



MACIEJ TKACZYK
mtkaczyk992@gmail.com



KAROL J. KOWALSKI
k.kowalski@il.pw.edu.pl
ORCID: 0000-0002-9996-3637



PAWEŁ DĄBKOWSKI
p.dabkowski@il.pw.edu.pl
ORCID: 0000-0001-9268-382X

Politechnika Warszawska

Koncepcja przebudowy węzła drogowego Golden Glades w Miami na Florydzie.

Część 3. Porównanie przepisów technicznych polskich i USA (stan Floryda)

Węzeł Golden Glades zlokalizowany jest w środkowej, intensywnie zurbanizowanej części Miami w otoczeniu gęstej sieci drogowej. Jest on splotem pięciu głównych dróg. W części 1 artykułu opisano koncepcję przebudowy węzła, w której przedstawiono jego charakterystykę, znaczenie w systemie transportu Miami oraz obciążenia ruchem poszczególnych tras i połączeń między nimi, co pozwoliło na przedstawienie pięciu rozwiązań K1–K5. W części 2 artykułu zaprezentowano analizy w celu wyboru najkorzystniejszego rozwiązania projektowego, tj. analizę wielokryterialną, wrażliwości i przepustowości. W obecnej (trzeciej) części artykułu przedstawiono porównanie wybranych standardów projektowych w Polsce oraz w USA. Ze względu na rozbieżności pomiędzy standardami projektowymi w poszczególnych stanach USA w porównaniu skupiono się na stanie Floryda, w którym zlokalizowany jest węzeł Golden Glades.

Artykuł opracowano na podstawie pracy dyplomowej magisterskiej inż. Macieja Tkaczyka pt. "Projekt koncepcyjny przebudowy węzła drogowego Golden Glades w Miami wraz analizą porównawczą standardów projektowych w Polsce i USA" obronionej na Politechnice Warszawskiej w 2021 roku. Promotorem pracy był dr hab. inż. Karol Jan Kowalski, profesor uczelni, konsultantem mgr inż. Paweł Dąbkowski.

Pochodzenie przepisów amerykańskich

Stany Zjednoczone posiadają najbardziej rozbudowaną sieć drogową na świecie z 6,58 milionami kilometrów długości. *National Highway System (NHS)* – System Autostrad Krajowych, których trasa przebiega przez wiele stanów

USA, składa się z dróg o łącznej długości 48,191 mil, czyli 77,556 km, których dzisiejsza wartość szacowana jest na blisko 521 miliardów dolarów (Federal Highway Administration, 2016).

Drogi międzystanowe, tzw. *Interstate* podlegają przepisom federalnym. Przepisy te ustanawiane są przez Departament Transportu USA, a konkretnie przez Federalną Administrację Autostrad (*Federal Highway Administration – FHWA*) we współpracy z departamentami transportu w poszczególnych stanach (tzw. *DOTs*) oraz zatwierdzone są przez sekretarza w Departamencie Transportu USA.

Departamenty Autostrad Stanowych, współpracujące z amerykańskim Stowarzyszeniem Urzędników ds. Autostrad i Transportu (*American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO*), opracowują standardy projektowania za pośrednictwem szeregu komitetów i grup zadaniowych. FHWA przyczynia się do rozwoju standardów projektowych poprzez członkostwo w tych jednostkach roboczych, sponsorowanie i uczestnictwo w pracach badawczych oraz wiele innych inicjatyw. Po opracowaniu standardów projektowych FHWA stosuje formalny proces tworzenia przepisów, aby przyjąć te, które uważa za odpowiednie do zastosowania w NHS (FHWA, Federal Highway Administration, 2019b).

Projekty dróg międzystanowych mogą odbiegać od standardów federalnych. Agencje stanowe i lokalne mogą rozważyć projekty, które odbiegają od standardów projektowania NHS, jeżeli jest to uzasadnione na podstawie analizy warunków, kontekstu i konsekwencji proponowanych projektów. Jeśli agencja zdecyduje się odstąpić od normy, musi udokumentować wyjątek projektowy (FHWA, Federal Highway Administration, 2019a).

Pozostałe drogi podlegają przepisom stanowym i projektowane są według standardów opracowanych przez poszczególne stanowe departamenty transportu.

Standardy projektowe stanu Floryda

Obecna wersja standardów projektowych pochodzi z roku 2018 i jest dostępna na stronie internetowej Departamentu Transportu Stanu Floryda wraz z archiwalnymi wydaniem.

Departament Transportu Stanu Floryda opracował także kompleksową instrukcję projektowania dróg stanowych.

Opisuje ona niemal każdy aspekt projektowania począwszy od opisu procesu projektowego i estetyki projektu, przez projektowanie geometrii dróg, obliczenia robót ziemnych, a na szczegółach poszczególnych rysunków kończąc. Każdy rozdział podręcznika jest dostępny w formie elektronicznej, a niektóre z nich są również dostępne w formie poradników wideo (tzw. webinarów) na portalu YouTube.

Porównanie z polskimi przepisami

Najważniejszym dokumentem branym pod uwagę w trakcie projektowania dróg w Polsce jest Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (tekst jednolity Dz. U. z 2016 poz. 124).

Standardy projektowe dla dróg w stanie Floryda podzielone są na dwie grupy. Pierwszą z nich są standardy dla dróg ogólnodostępnych, a drugą standardy dla dróg o ograniczonej dostępności – pewne parametry projektowe są jednak identyczne dla obu tych grup.

Podział na klasy

Pierwszym porównywanym zagadnieniem będzie podział dróg na klasy techniczne/funkcjonalne. Podział dróg na klasy ma za zadanie zróżnicować je ze względu na parametry techniczne, zarządzanie drogą oraz np. finansowanie budowy czy remontu. W polskim prawie, w celu określenia wymagań technicznych i użytkowych, wprowadzono siedem klas dróg (A – autostrady, S – ekspresowe, GP – główne ruchu przyspieszonego, G – główne, Z – zbiorcze, L – lokalne oraz D – dojazdowe).

Drogi zaliczone do jednej z kategorii, w rozumieniu przepisów o drogach publicznych, powinny mieć parametry techniczne i użytkowe odpowiadające następującym klasom dróg:

1. drogi krajowe – klasy A, S lub GP,
2. drogi wojewódzkie – klasy GP lub G,
3. drogi powiatowe – klasy GP, G lub Z,
4. drogi gminne – klasy GP, G, Z, L lub D i wyjątkowo klasy Z (WT, 1999).

