



LESZEK KORNALEWSKI

Instytut Badawczy
Dróg i Mostów
lkornalewski@ibdim.
edu.pl



JACEK MALASEK

Instytut Badawczy
Dróg i Mostów
Jmalasek@ibdim.edu.pl



ZENON SZCZEPANIAK

Instytut Badawczy
Dróg i Mostów
zszczepaniak@ibdim.
edu.pl

Pionowe znaki drogowe o zmiennej treści – właściwości techniczno-użytkowe

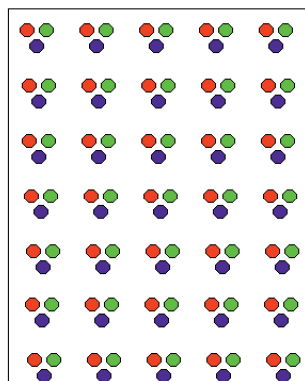
Podstawowym zadaniem znaków o zmiennej treści (ztt) jest informowanie uczestników ruchu o aktualnych warunkach panujących na drodze – czego nie zapewnia oznakowanie konwencjonalne. Zadanie to najczęściej realizowane jest przy użyciu elementów optycznych. W przypadku znaków o nieciągłym rysunku wyświetlanie komunikatów w postaci graficznej lub alfanumerycznej odbywa się poprzez zainstalowane w znakach o zmiennej treści (ztt) diody LED.

Technika LED

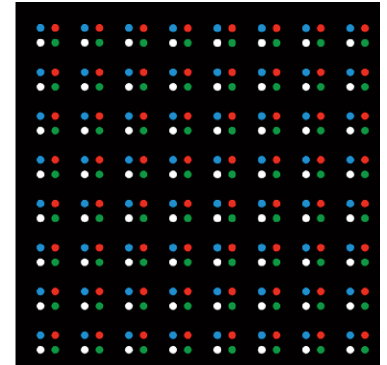
Zasada działania techniki LED polega na sterowaniu poszczególnymi elementami świetlnymi (macierzami pikseli) umiejscowionymi na powierzchni obrazowej znaku. Wyświetlenie komunikatu lub symbolu możliwe jest przez odpowiednie sterowanie elementami matrycy.

W przypadku zastosowania tablic tekstowych monochromatycznych stosuje się najczęściej układy diod jednobarwnych. Jeśli zachodzi potrzeba wyświetlenia dowolnego znaku o dowolnej dopuszczonej przepięsami barwie, wówczas zazwyczaj wykorzystywane są wyświetlacze

RGB (Red, Green, Blue), w których pojedynczy piksel (element) matrycy znaku graficznego złożony jest z trzech diod: czerwonej (R), zielonej (G) i niebieskiej (B) (rys. 1) Do diod RGB można dodać diodę białą (W), wówczas mamy do czynienia z tablicą WRGB (rys. 2).



Rys. 1. Przykład matrycy RGB
7 × 5 pikseli [7]



Rys. 2. Przykład matrycy
WRGB 8 × 8 pikseli [7]

W wykonaniu monochromatycznym każdy piksel (element świecący) realizowany jest dokładnie przez 1 diodę LED.

Trwałość znaków o zmiennej treści jest m.in. zależna od wielkości prądu zasilania diod LED. W celu zapewnienia wieloletniej (minimum 10 lat) żywotności ztt, w których zastosowane są diody LED zaleca się, aby natężenie prądu diod LED nigdy nie przekraczało 35% natężenia prądu znamionowego. W wyjątkowych przypadkach, diody biała lub niebieska mogą być zasilane prądem do 50% wartości natężenia prądu znamionowego.

W przypadku uszkodzenia od 1–5% diod LED zainstalowanych w ztt, powinno następować automatyczne przesłanie raportu do centrum zarządzania ruchem, natomiast gdy uszkodzonych jest powyżej 5% diod LED, powinno dojść do całkowitego wyłączenia znaku, oraz przekazania komunikatu do centrum. Takie działanie powinien zapewniać zainstalowany system autodiagnostyki.

