

dr Andrzej Borowy*

Bezpieczeństwo pożarowe tuneli – formułowanie wymagań w zakresie reakcji na ogień i odporności ogniowej

*Fire safety of tunnels – the way of laying down the requirements
of reaction to fire and fire resistance*

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego budynków nie obejmują tuneli, które są obiektami inżynierskimi. Wymagania dla tych obiektów sformułowano w innych przepisach w zależności od przeznaczenia tunelu (odrębnie dla tuneli drogowych, odrębnie dla tuneli kolejowych i odrębnie dla tuneli metra). Odnoszą się one do danego rodzaju tunelu i w zamyśle mają obejmować wszystkie wymagania stawiane tunelowi (przede wszystkim dotyczące jego funkcjonowania i eksploatacji przy jego specyficznej funkcji). W zakresie bezpieczeństwa pożarowego cele stawiane elementom konstrukcyjnym i wyposażeniu tunelu na ogół są takie same: możliwość opuszczenia tunelu przez ludzi i ich ewakuacja, bezpieczeństwo konstrukcji, nierozprzestrzenianie ognia na sąsiednie obiekty, uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych (cele te bardzo podobnie, choć niekiedy w innej kolejności lub inaczej akcentowane, stawiane są budynkom). Można zatem postawić pytanie: czy sposób formułowania przepisów dotyczących bezpieczeństwa pożarowego tuneli mógłby być ujednoczony? Odpowiedź na to pytanie nie jest jednoznaczna. W przypadku różnych rodzajów tuneli występuje wiele elementów specyficznych: różne wymagania konstrukcyjne i geometryczne, różne wymagania dotyczące wyposażenia tych obiektów, z uwagi na zróżnicowanie pojazdów poruszających się w danym rodzaju tunelu, różny poziom obciążenia ogniowego występującego w obiekcie (jest to także związane ze zróżnicowanymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa pożarowego stawianymi pojazdom poruszającym się w tunelach), różna liczba ludzi mogących jednocześnie przebywać w tunelu. Wydaje się jednak, że wiele wymagań można byłoby ujednoczyć, przynajmniej w zakresie metodologii ich definiowania.

Tunele drogowe

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego tuneli drogowych zdefiniowano w rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz.U. nr 63 poz. 735) wraz ze zmianą wprowadzoną rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 16 maja 2012 r. (Dz.U. nr 101 poz. 608), która wdraża postanowienia Dyrektywy 2004/54/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań bezpieczeństwa dla tuneli w transeuropejskiej sieci drogowej (Dz.Ur. UE L 167/39). Postanowienia te, poza tymi mającymi charakter szczegóło-

wych wymagań, często są ogólnymi odniesionymi do lokalnych (krajowych) rozwiązań. I tak, w dyrektywie poziom wymagań dotyczących odporności ogniowej konstrukcji tuneli odniesiono do skutków, jakie ich zawalenie mogłoby wywołać. Jako skrajne wymieniono tunele podwodne czy tunele, których zawalenie mogłoby spowodować zniszczenie ważnych budowli sąsiednich. Wymaganie dotyczące odporności ogniowej konstrukcji postawiono wszystkim tunelom długości co najmniej 500 m objętym dyrektywą. Wymagany poziom odporności ogniowej wszystkich urządzeń tunelowych powinien uwzględniać możliwości technologiczne i ma na celu utrzymanie niezbędnych funkcji bezpieczeństwa w przypadku pożaru.

