

## Widoczność oceniana z pojazdu przy przejeździe przez skrzyżowanie skośne

KRZYSZTOF OLEJNIK, KRZYSZTOF PAWEŁ WITUSZYŃSKI

Instytut Transportu Samochodowego

W referacie przedstawiono wyniki pomiarów widoczności na skrzyżowaniu „skośnym”, ocenianej z miejsca kierującego samochodem. Porównano wyniki badań przeprowadzonych na samochodzie osobowym — Polonez i jego wersji ciężarowej — Polonez Truck. Oceniono zapisy rozporządzenia MT i GM „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” - Dz. U. nr 43/99 pozycja 430 – §60, §99, §100.

**Słowa kluczowe:** samochody, bezpieczeństwo, skrzyżowanie skośne, widoczność.

### 1. Wprowadzenie

Pojazd z racji konstrukcji ogranicza kierującemu widoczność otoczenia. Na to nakładają się ograniczenia wynikające z konfiguracji dróg i istniejących wokół nich przesłoneń. Zweryfikujemy w zakresie widoczności (jako istotnego elementu systemu bezpieczeństwa czynnego) konstrukcję pojazdu a także wymagania, jakie powinny spełniać drogi, a w szczególności skrzyżowania. Poddajemy więc analizie funkcjonowanie układu Kierujący — Pojazd — Otoczenie [1].

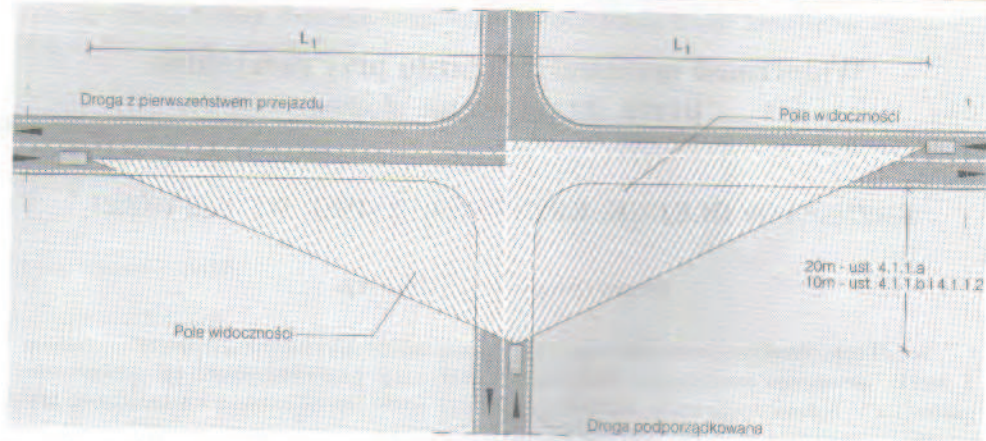
Wymagania dotyczące kształtowania dróg omówione są w rozporządzeniu MT i GM z 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 43 poz.430 [2] — fragmenty cytowane dosłownie):

§ 60.

1. Kąt przecięcia osi dróg na skrzyżowaniu powinien być zbliżony do kąta  $90^\circ$ , z dopuszczalnym odchyleniem nie większym niż  $30^\circ$ , jeśli są spełnione wymagania widoczności na skrzyżowaniu określone w załączniku nr 2.
2. Kąt przecięcia toru jazdy pojazdów z torem ruchu pieszych lub rowerzystów powinien być zbliżony do kąta  $90^\circ$ , z dopuszczalnym odchyleniem nie większym niż  $10^\circ$ .
3. W wyjątkowych wypadkach, uzasadnionych warunkami miejscowymi, dopuszcza się odstępstwo od warunków, o których mowa w ust. 1 i 2, jeśli będą spełnione pozostałe warunki określone w rozporządzeniu, w szczególności wymagania widoczności i przejeźdności.

Tablica 1. Odległości przy zbliżaniu się do skrzyżowania [2] (wg rys. 1).  
 Table 1. Distance during approaching the intersection [2] (on figure 1)

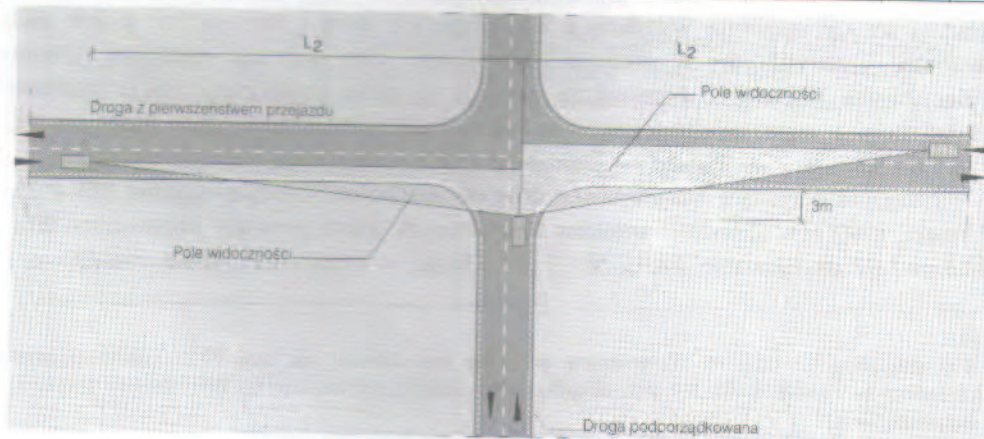
Prędkość miarodajna na drodze z pierwszeństwem przejazdu *) (km/h)	100	90	80	70	60	50	40	30
Odległość widoczności $L_1$ , pola widoczności: (m)	210	180	160	140	120	100	80	60



Rys. 1. Pole widoczności przy zbliżaniu się do skrzyżowania po drodze podporządkowanej [5].  
 Fig. 1. Visibility during approaching the intersection from minor road [5].

