Dla potrzeb projektu skupiamy się na drogach:

- S - ekspresowych zarówno dwujezdniowych jak i jednojezdniowych;
- GP - drogach głównych ruchu przyśpieszonego;
- G - głównych. [2]

Wszystkie powyższe grogi posiadają następujące *prędkości projektowe*

Klasa drogi		A	S	GP	G
prędkość projektowa drogi (km/h):	poza terenem zabudowy	120,100,80[1)]	120[2)],100,80	100,80,70,60	70,60,50
	na terenie zabudowy		80, 70,60[1)]	70, 60	60,50

[1)] Dopuszcza się przy usytuowaniu drogi na obszarze intensywnie zurbanizowanym.
[2)] Można stosować na dwujezdniowej drodze.

Prędkość miarodajna (V_m) na drodze na terenie zabudowanym wynosi

$V_m=V_o+20$ km/h, jeżeli jezdnia nie jest ograniczona krawężnikami;

$V_m=V_o+20$ km/h, jeżeli jezdnia jest ograniczona z jednej lub obu stron krawężnikami;

V_o to największa dopuszczalna prędkość samochodów osobowych na drodze, ograniczona znakiem lub dopuszczona przepisami (km/h)

Prędkość miarodajna powinna być co najmniej równa prędkości projektowej drogi i nie większa od niej o więcej niż 20 km/h

Prędkość miarodajna (V_m) na drodze poza terenem zabudowanym wynosi:

• na drodze dwujezdniowej

$V_m = V_p + 10$ km/h przy $V_p \geq 100$ km/h;

$V_m = V_p + 20$ km/h przy $V_p \leq 80$ km/h;

V_p to prędkość projektowa (km/h)

• na drodze dwupasowej dwukierunkowej zgodnie z tabelą

Krętość drogi (°/km)		<80	80—160	161—240	>240
Prędkość miarodajna (km/h)	drogi klasy S o szerokości jezdni 7,5 m lub 7,0 m	110	100	90	80
	drogi o szerokości jezdni 7,0 m z utwardzonymi poboczami	110	90	80	70
	drogi o szerokości jezdni 7,0 m bez utwardzonych poboczy	100	90	80	70
	drogi o szerokości jezdni 6,0 m z utwardzonymi poboczami	90	80	70	70
	drogi o szerokości jezdni 6,0 m bez utwardzonych poboczy	90	80	70	60

Zalecane długości odcinków prostych oraz promieni łuków poziomych należy przyjmować na podstawie prędkości miarodajnej każdej z dróg z jednoczesnym określeniem przechylenia poprzecznego. W przypadku prowadzenia drogi w łuku konieczne jest wykonanie pochylenia poprzecznego.

Prędkość miarodajna (km/h)	Promień łuku kołowego w planie (m) przy pochyleniu poprzecznym jezdni[1]						
	jak na odcinku prostym	2% do 2,5%	3%	4%	5%	6%[2]	7%[2]
130	≥4000	≥3500	2500	1800	1400	1100	≤900
120	≥3500	≥3000	2000	1500	1200	900	≤750
110	≥2800	≥2500	1800	1400	1000	800	≤600
100	≥2200	≥2000	1400	1000	800	600	≤500
90	≥1600	≥1500	1000	750	600	500	≤400
80	≥1200	≥1100	800	600	450	350	≤300
70	≥1000	≥800	600	400	300	250	≤200
60	≥600	≥500	350	250	200	150	≤125
50	≥450	≥350	250	175	125	100	≤80

[1] Pochylenie poprzeczne jezdni dla promienia o wartości pośredniej należy interpolować i zaokrąglać do 0,5%.
[2] Stosowanie przy prędkości miarodajnej powyżej 90 km/h wymaga uzasadnienia.

Przed i za łukiem nie ma konieczności stosowania krzywej przejściowej jeśli łuk miał promień większy niż 2000 m oraz jeśli przechyłka na łuku jest taka sama jak na pozostałej trasie.

Po dokonaniu wyboru promienia łuku należy sprawdzić, czy zapewniona została minimalna długość widoczności, która zależy od prędkości miarodajnej.

Prędkość (km/h)	Najmniejsza odległość widoczności na zatrzymanie (m) na pochyleniu										
	≤ -10%	-8%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%	6%	8%	≥ 10%
130	—	—	390	350	330	310	300	290	280	—	—
120	—	—	340	310	290	270	260	250	240	—	—
110	—	—	280	260	240	230	220	200		—	
100	—		220	200	180			170		—	
90	190		170		150			130		120	
80	160		140		120			110		100	
70	110		100		90			85		80	
60	80				70			60			
50	55				50			45			
40	40				35						
30	25				20						

3. Ustalenie trasy tunelu w profilu podłużnym

Pochylenie podłużne zaleca się nie mniejsze niż 0,5%.

