



## **AGENCJA EKSPERTYZ POŻARNICZYCH**

**„EKSPOŻ” Hanna Baranowicz**

**05-092 ŁOMIANKI/KIEŁPIN ul. J. Cebertowicza 6**

tel/fax (0-22) 751-27-71

0-602-39-75-30

e-mail: hannabaranowicz@gmail.pl

**NIP-118-004-89-47**

**REGON 010445094**

### **EKSPERTYZA P.POŻ. DOTYCZĄCA OBIEKTU A23 – TUNELU TORÓW ODSTAWCZYCH W ZAKRESIE PRZYSTOSOWANIA TORÓW ODSTAWCZYCH DO PRACY PRZY PRZEGLĄDACH I CZYSZCZENIU POCIĄGÓW PRZEZ CAŁĄ DOBĘ**

Zamawiający: **Zarząd Transportu Miejskiego**  
Adres: **00-848 Warszawa, ul. Żelazna 61**  
Obiekt: **I linia metra – A23**  
Umowa: **Nr 315/IP/12 z 30.11.2012 r. (K/I/226/2012/00083/AGKR)**  
Data wykonania: **Grudzień 2012 r.**

Autorzy: **mgr inż. bud. Kamil Baranowicz**

**mgr inż. Waldemar Baranowicz**

Rzecznik do spraw zabezpieczeń  
przeciwpożarowych upr. KG PSP nr 297/94

## Spis treści

1.	Przedmiot, zakres i cel opracowania	3
2.	Ogólna charakterystyka biektu	3
3.	Charakterystyka pożarowa	4
3.1	Powierzchnia, wysokość i liczba kondygnacji	4
3.2	Odległość od obiektów sąsiadujących	4
3.3	Parametry pożarowe występujących substancji palnych	4
3.4	Przewidywana gęstość obciążenia ogniowego	4
3.5	Kategoria zagrożenia ludzi, przewidywana liczba osób na każdej kondygnacji i w pomieszczeniach, w których mogą przebywać większe grupy ludzi	4
3.6	Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych	4
3.7	Podział obiektu na strefy pożarowe	5
3.8	Klasa odporności pożarowej budynku oraz klasa odporności ogniowej i stopień rozprzestrzeniania ognia przez elementy budowlane	5
3.9	Warunki ewakuacji, oświetlenie awaryjne	5
3.10	Sposób zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji użytkowych	6
3.11	Dobór urządzeń przeciwpożarowych w obiekcie	6
3.12	Wyposażenie w gaśnice	7
3.13	Zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru	7
3.14	Drogi pożarowe	7
4.	Wymagania, które nie będą spełnione	8
5.	Proponowane rozwiązania zamiennie zapewniające niepogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu	8
6.	Analiza i ocena wpływu rozwiązań zastępczych na poziom bezpieczeństwa pożarowego, służąca wykazaniu poprawy warunków ochrony przeciwpożarowej	10
7.	Wnioski końcowe	18
8.	Podstawa prawna	18

### Część graficzna:

Rys. 1 Plan zagospodarowania terenu

Rys. 2 Rzut torów odstawczych

Rys. 3 Przekrój A-A

Rys. 4 Przekrój H-H

## **1. Przedmiot, zakres i cel opracowania**

Przedmiotem ekspertyzy są tory odstawcze stacji A23 Młociny, w związku ze zmianą sposobu ich użytkowania, zapewniającego możliwość pracy przy przeglądach i czyszczeniu pociągów przez całą dobę. Rozpoczęcie użytkowania stacji metra A23 „Młociny”, na której znajdują się tory odstawcze, nastąpiło po zajęciu w dniu 13.10.2008 r. przez Komendanta Miejskiego Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie, stanowiska stwierdzającego „zgodność wykonania stacji metra A23 „Młociny” w Warszawie z projektem w zakresie ochrony przeciwpożarowej oraz zmianami zawartymi w dokumentacji powykonawczej”.

Projekt technologiczny stacji A-23 określał, możliwość wykorzystania torów odstawczych, oprócz ich podstawowej funkcji zawracania i parkowania, do prowadzenia drobnych prac naprawczych, wykonywanych przez pracowników stale zatrudnionych na terenie STP „Kabaty”, tylko w przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnych, z wykorzystaniem przede wszystkim toru wschodniego, wyposażonego w kanał rewizyjny i obniżone wschodnie międzytorze.

Obecnie tory odstawcze umożliwiają manewr zawracania pociągów na stacji końcowej I linii metra warszawskiego oraz pełnią funkcję parkingową w przerwie nocnej i w okresach ruchu międzyszczytowego. Jeden z torów wykorzystywany jest również do przeglądów i drobnych prac naprawczych. Prace w tym zakresie wykonywane są wyłącznie w sytuacjach awaryjnych przez pracowników stale zatrudnionych w stacji techniczno-postojowej Kabaty. Pobyt ludzi na torach odstawczych nie trwa dłużej niż 2 godziny na dobę i związany jest wyłącznie z wykonywaniem drobnych prac naprawczych i konserwacyjnych.

W związku z rozwojem sieci metra, tory odstawcze stacji A23 Młociny przewidziano do prac naprawczych i czyszczenia wagonów przez całą dobę. Przewiduje się, że czynności te będą wykonywane jednocześnie przez nie więcej niż 20 osób.