Podobny podział występuje w Stanach Zjednoczonych. Drogi dzielone są na następujące klasy funkcjonalne (Federal Highway Administration, 2017) (FHWA, 2000):

1. *Interstate* – drogi międzystanowe o prędkościach od 55 do 75 mil/h (ok. 90 do 120 km/h),
2. *Freeways and Expressways* – autostrady i drogi ekspresowe nie będące częścią systemu dróg międzystanowych,
3. *Other Principal arterials* – trasy przelotowe/magistralne nie należące do kategorii 1 i 2 obsługujące duże centra miejskie/aglomeracje,
4. *Minor arterials* – mniejsze trasy przelotowe/magistralne,
5. *Major collector* – większe drogi zbiorcze,
6. *Minor collector* – mniejsze drogi zbiorcze,
7. *Local* – drogi lokalne.

Typy projektowanych dróg uwzględnianych w stanie Floryda zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Typy projektowanych dróg (FDOT, 2019)

Klasyfikacja funkcji	Podstawowe cechy
Drogi o ograniczonym dostępie	Ograniczona dostępność
	Podstawowe trasy przewozu towarów
	Ruch tranzytowy
	Prowadzone wg. standardów projektowych FHWA
Główne arterie	Ruch o dłuższym dystansie
	Ruch tranzytowy
	Podstawowe trasy przewozu towarów
Mniejsze arterie	Połączenia między obszarami lokalnymi i głównymi arteriami
	Połączenia dla ruchu tranzytowego na głównych arteriach
	Dostęp do transportu publicznego i ruchu przelotowego
Drogi zbiorcze	Przenosi ruch związany z trasami kończącymi się w konkretnych obszarach
	Dostęp do ośrodków mieszkalnych i komercyjnych
	Dostęp do transportu publicznego
	Umożliwia ruch pieszych i rowerzystów
Drogi lokalne	Bezpośredni dostęp do nieruchomości mieszkalnych i komercyjnych
	Umożliwia ruch pieszych i rowerzystów

Przedstawione powyżej dane pozwalają stwierdzić, że polskie i amerykańskie standardy są w tej kategorii bardzo zbliżone. W obu przypadkach występuje podział dróg ze względu na kryterium dostępności – na drogi o ograniczonej dostępności i ogólnodostępne. Oba systemy przepisów zawierają po 7 klas technicznych dróg (z uwzględnieniem dróg ekspresowych i autostrad amerykańskich umieszczonych w tej samej kategorii).

Prędkość projektowa

Kolejnym porównywanym zagadnieniem jest prędkość projektowa drogi. Zgodnie z definicją zawartą w Warunkach Technicznych (WT, 1999) jest to parametr techniczno-ekonomiczny, któremu są przyporządkowane graniczne wartości elementów drogi, proporcje między nimi oraz zakres wyposażenia drogi. W polskich warunkach prędkość projektowa zależna jest od klasy drogi oraz lokalizacji drogi względem zabudowy.

Tabela 2. Prędkości projektowe na drogach danej klasy w stanie Floryda (FDOT, 2019)

Obszar	Zakres prędkości projektowej (km/h)	Minimalna prędkość projektowa dla SIS
Drogi o ograniczonym dostępie (międzystanowe, autostrady, drogi ekspresowe)		
Wiejski i miejski	112	112
Zurbanizowany	80–112	96

Tabela 2. Prędkości projektowe na drogach danej klasy w stanie Floryda (cd.) (FDOT, 2019)

Obszar	Zakres prędkości projektowej (km/h)	Minimalna prędkość projektowa dla SIS
Arterie i drogi zbiorcze		
C1 Naturalny	88–112	105
C2 Wiejski	88–112	105
C2T Wiejsko-miejski	40–72	65
C3 Podmiejski	56–88	80
C4 Zurbanizowany ogólny	48–72	72
C5 Zurbanizowany centrum	40–56	56
C6 Zurbanizowany ścisłe centrum	40–48	48
Uwagi: SIS – Strategic Intermodal System – strategiczny system intermodalny		

Prędkość projektowa dróg projektowanych w stanie Floryda zależy od kryterium **dostępności**. Następnie, dla dróg o ograniczonej dostępności, zależy od usytuowania względem zabudowy (tabela 2).

Prędkość projektowa dla dróg ogólnodostępnych zależy od kategorii terenu, przez który dana droga przebiega. Kategorie terenu zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Kategorie terenu w stanie Floryda (FDOT, 2019)

Obszar		Opis
C1	Naturalny	Tereny zachowane w stanie naturalnym lub w stanie dzikiej przyrody, w tym tereny nienadające się do osiedlenia z powodu warunków naturalnych
C2	Wiejski	Tereny słabo zasiedlone; mogą obejmować grunty rolne, użytki zielone, lasy i tereny podmokłe
C2T	Wiejsko-miejski	Małe skupiska obszarów rozwiniętych bezpośrednio otoczonych obszarami wiejskimi i przyrodniczymi; obejmuje wiele historycznych miast
C3	Podmiejski	Głównie osiedla mieszkaniowe z drogami samodzielnymi/ nienależącymi do sieci dróg
C4	Zurbanizowany ogólny	Połączenie dróg samodzielnych i sieci drogowych. Może rozciągać się na duże odległości. Sieć jezdni zwykle łączy się z dzielnicami mieszkaniowymi bezpośrednio wzdłuż jezdni
C5	Zurbanizowany centrum	Połączenie dróg samodzielnych i sieci drogowych. Zazwyczaj skoncentrowany w obrębie kilku przecznicy. Może być to dzielnica/centrum ekonomiczne
C6	Zurbanizowany ścisłe centrum	Obszary o największym zagęszczeniu ludności (powyżej 1 mln) oraz budynków o wysokości większej niż 4 piętra

Powyższe dane wskazują na różnice między standardami obu krajów. Podział ten różni się od standardów polskich chociażby ze względu na wymienione w przepisach stanu Floryda 7 typów obszarów zabudowy. Ponadto brak w przepisach amerykańskich wyszczególnienia zakresu prędkości projektowych dla konkretnych kategorii dróg – prędkości

podane są zbiorczo dla dróg o ograniczonym dostępie oraz dla arterii i dróg zbiorczych.

