

JERZY BYKOWSKI

Uniwersytet
Przyrodniczy w Poznaniu
jurbykos@up.poznan.pl



EMILIA KRAWCZYŃSKA

Uniwersytet
Przyrodniczy w Poznaniu
e.krawczynska@wp.pl

Techniczne aspekty projektowania parkingów przy obiektach użyteczności publicznej

Postęp cywilizacyjny od zawsze powiązany był ze sprawnym przepływem strumieni towarów, ludzi i informacji. Potrzeba szybkiego podróżowania i transportowania przyczyniła się do dynamicznego rozwoju motoryzacji. Samochody są dziś powszechnym środkiem transportu. Zapewnienie bezpiecznego i wygodnego przewozu materiałów i osób jest wyzwaniem dla współczesnego społeczeństwa.

Na przestrzeni ostatnich dwóch dekad Polska przeszła wiele ważnych w swojej historii zmian, w licznych obszarach związanych z funkcjonowaniem państwa. Znaczny rozwój gospodarki przyczynił się do podniesienia poziomu zamożności obywateli.

Ta sytuacja ma wyraźne też odzwierciedlenie w rosnącej ilości aut. Liczba samochodów osobowych w Polsce z końcem 2000 r. wynosiła prawie 10 milionów, podczas gdy w 2007 r. już 14,5 mln [1]. Komfort jazdy i utrzymanie sprawnego przepływu materiałów i ludzi związane są jednak przede wszystkim z odpowiednią infrastrukturą drogową. Duże znaczenie ma również właściwe zagospodarowanie terenów pod budowę miejsc parkingowych. Niniejsza praca odnosi się do zasad i warunków ich budowy mających zastosowanie w Polsce.

Zgodnie z tytułem artykułu przedstawione zostaną tylko te uwarunkowania techniczne, które dotyczą parkingów jednopoziomowych odkrytych przy założeniu, że występują przy obiektach użyteczności publicznej. Według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2], zaliczamy do nich: budynki administracji publicznej, wymiaru sprawiedliwości, kultury, kultu religijnego, oświaty, szkolnictwa wyższego, nauki, opieki zdrowotnej, opieki społecznej i socjalnej, obsługi bankowej, handlu, gastronomii, usług, turystyki, sportu, obsługi pasażerów w transporcie kolejowym, drogowym, lotniczym lub wodnym, poczty, telekomunikacji, biurowe i socjalne oraz inne ogólnodostępne budynki przeznaczone do wykonywania podobnych funkcji. Przepisy te są z pewnością znane wśród specjalistów zajmujących się problematyką budowy parkingów, tym niemniej, jako wprowadzenie do kolejnej publikacji dotyczącej głównie ekonomicznych aspektów inwestycji, przeprowadzono analizę ich podstawowych zaleceń.

Usytuowanie parkingów

Cytowane wcześniej Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 2002 r. [2] określa zasady zabudowy i zagospodarowania działek budowlanych, przeznaczonych m.in. na miejsca postojowe dla samochodów osobowych. Paragraf 19 tego rozporządzenia stwierdza, że najbliższa odległość parkingu jednopoziomowego odkrytego dla samochodów osobowych od okien pomieszczeń przeznaczonych na pobyt stały ludzi w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego (z wyjątkiem hoteli), opieki zdrowotnej, oświaty i wychowania, a także od placu zabaw dziecięcych i boisk dla dzieci i młodzieży nie może być mniejsza niż:

- przy zgrupowaniu do 4 stanowisk – 7 m,
- przy zgrupowaniu od 5 do 60 stanowisk włącznie – 10 m,
- przy większych zgrupowaniach – 20 m.

Zachowanie powyższych odległości nie jest wymagane w stosunku do miejsc postojowych, znajdujących się między liniami rozgraniczającymi ulicę, na obszarze zwartej zabudowy miejskiej.

Paragraf 20 rozporządzenia [2] określa również, że odległości miejsc postojowych dla samochodów, z których korzystają wyłącznie osoby niepełnosprawne, mogą być usytuowane w odległości nie mniejszej niż 5 m od okien budynku mieszkalnego wielorodzinnego i zamieszkania zbiorowego oraz zbliżone, bez żadnych ograniczeń, do innych budynków.

Wymiary miejsc postojowych

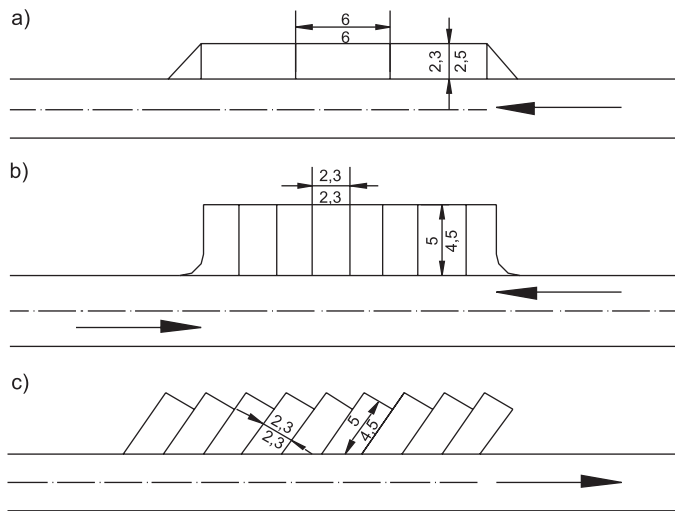
Wymiary miejsc postojowych określają paragraf 21 ust. 1 – Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2] oraz paragraf 116 – Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. [3]. Parametry stanowisk postojowych samochodów osobowych zestawiono w tabeli 1.

