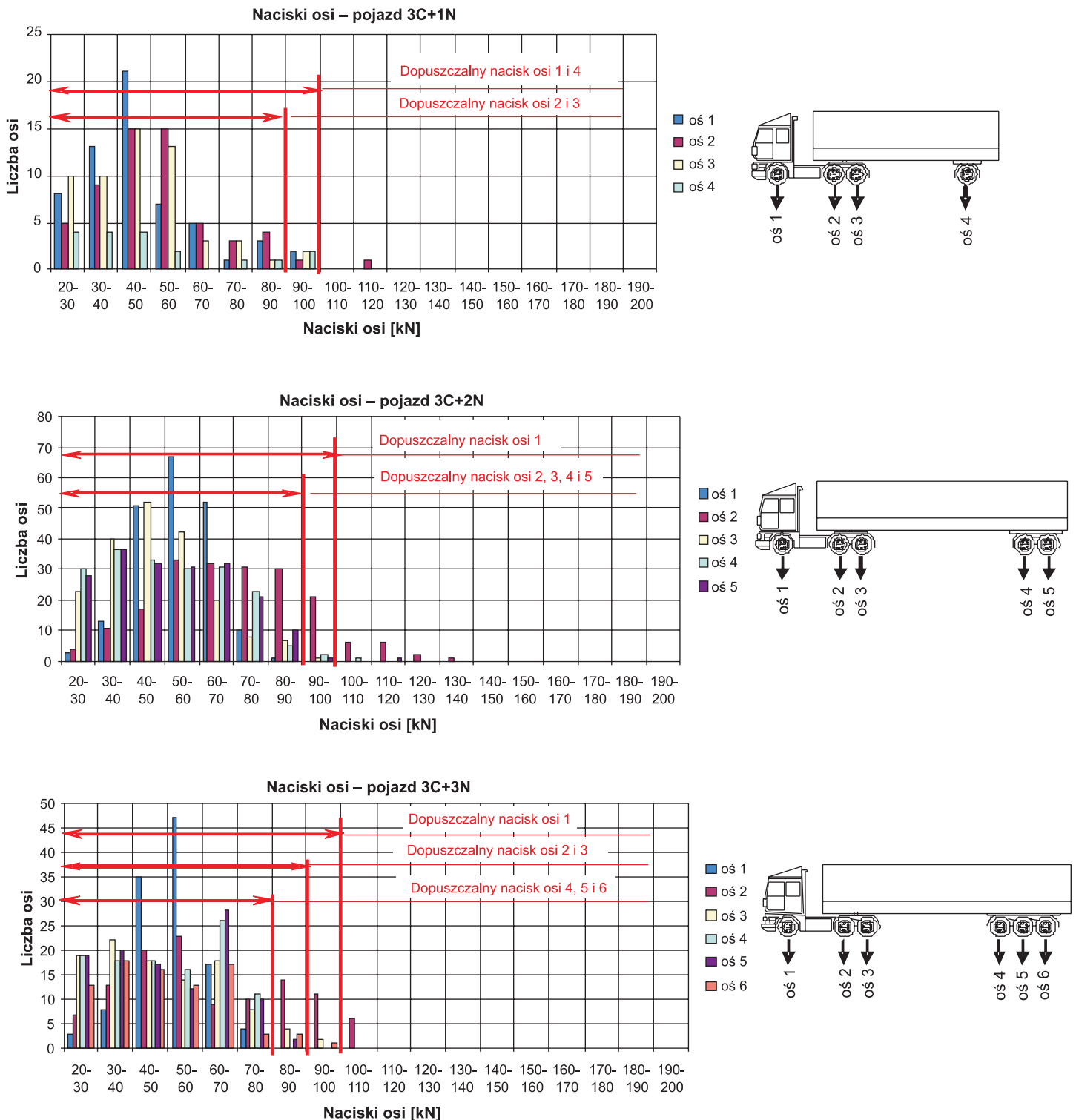
Rys. 3. Histogramy nacisków osi składowych pojazdów członowych (ciągniki dwuosowe z naczepami) – miejscowość Byczyna, grudzień 2005 r.

rozkładu gamma (rys. 12), osi podwójnych za pomocą rozkładu logarytmiczno-normalnego (rys. 13), a osi potrójnych za pomocą rozkładów normalnych (rys. 14).