## **2. Ogólna charakterystyka obiektu**

Stacja A23 Młociny jest stacją końcową I linii metra. Składa się z jednej kondygnacji podziemnej oraz dwóch pawilonów naziemnych służących jako wejścia. Perony o szerokości 4,5 m każdy oraz długości 120 m, są rozmieszczone po bokach stacji, a tory metra pośrodku. Cała stacja jest położona wzdłuż ulicy Kasprowicza, na przecięciu z ulicą Nocznickiego, niedaleko huty. Na końcach peronów są umieszczone schody ruchome oraz stałe. Północna część stacji jest zakończona torami odstawczymi.

Komora torów odstawczych ma 295,67 m długości (z rozjazdami i wentylatornią włącznie) i 6 700 m<sup>2</sup> powierzchni. Szerokość w świetle ścian szczelinowych wynosi 24,5 m, a na długości pomieszczeń technologicznych zważa się do 20,5 m. Wysokość obiektu w tym obszarze wynosi od 4,9 m do 5,15 m.

W komorze torów odstawczych znajdują się 4 cztery tory umożliwiające parkowanie czterech pociągów obok siebie. Długość jednego pociągu wynosi ok. 120 m.

Na początku torów odstawczych znajduje się wentylatornia stacyjna a na ich końcu wentylatornia torowa. Do każdej wentylatorni zapewniony jest dostęp z poziomego terenu.

### **3. Charakterystyka pożarowa**

Obecnie dla torów odstawczych spełnione są niżej wymienione warunki ochrony przeciwpożarowej

#### **3.1 Powierzchnia, wysokość i liczba kondygnacji**

Powierzchnia komory torów odstawczych (TO): 6 700 m<sup>2</sup>.

Długości TO (z rozjazdami i wentylatornią włącznie): 295,67 m. Szerokość w świetle ścian szczylinowych: 24,5 ÷ 20,5 m.

Wysokość obiektu w obszarze TO: 4,9 m ÷ 5,15 m (ok. 8 m od poziomego terenu do posadzki)

Kondygnacje nadziemne: 0 dla TO i 1 dla stacji; kondygnacje podziemne: 1.

#### **3.2 Odległość od obiektów sąsiadujących**

Nie dotyczy obiektów podziemnych.

#### **3.3 Parametry pożarowe występujących substancji palnych**

W obiektach metra zabronione jest stosowanie materiałów niebezpiecznych pożarowo.

#### **3.4 Przewidywana gęstość obciążenia ogniowego**

Gęstość obciążenia ogniowego w obszarze TO nie przekracza 500 MJ/m<sup>2</sup>.

#### **3.5 Kategoria zagrożenia ludzi, przewidywana liczba osób na każdej kondygnacji i w pomieszczeniach, w których mogą przebywać większe grupy ludzi**

Obszar TO zaliczany jest do PM. Przewiduje się jednoczesny pobyt do 20 osób zatrudnionych do napraw i konserwacji pociągów oraz do sprzątanania.

#### **3.6 Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych**

W obiektach metra nie występują pomieszczenia zagrożone wybuchem.

### **3.7 Podział obiektu na strefy pożarowe**

Obiekty metra w obszarach ogólnodostępnych i ruchu pociągów stanowią wspólną strefę pożarową. Obowiązek wydzielenia pożarowego dotyczy wybranych pomieszczeń technicznych i technologicznych oraz pomieszczeń zawierających urządzenia przeciwpożarowe – zgodnie pkt. 15 i 16 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 17.06.2011 r. (Dz.U. Nr 144, poz. 859) zwanego dalej WTM.

### **3.8 Klasa odporności pożarowej budynku oraz klasa odporności ogniowej i stopień rozprzestrzeniania ognia przez elementy budowlane**

Dla stacji metra i tuneli podziemnych, w tym torów odstawczych, ze względu na nośność wymagana jest klasa odporności ogniowej R120. Pomieszczenia wymagające wydzielenia pożarowego, wygradza się ścianami i stropami klasy REI 120 (elementy nośne) i EI 120 (elementy nienośne).

Konstrukcja nośna stacji A23, tunelu i torów odstawczych spełnia wymagania w tym zakresie, a nawet znacznie je przewyższa. Ściany szelinowe torów odstawczych i strop spełniają kryterium R 240.

### **3.9 Warunki ewakuacji, oświetlenie awaryjne**

Zgodnie z pkt. 29 WTM, z torów odstawczych należy zapewnić drogę ewakuacyjną prowadzącą bezpośrednio na poziom terenu lub do stacji metra.

Obecnie w obszarze torów odstawczych ewakuacja jest możliwa chodnikami i peronami technologicznymi wyłącznie do stacji A 23 i dalej schodami w głowicy północnej na poziom terenu. Długość drogi przejścia wynosi ok. 320 m. WTM nie określają wymagań w zakresie długości przejścia w tunelach i na torach odstawczych, a odsyłają do wymagań zawartych w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.). Maksymalna długość przejścia nie powinna przekraczać 175 m (zwiększenie 25 % z uwagi na średnią wysokość pomieszczenia przekraczającą 5 m i zwiększenie o 50 % ze względu na wentylację oddymiającą uruchamianą z systemu sygnalizacji pożaru).

Wyjścia bezpośrednio na poziom terenu są możliwe przez dwie wentylatornie (stacyjną zawartą w osiach 33-39 i torów odstawczych w osiach 73-74. Drogi te w warunkach pożaru nie są możliwe do wykorzystania, gdyż znajdują się w strefach kanałów wyrzutowych, którymi usuwane produkty spalania z obiektu podziemnego.

