

Tomasz TARGOSIŃSKI

POMIARY OZNAKOWANIA ODBLASKOWEGO DRÓG W TERENIE ZA POMOCĄ APARATURY Z POWIERZCHNIOWYMI PRZETWORNIKAMI OBRAZU

STRESZCZENIE *W ramach projektu badawczego opracowano i wykonano aparaturę do pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych odblaskowych znaków drogowych w terenie w nocy, wykorzystującą powierzchniowe przetworniki obrazu. Jakość oznakowania odblaskowego w warunkach drogowych wykazuje znaczne zróżnicowanie, a jej ocena dokonywana jest głównie wzrokowo oraz wrywkowo pomiarowo w sposób uproszczony, za pomocą przyrządów symulujących pomiary laboratoryjne. Za pomocą opracowanej aparatury wykonano serię pomiarów oznakowania dróg w warunkach nocnych. Pomiary te pozwoliły na przetestowanie metodyki i aparatury oraz na wstępną ocenę zakresu występujących problemów. Wyniki pomiarów pokazały złożoność zagadnienia oceny jakości eksploatacyjnej oznakowania oraz unaocznily wiele problemów, które umykają obecnym metodom badania jakości oznakowania odblaskowego.*

Słowa kluczowe: *materiały odblaskowe, wideofotometria, wideokolorymetria, znaki drogowe*

dr inż. Tomasz Targosiński
e-mail: Tomasz.targosinski@its.waw.pl

Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie
Centrum Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 244, 2010

1. WSTĘP

Jakość oznakowania odblaskowego w warunkach drogowych wykazuje znaczne zróżnicowanie, a jej ocena dokonywana jest głównie wzrokowo oraz wyrzykowo pomiarowo w sposób uproszczony, za pomocą przyrządów symulujących pomiary laboratoryjne.

Stosowane obecnie metody pomiarów właściwości odblaskowych znaków drogowych wykonywane są w laboratoriach punktowo dla ustalonego kąta oświetlenia i obserwacji. Mierniki przenośne wykorzystują uproszczenia metody laboratoryjnej, są przez to niedokładne, a powtarzalność pomiarów nie jest zbyt duża.

Można wyróżnić dwa aspekty badania gęstości powierzchniowej współczynnika odblasku i barwy oznakowania poziomego: po pierwsze w celu oceny jakości procesów technologicznych wykonywania ww. oznakowań oraz ich trwałości eksploatacyjnej; po drugie – oceny jakości percepcji ww. oznakowania w terenowych warunkach użytkowania danego odcinka drogi z punktu widzenia percepcji kierowcy w zmiennych warunkach pogodowych, porze dnia i niezbędnej odległości percepcji ww. oznakowania, zdeterminowanej prędkością jazdy, drogą hamowania i kondycją psychofizyczną prowadzącego pojazd. Szczególnego znaczenia nabiera badanie eksploatacyjne oznakowania pionowego i poziomego w warunkach takich, w jakich ono występuje na drogach, z uwzględnieniem wpływu rzeczywistych czynników, w tym usytuowania w stosunku do krawędzi drogi, łuków, zakrętów, skrzyżowań, wzniesień bądź obniżen terenu oraz rzeczywistych narażeń oznakowania zarówno poziomego jak i pionowego. Instalowanie znaków drogowych jest w znacznym stopniu znormalizowane. Muszą one mieć określony kształt, rozmiar i barwy oraz położenie w stosunku do kierunku ruchu. Są umieszczane tak, aby były łatwo widoczne - aby kierowca mógł je dostrzec bez zmiany kierunku obserwacji drogi, a ze względu na prostopadłe położenie do kierunku drogi – ich kształt obserwowany powinien być jednoznacznie rozpoznawalny i nie powinien ulegać zmianie w różnych warunkach jazdy. Doświadczenia praktyczne zakładają potrzebę widoczności pionowych znaków drogowych, zależnie od rodzaju drogi (a co za tym idzie dopuszczalnych prędkości pojazdu oraz rozmiarów oznakowań, przewidzianych w ustaleniach normatywnych) z odległości przykładowo 200, 100, 50 i 25 m.

Poza faktami niedostatecznej widoczności znaków, zdarzają się też sytuacje olśnienia wywołanego nadmiernym współczynnikiem odblasku znaków usytuowanych w zasięgu silnej wiązki światła, które obecnie nie są badane ani kontrolowane.

2. WYMAGANIA NORMATYWNE

Podstawą zapewnienia odpowiedniej widoczności materiałów odblaskowych są normatywne zalecenia badawcze, które jednak w sposób bardzo uproszczony odzwierciedlają ich rzeczywistą percepcję w warunkach nocnych. Szczególnego znaczenia nabiera fakt, że wymagania te nie są całkowicie ujednolicone w pełnym zakresie wyrobów, w których wykorzystuje się materiały odblaskowe. Zawierają też klasyfikacje związane z tzw. generacjami materiałów odblaskowych, które są bardziej odzwierciedleniem właściwości technologicznych i koncepcji produkcyjnych wiodących producentów, niż jednoznacznie i wielowymiarowo rozumianymi właściwościami współdrożnego odbicia światła.

W przypadku stosowanych obecnie wymagań normatywnych dla różnego rodzaju zastosowań materiałów odblaskowych pomiar i ocena gęstości powierzchniowej współczynnika odblasku dokonywana jest w niewielkiej liczbie wybranych punktów pomiarowych dla pojedynczego badania, co dodatkowo sankcjonuje „generacyjne” klasyfikowanie tych materiałów.

W tabeli 1 i 2 podano przykład definiowania wymagań dla gęstości powierzchniowej współczynnika odblasku R' w przypadku znaków drogowych [1, 5].

Można zauważyć, że wymagania podawane są jedynie dla niewielkiej liczby kątów oświetlenia i obserwacji. Parametry fotometryczne materiałów odblaskowych nie zmieniają się bardzo drastycznie w funkcji kąta oświetlenia β , ponieważ właściwości odbicia światła dla tych materiałów mają duże wartości dla małych kątów obserwacji α w dużym zakresie zmian kątów oświetlenia β .