Maksymalną wartość pochylenia podłużnego (niwelety) ustala się na podstawie prędkości projektowej

Prędkość projektowa (km/h)	120	100	80	70	60	50	40	30
Pochylenie niwelety jezdni (%)	4	5	6	7	8	9	10	12

Zaleca się aby odcinki o jednym nachyleniu niwelety były nie krótsze niż:

- 300m dla prędkości projektowej 70 km/h
- 400m dla prędkości 100 km/h.

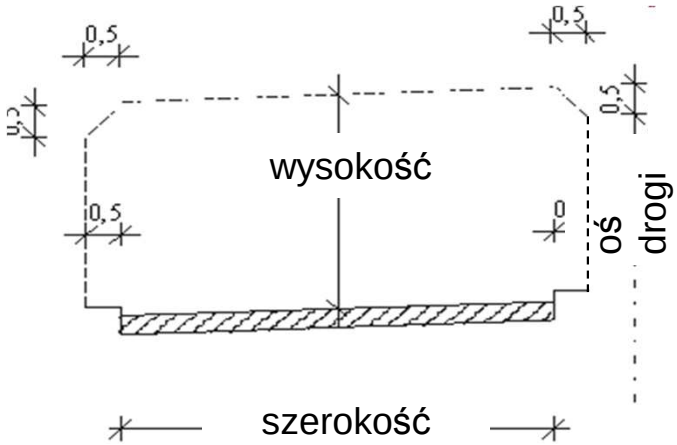
Pomiędzy odcinkami o zmiennym nachyleniu niwelety ($\Delta i > 0$) należy stosować łuki wypukłe lub wklęsłe.

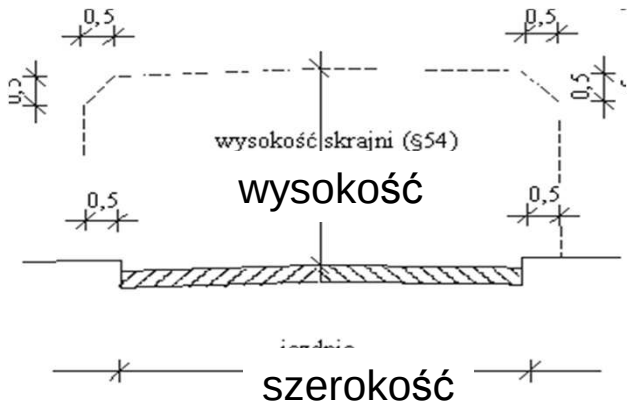
Prędkość projektowa (km/h)		120	100	80	70	60	50	40	30
Promień krzywej wypukłej (m)	droga dwujezdniowa	12000	7000*)	3500	2500	2000	—	—	—
	droga jednojezdniowa	—	8000	4500	3000	2500	1500	600	300
Promień krzywej wklęsłej (m)		4500	3000	2000	1800	1500	1000	600	300

Maksymalne nachylenie pochylni wjazdowych i wyjazdowych wynosić 15%.

// Zgodnie z Dyrektywą Unijną każdy tunel długości większej niż 500 m jest tunelem długim i uważany jest za ważną budowlę w komunikacji transeuropejskiej, dlatego musi dodatkowo spełniać wymogi Dyrektywy 2004/54/EC.
Wzdłużny spadek nie może przekroczyć 5%. //

4. Dobór wymiaru tunelu w przekroju poprzecznym





Zarówno szerokość jak i wysokość wewnętrzna tunelu musi nawiązywać do wymiaru skrajni drogi przebiegającej w jego wnętrzu. Szerokość jezdni na drogowym obiekcie inżynieryjnym powinna być nie mniejsza niż przed obiektem.

Szerokość pasa ruchu na omawianych drogach wynosi 3,50 m. Na łukach nie trzeba wykonywać poszerzenia pasa ruchu gdy jezdnia ma więcej niż jeden pas przeznaczony na ruch w jednym kierunku. I tak szerokość jezdni dwupasmowej wynosi 7m, trzypasmowej 10,5 m i tak dalej.