Wymiary znaków alfanumerycznych

Na tablicach tekstowych o zmiennej treści stosuje się 5 grup wielkości znaków alfanumerycznych:

- grupa A – wysokość 100 mm,
- grupa B – wysokość 160 mm,
- grupa C – wysokość 240 mm,
- grupa D – wysokość 320 mm,
- grupa E – wysokość 400 mm.

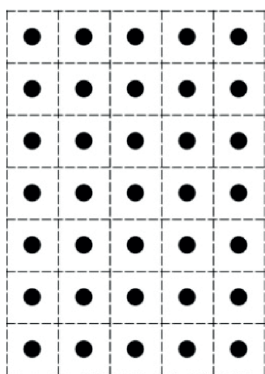
O wyborze wielkości znaku alfanumerycznego na tablicy tekstowej o zmiennej treści (tztt) decyduje wymagana odległość, z której znak ma być czytelny oraz dopuszczalna prędkość zbliżania się pojazdu do znaku. W tabeli 1 podano orientacyjne odległości widoczności znaków alfanumerycznych w powiązaniu z maksymalną prędkością poruszania się pojazdu, przy założeniu, że przy prawidłowym doborze parametrów optycznych znak przestaje być czytelny z odległości 23–30 m.

Tabela 1. Odległości widoczności i czytelności znaku

Wysokość znaku alfanumerycznego [mm]	Odległość widoczności znaku [m]	Odległość czytelności znaku [m]	Maksymalna prędkość [km/h]
100	60	38	34
160	96	71	64
240	144	114	103
320	192	162	146
400	240	210	189

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika m.in., że znak o wysokości 320 mm ma zastosowanie na autostradach o dopuszczalnej prędkości 140 km/h.

Przyjmuje się, że minimalna liczba elementów, które umożliwiają konstrukcje alfabetu tacińskiego wynosi: w pionie 7, w poziomie 5 (rys. 3).



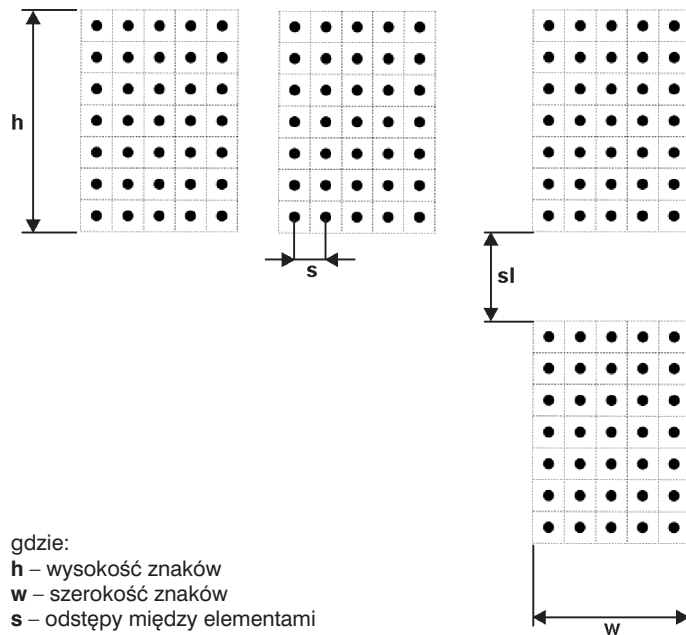
Rys. 3. Układ elementów w matrycy

Na rysunku 4 przedstawiono schematycznie wymiary znaków oraz odległości pomiędzy: znakami, wyrazami i wierszami tekstu. W tabelach 2–4 podano zalecane ww. wielkości.

Odległości między znakami alfanumerycznymi, wyrazami i wierszami są wielokrotnością pola równoważnego, tj. obszaru pozornie wypełnionego przez elementy optyczne. Odległość pomiędzy znakami tworzącymi wyraz jest zróżnicowana. Zależy ona od szerokości i kształtu liter występujących po sobie w zaprojektowanym wyrazie.