Wymiary podane w rozporządzeniach [2] i [3] różnią się nieznacznie między sobą. Wymiary wskazane przez Minister-

Tabela 1. Wymiary miejsc postojowych samochodów osobowych w świetle polskich aktów prawnych

Parametry	Rodzaj pojazdu			
	Usytuowanie względem osi jezdni pod kątem [°]	Długość [m]	Szerokość [m]	
Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2]	Samochód osobowy	inny niż 0	5	2,3
		0	6	2,3
	Samochód dla osób niepełnosprawnych	inny niż 0	5	3,6
		0	6	od 2,3 do 3,6
Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. [3]	Samochód osobowy	inny niż 0	4,5	2,3
		0	6	2,5
	Samochód dla osób niepełnosprawnych	inny niż 0	4,5	3,6
		0	-	-

stwo Infrastruktury [2] dotyczą stanowisk postojowych usytuowanych na działkach budowlanych, natomiast te, które występują w rozporządzeniu Ministerstwa Transportu i Gospodarki Morskiej [3], dotyczą miejsc usytuowanych przy drogach publicznych (rys.1).



Na rysunkach podano minimalne wymiary stanowisk postojowych:
 – nad linią wymiarową – obowiązujące wg § 21 rozporządzenia [2] przy drogach wewnętrznych na terenach działek budowlanych,
 – pod linią wymiarową – obowiązujące wg § 116 rozporządzenia [3] przy drogach publicznych.

Rys. 1. Odkryte zgrupowania miejsc postojowych w formie przylicznych pasm postojowych (parkingów przyulicznych): a) równoległych do osi jezdni, b) prostokątnych do osi jezdni, c) ukośnych w stosunku do osi jezdni

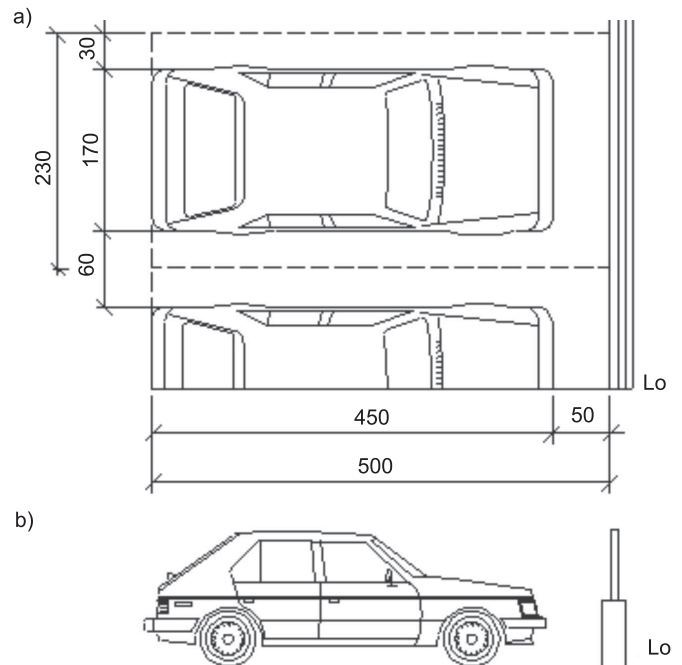
Podane w tabeli 1 parametry nie są adekwatne do wszystkich samochodów osobowych, ze względu na różne ich gabaryty. Na podstawie wymiarów dostępnych na rynku samochodów, Korzeniewski [4] wyróżnia cztery grupy wielkości (tab. 2). W praktyce nie tworzy się jednak parkingów o różnych rozmiarach miejsc, a wartości przedstawione w tabeli 1 są wspólne dla wszystkich tego typu pojazdów.

Do zdefiniowanych w tabeli 2 grup wielkości samochodów małych i dużych na ogół nie buduje się parkingów z odpowiednimi miejscami postojowymi. Potrzeba budowy parkingów odpowiednich do tego typu grup samochodów występuje w przedsiębiorstwach i zakładach pracy o standaryzowanym taborze samochodów. Wielkość miejsc postojowych może być uzależniona także koniecznością dostosowania ich wymiarów do kształtu i wymiarów działek budowlanych. Mini-

Tabela 2. Relacja faktycznych wielkości samochodów osobowych do wymiarów stanowisk postojowych [4]

