

## PROJEKTOWANIE MOSTÓW NA OBCIĄŻENIA WG KLAS MLC – ANALIZA OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW<sup>1</sup>

Grzegorz RATAJCZAK  
Autostrada D/C Sp. z o.o.

W referacie analizuje się różne formalne pojęcia związane z obciążeniami ruchomymi drogowych obiektów mostowych. Następnie przeprowadza się przegląd obowiązujących w tym zakresie przepisów techniczno – budowlanych ze szczególnymi uwzględnieniem wojskowej klasyfikacji obciążeń (klasy MLC). Wskazuje się na brak spójności w obowiązujących przepisach i konsekwencje jakie mogą z tego wynikać. Dla 30 różnych obiektów mostowych zaprojektowanych na klasę obciążenia A wg PN-S-85-10030, a znajdujących się w ciągu jednej z autostrad oraz drogi ekspresowej, wyznaczono klasę obciążenia MLC. Przytoczone przykłady pokazują, że klasa obciążenia A nie we wszystkich wypadkach gwarantuje uzyskanie klasy MLC 100/150. Analizuje się różne parametry obiektu mostowego, które mogą decydować o przypisanej mu klasie obciążenia MLC. Ponadto zwraca się uwagę na brak regulacji dotyczących wyznaczenia obciążeń poziomych powodowanych przez obciążenia MLC i możliwy ich wpływ na projektowanie obiektów mostowych. Referat kończy się wnioskami z których najważniejsze postulują konieczność jednoznacznego zdefiniowania klasy MLC dla obiektów projektowanych lub istniejących, zwłaszcza w ciągu autostrad i dróg ekspresowych oraz uzupełnieniem regulacji w sprawie obciążeń poziomych od obciążeń pojazdami wojskowymi.

Słowa kluczowe: obciążenie mostowe, klasy obciążeń mostowych, klasy MLC, nośność mostów, przepisy techniczno – budowlane, nośność mostów.

### 1. WPROWADZENIE – OPIS PROBLEMU

W ostatnich latach obserwuje się na polskich drogach wzmożony ruch ciężkich pojazdów wojskowych. Związane jest to ze stacjonowaniem na terytorium Polski jednostek bojowych sił NATO, które wyposażone są w ciężki sprzęt na podwoziach kołowych i gąsienicowych. Jednostki te przemieszczają się po terytorium kraju, często z jednego końca na drugi, zwłaszcza w kierunku wschód – zachód i odwrotnie. Pojazdy gąsienicowe przemieszczając się po drogach publicznych przewożone są na wieloosiowych platformach. Ciężar takich zesta-

---

<sup>1</sup> DOI 10.21008/j.1897-4007.2018.26.14

wów (platforma + ciągnik) może dochodzić do nawet 1500 kN (150 T), a zupełnie przeciętnie ich waga to około 1000 kN (100T). Na ogół nie są to pojedyncze zestawy, często jest to kolumna kilkunastu do kilkudziesięciu takich zestawów. Zarządcy dróg a zwłaszcza ci, którzy zarządzają siecią dróg należących do Podstawowej Sieci Dróg Publicznych (PSDP), do której przypisano wszystkie autostrady (A), drogi ekspresowe (S), drogi główne ruchu przyspieszonego (GP) i drogi główne (G), są zobowiązani do wyznaczenia klasy obciążenia pojazdami wojskowymi MLC (*Military Load Class*). Z poziomu krajowego przejazdów wojskowych koordynowane są przez Centrum Koordynacji Ruchu Wojsk - jednostki wydzielonej z MON.

Obowiązujące przepisy techniczno budowlane, które w odniesieniu do dopuszczalnych ciężarów pojazdów jakie mogą się poruszać po obiektach mostowych w ciągu dróg publicznych, zostaną omówione w kolejnych częściach artykułu. Przepisy te były tworzone w różnych okresach czasu i nie do końca są spójne między sobą. Problem jest o tyle istotny, gdyż administracja wojskowa wymaga podania klas obciążeń MLC dla coraz większej liczny dróg z PSDP, a zwłaszcza w odniesieniu do autostrad (A) i dróg ekspresowych (S) spodziewając się jednocześnie, że dla obiektów stosunkowo nowych wybudowanych po roku 2000 uzyskają najwyższe klasy MLC, tak aby pojazdy wojskowe mogły poruszać się bez nałożenia na trasy przejazdów dodatkowych ograniczeń. Nie do końca jest również jasne, jaką klasę obciążeń MLC winny mieć obiekty stosunkowo niedawno wybudowane lub projektowane i czy klasy MLC nie będą w wielu wypadach decydować o siłach na jakie będzie się (a właściwie winno się, co najmniej od roku 2008) projektować mosty.

## 2. DEFINICJE ODNOSZĄCE SIĘ DO RUCHOMYCH OBCIĄŻEŃ MOSTÓW

### 2.1. Ruchome obciążenie normowe mostów - klasy obciążenia

Obciążenie normowe mostów to hipotetyczne obciążenie zdefiniowane w każdej z norm obciążeń mostów. Poszczególne normy podają schemat tego obciążenia, gabaryty obciążenia, wartości sił i ich rozstawy, zasady ustawienia obciążenia na konstrukcji mostu, współczynniki korygujące (na przykład współczynnik dynamiczny, czy częściowy współczynnik obciążeniowy). Klasa obciążenia wg poszczególnych norm to takie największe ruchome obciążenie normowe z danej normy, które spełnia wszystkie warunki wytrzymałościowe dla danej konstrukcji mostu. Z klasami obciążeń związany jest ciężar pojazdów dopuszczonych do eksploatacji po obiektach zaprojektowanych według danej normy. Dla przykładu ciężar pojazdów dopuszczonych do poruszania się na obiektach mostowych zaprojektowanych wg klasy I z nieobowiązującej normy PN-66 / B-02015 [1] wynosi 30 T, podobnie klasie C obciążenia wg obowiązującej nor-

my PN-85-S-10030 [2] odpowiada ciężar pojazdu równy 300 kN, a klasie A wg tej samej normy odpowiada pojazd o ciężarze 500 kN.

Należy jednak podkreślić, że określenie klasy obciążenia mostowego w oparciu o różne normy musi odbywać się zgodnie z zasadami sprawdzenia nośności konstrukcji. Norma obciążeń nie stanowi samodzielnego bytu, jest ona w sposób ścisły związana z normami projektowania i wymiarowania konstrukcji mostów. Każdej normie obciążeń odpowiada zbiór norm do projektowania (np. normie PN-85-S-10030 odpowiadają norma PN-91/S-10042 [3] odniesieniu do konstrukcji mostów betonowych, żelbetowych i sprężonych i norma PN-82/S-10052 [4] w odniesieniu do mostów stalowych. Podobnie decydując się projektować most wg norm europejskich obciążenia przyjmujemy wg EC-1 a wymiarujemy (sprawdzamy) wg EC-2 bądź EC-3 lub EC-4 w zależności o materiału z jakiego wykonana jest konstrukcja). Łącznie norma obciążenia z normami projektowania stanowi zbiór norm na podstawie, których sprawdza się konstrukcję.

Ruchome obciążenia rzeczywiste (eksploatacyjne, w wypadku klasy C to obciążenia o całkowitym ciężarze nie przekraczającym 300 kN (30 T), a w wypadku klasy A o ciężarze 500 kN (50T)) spełniające warunki danej normy i danej klasy może poruszać się po obiekcie mostowym bez żadnych ograniczeń co do ilości jak i ustawienia na jezdni mostu pod warunkiem jednak, że pojazd spełnia warunki ogólne poruszania się po drogach publicznych. Zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w *sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie*. (Dz. U. nr 63 poz. 735 z 2000 r.) [5] w Polsce do sprawdzania istniejących konstrukcji mostów i projektowania obowiązuje norma PN-85-S-10030 [2]. Rozporządzenie [5] w Załączniku 2 określa klasy obciążenia taborem samochodowym wg PN-85-S-10030 w zależności od klasy technicznej drogi. Dla obiektów projektowanych (od roku 2000) wymagana jest dla dróg o klasie technicznej A, S, GP i G klasa obciążenia taborem samochodowym A.