Postanowienia dyrektywy dotyczące odporności ogniowej konstrukcji tunelu oraz urządzeń i instalacji stosowanych w tunelach drogowych wdrożono do polskiego prawa zapisem w § 321 rozporządzenia:

1. *Konstrukcja tunelu oraz strop lub ściana rozdzielająca jego nawy powinny posiadać odporność ogniową w zakresie nośności ogniowej (R) nie niższą niż R 240 wraz z dodanymi ust. 1a-1c w następującym brzmieniu:*

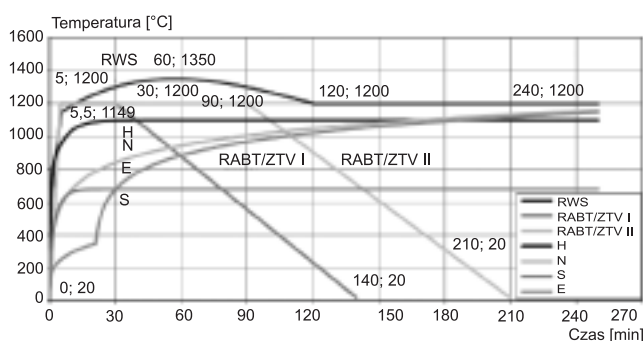
1a. *Jeżeli w trakcie użytkowania tunelu przewiduje się występowanie w nim materiałów palnych, konstrukcja tunelu powinna posiadać klasę odporności ogniowej nie niższą niż R 120.*

1b. *Jeżeli jakkolwiek część konstrukcji tunelu, o którym mowa w ust. 1a, jest elementem konstrukcyjnym innego obiektu budowlanego, to klasa odporności ogniowej tej części i części powiązanych z nią statycznie nie powinna być niższa od klasy odporności ogniowej R konstrukcji głównej tego obiektu budowlanego.*

1c. *Urządzenia i instalacje stanowiące istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa wyposażenie tunelu powinny być wykonane w sposób zapewniający ich funkcjonowanie w warunkach pożaru przez wymagany czas.*

Dyrektywa nie definiuje poziomu oddziaływań, który należy przyjmować jako właściwy przy ocenie odporności ogniowej konstrukcji tunelu. **Od decyzji poszczególnych krajów członkowskich zależy, jaki poziom oddziaływań termicznych jest wymagany w danym kraju.** Na rysunku 1 zestawiono nominalne krzywe czas – temperatura wykorzystywane w ocenie odporności ogniowej elementów konstrukcji budynków i elementów konstrukcji tuneli. Z uwagi na obciążenie ogniowe i specyfikę wentylacji przyjmuje się, że bardziej właściwe do oceny odporności ogniowej konstrukcji tuneli są krzywe nagrzewania określane jako RWS, RABT/ZTV I czy RABT/ZTV II (stosowane w Holandii i Niemczech). Krzywe te (rysunek 1) definiują znacznie gwałtowniejszy przebieg nagrzewania niż krzywa N (standardowa) stoso-

* Instytut Techniki Budowlanej



Rys. 1. Nominalne krzywe czas – temperatura wykorzystywane w ocenie odporności ogniowej elementów konstrukcji budynku i elementów konstrukcji tuneli

wana przy ocenie odporności ogniowej elementów budynku. Klasy odporności ogniowej elementów budynku, których główne kryteria określane literami (R) – nośność ogniowa, (E) – szczelność ogniowa i (I) – izolacyjność ogniowa, zostały zdefiniowane w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-2 i odnoszą się do oddziaływania wg krzywej standardowej (N). **Oznacza to, że w odniesieniu do konstrukcji tunelu przyjęto oddziaływanie odpowiadające oddziaływaniami pożaru w pełni rozwiniętego na elementy konstrukcyjne wewnątrz pomieszczenia w budynku. Oddziaływanie takie nie odpowiada warunkom panującym w tunelach**, choćby z uwagi na warunki wentylacji. Nawet jeśli przyjęto dłuższy czas oddziaływania, to biorąc pod uwagę, iż wszystkie trzy wymienione krzywe definiują znacznie ostrzejszy poziom oddziaływania termicznego w pierwszych 30 ÷ 60 min, odpowiedź elementów konstrukcyjnych na takie oddziaływanie będzie inna – w szczególnym przypadku, niektóre z elementów (w zależności od konstrukcji) mogą ulec awarii znacznie wcześniej, niż wynikałoby to z klasy odporności ogniowej określonej przy oddziaływaniu standardowym (krzywa N). Korzystanie z systemu klasyfikacji ustalonej dla elementów budynku jest o tyle uzasadnione, że obecnie nie ma żadnego innego systemu klasyfikacyjnego elementów konstrukcyjnych w zakresie odporności ogniowej. Co więcej, zasady klasyfikacji wyrobów budowlanych oraz kabli w zakresie reakcji na ogień, ustalone w odniesieniu do wyrobów budowlanych (wg normy PN-EN 13501-1), w równym stopniu odnoszą się do wyrobów budowlanych stosowanych w budynkach, jak i we wszystkich innych obiektach (tunelach, stadionach, stacjach metra, stacjach paliw płynnych, sieciach gazowych, obiektach telekomunikacyjnych, budowach rolniczych itp.).

