

PIOTR KAŻMIERCZAK

dr inż., Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie, ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa, piotr.kazmierczak@its.waw.pl

JOANNA WACHNICKA

dr inż., Katedra Inżynierii Drogowej i Transportowej, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, joanna.wachnicka@pg.edu.pl

Badania eksploatacyjne pionowych znaków drogowych^{1,2}

Streszczenie: Pionowe znaki drogowe są jednym ze środków organizacji ruchu drogowego, służące sprawnemu i bezpiecznemu prowadzeniu kierowców, a także pozostałych uczestników ruchu drogowego. Jednak, aby spełniać dobrze swoją funkcję informacyjną czy ostrzegawczą, muszą posiadać jak najdłuższe swoje cechy funkcjonalne, takie jak współczynnik odbłasku oraz barwę. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań sztucznego starzenia się folii odblaskowych stosowanych na pionowych znakach drogowych, a także rezultaty badań poligonowych przeprowadzonych na znakach zdemontowanych po wielu latach eksploatacji. Zbadano dwa typy folii najczęściej stosowanych na polskich drogach. Dzięki przeprowadzonym analizom wyznaczono przewidywany okres trwałości oznakowania pionowego. Może to pomóc zarządcom dróg w lepszym utrzymaniu posiadanej infrastruktury drogowej i dbaniu o wymianę znaków pionowych w czasie, gdy nie spełniają swojej funkcji. **Słowa kluczowe:** znaki drogowe, pionowe znaki drogowe, folie odblaskowe.

Analiza problemu

Środki organizacji ruchu drogowego w postaci oznakowania pionowego stosuje się w celu zabezpieczenia ruchu pojazdów i pieszych oraz informowania i ostrzegania kierujących. Znaki drogowe powinny charakteryzować się następującymi cechami użytkowymi i funkcjonalnymi:

- dobrą widocznością w dzień i w nocy,
- jednoznacznością i czytelnością przekazywanej treści,
- trwałością.

Na pogorszenie tych cech podczas eksploatacji znaków ma wpływ głównie zmniejszanie się współczynnika odbłasku oraz zmiany barwy lica znaku, które powstają w wyniku [1]–[4]:

- uszkodzeń mechanicznych powierzchni lica – np. uszkodzenia struktury folii odblaskowej po uderzeniu kamieniem, pęknięcia powstające w wyniku naprężeń materiału tarczy;
- wpływu promieniowania słonecznego – zmiana barwy lica znaku w wyniku płowienia pod wpływem oddziaływania promieniowania UV (zmiana barwy materiału znacznie utrudnia interpretację wyników pomiarów współczynnika odbłasku, ponieważ w przypadku ciemnych barw ich rozjaśnienie wpływa na zwiększenie współczynnika odbłasku);

- zabrudzenia powierzchni – osadzanie zanieczyszczeń pogarsza widoczność znaku;
- zmatowienie powierzchni w wyniku ścierania – np. podczas okresowego czyszczenia lub oddziaływania zanieczyszczeń sypkich wzbijanych spod kół pojazdów, powoduje rozpraszanie światła odbitego;
- korozji tarczy znaku – przyczynia się do powstawania nacieków, pęcherzy oraz pęknięć materiału lica, pogarszając właściwości odblaskowe.

O ile zabrudzenie oraz uszkodzenia mechaniczne lica znaku są łatwe do wykrycia, na podstawie oględzin, o tyle starzenie materiałów pod wpływem temperatury, korozji oraz promieniowania UV jest powolnym, wieloletnim procesem, co znacząco utrudnia wykrycie granicznego momentu utraty właściwości funkcjonalnych znaków.

W celu sprawdzenia zmian współczynnika odbłasku oraz barwy, warunkujących dobrą widoczność urządzeń na drodze, wykonano szereg badań poligonowych oraz laboratoryjnych, przy zastosowaniu znormalizowanych metod badawczych. Badania laboratoryjne prowadzono w okresie 6 miesięcy, narażając próbki folii odblaskowych, różnego rodzaju i barwy, na sztuczne działanie promieniowania świetlnego, temperatury oraz korozji. Zasymulowano w ten sposób ponad 3-letni okres rzeczywistej eksploatacji oznakowania na drodze, podczas którego sprawdzano jego cechy funkcjonalne. W ramach badań poligonowych przebadano znaki drogowe zdemontowane z dróg po różnych okresach użytkowania i również sprawdzono ich współczynnik odbłasku i barwy.

Badania znaków zdemontowanych z dróg, po kilku latach eksploatacji

W ramach projektu badawczego RID-3B pt. „Wpływ czasu i warunków eksploatacyjnych na trwałość i funkcjonalność elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego” wykonano badania poligonowe pionowych znaków drogowych przekazanych przez rejony Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Zdemontowano znaki drogowe eksploatowane na drogach krajowych w różnych lokalizacjach na terenie Polski. Wybrano znaki, po około 9 latach eksploatacji, z widocznymi uszkodzeniami lica znaku, w postaci wypłowienia barwy, spękań i złuszczeń. Z tarcz znaków wycięto próbki powierzchni odblaskowych dla każdej barwy występującej na danym znaku. W warunkach laboratoryjnych zmierzono ich dwa podstawowe parametry tj. współczynnik odbłasku oraz barwę.