Oświetlenie awaryjne ewakuacyjne. Tory odstawcze wyposażone są w oświetlenie ewakuacyjne o natężeniu 1 lx i czasie awaryjnego działania 1 godziny.

### **3.10 Sposób zabezpieczenia przeciwpożarowego instalacji użytkowych**

W obszarze tuneli i torów odstawczych nie występują ściany oddzielenia przeciwpożarowego - przejścia przewodów (przepusty instalacyjne) nie wstępują. Na przejściach instalacji do wydzielonych pożarowo pomieszczeń wykonane są przepusty ogniochronne o klasie odporności ogniowej EI120. Na torach odstawczych i w tunelach nie występuje wentylacja bytowa kanałowa. Przepływ powietrza realizowany jest przez wentylatornię stacyjną i wentylatornię torów odstawczych.

Izolacje cieplne i akustyczne zastosowane na instalacjach wykonane są w sposób zapewniający nie rozprzestrzenianie ognia.

### **3.11 Dobór urządzeń przeciwpożarowych w obiekcie**

W obszarze torów odstawczych znajdują się następujące instalacje i urządzenia przeciwpożarowe:

#### **Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa.**

Na torach odstawczych zainstalowane są zawory hydrantowe 52 m. Instalacja jest nawodniona. Przyjmuje się jednoczesność pracy czterech hydrantów, tj. 10 dm<sup>3</sup>/s.

#### **Instalacje elektroenergetyczne.**

Przeciwpożarowy wyłącznik prądu (PWP) – tory odstawcze włączone do PWP stacji A23.

Wykonano oświetlenie awaryjne.

#### **Urządzenia oddymiające.**

Wentylację podstawową I linii metra przewidziano jako wentylację nawiewno - wyciągową, rewersyjną, zmieniającą kierunek przepływu powietrza w zależności od warunków zewnętrznych (zima; lato) lub sytuacji awaryjnych (pożaru).

Obie wentylatornie wydzielono ścianami i stropami o odporności ogniowej (REI 120) z drzwiami EI 60.

Sterowanie pracą wentylatorów oddymiających na stacji A23 i torach odstawczych realizowane jest w następujący sposób:

- 1/ miejscowo z rozdzielniczy elektrycznej w pomieszczeniu muliwertrów przy wentylatorni,
- 2/ zdalnie z Centralnej Dyspozytorni na STP Kabaty – z rejestracją użycia i sterowania w trybie pożarowym – transmisja poleceń przekazywana kablami światłowodowymi odpornymi w warunkach pożaru w czasie 90 minut,
- 3/ zdalnie z dyspozytorni stacyjnej na A23 – za pomocą kabli miedzianych o odporności ogniowej 90 min, łącznie z konstrukcjami wsporczymi.

**System sygnalizacji pożaru (SSP)** – tory odstawcze wyposażone są w system sygnalizacji pożaru. Sygnał alarmowy przekazywany jest do dyspozytorni stacji A23 i do centralnej dyspozytorni na STP Kabaty.

**Dźwiękowy system ostrzegawczy** – tory odstawcze wyposażone są w dźwiękowy system ostrzegawczy.

**Stałe urządzenia gaśnicze** – nie występują.

### **3.12 Wyposażenie w gaśnice**

Tory odstawcze wyposażone są w gaśnice. Jedna jednostka masy środka gaśniczego 2 kg zawartego w gaśnicach przypada na każde 100 m<sup>2</sup> powierzchni. Odległość z każdego miejsca w obiekcie, w którym może przebywać człowiek do najbliższej gaśnicy, nie przekracza 30 m.

### **3.13 Zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru**

Wymagana ilość wody do celów przeciwpożarowych dla stacji A23 i torów odstawczych, służąca do zewnętrznego gaszenia pożaru wynosi 20 dm<sup>3</sup>/s.

Do zewnętrznego gaszenia pożaru przewidziano hydranty naziemne zewnętrzne, usytuowane na sieci miejskiej, każdy o wydajności nie mniejszej niż 10 dm<sup>3</sup>/s. Hydranty te usytuowane są w odległości nie większej niż 25 m, licząc od zejścia do stacji A23. Najbliższy hydrant przy zejściu północnym do stacji znajduje się w odległości ok. 25 m (od strony ul. Pstrowskiego). Przy czerpnię-wyrzutni torów odstawczych odległość do hydrantu wynosi ok. 35 m.

### **3.14 Drogi pożarowe**

Stacja A-23 – „Młociny” jest końcową stacją I linii metra warszawskiego, zlokalizowaną w obszarze wytyczonym ulicą Kasprowicza w kierunku południe – północ oraz prostopadłą do niej ulicą Tomasza Nocznickiego, za którą w części południowej znajduje się głowica południowa Stacji. W północnej części ulicy Kasprowicza, pomiędzy ulicami Nocznickiego i Pstrowskiego znajduje się głowica północna stacji.

Przy obu głowicach zapewnione zostały drogi pożarowe o utwardzonej i odpowiednio wytrzymałej nawierzchni, o szerokości nie mniejszej niż 4,0 m. Drogą pożarową jest ulica Kasprowicza i drogi na terenie Węzła Przesiadkowego. Do wejść do części podziemnej stacji prowadzą ciągi piesze o szerokościach przekraczających 2,5 m.

Dostęp do dźwigu dla ekip ratowniczych zapewniony jest od strony ul. Kasprowicza .

Czerpnio-wyrzutnia torów odstawczych zlokalizowana jest przy skrzyżowaniu dróg wewnętrznych huty Arcelor, które spełniają wymagania stawiane drodze pożarowej.