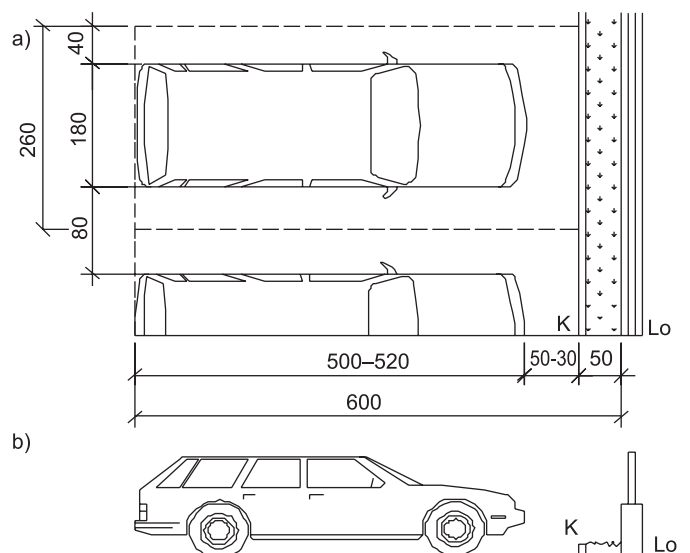
Grupy wielkości samochodów	Wymiary: szerokość × długość [cm]	
	samochodów	stanowisk postojowych
małe	160 × 400	220 × 450
średnie	170 × 450	230 × 500
duże	180 × 500	240 × 550
bardzo duże	190 × 550	260 × 600

malne wymiary stanowisk postojowych podanych w omawianych rozporządzeniach [2] i [3] stwarzają możliwość ich wykorzystania do postoju samochodów osobowych o największych gabarytach, przy czym teren położony blisko pasa postojowego musi być tak zagospodarowany, aby umożliwiał swobodny nawis tyłu samochodu (do 0,5 m) poza krawędź stanowiska. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono usytuowanie większych samochodów osobowych.



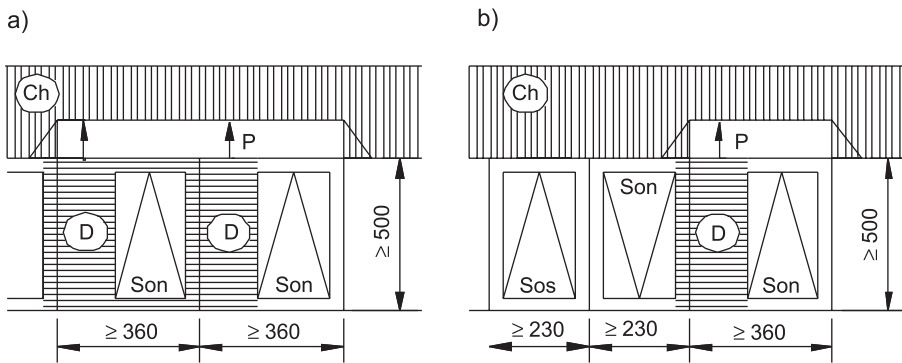
Lo – linia ogrodzenia lub innej przeszkody ograniczającej możliwość nawisu samochodu poza krawędź stanowiska postojowego.

Rys. 2. Usytuowanie samochodu średniej wielkości na parkingu odkrytym [4]: a) w rzucie poziomym, b) w przekroju



K – krawężnik, Lo – linia ogrodzenia lub innej przeszkody uniemożliwiającej wystawianie (tzw. nawis) samochodu poza krawędź stanowiska postojowego.

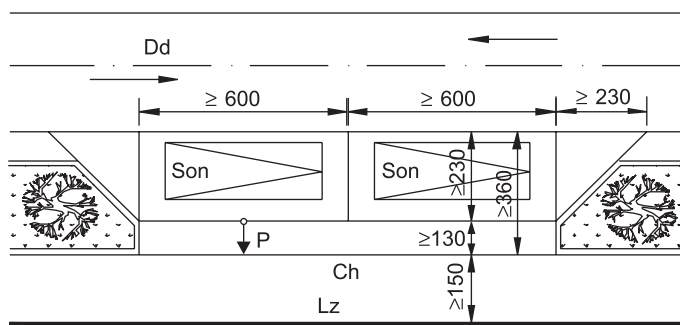
Rys. 3. Ustawienia samochodu dużego i bardzo dużego na parkingu odkrytym [4]: a) w rzucie poziomym, b) w przekroju



Ch – chodnik, D – dojazd (dojazd) dla osoby niepełnosprawnej na wózku inwalidzkim, P – krótka pochylnia do pokonania różnicy wysokości do 0,15 m o maksymalnym pochyleniu do 15%, Son – samochód osoby niepełnosprawnej, Sos – samochód osoby sprawnej, tzn. nie korzystającej z wózka inwalidzkiego

Rys. 4. Wymiary minimalne stanowisk postojowych na parkingach odkrytych, przeznaczone do postoju samochodów osobowych użytkowanych przez osoby niepełnosprawne, przy układzie stanowisk prostopadłych do osi drogi dojazdowej (manewrowej) [4]: a) stanowisko odpowiadające wymaganiom § 21 rozporządzenia Ministra Infrastruktury tzn. każde o szerokości > 3,60 m, b) przykład oszczędnego zaprojektowania stanowisk postojowych, gdzie dwa sąsiadujące z sobą stanowiska o szerokości 2,30 i 3,60 m mogą być wykorzystane do ustawienia samochodów, z których korzystają osoby niepełnosprawne (np. przy zmianie kierunku ustawienia samochodów)