Jezdnie oraz pasy dzielące

Kolejnym porównywanym zagadnieniem projektowym są parametry jezdni oraz pasów ruchu. W polskim rozporządzeniu jezdniom poświęcony jest rozdział drugi. O ilości jezdni i pasów ruchu mówią kolejne punkty w paragrafie 14 (WT, 1999). Pasy dzielące omówione są natomiast w rozdziale 5 (WT, 1999).

W przepisach stanu Floryda o konieczności budowy dwóch jezdni, jak i o minimalnej szerokości pasów dzielących, mówią dane w tabelach 4 i 5.

Tabela 4. Szerokość pasów dzielących dla dróg o ograniczonej dostępności w stanie Floryda (FDOT, 2019)

Typ drogi		Minimalna szerokość pasa dzielącego
Międzyzstanowe, bez barier		19,5 m
Autostrady i drogi ekspresowe bez barier	Prędkość projektowa > 96 km/h	18,3 m
	Prędkość projektowa < 96 km/h	12,2 m
Wszystkie bez barier		7,9 m

Tabela 5. Szerokość pasów dzielących dla dróg ogólnodostępnych w stanie Floryda (FDOT, 2019)

Obszar	Drogi z obrzeżami (krawężnikami) i pobocza z odwodnieniem		Drogi wysokich prędkości z obrzeżami (krawężnikami)		Pobocza z odwodnieniem
	prędkość projektowa (km/h)				
	40–56	64–72	80–88	>88	
C1 Naturalny	n/d	n/d	9,1 m	12,2 m	
C2 Wiejski	n/d	n/d	9,1 m	12,2 m	
C2T Wiejsko-miejski	4,7 m	6,7 m	n/d	n/d	
C3 Podmiejski	6,7 m	6,7 m	9,1 m	12,2 m	
C4 Zurbanizowany ogólny	4,7 m	6,7 m	n/d	n/d	
C5 Zurbanizowany centrum	4,7 m	n/d	n/d	n/d	
C6 Zurbanizowany ścisłe centrum	4,7 m	n/d	n/d	n/d	

Podsumowując informacje dotyczące jezdni i pasów ruchu stwierdzić należy, że podział ten różni się od standardów polskich chociażby ze względu na wymienione w przepisach stanu Floryda 7 typów obszarów zabudowy. Ponadto brak w przepisach amerykańskich wyszczególnienia zakresu prędkości projektowych dla konkretnych kategorii dróg – prędkości podane są zbiorczo dla dróg o ograniczonym dostępie oraz dla arterii i dróg zbiorczych.

Przepisy dotyczące jezdni oraz pasów dzielących również w obu krajach się różnią. W polskich przepisach brak

jest konkretnych wartości dotyczących szerokości pasów dzielących – ma on natomiast mieć konstrukcję odpowiednią do przeznaczenia i wymagań bezpieczeństwa ruchu, umożliwiać odwodnienie oraz m.in. na drogach klasy A i S umożliwiać umieszczenie barier ochronnych. Przepisy stanu Floryda podają konkretne wartości szerokości pasów dzielących w zależności od typu obszaru oraz występowania krawężnika i systemów odwodnienia.

Pasy ruchu

Tabela 6. Szerokość pasa ruchu na drodze w różnej kategorii terenu w stanie Floryda (FDOT, 2019)

Obszar	Jezdnia główna			Jezdnia pomocnicza			Dwu-kierunkowy skręt w lewo	
	prędkość projektowa km/h							
	40–56	64–72	80	40–56	64–72	80	40–56	64
	szerokość pasa ruchu (m)							
C1 Naturalny	3,35	3,35	3,65	3,35	3,35	3,65	n/d	
C2 Wiejski	3,35	3,35	3,65	3,35	3,35	3,65		
C2T Wiejsko-miejski	3,35	3,35	3,65	3,35	3,35	3,65	3,65	3,65
C3 Podmiejski	3,05	3,35	3,65	3,05	3,35	3,65	3,35	3,65
C4 Zurbanizowany ogólny	3,05	3,35	3,65	3,05	3,35	3,65	3,35	3,65
C5 Zurbanizowany centrum	3,05	3,35	3,65	3,05	3,35	3,65	3,35	3,65
C6 Zurbanizowany ściśle centrum	3,05	3,35	3,65	3,05	3,35	3,65	3,35	3,65

Następnym porównywanym zagadnieniem jest szerokość pasów ruchu. W polskich przepisach w głównej mierze wartość ta wynika z klasy technicznej danej drogi. Ponadto paragraf 16.1 mówi o poszerzeniach pasów ruchu na łukach kołowych w planie odpowiednio $\frac{40}{R}$ dla dróg klas Z i w wyższej oraz ulicy klasy L usytuowanej na obszarze przemysłowo-handlowym lub na której odbywa się zbiorowa komunikacja autobusowa, a także $\frac{30}{R}$ dla dróg klasy D oraz

innych niż wymienione wcześniej drogach klasy L.

Szerokości pasów ruchu w stanie Floryda ustala się na podstawie tabeli 6.

Dane dotyczące szerokości pasów ruchu pozwalają stwierdzić, że jest to kolejny obszar, w którym przepisy polskie oraz amerykańskie znacząco się różnią. W przepisach polskich szerokość pasów ruchu uzależniona jest od klasy drogi oraz występowania zabudowy w terenie, przez którą droga przebiega. Natomiast w przepisach stanu Floryda szerokość pasów ruchu uzależniona jest od 3 kryteriów – prędkości

projektowej, charakteru pasa ruchu (główny, pomocniczy, lewoskręt) oraz kategorii terenu, przez który dana droga przebiega. Szerokości pasów przyjmują trzy wartości: 10, 11 i 12 stóp, czyli w przeliczeniu odpowiednio 3,05 m, 3,35 m oraz 3,65 m.

Promienie łuków kołowych w planie i pochylenia poprzeczne na łukach

W tej części porównano dane dotyczące promieni łuków kołowych w planie i pochyłeń poprzecznych na łukach.

Warunki Techniczne (WT, 1999) zaznaczają, że łuk kołowy powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby zachowane było bezpieczeństwo ruchu pojazdów po mokrej nawierzchni z prędkością miarodajną – w wypadku drogi klasy G i dróg wyższych klas lub z prędkością projektową – na drodze klasy Z, L lub D, dlatego też wartość dobrane-go promienia łuku jest ściśle połączona z pochyleniem poprzecznym. Dodatkowo brana jest pod uwagę klasa drogi, prędkość projektowa lub miarodajna lokalizacja drogi względem terenu zabudowy oraz rodzaj przekroju poprzecznego. Ponadto zmiana pochylenia poprzecznego jezdni powinna być wykonana na krzywej przejściowej (WT, 1999).