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019. Wkład autorów w publikację: P. Kazmierczak 50%, J. Wachnicka 50%.

² Badania oznakowania pionowego były prowadzone w ramach projektu badawczego NCBiR (Krajowe Centrum Badań i Rozwoju) oraz GDDKiA (Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad): Projekt RID 3B „Wpływ czasu i warunków eksploatacyjnych na trwałość i funkcjonalność elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego”.

Do oceny uzyskanych wyników badań wykorzystano minimalne wymagania gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku R' [$\text{cd}/\text{lx m}^2$] dla lic odblaskowych znaków używanych w całym okresie ich gwarantowanej trwałości, określone w Dz. U. z 2003 r. nr 220 poz. 2181 Warunki techniczne znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach [5]. W rozporządzeniu zdefiniowano okresy gwarantowanej trwałości oraz dopuszczalny spadek wartości współczynnika odbłasku, przy którym znaki zachowują swoją funkcjonalność, dla folii typu 1:

- 3 lata – po których wymagane jest spełnienie 80% wymagania dla materiału nowego,
- 7 lat – po których wymagane jest spełnienie 50% wymagania dla materiału nowego,

a dla folii typu 2 i 3:

- 5 lat – 80% wymagania dla materiału nowego,
- 10 lat – 50% wymagania dla materiału nowego.

W tabeli 1 przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów współczynnika odbłasku zidentyfikowanych powierzchni odblaskowych, tj. folii barwnej lub folii z naniesioną farbą transparentną. Pomiary współczynnika odbłasku próbek wykonano przy użyciu systemu goniofotometrycznego Instrument Systems AMS5000, z przystawką pozycjonującą. Zgodnie z wymaganiami normy [6] zmierzono wartości przy kącie obserwacji $\alpha=20^\circ$ i kącie oświetlenia $\beta_v=+5^\circ$. Uzyskane wyniki odniesiono do wymagań normatywnych.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów współczynnika luminancji oraz barwy kontrolowanych powierzchni odblaskowych. Pomiary wykonano spektrofotometrem Konica Minolta CM-2500c (iluminant D65, geometria pomiaru 45/0, obserwator 2°).

Poniżej przedstawiono kilka wybranych przykładów zbadanych znaków.

Znak B-1 po okresie eksploatacji 10 lat, z licem skierowanym w kierunku południowo-zachodnim, zawierający folię barwy białej typ 1 oraz farbę transparentną barwy czerwonej. Obydwie powierzchnie odblaskowe spełniają 80% i 50% wymagania normy, w zakresie współczynnika odbłasku. Mimo tego znak utracił swoją funkcjonalność ze względu na widoczne wypłowienie barwy czerwonej (wynik pomiaru barwy poza polem tolerancji) (fot. 1).



1. Znak B-1 po 10 latach eksploatacji

Tabela 1

Wyniki pomiarów współczynnika odbłasku znaków używanych w odniesieniu do wymagań eksploatacyjnych						
Znak	Rodzaj powierzchni odblaskowej	Czas eksploatacji [lata]	Kierunek ekspozycji lica	Wymaganie 80%min [$\text{cd}/\text{lx m}^2$]	Wymaganie 50%min [$\text{cd}/\text{lx m}^2$]	Wartość zmierzona [$\text{cd}/\text{lx m}^2$]
B-33 Ograniczenie 10	Folia biała typ 1	9	Południowy	40	25	2,25
	Farba czerwona typ 1	9	Południowy	8	5	2,08
D-47 Droga wew.	Folia biała typ 1	9	Zachodni	40	25	75,9
	Farba czerwona typ 1	9	Zachodni	8	5	4,79
U-54c Sierżant Nr 1	Folia biała typ 1	10	Południowy	40	25	2,16
	Farba czerwona typ 1	10	Południowy	8	5	2,00
U-54c Sierżant Nr 2	Folia biała typ 1	10	Południowy	40	25	2,14
	Farba czerwona typ 1	10	Południowy	8	5	1,99
A-30 Uwaga	Folia żółta typ 1	9	Południowy	28	17	45,5
	Farba czerwona typ 1	9	Południowy	8	5	6,45
B-1 Zakaz ruchu	Folia biała typ 1	10	Południowo-Zachodni	40	25	47,4
	Farba czerwona typ 1	10	Południowo-Zachodni	8	5	12,0
B-32 Tabliczka „Pobór opłat”	Folia biała typ 2	7	Północny	144	126	197,1
	Farba czerwona typ 2	7	Północny	20	17	27,9
B-20 Stop	Folia biała typ 2	11	Wschodni	144	126	5,15
	Farba czerwona typ 2	11	Wschodni	20	17	2,70
B-33 Ograniczenie 40	Folia biała typ 3	9	Południowy	144	126	337,4
	Farba czerwona typ 3	9	Południowy	20	17	18,2
A-7 Ustąp pierwszeństwa 1	Folia żółta typ 3	9	Południowo-Zachodni	97	84	255,9
	Farba czerwona typ 3	9	Południowo-Zachodni	20	17	36,5
A-7 Ustąp pierwszeństwa 2	Folia żółta typ 3	9	Południowy	97	84	243,9
	Farba czerwona typ 3	9	Południowy	20	17	32,1
E-20 Tablica "Gmina xxx"	Folia niebieska typ 1	9	Zachodni	1,6	1	6,18

Zieloną czcionką oznaczono wartości spełniające wymagania 80% oraz 50% wartości dla materiału nowego, czcionką niebieską wartości spełniające tylko wymaganie 50%, a czerwono wartości nie spełniające obydwu wymagań.