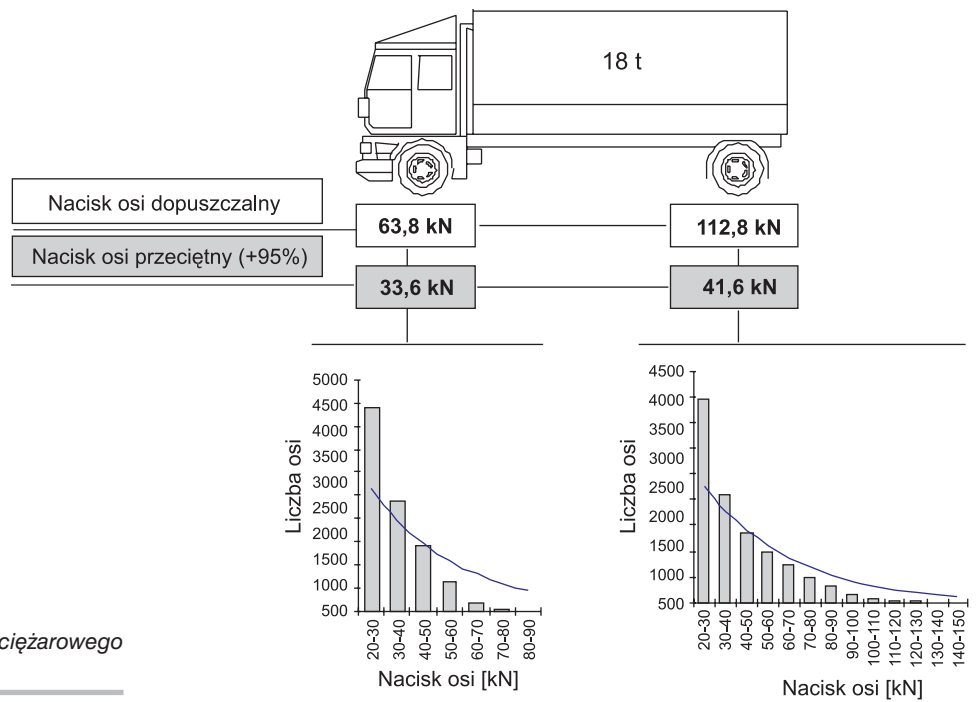
Podobnie jak w przypadku rozkładów nacisków osi poszczególnych sylwetek pojazdów, zgodność empirycznych wyników pomiarów z rozkładami teoretycznymi sprawdzano za pomocą testu zgodności χ -Pearsona.

Podsumowanie

W chwili obecnej, w wymiarowaniu konstrukcji nawierzchni, ciągle uwzględnia się jedynie trzy grupy pojazdów (samochody ciężarowe bez przyczep, samochody ciężarowe z przyczepami oraz autobusy), a do założeń projektowych przyjmuje się obciążenie ruchem uzyskane m.in. na podstawie generalnych



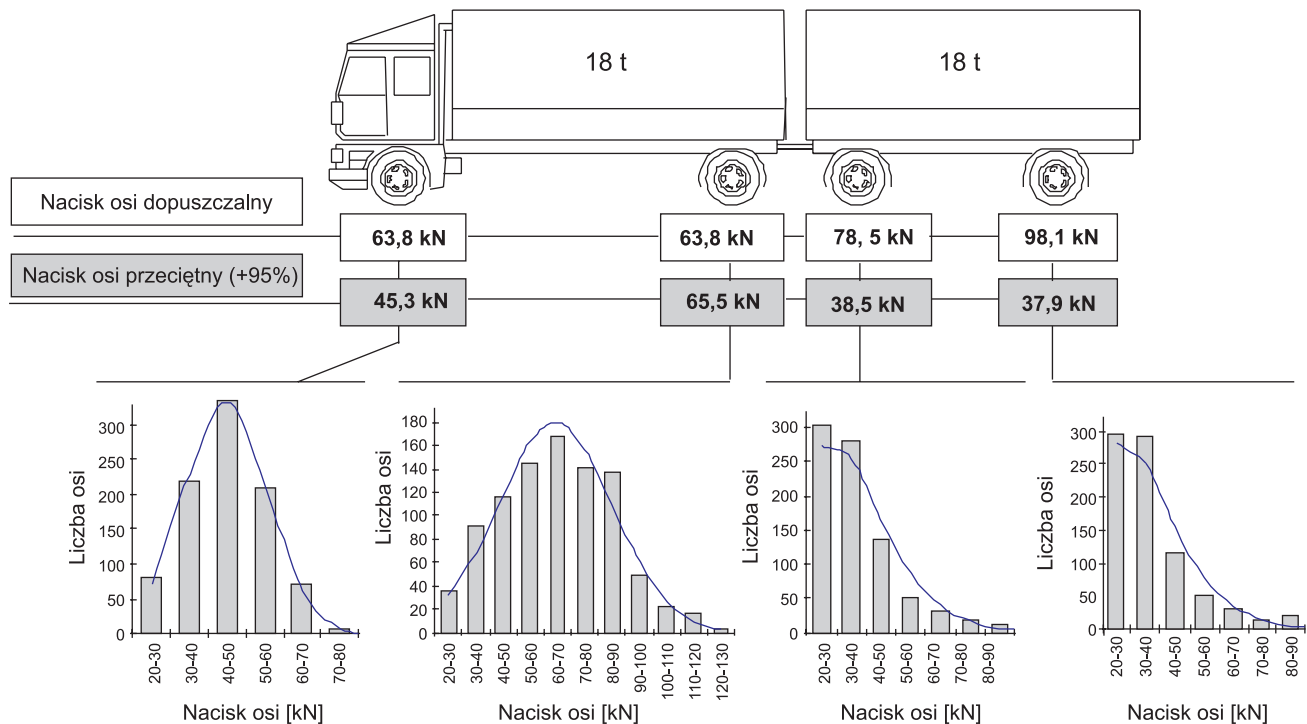
Rys. 4. Histogramy nacisków osi składowych pojazdów członowych (ciągniki trójosiowe z naczepami) – miejscowość Byczyna, grudzień 2005 r.