## 2.2. Ruchome obciążenie ponadnormatywne mostów

Przez obciążenie ponadnormatywne należy rozumieć obciążenie rzeczywistym pojazdem, który nie spełnia bądź warunków ciężaru pojazdów dopuszczonych do eksploatacji (ciężar całkowity pojazdu jest większy od dopuszczalnego obciążenia na moście jaki może pojawić się bez żadnych ograniczeń) bądź gabaryty pojazdu są większe niż dopuszczone odrębnymi przepisami. Przejazd obciążenia ponadnormatywnego może odbyć się pod warunkiem sprawdzenia konstrukcji pod kątem zarówno wytrzymałościowym jak i wyznaczenia określonej trasy przejazdu w przekroju poprzecznym mostu. Obciążenie takie można dopuścić, jeżeli siły wewnętrzne wywołane tym obciążeniem będą nie większe od sił wywołanych daną klasą obciążenia jaka jest przypisana obiektowi. Przejazd obciążeń ponadnormatywnych zarówno w odniesieniu do ponadnormowego

obciążenia (eksploatacyjnego) jak i gabarytów może zostać dopuszczony po uzyskaniu odpowiedniej zgody zarządcy drogi. Zasady dopuszczenia do przejazdu pojazdu ponadnormatywnego regulują przepisy Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 22 czerwca 2012 r. w sprawie zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych (Dz.U. z dnia 5 lipca 2012 r.) [6].

### 2.3. Obciążenie użytkowe obiektów mostowych

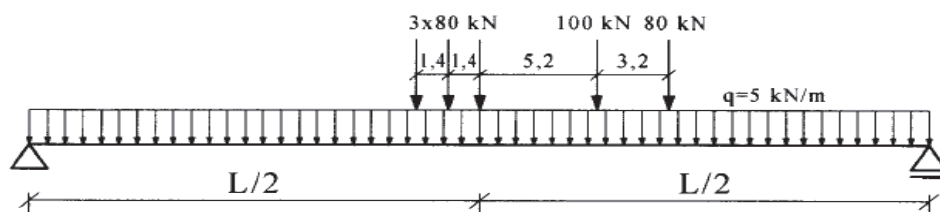
Zarządzenie nr 17 GDDKIA z 01.06.2004 [7] obowiązujące w zasadzie na sieci dróg będących w zarządzie Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, wprowadziło instrukcję pozwalającą określić, dla istniejących obiektów mostowych projektowanych i budowanych w różnych okresach, a w szczególności do roku 1985, czyli przed wejściem do stosowania normy obciążeń PN-85-S-10030 [2] dopuszczalne obciążenia rzeczywistymi pojazdami. Instrukcja ta wprowadziła następujące pojęcia związane z nośności użytkową obiektów mostowych:

- Nośność użytkowa obiektu mostowego jest to największe zastępcze obciążenie użytkowe, przy którym wielkość sił wewnętrznych w konstrukcji przęsła nie przekracza sił wywołanych obciążeniem normowym.
- Zastępcze obciążenie użytkowe stanowi samochód modelowy oraz obciążenie liniowe na jeden metr długości przęsła zastępujące oddziaływanie innych pojazdów biorących udział w ruchu drogowym, którym obciąża się pas ruchu.

Samochód modelowy jest to hipotetyczny pojazd o określonej masie całkowitej, naciskach i rozstawach osi, które spełniają warunki dopuszczenia pojazdu do ruchu po drogach publicznych w Polsce określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. z 2003 r., Nr 32, poz. 263) [8]. Mimo, że samochód modelowy jest pojazdem hipotetycznym, podobnie jak pojazdy normowe odpowiednich klas, to jednak model tego pojazdu jest bardzo zbliżony do rzeczywistych pojazdów dopuszczonych do ruchu na drogach publicznych.

Instrukcja definiuje 6 typów hipotetycznych pojazdów, z których najcięższy to pojazd 1/S42 o całkowitym ciężarze 42 T (odpowiada to ciągnikowi dwuosiomemu z naczepą trójosiową); 1/S42 jest najcięższym pojazdem samochodowym dopuszczonym do ruchu na drogach publicznych. Zgodnie z tą Instrukcją, jeżeli siły wewnętrzne (moment zginający i siła poprzeczna) od obciążeń normowych (klasy obciążenia danego mostu) w elementach konstrukcji niosącej są większe od analogicznych sił wewnętrznych wywołanych przez obciążenie zastępcze o kategorii 1/S42 (schemat obciążenia rysunek poniżej), oznacza to, że po obiekcie mostowym dopuszczalny jest przejazd wszystkich pojazdów, które spełniają warunki dopuszczenia pojazdu do ruchu po drogach publicznych

w Polsce. Z analiz różnych konstrukcji mostowych wynika, że obiekty spełniające klasę A lub B wg normy PB-85-S-10030 [2] spełniają również warunki obciążenia użytkowego 1/S42 i nie ma potrzeby ich sprawdzenia. Takie stwierdzenie nie odnosi się do klasy C obciążenia wg tej normy i dlatego obiekty zaprojektowane lub spełniające warunki nośności dla klasy C (wg norm obowiązujących do 1985 mniej więcej równało się to I klasie obciążenia wg PN-66-B-02015 [1]) muszą być sprawdzone czy można takie najcięższe pojazdy na nich dopuścić do ruchu.



Rys. 1. Schemat obciążenia 1/S42

Obciążenie pojazdem 1/S42 nie jest obciążeniem ponadnormatywnym w rozumieniu poprzedniej definicji.

#### 2.4. Obciążenia MLC wg Zarządzenia nr 38 [9]

Zarządzenia nr 38 Ministra Infrastruktury [9] z dnia 26 października 2010 r. w sprawie wyznaczenia wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągu dróg publicznych (Dz. Urzędowy MI nr 13 z 2010 r.) nakazuje zarządcą dróg publicznych ustalić klasę obciążenia zgodnie z wojskową klasyfikacją obciążenia obiektów mostowych zwaną dalej klasą MLC (§1 Zarządzenia nr 38). Zgodnie z tym Zarządzeniem i umową standaryzacyjną STANAG 2021 ustalono 16 klas obciążeń pojazdami wojskowymi. Każdej klasie MLC odpowiada pojazd gąsienicowy i pojazd kołowy (trzy do pięciu osi), których schematy są podane w tablicy do Załącznika „Pojazdy hipotetyczne do wojskowej klasyfikacji obciążeń rzeczywistych pojazdów i mostów”. Metodyka określenia klasy MLC jest inna dla obiektów budowanych lub projektowanych a inna dla obiektów eksploatowanych. W wypadku eksploatowanych obiektów (w szczególności dotyczy to obiektów mostowych, które były projektowane na klasy obciążenia wg norm sprzed 1985 r.) Zarządzenie [9] (§3 p. 2) określa zasadę ogólną ustalenia klasy obciążenia MLC. Zasada ta mówi, że w wypadku takich obiektów nie można stosować metody uproszczonej „MILORY”, która opisana jest w Załączniku 1 do Zarządzenia [9], ale należy wyznaczyć ją w oparciu o:

1. obliczenia statyczno-wytrzymałościowe,
2. szczegółową inwentaryzację konstrukcji,
3. dokumentację projektową i powykonawczą.

Każdemu obiektowi mostowemu z jezdnią o co najmniej dwu pasach ruchu należy wyznaczyć cztery klasy obciążenia MLC:

- dwie klasy w odniesieniu do pojazdów gąsienicowych poruszających się zgodnie z zasadami z Zarządzenia w jednym kierunku ruchu (jedna kolumna) lub jednocześnie w dwu kierunkach ruchu (dwie kolumny),
- dwie klasy w odniesieniu do pojazdów kołowych poruszających się w jednym lub dwu kierunkach.

Obciążenie MLC nie jest traktowane jako obciążenie wyjątkowe (pomimo tego, że zgodnie z klasą obciążenia wg normy PN-85-S-10030 ciężar pojazdu wojskowego może znacząco – nawet trzy krotnie – przewyższać ciężar pojazdów dopuszczonych do eksploatacji lub dopuszczalne obciążenie użytkowe) co oznacza, że może ono pojawiać się na obiekcie mostowym dowolną liczbę razy a o jego przejeździe nie musi być informowany zarządca drogi, przy założeniu oczywiście, że rzeczywisty pojazd wojskowy ma charakterystykę (ciężar i gabaryty) spełniające klasę MLC obiektu mostowego. W tym sensie obciążenie pojazdami wojskowymi MLC są obciążeniami normowymi, na które należy sprawdzić konstrukcję. Załącznik 2 (*Metodyka postępowania w zakresie wyznaczania klasy MLC ...*) do Zarządzenia nr 38 w punkcie 7 jednoznacznie stanowi, że obciążenia MLC należy traktować jako obciążenie podstawowe w rozumieniu PN-85-S-10030 stosując do tego obciążenia współczynnik obciążeniowy  $\gamma_f = 1,35$ . Takie podejście jest zgodne z umową standaryzacyjną STANAG 2021 [10] dla przejazdów pojazdów wojskowych w warunkach normalnych (*normal crossing*).