Tabela 2

Wyniki pomiarów barwy znaków używanych w odniesieniu do wymagań normatywnych						
Znak	Rodzaj powierzchni odblaskowej	Czas eksploatacji [lata]	Kierunek ekspozycji	Współczynnik luminancji β	Współrzędne tróchromatyczne	
					x	y
B-33 Ograniczenie 10	Folia biała typ 1	9	Południowy	0,79	0,321	0,340
	Farba czerwona typ 1	9	Południowy	0,39	0,400	0,342
D-47 Droga wew.	Folia biała typ 1	9	Zachodni	0,4	0,318	0,337
	Farba czerwona typ 1	9	Zachodni	0,26	0,421	0,322
U-54c Sierżant Nr 1	Folia biała typ 1	10	Południowy	0,57	0,321	0,342
	Farba czerwona typ 1	10	Południowy	0,13	0,552	0,333
U-54c Sierżant Nr 2	Folia biała typ 1	10	Południowy	0,56	0,32	0,341
	Farba czerwona typ 1	10	Południowy	0,13	0,545	0,333
A-30 Uwaga	Folia żółta typ 1	9	Południowy	0,32	0,496	0,474
	Farba czerwona typ 1	9	Południowy	0,27	0,487	0,38
B-1 Zakaz ruchu	Folia biała typ 1	10	Południowo-Zachodni	0,43	0,319	0,339
	Farba czerwona typ 1	10	Południowo-Zachodni	0,33	0,361	0,309
B-32 Tabliczka „Pobór opłat”	Folia biała typ 2	7	Północny	0,28	0,307	0,326
	Folia czerwona typ 2	7	Północny	0,22	0,393	0,321
B-20 Stop	Folia biała typ 2	11	Wschodni	0,62	0,353	0,367
	Folia czerwona typ 2	11	Wschodni	0,24	0,370	0,363
B-33 Ograniczenie 40	Folia biała typ 3	9	Południowy	0,42	0,310	0,331
	Farba czerwona typ 3	9	Południowy	0,16	0,476	0,321
A-7 Ustąp pierwszeństwa 1	Folia żółta typ 3	9	Południowo-Zachodni	0,26	0,488	0,461
	Farba czerwona typ 3	9	Południowo-Zachodni	0,15	0,520	0,350
A-7 Ustąp pierwszeństwa 2	Folia żółta typ 3	9	Południowy	0,27	0,491	0,464
	Farba czerwona typ 3	9	Południowy	0,26	0,489	0,428
E-20 Tablica „Gmina xxx”	Folia niebieska typ 1	9	Zachodni	0,035	0,162	0,149

Wartości oznaczone zieloną czcionką oznaczają spełnienie wymagań, natomiast czerwona, wartości wykraczające poza wymagane tolerancje.



Fot. 2.
Znak B-33 po 9 latach eksploatacji

Znak B-20 po okresie eksploatacji 11 lat, z licem skierowanym w kierunku wschodnim, zawierający folię barwy białej typ 2 oraz folię barwy czerwonej typ 2. Obydwie powierzchnie odblaskowe nie spełniają 80% i 50% wymagania normy w zakresie współczynnika odblasku. Mimo tego znak utracił swoją funkcjonalność również ze względu na widoczne wypłowienie barwy czerwonej jak i białej (wynik pomiaru barwy poza polem tolerancji), (fot. 3).



Fot. 3.
Znak B-20 po 9 latach eksploatacji

Znak A-30 po okresie eksploatacji 9 lat, z licem skierowanym w kierunku południowym, zawierający folię barwy żółtej typ 1 oraz farbę transparentną barwy czerwonej. Obydwie powierzchnie odblaskowe spełniają 80% i 50% wymagania normy w zakresie współczynnika odblasku. Mimo tego znak utracił swoją funkcjonalność ze względu na widoczne wypłowienie barwy czerwonej (wynik pomiaru barwy poza polem tolerancji) oraz widoczne spękania powierzchni (fot. 4).



Fot. 4. Znak B-20 po 9 latach eksploatacji

Znak U-54c po okresie eksploatacji 10 lat, z licem skierowanym w kierunku południowym, zawierający folię barwy białej typ 1 oraz farbę transparentną barwy czerwonej. Obydwie powierzchnie odblaskowe spełniają 80% i 50%

Znak B-33 po okresie eksploatacji 9 lat, z licem skierowanym w kierunku południowym, zawierający folię barwy białej typ 3 oraz farbę transparentną barwy czerwonej. Powierzchnia biała spełnia 80% wymagania normy w zakresie współczynnika odblasku. Natomiast powierzchnia czerwona spełnia tylko 50% wymagania normy. Mimo tego znak utracił swoją funkcjonalność ze względu na widoczne wypłowienie barwy czerwonej (wynik pomiaru barwy poza polem tolerancji), (fot. 2).