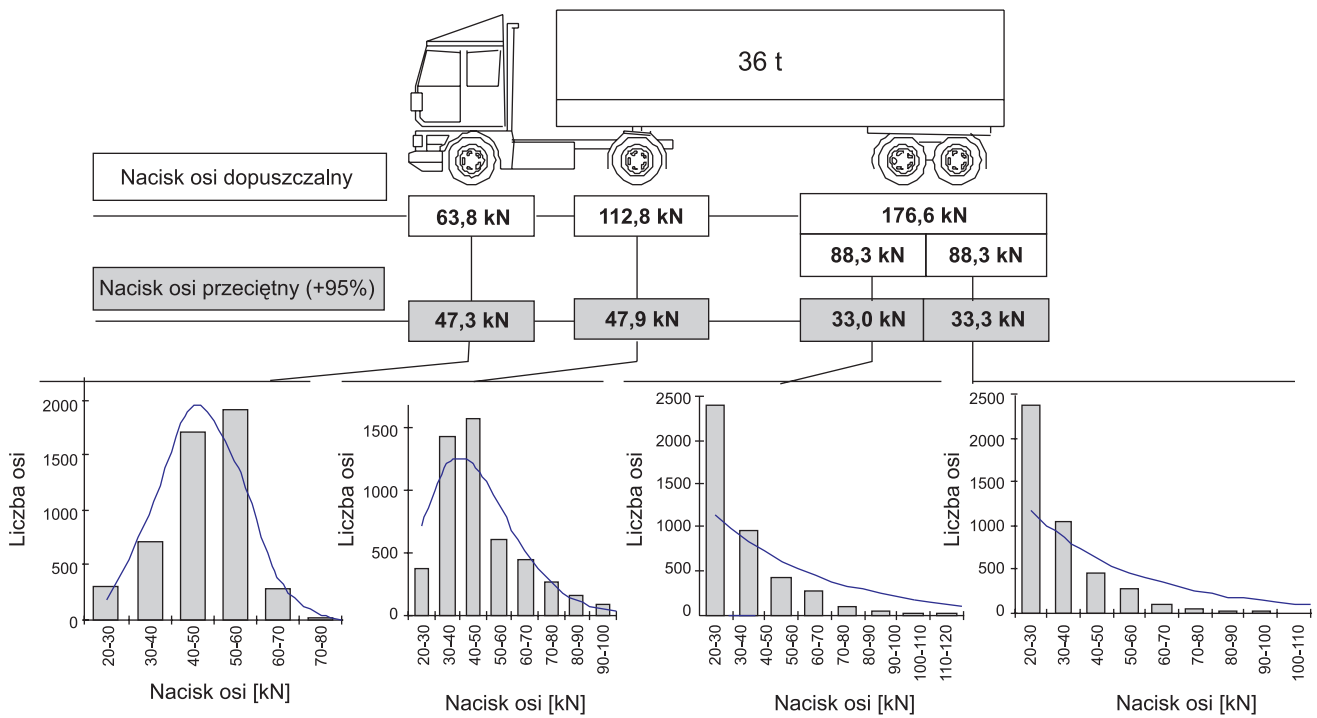
Rys. 5. Rozkłady nacisków osi samochodu ciężarowego dwuosiowego (2P)