#### **4. Wymagania, które nie są spełnione**

Obecnie na torach odstawczych ewakuacja jest możliwa wyłącznie w jednym kierunku, tj. na stację A23 i dalej schodami ogólnodostępnym na zewnątrz. Długość przejścia w najbardziej niekorzystnych warunkach wynosi około 320 m, przy dopuszczalnej długości 175 m.

Brak jest technicznej możliwości wykonania drugiego wyjścia ewakuacyjnego, gdyż znaczna część torów odstawczych wraz z czerpnio-wyrzutnią, zlokalizowana jest na działce budowlanej będącą własnością Huty Arcelor, która nie pozwala na umieszczanie dodatkowych urządzeń i obiektów metra na powierzchni terenu.

#### **5. Proponowane rozwiązania zamienne zapewniające poprawę warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu**

Stosowane dotychczas wymagania w zakresie ewakuacji ludzi z obiektów metra, opierały się głównie na przepisach dotyczących budynków i oprócz wentylacji pożarowej oraz urządzeń tryskaczowych, nie dawały możliwości stosowania innych rozwiązań na zwiększenie długości drogi ewakuacyjnej. Obecnie obowiązujące WTM dają już taką możliwość. Zgodnie z punktem 1 załącznika nr 1 do tego rozporządzenia, budynki i budowle metra projektuje się i wykonuje w sposób zapewniający w razie pożaru możliwość ewakuacji ludzi **lub ich uratowania w inny sposób**. Poniżej przedstawiono rozwiązania techniczne umożliwiające spełnienie powyższego wymagania.

W celu poprawy warunków ewakuacji z torów odstawczych, na obszarze których również obecnie przebywają pracownicy metra, proponuje się zastosowanie następujących rozwiązań technicznych i organizacyjnych:

1. Wykonanie dwóch tzw. komór bezpieczeństwa, których zadaniem jest zapewnienie bezpiecznych warunków pobytu w nich ludzi przez czas trwania pożaru na torach odstawczych. Jedna z komór usytuowana będzie na końcu torów odstawczych przy wentylatorni a druga w odległości ok. 170 m od niej. Druga komora powstanie w wyniku przebudowy pomieszczenia T952, pełniącego obecnie funkcję warsztatu służby torowej. Komory te zostaną wykonane na wzór tego typu urządzeń stosowanych w obiektach podziemnych, głównie w górnictwie. Nie da się jednak zastosować typowych komór (oferowanych min. przez firmę Dräger czy Strata Products z Katowic), gdyż ich funkcja w kopalniach podziemnych jest inna. Tam służą głównie do ochrony ludzi w warunkach wysokiej toksyczności czy braku wystarczającej ilości tlenu w powietrzu, w czasie do kilkudziesięciu godzin. W obszarze torów odstawczych takie urządzenia muszą być



odporne na działanie wysokich temperatur w znacznie krótszym czasie trwania pożaru. Żadne przepisy krajowe nie regulują wymagań w tym zakresie. Na świecie obowiązują rozmaite wytyczne i rozporządzenia regulujące użycie komór ratunkowych i refugialnych. Obowiązujące na terenie Niemiec przepisy zawarto w ogólnym rozporządzeniu górniczym dla kopalni głębinowych, odkrywkowych i kopalni soli (ABVO) oraz w wytycznych planowania i implementacji koncepcji bezpieczeństwa oraz ochrony na podziemnych placach budowy niemieckiego komitetu budowy tuneli (DAUB). Odpowiadającymi im międzynarodowymi przepisami są między innymi decyzja ostateczna w sprawie alternatyw ochronnych w głębinowych kopalniach węgla amerykańskiej administracji bezpieczeństwa i zdrowia w górnictwie (MSHA), jak również przepisy komór ochronnych w podziemnych kopalniach metali żelaznych departamentu przemysłu i zasobów naturalnych Zachodniej Australii.

Dla komór przyjęto następujące wymagania i wyposażenie:

- a) ściany wydzielające komorę o klasie REI 240 (ściany z bloków betonowych o grubości min. 25 cm – zgodnie z tablicą 14 wytycznych ITB 409/2005 „projektowanie elementów żelbetowych i murowanych z uwagi na odporność ogniową, dla współczynnika nośności  $\alpha = 0,6$ ),
  - b) wejście do komory przez przedsionek przeciwpożarowy ze ścianami i stropem o klasie REI 120, zamykany obustronnie drzwiami EI 120 (ściany z bloków betonowych grubości 18 cm),
  - c) zapewnienie dopływu do komory świeżego powietrza (z zewnątrz obiektu) w czasie 240 min i wytworzenie w komorze oraz w przedsionku przeciwpożarowym nadciśnienia zapobiegającego przedostawaniu się dymu do wnętrza komory,
  - d) zapewnienie oświetlenia awaryjnego o czasie działania 4 godzin i natężeniu 10 lx,
  - e) wyposażenie komory w system łączności umożliwiającej kontakt z dyspozytornią stacji A23 w czasie 240 min i system kamer umożliwiających podgląd wnętrza z dyspozytorni A23 w czasie 240 min,
  - f) wyposażenie komory w aparaty uciezkowe (dla wszystkich osób w każdej komorze),
  - g) siedzenia dla wszystkich osób,
  - h) woda pitna – 10 litrów,
  - i) toaleta (chemiczna),
  - j) latarka – 2 sztuki
  - k) gaśnica proszkowa GP6 AB.
2. Zapewnienie automatycznego sterowania wentylatorami stacyjnymi A23 i wentylatorami torów odstawczych z systemu sygnalizacji pożarowej.