Fot. 5. Znak U-54c po 10 latach eksploatacji

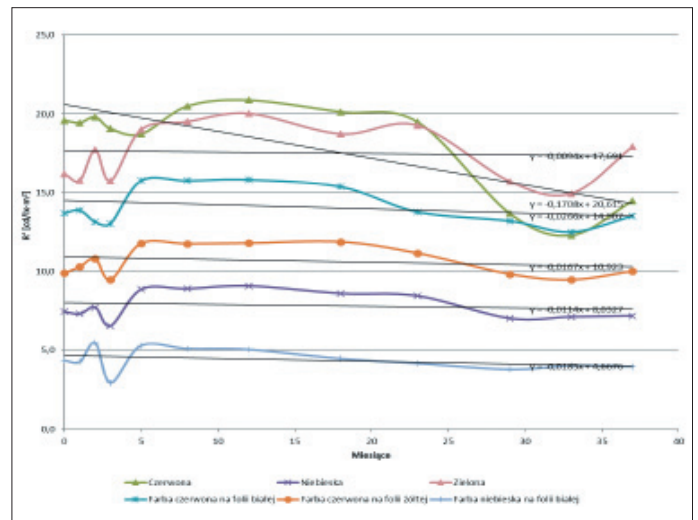
wymagania normy w zakresie współczynnika odbłasku. Mimo tego znak utracił swoją funkcjonalność ze względu na widoczne częściowe złuszczenie oraz wypłowienie barwy czerwonej (wynik pomiaru barwy poza polem tolerancji) oraz widoczne liczne spękania powierzchni (fot. 5).

Badania laboratoryjne próbek nowych materiałów odblaskowych

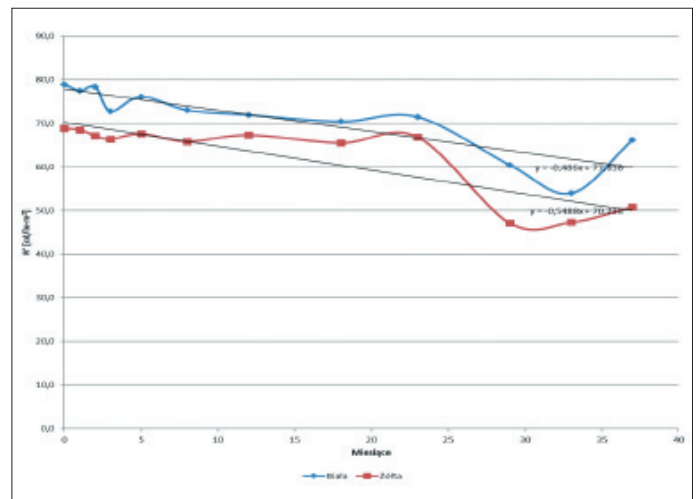
Badania odporności na sztuczne starzenie

Do badań wykorzystano próbki nowych folii odblaskowych o różnych barwach oraz próbki folii odblaskowych z farbą transparentną, stosowanych na typowych pionowych znakach drogowych. Próbki zostały wykonane przez jednego z producentów znaków drogowych, przy użyciu tych samych metod jak podczas normalnej produkcji znaków drogowych. Program badań polegał na cyklicznym wykonaniu pomiarów współczynnika odbłasku i barwy, w czasie działania narażenia, co około 100–400 godzin.

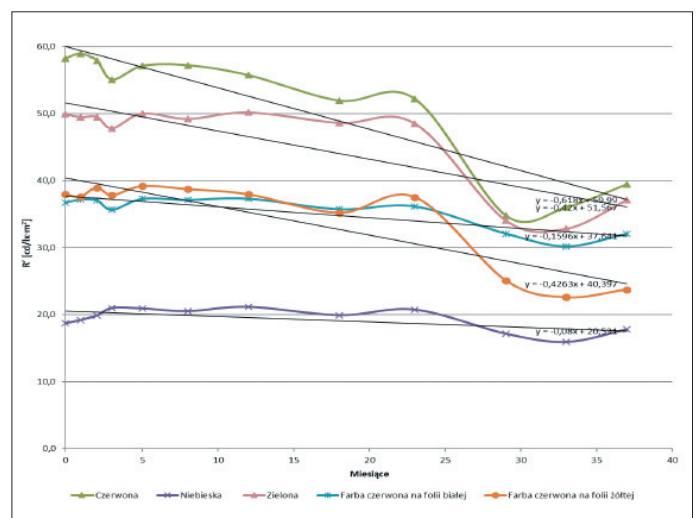
Łączny czas narażenia na sztuczne starzenie wyniósł 3880 h, a to odpowiada okresowi około 37 miesięcy eksploatacji w rzeczywistych warunkach (uwzględniając w obliczeniach średnie nasłonecznienie w Polsce). Naświetlanie wykonano w komorze wezerometru Q-SUN Xenon Test Chamber model Xe-2 HS (fot. 6), z ksenonową lampą wyładowczą. Cykl badawczy polegał na ciągłym świeceniu, z natryskiem wodą w czasie 18 min co 2 h, w temperaturze 65°C i wilgotności względnej 50%. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 1–5. Ze względu na zróżnicowane