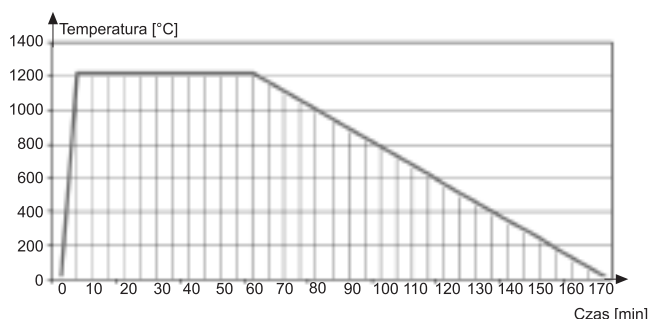
Zupełnie niezrozumiałe wydają się w tej sytuacji postanowienia podane ust. 1a, które umożliwiają obniżenie (!) wymaganej klasy odporności ogniowej konstrukcji tunelu do R 120, jeśli przewiduje się występowanie w nim materiałów palnych. Taki zapis w istocie czyni martwym zapis ust. 1, ponieważ zawsze można stwierdzić, że jakieś materiały palne w tunelu będą występować. Jeśli jest to błąd, należy go szybko skorygować.

W rozporządzeniu mamy też inne niezrozumiałe zapisy. Sądząc z odwołania do klas elementów obiektu określonych wg Polskiej Normy dotyczącej klasyfikacji ogniowej wyrobów budowlanych na podstawie badań odporności ogniowej, do postawienia wymagań w zakresie odporności ogniowej wykorzystano system klasyfikacji wyrobów i elementów w zakresie odporności ogniowej zdefiniowany w PN-EN 13501-2. Wprowadzone postanowienia nie są jednak zrozumiałe.

W dodanym § 322b w ust. 5 i w ust. 7 p. 2 **powołana klasa drzwi EI 120 S 60 nie występuje w normie PN-EN 13501-2 i nie wiadomo co miałyby oznaczać.** Pierwszy człon można jeszcze próbować interpretować za rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690) jako wymaganie klasyfikacji EI₂ 120 lub EI₁ 120, ale drugi człon jest już zupełnie niewytłumaczalny. Jeśli autor wymagania miał na myśli wymaganie dymoszczelności drzwi, to określenie S 60 dawno zostało wycofane – funkcjonowało w Ustaleniach Aprobacyjnych ITB do momentu opublikowania polskiej wersji PN-EN 13501-2. Określenie to nigdy nie było przywołane w przepisach, a od 2005 r. nie jest w ogóle stosowane – klasy dymoszczelności nadawane są zgodnie z PN-EN 13501-2 i również sposób notacji kombinacji klas odnoszących się do różnych właściwości jest inny. Jeżeli oznaczenie S 60 ma określać inną cechę drzwi, to należy to podać – w obecnym kształcie postawione wymaganie jest niezrozumiałe.