Liczba elementów (pikseli) zmienia się wraz ze wzrostem wysokości znaku. Maksymalna odległość pomiędzy pikselami jest zmienna i również jest uzależniona od wielkości zastosowanego znaku. W tabeli 2 podano liczbę pikseli w pionie w zależności od wielkości znaku oraz maksymalne odległości pomiędzy pikselami.

Szerokość znaku uzależniona jest od rodzaju litery lub cyfry, tj. od liczby elementów w poziomie przyporządkowanej danemu znakowi.



gdzie:
h – wysokość znaków
w – szerokość znaków
s – odstępy między elementami
sl – odstępy między wierszami tekstu (interlinia)

Rys. 4. Wymiary tekstu na wymiarach równoważnych

Tabela 2. Zalecane liczby elementów w pionie i odległości pomiędzy elementami

Grupa wielkości znaków alfanumerycznych	Wysokość znaków $\pm 5\%$ h:[mm]	Minimalna liczba elementów w pionie $i+h+n^*$			Maksymalny odstęp pomiędzy elementami [mm]
		Duże litery ¹	Małe litery ²	Cyfry	
A	100	7+1	–	7	13
B	160	2+8+2	1+6/8+2	8	20
C	240	2+11+3	1+8/11+3	11	20
D	320	2+13+3	0+9/13+3	13	25
E	400	3+14+3	0+10/14+3	14	30

*) i – liczba elementów nad literą, h – wysokość litery, n – liczba elementów pod literą
¹ i oznacza kreskę górną nad literą „polską”, n oznacza kreskę dolną pod literą „polską”
² Dla znaków grupy A nie stosuje się liter małych

W tabeli 3 podano liczbę elementów w poziomie dla liter dużych i małych oraz cyfr.

Tabela 3. Zalecana liczba elementów w poziomie dla liter i cyfr

Grupa wielkości znaków alfanumerycznych	Wysokość znaków $\pm 5\%$ [mm]	Liczba elementów w poziomie			Odstęp między znakami ³ [liczba elementów]		
		Duże litery	Małe litery	Cyfry	Duże litery	Małe litery	Cyfry
A	100	1–5	–	3–5	2–3	–	2–3
B	160	1–9	1–7	3–5	1–3	2–3	2–3
C	240	1–9	1–9	3–7	2–4	2–3	2–4
D	320	1–13	1–11	3–8	2–4	2–4	3–4
E	400	1–13	1–11	3–8	3–5	1–4	3–5

³ Wielkość odstępu jest przypisana każdemu znakowi; odstępy podane w tabeli mierzy się od bieżącego znaku do kolejnego znaku.

Odstęp między wyrazami i wielkość interlinii uzależnione są od wielkości znaków. W tabeli 4 podano odległości pomiędzy wyrazami i interliniami oraz liczbę elementów w poziomie w zależności od grupy wysokości znaku.

Tabela 4. Zalecane odległości pomiędzy wyrazami i interliniami

Grupa wielkości znaków alfanumerycznych	Wysokość znaków $\pm 5\%$ [mm]	Minimalna odległość między wyrazami [liczba elementów]	Minimalna odległość między interliniami ⁴
A	100	9	100
B	160	9	160
C	240	13	240
D	320	13	320
E	400	14	400

⁴ Odległość od dolnej krawędzi znaku alfanumerycznego w wierszu górnym do górnej krawędzi znaku w wierszu dolnym; do odległości nie uwzględnia „ogonków” dolnych i górnych w literach

Ponadto należy zaznaczyć, że obrzeże tzt nie powinno być większe niż wysokość wyświetlanego znaku alfanumerycznego.

Wysokość pisma na tablicach dodatkowych pod piktogramowymi ztt powinna odpowiadać grupie wielkości znaku B lub C. W tunelach dopuszcza się grupy wielkości A lub B.

W przypadku tablicy uzupełniającej, wysokość znaku alfanumerycznego powinna wynosić od 160 mm do 240 mm.

W tunelach wielkość znaków alfanumerycznych zależy od limitu dozwolonej prędkości. W tabeli 5 podano minimalne parametry wysokości znaku.