Rys. 1. Wyniki pomiarów współczynnika odbłasku folii typu 1, czerwonej, zielonej, niebieskiej (kąąt obserwacji 20°, kąąt oświetlenia $\beta_v = +5^\circ$), podczas sztucznego starzenia



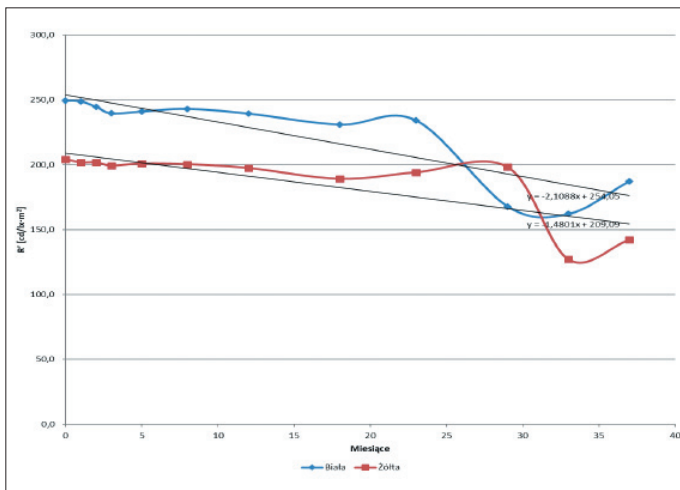
Rys. 2. Wyniki pomiarów współczynnika odbłasku folii typu 1, białej i żółtej (kąąt obserwacji 20°, kąąt oświetlenia $\beta_v = +5^\circ$), podczas sztucznego starzenia



Rys. 3. Wyniki pomiarów współczynnika odbłasku folii typu 2, czerwonej, zielonej i niebieskiej (kąąt obserwacji 20°, kąąt oświetlenia $\beta_v = +5^\circ$), podczas sztucznego starzenia



Fot. 6. Komora do testów świetlnych - wezerometr Q-SUN Xenon Test Chamber Xe-2 HS



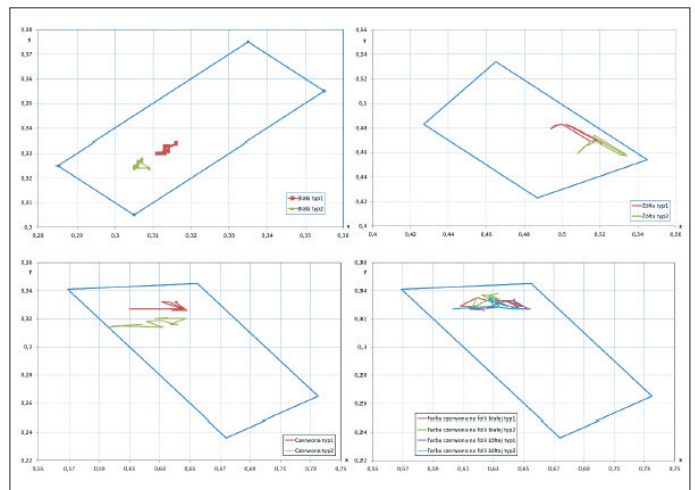
Rys. 4. Wyniki pomiarów współczynnika odbłasku folii typu 2, białej i żółtej (kąt obserwacji 20°, kąt oświetlenia $\beta_v = +5^\circ$), podczas sztucznego starzenia

poziomy wartości współczynnika odbłasku dla folii poszczególnych barw, dla lepszego zobrazowania przebiegu zmian, wyniki dla folii barwy białej i żółtej przedstawiono na oddzielnym wykresie.