Wysokość skrajni uzależniona jest od klasy drogi i wynosi odpowiednio 4,7 m dla drogi klasy „S” i „GP” oraz 4,5 m dla drogi klasy „G” i „Z”. Jezdnie drogi klasy „S” powinny być wykonane jako rozdzielne dla obu kierunków ruchu.

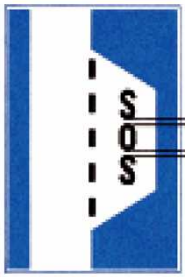
Dopuszcza się jedynie zmniejszenie szerokości elementów pasa drogowego (np.: pasa awaryjnego) jeśli długość tunelu jest większa niż 200 m dla „S” i 100 m dla „GP” oraz niższych klas.

Wewnątrz długich tuneli wzdłuż jezdni umieszcza się chodniki ucieczkowe o szerokości min 1 m. Wysokość skrajni chodnika wynosi wtedy 2,5m.

Przechyłka chodnika w stronę odwodnienia 4%.
Pochylenie poprzeczne jezdni powinno być nie mniejsze niż 2%.

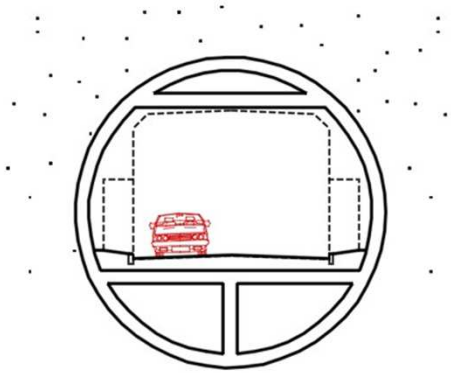
Jezdnie w tunelach powinny być ograniczone wyprowadzonymi poza obiekt krawężnikami wysokości min14 cm.

UWAGA!

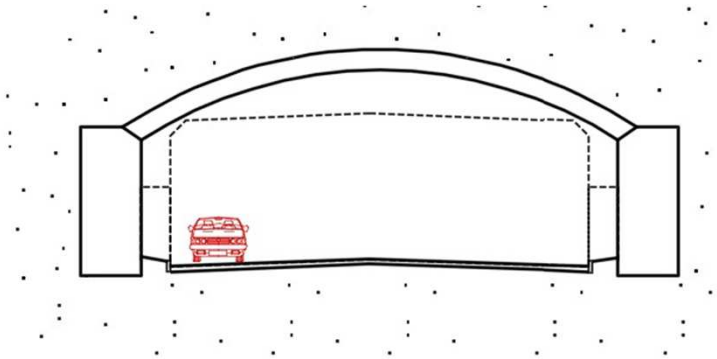


- Między krawędzią skrajni dla ruchu pojazdów, a krawędzią konstru należy zachować odległość 0,5m.
- Odległość między krawędzią jezdni, a ścianą tunelu na drogach klasy „S” i „GP” nie może być mniejsza niż 1m, dla dróg klasy „G” i „Z” nie mniej niż 0,5 m.[4]
- Jeśli wewnątrz tunelu nie ma pasów awaryjnych muszą być zapewnione pomosty ewakuacyjne (chodniki). W tunelach dwukierunkowych dłuższych niż 1500 m, bez awaryjnych pasów ruchu, muszą znajdować się zatoki w odległościach nie przekraczających 1000 m.

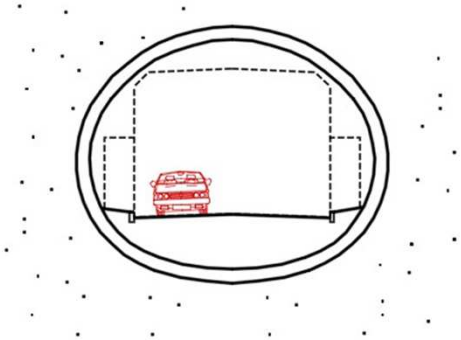
6. Typowe przekroje poprzeczne tuneli drogowych zlokalizowanych poza obszarami miast w rodzimym ośrodku skalnym



Przekrój kołowy
TBM / przeciski



Sklepienie na ścianach masywnych



Przekrój owalny

7. Nisze ratunkowe

Tunele o długości dłuższej niż 100 m powinny być wyposażone w nisze ratunkowe rozmieszczone mijankowo na przeciwległych ścianach w odległości nie większej niż 100 m między niszami dla każdej ze ścian.
W tunelach do 200 m dopuszcza się po jednej niszy na każda ze ścian.
Nisze powinny być wyposażone w wentylację nadciśnieniową oraz oświetlenie awaryjne włączające się automatycznie podczas pożaru.