Tablica 2. Odległości przy ruszaniu z miejsca na skrzyżowaniu [2] (wg rys. 2).  
 Table 2. Distance in the process stating out on the intersection [2] (on figure 2)

Prędkość miarodajna na drodze z pierwszeństwem przejazdu *) (km/h)	100	90	80	70	60	50	40	30
Odległość widoczności $L_2$ (m)	180	160	120	100	90	70	60	40



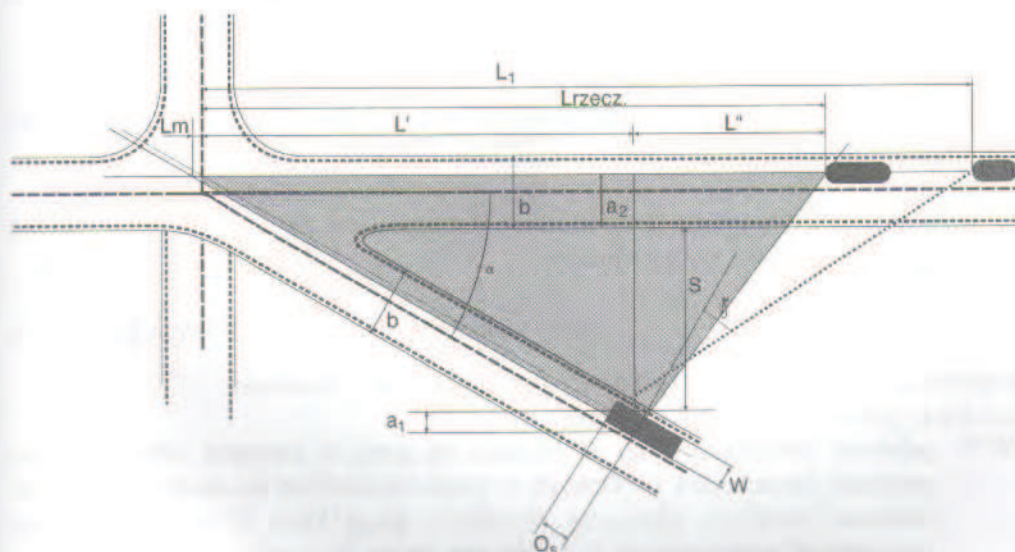
Rys. 2. Pole widoczności przy ruszaniu z miejsca przed skrzyżowaniem [5].  
 Fig. 2. Visibility in the process starting out ahead of the intersection [5].

\*) Na drodze klasy Z, D i L jest to prędkość projektowana drogi.



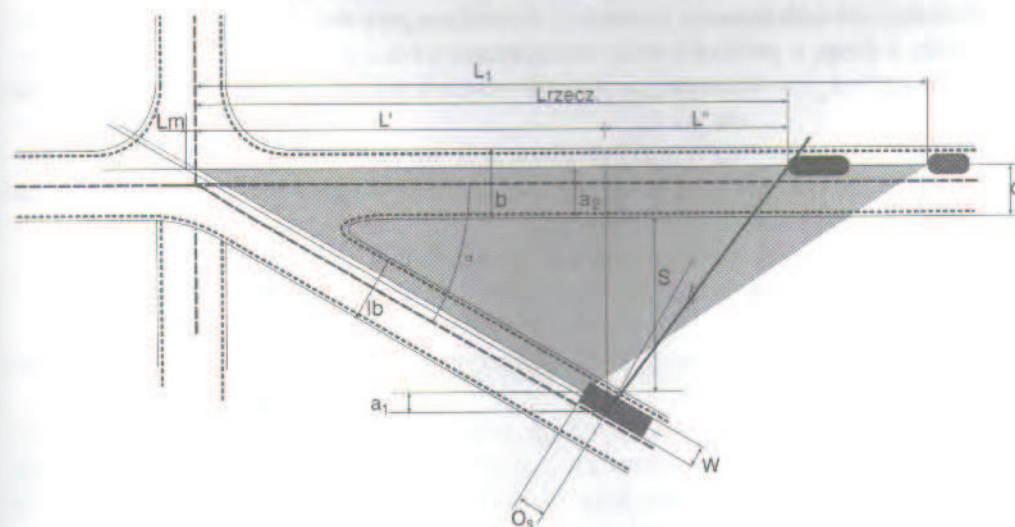
## 2. Parametry pola widoczności

Wymiary pola widoczności są funkcją kąta  $\alpha$  przecięcia się dróg, odległości  $S$  pojazdu znajdującego się na drodze podporządkowanej od drogi głównej oraz kąta  $\gamma$  wyznaczonego przez położenie słupka B prawego względem punktów ocznych kierującego pojazdem wg rysunku 3a oraz 3b (analogiczny kąt wyznaczony przez położenie słupka lewego oznaczono jako  $\beta$  — rysunek 4).