Natomiast zmiany związane z kątem obserwacji α bardzo silnie zależą od konkretnego rozwiązania wykonawczego materiału odblaskowego. Wynika to z zasady działania odbicia współdrożnego. W przypadku materiałów odblaskowych regułą jest to, że ilość odbitego światła maleje ze wzrostem kąta oświetlenia i obserwacji. Są to jednak złożone zależności i znacząco różnią się w zależności od właściwości konkretnej folii odblaskowej. Wynika to z możliwości konkretnej koncepcji technologicznej – np. kulki szklane właściwości odbicia/przepuszczania światła zmieniają „płynnie” z krzywizną kuli i powierzchni odbijających, a charakterystyka ta jest symetryczna względem obrotu wokół osi prostopadłej do powierzchni materiału odblaskowego (ε). Jednak zarówno wartości współczynnika odblasku, jak i jego zmienność zależą od szczegółów technicznego wykonania materiału odblaskowego. Natomiast w przypadku materiałów o budowie pryzmatycznej charakterystyki te będą silnie zależały od kątów ustawienia poszczególnych powierzchni odbijających światło i ich geometrycznego ułożenia. W tym przypadku nie ma żadnych ogólnych reguł, które pozwalałyby na oszacowanie rozkładu współczynnika odblasku zarówno w funkcji

kąta obserwacji i przy obrocie materiału względem osi prostopadłej do jego powierzchni.

TABELA 1

Gęstość powierzchniowa współczynnika odbłasku R' folii typu Ref1: jednostka: [cd·lx-1·m-2]

| Geometria pomiaru | | Barwa | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------|-------|----------|---------|-----------|---------|--------------|-------|
| α | β_1 ($\beta_2 = 0$) | Biała | Żółta | Czerwona | Zielona | Niebieska | Brązowa | Pomarańczowa | Szara |
| 12' | +5° | 70 | 50 | 14,5 | 9 | 4 | 1 | 25 | 42 |
| | +30° | 30 | 22 | 6 | 3,5 | 1,7 | 0,3 | 10 | 18 |
| | +40° | 10 | 7 | 2 | 1,5 | 0,5 | # | 2,2 | 6 |
| 20' | +5° | 50 | 35 | 10 | 7 | 2 | 0,6 | 20 | 30 |
| | +30° | 24 | 16 | 4 | 3 | 1 | 0,2 | 8 | 14,4 |
| | +40° | 9 | 6 | 1,8 | 1,2 | # | # | 2,2 | 5,4 |
| 2° | +5° | 5 | 3 | 1 | 0,5 | # | # | 1,2 | 3 |
| | +30° | 2,5 | 1,5 | 0,5 | 0,3 | # | # | 0,5 | 1,5 |
| | +40° | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,2 | # | # | # | 0,9 |

wskazuje „Wartość większa niż zero, ale nieistotna lub nie dająca się zastosować”.

TABELA 2

Gęstość powierzchniowa współczynnika odbłasku R' folii typu Ref2: jednostka: [cd·lx-1·m-2]

| Geometria pomiaru | | Barwa | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|-------|-------|----------|---------|---------------|-----------|---------|--------------|-------|
| α | β_1 ($\beta_2=0$) | Biała | Żółta | Czerwona | Zielona | Ciemnozielona | Niebieska | Brązowa | Pomarańczowa | Szara |
| 12' | +5° | 250 | 170 | 45 | 45 | 20 | 20 | 12 | 100 | 125 |
| | +30° | 150 | 100 | 25 | 25 | 15 | 11 | 8,5 | 60 | 75 |
| | +40° | 110 | 70 | 15 | 12 | 6 | 8 | 5,0 | 29 | 55 |
| 20' | +5° | 180 | 120 | 25 | 21 | 14 | 14 | 8 | 65 | 90 |
| | +30° | 100 | 70 | 14 | 12 | 11 | 8 | 5 | 40 | 50 |
| | +40° | 95 | 60 | 13 | 11 | 5 | 7 | 3 | 20 | 47 |
| 2° | +5° | 5 | 3 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 1,5 | 2,5 |
| | +30° | 2,5 | 1,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | # | # | 1 | 1,2 |
| | +40° | 1,5 | 1,0 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | # | # | # | 0,7 |

wskazuje „Wartość większa niż zero ale nieistotna lub nie dająca się zastosować”.

W zakresie barwy znaków nie zdefiniowano wymagań dla warunków odbłaskowych. Zdefiniowano je dla oświetlenia światłem rozproszonym (warunki dzienne, nieodbłaskowe). W przypadku oświetlenia standardowym iluminantem D65 zgodnym z CIE i pomiaru w geometrii 45/0 współrzędne chromatyczności i współczynnik luminancji β powinny być zgodne z tabelą 3 lub tabelą 4. Współrzędne chromatyczności sprecyzowane w tabeli 4 zapewniają lepszą widoczność i jednorodność barwy nowych znaków, które są instalowane w różnym czasie, niż podane w tabeli 3. Można oczekiwać, że barwy znaków które były zgodne na etapie produkcji z wymaganiami tabeli 4 będą dłużej pozostawać w wartościach granicznych barwy według tabeli 3.

TABELA 3

Współrzędne chromatyczności i współczynniki luminancji folii typu R1: znaki odblaskowe