Odległości mogą być zwiększone:
- o 25%, jeśli tunel jest wyższy niż 5 m;
- o 50%, jeśli zastosowano automatyczne urządzenia oddymiające;
- o 75%, jeśli występują łącznie powyższe okoliczności.

Tunele dwukomorowych o długości większej niż 400 m powinny być połączone niszami ratunkowymi co 100 m. Odległości te można powiększyć zgodnie z powyższymi punktami.
Tunele powinny być wyposażone w stacje pogotowia ratunkowego w odległościach nie większych niż 150 m.

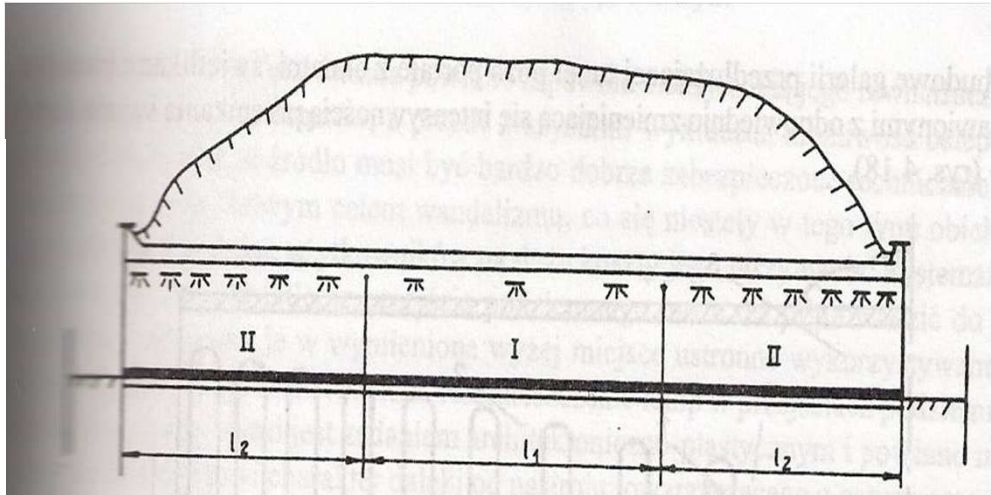
W tunelach dłuższych niż 1000 m należy stosować wyjścia awaryjne. Odległość pomiędzy wyjściami nie może przekraczać 500 m.

Skrót wymagań minimalnych z **Dyrektywy Unii Europejskiej 2004/54/EC z dnia 24 kwietnia 2004**

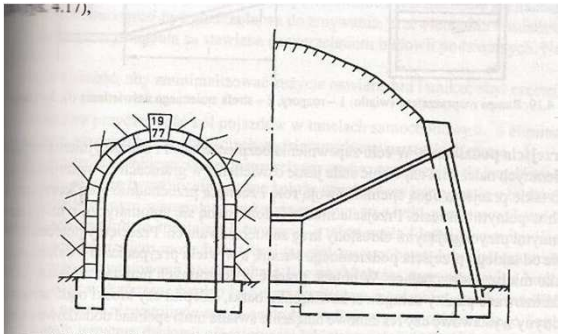
● obowiązkowe ☼ z zastrzeżeniem ▲ nie obowiązkowe	Ruch samochodowy ≤ 2000 sam/pas ruchu/dobę		Ruch samochodowy > 2000 sam/pas ruchu/dobę			Dodatkowe warunki obowiązkowe do wprowadzenia
	500-1000m	>1000m	500-1000m	1000-3000 m	>3000m	
Tunel podwójny albo więcej tuneli	-	-	-	-	-	Obowiązkowe, tam gdzie prognozowany ruch samochodowy w przeciągu 15 lat wyniesie pow. 10000 samochodów/pas ruchu/dobę.
Nachylenie ≤ 5%	☼	☼	☼	☼	☼	Obowiązkowe, chyba, że warunki geograficzne uniemożliwiają takie rozwiązanie.
Przejścia Ucieczkowe	☼	☼	☼	☼	☼	Obowiązkowe tam gdzie nie ma awaryjnych pasów ruchu. W tunelach jednokierunkowych można zrezygnować z przejść ucieczkowych, jeżeli tunel jest zaopatrzony w instalację pozwalającą zamknąć ruch w tunelu w przypadku awarii
Wyjścia ucieczkowe co najmniej co 500 m	▲	▲	☼	☼	☼	Wyjścia awaryjne pozwalają opuścić tunel piechotą, a także grupom ratowniczym dostać się do miejsca wypadku. Schrony z połączeniem do oddzielnego tunelu ewakuacyjnego.
Przecinki łączące tunele na odcinku co 1500 m	▲	▲/●	▲	▲/●	●	Obowiązkowe w tunelach podwójnych o długości powyżej 1500 m.
Połączenia z tunelem ucieczkowym na końcu każdego portalu	●	●	●	●	●	Obowiązkowy dla tuneli podwójnych lub o większej liczbie kanałów tunelowych, niezależnie od położenia geograficznego. Połączenie powinno być dostosowane do wjazdu służb ratowniczych z każdego portalu.
Zatoki parkingowe co najmniej co 1000m	▲	▲	▲	▲/●	▲/●	Obowiązkowe w nowych tunelach o długości powyżej 1500 m z ruchem dwukierunkowym bez pasów awaryjnych.
Drenaż w celu odprowadzenia palnych płynów	☼	☼	☼	☼	☼	Obowiązkowy dla tuneli w których dozwolony jest transport materiałów niebezpiecznych.
Obudowa tunelu odporna ogniowo	●	●	●	●	●	Obowiązkowe dla tuneli w których lokalne naruszenie struktury może prowadzić do tragicznych skutków jak np. tunele podwodne, tunele sąsiadujące z ważnymi obiektami itp.