Przepisy cytowanych rozporządzeń [2], [3] uwzględniają możliwość korzystania z miejsc postojowych przez osoby niepełnosprawne. Szerokość tego typu stanowisk jest znacznie większa. Obydwa rozporządzenia zgodnie podają szerokość – 3,6 m. Jest to konieczne ze względu na zapewnienie osobom niepełnosprawnym dojazdu na wózku inwalidzkim do samochodu. W. Korzeniewski [4] słusznie zauważa, że w przypadku, gdy przy danym budynku należy utworzyć kilka miejsc postojowych dla osób niepełnosprawnych, dwa miejsca postojowe o szerokości 2,3 m i 3,6 m, mogą być wykorzystywane przez osoby niepełnosprawne. Jest to możliwe, gdy założy się, że osobą niepełnosprawną nie będzie kierowca lecz pasażer. Osoba niepełnosprawna będąca pasażerem, korzystająca z miejsca postojowego o szerokości 2,3 m, ale przyległego do miejsca postojowego o szerokości 3,6 m, może bez przeszkód wsiadać i wysiadać z samochodu (rys. 4).



Ch – chodnik, Dd – droga dojazdowa, Lz – linia zabudowy lub ogrodzenia, P – krótka pochylnia o nachyleniu do 15%, Son – stanowisko do postoju samochodu użytkowanego przez osobę niepełnosprawną.

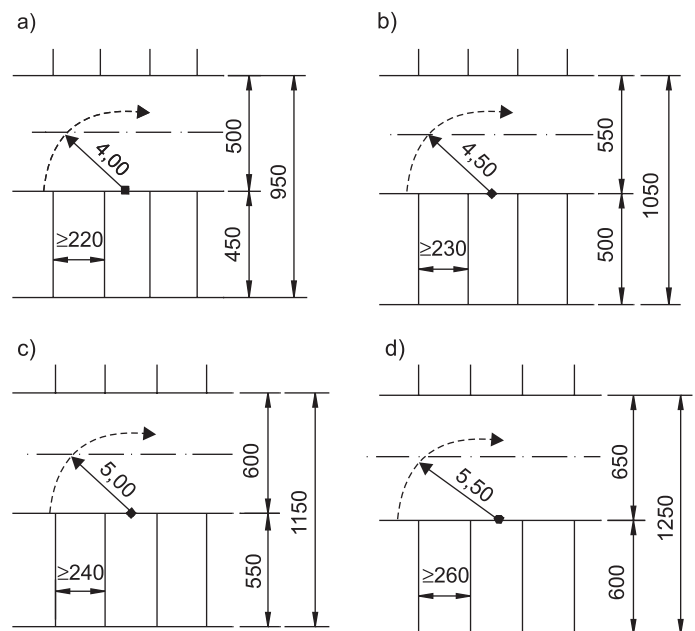
Rys. 5. Stanowisko do postoju dla samochodu użytkowanego przez osobę niepełnosprawną, usytuowane równoległe do wewnętrznej drogi dojazdowej lub manewrowej [4]

Przy drogach publicznych i jezdniach mających charakter drogi wewnętrznej stanowiska postojowe równoległe położone do osi jezdni przeznaczone dla osób niepełnosprawnych również muszą mieć szerokość 3,6 m, a ich długość jest taka sama, jak w przypadku stanowisk dla samochodów osobowych i wynosi 6 m. Miejsca tego typu muszą być wyposażone w pochylnię umożliwiającą wjazd wózkiem inwalidzkim na poziom chodnika (rys. 5).

Szczegółowe informacje dotyczące wymiarów i zakresu ruchu w odniesieniu do osób niepełnosprawnych, poruszających się na wózku oraz ogólne wymiary powierzchni manewrowych różnych grup użytkowników trwale lub czasowo niesprawnych (osoby starsze, poruszające się o lasce, kobiety w ciąży, osoby z uszkodzonymi kończynami) można znaleźć w pracy Jolanty Budny [5].

Współzależności układów stanowisk postojowych i dróg manewrowych

Wymiary stanowisk postojowych wpływają bezpośrednio na szerokość dróg manewrowych. Manewr skrótu nie jest możliwy na stanowisku postojowym ze względu na niewielkie odległości od pojazdów stojących obok. Kierowca pojazdu wyjeżdżając z miejsca postojowego musi niemalże całkowicie wycofać samochód i dopiero będąc na drodze manewrowej dokonać skrętu. Ścisła współzależność szerokości stanowisk



Rys. 6. Zależność wymiarów stanowisk postojowych i dróg manewrowych w zależności od wielkości samochodów [4] odnoszących się do: a) samochodów małych, b) samochodów średnich, c) samochodów dużych, d) samochodów bardzo dużych