W stanie Floryda zmiany wartości pochylenia poprzecznego powinny odbywać się w 80% na stycznej do łuku i w 20% na samym łuku (FDOT, 2019). Natomiast same wartości pochyłeń poprzecznych jak i długości krzywych w planie przedstawiono w tabelach 7–11.

Maksymalne pochylenie poprzeczne 5% lub 10% zależy od tego czy dana droga określona jest mianem drogi odpowiednio niskich lub wysokich prędkości.

Podsumowując przedstawione informacje w zakresie łuków i pochyłeń poprzecznych stwierdzić należy, że przepisy obu krajów różnią się co do wielkości krzywych poziomych. W przepisach polskich mowa o minimalnym promieniu łuku poziomego w zależności od prędkości projektowej oraz zabudowy terenu. W przepisach stanu Floryda mowa natomiast o długości krzywej w planie.

Pochylenie poprzeczne w obu systemach przepisów dobiera się w podobny sposób z wyjątkiem dodatkowego kryterium w przepisach amerykańskich jakim jest kąt zwrotu trasy na której znajduje się łuk oraz podziału na maksymalne dopuszczalne pochylenie poprzeczne – 5% i 10%.

Tabela 7. Dobór długość krzywej poziomej w stanie Floryda (FDOT, 2019)

Długość krzywej poziomej (m)	Międzystanowe, autostrady i drogi ekspresowe na podstawie prędkości projektowej (km/h)									
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112
Pożądana	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	457	503	548	594	640
Minimalna	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	228	251	274	297	320
Długość krzywej poziomej (m)	Łącznice na podstawie prędkości projektowej (km/h)									
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112
Pożądana	122	137	160	183	205	457	503	549	594	640
Minimalna	122	122	122	122	122	229	251	274	297	320

Tabela 8. Pochylenie poprzeczne jezdni na łuku w stanie Floryda w przypadku pochylenia maksymalnego 10% (FDOT, 2019)

Pochylenie poprzeczne jezdni na łuku (maksymalne pochylenie 0,1)										
Kąt krzywej	Promień (m)	Prędkość projektowa (km/h)								
		48	56	64	72	80	88	96	104	112
0° 15'	6985	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0° 30'	3493	NC	NC	NC	NC	NC	NC	RC	RC	RC
0° 45'	2328	NC	NC	NC	NC	RC	RC	0,023	0,025	0,028
1° 00'	1746	NC	NC	NC	NC	0,021	0,025	0,030	0,033	0,037
1° 15'	1397	NC	NC	RC	0,022	0,026	0,031	0,036	0,041	0,046
1° 30'	1164	NC	RC	0,021	0,026	0,031	0,037	0,043	0,048	0,054
2° 00'	873	RC	0,022	0,028	0,034	0,040	0,048	0,055	0,062	0,070
2° 30'	698	0,021	0,028	0,034	0,041	0,049	0,058	0,067	0,075	0,085
3° 00'	582	0,025	0,032	0,040	0,049	0,057	0,067	0,077	0,087	0,096
3° 30'	499	0,029	0,037	0,046	0,055	0,065	0,075	0,086	0,095	0,100
4° 00'	436	0,033	0,042	0,051	0,061	0,072	0,083	0,093	0,099	
5° 00'	349	0,040	0,050	0,061	0,072	0,083	0,094	0,098		
6° 00'	291	0,046	0,058	0,070	0,082	0,092	0,099			
7° 00'	249	0,053	0,065	0,078	0,089	0,098				
8° 00'	218	0,058	0,071	0,084	0,095	0,100				
9° 00'	194	0,063	0,077	0,089	0,098					
10° 00'	174	0,068	0,082	0,094	0,100					
11° 00'	158	0,072	0,086	0,097						
12° 00'	145	0,076	0,090	0,099						
13° 00'	134	0,080	0,093	0,100						
14° 00'	124	0,083	0,096							
15° 00'	116	0,086	0,098							
16° 00'	109	0,089	0,099							
18° 00'	97	0,093								
20° 00'	87	0,097								
22° 00'	79	0,099								
24° 00'	73	0,100								
NC – Normal Crown – Normalna korona (-0,02) RC – Reverse Crown – Odwrócona korona (+0,02) Rnc – Minimalny promień dla NC Rrc – Minimalny promień dla RC										
NC/RC – Punkty przełamania – promień w metrach										
Punkty przełamania	Prędkość projektowa (km/h)									
	48	56	64	72	80	88	96	104	112	
Rnc	1020	1336	1695	2096	2541	3032	3569	4012	4485	
Rrc	753	987	1253	1550	1881	2247	2647	2982	3339	

Tabela 10. Prędkość podnoszenia krawędzi jezdni na łukach (FDOT, 2019)

Prędkość podnoszenia krawędzi jezdni						
Maksymalne pochylenie poprzeczne 0,1						
0,1			0,5			
Prędkość projektowa (km/h)						
40–64	72–80	88–96	104–112	40–56	64	72
1:175	1:200	1:225	1:250	1:100	1:125	1:150
–	1:160	1:180	1:200			
–	1:150	1:170	1:190			

Tabela 9. Pochylenie poprzeczne jezdni na łuku w stanie Floryda w przypadku pochylenia maksymalnego 5% (FDOT, 2019)

Pochylenie poprzeczne jezdni na łuku (maksymalne pochylenie 0,05)					
Kąt krzywej	Promień (m)	Prędkość projektowa (km/h)			
		40–48	56	64	72
2° 00'	873	NC	NC	NC	NC
2° 15'	776				
2° 45'	635				NC
3° 00'	582				RC
3° 45'	466			NC	
4° 00'	436			RC	
4° 45'	368				
5° 00'	349		NC		
5° 15'	332		RC		
5° 30'	317				
5° 45'	304				
6° 00'	291				RC
6° 15'	279				0,022
6° 30'	269				0,024
6° 45'	259				0,027
7° 00'	250	NC			0,030
7° 15'	240	RC			0,033
7° 30'	233				0,037
7° 45'	225				0,041
8° 00'	218			RC	0,045
8° 15'	212				0,022
8° 30'	205				0,025
8° 45'	200				0,027
9° 00'	194				0,030
9° 30'	184				0,034
10° 00'	175				0,040
10° 30'	166		RC		0,047
11° 00'	159			0,023	
11° 30'	152			0,026	
12° 00'	145			0,030	
13° 00'	134			0,036	
14° 00'	125	RC		0,045	
15° 00'	116	0,023			
16° 00'	109	0,027			
17° 00'	103	0,032			
18° 00'	97	0,038			
19° 00'	92	0,043			NC – Normal Crown – Normalna korona (-0,02)
20° 00'	87	0,050			RC – Reverse Crown – Odwrócona korona (+0,02)
NC/RC – Punkty przełamania – promień w metrach					
Punkty przełamania	Prędkość projektowa (km/h)				
	48	56	64	72	
Rnc	1020	1336	1695	2096	
Rrc	753	987	1253	1550	