pomiarów ruchu przeprowadzanych przez Generalną Dyрекcyję Dróg Krajowych i Autostrad lub też na podstawie pomiarów wykonywanych indywidualnie. Pomiaru te jednak, nie pozwalają na precyzyjne określenie występujących obciążeń nawierzchni, ich liczby, wartości i powtarzalności, a więc informacji, których znajomość jest niezbędna we współczesnym drogownictwie. Dane w pełni charakteryzujące strumień poruszających się

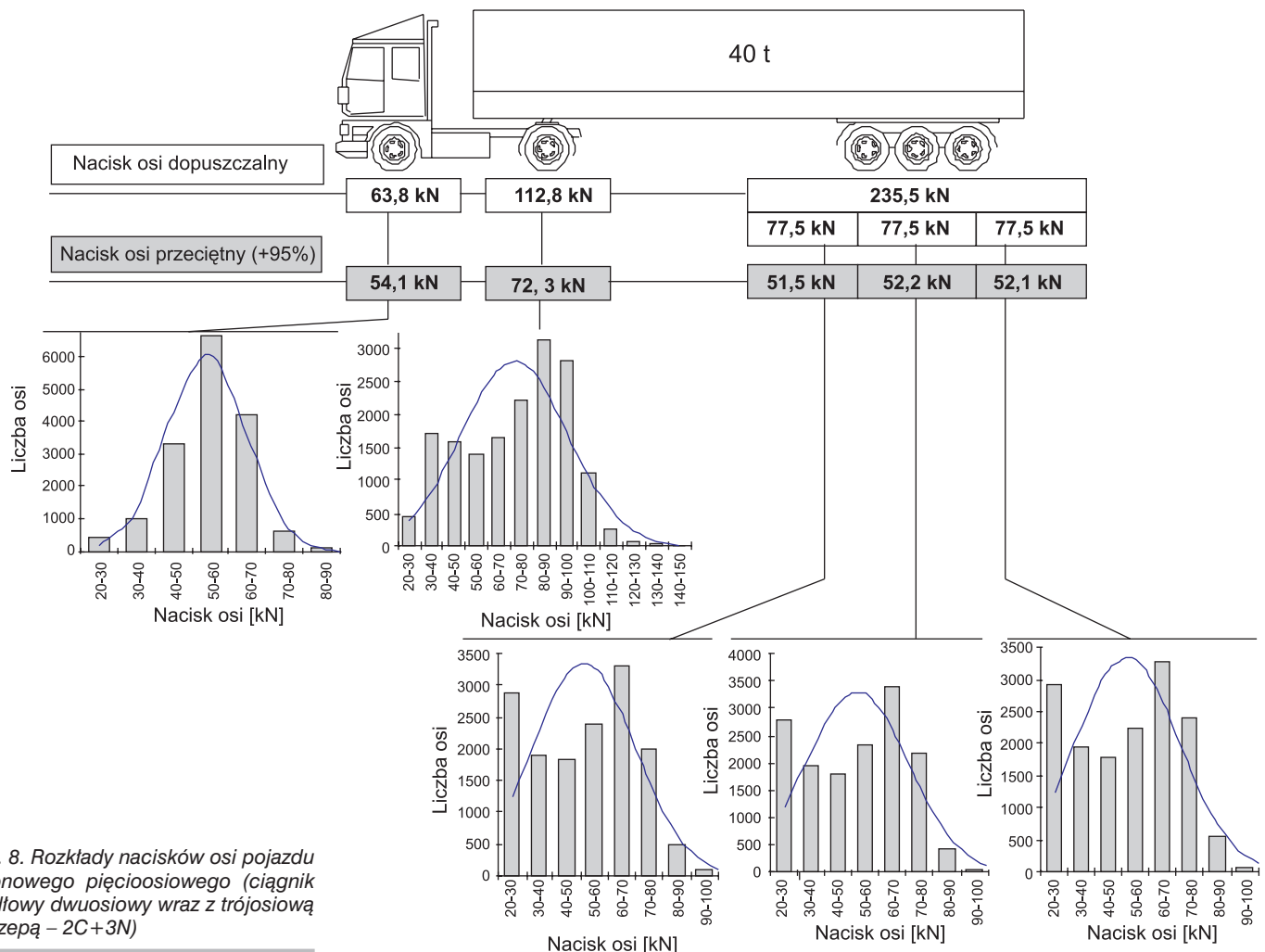
pojazdów (natężenie ruchu, prędkość pojazdów, ich struktura rodzajowa oraz masy całkowite i naciski poszczególnych osi składowych) można już teraz pozyskiwać z instalowanych na naszych drogach systemów WIM. Wyniki z pomiarów ciągłych pojazdów w ruchu, mogą znacząco uzupełniać wiedzę zarządców dróg, projektantów i planistów, a tym samym przyczyniać się do urealnienia czynionych założeń projektowych.