Zarządzenie nr 38 MI [9] pomimo, że bazuje na umowie standaryzacyjnej STANAG [10], nie wprowadza innych typów przejazdów pojazdów wojskowych klas MLC jak tylko ten, który odbywa się wg reguł przejazdu normalnego. Pominięto w nim przejazd w warunkach ograniczonych (*caution crossing*) i przejazd wyjątkowy (*risk crossing*). Oba te typy przejazdów umożliwiają przejazd pojazdów o klasie MLC wyższej niż w wypadku przejazdu normalnego.

Reasumując powyższe definicje można przyporządkować każdemu obiektowi mostowemu następujące charakterystyki definiujące obciążenia:

- klasę obciążenia wg odpowiedniej normy,
- ciężar pojazdów dopuszczonych do eksploatacji wg odpowiedniej normy,
- obciążenie użytkowe wg Instrukcji z 2004 r.,
- klasę MLC wg Zarządzenia nr 38 oddzielnie dla pojazdu gąsienicowego, samochodowego pojazdu wojskowego i w ruchu w jednej lub dwu kolumnach.

Wszystkie pojazdy, których ciężary nie przekraczają wartości zdefiniowanych przez powyższe charakterystyki mogą poruszać po konstrukcji mostu bez żadnych ograniczeń (z wyjątkiem ograniczeń nałożonych prawem ruchu drogowego). Pojazd, który nie spełnia powyższych warunków (w zakresie ciężaru) jest traktowany jako pojazd ponadnormatywny i na jego przejazd przez obiekt

mostowy należy uzyskać zgodę zarządcy drogi. Jako pojazd nienormatywny można uważać również pojazd wojskowy o wyższej klasie MLC niż ta zdefiniowana dla danego obiektu mostowego, ale wtedy przejazd taki musi być dopuszczany na warunkach określonych procedurami z Rozporządzenie MTBiGM z dnia 22 czerwca 2012 r. w sprawie zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych (Dz.U. z dnia 5 lipca 2012 r.) [6].

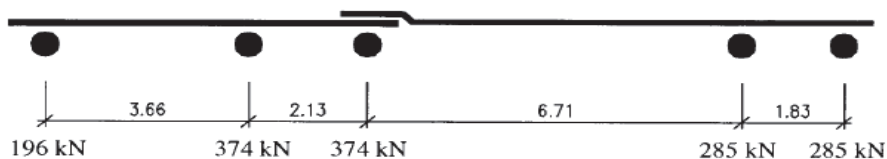
### 3. HISTORIA WPROWADZENIA KLAS MLC DO POLSKICH PRZEPISÓW TECHNICZNO – BUDOWLANYCH

W polskich przepisach techniczno – budowlanych wojskowe pojazdy specjalne wg umowy standaryzacyjnej NATO STANAG 2021 „*Wojskowe obliczenia klasyfikacji mostów, promów, tratw i pojazdów*” [10] pojawiły się pierwszy raz w załączniku 2 i 3 do Rozporządzeniu MTiGM z dnia 30 maja 2000 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. (Dz. U. nr 63 poz. 735 z 2000 r.) [5]. Załącznik 2, definiujący klasy obciążenia taborem samochodowym wg PN-85-S-10030, w ustępie 3 dotatkowo stanowi, że:

*Pomosty obiektów mostowych powinny być zaprojektowane (poza innymi wymogami związanymi z klasą obciążenia wg PN-85-S-10030):*

- 2) *na obciążenie pojazdem specjalnym według Załącznika 3 do rozporządzenia, ze współczynnikiem obciążenia  $\gamma_f = 1,35$ , w obiektach:*
  - a) *nowo budowanych – klasy 150,*
  - b) *odbudowywanych, rozbudowywanych i przebudowywanych – co najmniej klasy 100.*

Załącznik 3 do Rozporządzenia [5] definiuje schematy pojazdów specjalnych klasy 150 i 100. Poniżej na rysunku pokazano schemat obciążenia pojazdem specjalnym (kołowym) STANAG 2021 klasy 150 o ciężarze całkowitym  $Q = 1514$  kN.



Rys.2. Schemat pojazdu kołowego klasy 150 wg Rozporządzenia [5] z 2000 r.

Rozporządzenie wymaga zaprojektowania na te dwie klasy pojazdów MLC jedynie pomosty obiektów inżynierskich (ust. 3 Załącznika 2); obiekty nowe na klasę 150, obiekty przebudowywane na klasę 100. Ponadto należy zwrócić uwagę, że Rozporządzenie mówi jedynie o pojeździe kołowym i że taki pojazd jest

wymieniony w liczbie pojedynczej przez co można wnioskować, że na moście znajduje się tylko jeden taki pojazd, tak jak to ma miejsce w wypadku obciążenia pojazdem K-800 z normy PN-85-S-10030. Wprowadzenie do przepisów tego nowego rodzaju obciążenia nie miało istotnego znaczenia gdyż szybko okazało się, że siły wywoływane obciążeniami STANAG 2021 klasy 150 dają na ogół w elementach pomostu mniejsze siły wewnętrzne niż obciążenie wg normy PN-85-10030 [2]. Ponadto należy zwrócić uwagę, że Rozporządzenie [5] w żaden sposób nie definiuje zasad ustawienia specjalnego obciążenia wojskowego na pomoście mostu (np. w jakiej minimalnej odległości można ustawić obciążenie od krawężnika, czy do wywołania ekstremalnych sił można pominąć niektóre z kół (osi) obciążenia specjalnego, czy należy stosować współczynnik dynamiczny), nie podaje do jakiej grupy obciążeń można je zakwalifikować (czy jest to obciążenie podstawowe, czy dodatkowe lub ewentualnie wyjątkowe w sensie normy PN-85-S-10030). Przy takich zapisach Rozporządzenie dawało szerokie możliwości interpretacyjne i było dalece niejednoznaczne.

W 2008 roku Minister Infrastruktury w oparciu o delegację Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 3 lutego 2004 r. w *sprawie warunków i sposobu przygotowania i wykorzystania transportu na potrzeby obronne państwa, a także jego ochrony w czasie wojny, oraz właściwości organów w tych sprawach* (Dz. U. nr 34, poz. 294) [11] wydał Zarządzenie nr 11 z dnia 4 lutego 2008 r. w *sprawie wdrożenia wymagań techniczno – obronnych w zakresie przygotowania infrastruktury drogowej na potrzeby obronne państwa*; (Dz. Urz. MI z 2008 r. Nr 3, poz. 10) [12]. W Zarządzeniu tym ustalono, że dopuszczalny nacisk pojedynczej osi pojazdu kołowego na drogach z PSDP wynosi 100 kN a minimalna nośność obiektów mostowego to klasa 150/100 dla obiektów projektowanych oraz 100/80 w wypadku obiektów użytkowanych. W przyjętym oznaczeniu klasy obciążenia pierwsza liczba odnosi się do klasy pojazdów, które poruszają się w jednej kolumnie a druga gdy pojazdy poruszają się w dwu kolumnach. Poza tym Zarządzenie nie podawało innych informacji przydatnych do wyznaczenia sił wewnętrznych w obiektach mostowych takich jak zasady ustawienia na obiekcie (na przykład odległości pomiędzy poszczególnymi pojazdami w kolumnie czy podległości pomiędzy kolumnami w wypadku ruchu w dwóch kolumnach). Można było się domyślać, że schemat klasy 150 i 100 są tożsame z tymi, które podano w Załączniku 3 do Rozporządzenia MTiGM [5] z 2000 r. Istotną nowością Zarządzenia nr 11 MI [12] z 2008 jest to, że obciążenia pojazdami wojskowymi dotyczą obliczeń całych obiektów a nie tylko elementów pomostu jak to było określone w Rozporządzeniu MTiGM z 2000 r. [5].