| Barwa | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | Współczynnik luminancji β | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|-------------|
| | x | y | x | y | x | y | x | y | | |
| Biała | 0,355 | 0,355 | 0,305 | 0,305 | 0,285 | 0,325 | 0,335 | 0,375 | $\geq 0,35$ | $\geq 0,27$ |
| Żółta – Ref1 | 0,522 | 0,477 | 0,470 | 0,440 | 0,427 | 0,483 | 0,465 | 0,534 | $\geq 0,27$ | |
| Żółta – Ref2 | 0,545 | 0,454 | 0,487 | 0,423 | 0,427 | 0,483 | 0,465 | 0,534 | | $\geq 0,16$ |
| Pomarańczowa | 0,610 | 0,390 | 0,535 | 0,375 | 0,506 | 0,404 | 0,570 | 0,429 | $\geq 0,17$ | $\geq 0,14$ |
| Czerwona | 0,735 | 0,265 | 0,674 | 0,236 | 0,569 | 0,341 | 0,655 | 0,345 | $\geq 0,05$ | $\geq 0,03$ |
| Niebieska | 0,078 | 0,171 | 0,150 | 0,220 | 0,210 | 0,160 | 0,137 | 0,038 | $> 0,01$ | $\geq 0,01$ |
| Zielona | 0,007 | 0,703 | 0,248 | 0,409 | 0,177 | 0,362 | 0,026 | 0,399 | $\geq 0,04$ | $\geq 0,03$ |
| Ciemnozielona | 0,313 | 0,682 | 0,313 | 0,453 | 0,248 | 0,409 | 0,127 | 0,557 | $0,01 \leq \beta \leq 0,07$ | |
| Brazowa | 0,455 | 0,397 | 0,523 | 0,429 | 0,479 | 0,373 | 0,558 | 0,394 | $0,03 \leq \beta \leq 0,09$ | |
| Szara | 0,350 | 0,360 | 0,300 | 0,310 | 0,285 | 0,325 | 0,335 | 0,375 | $0,12 \leq \beta \leq 0,18$ | |

TABELA 4

Współrzędne chromatyczności i współczynnik luminancji folii typu R2: znaki odblaskowe

| Barwa | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | Współczynnik luminancji β | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|--------------|
| | x | y | x | y | x | y | x | y | Tabela 2.1.6 | Tabela 2.1.7 |
| Biała | 0,305 | 0,315 | 0,335 | 0,345 | 0,325 | 0,355 | 0,295 | 0,325 | $\geq 0,35$ | $\geq 0,27$ |
| Żółta – Ref1 | 0,49 | 0,505 | 0,470 | 0,480 | 0,493 | 0,457 | 0,522 | 0,477 | $\geq 0,27$ | |
| Żółta – Ref2 | 0,494 | 0,505 | 0,470 | 0,480 | 0,513 | 0,437 | 0,545 | 0,454 | | $\geq 0,16$ |
| Czerwona | 0,735 | 0,265 | 0,700 | 0,250 | 0,610 | 0,340 | 0,660 | 0,340 | $\geq 0,05$ | $\geq 0,03$ |
| Niebieska – Ref1 | 0,130 | 0,086 | 0,160 | 0,086 | 0,160 | 0,120 | 0,130 | 0,120 | $\geq 0,01$ | |
| Niebieska – Ref2 | 0,130 | 0,090 | 0,160 | 0,090 | 0,160 | 0,140 | 0,130 | 0,140 | | $\geq 0,01$ |
| Zielona – Ref1 | 0,110 | 0,415 | 0,150 | 0,415 | 0,150 | 0,455 | 0,110 | 0,455 | $\geq 0,04$ | |
| Zielona – Ref2 | 0,110 | 0,415 | 0,170 | 0,415 | 0,170 | 0,500 | 0,110 | 0,500 | | $\geq 0,03$ |
| Ciemnozielona | 0,190 | 0,580 | 0,190 | 0,520 | 0,230 | 0,580 | 0,230 | 0,520 | $0,01 \leq \beta \leq 0,07$ | |
| Brazowa | 0,455 | 0,397 | 0,523 | 0,429 | 0,479 | 0,373 | 0,558 | 0,394 | $0,03 \leq \beta \leq 0,09$ | |
| Szara | 0,305 | 0,315 | 0,335 | 0,345 | 0,325 | 0,355 | 0,295 | 0,325 | $0,12 \leq \beta \leq 0,18$ | |

3. OPRACOWANA METODYKA BADAWCZA

W ramach projektu badawczego [2] opracowana została metodyka badania oznakowania drogowego pionowego i poziomego, która odpowiada rzeczywistej percepcji kierujących pojazdami w warunkach drogowych w nocy, przy oświetleniu oznakowania reflektorami pojazdu.

Istotne jest zdefiniowanie rozumienia pojęcia „warunków rzeczywistych”. Dla potrzeb projektu pod tym pojęciem rozumie się oświetlenie i „obserwację” znaku przez urządzenie pomiarowe w taki sposób, że oświetlacz znajduje się w położeniu reprezentującym miejsce reflektora pojazdu znajdującego się w ruchu i oświetla znak wiązką o odniesieniowym natężeniu oświetlenia i barwie reprezentatywnej dla reflektora (znormalizowanej). Natomiast kamera wideofotometryczna (przetwornik pomiarowy obrazu – „matrycowy miernik luminancji”) rejestruje („obserwuje”) znak z pozycji kierującego pojazdem. Ponieważ oba położenia są zróżnicowane dla różnych pojazdów istotne jest przyjęcie położen najbardziej niekorzystnych albo uśrednionych. Skonstruowano aparaturę wykorzystującą scalone analizatory obrazu, które zostały już z powodzeniem zastosowane w nowatorskich rozwiązaniach kamer fotometrycznych i kolorymetrycznych [3, 4, 6].

Podczas pomiarów odblaskowy znak drogowy (pionowy, poziomy) jest oświetlany za pomocą skalibrowanego oświetlacza zadany iluminantem (A). Następnie jest rejestrowany i mierzony rozkład luminancji znaku. Mierzone są także składowe trójchromatyczne barwy podstawowych R’G’B’ i obliczane są współrzędne barwy w układzie kolorymetrycznym x,y CIE dla każdego piksela zarejestrowanego obrazu. Uzyskany rozkład luminancji i barwy przy uwzględnieniu światłości oświetlacza oraz odległości oświetlacza od badanego znaku (mierzonej dalmierzem elektronicznym) przeliczany jest na rozkład gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku.

Rejestracja cyfrowa stanu oświetlenia, która odbywa się nocą, trwa od kilku sekund do pojedynczych minut i jest zapamiętywana i przechowywana w komputerze, a wyniki mogą być analizowane w terminie późniejszym w dogodnych warunkach.