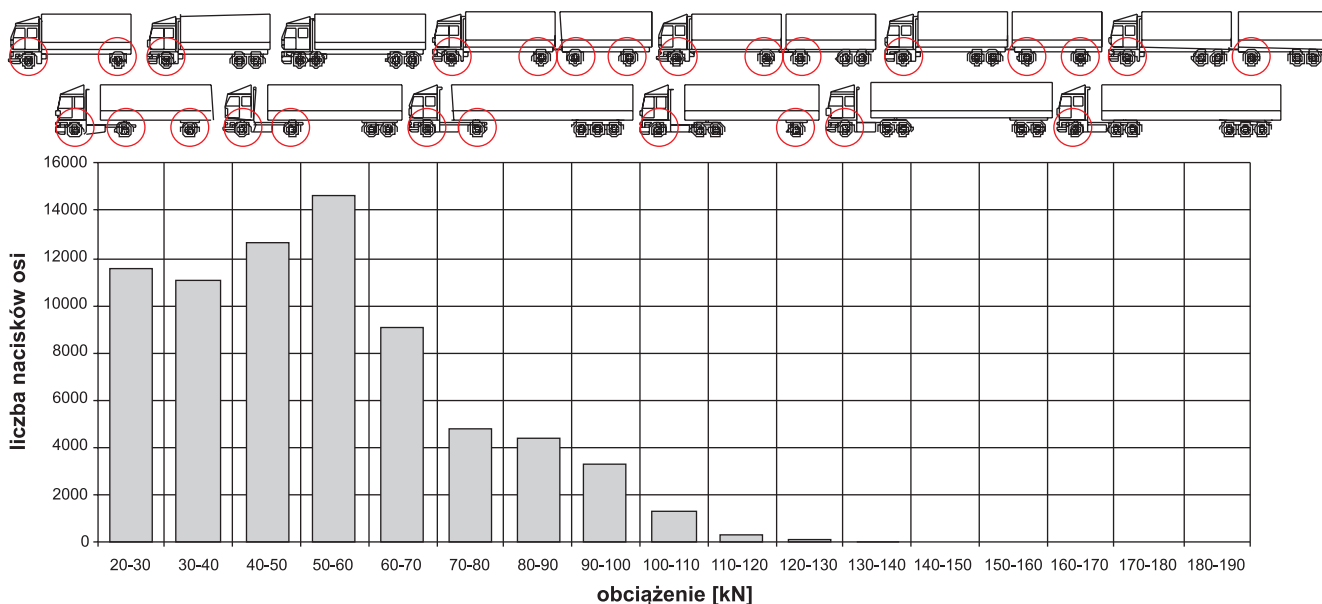
Rys. 6. Rozkłady nacisków osi zespołu pojazdów (samochód ciężarowy dwuosiowy wraz z przyczepą dwuosiową – 2P+2P)