3. Zapewnienie automatycznego wyłączania trzeciej szyny z systemu sygnalizacji pożarowej.
4. Wykonanie w obszarze torów odstawczych hydrantów wewnętrznych 52 zamiast zaworów hydrantowych 52, dla których zapas węży i prądownic magazynowany jest w szafie przy wentylatorni torów odstawczych.
5. Zapewnienie oświetlenia ewakuacyjnego na peronach i chodnikach ewakuacyjnych o natężeniu 5 lx i o czasie działania 2 godziny.
6. Zapewnienie technologii wykonywania wszelkich prac na obszarze torów odstawczych stacji A23 wykluczających spawanie, szlifowanie i cięcie metali oraz stosowanie materiałów niebezpiecznych pożarowo.

## **6. Analiza i ocena wpływu rozwiązań zastępczych na poziom bezpieczeństwa pożarowego, służąca wykazaniu poprawy warunków ochrony przeciwpożarowej**

Zaproponowane rozwiązania zastępcze zapewnią wystarczający poziom bezpieczeństwa dla osób zatrudnionych na torach odstawczych. Odcięcie w czasie pożaru jedynej drogi ewakuacyjnej z tego obszaru nie spowoduje bezpośredniego zagrożenia dla ludzi. Wybudowanie dwóch komór bezpieczeństwa o klasie odporności ogniowej REI 240 z przedsiódkami przeciwpożarowymi oraz z zaproponowanym w rozdziale 5 wyposażeniem, zapewni możliwość podjęcia działań ratowniczych w celu wyewakuowania przebywających tam osób. Ekipy ratownicze mają możliwość dotarcia z poziomu terenu do poziomu podziemnego torów odstawczych trzema drogami: schodami technicznymi przez dwie wentylatornie i schodami ogólnodostępnymi przy głowicy północnej stacji A23. Schody stalowe w jednej wentylatorni zawsze zachowają swoją funkcję użytkową, gdyż nie wystąpi tam temperatura powodująca ich zniszczenie (przez jedną wentylatornię dostarczane będzie powietrze z zewnątrz). Zaproponowana konstrukcja komór jest w stanie „przetwać” warunki pożaru, gdyż zgodnie z literaturą światową (Thematic Network FIT – Fire In Tunnels. General report) maksymalna temperatura wytworzona podczas palenia pociągu w tunelu metra nie przekracza 1200 °C, a czas maksymalnej mocy pożaru 70 minut.

Dokonano również oceny możliwości ewakuacji ludzi z torów odstawczych do bezpiecznego miejsca, którym może być komora bezpieczeństwa, w czasie pierwszych 10 minut rozwoju pożaru. Wykazano, że dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (DCBE) jest dłuższy niż wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE), a zatem warunki ewakuacji mogą zostać uznane za bezpieczne. Poniżej przedstawiono analizę w tym zakresie.

## **Analiza możliwości ewakuacji ludzi z torów odstawczych do komór bezpieczeństwa lub na zewnątrz stacji**

Celem opracowania jest analiza czasu ewakuacji ludzi z obiektu torów odstawczych stacji A23 w Warszawie. Ocenie podlega czas ewakuacji ludzi z obiektu dla scenariusza zakładającego jednoczesną ewakuację 20 osób z obszaru torów odstawczych.

Zagrożeniem, które może spowodować taką ewakuację, jest przypadkowy pożar, mogący powstać w wagonie pociągu. Warunki panujące na torach odstawczych w czasie pożaru opracowano za pomocą metody CFD.

### Założenia przyjęte do obliczeń.

Osoby przebywające w obiekcie stacji:

- dobrze znają część przestrzeni, w której się znajdują,
- są czujni na oznaki zagrożenia oraz będą rozumieć komunikaty o zagrożeniu lub szybko zauważą oznaki zagrożenia,
- pożar zostanie szybko wykryty przez system sygnalizacji pożaru, w który wyposażone są tory odstawcze,
- zastosowany dźwiękowy system ostrzegawczy zapewni pełną informację o zdarzeniu,
- z uwagi na otwarty jednoprzestrzenny charakter obiektu pierwsze osoby mogą rozpocząć rozpoczętą ewakuację już po 30 sekundach,
- część osób rozpocznie ewakuację po 120 sekundach od wykrycia pożaru po nadaniu komunikatu ostrzegawczego (głównie ekipy sprzątające w wagonach).

W obiekcie będą znajdowali się pracownicy dobrze znający obiekt. Założono, że będą to mężczyźni kobiety w wieku 18 – 60 lat.

Przyjęte parametry dotyczące szybkości ewakuacji są oparte na badaniach naukowych i literaturowych Fire Safety Engineering Uniwersytetu Greenwich w Londynie.

Tabela 1.: Prędkość poruszania się mężczyzn w zależności od wieku i rodzaju drogi.

Prędkość poruszania się mężczyzn	Ruch po drodze poziomej [m/s]	Ruch po schodach w górę [m/s]	Ruch po schodach w dół [m/s]
W wieku 17 – 29 lat	1,08 – 1,35	0,67	1,01
W wieku 30 – 50 lat	1,08 – 1,35	0,63	0,86
W wieku 51 – 80 lat	1,08 – 1,35	0,51	0,67

Na potrzeby obliczeń przyjęto prędkość ruchu po drodze poziomej 1,20 m/s i po schodach – 0,63 m/s (schody do pokonania różnicy poziomów przy peronach technologicznych).