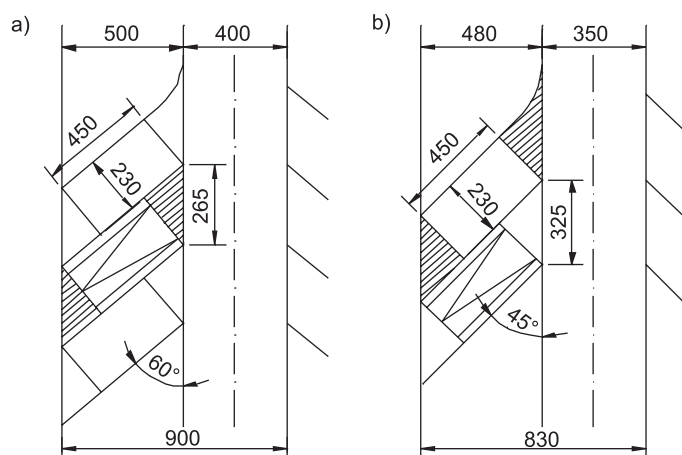
postojowych i dróg manewrowych pozwala na poszerzenie ich w przypadku, gdy szerokość drogi manewrowej musi być ograniczona ze względu na wymiary działki lub sposób jej zagospodarowania (rys. 6).

W tabeli 3 podano szerokości jezdni manewrowej przy stanowiskach postojowych o różnym kącie usytuowania ich względem osi jezdni. Przy planowaniu układu miejsc postojowych należy zwracać uwagę na wymiar terenu, jaki należy na nie przeznaczyć.

Tabela 3. Szerokość jezdni manewrowej przy stanowiskach postojowych samochodów osobowych zgodnie z rozporządzeniem [3]

Rodzaj pojazdu	Usytuowanie stanowiska w stosunku do krawędzi jezdni (°)	Minimalna szerokość jezdni manewrowej (m)
Samochód osobowy	90	5,00
	60	4,00
	45	3,50
	0	3,00

Najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem, pod względem zaabsorbowania powierzchni, jest usytuowanie miejsc postojowych prostopadle do osi przylegającej jezdni. Korzeniowski [4] dowodzi, że skośny układ stanowisk postojowych zajmuje znacznie więcej miejsca (rys. 7, tab. 4). Dlatego nie tworzy się tego typu układów, jeśli ograniczają to wymiary działki, sposób jej zagospodarowania oraz szerokość jezdni.



Rys. 7. Wymiary stanowisk postojowych skośnych oraz szerokości dróg manewrowych, w zależności od kąta ustawienia w stosunku do osi drogi [4]: a) przy ustawieniu stanowisk pod kątem 60°, b) przy ustawieniu stanowisk pod kątem 45°

Tabela 4. Zaabsorbowanie terenu na parkingu odkrytym na działce budowlanej, przypadającego na jedno stanowisko postojowe samochodu osobowego (wraz z częścią drogi manewrowej)

Przeznaczenie terenu na	Położenie s.p. w stosunku do osi drogi manewrowej pod kątem		
	90°	60°	45°
s.p. netto	$2,30 \times 5,00 = 11,5 \text{ m}^2$	$2,65 \times 5,00 = 13,3 \text{ m}^2$	$4,80 \times 3,25 = 15,6 \text{ m}^2$
50% drogi manewrowej	$2,30 \times 5,70 \times 0,5 = 6,6 \text{ m}^2$	$2,65 \times 4,00 \times 0,5 = 5,3 \text{ m}^2$	$3,25 \times 3,50 \times 0,5 = 5,7 \text{ m}^2$
Razem	$18,1 \text{ m}^2$	$18,6 \text{ m}^2$	$21,3 \text{ m}^2$

Nie analizowane w artykule, lecz istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania obiektów, warunki dotyczące parametrów dróg przeciwpożarowych określają przepisy rozporządzenia MSWiA [6].

Wymagania techniczne nawierzchni parkingów odkrytych

Nawierzchnie parkingów muszą spełniać swoje funkcje w każdych warunkach pogodowych. Przy ich budowie stosuje się odpowiednie konstrukcje i materiały zabezpieczające przed tworzeniem się np. zapadlisk czy kolein. Bezpieczeństwo podczas dojazdu na parking, postoju i wyjazdu musi być zapewnione. Dlatego również konstrukcje nawierzchni są określone odpowiednimi przepisami. Określenie konstrukcji każdej nawierzchni zależne jest od warunków technicznych oraz użytkowych. Pierwsze dotyczą cech gruntu, na którym ma powstać parking, a drugie – obciążenia, jakiemu ma nawierzchnia podlegać.

Ocena nośności podłoża pod budowę parkingów

Cechy gruntu są określane na podstawie badań laboratoryjnych, wykonywanych zgodnie z polskimi normami i przepisami odrębnymi. Cytowane rozporządzenie MTiGM [3] określa grupy nośności podłoża zgodnie z tabelami 5 i 6.