Tabela 11. Minimalna długość łuku poziomego (FDOT, 2019)

Minimalna długość łuku (m)	Promień (m)						
	30	46	61	76	91	122	≥152
Zalecana	20	21	30	36	46	55	61
Minimalna	12	15	20	26	30	36	46

Pochylenia podłużne

Kolejnym porównywanym zagadnieniem są pochylenia podłużne. W naszym kraju wartości pochylenia podłużnych odcinków o stałym pochyleniu w głównej mierze zależą od prędkości projektowej. Ponadto pochylenie niwelety nie powinno wynosić mniej niż 0,3% – z zastrzeżeniem, że pochylenie powinno umożliwiać odpowiednie odwodnienie oraz pochylenie ukośne jezdni powinno być nie mniejsze niż 0,7% i nie większe niż 12%. W przypadku trudnego ukształtowania terenu dopuszcza się na drogach klasy L i D pochylenie ukośne większe niż 12%.

Wartości dotyczące pochylenia podłużnych, które obowiązują na Florydzie, podano w tabelach 12–18.

Tabela 12. Maksymalna zmiana pochylenia podłużnego bez zastosowania łuku pionowego (FDOT, 2019)

Maksymalna zmiana pochylenia podłużnego bez zastosowania łuku pionowego (%)									
Prędkość projektowa (km/h)									
40–48	56	64	72	80	88	96	104	112	
0,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	

Tabela 13. Maksymalne pochylenie podłużne na drogach ogólnodostępnych (FDOT, 2019)

Obszar	Maksymalne pochylenia podłużne na drogach ogólnodostępnych (%)									
	Prędkość projektowa (km/h)									
	40–48	56	64	72	80	88	96	104	112	
C1 Naturalny	n/d	n/d	n/d	n/d	4	4	3	3	3	
C2 Wiejski	n/d	n/d	n/d	n/d	4	4	3	3	3	
C2T Wiejsko-miejski										
C3 Podmiejski	8	7	7	6	6	5	n/d	n/d	n/d	
C4 Zurbanizowany ogólny										
C5 Zurbanizowany centrum	8	8	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	
C6 Zurbanizowany ścisłe centrum										

Tabela 14. Maksymalne pochylenie podłużne na drogach o ograniczonej dostępności (FDOT, 2019)

	Maksymalne pochylenia podłużne na drogach o ograniczonej dostępności (%)									
	Prędkość projektowa (km/h)									
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112
Drogi o ograniczonej dostępności	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	4	4	3	3	3
Łącznice	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3

Tabela 15. Minimalna wartość parametru K dla łuków pionowych na drogach ogólnodostępnych (FDOT, 2019)

Rodzaj krzywej	Minimalna wartość parametru K dla łuków pionowych na drogach ogólnodostępnych										
	Prędkość projektowa (km/h)										
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	
Krzywa wklęsła	26	37	49	64	79	96	115	136	157	181	
Krzywa wypukła (nowa konstrukcja)	19	31	47	70	98	136	185	245	313	401	
Krzywa wypukła (renowacja nawierzchni)	12	19	29	44	61	84	114	151	193	247	

Tabela 16. Minimalna wartość parametru K dla łuków pionowych na drogach o ograniczonej dostępności (FDOT, 2019)

Rodzaj krzywej	Minimalna wartość parametru K dla łuków pionowych na drogach o ograniczonej dostępności											
	Prędkość projektowa (km/h)											
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112		
Droga międzystanowa												
Krzywa wklęsła	n/d					115	136	157	181	206		
Krzywa wypukła (nowa konstrukcja)	n/d					185	245	313	401	506		
Krzywa wypukła (renowacja nawierzchni)	n/d					114	151	193	247	312		
Autostrady i drogi ekspresowe												
Krzywa wklęsła	n/d					96	115	136	157	181		
Krzywa wypukła (nowa konstrukcja)	n/d					136	185	245	313	401		
Krzywa wypukła (renowacja nawierzchni)	n/d					84	114	151	193	247		
Łącznice												
Krzywa wklęsła	26	37	49	64	79	96	115	136	157	181		
Krzywa wypukła (nowa konstrukcja)	19	31	47	70	98	136	185	245	313	401		
Krzywa wypukła (renowacja nawierzchni)	12	19	29	44	61	84	114	151	193	247		

Tabela 17. Minimalna długość krzywych pionowych dla dróg ogólnodostępnych (FDOT, 2019)

	Minimalna długość krzywej (m)										
	Prędkość projektowa (km/h)										
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	
Krzywa wklęsła	23	27	32	36	41	61	76	91	107	122	
91						107	122	137	152		
Krzywa wypukła											

Tabela 18. Minimalna długość krzywych pionowych dla dróg o ograniczonej dostępności (FDOT, 2019)

Rodzaj krzywej	Minimalna długość krzywej (m)										
	Prędkość projektowa (km/h)										
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	
Drogi międzystanowe, autostrady i drogi ekspresowe											
Krzywa wklęsła	n/d					244					
Krzywa wypukła (odcinki międzywęzłowe)	n/d					305					
Krzywa wypukła (w obrębie węzłów)	n/d					549					
Łącznice											
Krzywa wklęsła	23	27	32	36	41	61	76	91	107	122	
						91	107	122	137	152	

Podsumowując kolejne porównanie, przepisy dotyczące projektowania niwelety drogi również różnią się w obu krajach. Przepisy stanu Floryda stawiają więcej wymagań niż przepisy polskie. W rozporządzeniu zamieszczono dwie tabele w z wymaganiami dotyczącymi niwelety drogi: maksymalne pochylenie niwelety oraz wielkość promieni łuków pionowych. Oba parametry zależne są od prędkości projektowej. Podręcznik projektowania geometrii drogi stanu Floryda przedstawia natomiast 4 parametry projektowania niwelety drogi: maksymalna zmiana pochylenia poprzecznego bez zastosowania łuku pionowego, maksymalne pochylenie podłużne na drogach, minimalna wartość parametru K dla łuków pionowych oraz minimalna długość krzywej. Ze względu na charakter danych parametrów, możliwe jest jedynie porównanie wartości maksymalnego pochylenia podłużnego na drodze. Przedstawiono je w tabeli 19.