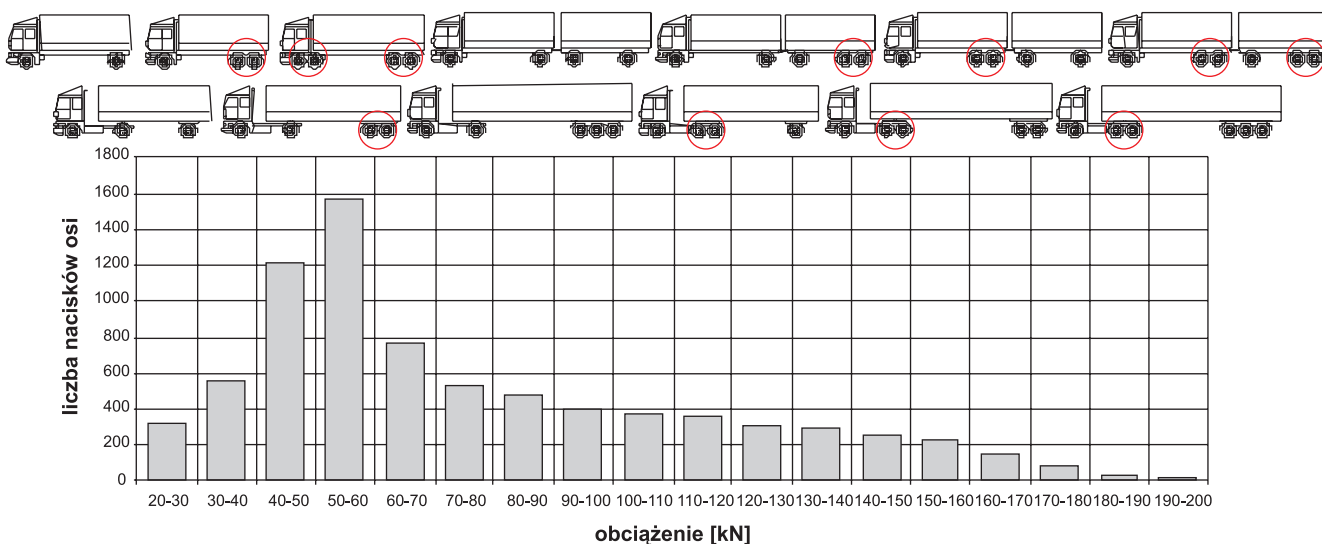
Rys. 7. Rozkłady nacisków osi pojazdu członowego czteroosiowego (ciągnik siodłowy dwuosiowy wraz z dwuosiową naczepą – 2C+2N)



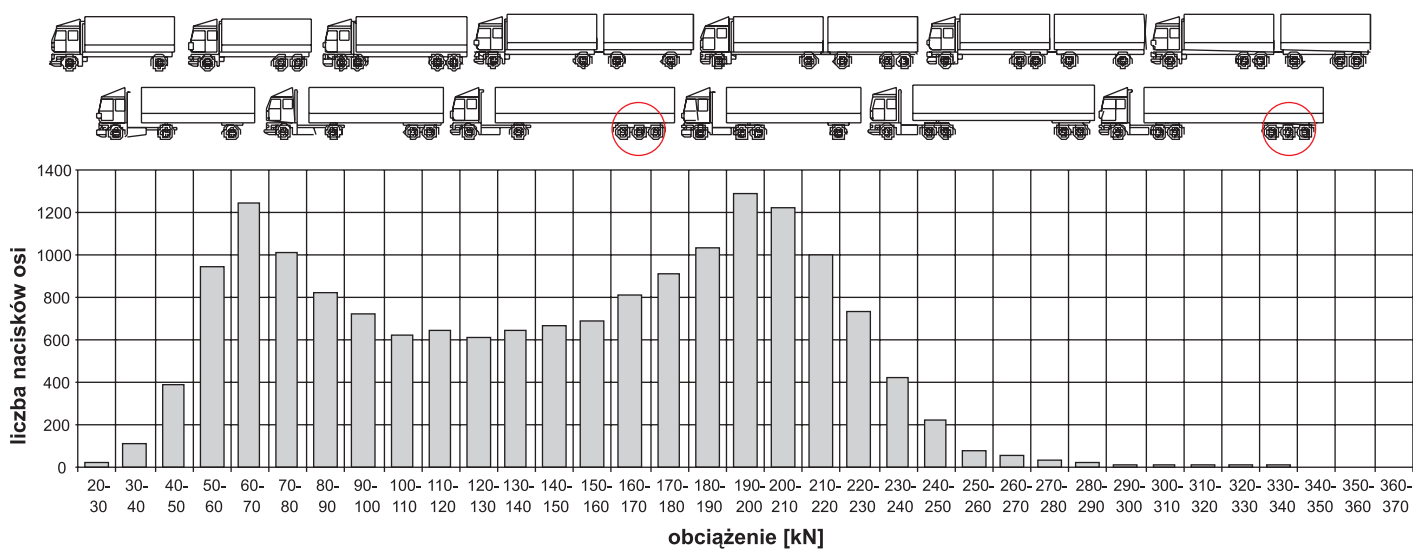
Rys. 8. Rozkłady nacisków osi pojazdu członowego pięcioosiowego (ciągnik siodłowy dwuosiowy wraz z trójosiową naczepą – 2C+3N)