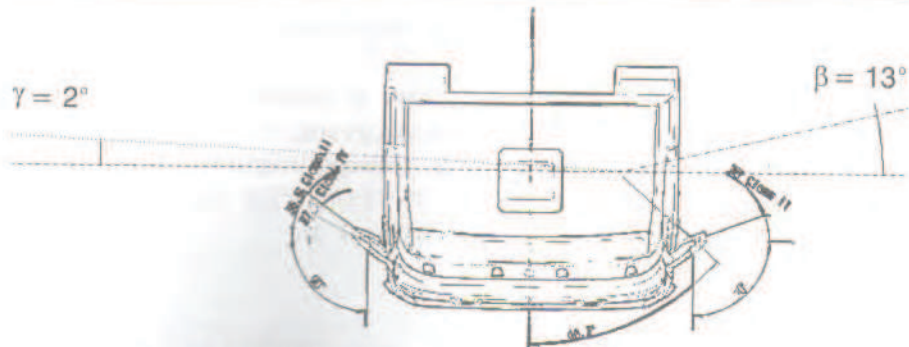
Rys. 3a. Obszar widoczności rzeczywistej ( $\alpha = 30^\circ$ ,  $\gamma = 7^\circ$ ).

Fig. 3a. Area of the real visibility ( $\alpha = 30^\circ$ ,  $\gamma = 7^\circ$ ).



Rys. 3b. Obszar wymaganej widoczności ( $\alpha = 30^\circ$ ,  $\gamma = 7^\circ$ ).

Fig. 3b. Area of the required visibility ( $\alpha = 30^\circ$ ,  $\gamma = 7^\circ$ ).



Rys. 4. Kąty charakterystyczne pola widoczności kabiny samochodu.  
Fig. 4. Characteristic angles of areas of visibility in the car cabin.

Wielkości, których znajomość wymiarów jest konieczna przy wyznaczaniu zakresu pola widoczności, oznaczono następująco:

$a = a_1 + a_2$ , gdzie  $a_1 = \left( o_s + \frac{W}{4 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \right) \cdot \sin \alpha$  — odległość od punktów ocznych do stycznej przechodzącej przez skrajny środkowy punkt na zderzaku przednim;

$a_2 = 3/4 b$ , gdzie  $b$  — szerokość jezdni;

$V_m$  — prędkość miarodajna drogi — rozumie się przez to parametr odwzorowujący prędkość samochodów osobowych w ruchu swobodnym na drodze, służący do ustalenia (wartości) wymiarów elementów drogi, które ze względu na bezpieczeństwo ruchu powinny być dostosowane do tej prędkości;

$L_1$  — odległość mierzona wg rysunku 1, wymagana przy dojeżdżaniu do skrzyżowania z drogą o prędkości miarodajnej (patrz tablica 1, rysunek 1);

$L_2$  — odległość mierzona wg rysunku 2, wymagana przy ruszaniu do wlotu skrzyżowania z drogą o prędkości miarodajnej (patrz tablica 2, rysunek 2);

$L_{rzecz.} = L + L'' - L_m$  — rzeczywista długość obszaru widocznego z pojazdu, mierzona tak jak  $L_1$ ;

$L'$ ;  $L''$ ;  $L_m$  — wielkości na obrazie skrzyżowania wg rys. 3a oraz 3b;

$S$  — odległość pojazdu na drodze podporządkowanej od krawędzi jezdni z pierwszeństwem przejazdu;

$b$  — szerokość jezdni z pierwszeństwem przejazdu;

$\alpha$  — kąt przecięcia się jezdni;

$W$  — szerokość pojazdu;

$O_s$  — odległość punktów ocznych od płaszczyzny prostopadłej, przechodzącej przez przedni obrys pojazdu;

$\alpha \in \langle 25^\circ + 90^\circ \rangle$  — przyjęto taki przedział, ponieważ przy kątach rozwartych kierujący nie ma ograniczeń z prawej strony a z lewej — może wystawić głowę przez lewe okno (też nie wskazane — odwraca wzrok od kierunku jazdy);

$S \in \langle 0 \text{ m} + 20 \text{ m} \rangle$  — maksymalna odległość od krawędzi jezdni, występująca w rozporządzeniu;



$\gamma \in \langle 0^\circ + 10^\circ \rangle$  — przyjęto taki przedział na podstawie badań w Pracowni Badań Widoczności i Ergonomii ITS (PBWiE) pojazdów ciężarowych kategorii N1, N2, N3.

$$L_{rzecz.} = \left[ S + a_1 + \frac{3}{4}b \right] \cdot [\text{ctg} \alpha + \text{tg}(\alpha + \gamma)] - \frac{b}{8 \cdot \text{tg} \alpha}, \quad (1)$$

lub

$$L_{rzecz.} = \left( S + O_s \cdot \sin \alpha + \frac{1}{4} \cdot W \cdot \cos \alpha + \frac{3}{4}b \right) \cdot [\text{ctg} \alpha + \text{tg}(\alpha + \gamma)] - \frac{1}{8}b \cdot \text{ctg} \alpha. \quad (2)$$

Wzory (1) i (2) opisują zależność wartości widoczności rzeczywistej —  $L_{rzecz.} = f(s, \alpha, \gamma)$

$$\frac{\partial L_{rzecz.}}{\partial S} = \text{ctg} \alpha + \text{tg}(\alpha + \gamma). \quad (3)$$

(4)

$$\frac{\partial L_{rzecz.}}{\partial \alpha} = \left( O_s \cdot \cos \alpha - \frac{1}{4}W \cdot \sin \alpha \right) \cdot [\text{ctg} \alpha + \text{tg}(\alpha + \gamma)] + \left( S + O_s \cdot \sin \alpha + \frac{1}{4}W \cdot \cos \alpha + \frac{3}{4}b \right) \cdot \left( -\frac{1}{\sin^2 \alpha} + \frac{1}{\cos^2(\alpha + \gamma)} \right) + \frac{1}{8}b \cdot \frac{1}{\sin^2 \alpha}.$$

$$\frac{\partial L_{rzecz.}}{\partial \gamma} = \left[ S + \left( O_s + \frac{W}{4 \text{tg} \alpha} \right) \cdot \sin \alpha + \frac{3}{4}b \right] \cdot \frac{1}{\cos^2(\alpha + \gamma)}. \quad (5)$$