Tabela 5. Minimalne wysokości znaku (litery) na ztt stosowanych w tunelach

Dopuszczalna V [km/h]	Klasa wielkości znaku	Wysokość znaku alfanumerycznego h [mm]
$V \leq 50$	A	100
$V > 50$	B	160

Wymiary znaków o zmiennej treści

Wymiary znaków o zmiennej treści różnią się od znaków drogowych pionowych konwencjonalnych. Rozróżnia się 5 grup wielkości znaków o zmiennej treści:

- **A (mini)** – stosowane są na drogach w obszarze zabudowanym, gdy warunki drogowe nie pozwalają na stosowanie znaków większych lub zastosowanie znaków większych pogorszyłoby warunki widzialności pieszych na przejściu dla pieszych.
- **B (małe)** – stosowane są na drogach gminnych,
- **C (średnie)** – stosowane są na drogach dwujezdniowych na obszarze zabudowanym, na których prędkość jest mniejsza niż 70 km/h oraz na łącznicach autostrad i dróg ekspresowych, a także na jednojezdniowych drogach krajowych, wojewódzkich i powiatowych.
- **D (duże)** – stosowane są na drogach dwujezdniowych poza obszarem zabudowanym, na drogach dwujezdniowych w obszarze zabudowanym, na których dopuszczalna prędkość jest większa niż 60 km/h.

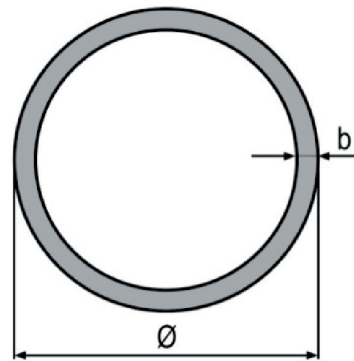
- **E (wielkie)** – stosowane są na autostradach i drogach ekspresowych.

Znak okrągły:

Wymiary znaku okrągłego przedstawiono w tabeli 6 i na rys. 5.

Tabela 6. Wymiary ztt okrągłego

Grupa wielkości ztt	Minimalna średnica okręgu \varnothing [mm]	Szerokość obrzeża okręgu b [mm]
A	450	$35 \pm 10\%$
B	650	$50 \pm 10\%$
C	850	$60 \pm 10\%$
D	1 050	$75 \pm 10\%$
E	1 250	$90 \pm 10\%$



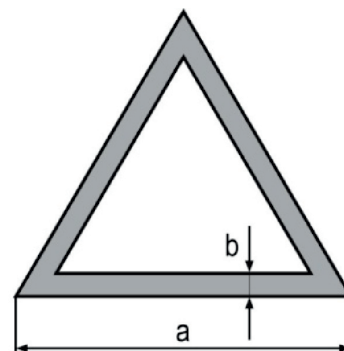
Rys. 5. Wymiary znaku okrągłego

Znak trójkątny:

Wymiary znaku trójkątnego przedstawiono w tabeli 7 i na rys. 6.

Tabela 7. Wymiary ztt – trójkąta

Grupa wielkości ztt	Minimalna długość boku a [mm]	Szerokość obrzeża trójkąta b [mm]
A	500	$30 \pm 10\%$
B	700	$45 \pm 10\%$
C	1 000	$60 \pm 10\%$
D	1 250	$75 \pm 10\%$
E	1 500	$90 \pm 10\%$



Rys. 6. Wymiary znaku trójkątnego

Wielkość ztt w tunelach zależy od limitu dozwolonej prędkości. W tabeli 8 podano minimalne parametry znaków okrągłych i trójkątnych.

Tabela 8. Minimalne wymiary ztt stosowanych w tunelach

Dopuszczalna V	Klasa wielkości znaku	Ø koła [mm]	a trójkąta [mm]
V ≤ 50 km/h	A	450	500
V > 50 km/h	B	650	700

Barwy znaków o zmiennej treści

Kolorystyka znaków o zmiennej treści różni się od kolorystyki konwencjonalnych pionowych znaków drogowych. W ztt stosuje się następujące barwy:

- tło: czarne,
- symbol: biały,
- obrzeże: czerwone.