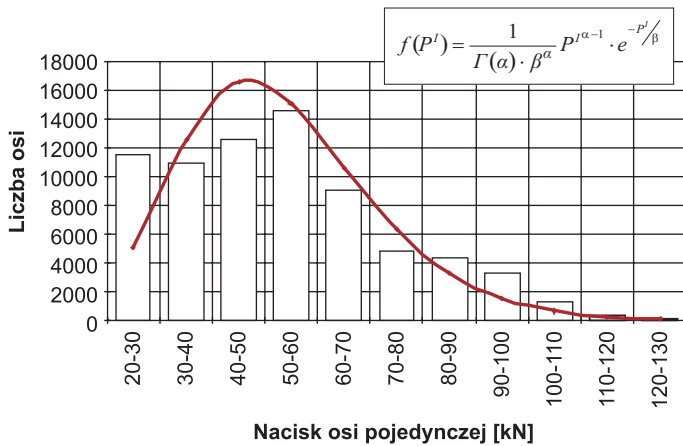
Rys. 9. Histogram nacisków osi pojedynczych pojazdów ciężarowych – miejscowość Byczyna, grudzień 2005 r.



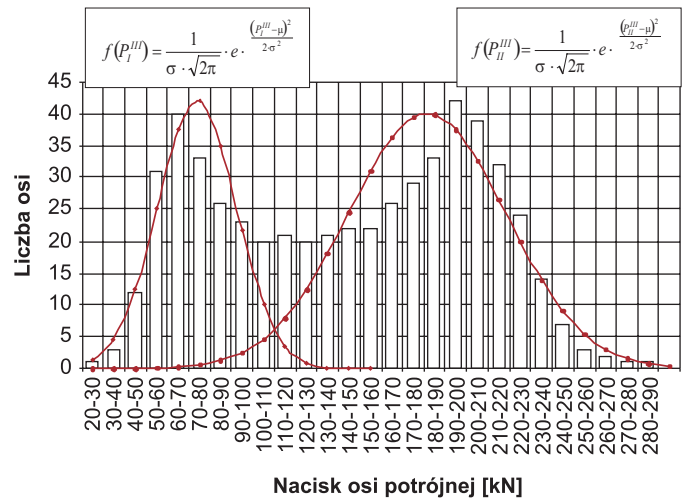
Rys. 10. Histogram nacisków osi podwójnych pojazdów ciężarowych – miejscowość Byczyna grudzień 2005 r.



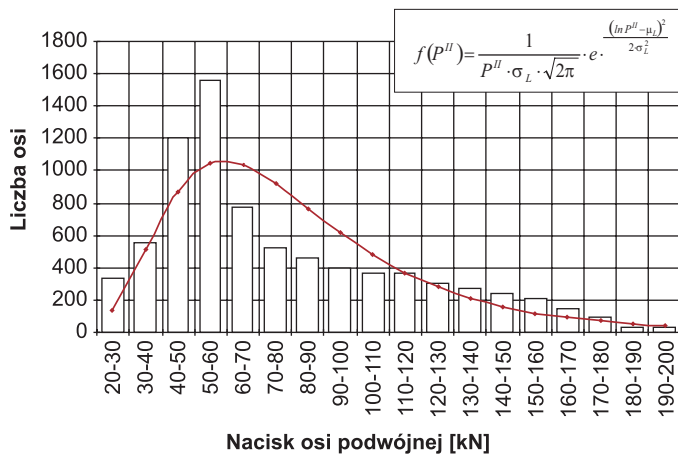
Rys. 11. Histogram nacisków osi potrójnych pojazdów ciężarowych – miejscowość Byczyna, grudzień 2005 r.