Istotną zmianą nastąpiła po wydaniu Zarządzenie MI nr 38 z dnia 26 października 2010 r. w *sprawie wyznaczenia wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągu dróg publicznych* [9]. Według tego Zarządzenia obiektom mostowym usytuowanym w ciągach dróg publicznych należy przypisać klasę obciążenia zgodnie z wojskową klasyfikacją obciążenia obiektów mostowych zwaną klasą MLC. Klasy obciążenia MLC (*Military Load*



*Classification*, poprzednio była *Class*) są konsekwencją przyjęcia Polski do NATO i wprowadzenia Umowy Standaryzacyjnej NATO STANAG 2021. Umowa Standaryzacyjna, a za nią Zarządzenie nr 38, wprowadzają 16 klas obciążenia MLC, od MLC 4 do MLC 150 (liczba po MLC odpowiada ciężarowi całkowitemu pojazdu wojskowego wyrażonego w [T]). Każdemu numerowi klasyfikującemu odpowiada obciążenie standardowym pojazdem kołowym lub gąsienicowym określonej klasy, a obiekt mostowy musi zarówno mieć zdolność do przeniesienia obciążenia od pojazdu kołowego jak i od pojazdu gąsienicowego. Do Zarządzenia nr 38 z 2010 r. są dołączone dwa załączniki:

Załącznik 1 „*Opis metody szybkiego wyznaczenia wojskowej klasy obciążenia obiektów mostowych zgodnie ze standardami NATO*”. Załącznik 1 zgodnie z § 3.2 ma zastosowanie w wypadku obiektów istniejących dla której nie ma zastosowania uproszczona metoda MILORY a sprawdzenie wykonuje się w oparciu o istniejącą dokumentację projektową i powykonawczą lub w oparciu o szczegółową inwentaryzację i badania diagnostyczne konstrukcji.

Załącznik 2 „*Metodyki postępowania w zakresie wyznaczania klas MLC dla nowobudowanych i przebudowywanych obiektów mostowych na drogach publicznych*” (*Metodyka*). Załącznik 2 stosujemy w wypadku obiektów przebudowywanych i projektowanych poprzez wykonanie obliczeń statycznie wytrzymałościowych i dokładny model konstrukcji.

Oba załączniki podają przede wszystkim schematy wszystkich 16 klas obciążenia pojazdami wojskowymi z podziałem na pojazdy gąsienicowe i pojazdy kołowe. W sumie są to 32 różne schematy obciążenia (w tym schemat pojazdu kołowego klasy 150 i 100 tak jak to jest w Rozporządzeniu MTiGM z 2000 r. [5]) nie licząc schematów obciążenia pojedynczą osią. Ponadto zostały opisane zasady ustawienia pojazdów w jednej i dwóch kolumnach. Na uwagę zasługuje, że na obiekcie mostowym może znajdować się więcej niż jeden pojazd danej klasy jeżeli wywołuje to bardziej niekorzystne siły przekrojowe w elemencie konstrukcji (inaczej niż to jest w wypadku pojazdu K-800 wg PN-85-S-10030). Ponadto należy podkreślić, że klasy MLC, zwłaszcza te o wysokich wartościach, traktowane są jako zwykłe obciążenie normowe nie podlegające pod definicję obciążenia ponadnormatywnego zgodnie z [6] czy wyjątkowego zgodnie z PN-85-S-10030 [2] pomimo, że obciążenia pojazdami wojskowymi jest w wielu wypadkach większe niż ciężar pojazdów dopuszczonych do eksploatacji wg PN-85-S-10030. Zarządzenie nr 38 nie definiuje jakie minimalne klasy MLC mają mieć obiekty mostowe na poszczególnych drogach z grupy PSDP. Określa ono jedynie zasady obliczania (wystarczające z punktu widzenia podstawowych obliczeń statycznych obiektów mostowych) konstrukcji i wymaga, żeby każdemu obiektowi mostowemu przypisać:

- dwie klasy MLC w odniesieniu do pojazdów gąsienicowych przejeżdżających po obiekcie w jednej lub dwóch kolumnach,

- dwie klasy MLC w odniesieniu do pojazdów kołowych przejeżdżających po obiekcie w jednej lub dwóch kolumnach.

Zarządzenie nr 38 z 2010 r. [9] i Zarządzenie nr 11 z 2008 r. [12] zobowiązywało projektantów i dawało im zasady sprawdzenia konstrukcji mostów na obciążenia klasą MLC. Od tego czasu obiekty mostowe w ciągu PSDP winny być projektowane nie tylko na klasę obciążenia wg PN-85-S10030 (najczęściej na klasę A) ale również zgodnie z Zarządzeniem nr 11 na klasę MLC 100/150.

W 2017 r. wyszło Zarządzenie nr 2 Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 stycznia 2017 r. w sprawie *wdrażania wymagań techniczno – obronnych w zakresie projektowania i użytkowania dróg i obiektów inżynierskich*; (Dz.U. MliB poz. 3z 2017 r.) [13], które zastąpiło Zarządzenie nr 11 z 2008 r. [12]. Nowe zarządzenie dokonało zmiany w wymaganiach odnośnie wojskowej klasy obciążenia obiektów mostowych. W załączaniu nr 2 do tego zarządzenia w tablicy *Wymagania techniczno – obronne dla dróg i obiektów inżynierskich w zakresie projektowania* określa się że klasa obciążenia obiektu mostowego należy przyjąć wg rozporządzenia ministra właściwego do spraw transportu w sprawie wymagań dla obiektów inżynierskich (czyli wg Rozporządzenia MTiGM z 2000 r. [5]), a wojskowa klasa obciążenia obiektu mostowego MLC ma być wyznaczona zgodnie z Zarządzeniem nr 38 z 2010 r. [9] Nowe zarządzenie pomija wartość klasy MLC (poprzednie zarządzenie mówiło o klasie 150/100) a jedynie wymaga, że należy ją wyznaczyć.

Można więc powiedzieć, że z punktu widzenia przepisów techniczno – budowlanych powrócono do zapisów obowiązujących od roku 2000. Obowiązkiem prawnym jest zaprojektowanie obiektów w ciągu PSDP na klasę obciążenia A wg PN-85-S-10030 a dodatkowo należy podać cztery klasy MLC dla wojskowych pojazdów kołowych i gąsienicowych. Problem jednak pozostaje, gdyż odpowiednie służby MON w wypadku uzgadnia dokumentacji projektowej wymagają nie tyle podania klasy MLC, ale klasy o konkretnej wartości, najczęściej 100/150. Argumentują to w ten sposób, że rozszerzają pojęcie pomostu obiektu mostowego na całą konstrukcję nośną przęsła, czyli tak jak to miało miejsce w wypadku Zarządzenia nr 11 MI z 2008 r. [12]. Takie podejście ma uzasadnienie prawne gdyż służby MON, przede wszystkim Centrum Koordynacji Ruchu Wojsk powołuje się na ogólne przepisy Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 3 lutego 2004 r. w sprawie *warunków i sposobu przygotowania i wykorzystania transportu na potrzeby obronne państwa, a także jego ochrony w czasie wojny, oraz właściwości organów w tych sprawach* (Dz. U. nr 34, poz. 294) [11] mogą wymagać określonej klasy MLC dla sieci dróg z PSDP zwłaszcza w odniesieniu do obiektów w ciągu autostrad i dróg ekspresowych (w tym wliczając obiekty węzłowe nad tymi drogami).

Poniżej podane zostaną przykłady obiektów nowych i projektowanych na drogach klasy technicznej A i S, które spełniają kryteria obiektów o nośności wg

klasy A normy PN-85-S-10030 a nie zawsze spełniają wymagana klasę MLC 100/150.

#### 4. ZASADY USTALANIA KLASY OBCIĄŻENIA MLC

Ustalenie klasy obciążenia MLC dokonuje się w oparciu o ogólna zależność:

$$\max[F_{(MLC)}] \leq F_{(N)} + F_{(p)} / \phi \quad (1)$$

gdzie:

- $\max [F_{(MLC)}]$  – siły wewnętrzne w najbardziej wyężonym elemencie konstrukcji od najwyższej klasy MLC obliczone dla pojazdu samochodowego lub gąsienicowego poruszającego się w jednej kolumnie i oddzielnie w dwu kolumnach,
- $F_{(N)}$  – siły wewnętrzne w najbardziej wyężonym elemencie ( w tym samym co określono  $F_{(MLC)}$  ) od obciążenia normowego, na które został zaprojektowany obiekt mostowy,
- $F_{(p)}$  – siły wewnętrzne od obciążenia użytkowego chodnika,
- $\phi$  – współczynnik dynamiczny.