Stanowisko pomiarowe, składa się z kalibrowanego układu oświetlającego oraz układu detekcji obrazu z matrycowym przetwornikiem obrazu. Układ ten przetwarza zmierzoną odległość od znaku, zarejestrowany obraz, wartości rozkładu luminancji, gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku i barwy badanych lic znaków drogowych. Dodatkowo system nawigacji satelitarnej GPS umożliwia określenie położenia znaku na mapie, co jest bardzo dogodną możliwością ewidencjonowania znaków na drodze i oceny uwarunkowań lokalnych. Stanowisko w warunkach pomiarów drogowych przedstawiono na fotografii 1.

Pomiar barwy to zadanie znacznie bardziej skomplikowane. Z drugiej strony barwy używane na znakach mają mniejsze znaczenie niż rysunek czy napisy. Barwa znaków jest definiowana dla warunków nieodblaskowych, a więc charakterystycznych dla obserwacji dziennej. Nawet przy znaczącym odbieganiu barwy od wymaganej znak prawdopodobnie pozostanie rozpoznawalny, ważne jest natomiast pytanie z jakiej odległości. Percepcja znaków w nocy obejmuje także barwę i to jako jeden z istotnych czynników wczesnego etapu

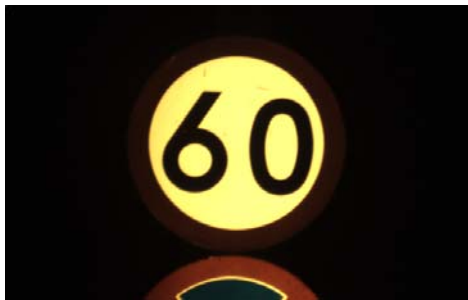


Fot. 1. Aparatura podczas pomiarów znaków na drodze

rozpoznawania znaków. Stąd zagadnienie precyzji pomiaru barwy i jego powtarzalności ma znaczenie chociaż trudno określić je ilościowo. Istotny będzie natomiast kontrast. Dlatego w badaniach pola tolerancji barw określone w wymaganiach dla warunków dziennych przyjęto jako punkt wyjścia, a nie jako bezwzględne wymaganie. Jak pokazały wyniki pomiarów, zróżnicowanie barwy w warunkach drogowych pomiędzy znakami jest znaczne.

4. POMIARY

Podczas praktycznej weryfikacji wykonano rejestracje pomiarowe znaków drogowych zainstalowanych na drogach, wybranych tak, aby uzyskać wyniki pomiarów pozwalające na przeglądową ocenę różnych elementów i aspektów dotyczących zainstalowania znaku (kształt znaku, rozmiary, barwy, rodzaju materiału odblaskowego, zabrudzenie, zużycie). Wykonano też pomiary znaków specjalnie przygotowanych, wykonanych z dwóch rodzajów materiału odblaskowego na jednym znaku po to aby uzyskać efekt różnicy pomiaru zależnych od materiału (znaki 5 i 6). Poniżej przedstawiono obrazy znaków zarejestrowane aparaturą w warunkach pomiaru (odbicie współdrożne światła przy oświetleniu iluminatorem A).



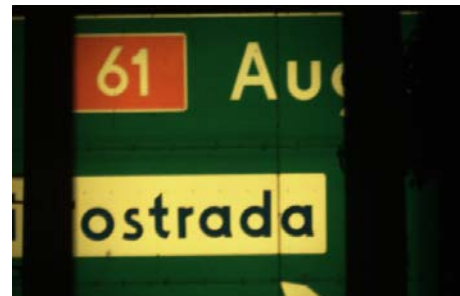
Fot. 2. Znak 1



Fot. 3. Znak 2



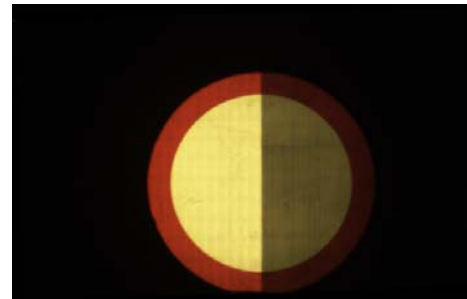
Fot. 4. Znak 3



Fot. 5. Znak 4



Fot. 6. Znak 5



Fot. 7. Znak 6

Uwaga: Z znaki 5 i 6 to znaki „specjalne”, wykonane z dwóch rodzajów folii odblaskowej różnych dla lewej i prawej strony



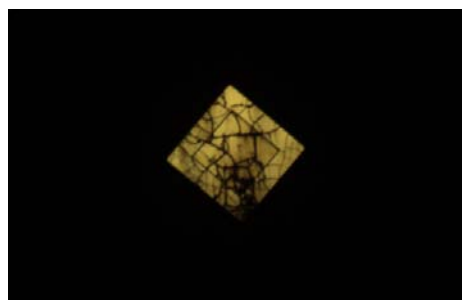
Fot. 8. Znak 7



Fot. 9. Znak 8



Fot 10. Znak 9



Fot 11. Znak 10



Fot. 12. Znak 11



Fot. 13. Znak 12

W tabeli 5 zamieszczono wyniki pomiarów współrzędnych barwy dla przykładowych znaków w wybranych punktach pomiarowych.

Na rysunku 1. zaznaczono pola tolerancji współrzędnych barwy w układzie CIE x,y zgodnie z wymaganiami obowiązujących przepisów [1, 5].