Wzór (3) przedstawia wrażliwość widoczności  $L_{rzecz.}$  na zmienną  $S$  opisującą usytuowanie pojazdu dojeżdżającego do skrzyżowania z drogą nadrzędną zaś wzór (4) wrażliwość widoczności  $L_{rzecz.}$  na geometrię skrzyżowania (kąt  $\alpha$  między drogami). Związek (5) przedstawia wrażliwość widoczności  $L_{rzecz.}$  na geometrię kabiny kierowcy, reprezentowaną przez kąt  $\gamma$ .

Wprowadzono tu pojęcie widoczności względnej  $L_{rzecz.}/L_1$  lub  $L_{rzecz.}/L_2$  oraz współczynników widoczności względnej  $(L_{rzecz.} - L_1)/L_1$  lub  $(L_{rzecz.} - L_2)/L_2$ . Wyniki obliczeń oraz analizę wrażliwości przedstawiono na załączonych wykresach (rysunek 17 i 18)\*.

### 3. Wyniki badań widoczności z wybranych pojazdów przy przejeździe przez skrzyżowania skośne

Fragment wyników badań porównawczych [5] przedstawiono na przykładzie samochodu osobowego — Polonez i ciężarowego — Polonez Truck oraz ciągnika siodłowego Volvo, w sytuacji na skrzyżowaniach o różnych kątach przecinania się dróg. Badane obiekty przedstawiono na fotografiach (rysunek 5, 6, 7). Ograniczony widok w prawo z kabiny badanych samochodów pokazano na rysunkach 11, 12 i 13. Badania przeprowadzono zgodnie z wymogami Regulaminów [3 i 4].

\* UWAGA. Ze względu na trudności edytorskie, na wykresach litery greckie zastąpiono ich opisem fonetycznym.



Rys. 5. Polonez — samochód osobowy.  
Fig. 5. Polonez — passenger car.



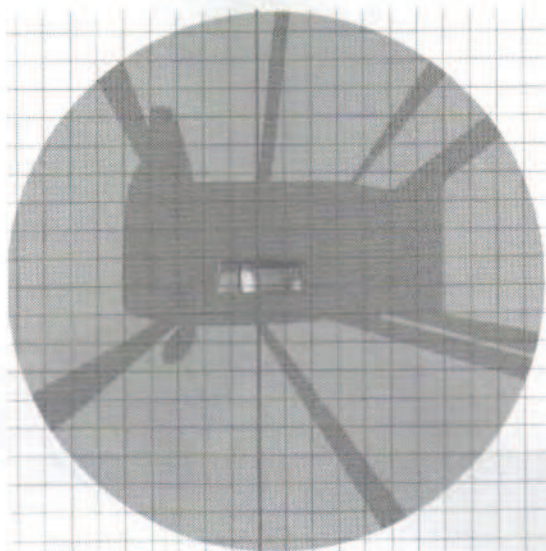
Rys. 6. Polonez Truck — samochód ciężarowy,  
Fig. 6. Polonez Truck — lorry.



Rys. 7. Volvo FH12 — ciągnik siodłowy.  
Fig. 7. Volvo FH12 — heavy truck — tractor.

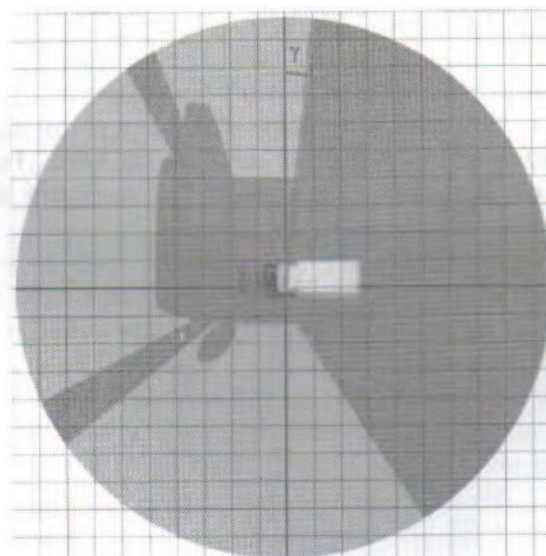


Wyniki badań obszarów widocznych i niewidocznych na poziomie jezdni dla kierującego na kręgu badawczym o promieniu 12 m przedstawiono na rysunkach 8, 9, 10 [5].



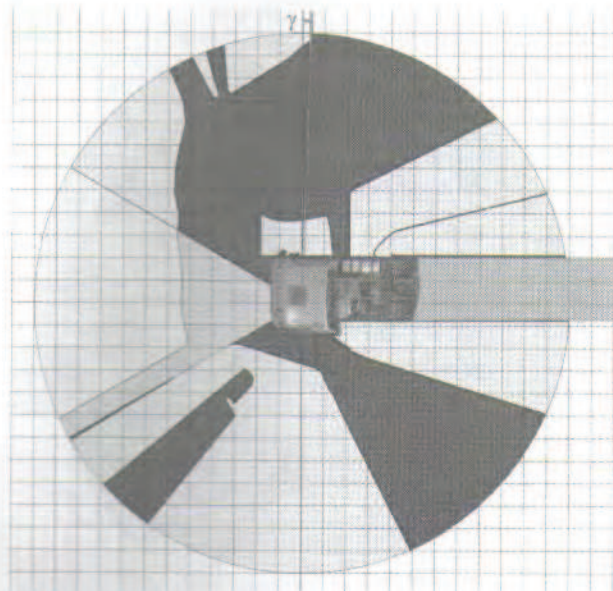
Rys. 8. Zmierzone obszary widoczne i niewidoczne na poziomie jezdni — samochód osobowy Polonez na kręgu badawczym — średnica 24 m.