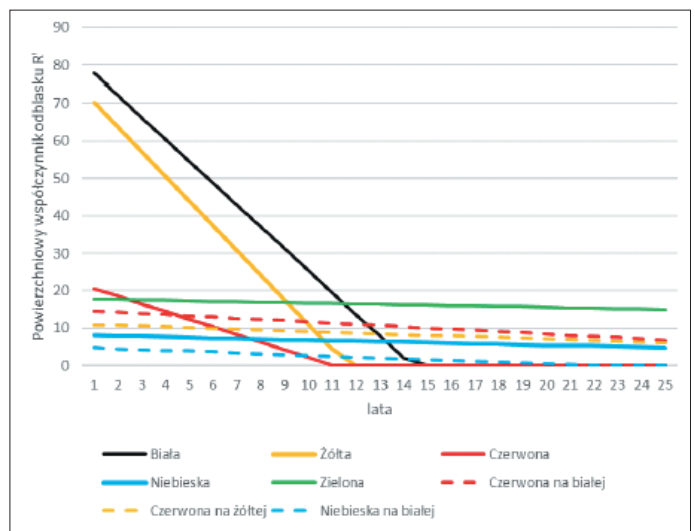
Analiza wyników pomiarów współczynnika odbłasku, po 6 miesięcznym okresie narażenia na sztuczne starzenie, odpowiadającym 3-letniej eksploatacji wykazała, że zbadane folie nadal spełniają wymagania normy (współczynnik odbłasku powyżej 100% wymagania normy). Zaobserwowane na wykresach wahania wartości współczynnika odbłasku w czasie narażenia, związane są częściowo z rozszerzoną niepewnością pomiaru współczynnika odbłasku sięgającą 3,5%, ale w głównej mierze wynikają ze zmian barwy powierzchni odbłaskowej. Jest to widoczne na wykresach zmian barwy folii, w postaci przemieszczenia punktów pomiarowych w trakcie trwania narażenia. Na skutek płowienia barwy transparentnej powłoki ochronnej powierzchni odbłaskowej (barwna folia z tworzywa sztucznego osłaniająca mikro-kulki) następuje zwiększenie wartości współczynnika odbłasku, które również w pewnym stopniu niweluje spadek wartości ze względu na matowienie powierzchni folii. Zjawisko to znacząco utrudnia analizę wyników pomiarów współczynnika odbłasku.

Ze względu na ograniczone możliwości badawcze, które ułatwiły zasymulowanie stosunkowo krótkiego, trzyletniego okresu eksploatacji, aby oszacować spodziewane zmiany wartości współczynnika odbłasku w dłuższym okresie, na podstawie uzyskanych wykresów zmian współczynnika odbłasku w czasie, wyznaczono równania linii trendu dla każdej danej folii odbłaskowej. Następnie obliczono wartości współczynnika odbłasku po upływie kolejnych lat eksploatacji. Wyniki obliczeń zilustrowano na rysunkach 6 i 7.

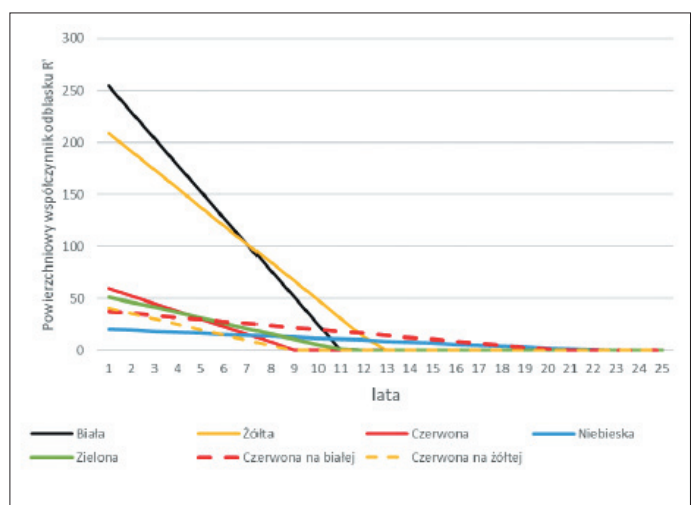
W tabelach 3 i 4 zestawiono szacowany stopień degradacji współczynnika odbłasku w zależności od barwy folii latami. Stopień degradacji współczynnika odbłasku określono w odniesieniu do wymagań normy dla danego typu danej barwy folii odbłaskowej, a dla lepszego zobrazowania zmian zastosowano następujące barwne oznaczenia pól tabeli:



Rys. 5. Zmiany barwy folii typu 1 i 2 w czasie sztucznego starzenia, w odniesieniu do wymaganego pola tolerancji



Rys. 6. Szacunkowe zmiany wartości współczynnika odbłasku folii typu 1, w okresie 25 lat eksploatacji



Rys. 7. Szacunkowe zmiany wartości współczynnika odbłasku folii typu 2, w okresie 25 lat eksploatacji

- R1 – pole barwy zielonej – $R' \geq 100\%$ wymagania normy;
- R2 – pole barwy żółtej – $99\% \leq R' \leq 80\%$ wymagania normy (wartości współczynnika odbłasku wymagane w okresie gwarantowanej trwałości: 3-letniej dla folii typu 1 oraz 5-letniej dla folii typu 2 [1]);
- R3 – pole barwy pomarańczowej – $79\% \leq R' \leq 50\%$ wymagania normy (wartości współczynnika odbłasku wymagane w okresie gwarantowanej trwałości: 7-letniej dla folii typu 1 oraz 10-letniej dla folii typu 2 [1]);
- R4 – pole barwy czerwonej – $49\% \leq R' \leq 10\%$ wymagania normy.