Tabela 5. Określenie nośności podłoża [3]

Rodzaj gruntów podłoża	Grupa nośności podłoża dla warunków wodnych		
	dobrych	przeciętnych	złych
Grнты niewysadzinowe: rumosze (niegliaste), żwiry i pospółki, piaski grubo-, średnio- i drobnoziarniste, żużle nierozpadowe	G1	G1	G1
Grнты wątpliwe: piaski pylaste	G1	G2	G2
Grнты wątpliwe: zwiertzeliny gliniaste i rumosze gliniaste, żwiry i pospółki gliniaste	G1	G2	G3
Grнты mało wysadzinowe*): gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste zwięzłe, ility, ility piaszczyste i pylaste	G2	G3	G4
Grнты bardzo wysadzinowe: piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły, gliny, gliny piaszczyste i pylaste, ility warwowe	G3	G4	G4

*1) W stanie zwartym, półzwarłym lub twaroplastycznym ($I_L \leq 0,25$).

Tabela 6. Określenie nośności podłoża [3]

Wskaźnik nośności CBR ^{*)}	Grupa nośności podłoża nawierzchni
10% ≤ CBR	G1
5% ≤ CBR < 10%	G2
3% ≤ CBR < 5%	G3
CBR < 3%	G4

*) Badanie wskaźnika nośności CBR wykonuje się zgodnie z Polską Normą, lecz po czterech dobach nasycania wodą.

Jeżeli w wyniku badań podłoże zakwalifikowano do grupy nośności G2, G3 lub G4 należy je doprowadzić do grupy nośności G1. Zgodnie z rozporządzeniem [3], należy to wykonać sposobami przedstawionymi w tabelach 7 i 8.

Tabela 7. Wymiana warstwy gruntu podłoża nawierzchni na warstwę gruntu lub materiału niewysadzinowego [3]

Wskaźnik nośności CBR wymienionej warstwy (%)	Grubość wymienianej warstwy podłoża o grupie nośności (cm)		
	G2	G3	G4
20	30	50 ^{*)}	75 ^{*)}
25	25	40 ^{*)}	60 ^{*)}

*) Zalecane wzmocnienie podłoża geosyntetykiem.

Tabela 8. Grubość warstwy gruntu do wymiany na grunt niewysadzinowy na stanowiskach postojowych, chodnikach i ścieżkach rowerowych [3]

Grupa nośności podłoża wymienianej warstwy	Stanowiska postojowe samochodów ciężarowych	Pozostałe nawierzchnie
G2 i G3	15 cm	10 cm
G4	30 cm	20 cm

„Grubości warstw gruntu podlegających wymianie według powyższej tabeli można zmniejszyć, gdy pod wymienionym gruntem podłoże zostanie wzmocnione geosyntetykiem. W szczególności zaleca się wykonywanie wzmocnienia geo-

syntetykiem podłoża nawierzchni, gdy jest ono sklasyfikowane w grupie nośności G3 albo G4 i z powyższej tabeli wynika konieczność wymiany warstwy o grubości ≥ 50 cm. Wzmocnienie podłoża nawierzchni geosyntetykiem zaleca się także w przypadku przebudowy podłoża z nadmiernie nawilgoczących rodzimych gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym. We wszystkich tych przypadkach wykonanie wzmocnienia geosyntetykami powinno być zaprojektowane indywidualnie z uwzględnieniem cech gruntów, właściwości technicznych geosyntetyków oraz możliwości uzyskania wymaganych charakterystyk podłoża”.

Zalecane konstrukcje nawierzchni

Nawierzchnie parkingów przed budynkami użyteczności publicznej powinny mieć konstrukcje zapewniające ich długoletnią trwałość. Konstrukcja składa się z podbudowy zasadniczej, która może się dzielić na podbudowę górną i pomocniczą – dolną. Warstwa pomocnicza dolna oprócz funkcji nośnych, zabezpiecza nawierzchnię przed działaniem wody, mrozu i przenikaniem cząsteczek podłoża. W zależności od warunków geotechnicznych stosowane są: warstwa odsączająca, której zadaniem jest odprowadzenie wody z nawierzchni lub gruntu, warstwa odcinająca, której zadaniem jest uniemożliwienie przenikania cząstek podłoża do warstw leżących powyżej lub warstwa mrozoodporna, która chroni drogę przed przemarzaniem (stosowana jest głównie na gruntach wysadzinowych). Podbudowa górna, spełnia funkcję nośną konstrukcji drogi. Zadaniem całej podbudowy jest przenoszenie na podłoże obciążeń spowodowanych ruchem. Na wierzchu układa się materiały twarde, trudnościeralne, odporne na pogodę np. płyty, kostki, asfalt. Zalecane konstrukcje nawierzchni są wyszczególnione w rozporządzeniu MTiGM [3], zgodnie z danymi zawartymi w tabelach od 9 do 13.

Reasumując można stwierdzić, że liczba miejsc postojowych i sposób ich rozmieszczenia wynikają z wielkości i kształtu działki. Konstrukcje nawierzchni parkingów zależą natomiast od wymagań architektonicznych, rodzaju pojazdów i warunków drutowo-wodnych podłoża. Szczegółowe informacje dotyczące potrzeb parkingowych, wykorzystania parkingów, rodzajów parkingów czy organizacji parkowania można znaleźć m.in. w pracy [7].