Rys. 1. Barwy znaków dla warunków rozproszonego światła dziennego oraz zakresy ich tolerancji

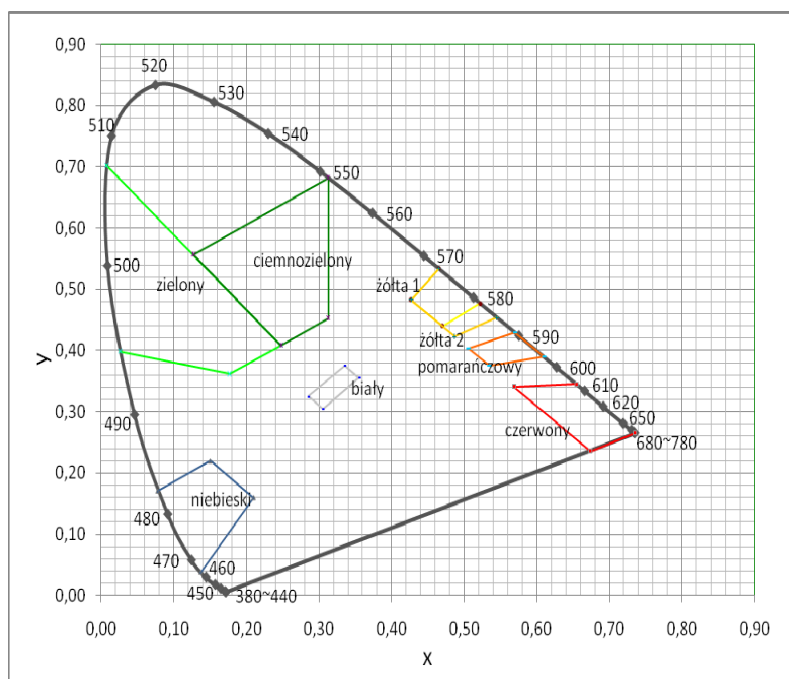
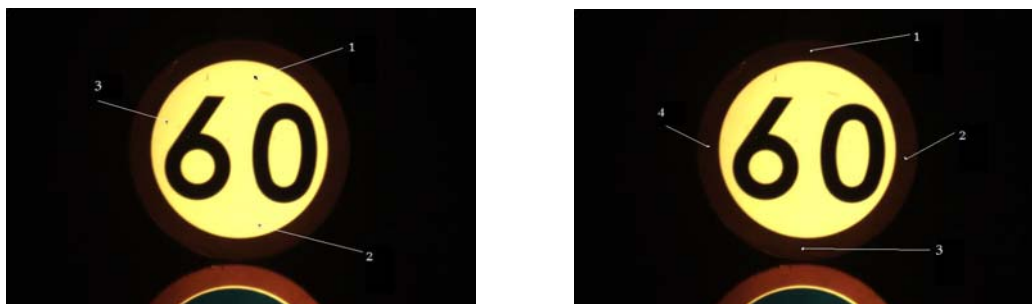


TABELA 5

Współrzędne barwy znaków – tabela zbiorcza

| Znak | Punkt | Biała | | Żółta | | Czerwona | | Zielona | | Niebieska | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| | | x | y | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 1 | 1 | 0,416 | 0,437 | | | 0,536 | 0,382 | | | | |
| | 2 | 0,424 | 0,438 | | | 0,552 | 0,384 | | | | |
| | 3 | 0,420 | 0,442 | | | 0,558 | 0,382 | | | | |
| | 4 | | | | | 0,547 | 0,384 | | | | |
| 2 | 1 | 0,395 | 0,456 | | | | | | | 0,193 | 0,324 |
| | 2 | 0,400 | 0,456 | | | | | | | 0,186 | 0,323 |
| | 3 | 0,405 | 0,457 | | | | | | | 0,179 | 0,315 |
| | 4 | | | | | | | | | 0,179 | 0,306 |
| 3 | 1 | | | | | 0,611 | 0,366 | | | 0,220 | 0,308 |
| | 2 | | | | | 0,62 | 0,372 | | | 0,207 | 0,308 |
| | 3 | | | | | 0,596 | 0,379 | | | 0,215 | 0,303 |
| | 4 | | | | | 0,625 | 0,372 | | | 0,210 | 0,286 |
| 4 | 1 | 0,401 | 0,448 | | | 0,626 | 0,370 | 0,176 | 0,579 | | |
| | 2 | 0,404 | 0,458 | | | 0,617 | 0,373 | 0,192 | 0,566 | | |
| | 3 | 0,403 | 0,452 | | | 0,633 | 0,368 | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | |
| 5p | 1 | | | 0,493 | 0,474 | 0,645 | 0,366 | | | | |
| | 2 | | | 0,493 | 0,474 | 0,635 | 0,362 | | | | |
| 5l | 3 | | | 0,494 | 0,476 | 0,646 | 0,354 | | | | |
| | 4 | | | 0,508 | 0,470 | 0,642 | 0,354 | | | | |
| 6p | 1 | 0,397 | 0,439 | | | 0,624 | 0,356 | | | | |
| | 2 | 0,390 | 0,438 | | | 0,612 | 0,351 | | | | |
| 6l | 3 | 0,389 | 0,430 | | | 0,640 | 0,345 | | | | |
| | 4 | 0,382 | 0,438 | | | 0,628 | 0,343 | | | | |
| 7 | 1 | 0,413 | 0,457 | 0,497 | 0,468 | | | | | | |
| | 2 | 0,412 | 0,452 | 0,503 | 0,462 | | | | | | |
| | 3 | 0,416 | 0,464 | 0,491 | 0,472 | | | | | | |
| 8 | 1 | | | 0,505 | 0,467 | 0,634 | 0,358 | | | | |
| | 2 | | | 0,526 | 0,452 | 0,625 | 0,361 | | | | |
| | 3 | | | 0,514 | 0,462 | 0,640 | 0,358 | | | | |
| 9 | 1 | 0,374 | 0,437 | | | | | | | 0,187 | 0,272 |
| | 2 | 0,378 | 0,440 | | | | | | | 0,336 | 0,330 |
| | 3 | 0,312 | 0,438 | | | | | | | 0,265 | 0,309 |
| | 4 | | | | | | | | | 0,250 | 0,336 |
| 10 | 1 | 0,400 | 0,456 | 0,445 | 0,476 | | | | | | |
| | 2 | 0,429 | 0,428 | 0,472 | 0,460 | | | | | | |
| | 3 | 0,419 | 0,452 | 0,435 | 0,476 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0,440 | 0,445 | | | 0,534 | 0,425 | | | | |
| | 2 | 0,432 | 0,450 | | | 0,548 | 0,412 | | | | |
| | 3 | 0,421 | 0,453 | | | 0,520 | 0,426 | | | | |
| | 4 | | | | | 0,627 | 0,346 | | | | |
| 12 | 1 | | | | | 0,587 | 0,402 | | | 0,212 | 0,370 |
| | 2 | | | | | 0,612 | 0,393 | | | 0,223 | 0,340 |
| | 3 | | | | | 0,597 | 0,397 | | | 0,216 | 0,362 |
| | 4 | | | | | 0,601 | 0,398 | | | 0,216 | 0,367 |

Na rysunku 2...7 zaprezentowano wyniki pomiarów barwy dla znaków pionowych odróżniających się wizualnie od pozostałych. W podobny sposób zobrazowano wyniki pomiarów barwy pozostałych znaków.