Dla obiektów mostowych w ciągu dróg klasy A i S nie dopuszcza się ruchu pieszego na chodnikach, można pominąć składnik  $F_{(p)}$  co daje ostatecznie kryterium ustalenia klasy obciążenia:

$$\max[F_{(MLC)}] \leq F_{(N)} \quad (2)$$

Zależność (2) posłuży do porównania obciążeń obliczeniowych. Jeżeli zależność (2) jest spełniona to stanowi to warunek wystarczający do określenia klasy MLC. Jeżeli natomiast nie jest spełniona zależność (2) to dla danej klasy MLC można sprawdzić warunki naprężeniowe (konstrukcja w odniesieniu do klasy normowej, na którą była liczona może mieć kilkuprocentowe zapasy nośności) co stanowi ostateczne kryterium oceny klasy MLC a jeżeli i one nie są spełnione to należy obniżyć klasę MLC.

#### 5. KLASY MLC OBIEKTÓW MOSTOWYCH NA DROGACH KLASY A i S

Poniżej w tabelicy 1 zestawiono klasy MLC dla trzydziestu obiektów mostowych, o różnej konstrukcji, znajdujących się w ciągu drogi klasy A (autostrady) i dogi S (drogi ekspresowej). Obiekty te zostały zaprojektowane na obciążenie klasy A wg PN-85-S-10030 [2] i sprawdzone zgodnie z Zarządzeniem nr 38 [9] na obciążenie pojazdami wojskowymi. Przyporządkowanie klasy MLC zostało wykonane przy założeniu, że sprawdzane obiekty zostały prawidłowo zaprojektowane na klasę A i nie posiadają żadnych „ukrytych zapasów nośności” w od-

niesieniu do tej klasy. Pominięto więc sprawdzenie warunków naprężeniowych, a kryterium wyrażone zależnością (2) ograniczono jedynie do porównywania sił wewnętrznych od obciążenia klasą A i klasą MLC. Dane zestawione w tablicy poniżej zostały pobrane z dokumentacji technicznej (projektu wykonawczego) lub też na podstawie specjalnie w tym celu wykonanych obliczeń. Obliczenia sił przekrojowych (momentów zginających, sił poprzecznych i ewentualnie sił normalnych) zostały wykonane w oparciu o ten sam model obliczeniowy konstrukcji i przy pomocy tego samego programu obliczeniowego.

Tablica 1. Klasy MLC o dla obiektów mostowych zaprojektowanych na klasę A obciążenia

Lp. klasa drogi	Typ obiektu	Rozpiętość przęseł (a) w [m] / kąt ukosu w [o]	Wojskowa klasa obciążenia MLC			
			Pojazdy kołowe		Pojazdy gaśnicowe	
			2 × kolumna	1 × kolumna	2 × kolumna	1 × kolumna
<b>Konstrukcje ramowe, żelbetowe projektowane na 3 pasy ruchu w każdym kierunku</b>						
1/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	12,7 / 70,0°	90	120	90	120
2/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	12,5 / 70°	90	100	90	100
3/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	13,20 / 90°	90	120	90	120
4/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, zamknięta	10,25 / 90°	90	120	90	120
5/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, zamknięta	8,10 / 90°	90	120	90	120
6/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	12,95 / 76°	90	120	90	120
7/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	11,65 / 90°	100	120	90	120
8/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	7,5 / 70°	90	120	90	120
9/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	15,85/90°	90	120	90	120
10/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	13,3/90°	90	100	90	100
11/S	Jednoprzęsłowa rama żelbetowa, otwarta	10,75/82°	90	100	90	100
<b>Obiekty nad drogą klasy S</b>						
12/S	Dwa przęsła, belkowy, sprężony	25,9+25,9/ 90°	100	120	90	120
13/S	Dwa przęsła, belkowy sprężony	26,1+26,1/65°	100	120	90	100
14/S	Dwa przęsła, belkowy, sprężony	25,2+25,2/90°	100	120	100	120
15/S	Dwa przęsła, belkowy sprężony	25,2+25,2/80°	90	120	100	120
16/S	Dwa przęsła, ciągły, płyta żelbetowa	19,0 +19,0/90°	70	100	60	90

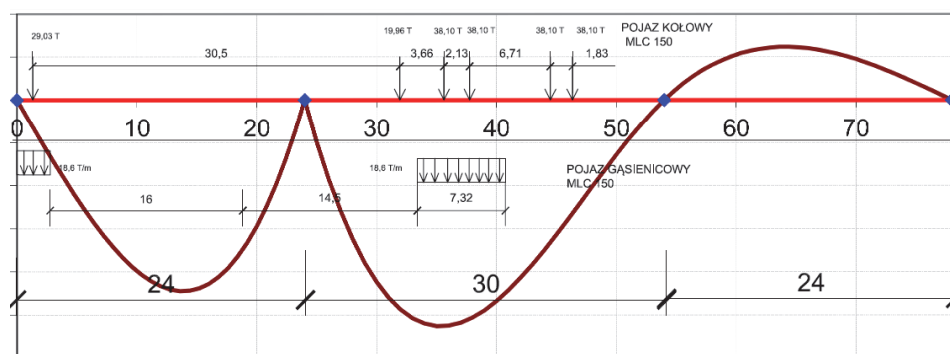
Jednoprzęsłowe obiekty zespolone projektowane na dwa pasy ruchu w każdym kierunku						
17/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 9 belek	31,0 / 90°	100	150	100	150
18/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 9 belek	35,0/40°	100	150	100	150
19/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 8 belek	20,8/60°	100	150	100	150
20/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 10 belek	25,5/90°	100	150	100	150
21/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 10 belek	26,1/52°	100	150	100	150
22/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 8 belek	21,8/60°	100	150	100	150
23/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 8 belek	20,75/70°	100	150	100	150
24/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 8 belek	20,0/90°	100	150	120	150
25/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 9 belek	25,1/71°	120	150	150	150
26/A	Jednoprzęsłowy, zespolony, 8 belek	28,6/60°	100	150	150	150
Trójprzęsłowe obiekty zespolone projektowane na dwa pasy ruchu w każdym kierunku						
27/A	Trójprzęsłowy, zespolony, 4 belki	36,0+45,0+36,0/90°	70	100	90	100
28/A	Trójprzęsłowy, zespolony, 4 belki	50,0+70,0+50,0/90°	120	150	150	150
29/A	Trójprzęsłowy, zespolony, 4 belki	17,5+30,0+17,5/90°	100	150	120	150
30/A	Trójprzęsłowy, zespolony, 4 belki	24,0+30,0+24,0/90°	90	120	100	150

Objekty projektowane na klasę A i spełniające warunek klasy MLC 100/150

## 6. ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Zestawione w tablicy 1 klasy obciążeń MLC pokazują, że obiekt mostowy zaprojektowany na klasę obciążenia A wg PN-85-S-10030 [2] automatycznie nie musi spełniać wymogu klasy 150 dla jednej kolumny pojazdów gąsienicowych i kołowych, ani też drugiego wymogu klasy 100 dla dwu kolumn takich pojazdów. W zależności od geometrii konstrukcji, klasy MLC mogą być mniejsze niż te wymagane. Bez szczegółowych obliczeń nie jest łatwo przewidzieć, która konstrukcja zaprojektowana na klasę obciążenia A będzie spełnić w/w warunki, a która nie będzie spełniać. Wpływ na to ma wiele czynników takich jak schemat statyczny, rozpiętości przęsła, geometria jezdni, liczba dźwigarów głównych. W wypadku obiektów jednoprzęsłowych decydujące mogą być zarówno siły ścinające przy podporach jak i momenty zginające w środku rozpiętości obiektu. W analizowanych obiektach ciągłych trójprzęsłowych o klasie obciążenia MLC decydują zarówno siły poprzeczne przy podporze pośredniej jak i skrajnej a także momenty zginające nad podporą pośrednią. W dużym stopniu

zależy to od rozpiętości poszczególnych przęseł jak również proporcji długości przęsła środkowego do przęsła skrajnego. Zgodnie z Załącznikiem 2 p. 5.2 (*Metodyka postępowania w zakresie wyznaczania klasy MLC...*) do Zarządzeniem nr 38 MI [9] na obiekcie może znajdować się więcej niż jeden pojazd wojskowy (w przeciwieństwie do pojazdu K z normy PN-85-S-10030) przy zachowaniu odległości co najmniej 30.5 m pomiędzy punktami styku dwóch sąsiednich pojazdów. Na przykład dla uzyskania maksymalnych momentów zginających nad podporą pośrednią w mostach ciągłych trójprzęsłowych można ustawić dwa pojazdy danej klasy MLC. –rys.3 i to w miejscach gdzie ich wpływ na ekstremalne siły przekrojowe jest duży.