Tabela 3

Szacunkowy stopień degradacji wartości współczynnika odbłasku folii typu 1 w zależności od barwy i wieku oznakowania								
Wymagania	Lata, po których folia traci powierzchniowy współczynnik odbłasku							
Stopień degradacji	Biała	Żółta	Czerwona	Niebieska	Zielona	Czerwona na białej	Czerwona na żółtej	Niebieska na białej
R1 \geq 100%min	4	4	4	24	24	14	4	12
R2 \geq 80%min	6	6	6	-	-	20	14	14
R3 \geq 50%min	9	8	7	-	-	24	24	16
R4<50%min	10	9	8	-	-	-	-	17

Tabela 4

Szacunkowy stopień degradacji wartości współczynnika odbłasku folii typu 2 w zależności od barwy i wieku oznakowania								
Wymagania	Lata, po których folia traci powierzchniowy współczynnik odbłasku							
Stopień degradacji	Biała	Żółta	Czerwona	Niebieska	Zielona	Czerwona na białej	Czerwona na żółtej	
R1 \geq 100%min	3	5	4	6	6	6	6	3
R2 \geq 80%min	4	6	5	7	7	7	7	4
R3 \geq 50%min	5	7	-	11	-	10	-	-
R4<50%min	-	-	6	-	8	11	5	-

Wymagania dotyczące poziomu odbłaskowości dla folii typu 2 są dużo wyższe niż dla folii typu 1, gdyż mają być widoczne z większej odległości. Jednak ich odbłaskowość spada dużo szybciej niż w przypadku folii typu 1.

Stopień degradacji barwy określono w odniesieniu do spełnienia wymagań normy dla pola tolerancji danej barwy. Ze względu na specyfikę pomiarów (wartość spełniająca wymagania może znajdować się w różnych miejscach obszaru pola tolerancji) wyodrębniono tylko dwa stopnie:

- XY1 – w polu tolerancji wymagania normy,
- XY2 – poza polem tolerancji wymagania normy.

Barwa wszystkich badanych powierzchni odbłaskowych i nieodbłaskowych, w czasie narażenia na sztuczne starzenie, ulegała zmianie, lecz pozostała w granicach wymaganego pola tolerancji dla danej barwy [5], [6]. Zatem, stopień degradacji barwy badanych powierzchni zakwalifikowano do stopnia XY1.

Podsumowując powyższe wyniki, można przyjąć, że folii typu 1 utrzymują wymagane parametry odbłaskowości barwy w okresie około 6 lat eksploatacji w Polsce, natomiast folie typu 2 w okresie około 5 lat eksploatacji.

Badania odporności na korozję

W zakresie badania wpływu warunków korozyjnych na zmiany wartości współczynnika odbłasku i barwy wykonano badanie odporności na oddziaływanie mgły solnej (roztwór 5% NaCl), w komorze korozyjnej Ascott CP1000IP (fot. 7).

Do badań wykorzystano identyczne jak w przypadku sztucznego starzenia próbki nowych folii odbłaskowych o różnych barwach oraz próbki folii odbłaskowych z farbą transparentną, stosowanych na typowych pionowych znakach drogowych. Analogicznie, program badań polegał na cyklicznym wykonaniu pomiarów współczynnika odbłasku i barwy, w czasie działania narażenia, co około 100–400 godzin. Łączny czas narażenia na korozję wyniósł 1872 h, a to odpowiada okresowi ponad 30 lat eksploatacji w rzeczywistych warunkach (uwzględniając założenia przyjęte podczas analizy wyników badań barier stalowych tj. 2 tygodnie ekspozycji odpowiada 8 lat eksploatacji, 3 tygodnie = 14 lat, 5 tygodni = 27 lat). Obowiązujące normy nie określają zakresów trwałości folii odbłaskowych związanych z warunkami korozyjnymi. Wobec tego wartości zmierzone w trakcie narażenia analizowano w odniesieniu do wartości początkowej, obliczając różnice procentowe.



Fot. 7. Komora korozyjna Ascott CP1000IP

Analiza wyników badań wykazała, że w pierwszym tygodniu narażenia (200 h) zaobserwowano spadki wartości współczynnika odbłasku średnio o 19% dla folii typu 1 i 29% dla folii typu 2, w odniesieniu do wartości początkowej. Po kolejnym tygodniu (+168h) stwierdzono dalszy spadek do wartości 35% dla folii typu 1 oraz 47% dla folii typu 2. W kolejnych okresach średnie wartości procentowe utrzymywały się na zbliżonym poziomie tj. 28% dla folii typu 1 oraz 38% dla folii typu 2. Z przeprowadzonych obserwacji stanu próbek oraz analizy wyników badań wynika, że zmiany wartości współczynnika odbłasku związane są głównie ze zjawiskiem tworzenia się na powierzchni próbek zacieków i trudnego do usunięcia osadu z produktów korozji występującej na ich krawędziach. Największy wpływ zaobserwowano w pierwszym tygodniu badania. Zatem, można stwierdzić, że badania

laboratoryjne nie wykazały istotnego wpływu warunków korozyjnych na zmniejszenie współczynnika odblasku oraz zmianę barwy folii odblaskowych.