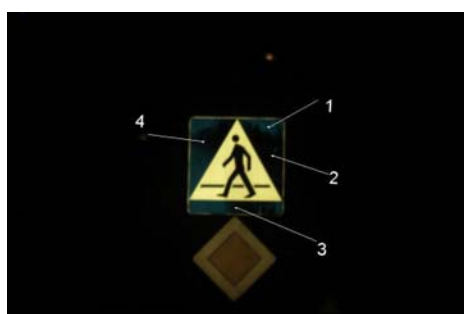
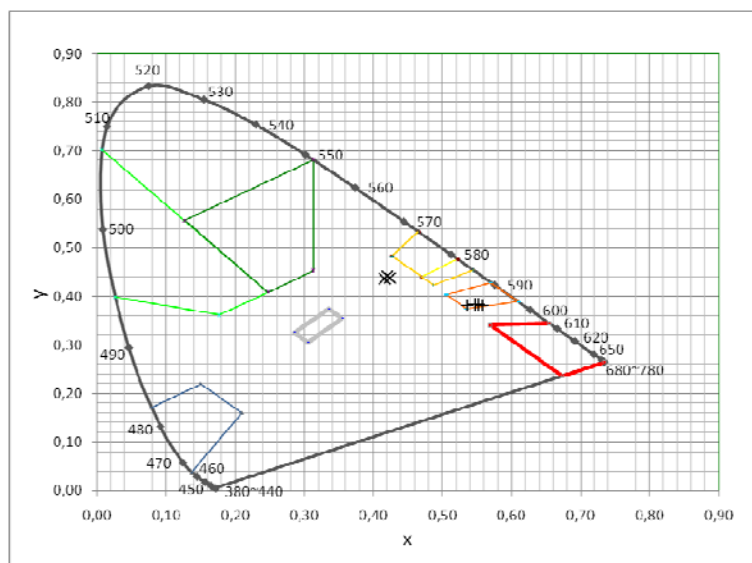


Rys. 2. Punkty pomiaru barwy dla znaku 1.

Czerwony pierścień w warunkach odblasku jest znacznie ciemniejszy niż w warunkach oświetlenia dziennego np. w porównaniu do znaku poniżej – znak nr 3

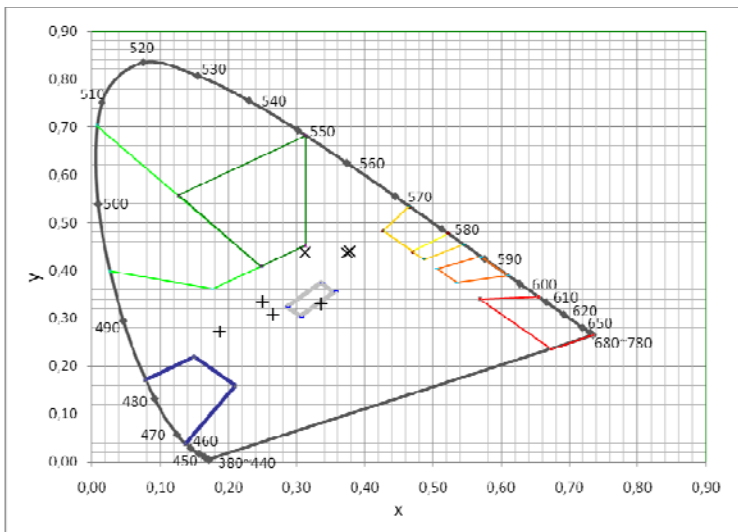
Rys. 3. Współrzędne barwy dla znaku 1:

× – punkty dla barwy białej
+ – punkty dla barwy czerwonej



Rys. 4. Punkty pomiaru barwy niebieskiej białej dla znaku 9.

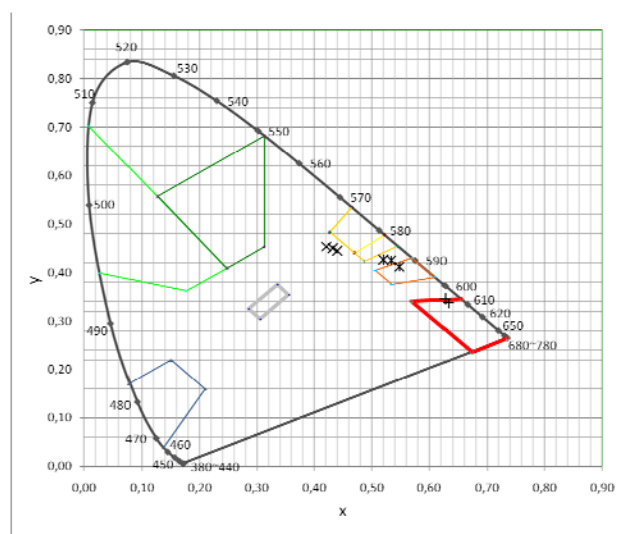
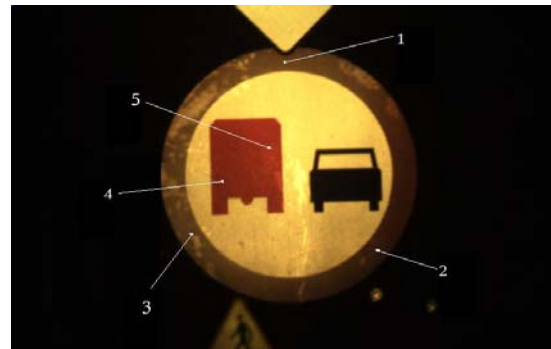
Znak ten w świetle dziennym wykazywał dużą równomierność i wyrazistość barwy niebieskiej. Natomiast w warunkach odblaskowych uwidoczniły się „plamy” być może związane z nieprawidłowym naniesieniem barwnika na podłoże lub z jego starzeniem