Inne znaki mogą występować w kolorze niebieskim w połączeniu z dowolną inną barwą stosowaną w stałych znakach drogowych.

Barwy stosowane w ztt powinny spełniać parametry określone w PN-EN 12966-1+A1:2009P [6]. W tablicach tekstowych o zmiennej treści stosuje się następujące barwy:

- tło: czarne,
- litery: białe lub żółte (jednakowe w całym tekście).

Wymagania dotyczące obudowy znaków o zmiennej treści

Należy dążyć, aby obudowy ztt na autostradach, drogach ekspresowych i drogach dwujezdniowych charakteryzowały się zbliżonym wyglądem i jednolitym wykonaniem (fot. 1–3).



Fot. 1. Przykład piktogramowego ztt na drodze ekspresowej S-1 (Austria) (fot. Leszek Kornalewski)



Fot. 2. Przykład piktogramowego ztt na drodze ekspresowej S-1 (Austria) (fot. Leszek Kornalewski)



Fot. 3. Przykład ztt na drodze ekspresowej S-1 (Austria) (fot. Leszek Kornalewski)

Znaki o zmiennej treści umieszcza się nad pasami ruchu lub obok jezdni (fot. 4) z zachowaniem skrajni pionowej odpowiedniej do danej klasy drogi oraz skrajni poziomej.



Fot. 4. Przykład ztt umieszczonego obok jezdni (fot. Leszek Kornalewski)

Znaki o zmiennej treści powinny być tak zaprojektowane, aby zapewniały niezawodne przenoszenie wszystkich sił statycznych i dynamicznych na konstrukcje wsporcze.

Obudowa znaków o zmiennej treści

Obudowa ztt powinna być wykonana z materiałów odpornych na czynniki atmosferyczne, korozję oraz promienie ultrafioletowe. Materiały, z których została wykonana obudowa, powinny gwarantować bezobsługową wytrzymałość nie mniejszą niż 10 lat. Nie dotyczy to zużywanych elementów eksploatacyjnych.

Obudowa ztt powinna być wykonana w kształcie prostopadłościanu. Wnętrze ztt należy wykorzystać na zainstalowanie systemów optycznych, elektronicznych i elektrycznych mających wpływ na prawidłowe wyświetlanie komunikatów. Obudowa powinna być tak wykonana, aby nie powodowała powstawania odbić światła mogących powodować oślepianie uczestników ruchu lub zakłócać albo zniekształcać emitowane sygnały. Ma to szczególne znaczenie w sytuacjach, gdy promienie słoneczne będą oświetlać znaki pod małym kątem.

Obudowa powinna być wyposażona w co najmniej jedne drzwi obsługowe, posiadające zamek. Drzwi serwisowe powinny:

- znajdować się w tylnej lub bocznej części obudowy znaku; w przypadku zzt o niewielkich gabarytach, zamiast drzwi można zastosować rozwiązanie polegające na możliwości otwierania panelu przedniego „do przodu”,
- umożliwiać wykonywanie napraw i okresowych przeglądów co 6 lub co 12 miesięcy w zależności od typu znaku,
- otwierać się do tyłu, co najmniej o kąt 90° i mieć możliwość zablokowania ich w takiej pozycji.

Obudowa powinna mieć zabezpieczenia przed dostępem osób nieupoważnionych. Zamki i blokady muszą być tak wykonane, żeby można je było otworzyć jedynie przy zastosowaniu specjalistycznych kluczy lub narzędzi.

Przednią część zzt stanowi płyta przednia wraz z powierzchnią obrazową, w której instalowane są elementy wyświetlające komunikaty – diody LED wyposażone w układy optyczne.

Elementy optyczne zainstalowane w płycie przedniej nie powinny być wyposażone w daszki. Nie zaleca się, aby matryca była zabezpieczona osłoną przednią lub ekranem z otworami, w których mogą gromadzić się zanieczyszczenia. W przypadku zastosowania osłony przedniej dochodzi do zjawiska odbicia promieni słonecznych, co powoduje utratę czytelności emitowanych sygnałów oraz do niepożądanego jej zaparowywania, a także stosunkowo szybko następuje utrata przezroczystości, wynikająca z degradacji materiału, z którego jest wykonana.