### Kryteria akceptowalności

Podstawową metodą określającą, czy uzyskany czas ewakuacji jest akceptowalny, jest porównanie dwóch elementów:

- Dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji – DCBE (ang. ASET available safe evacuation time)
- Wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji – WCBE (ang. RSET – required safe escape time)

Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji DCBE jest czasem, po którym warunki panujące w obiekcie lub rozpatrywanej jego części stają się krytyczne dla przebywających tam użytkowników. DCBE jest determinowany przez parametr, który jako pierwszy osiągnie wartość uznawaną za zagrażającą zdrowiu lub życiu człowieka. W zależności od rodzaju pożaru i charakterystyki obiektu może to być:

- temperatura lub promieniowanie cieplne
- grubość podsufitowej warstwy dymu i produktów spalania
- widoczność w dymie
- stężenie gazów toksycznych
- stężenie tlenu
- rozmiar pożaru.

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji WCBE jest czasem, który trwa od początku powstania pożaru do momentu, w którym założona ilość osób zdoła się ewakuować na zewnątrz budynku lub w zależności od przyjętej strategii ewakuacji do innej części obiektu uznanej za bezpieczną. WCBE może być reprezentowany za pomocą wzoru:

$$WCBE = t_d + t_a + t_{roz} + t_{reak} + t_p$$

gdzie:

- $t_d$  - czas detekcji
- $t_a$  - czas alarmu
- $t_{roz}$  - czas rozpoznania
- $t_{reak}$  - czas reakcji
- $t_p$  - czas przemieszczania się

Zatem, aby warunki ewakuacji mogły zostać uznane za bezpieczne, spełniony musi zostać warunek opisany wzorem:

$$DCBE - WCBE \geq 0$$

W tym przypadku ewakuacja z budynku zostanie zakończona zanim powstaną warunki zagrażające jego użytkownikom. Jeżeli natomiast różnica ma postać:

$$DCBE - WCBE < 0$$

oznaczać to będzie narażenie użytkowników obiektu na warunki zagrażające ich zdrowiu lub życiu. Wynik taki jest nie do przyjęcia i należy podjąć czynności w celu uzyskania dodatniego wyniku różnicy DCBE i WCBE. Czynności te będą polegały na wydłużeniu czasu DCBE za

pomocą odpowiednich rozwiązań projektowych lub na zmniejszeniu jednego lub kilku czasów wchodzących w skład WCBE.

Przyjęto do obliczeń:

Łączny czas detekcji i alarmowania ( $t_d + t_a$ ) = 180 s

Maksymalny łączny czas rozpoznania i reakcji ( $t_{roz} + t_{reak}$ ) = 120 s

Maksymalna odległość do przebycia by znaleźć się w bezpiecznej strefie nie przekroczy 100 m, w tym maksymalnie 2 m po schodach

$$t_p = (98 \text{ m} / 1,2 \text{ m/s}) + (2 \text{ m} / 0,63 \text{ m/s}) \approx 90 \text{ s}$$

$$\text{WCBE} = 180 \text{ s} + 120 \text{ s} + 90 \text{ s} = 390 \text{ s}$$

### **Symulacja CFD pożaru wagonu na torach odstawczych stacji A23**

Celem opracowania jest analiza czy w czasie 390 sekund od rozpoczęcia pożaru na torach odstawczych panują warunki do bezpiecznej ewakuacji. Analizie podlegają parametry pożarowe krytyczne dla zdrowia i życia ludzi:

- Zasięg widzialności
- Temperatura

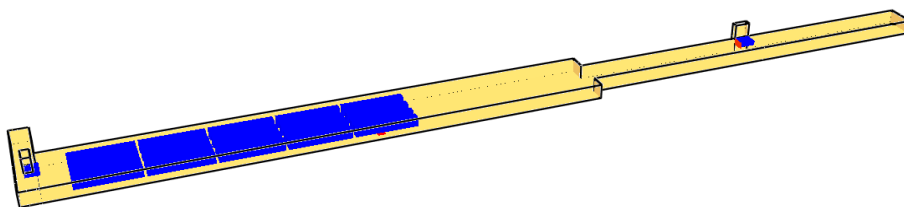
w czasie do 10 minut od powstania pożaru.

Do zrealizowania celu opracowania wykorzystany został program komputerowy Fire Dynamics Simulator służący do modelowania warunków w obiektach w czasie trwania pożaru.

### **Założenia przyjęte do analiz**

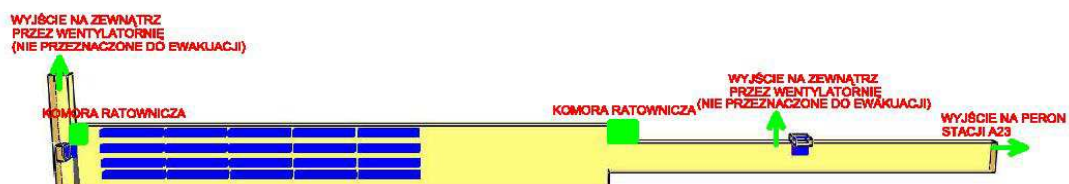
#### **Model przestrzenny**

Do przeprowadzenia analizy przygotowano trójwymiarowy model obejmujący swym zakresem analizowaną przestrzeń obiektu. W modelach 3D zostały zastosowane uproszczenia w architekturze obiektu, wynikające z możliwości dostosowania projektu architektonicznego do modelu w środowisku programu komputerowego.