Tabela 9. Zalecane konstrukcje nawierzchni stanowiska postojowego samochodów o ciężarze całkowitym nie większym niż 2500 kg, na podłożu G1 o module sprężystości (wtórnym) nie mniejszym niż 100 Mpa [3]

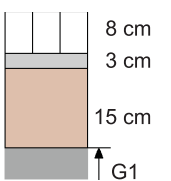
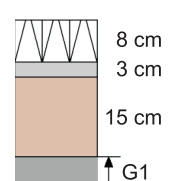
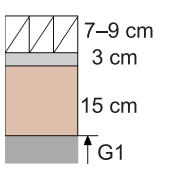
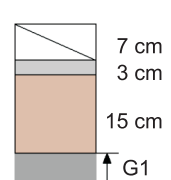
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Podsypka piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłuczni kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Płyty prefabrykowane ażurowe Podsypka piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłuczni kamiennego
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki kamiennej Podsypka piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłuczni kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Płyty chodnikowe Podsypka piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłuczni kamiennego

Tabela 10. Zalecane konstrukcje nawierzchni stanowiska postojowego samochodów ciężarowych na podłożu G1 o module sprężystości (wtórnym) nie mniejszym niż 120 Mpa [3]

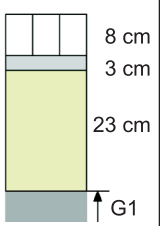
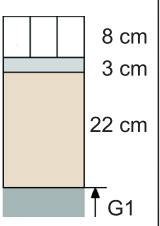
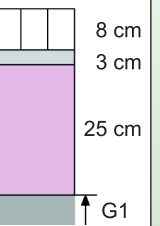
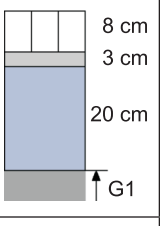
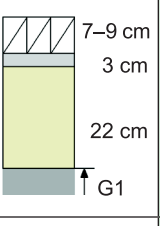
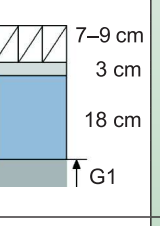
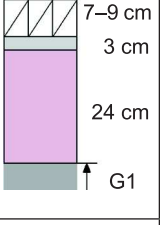
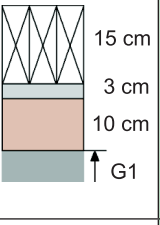
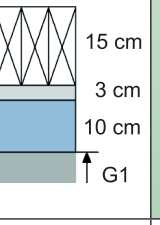
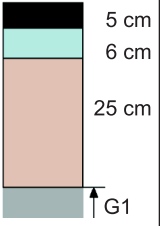
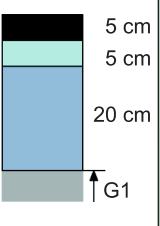
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z chudego betonu 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki kamiennej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki kamiennej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z chudego betonu cementowego lub betonu popiołowego
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki kamiennej Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie 		<ul style="list-style-type: none"> Płyty prefabrykowane żwirowo-betonowe Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Płyty prefabrykowane żwirowo-betonowe Podsyпка piaskowo-cementowa Podbudowa zasadnicza z chudego betonu cementowego lub betonu popiołowego
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego lub asfaltu lanego Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z betonu asfaltowego Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego Podbudowa zasadnicza z chudego betonu cementowego lub betonu popiołowego 		

Tabela 11. Zalecane konstrukcje nawierzchni ścieżek rowerowych i chodników [3]

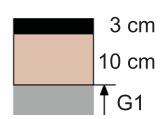
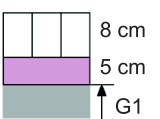
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z asfaltu lanego lub asfaltu piaskowego Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Piasek średnio- lub drobnoziarnisty
---	--	---	---

Tabela 12. Zalecane konstrukcje nawierzchni chodnika z dopuszczeniem postoju samochodów o ciężarze całkowitym nie większym niż 2500 kG, na podłożu G1 o module sprężystości (wtórnym) nie mniejszym niż 80 Mpa [3]

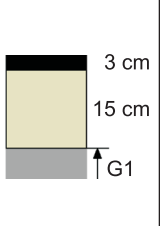
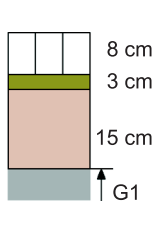
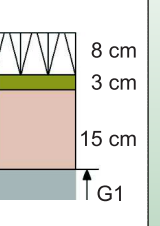
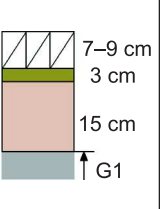
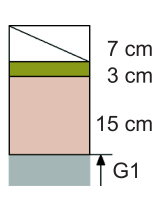
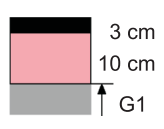
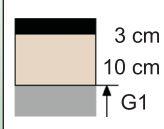
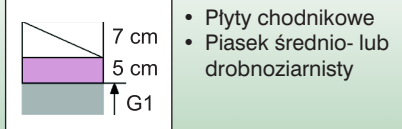
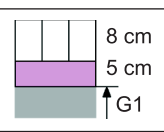
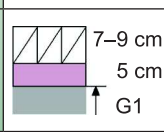
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z asfaltu lanego lub asfaltu piaskowego Podbudowa zasadnicza z tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki betonowej Podsyпка piaskowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Płyty prefabrykowane Podsyпка piaskowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego
	<ul style="list-style-type: none"> Warstwa ścieralna z kostki kamiennej Podsyпка piaskowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego 		<ul style="list-style-type: none"> Płyty chodnikowe Podsyпка piaskowa Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłucznia kamiennego 		