Fig. 8. Measured visible and invisible areas on the levelled road — passenger car Polonez on the test circle — 24 metres in diameter.



Rys. 9. Zmierzone obszary widoczne i niewidoczne na poziomie jezdni — samochód ciężarowy Polonez Truck na kręgu badawczym — średnica 24 m.

Fig. 9. Measured visible and invisible areas on the levelled road — lorry Polonez Truck on the test circle — 24 metres in diameter.



Rys. 10. Zmierzone obszary widoczne i niewidoczne na poziomie jezdni — ciągnik siodłowy Volvo FH12 na kręgu badawczym — średnica 24 m.

Fig. 10. Measured visible and invisible areas on the levelled road — heavy truck Volvo FH12 on the test circle — 24 metres in diameter.

Przedstawione sytuacje (rysunek 14, 15 i 16 patrz wkładka kolorowa na końcu artykułu), ukazują możliwość wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych. Kierujący samochodem osobowym (na skrzyżowaniu skośnym o małym kącie przecięcia się dróg) po obróceniu głowy ma możliwość obserwowania obszaru na prawo do tyłu pojazdu przez przeszkloną część drzwi prawych tylnych oraz szybę tylną. Powoduje to jednak odwrócenie wzroku od kierunku jazdy i może być powodem utraty kontroli nad pojazdem.

Kierujący pojazdem kategorii  $N_1$ ,  $N_2$  lub  $N_3$ , mimo że na skrzyżowaniu zapewniono dobrą (wg rozporządzenia MT i GM[2]) widoczność, z racji ograniczeń wynikających z konstrukcji pojazdu — **nie ma szans wykorzystać zapewnionego pola widoczności**. Dojeżdżając do skrzyżowania lub ruszając na tak ukształtowanym skrzyżowaniu, kierujący mimowolnie staje się uczestnikiem „rosyjskiej ruletki”: albo mu się uda przejechać przez skrzyżowanie, albo ulegnie wypadkowi. Tworząc ww. rozporządzenie, prawdopodobnie nie uwzględniono wielu sytuacji krytycznych i ograniczeń (np. wynikających z konstrukcji pojazdu). Nie przewidziano niektórych elementów systemu bezpieczeństwa (dotyczących widoczności), niezbędnych w sytuacjach newralgicznych. Chociaż kierujący spełnia wymagania, pojazd jest dopuszczony do ruchu, droga jest zgodna z rozporządzeniem — to jednak kierujący widzi zbyt mało, aby bezpiecznie kontynuować jazdę.





Rys. 11. Widok w prawo z kabiny samochodu osobowego Polonez.  
Fig. 11. Visibility towards right side from the vehicle cabin — passenger car Polonez.



Rys. 12. Ograniczony widok w prawo z kabiny samochodu ciężarowego Polonez Truck.  
Fig. 12. Limited visibility towards right side from the vehicle cabin — lorry Polonez Truck.