Tabela 19. Porównanie maksymalnego pochylenia niwelety drogi

Polska		Floryda	
Prędkość projektowa (km/h)	Pochylenie niwelety (%)	Prędkość projektowa (km/h)	Pochylenie niwelety (%)
30	12	40	7-8
40	10	48	6-8
50	9	56-64	6-7
60	8	72	5-6
70	7	80	4-6
80	6	88	4-5
100	5	96	3-4
120	4	104-112	3

Jak można zauważyć, w stanie Floryda wymagania co do pochylenia podłużnego drogi są większe niż w Polsce.

Węzły drogowe

Następnym porównywanym działem projektowania dróg będzie porównanie dotyczące węzłów drogowych. Węzłom drogowym w rozporządzeniu poświęcony jest rozdział 14. Zakres stosowania węzłów zamieszczono w tabeli 20.

Odległości między węzłami omówione są natomiast w § 9 ust 1 rozporządzenia (WT, 1999).

Tabela 20. Zakres stosowania węzłów poszczególnych rodzajów. Typy węzłów: WA – węzeł bezkolizyjny, WB – węzeł częściowo bezkolizyjny, WC – węzeł kolizyjny (WT, 1999)

Klasa drogi	A	S	GP	G	Z
A	WA	WA	WA, WB	WB, (WA)	-
S	WA	WA	WA, WB	WB, (WA)	WB, (WA)
GP	WA, WB	WA, WB	WB, WA (WC)	WB, (WC)	WB, (WC)
G	WB, (WA)	WB, (WA)	WB, (WC)	WB, (WC)	WB, (WC)
Z	-	WB, (WA)	WB, (WC)	WB, (WC)	WB, WC

Jeśli chodzi o projektowanie węzłów, FDOT odwołuje się do dokumentu *AASHTO – A policy on geometric design of highways and streets* - Polityka dotycząca geometrycznego projektowania autostrad i ulic. Ze względu na kolor okładki zwana potocznie „Green Book” – zielona książka.

Dane dotyczące projektowania węzłów zamieszczono w tabelach 21 i 22.

Tabela 21. Odległości między węzłami (FDOT, 2019)

Klasa dostępności	Typ obszaru	Lokalizacja odcinka	Odległość międzywęzłowa (km)
1	Typ 1	Miasta i obszary zurbanizowane	1,61
	Typ 2	Miasta i obszary zurbanizowane inne niż Typ 1	3,22
	Typ 3	Obszary częściowo zurbanizowane i obszary zurbanizowane inne niż Typ 1 i Typ 2	4,83
	Typ 4	Obszary wiejskie	9,66

Tabela 22. Zakres stosowania węzłów poszczególnych rodzajów (FDOT, 2019)

Klasa dostępności	Typ pasa dzielącego	Odstępy między połączeniami (m)		Odstępy między przerwami w pasie dzielącym (m)		Odstęp między sygnalizatorami (m)
		>72 km/h	≤72 km/h	kierunkowe	pełne	
2	Ograniczający z drogami serwisowymi	402	201	402	805	805
3	Ograniczający	201	134	402	805	805
4	Nieograniczający	201	134	0	0	805
5	Ograniczający	134	75	201	805 >72 km/h	
					402 ≤72 km/h	
6	Nieograniczający	134	75	0	0	402
7	Oba typy pasa dzielącego	38		101	201	402

Porównanie tej części artykułu koncentruje się na odległościach międzywęzłowych dróg o klasie dostępności 1 – dla dróg w stanie Floryda oraz polskich autostrad. Porównanie przedstawiono w tabeli 23 – jest to kolejny przykład na wyższe wymagania stawiane drogom w stanie Floryda.

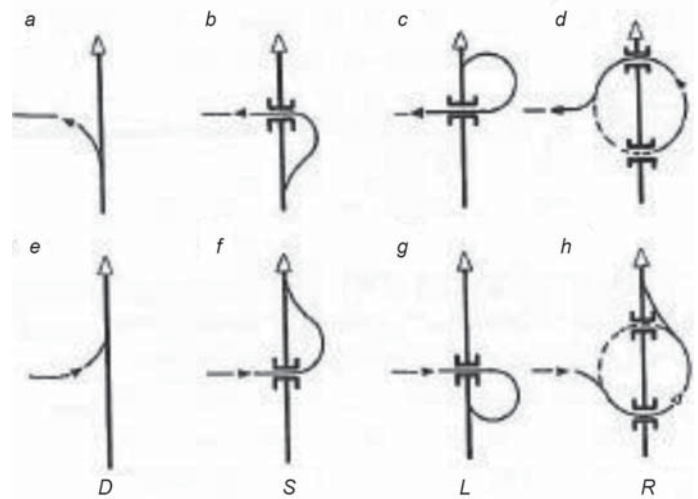
Tabela 23. Porównanie odległości międzywęzłowych

Klasa drogi i charakter terenu	Odległość międzywęzłowa (km)	Klasa drogi i charakter terenu	Odległość międzywęzłowa (km)
A – dopuszczalne dla potrzeb funkcjonalno-ruchowych	3,0	1 typ 1	1,61
A – dopuszczalne wyjątkowo odstępy	5,0	1 typ 2	3,22
		1 typ 3	4,83
A – poza terenem zabudowy	15,0	1 typ 4	9,66

Łącznice

Kolejnym omawianym zagadnieniem są łącznice. Rozróżnia się 3 podstawowe typy łącznic: łącznice bezpo-

średnie, łącznice półbepośrednie oraz łącznice pośrednie (Krystek, 2008). Przykładowe szkice pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1. Typy łącznic wjazdowych i zjazdowych dla pojazdów skręcających w lewo: a),e) – bezpośredni (D); b),f) – półbepośredni (S); c),g) – pośredni (L); d),h) – z ruchem okrężnym (R). (Krystek, 2008)

Tabela 24. Graniczne prędkości projektowe łącznic na węzłach (WT, 1999)