Rys. 3. Ustawienie obciążenia MLC 150 na obiekcie trójprzęsłowym

Dodatkową trudność sprawia samo ustalenie, która z klas MLC będzie spełniać warunki nośności. W przeciwieństwie do obciążenia normowego, które dla różnych klas obciążenia ma tę samą geometrię pojazdu K oraz obciążenia  $q$ , a poszczególne klasy uzyskuje się stosując jednakowy mnożnik zmniejszający lub zwiększający zarówno do K jak i  $q$ , obciążenie poszczególnymi klasami MLC ma różną geometrię pojazdów, różną liczbę osi a także różne wartości obciążenia na poszczególne osie. Jedynym sposobem sprawdzenia konstrukcji jest wykonanie obliczeń biorąc do rozważań poszczególne klasy obciążenia MLC.

Z danych zestawionych w tabelicy zauważyć można, że obiekty o niewielkich rozpiętościach przęseł projektowane na klasę A mają niższe klasy MLC. Decyduje o tym sprawdzenie na siły poprzeczne.

Jak już zaznaczono, klasy MLC zestawione w tabelicy 1 wyznaczono jedynie w oparciu o analizę porównawczą momentów i sił poprzecznych pomiędzy klasami obciążenia MLC a normowymi klasami obciążenia. W praktyce projektowej (także metodzie uproszczonej z Załącznika 1 do Zarządzenia nr 38 MI [9]) analizuje się jedynie siły przekrojowe pomijając kryteria naprężeniowe (ogólnie kryteria nośności przekroju). Może się zdarzyć, że przy niewielkich przekroczeniach sił obliczeniowych przez daną klasę MLC sprawdzenie naprężeniowych

kryteriów nośności (tak definiuje się nośność mostów w normach projektowana PN-82-S-10052 [4] i PN-91-S-10042 [3]) pozwala zakwalifikować mosty do wyższej klasy nośności MLC. Zależność (2) w ujęciu naprężeniowym ma wtedy postać:

$$\max[\sigma_{(MLC)}] \leq R_d \quad (3)$$

gdzie:

- $\max[\sigma_{(MLC)}]$  – naprężenia obliczeniowe w najbardziej wyężonym elemencie konstrukcji od najwyższej klasy MLC obliczone dla pojazdu samochodowego lub czołgu poruszającego się w jednej kolumnie i oddzielnie w dwu kolumnach,
- $R_d$  – wytrzymałość obliczeniowa (stali, betonu).

Szczególnie warto tą analizę przeprowadzić w odniesieniu do sił poprzecznych gdyż przekroje podporowe na ogół mają większe zapasy nośności na ten rodzaj obciążenia (zwłaszcza gdy odnosi się to do przekrojów przy podporach pośrednich). Ponadto niewielki zysk w obliczeniowych siłach przekrojowych uzyskuje się w konstrukcjach istniejących gdyż norma PN-85-S-10030 [2] daje możliwości przyjęcia mniejszej wartości współczynnika  $\gamma_f$  dla obciążeń od ciężarów elementów niekonstrukcyjnych (zamiast  $\gamma_f = 1,5$  można przyjąć  $\gamma_f = 1,2$ ).

## 7. OBCIĄŻENIA MLC JAKO OBCIĄŻENIA PODSTAWOWE W ZNACZENIU NORMY PN-85-S-10030 A SIŁY POZIOME OD HAMOWANIA I PARCIA GRUNTU

W punkcie 7 Załącznika 2 do Zarządzenia nr 38 MI [9] znajduje się zapis: „*obciążenie hipotetycznymi pojazdami kołowymi lub gąsienicowymi taktuje się jako obciążenie podstawowe w rozumieniu polskiej normy PM-85-S-10030 stosując do tego obciążenia współczynnik obciążeniowy  $\gamma_f = 1,35$ ”.* Ograniczając się do obciążeń zmiennych wywołanych taborem samochodowym norma PN-85-S-10030 do obciążeń podstawowych (punkt 1.4 normy) zalicza poza obciążeniem taborem z uwzględnieniem współczynnika dynamicznego  $\phi$ , siły odśrodkowe, obciążenia od parcia gruntu na naziomie obciążonym, hamowanie i przyspieszenie w odniesieniu do elementów przeciwhamownych (w mostach drogowych urządzenia takie w zasadzie nie występują), łożysk i podpór. Zarządzenie nr 38 bezpośrednio nie wymienia innych obciążeń podstawowych poza obciążeniami pionowymi od taboru kołowego i gąsienicowego. Pominięcie tych innych rodzajów obciążeń z układu podstawowego nie oznacza, że te które mogą być wywołane przez przejazd pojazdów wojskowych a zwłaszcza parcie na naziomie oraz siły hamowania można z analizy nośności obiektów wyłączyć. W tym miejscu warto zaznaczyć, że umowa standaryzacyjna STANAG 2021 [10] przewiduje dwa inne typu przejazdów pojazdów wojskowych wymienione

w p. 2 referatu (przejazd w warunkach ograniczonych (*caution crossing*) i przejazd wyjątkowy (*risk crossing*). W obu tych wypadkach nałożone są dodatkowe ograniczenia na sposób poruszania się pojazdów wojskowych. Między innymi ogranicza się prędkość do 5,0 km/h, zabrania się hamowania i stawania na obiekcie, przyspieszania i nawet zmiany biegu. Przejazd pojazdów MLC w warunkach ograniczonych ma cechy przejazdu ponadnormatywnego wg Rozporządzenia [6].

Szczególnie istotne są dwa rodzaje z tych obciążeń: parcie gruntu na naziomie obciążonym oraz siły hamowania. Oba rodzaje obciążeń poziomych mogą decydować o nośności dwóch podstawowych, głównych elementów konstrukcji mostów – podpór i łożysk. Według ogólnego zapisu z punktu 5 Zarządzenia nr 38 [9] należy sprawdzać na obciążenia MLC (w praktyce projektowej analiza nośności na klasy MLC ogranicza się jedynie od pionowych obciążeń i sprawdzenia warunków w odniesieniu do dźwigarów; nie spotkałem się z analizą odnoszącą się do sił działających na podpory (poziomych, pionowych) i łożysk (obciążeń pionowych i poziomych)) wszystkie główne elementy mostu, a więc również podpory i łożyska. Kierując się ogólną wytyczną Zarządzenia nr 38 odwołującą się do normy PN-85-S-10030 oraz ogólnymi zasadami z Rozporządzenia MTiGM z 2000 r. [5] zasady określenia sił od parcia na naziomie od obciążenia pojazdami MLC wg poszczególnych klas można przyjąć wg punktu 3 normy PN-85-S-10030 a siły hamowania (przyspieszenia) wg punktu 6.8, przyjmując również wartości współczynników obciążeń  $\gamma_f$  w układzie podstawowym wg tablicy 2 normy dla tych dwóch rodzajów obciążeń. Przy takich założeniach obliczeniowe siły poziome od obciążenia naziomu mogą być znacząco większe niż te wywołane pojazdem K. Dotyczy to w szczególności obciążeń od hamowania (przyspieszenia), np. w obiekcie trójprzęsłowym o rozpiętościach przęsła takich jak na rys. 3 i szerokości jezdni w krawężnikach 11,0 m można ustawić dwa pojazdy klasy MLC 150, które wywołają charakterystyczne obciążenie od hamowania równe  $0,3 \times 2 \times 1500 \text{ kN} = 900 \text{ kN} > 0,2 \times 800 + 0,1 \times (3 \times 11,0 \times 20,0 \times 4,0) = 424 \text{ kN}$ . W tym wypadku mamy ponad dwukrotny wzrost obciążenia od hamowania. Dla dwu kolumn pojazdów klasy MLC 100 ten wzrost będzie jeszcze większy gdyż siła hamowania obliczona wg powyższych zasad będzie równa  $1200 \text{ kN} (0,3 \times 4 \times 1000)$  a wzrost w stosunku od obciążenia klasą A będzie 2,8-krotny. Nawet gdyby przyjąć dla obciążenia MLC siłę hamowania 20% jej wartości pionowej (współczynnik  $\alpha_n = 0,2$  wg PN-85-S-10030 dla kombinacji obciążenia  $q$  i  $K$ ) to i tak siły hamowania będą większe od tych generowanych obciążeniem klasą A o 40% w wypadku jednej kolumny i 89% w wypadku dwóch kolumn pojazdów. Tak duży wzrost obciążenia poziomego na łożyska i na podpory będzie (może) decydować o wyborze miarodajnego obciążenia dla tego typu elementów mostów, a szczególności łożysk. Z punktu widzenia nośności łożysk może się okazać, że klasa MLC zamiast 100/150 może zostać zmniejszona do klasy 60/70. Analogiczna sytuacja dotyczy