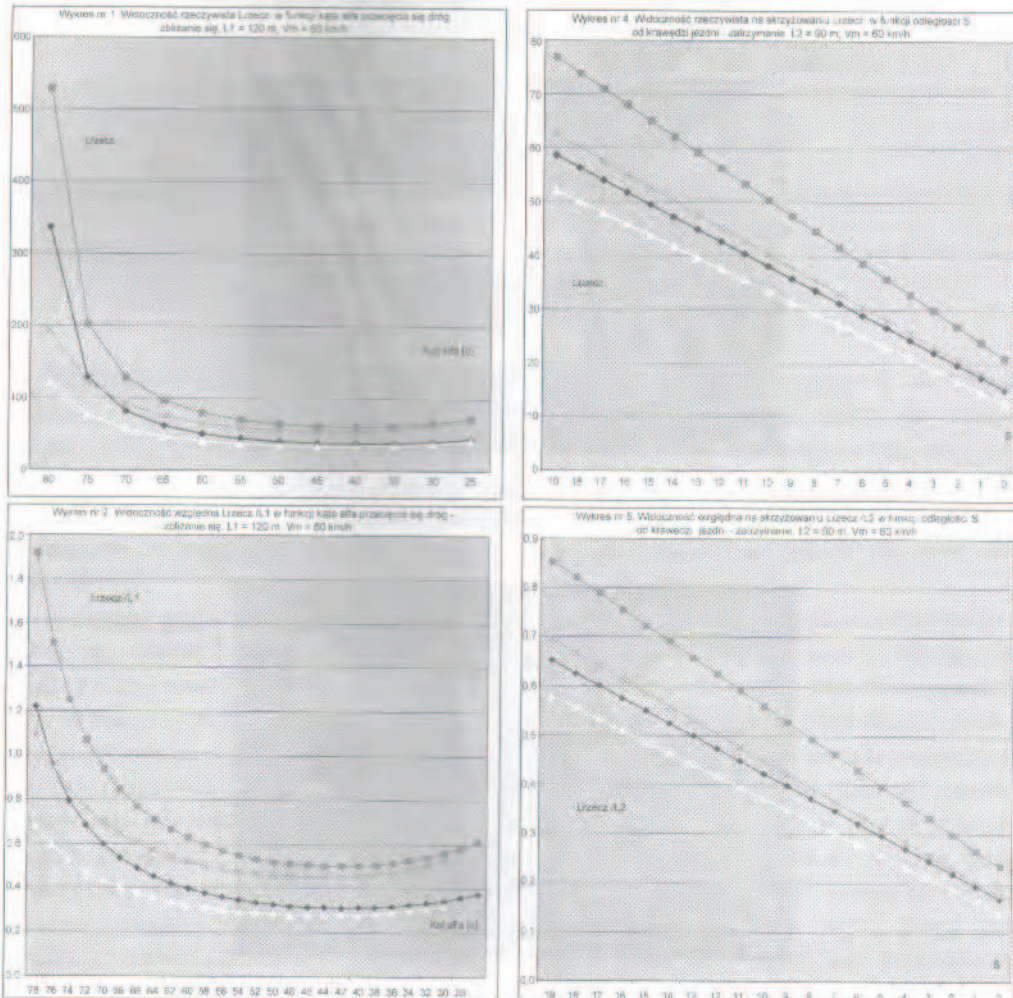


Rys. 13. Widok w prawo z kabiny ciągnika siodłowego Volvo FH12.  
Fig. 13. Visibility towards right side from the vehicle cabin — heavy truck Volvo FH12.

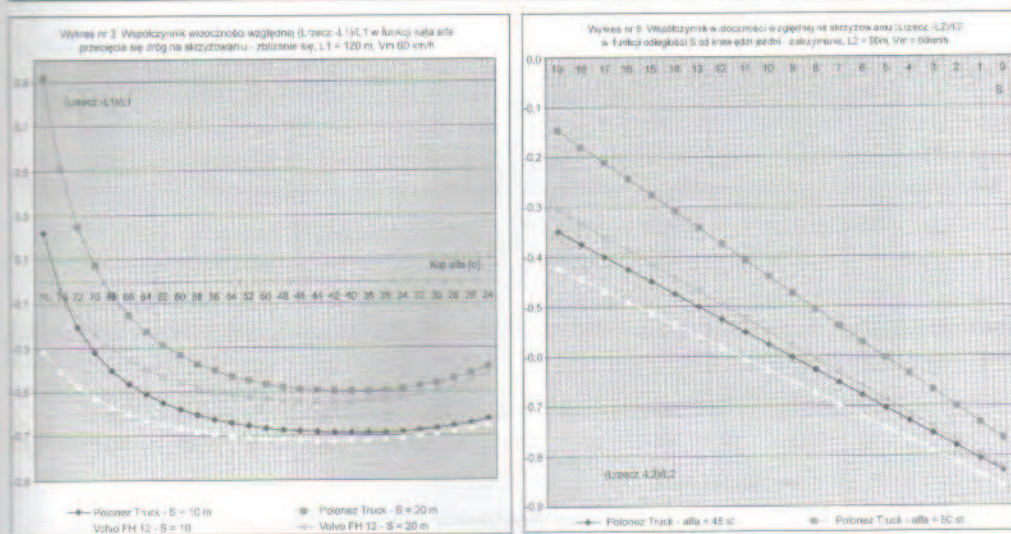
#### 4. Podsumowanie

Z przedstawionych na rysunkach 17 i 18 wykresów wynika, że grupa pojazdów należąca do kategorii  $N_1$ ,  $N_2$  oraz  $N_3$ ; w stosunku do samochodów osobowych ma znaczne ograniczenie widoczności, szczególnie z prawej strony pojazdu. Ta cecha nie jest zauważana przez twórców w/w rozporządzenia.

Czytając rozporządzenie można zakładać, że tak zaprojektowana droga nie powoduje powstawania zagrożeń. Biorąc pod uwagę zagadnienia omawiane powyżej projektowanie i istnienie skrzyżowań skośnych zgodnych z wymogami rozporządzenia (bez dodatkowych elementów systemu bezpieczeństwa) jest niepotrzebnym i bezsensownym zwiększeniem prawdopodobieństwa powstawania kolizji czy wypadków.