mesh: 1

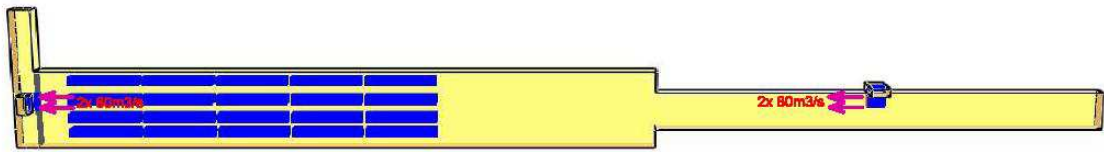
Rys. 1 Widok 3D torów odstawczych stacji A23



Rys. 2 Wyjścia i komory ratownicze na torach odstawczych

### Wentylatory

W założonym scenariuszu wentylatory torów odstawczych działają w trybie wywiewnym, natomiast wentylatory stacji A23 w trybie nawiewnym. Wentylatory uruchamiają się po 180 sekundach trwania pożaru i osiągają pełną moc tj.  $2 \times 80 \text{ m}^3/\text{s}$  po czasie 180 sekund.



Rys 3. Wentylatory: kierunek pracy i moc

#### Umiejscowienie, wielkość i szybkość rozwoju pożaru

W celu zbadania rozwoju temperatury i zadymienia w projektowanym obiekcie wykonano symulację z niekorzystnym prawdopodobnym położeniem pożaru.



Rys 4. Miejsce pożaru

#### Charakterystyka przyjętego zjawiska pożarowego

Na podstawie analizy dostępnych badań literaturowych na temat rzeczywistych i testowych pożarów wagonów pociągów i metra oraz krzywych charakterystyk projektowych dla tego typu pożarów stosowanych na świecie przyjęto pożar o maksymalnej mocy 15 MW. W analizie przyjęto średni współczynnik rozwoju mocy pożaru jako  $12 \text{ W/s}^2$ .

#### Opis programu FDS

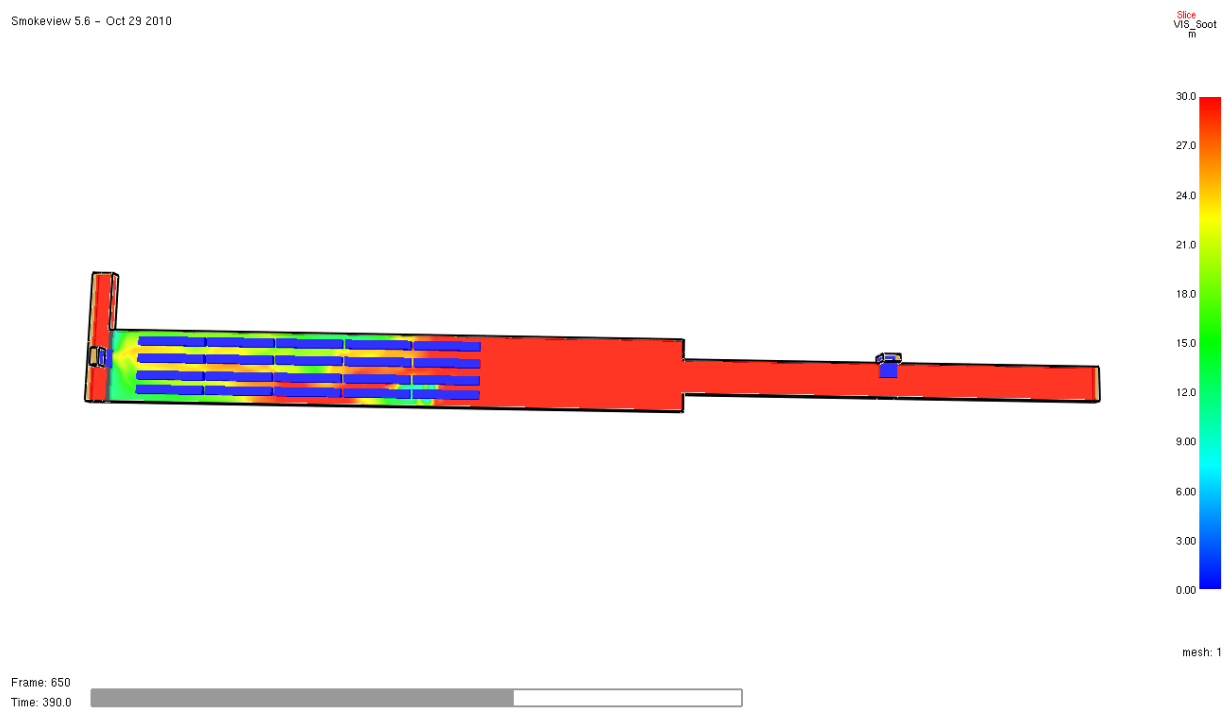
Do symulacji użyty został program Fire Dynamics Simulator v. 5.3.1 opracowany przez National Institute of Standards and Technology (NIST). Jest to program klasy CFD służący do symulacji rozwoju pożaru i zadymienia w oparciu o zasady dynamiki płynów. Program FDS umożliwia symulowanie dowolnego problemu w zakresie rozwoju pożaru, transferu ciepła, promieniowania, przepływu powietrza, a także spalania. Program daje dobre odwzorowanie

rzeczywistych warunków co potwierdzono wieloma walidacjami w skali naturalnej.

W celu symulacji rozwoju pożaru i zadymienia w analizowanym przypadku zostały wykorzystane matematyczne modele przepływu, transferu ciepła, promieniowania, transportu dymu oraz turbulencji.