Tunele kolejowe

W rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz.U. nr 151 poz. 987) w ogóle nie odniesiono się do wymagań dotyczących bezpieczeństwa pożarowego tuneli kolejowych, a wprowadzono je w rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 2 maja 2012 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei (Dz.U. 2012 poz. 492), wdrażając postanowienia Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie (Dz.Ur. UE L 191). W odniesieniu do podsystemu „Infrastruktura”, Komisja Europejska opublikowała decyzję nr 2008/163/WE z 20 grudnia 2007 r. dotyczącą technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie aspektu *Bezpieczeństwo w tunelach kolejowych* transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych i transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości (Dz.Ur. UE L 64). Decyzja ta obejmuje swym zakresem także zagadnienia bezpieczeństwa pożarowego tuneli kolejowych. Wiele postanowień ma szczegółowy charakter, w tym ustalenie oddziaływania termicznego charakteryzowanego przez krzywą nagrzewania, którą należy przyjmować w ocenie odporności ogniowej elementów betonowych konstrukcji tunelu. Krzywa ta o nazwie Eureka została przedstawiona na rysunku 2. Charakter jej przebiegu jest analogiczny jak krzywych RABT/ZTV I i RABT/ZTV II – liniowy wzrost temperatury do 1200 °C w ciągu 5 min, stała temperatura 1200 °C przez 55 min, a od 60 min od początku nagrzewania faza chłodzenia o tempie identycznym



Rys. 2. Krzywa Eureka do oceny odporności ogniowej elementów betonowych konstrukcji tunelu kolejowego wg decyzji KE nr 2008/163/WE

z wymienionymi krzywymi (20 °C osiągane po 175 min od początku nagrzewania). W tym przypadku także przyjęto wymagania oceny odporności ogniowej elementów konstrukcji tunelu przy silniejszym oddziaływaniu niż wg krzywej standardowej (N). Natomiast wymagania dotyczące reakcji na ogień wyrobów stosowanych w tunelach wyrażono w klasach systemu klasyfikacji wyrobów budowlanych ustalonego dla budynków (wg PN-EN 13501-1). Wymagania te są niezależne od długości tunelu.

Tunele metra

W rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz.U. nr 144 poz. 859) określono wymagania, także w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, jakie powinny spełniać tunele metra.

W rozporządzeniu zawarto wymagania dotyczące właściwości stosowanych wyrobów budowlanych, w tym m.in., że:

- tunele i stacje metra w stanie surowym powinny być wykonane z materiałów klasy reakcji na ogień A1;
- okładziny sufitów i sufity podwieszane, przewody wentylacyjne i ich okładziny oraz stosowane w nich tłumiki i filtry powinny być co najmniej klasy reakcji na ogień A2-s1, d0;
- okładziny, przezroczyste przekrycia, obudowy schodów, ścianki działowe, osłony i przegrody powinny być co najmniej klasy reakcji na ogień B-s1, d0;
- posadzki peronów pasażerskich i schody powinny być wykonane z materiałów klasy reakcji na ogień A1_n.

Podano też wymagania dotyczące odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych, w tym m.in., że:

- (pkt 12) klasa odporności ogniowej konstrukcji tuneli i podziemnych stacji metra, z uwagi na kryterium nośności ogniowej, powinna być nie niższa niż R 120, z zastrzeżeniem pkt 13;
- (pkt 13) wymagana klasa odporności ogniowej z uwagi na kryterium nośności ogniowej R tunelu, którego elementy konstrukcji są usytuowane powyżej poziomu terenu, może być określona na podstawie indywidualnej oceny rozwoju pożaru z uwzględnieniem wymagań określonych w pkt 14;
- (pkt 14) jeżeli jakkolwiek część konstrukcji tunelu jest elementem konstrukcyjnym innego obiektu budowlanego, to odporność ogniowa tej części i części powiązanych statycznie, określona zgodnie z pkt 12, nie powinna być niższa od klasy odporności ogniowej R konstrukcji głównej tego obiektu budowlanego, lecz nie niższa niż R 120.