Typ łącznicy	Łącznice na węzłach typu WA ¹⁾		Łącznice na węzłach typu WB	Łącznice na węzłach typu WC
	prowadzone swobodnie	dopasowane		
Bezpośredni	Vp = 60–80 km/h 	Vp = 50–60 km/h 	²⁾ Vp = 40–50 km/h 	–
Półbepośredni	Vp = 50–70 km/h 	Vp = 40–60 km/h 	Vp = 40–50 km/h 	–
Pośredni	Vp = 40 km/h 	Vp = 30–40 km/h 	²⁾ Vp = 30–40 km/h 	³⁾ Vp = 30–40 km/h
Bezpośredni	Vp = 60–80 km/h Jezdnie zbierająco-rozprowadzające		²⁾ Vp = 40–60 km/h 	³⁾ Vp = 30–60 km/h

Dodatkowo rozporządzenie (WT, 1999) wyszczególnia typy łącznic ze względu na typ przekroju poprzecznego: P1 – jednopasowa łącznica jednokierunkowa, P2 – dwupasowa łącznica jednokierunkowa, P3 – dwupasowa łącznica jednokierunkowa z pasem awaryjnym oraz P4 – dwupasowa łącznica dwukierunkowa. Przy doborze podstawowych parametrów łącznicy (promień łuku, wartość parametru klotoidy czy pochylenie podłużne) istotny jest poprawny dobór prędkości projektowej danej łącznicy. Graniczne wartości prędkości projektowej łącznic pokazano w tabeli 24.

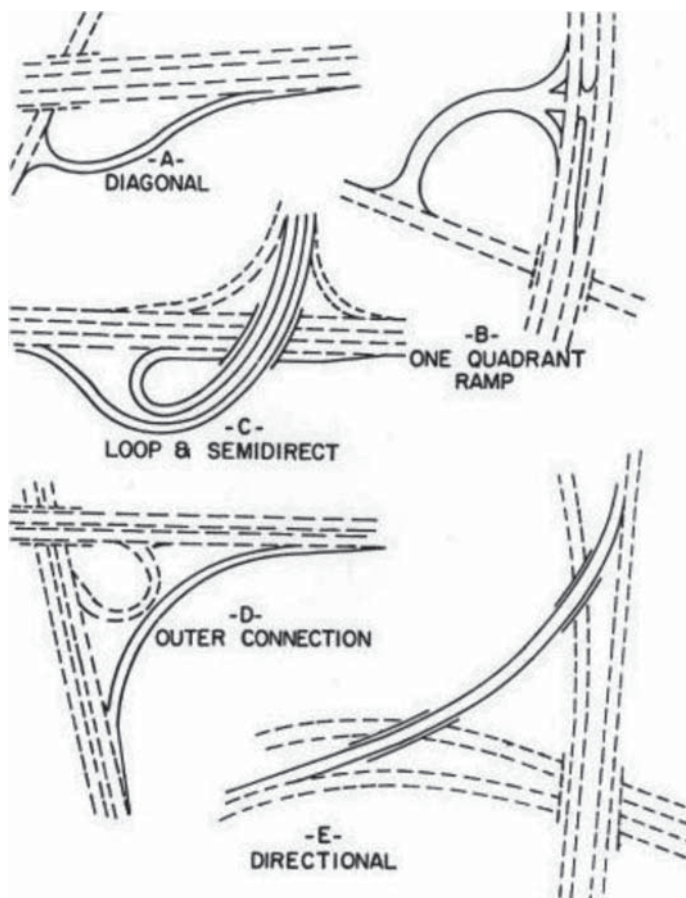
Stan Floryda wprowadza różne typy łącznic. Podstawowe informacje dotyczące łącznic zamieszczono w tabelach 25–27 i na rysunku 2.

Tabela 25. Minimalne prędkości projektowe na łącznicach (FDOT, 2019)

Typ łącznicy	Minimalna prędkość projektowa (km/h)
Pętle i półbepośrednie	48
Zewnętrzna w węzle koniczyna	56
Część pośrednia długich łącznic	64
Bezpośrednia	81

Tabela 26. Minimalne szerokości łącznic (FDOT, 2019)

Promień (m)	Minimalna szerokość łącznicy (m)		
	1-pasowa		2-pasowa
	Przypadek 1C	Przypadek 2B	Przypadek 3a
	Jednopasowa, jednokierunkowa bez możliwości wymijania	Jednopasowa, jednokierunkowa z możliwością wymijania	Dwupasowa, jedno lub dwukierunkowa
15	7,01	7,92	8,84
23	6,10	7,01	8,23
30	5,49	6,71	7,92
46	5,18	6,40	7,32
61	4,88	6,10	7,32
91	4,57	6,10	7,32
122	4,57	5,79	7,32
≥ 152	4,57	5,79	7,32



Rysunek 2. Typy łącznic (AASHTO, 2011)

Tabela 27. Prędkości projektowe na łącznicach (AASHTO, 2011)

Prędkość projektowa na autostradzie (km/h)	Prędkość projektowe na łącznicach (km/h)		
	górnego zakresu (85%)	środkowego zakresu (70%)	dolnego zakresu (50%)
50	40	30	20
60	50	40	30
70	60	50	40
80	70	60	40
90	80	60	50
100	90	70	50
110	100	80	60
120	110	90	70

Podsumowując: zasadniczo, polskie przepisy odnoszące się do projektowania węzłów jak i łącznic bazują na przepisach USA (AASHTO, 2011). Oznaczenia nazw poszczególnych rodzajów ramp odwołują się do ich określeń w języku angielskim: *Direct*, *Loop* itp.

Pozwala to zatem na stwierdzenie, że przepisy obu krajów są w tej kategorii bardzo podobne.

Widoczność

Widoczność jest jednym z najważniejszych aspektów projektowania dróg wpływającym na bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego poruszających się po drodze. Warunki Techniczne określają między innymi wymaganą odległość na zatrzymanie pojazdu przed przeszkodą. Do jej określenia niezbędna jest znajomość prędkości projektowej lub miarodajnej oraz wartości pochyłeń podłużnych.

Podstawowe dane dotyczące parametrów widoczności wymaganych w stanie Floryda zamieszczono w tabelach 28–30.