obiektów jednoprzęsłowych o niewielkich rozpiętościach przęseł takich jak np. analizowano w Tablicy 1. Biorąc np. pod uwagę przęsło o rozpiętości 12 m i szerokości jezdni między krawężnikami 11 m dostajemy dla obciążenia klasą A siłę od hamowania równą 240 kN ( przy takiej rozpiętości przęsła wg PN-85-S-10030 miarodajne jest obciążenie  $0,3 \times K$ ), od pojazdu kołowego MLC klasy 150 (przyjmujemy  $\alpha_h = 0,3$ ) 395 kN a od gąsienicowego 400 kN.

Zasady obliczania (sprawdzania) konstrukcji mostów na obciążenia poziome, zwłaszcza na siły hamowania, wymagają pilnego rozwiązania i wprowadzenia ich do Zarządzenia nr 38 w formie zmiany zarządzenia. W tym celu można rozważyć redukcję wartości mnożników obciążenia pionowego uwzględniając jednoczesność hamowania przez poszczególne pojazdy. Na przykład gdy mamy jeden pojazd MLC na moście to obowiązuje mnożniki jak dla obciążenia K (20%), w wypadku większej liczby pojazdów wartość tego mnożnika winna się zmniejszać. Jakże powinny być wartości tych mnożników winno być przedmiotem oddzielnej analizy. Mniejsze znaczenie niż siły poziome od hamowania mają siły poziome generowane obciążeniem naziomu. Nie można jednak tego lekceważyć, gdyż może to rzutować na kryteria wymiarowania zwłaszcza wysokich, stosunkowo lekkich przyczółków.

## 8. PODSUMOWANIE

Z przedstawionej analizy zasad sprawdzenia obiektów mostowych na obciążenia MLC wynika, że nie wszystkie przepisy techniczno budowlane (rozporządzenia, zarządzenia, normy) są na tyle jednoznaczne aby nie było wątpliwości jak je należy stosować. Do najpilniejszych spraw wymagających jednoznaczne rozwiązanie (wyjaśnienie) można zaliczyć:

- Wprowadzenie jednoznacznego wymogu co do wymaganej minimalnej klasy MLC dla dróg z grupy PSDP (dróg klasy A,S,GP i G). Winno to być wyjaśniona w porozumieniu właściwego ministra ds. infrastruktury i ministra obrony narodowej. Aktualnie mamy przepisy (Zarządzenie nr 38 MI [9]) w jaki sposób należy wyznaczać klasy MLC dla obiektów mostowych, ale w świetle Zarządzenia nr 2 MiB z 2017 [13] brak jest jednoznacznego określenia jakie klasy MLC są wymagane dla poszczególnych klas dróg. Autor na podstawie swoich doświadczeń z zatwierdzeniem dokumentacji projektowej może stwierdzić, że służby MON odpowiedzialne za przemieszczanie wojsk, nie ograniczają pojęcia „pomostu” jakim posługuje się Rozporządzenie nr 63 MTiGM z 2000 r. [5] i który należy sprawdzić na pojedynczy pojazd kołowy klasy 150 (lub 100), do ścisłej jego definicji, ale pod tym pojęciem mają na myśli co najmniej konstrukcję przęsła a w zasadzie cały obiekt mostowy. W taki sposób jest to również traktowane przez umowę standaryzacyjną STANAG 2021 [10].

- Przyjęcie założenia, że obiekty mostowe w ciągu dróg z grupy PSDP (a zwłaszcza dróg klasy A i S) mają spełniać kryterium klasy MLC 100/150 spowoduje, że wiele z obiektów zaprojektowanych po 2000 r. nie będzie spełniać nośności tej klasy, a w wypadku obiektów projektowanych miarodajnymi obciążeniami w wielu wypadkach okażą się obciążenia pojazdami wojskowymi. Nie jest wykluczone, że komplet obliczeń statycznie wytrzymałościowych obiektu mostowego będzie należało wykonać dla dwu różnych modeli obciążeń a sprawdzenie nośności wykonać dla dwóch grup norm projektowania. Spełnienie kryteriów nośności klasy LMC 100/150 skutkować będzie w wielu wypadkach zwiększeniem zużycia materiałów konstrukcyjnych do budowy mostów.
- Przyjmując zasadę zdefiniowaną w Zarządzeniu nr 38 MI [9], że obciążenie MLC jest podstawowym obciążeniem obiektów mostowych, należy temu Zarządzeniu przypisać normy projektowania według których należy sprawdzać nośność lokalną i globalną obiektów mostowych.
- Dalszego uściślenia w Zarządzeniu nr 38 [9] wymagają zasady wyznaczania sił poziomych powodowanych obciążeniami pionowymi od pojazdów wojskowych; dotyczy to w szczególności sił hamowania (przyspieszenia) oraz sił poziomych od parcia gruntu spowodowanych obciążeniem naziomu i działających na główne elementy konstrukcji mostów. Przyjmując metodologię z normy PN-85-S-10030 uzyskuje się, zwłaszcza w odniedzeniu do hamowania (przyspieszenia), bardzo duży wzrost obciążenia poziomego w stosunku do klasy A wg PN-85-S-10030.
- Zarządzenie nr 38 MI [9] winno zostać uzupełnione o dwa inne typy przejazdów wymienione w umowie standaryzacyjnej STANAG 2021 [10] (przejazd w warunkach ograniczonych (*caution crossing*) i przejazd wyjątkowy (*risk crossing*)). Obu typom przejazdów należy przypisać szczegółowe warunki poruszania się pojazdów po moście oraz współczynniki obciążeniowe  $\gamma_f$ .
- W zależności od typu konstrukcji klasa obciążenia A wg PN-85-S-10030 nie gwarantuje, że nośność obiektu mostowego sensie MLC będzie klasy 100/150. Wpływ na klasę obciążenia MLC ma wiele parametrów geometrii konstrukcji w tym przede wszystkim schemat statyczny, długości przęseł, proporcje długości przęseł u układach ciągłych oraz szerokość jezdni.

Na zakończenie warto jeszcze zasygnalizować problem relacji obciążeń MLC i Eurokodów. Nieunikniona zmiana norm krajowych na Eurokody (przez eurokody rozumiem spójny zbiór norm służących do wyznaczenia sił w elementach mostów oraz zasad ich zwymiarowania lub sprawdzenia nośności) w projektowaniu obiektów mostowych, może doprowadzić do tego, że obiekty projektowane spełniające warunki eurokodów będą miały zbyt niskie klasy MLC (niskie w znaczeniu wymogów wojska). Przy kalibracji wartości eurokodowskich obciążeniowych współczynników dostosowawczych (*adjustment factors*)  $\alpha_i$  należy wziąć pod uwagę nie tylko obciążenia dotychczas obowiązujące wg

PN-85-S-10030 ale również obciążenia wg klas MLC. Obciążeniowe współczynniki dostosowawcze  $\alpha_i$  o wartości 1,0 mogą być dalece niewystarczające do spełnienia wymogów postawionych przez służby MON. W tym kontekście znaczenia nabiera jednoznaczne ustalenie jakie minimalne klasy MLC mają mieć projektowane obiekty mostowe na PSDP oraz ustalenie zasad przejazdów pojazdów MLC w warunkach ograniczonych (kontrolowanych) i wyjątkowych.