Rys. 5. Współrzędne barwy dla znaku 9:

x – punkty dla barwy białej,
+ – punkty dla barwy niebieskiej

Rys. 6. Punkty pomiaru barwy czerwonej dla znaku 11



Rys. 7. Współrzędne barwy dla znaku 11:

x – punkty dla barwy białej
* – punkty dla barwy czerwonej („pierścień” na licu znaku pkt. 1, 2, 3)
+ – punkty dla barwy czerwonej („pojazd” na licu znaku 4 i 5)

W tabeli 6 podano wyniki pomiarów gęstości powierzchniowej współczynnika odblasku R' dla serii znaków z fotografii 2...13. Są one zestawione z wymaganiami określonymi w normie PN-EN 12899 dla folii typu 1 – najbardziej łagodne wymagania.

TABELA 6

Współczynnik odblasku znaków

| Znak | Geometria pomiaru | | Barwa | | | | |
|-----------------|-------------------|--|--|------------|-----------|---------|-----------|
| | α | $\beta, \beta_2 \approx \text{ok. } 5^\circ$ | Biała | Żółta | Czerwona | Zielona | Niebieska |
| | | | $R' [\text{cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx}^{-1})]$ | | | | |
| 1 | 43' | | 17,5 - 22 | | 0,9 - 1,3 | | |
| 2 | 43' | | 23 - 35 | | | | 3 - 3,9 |
| 3 | 43' | | 17 - 25 | | 2,7 - 3,6 | | 2 - 3,0 |
| 4 | 22' | | 60 - 80 | | 15 - 25 | 14 - 18 | |
| 5l | 43' | | | 36 - 42 | 7 - 11,5 | | |
| 5p | 43' | | | 16,5 - 19 | 3,5 - 4,7 | | |
| 5l | 11' | | | 950 - 1350 | | | |
| 5p | 11' | | | 120 - 205 | | | |
| 5l | 13' | | | 820 - 1040 | | | |
| 5p | 13' | | | 130 - 163 | | | |
| 5l | 20' | | | 250 - 620 | | | |
| 5p | 20' | | | 35 - 60 | | | |
| 5l | 1' 16' | | | 18 - 22 | | | |
| 5p | 1' 16' | | | 12 - 16 | | | |
| 5l | 2' 34' | | | 0,9 - 1,3 | | | |
| 5p | 2' 34' | | | 2,2 - 3 | | | |
| 6l | 43' | | 132 - 166 | | 26,5 - 33 | | |
| 6p | 43' | | 46 - 52 | | 7,0 - 12 | | |
| 7 | 19' | | 30 - 60 | 31 - 40 | | | |
| 8 | 28' | | | 130 - 160 | 27 - 43 | | |
| 9 | 19' | | 128 - 160 | | | | 1 - 19 |
| 10 | 32' | | 0,7 - 31 | 1 - 28 | | | |
| 11 | 37' | | 18 - 34 | | | | |
| - pierścień | 37' | | | | 1,4 - 16 | | |
| - samochód | 37' | | | | 4,7 - 7,1 | | |
| 12 | 43' | | | | 4,1 - 6,8 | | 1,8 - 3 |
| Wymagania normy | 20' | 5° | 50 | 35 | 10 | 7 | 2 |
| | 2° | 5° | 5 | 3 | 1 | 0,5 | # |

Uwaga: # – wskazuje "wartość większą niż zero, ale nieistotną lub nie dającą się zastosować".

Dla znaku specjalnego 5 wykonano także pomiary dla szerszego zakresu kątów obserwacji. Wyniki pokazują, że dla małych odległości (dużych kątów obserwacji – powyżej 2°) lepsze właściwości ma folia 2 generacji (lewa strona),

a przy dużych i bardzo dużych odległościach folia 3 generacji (prawa strona). Wybór odpowiedniego rodzaju folii odblaskowej pod względem dużych kątów obserwacji ma znaczenie dla widoczności znaków z bliskich odległości, np. na zakrętach, skrzyżowaniach, w terenie zabudowanym.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- W ramach projektu opracowana została koncepcja metodyki systemu obiektywnej oceny eksploatacyjnej oznakowania pionowego i poziomego dróg, która odpowiada rzeczywistej percepcji kierujących pojazdami w warunkach drogowych w nocy, przy uwzględnieniu oświetlenia oznakowania reflektorami pojazdu i wpływu rzeczywistych czynników takich jak geometria drogi i jej otoczenia. Koncepcja spełniła przyjęte założenia i udało się zrealizować ją w praktyce za pomocą skonstruowanej w ramach projektu aparatury z wykorzystaniem scalonych przetworników obrazu.
- Analiza obowiązujących wymagań dotyczących odblaskowego oznakowania dróg i metod pomiarowych stosowanych do sprawdzania zgodności z tymi wymaganiami pokazała, że uregulowania te nie są jednolite zarówno w skali krajowej i międzynarodowej. Są uregulowaniami zorientowanymi na możliwości technologiczne produkcji, a jakość postrzegania znaków w warunkach ich oświetlenia światłami pojazdów zagwarantowana jest w bardzo ogólny, uproszczony i umowny sposób.
- Wykonano model miernika rozkładu współczynnika odbłasku i barwy znaków oraz wykonano pomiary testujące i weryfikujące na wybranych drogach, przez co sprawdzono i potwierdzono możliwości praktycznej realizacji opracowanej metodyki i zastosowania jej w warunkach rzeczywistych. Zastosowano system nawigacji satelitarnej GPS, jako dodatkowy element systemu umożliwiający szczegółową ewidencję i lokalizację oznakowania na mapie.
- Przetestowano możliwości pomiarowe i właściwości skonstruowanej aparatury. Uzyskane wyniki pomiarów oraz obserwacje poczynione podczas ich wykonywania pozwoliły na ocenę głównych problemów dotyczących oznakowania w zakresie daleko wykraczającym poza spełnianie obowiązujących wymagań normatywnych.
- Istotną nowością jest propozycja pomiaru barwy w warunkach odbłasku, dotychczas niepraktykowana, a odzwierciedlająca potrzeby i możliwości wczesnej percepcji i identyfikacji znaków.