Tabela 28. Minimalna odległość na zatrzymanie (FDOT, 2019)

Pochylenie podłużne (%)	Minimalna odległość na zatrzymanie (m)										
	Prędkość projektowa (km/h)										
	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	
W dół	≤2	47,2	61	76,2	93	110	130	151	174	197	223
	3	48,2	62,5	78,3	96	115	136	158	182	208	235
	4	48,8	63,4	79,6	97,5	117	138	162	186	212	240
	5	49,4	64,3	81,1	99,4	119	141	165	190	217	246
	6	50,3	65,5	82,6	101	122	144	169	194	222	251
	7	50,9	66,4	84,1	103	124	148	172	199	227	258
	8	51,8	67,7	85,6	105	127	151	176	204	233	264
	9	52,7	69,2	87,5	108	130	155	181	209	239	272
	W górę	≤2	47,2	61	76,2	93	110	130	151	174	197
3		44,8	57,9	72,2	88,1	105	123	143	164	187	210
4		44,5	57,3	71,3	86,9	103	122	141	162	183	207
5		43,9	56,7	70,4	85,6	102	120	139	159	181	204
6		43,6	56,1	69,8	84,7	101	118	137	157	178	201
7		43,3	55,5	68,9	83,8	99,7	117	135	155	176	198
8		43	54,9	68,3	82,9	98,5	116	134	153	173	195
9		42,4	54,6	67,7	82	97,5	114	132	151	171	192

Tabela 29. Minimalna odległość na wyprzedzenie dla drogi dwupasowej, dwukierunkowej (FDOT, 2019)

	Minimalna odległość na wyprzedzenie (m)							
	Prędkość projektowa (km/h)							
	40	48	56	64	72	80	88	96
Nowa konstrukcja nawierzchni	274	332	390	448	495	559	605	651
Renowacja	137	152	168	183	213	244	274	305

Tabela 30. Minimalna odległość na zatrzymanie na drogach międzystanowych (FDOT, 2019)

Pochylenie podłużne (%)		Minimalna odległość na zatrzymanie (m)				
		Prędkość projektowa (km/h)				
		80	88	96	104	112
W dół	≤2	151	174	197	223	250
	3	157	181	205	234	262
	4	160	184	209	238	268
	5	71	188	213	243	273
	6	166	191	217	248	279
	7	169	195	222	253	285
	8	172	199	227	259	292
	9	176	204	232	265	299
W górę	≤2	151	174	197	223	250
	3	145	166	187	212	21
	4	143	164	184	209	234
	5	141	162	182	207	231
	6	140	160	180	204	228
	7	138	158	178	201	225
	8	137	156	176	199	222
	9	136	155	174	197	220

Porównanie wymaganych odległości na zatrzymanie zostanie dokonane na podstawie trzech prędkości – 40, 80 i 110 km/h (112 km/h w przypadku Florydy) dla odległości na zatrzymanie oraz 60 (64 km/h w przypadku Florydy), 80 i 110 km/h (112 km/h w przypadku Florydy) – tabela 31 i 32.

Tabela 31. Porównanie minimalnych odległości widoczności na zatrzymanie

Prędkość projektowa (km/h)	Minimalna odległość na zatrzymanie (m)			
	Pochylenie podłużne (%)			
	-8	-6	-4	-2
40	40(52)	40(50)	40(49)	35(47)
80	160(151)	140(144)	140(138)	120(130)
110(112)	-(264)	280(251)	260(240)	240(223)
Prędkość projektowa (km/h)	Pochylenie podłużne (%)			
	8	6	4	2
40	35(43)	35(44)	35(45)	35(47)
80	100(116)	110(118)	110(122)	120(130)
110(112)	-(195)	200(201)	200(207)	220(223)

Tabela 32. Porównanie minimalnych odległości widoczności na wyprzedzenie

Prędkość miarodajna (km/h)	Minimalna odległość na wyprzedzenie			
	Polska		Floryda	
	Prędkość (km/h)	Odległość (m)	Prędkość (km/h)	Odległość (m)
60	400	64	448	
80	500	80	559	
110	650	112	651	

Wartości minimalnych odległości widoczności na zatrzymanie są zbliżone w przepisach Polski i Florydy. Przepisy amerykańskie są bardziej wymagające szczególnie przy mniejszych prędkościach. Warto zaznaczyć, że powyższe różnice mogą wynikać z innych systemów miar obu krajów. Warto także zauważyć, że przy wyższych prędkościach projektowych i pochyleniu podłużnym dodatnim, minimalne odległości widoczności na zatrzymanie są niemal równe.

Podsumowanie

Analiza porównawcza standardów projektowych USA i Polski pokazuje, że przepisy dotyczące projektowania dróg są w wielu przypadkach zbieżne. Przykładami są: podział dróg na klasy oraz przepisy dotyczące projektowania łącznic.

Różnice są natomiast szczególnie widoczne przy omawianiu parametrów takich jak szerokości pasów ruchu i wielkości promieni łuków kołowych. Najciekawszą różnicą są bardzo szczegółowe wymagania dotyczące pochylenia poprzecznego na łuku. Wartości zależne od trzech parametrów, tj. kąta krzywej w planie, prędkości projektowej oraz promienia łuku kołowego określają z dokładnością do 0,1% wartość pochylenia poprzecznego jezdni.

Mimo rozbieżności w przepisach obu krajów można stwierdzić, że przepisy polskie bazują innymi na doświadczeniach amerykańskich projektantów. Dowodem na to mogą być liczne odwołania w procesie projektowania, chociażby nawierzchni drogowej, do doświadczeń amerykańskiego stowarzyszenia AASHTO.

Bibliografia

- AASHTO. (2011). *A policy on geometric design of highways and streets*. Washington: AASHTO.
- FDOT. (2017, Lipiec 1). *FY 2017-18 Design Standards*. Miami, Florida, USA.
- FDOT. (2019). *fdot.gov*. Pobrano z lokalizacji FDOT - Design Manual: <https://www.fdot.gov/roadway/fdm/default.shtm>
- Federal Highway Administration. (2016). *Public Road Length. Office of Highway Policy Information, Table HM-20*.
- FHWA. (2019a, Czerwiec 3). *Federal Highway Administration*. Pobrano z lokalizacji Guidance on NHS Design Standards and Design Exceptions : <https://www.fhwa.dot.gov/design/standards/qa.cfm>
- FHWA. (2019b, Sierpień 20). *Federal Highway Administration*. Pobrano z lokalizacji Design:
- Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. (2002). *Komentarz do warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Część II: Zagadnienia techniczne*. Warszawa.
- Krystek, R. (2008). *Węzły drogowe i autostradowe*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- WT. (1999). *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie*.