Panel przedni powinien być przystosowany do ciśnieniowego czyszczenia oraz do tzw. samooczyszczenia pod wpływem działania opadów atmosferycznych.

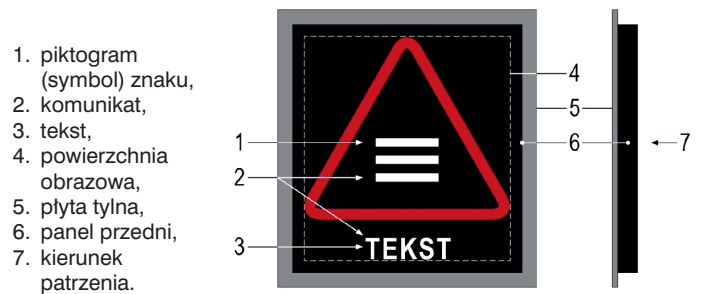
Z uwagi na konieczność zapewnienia niezawodności działania systemu, zzt powinny być odporne na oddziaływania otoczenia, w którym zostały zainstalowane. Wszystkie elementy zzt muszą spełniać minimalne wymagania:

- temperatura otoczenia: klasa T2 (-25°C do +55°C); dopuszcza się rozszerzenie przedziału temperaturowego do -40°C, w przypadku gdy na obszarze, w którym umieszczono zzt, występują niższe wartości temperatury,
- poziom zanieczyszczenia: klasa D3 (występują zanieczyszczenia przewodzące lub zanieczyszczenia nieprzewodzące stają się przewodzące na skutek kondensacji),
- poziom ochrony: klasa P2 – IP 55:
 - ochrona przed kurzem; nie ma pełnej ochrony przed wlotem kurzu, ale nie dostaje się on do środka w ilości wystarczającej do zakłócenia zadowalającej pracy danego urządzenia,
 - ochrona przed strumieniami wody; strumień wodny z dyszy bezpośrednio lub pośrednio skierowany na obiekt nie powinien wywoływać szkodliwych efektów.

Znaki o zmiennej treści powinny być wyposażone (w razie konieczności) w aktywną lub pasywną ochronę przed przeciążeniem termicznym. Czynności serwisowe powinny być wykonywane z zainstalowanego podestu, który należy zamocować do konstrukcji wsporczych.

Konstrukcja obudowy powinna zapewniać odprowadzanie wody z opadów atmosferycznych poza jezdnię. Należy zapobiegać tworzeniu się nawisu śnieżnego i sopli lodowych np. przez zastosowanie odpowiednich systemów grzewczych.

Kolor obudowy powinien być szary, zbliżony do RAL 7032. Powierzchnia obrazowa powinna być koloru czarnego. Na rysunku 7 przedstawiono typową budowę zzt.

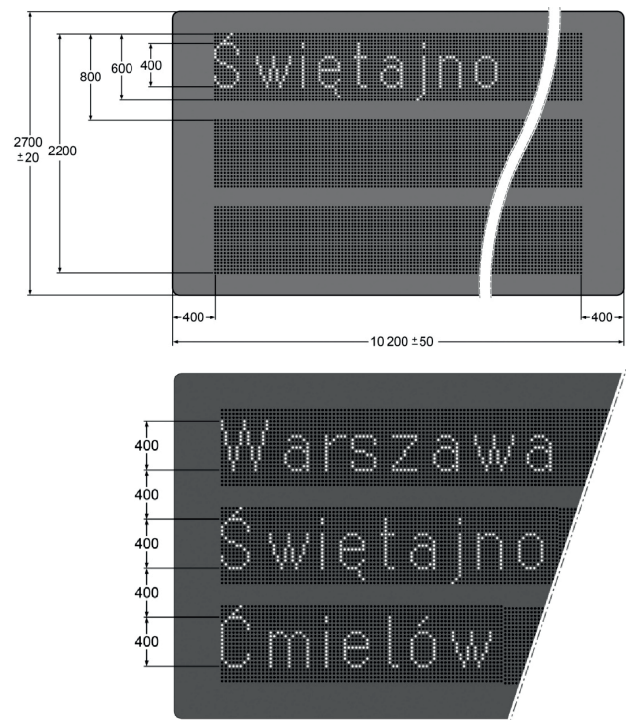


Rys. 7. Części składowe zzt

Tablica tekstowa o zmiennej treści nie powinna mieć większych wymiarów niż:

- szerokość: 10 200 ± 50 mm,
- wysokość: 2 700 ± 20 mm,
- głębokość: 1 000 ± 10 mm.