- Wyniki pomiarów pokazały złożoność zagadnienia oceny jakości eksploatacyjnej oznakowania oraz unaocznili wiele problemów, które umykają obecnym metodom badania jakości oznakowania odblaskowego.
- Wprowadzenie obowiązku regularnego badania jakości oznakowania w warunkach eksploatacyjnych może być ważnym przyczynkiem do określenia trwałości eksploatacyjnej znaków i czasokresów ich wymiany. Istotny jest także aspekt potrzeby i częstotliwości czyszczenia/konserwacji oznakowania.
- Krajowy system znaków drogowych rozumiany zarówno technicznie, jak i socjologicznie, pomimo, że ukształtowany przez wiele lat i w pewnej mierze zunifikowany międzynarodowo nie jest systemem optymalnym. Wydaje się, że potrzebne są działania, w wyniku których skuteczność i efektywność informacyjna oznakowania może być znacząco podniesiona przy zredukowaniu nadmiaru informacji, bodźców oraz kosztów.
- Zakres pracy obejmujący zasadniczo opracowanie nowatorskiej aparatury i koncepcji metodyki pomiaru gęstości powierzchniowej współczynnika odblasku i barwy (w warunkach odblaskowych) jest bardzo istotnym, ale wstępnym, etapem działań ukierunkowanych na poprawę eksploatacyjnego stanu oznakowania. Wydaje się celowe kontynuowanie omawianej problematyki badawczej w przyszłości, także w kierunku optymalizacji definiowania oznakowania i zagwarantowania lepszego spełniania jego funkcji w zapewnianiu bezpieczeństwa ruchu drogowego.
- Przy współczesnych technologiach wytwarzania materiałów odblaskowych wspomaganych komputerowo istnieje możliwość „skierowania” odbitego współdrożnie światła w kontrolowany sposób, odchylony od kierunku oświetlenia, co może korzystnie wpływać na widoczność znaków w warunkach odbiegających od modelowych. Poprzez odpowiednie kombinacje kierunkowości można osiągnąć materiały odblaskowe spełniające wymagania widoczności w kilku kątach lub ich zadanym przedziale. Wprowadzenie do praktyki opracowanej koncepcji metodyki pomiarów może być motywacją do dostosowania technologii do potrzeb percepcyjnych kierujących.

Wyniki pomiarów, które z natury badania miały ograniczony zakres terytorialny i charakter, potwierdziły wcześniejsze wyniki analiz teoretycznych wskazujących na możliwość bardzo dużego zróżnicowania właściwości świetlnych oznakowania w warunkach drogowych oraz możliwymi znacznymi odchyleniami parametrów w stosunku do wymagań.

Na badanych obszarach zaobserwowano dużą liczbę znaków względnie nowych, wymienionych w ramach modernizacji odcinków drogi. Znaki te miały bardzo zbliżone właściwości, niezależnie od miejsca, w którym zostały usytuowane (proste odcinki drogi poza terenem zabudowanym, zakręty, skrzyżowania, teren zabudowany). Można też było zauważyć, że niektóre znaki, niekiedy zamocowane w pobliżu siebie, np. na jednym słupku, różniły się znacząco właściwościami od pozostałych. Mogłoby to wskazywać na zupełnie przypadkowy ich dobór (opróżnienie zapasów magazynowych ?), nieadekwatny do miejsca usytuowania.

Oprócz wielu znaków nowych, o parametrach przekraczających wymagania normatywne (minimalne, dla materiałów 1 generacji) na badanych drogach współistniały znaki stare, zniszczone, jak też znaki, które pomimo, że przy świetle dziennym wyglądały poprawnie, to w warunkach obicia współdrożnego światła (odblasku) wykazywały dość słabe parametry, a czasami bardzo dużą nierównomierność właściwości, spowodowaną prawdopodobnie niewłaściwą technologią ich wytwarzania (np. znaki nr 5 i 6). Cechy takie ujawniły się najczęściej podczas pomiarów w warunkach odbicia współdrożnego zgodnie z przedstawioną metodyką. Ich stwierdzenie podczas badań laboratoryjnych lub pomiarów przenośnymi miernikami odblasku jest mało prawdopodobne.

Podczas badań zweryfikowano także praktyczne możliwości pomiarowe aparatury. Zapewnia ona możliwości pomiaru z dokładnością znacznie przewyższającą potrzeby w kontekście zmian występujących w znakach i możliwości percepcyjnych człowieka.

LITERATURA

1. Polska Norma PN-EN 12899-1 Stałe pionowe znaki drogowe.
2. Projekt badawczy MNiSW nr 4 T12C 035 30.
3. Projekt badawczy KBN nr 9 T12C 035 12 „Opracowanie metodyki badania rozsyłu światła reflektorów z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu uzyskanego przy pomocy przetworników wizyjnych”.
4. Projekt badawczy KBN nr 9 T12C 017 19 ”Podstawy teoretyczne i koncepcja techniczna nowatorskiego systemu kompleksowej diagnostyki oświetlenia pojazdów samochodowych”.
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych i warunków ich umieszczania na drogach (Dz. U. 2003. 220. 2181).
6. Targosiński T.: Rozprawa doktorska ”Metoda oceny reflektorów pojazdów przy użyciu analizatorów obrazu” Białystok 2000.

Rękopis dostarczono, dnia 26.03.2010 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Maciej Rafałowski

MEASUREMENTS OF RETROREFLECTIVE
ROAD SIGNS BY EQUIPMENT USING
IMAGE ANALYSERS

Tomasz TARGOSIŃSKI

ABSTRACT *During research project was made equipment for photometric and colorimetric measurements of road signs. Quality of retro-reflective road signs in real world is differentiated and it is assessed visually or by simplified laboratory equipment. A series of measurements was done using prepared equipment during night-time on the real roads. Results show complex matter of assessing road sign quality and its measurements.*