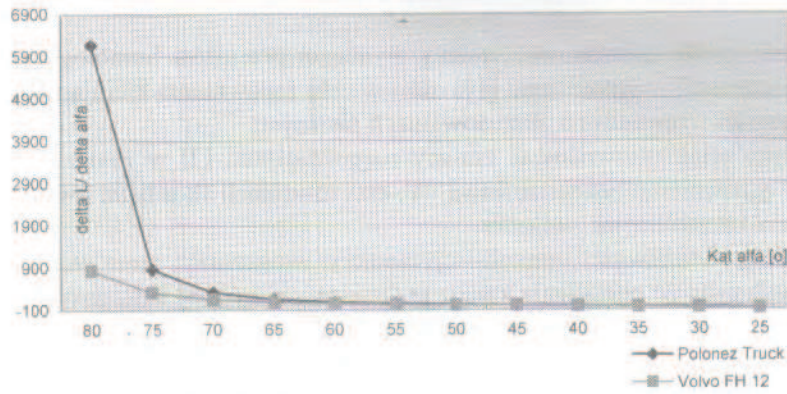




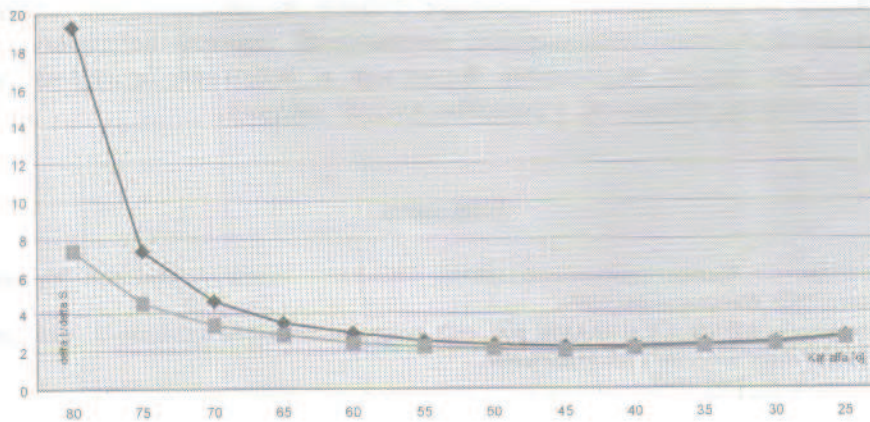


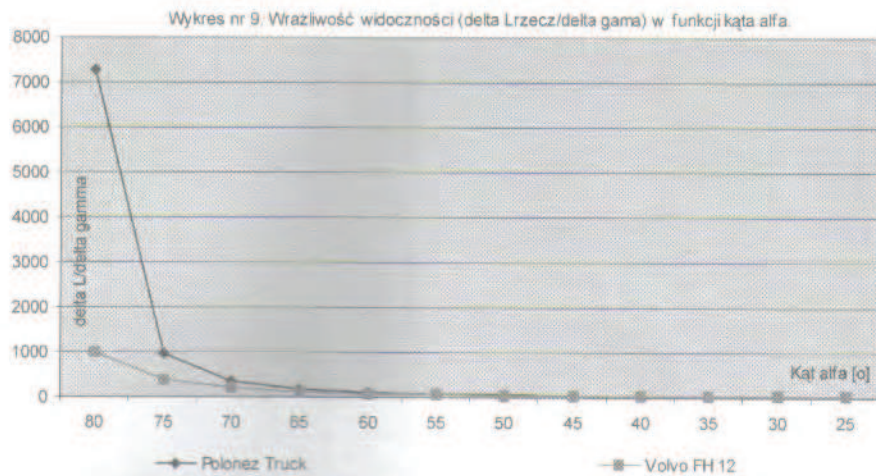
Rys. 17. Wykresy widoczności, widoczności względnej oraz współczynnika widoczności.  
 Fig. 17. Graph of the visibility, relative visibility and coefficient of the visibility.

Wykres nr 7. Wrażliwość widoczności ( $\Delta Lz/\Delta \alpha$ ) w funkcji kąta  $\alpha$ .



Wykres nr 8. Wrażliwość widoczności ( $\Delta Lz/\Delta \alpha$ ) w funkcji kąta  $\alpha$ .





Rys. 18. Wykresy wrażliwości widoczności.  
Fig. 18. Graph of the function of the sanctity.

## 5. Wnioski

1. Należy pilnie spowodować zmiany wymagań przepisów homologacyjnych dotyczących konstrukcji i wyposażenia pojazdów w celu zapewnienia kierowcy dostatecznej widoczności z pojazdu na skrzyżowaniach skośnych.

2. Należy pilnie spowodować zmiany rozporządzenia [2] w zakresie koniecznych warunków zapewnienia bezpieczeństwa na skrzyżowaniach skośnych, uwzględniających ograniczenia konstrukcyjne pojazdów.

3. Analiza wrażliwości funkcji wyrażającej widoczność rzeczywistą na drodze głównej, wykazuje że odchylenia kąta  $\alpha$  przecięcia się dróg od kąta prostego, powoduje dużą zmianę długości widocznego odcinka  $L_{rzecz}$  drogi głównej. Wrażliwość przy kącie  $\alpha < 75^\circ$  jest już niewielka, jednak w tym zakresie widoczność rzeczywista jest wyraźnie mniejsza od wymaganej przepisami. Z powyższego wynika, że kąt  $\alpha$  przecięcia się dróg bezwzględnie nie powinien być mniejszy niż  $80^\circ$ .

4. Należy wszcząć działania zmieniające sytuację na już istniejących skrzyżowaniach skośnych w celu wyeliminowania ewentualnych zagrożeń uczestników ruchu drogowego, np. poprzez wyposażenie skrzyżowań w dodatkowe urządzenia zapewniające normatywną widoczność z pojazdów różnych kategorii.

## Literatura

- [1] SZCZEPANIAK C.: *Podstawy modelowania Systemu Człowiek — Pojazd — Otoczenie*, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa Łódź 1999.
- [2] *Rozporządzenie MTiGM (Dz.U.Nr.43/99 poz. 430) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.*
- [3] *Regulamin Nr 46 EKG ONZ.*