### **Uzupełnienie**

Już po przesłaniu referatu o tytule jak wyżej na adres organizatorów konferencji uzyskałem projekt zmian do Rozporządzenie MTiGM z dnia 30 maja 2000 r. „*W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie.*” datowany na dzień 24 kwietnia 2018 r – w dalszej części oznaczony jako projekt rozporządzenia PR). Proponowane zmiany do Rozporządzenia odnoszą się również do zagadnień poruszanych w moim referacie, ale które ze zrozumiałych względów nie mogły być przedmiotem analizy. Poniżej omówię (są to tylko pierwsze wnioski) proponowane zmiany i ich konsekwencje.

Podstawowym modelem obciążenia, w PR służącym do projektowania mostów drogowych, jest model obciążenia LM-1 (brak informacji, że chodzi o model obciążenia z PN-EN 1991-2 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 2: Obciążenia ruchome mostów) - § 150.1 PR. Zastępuje się więc poprzedni wymóg projektowania mostów drogowych na obciążenia zgodnie z PN-85-S-10030. Konsekwencją tej zmiany jest również to, że przestaną obowiązywać dotychczasowe normy projektowania mostów i jednoznacznie należeć będzie nowe obiekty projektować wg odpowiednich eurokodów (Eurokod 2 – mosty betonowe, Eurokod 3 – mosty stalowe i Eurokod 4 – mosty zespolone). Projekt przewiduje, w oparciu o model obciążenia LM-1, dwie klasy obciążenia mostów oznaczone jako I i II – załącznik 2 do PR. Klasa I zastępująca klasę A wg PN-85-S-10030 odnosi się do obiektów mostowych w ciągu dróg klasy A, S, GP i G czyli zgodnie z Zrządzeniami [12,13] są to drogi należące do podstawowej sieci dróg publicznych (PSDP). Obiekty mostowe na drogach pozostałych klas (Z, L i D) należy projektować na klasę II obciążenia. Załącznik 2 PR podaje wartości współczynników dostosowawczych  $\alpha_{Q1}$ ,  $\alpha_{Qi}$  dla  $i \geq 2$ ,  $\alpha_{q1}$ ,  $a_{q2}$ ,  $\alpha_{qi}$  dla  $i \geq 3$  i  $a_{\gamma}$  odpowiednio dla I i II klasy obciążenia.

Drugim modelem obciążenia, na które należy projektować obiekty mostowe to obciążenie pojazdami specjalnymi NATO - STANAG 2021 ze współczynnikiem obciążeniowym  $\gamma_f = 1,35$  (a więc takim samym jak dla obciążenia wg PN-EN 1991-2) - § 150.2 PR.. Obiekty projektowane na klasę I (w ciągu PSDP) należy projektować na klasę MLC 150 usytuowanymi w jednej kolumnie i klasę MLC 100 w dwu kolumnach. Obiekty na drogach pozostałych klas należy zaprojektować odpowiednio na klasę MLC 120 i MLC 80. Załącznik 3 PR podaje 6 klas obciążeń MLC, ale tylko w odniesieniu do pojazdów kołowych (klasy

MLC 150 do MLC 40). Poza schematami obciążenia pojazdami kołowymi MLC brak jakichkolwiek innych informacji co do zasad wyznaczania sił przekrojowych dla tych obciążeń.

PR nie ogranicza sprawdzenia obiektów na klasę MLC tylko do pomostu, tak jak to jest dotychczas, ale wymóg ten jest obowiązujący dla całej konstrukcji mostu. Można powiedzieć, że PR zamienił obciążenie klasy A i B wg PN-85-S-10030 na klasę LM-1 wg PN-EN 1991-2 z dwoma kompletami współczynników dostosowawczych. PR jednoznacznie usuwa wątpliwość spowodowaną niejednoznacznym zapisem Zarządzenia nr 2 MliB z dnia 17 stycznia 2017 r., (Dz. Urzędowy MliB z 2017 r. poz. 3) [13] i określa na jaką klasę MLC (poza klasą I lub II) należy projektować mosty.

PR nie wyjaśnia co z ważnością innych dwóch dokumentów dotyczących MLC: Zarządzenia nr 38 MI z dnia 26 października 2010 r. (Dz. Urzędowy MI nr 13 z 2010 r.) [9] oraz wyżej cytowanego Zarządzenia nr 2 MI z 17 stycznia 2017 r [13]. Ponadto w PR brak jakichkolwiek informacji o obciążeniu MLC pojazdami gąsienicowymi. Brak odwołania się do tych Zarządzeń a w szczególności do Zarządzenia nr 38 z 2010 r uniemożliwia obliczanie konstrukcji na obciążenia MLC z uwagi na brak zasad ustawienia tego obciążenia na obiekcie mostowym i wskazania wg jakich norm należy sprawdzać wytrzymałość konstrukcji. PR zamiast zamieszczać załącznik 3 (schematy obciążeń MLC dla 6 klas pojazdów kołowych) winien powołać się na Zarządzenie nr 38 (z możliwością wykluczenia pojazdów gąsienicowych, chociaż byłoby to w sprzeczności z innymi uregulowaniami) i nakazać wymiarować obiekty mostowe na wojskowe klasy obciążenia na obowiązujące PN-EN.

Niektóre z wniosków zdefiniowanych w moim referacie po przyjęciu zmian proponowanych PR przestaną być ważne, ale te dotyczące między innymi obciążeń poziomych nie ulegają zmianie oraz ten, że dla wielu konstrukcji mostów miarodajnym obciążeniem będzie klasa MLC a nie klasa I czy II wg modelu LM-1 zgodnym z PN-EN-1991-2.

## LITERATURA

1. PN-66-B-2015. Mosty, wiadukty i przepusty. Obciążenia i oddziaływania.
2. PN-85/S-10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”.
3. PN-91-S-10042 „Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie”.
4. PN-82-S-1052 „Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
5. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. „W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. (Dz. U. nr 63 poz. 735 z 2000 r.).
6. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 22 czerwca 2012 r. w sprawie zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych (Dz.U. z dnia 5 lipca 2012 r.).
7. Zarządzenie nr 17 Generalnego Dyrektora DKiA z 01.04.2004 r.

8. Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. z 2003 r., Nr 32, poz. 263).
9. Zarządzenie nr 38 Ministra Infrastruktury z dnia 26 października 2010 r. w sprawie wyznaczenia wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągu dróg publicznych (Dz. Urzędowy MI nr 13 z 2010 r.).
10. NATO Standardisation Agreement (STANAG) 2021. Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicels (Umowa standaryzacyjna STANAG 2021. Wojskowe klasyfikacji obciążeń mostów, promów, tratw i pojazdów).
11. Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 3 lutego 2004 r. w sprawie warunków i sposobu przygotowania i wykorzystania transportu na potrzeby obronne państwa, a także jego ochrony w czasie wojny, oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz. U. nr 34, poz. 294).
12. Zarządzenie nr 11 Ministra Infrastruktury z dnia 4 lutego 2008 r. w sprawie wdrożenia wymagań techniczno – obronnych w zakresie przygotowania infrastruktury drogowej na potrzeby obronne państwa; (Dz. Urz. MI z 2008 r. Nr 3, poz. 10).
13. Zarządzenie nr 2 Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 stycznia 2017 r. w sprawie wdrażania wymagań techniczno – obronnych w zakresie projektowania i użytkowania dróg i obiektów inżynierskich; (Dz. Urzędowy MIiB z 2017 r. poz. 3).

## **BRIDGES DESIGN ON MLC CLASS LOADS - ANALYSIS OF FORMAL POLISH REGULATIONS**

### **Summary**

The paper analyzes various formal concepts related to the live loads of road bridges. Then a review of the technical and construction regulations in force in this respect is carried out, with particular emphasis on the military load classification (MLC class). It points out the lack of consistency in the polish regulations in force and the consequences that may result from this. For 30 different bridge structures designed for the load class A according to PN-S-85-10030, and located within one of the motorways and the expressway, the MLC load class was determined. The examples cited show that load class A does not guarantee MLC class 100/150 in all cases. Different parameters of a bridge structure are analyzed, which may decide about the MLC load class assigned to it. In addition, attention is paid to the lack of regulation regarding the determination of horizontal loads caused by MLC loads and their possible impact on the design of bridges. The paper ends with conclusions from which the most important postulate the necessity of unambiguously defining the MLC class for designed or existed bridge structures, especially in the course of motorways and expressways, as well as supplementing the existed regulation regarding horizontal loads from loads caused by military vehicle.