Na rysunku 8 podano maksymalne wymiary zzt, przy wysokości czcionki 400 mm.

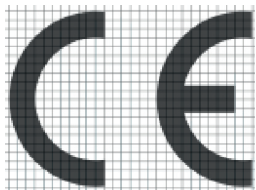


Rys. 8. Wymiary zzt przy zastosowaniu znaku (czcionki) o wysokości 400 mm

Oznaczanie znaków o zmiennej treści

Wyprodukowany zzt powinien być oznakowany w sposób widoczny, czytelny i trwały zgodnie z Załącznikiem ZA w PN-EN 12966-1+A1:2009P.

Producent zzt lub jego autoryzowany przedstawiciel z siedzibą na terenie UE jest odpowiedzialny za naniesienie oznakowania CE. Symbol CE nanoszony na znaki powinien być zgodny z dyrektywą 93/68/EWG (rys. 9).



Rys. 9. Wzór znaku zgodności CE

Poprzez umieszczenie lub zlecenie umieszczenia oznakowania CE na wyrobie budowlanym producent zapewnia, że bierze na siebie odpowiedzialność za zgodność tego wyrobu z deklarowanymi właściwościami użytkowymi. Oznakowanie CE powinno się umieszczać na wszystkich wyrobach budowlanych, dla których producent sporządził deklarację właściwości użytkowych zgodnie z Rozporządzeniem Nr 305/2011 od 1.07.2013 r. [2]. W przypadku niesporządzenia deklaracji właściwości użytkowych, oznakowania CE umieszczać nie należy.

W deklaracji właściwości użytkowych [2] producent powinien zamieścić następujące informacje:

- 1) numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej,
- 2) nazwa i znak identyfikujący oraz zarejestrowany adres producenta,
- 3) dwie ostatnie cyfry roku, w którym oznakowanie zostało naniesione na wyrób,
- 4) numer certyfikatu zgodności WE lub certyfikatu zakładowej kontroli produkcji (jeśli dotyczy),
- 5) odniesienie do normy PN-EN 12966-1+A1:2009P
- 6) opis wyrobu: nazwa rodzajowa, materiał, wymiary jego typ wg certyfikatu oraz zamierzone zastosowanie,
- 7) informacje na temat podstawowych charakterystyk, które powinny być deklarowane zgodnie z normą PN-EN 12966-1+A1:2009P:
 - typ zastosowanych diod,
 - klasy parametrów fotometrycznych: barwy (C), luminacji (L), współczynnika luminancji (R), szerokości wiązki świetlnej (B),
 - klasy środowiskowe: poziom ochrony (P), poziom zanieczyszczenia (D), zakres wartości temperatury (T),
 - maksymalny pobór mocy zzt,
 - napięcie znamionowe zasilania,
 - natężenie prądu zasilania diod LED – % prądu znamionowego oddzielnie do każdej barwy diody (np. do diod barwy: W, R, G, B).

Możliwe jest dodatkowe oznakowanie zzt pod warunkiem, że nie jest sprzeczne z ww. informacjami. W przypadku zastosowania symboli, powinny być one zgodne z normą PN-ISO 7000, jeśli odpowiednie symbole istnieją.

Oznakowanie powinno być czytelne ze zwykłej odległości odczytywania. Ogólna powierzchnia znakowania nie powinna być mniejsza niż 100 cm², a jego trwałość nie powinna być mniejsza od przewidywanej trwałości użytkowej znaku.