8. Oświetlenie

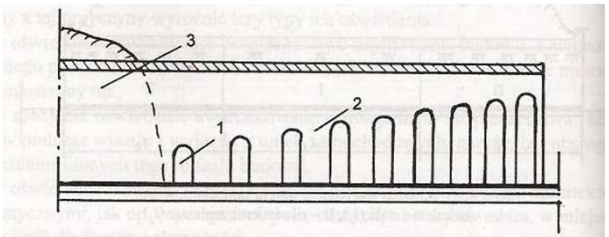
W długich tunelach samochodowych aby uniknąć oślepienie oświetlenie dzieli się na trzy odcinki. Środkowy zaciemniony odcinek ze stałym silnym oświetleniem i odcinki skrajne uwzględniające wpływ światła dziennego poprzez zmienne naświetlenie.



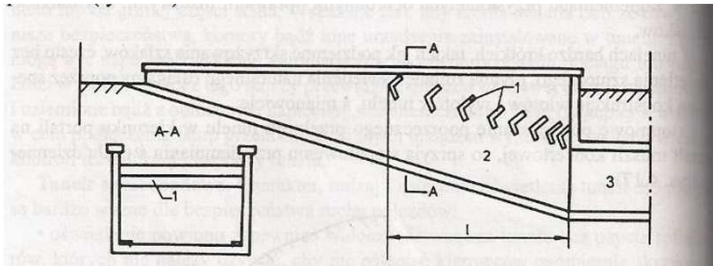
Rys. 4.16. Schemat oświetlenia tunelu samochodowego, I – oświetlenie stałe (l_1), II – oświetlenie zmienne (l_2)



Rys. 4.17. Zmiana intensywności oświetlenia przy zmiennym przekroju wlotu–wylotu tunelu



Rys. 4.18. Galeria o zmiennym naświetleniu wlotu – wylotu tunelu: 1 – otwory okienn o zmiennej wysokości, 2 – filary międzyokienne o zmiennej szerokości, 3 – tunel



Rys. 4.19. Rampa rozpraszająca światło: 1 – rozpory, 2 – strefa zmiennego naświetlenia (l), 3 – tune

W krótszych tunelach oślepienia można uniknąć poprzez zastosowanie galerii, ramp rozpraszających światło, zmiennych wysokości tunelu, zadrzewienia czy ścian oporowych na zewnątrz tunelu. Rozwiązania te powinny uwzględniać oświetlenie wejść do tunelu o każdej porze dnia i roku.

LITERATURA

1. Dyrektywa 2004/54/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004r. w sprawie minimalnych wymagań bezpieczeństwa dla tuneli w transeuropejskiej sieci drogowej.
2. Dz.U. 1999 nr 43 poz. 430; Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
3. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690; Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
4. Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735; 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.
5. Kryteria i wytyczne projektowania przejść dla pieszych. Instytut Kształtowania Środowiska. Warszawa 1979r.
6. Budowle podziemne. S. P. Glinicki Skrypt Politechniki Białostockiej. 1994r.
7. Miejskie budowle podziemne. J. Kuczyński, C. Madryas. Skrypt Politechniki Świętokrzyskiej. 1990r.