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań i obserwacji stwierdzono, że:

- 1) z badań odporności powierzchni odblaskowych znaków na sztuczne starzenie wynika, że folie typu 1 utrzymują wymagane parametry odblaskowości i barwy w okresie około 6 lat eksploatacji w Polsce, natomiast folie typu 2 w okresie około 5 lat eksploatacji;
- 2) z badań poligonowych pionowych znaków drogowych wynika, że po około 9 latach eksploatacji każdy ze zbędnych znaków nie spełniał wymagań normy, albo w zakresie barwy powierzchni (barwa co najmniej jednej powierzchni poza tolerancją), albo wartości współczynnika odblasku (poniżej 80% i/lub 50% wartości wymaganej); stwierdzono również liczne, widoczne gołym okiem, uszkodzenia lica znaku w postaci pęknięć i złuszczeń lub silnego wyblaknięcia barwy;
- 3) z wyników badań nie wynika jednoznaczna korelacja stopnia degradacji barwy powierzchni odblaskowej od skierowania lica znaku względem kierunków świata;
- 4) w literaturze zagranicznej [7]–[10] podaje się dłuższe okresy trwałości sięgające 12–20 lat dla materiałów mikrokulkowych (typ 1 i 2).

Biorąc powyższe pod uwagę, rekomenduje się do oceny degradacji pionowych znaków drogowych system mieszany, składający się z czteroetapowej procedury obejmującej:

1. Prowadzenie ewidencji znaków zainstalowanych na poszczególnych drogach (informacje o rodzaju znaku, typie i barwie materiałów, dacie instalacji).
2. Prowadzenie systematycznej, terenowej kontroli widoczności znaków w warunkach nocnych, podczas jazdy pojazdem testowym, poruszającym się po analizowanym odcinku drogi z prędkością około 30 km/h. Ocena powinna być dokonywana przez przeszkolonego obserwatora, posiadającego umiejętność rozpoznawania prawidłowych poziomów współczynnika odblasku oraz barw (przed kontrolą można wykonać obserwację próbek wzorcowych). W czasie przejazdu obserwator nie może jednocześnie kierować pojazdem. Z przeprowadzonych badań wynika, że pierwszą kontrolę można wykonać po 4 latach użytkowania znaków, a kolejne powinny być przeprowadzane raz w roku.

W przypadku stwierdzenia słabej widoczności odblasku lub widocznej zmiany barwy danego znaku należy wykonać jego oględziny oraz pomiary współczynnika odblasku i barwy, przy użyciu retroreflektometru. Przy stwierdzeniu spadku wartości odblasku poniżej 50% minimalnej wartości normatywnej dla danej barwy lub zmiany barwy wykraczającej poza pole tolerancji należy wymienić znak na nowy.

4. Powyższe działania można, na danym odcinku drogi, ograniczyć do okresowych oględzin oraz pomiarów współczynnika odblasku i barwy, wybranego zestawu znaków (tzw. znaków kontrolnych, których liczba jest znacząco mniejsza od liczby wszystkich znaków umieszczonych na danym odcinku), rozmieszczonych równomiernie na analizowanym odcinku. Przy stwierdzeniu przekroczenia 50% minimalnej wartości normatywnej dla danej barwy lub zmiany barwy wykraczającej poza pole tolerancji należy wykonać wymianę grupową wszystkich znaków na tym odcinku.

Zalecane jest również stosowanie przez producentów znaków, folii odblaskowych wysokiej jakości, o odpowiednio wyższym niż wymagania minimalne norm, początkowym współczynnikiem odblasku, co wydłuży czas eksploatacji znaków.

Doświadczenia badawcze ITS pokazują również, iż zasadne jest wymaganie od dostawców folii odblaskowych oraz znaków drogowych aktualnego, tj. nie starszego niż 2 lata, potwierdzenia spełnienia wymagań normatywnych w postaci raportu z badań, wystawionego przez niezależną jednostkę badawczą. Ponadto, przed odbiorem zamawianej partii znaków, zaleca się wykonanie wyrównawczych pomiarów współczynnika odblasku, np. przy użyciu retroreflektometru, na losowo wybranych znakach i porównanie zmierzonych wartości z danymi na kartach katalogowych producenta folii.

Literatura

1. Khalilikhah M., Heaslip K., *ScienceDirect The effects of damage on sign visibility: An assist in traffic sign replacement*, J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.), 2016, vol. 3, no. 6.
2. Hildebrand E., *Reductions in Traffic Sign Retroreflectivity Caused by Frost and Dew*, Transp. Res. Rec., 2003, vol. 1844, no. 1.
3. Boggs W.B., *An Analysis of Traffic Sign Performance for the Establishment of a Maintenance Plan*, 2012.
4. Khalilikhah M., Heaslip K., *Prediction of traffic sign vandalism that obstructs critical messages to drivers*, „Transport”, 2018, vol. 33, no. 2.
5. Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach, Dz. U. z 2003 r. nr 220 poz. 2181 (wraz z późniejszymi zmianami).
6. *Stałe pionowe znaki drogowe. Część 1: Znaki stałe*, PN-EN 12899–1:2010.
7. *Traffic sign life expectancy*, Report No. MN/RC 20014–20, Minnesota Department of Transportation, June 2014.
8. Carlson P.J., Lupes M.S., *Methods for Maintaining Traffic Sign Retroreflectivity*, 2007.
9. *Durability test of retroreflecting materials at Nordic test sites from June 1997 to September 2002*, 2004.
10. Sorensen K., *Durability test of retro-reflecting materials for road signs at Nordic test sites – Ageing model for the retro-reflectivity after further exposure*, 2011.