Oznakowanie nie powinno być umieszczane na czołowej powierzchni zzt oraz na żadnej części wymiennej, jeżeli jej wymiana może tak zniekształcić informacje podane w oznakowaniu, że będą one wprowadzały w błąd. Na płycie przedniej zzt dopuszcza się naniesienie logo producenta lub jego autoryzowanego przedstawiciela pod warunkiem, że oznakowanie to nie będzie wpływało negatywnie na widoczność wyświetlanego komunikatu.

Podsumowanie

Trwałość znaków o zmiennej treści (zzt) zależy od szeregu czynników, m.in. od natężenia prądu zasilania diod LED. W celu zapewnienia minimum 10 lat żywotności zzt, w których zastosowane są diody LED zaleca się, aby natężenie prądu diod LED nigdy nie przekraczało 35% natężenia prądu znamionowego. Jedynie diody biała lub niebieska mogą być w wyjątkowych przypadkach zasilane prądem do 50% wartości natężenia prądu znamionowego.

Wymiary znaków o zmiennej treści różnią się od znaków drogowych pionowych konwencjonalnych. Rozróżnia się 5 grup wielkości znaków o zmiennej treści.

O wyborze wielkości znaku alfanumerycznego na tablicy tekstowej o zmiennej treści (tzt) decyduje wymagana odległość, z której znak ma być czytelny oraz dopuszczalna prędkość zbliżania się pojazdu do znaku. I tak na drogach o dopuszczalnej prędkości 100 km/h wysokość znaku powinna wynosić 240 mm (grupa C wielkości znaku). Jego czytelność osiągnięta jest w odległości 114 m.

Barwa znaków o zmiennej treści różni się od barwy konwencjonalnych pionowych znaków drogowych. W zzt stosuje się następujące barwy: czarną do tła, białą do symboli, czerwoną do obrzeży i niebieską w połączeniu z barwami stosowanymi do stałymi znakami drogowymi. W tablicach tekstowych o zmiennej treści stosuje się barwy: czarną do tła i białą lub żółtą do liter, przy czym litery muszą być jednokolorowej barwy w całym tekście. Barwy stosowane w zzt powinny spełniać parametry określone w PN-EN12966-1+A1:2009P

Z uwagi na konieczność zapewnienia niezawodności działania systemu, zzt powinny być odporne na oddziaływania otoczenia, w którym zostały zainstalowane. Wszystkie elementy zzt muszą spełniać minimalne wymagania: temperatury otoczenia – klasa T2, poziomu zanieczyszczenia – klasa D3 i poziom ochrony – klasa P2 – IP 55.

Bibliografia

- [1] Dyrektywa Rady nr 93/68/EWG z 22.07.1993, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich L.220/1 z 30.08.1993
- [2] ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) NR 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L. 88/8 z 4.04.2011
- [3] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. *Prawo o ruchu drogowym* (Dz.U. Nr 98, poz. 602, z późn. zm.)
- [4] Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2004 r. *w sprawie znaków i sygnałów drogowych* (Dz.U. Nr 170, poz. 1393, z późn. zm.)
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. *w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków umieszczenia ich na drogach* (Dz.U. NR 220, poz. 2181, z późn. zm.)
- [6] PN-EN12966-1+A1:2009P *Pionowe znaki drogowe – Drogowe znaki informacyjne o zmiennej treści – Część 1: Norma wyrobu*
- [7] A. Czyżewski, K. Kołacz: *Znaki o zmiennej treści w kontekście percepcji użytkowników dróg*. INOS, Warszawa 2005
- [8] A. Czyżewski, J. Galas, L. Kornalewski, D. Litwin, R. Ślebzak: *Projekt i wdrożenie nowej generacji znaków drogowych*. Konsorcjum: Czmuda S.A., IBDiM, INOS, Warszawa 2007
- [9] L. Kornalewski, Z. Szczepaniak: *Warunki techniczne – Znaki drogowe o zmiennej treści ZZZ-2011*. IBDiM, Warszawa 2011
- [10] S. Kubanek: *Znaki o zmiennej treści w Warszawie*, Inżynieria Ruchu Drogowego, 2/2013, Warszawa 2013 ■