W przytoczonych przepisach **wymaga się, aby klasa odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych była nie niższa niż R 120**. Oznacza to, że odporność ogniowa elementów konstrukcyjnych powinna być wyznaczona przy oddziaływaniu wg krzywej standardowej (N). W porównaniu z wymaganiami stawianymi tunelom drogowym czas, przez który element ma zapewnić nośność ogniową, jest skrócony o połowę. Trudno porównywać to wymaganie do stawianego elementom konstrukcyjnym tuneli kolejowych, nawet w przypadku elementów żelbetowych, gdzie oddziaływanie jest zdefiniowane krzywą Eureka. Różnica w sposobie oddziaływania jest tak znacząca, że bez wyników badań doświadczalnych trudno przewidywać, które z tych oddziaływań będzie bardziej krytyczne. Na pewno bardzo niebezpieczny dla elementu jest bardzo szybki przyrost temperatury i oddziaływanie na bardzo wysokim poziomie termicznym, choć sumaryczna ilość ciepła dostarczonego do elementu może być nawet zbliżona.

Podsumowanie

Cele stawiane przy formułowaniu wymagań dotyczących bezpieczeństwa pożarowego tuneli są dosyć podobne, ale akcenty są inaczej rozłożone. W przypadku tuneli drogowych i kolejowych cele są określone w dokumentach Unii Europejskiej. **Wykorzystanie w przypadku tuneli systemu klasyfikacji w zakresie właściwości ogniowych wyrobów budowlanych i elementów budynku stworzonego w odniesieniu do budynków jest właściwe w przypadku reakcji na ogień, ale w przypadku odporności ogniowej system klasyfikacyjny powinien być uzupełniony o inne oddziaływania lub przewidywać swego rodzaju „adekwatność” danej klasy przy oddziaływaniu standardowym dla innego oddziaływania – o ile to w ogóle możliwe.**

Wykorzystanie systemu klasyfikacyjnego wyrobów budowlanych i elementów budynków w zakresie reakcji na ogień zdefiniowanego w PN-EN 13501-1 jest naturalne i bezpośrednie, ponieważ są to te same wyroby, tylko stosowane nie w budynkach, ale w tunelach; różnica polega tylko na poziomie wymagań (klasie reakcji na ogień), a nie na sposobie przeprowadzenia badania, który ma zasadnicze znaczenie dla uzyskiwanego wyniku, choć i tu można mieć wątpliwości czy podejście nie jest za bardzo uproszczone. Na pewno jednak, jeśli wykorzystywany jest określony system klasyfikacyjny, to wymagania, w odniesieniu do elementów objętych tym systemem, powinny być konsekwentnie wyrażone w ustalony sposób tak, aby dla wszystkich odbiorców postanowienia były jednoznaczne.

Wydaje się, że właściwe byłoby ujednolicenie metodologii podejścia przy formułowaniu wymagań dotyczących bezpieczeństwa pożarowego dla różnych tuneli, którą, być może, dałoby się wykorzystać także w odniesieniu do innych obiektów, np. stadionów, stacji paliw płynnych, sieci gazowych, budowli rolniczych, obiektów telekomunikacyjnych itp.

Streszczenie

Wymagania w zakresie reakcji na ogień i odporności ogniowej stawiane wyrobom budowlanym i elementom stosowanym w tunelach odnoszone są do systemu klasyfikacji stosowanego w budynkach. W przypadku reakcji na ogień to podejście jest właściwe, ponieważ ważny jest tylko poziom spełnienia wymagań. W przypadku odporności ogniowej może to być dyskusyjne, ponieważ w przypadku tuneli należy brać pod uwagę inny poziom oddziaływania termicznego. W innych krajach Unii Europejskiej do oceny odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych tuneli wykorzystywane są inne krzywe czas-temperatura, definiujące ostrzejsze oddziaływania termiczne niż krzywa standardowa. **Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo pożarowe, tunel, reakcja na ogień, odporność ogniowa

Abstract

The requirements of reaction to fire and fire resistance for construction products and elements used in tunnels are related to classification system used in buildings. In case of reaction to fire this approach is relevant, because only the level of the requirements fulfillment is important. In case of fire resistance this may be questionable as in case of tunnels another level of thermal exposure shall be taken into account. In different Member States the different time temperature curves, defining more severe exposure than the standard curve, are used in order to assess fire resistance of tunnel structural elements.