Rys. 12. Rozkład nacisków osi pojedynczych



Rys. 14. Rozkład nacisków osi potrójnych



Rys. 13. Rozkład nacisków osi podwójnych

Bibliografia

- [1] „Weigh-in-Motion of Road Vehicles”. COST 323 – Final Report. Appendix 1. European WIM Specification. Ver. 3.0 1999 r.
- [2] Szydło A., Mackiewicz P., Wardęga R.: „Sprawdzenie możliwości ważenia pojazdów w ruchu przy użyciu pracujących na sieci wag firmy PAT – etap II”. Raport serii SPR 23/06. Instytut Inżynierii Łączącej Politechniki Wrocławskiej, 2006 r.
- [3] Szydło A., Wardęga R.: *Badania obciążeń nawierzchni drogowych*. „Drogi”. 2008 nr 10, s. 25-31
- [4] Szydło A., Wardęga R.: *Obciążenie dróg*. „Magazyn Autostrady”. 2007 nr 5, s. 118-122
- [5] Szydło A., Wardęga R., Mackiewicz P., Kowalski K.J.: *Wykorzystanie wag HS-WIM na polskich drogach*. „Drogownictwo”. 2007 R. 62, nr 4, s. 117-121
- [6] Szydło A., Wardęga R.: „Obciążenia osi pojazdów na wybranych drogach w Polsce”. XLIX Techniczne Dni Drogowe, Szczyrk, 7-9 listopada 2006
- [7] Wardęga R.: *Pomiar obciążenia nawierzchni pojazdami w ruchu*. Drogownictwo. 2005 R. 60, nr 10, s. 309-312 ■

Informacja prasowa

Niemal 100 tysięcy polskich kierowców sprawdziło system e-myta w Czechach

93 824 polskich kierowców ciężarówek korzysta z elektronicznego systemu poboru opłat (ESP) w Czechach. Polacy, którzy generują 9% wpływów czeskiego systemu, ustępują liczebnie jedynie kierowcom czeskim i słowackim. W Austrii po drogach porusza się niemal 50 tys. kierowców z Polski, co stanowi 6,5% wpływów z ESP.

Elektroniczny system poboru opłat (ESP) dla samochodów ciężarowych powyżej 12 ton został wprowadzony w Czechach 1 stycznia 2007 r., a w trzy lata później rozszerzony na pojazdy powyżej 3,5 ton. Obecnie korzysta z niego około 400 tys. kierowców, z których większość to Czesi i Słowacy. Ponad 93 tys. Polaków zajmuje trzecią pozycję w tym zestawieniu. 93% polskich kierowców rozlicza się na podstawie faktur (post-payment), a jedynie 7% w systemie pre-paid. Czeski ESP wdrożony został w 9 miesięcy przez Kapsch TrafficCom z wykorzystaniem technologii DSRC.

Według Zarządu Dróg i Autostrad Republiki Czeskiej, administratora systemu poboru elektronicznego myta w Czechach (MYTO CZ), pierwsze trzy lata działania systemu (2007–2009) potwierdziły wysoką skuteczność zastosowanej technologii – regularne pomiary niezależnego audytora wykazują, że efektywność poboru myta oscyluje wokół 99,17%.

Elektroniczny system poboru opłat dla samochodów powyżej 3,5 ton został wprowadzony w Austrii 1 stycznia 2004 r. Po austriackich drogach porusza się około 50 tys. kierowców z Polski, co stanowi 6,5% wpływów, i plasuje ich na czwartym miejscu za Niemcami, Austriakami i Włochami.

51% polskich kierowców rozlicza się na podstawie faktur (post-payment), a 49% w systemie pre-paid. Tylko w 2008 r. w austriackim ESP odnotowano 660 mln transakcji. System został wdrożony przez Kapsch TrafficCom z wykorzystaniem technologii DSRC.

Według ASFİNAG, spółki austriackiego Skarbu Państwa, która jest operatorem elektronicznego systemu poboru opłat drogowych oraz na podstawie danych zbieranych w sekwencjach miesięcznych pochodzących od niezależnych ekspertów, efektywność systemu poboru opłat w Austrii wyniosła 99,78% w 2009 r. Opłaty ponoszone w wyniku obsługi wdrożonego systemu Kapsch TrafficCom są niewielkie, np. w Austrii stanowią one jedynie 9–10% rocznych przychodów. Zgodnie z regulacjami Unii Europejskiej koszty operacyjne ESP nie powinny przekraczać 15%.

Zaledwie po 7 miesiącach działania systemu poboru opłat w Czechach, całkowita wartość zebranych opłat za przejazd drogami osiągnęła równowartość kosztów zakupu i wdrożenia systemu (112 mln euro). Przychody wygenerowane przez system w 2007 r. były wyższe niż oczekiwano i wyniosły 224 mln euro. System poboru opłat drogowych Kapsch TrafficCom jest rozwiązaniem typu otwartego, dzięki czemu istnieje możliwość jego rozbudowy lub rozszerzenia o dodatkowe rozwiązania, a także objęcia nimi innych dróg lub pojazdów.

Z materiałów prasowych firmy Kapsch wybrał Tadeusz Suwara