Tabela 13. Zalecane konstrukcje nawierzchni chodników przeznaczonych wyłącznie do ruchu pieszych [3]

	<ul style="list-style-type: none"> • Warstwa ścieralna z asfaltu lanego • Podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie 		<ul style="list-style-type: none"> • Warstwa ścieralna z asfaltu lanego lub asfaltu piaskowego • Podbudowa zasadnicza z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym 	 <ul style="list-style-type: none"> • Płyty chodnikowe • Piasek średnio- lub drobnoziarnisty
	<ul style="list-style-type: none"> • Warstwa ścieralna z kostki betonowej • Piasek średnio- lub drobnoziarnisty 		<ul style="list-style-type: none"> • Warstwa ścieralna z kostki kamiennej • Piasek średnio- lub drobnoziarnisty 	

Bibliografia

- [1] Mały rocznik statystyczny Polski. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, 2008
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690)
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. nr 43 poz. 430)
- [4] Korzeniewski W. *Parkingi i garaże dla samochodów osobowych. Wymagania techniczno-prawne*. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa. Warszawa 2000, s. 110
- [5] Budny J. *Jak dostosować budynek*. Wyd. Stowarzyszenia Przyjaciół Integracji. Warszawa 2004, s. 86
- [6] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 15 stycznia 1999 r. w sprawie określenia szczegółowych wymagań w zakresie przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego, ratownictwa technicznego, chemicznego, ekologicznego lub medycznego oraz warunków, jakim powinny odpowiadać drogi pożarowe. (Dz.U. nr 99.7.64)
- [7] Gaca St., Suchorzewski W., Tracz M. *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*. WKiŁ, Warszawa 2009, s. 504 ■



Ekonomiczno-geometryczne aspekty projektowania łuków pionowych

W ustalaniu pionowego kształtu tras drogowych dominuje podejście polegające na projektowaniu niwelety utworzonej przez poligon stycznych i wyokrągłaniu jego załamań za pomocą odpowiednich łuków pionowych. Jako łuki wyokrągłające służą z reguły łuki kołowe lub paraboliczne 2. stopnia. Szczegółowe zasady projektowania takich łuków w sposób ścisły zostały przedstawione m.in. w pracy [6], a ostatnio w pracach [5] i [4]. O rozpowszechnieniu takiego podejścia w praktyce decyduje głównie prostota matematyczna tych rozwiązań i wynikająca stąd możliwość bardzo rutynowego wykonywania określonych czynności projektowych. Jak się okazuje, kołowe lub paraboliczne łuki wyokrągłające nie są jednak najwłaściwsze pod względem ekonomicznym i ekologicznym, chociażby z powodu zużycia paliwa.

Autor niniejszego artykułu w ramach projektu badawczego KBN nr 8 T12C 022 21 [2] przeprowadził odpowiednie badania numeryczne w zakresie wskaźników zużycia paliwa w różnych grupach pojazdów kilku wariantów łuków pionowych, które były utworzone zarówno przez elementy tradycyjne, jak też przez wybrane tzw. wierzchołkowe krzywe przejściowe. Podstawę przeprowadzonych badań stanowiły odpowiednie zapisy zawarte w wytycznych *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (Aktualisierung der RAS-W 86)*. Wyniki badań wykazały, że celowe jest wyokrągla-

nie załamań niwelety np. za pomocą tzw. wielomianowych krzywych przejściowych, gdyż pozwala to na znaczną redukcję zużycia paliwa w obrębie łuków pionowych. Krzywe te są opisane nieco bardziej złożonymi wzorami niż łuki paraboliczne, jednak obecnie nie jest to problemem z uwagi na rozwój techniki komputerowej.

W artykule zaprezentowano matematyczne rozwiązania wielomianowych krzywych przejściowych oraz w skrócie opisano wyniki badań dotyczących zużycia paliwa. W nawiązaniu do tych wyników, wskazujących na możliwą redukcję zużycia paliwa przy stosowaniu wielomianowych krzywych przejściowych, zaproponowano szczegółowe procedury obliczeniowe w odniesieniu do wyokrągłania załamań niwelety za pomocą łuków wierzchołkowych, stworzonych przez te krzywe.

Wielomianowe krzywe przejściowe i ich właściwości

Wielomianowe krzywe przejściowe różnią się od większości innych znanych krzywych przejściowych innym usytuowaniem w układzie współrzędnych (rys. 1). Styczna w punkcie początkowym, tzw. styczna główna, nie zajmuje położenia poziomego, lecz jest nachylona pod pewnym kątem u_p względem osi odciętych. Krzywizna tych krzywych osiąga wartość maksymalną $-1/R_K$ w punkcie końcowym K