[4] *Regulamin Nr 71 EKG ONZ.*

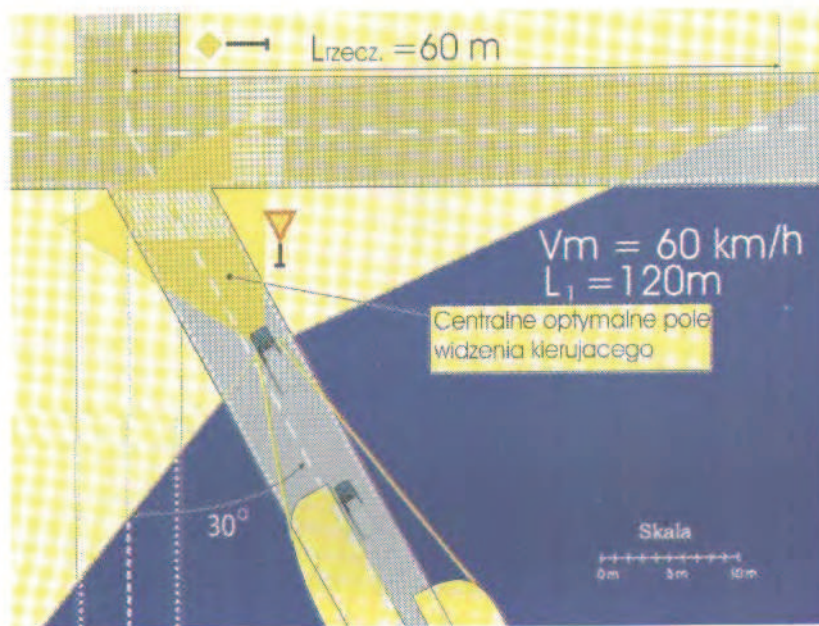
[5] OLEJNIK K.; *Badania własne Pracownia Badań Widoczności i Ergonomii ITS.* Warszawa 2002 niepublikowane.

### Visibility estimated from driver's position during driving "diagonal" cross-road

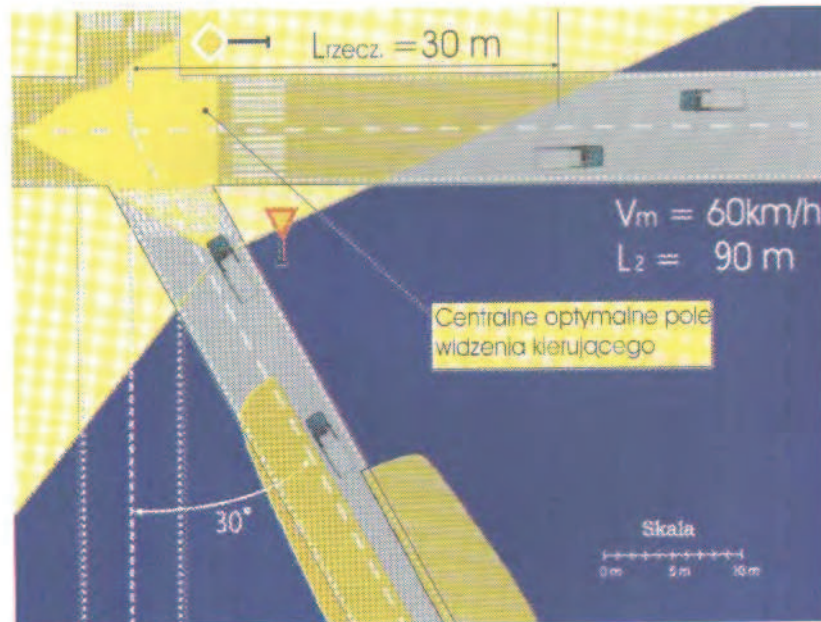
#### Summary

In paper are shown the results of measurements of visibility, which is estimated by a driver of "diagonal" crossing. The results of research carried out for Polonez and lorry version Polonez Truck are compared. There is also made an assessment of decree records "in case of technical conditions, which should fulfil public roads and their location", Decret Journal number 43/99 positions 430-§60, §99, §100.

**Key words:** Cars, safety, cross road, visibility.

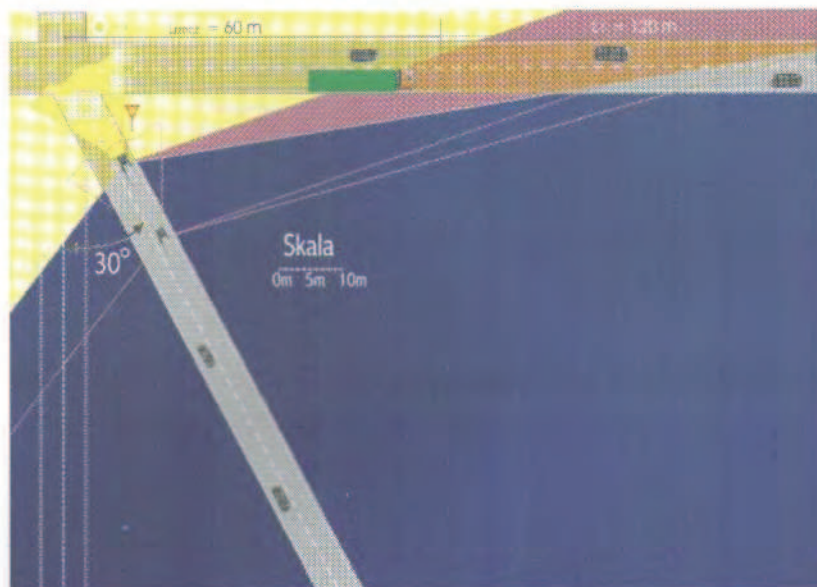


Rys. 14. Sytuacja w ruchu na skrzyżowaniu skośnym — zbliżenie.  
 Fig. 14. Situation during traffic on the diagonal intersection — close — zoom in.



Rys. 15. Sytuacja, zatrzymanie na skrzyżowaniu skośnym — zbliżenie.  
 Fig. 15. Situation during stop of traffic on the diagonal intersection — close — zoom in.





Rys. 16. Sytuacja w ruchu na skrzyżowaniu „skośnym” — oddalenie.  
Fig. 16. Situation during traffic on the diagonal intersection — away — zoom out.