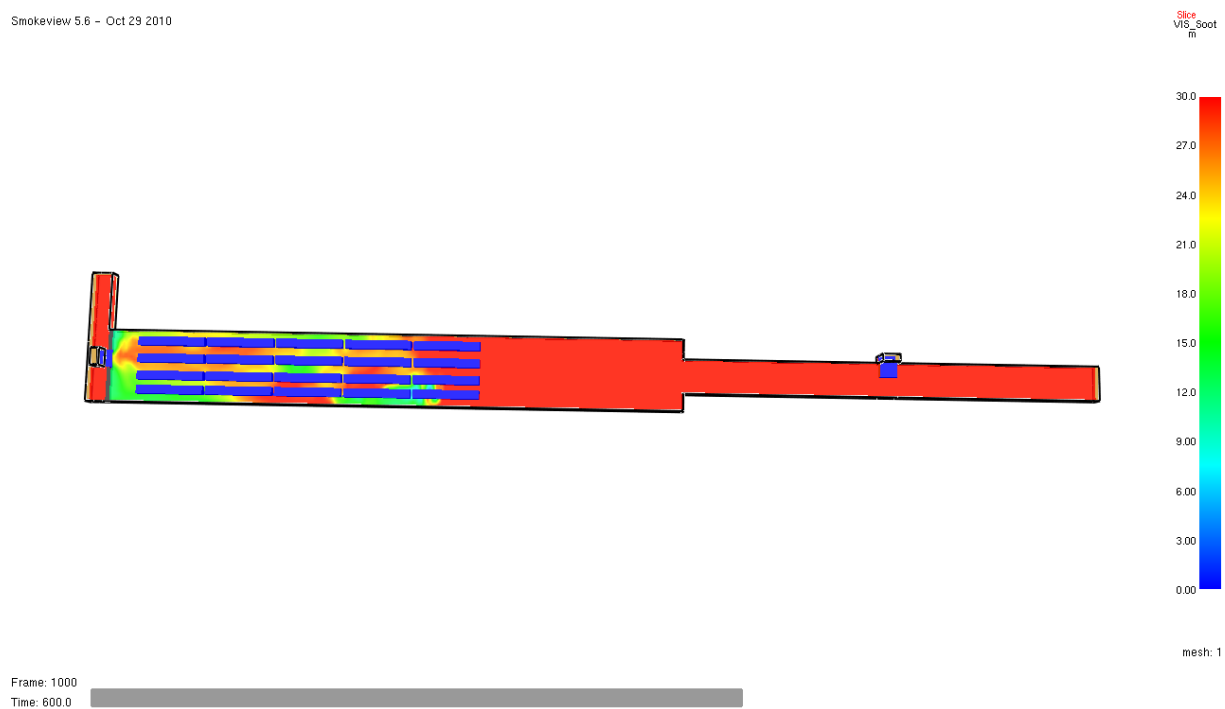
## WYNIKI

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



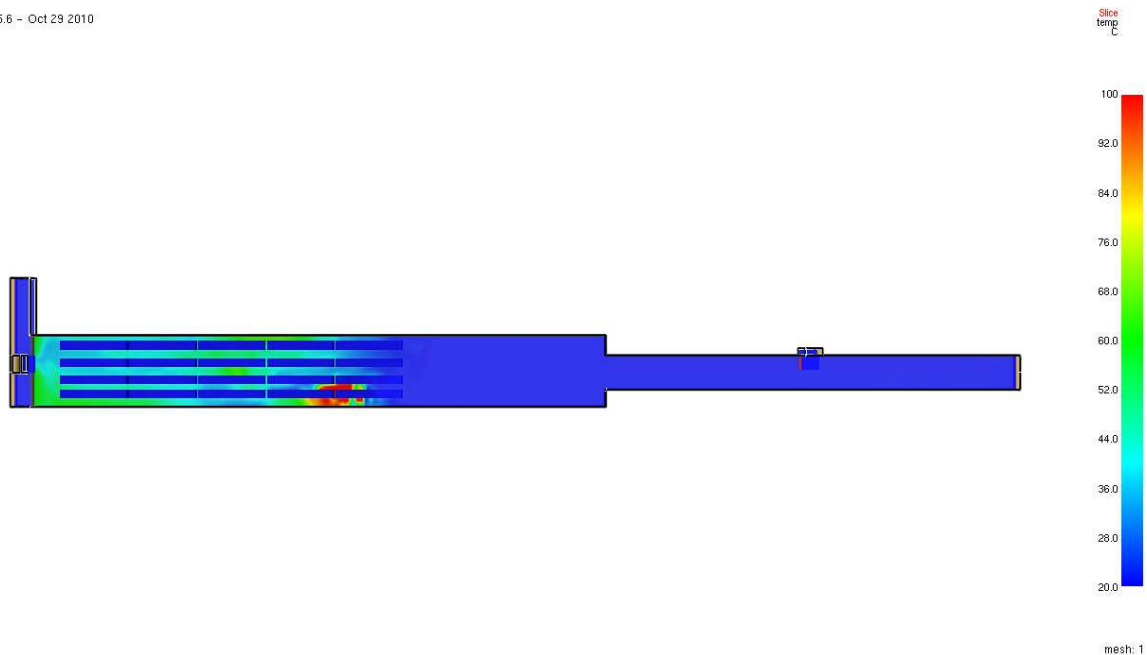
Rys 5. Zasięg widzialności na wysokości 1,8 m (390sekunda symulacji)

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



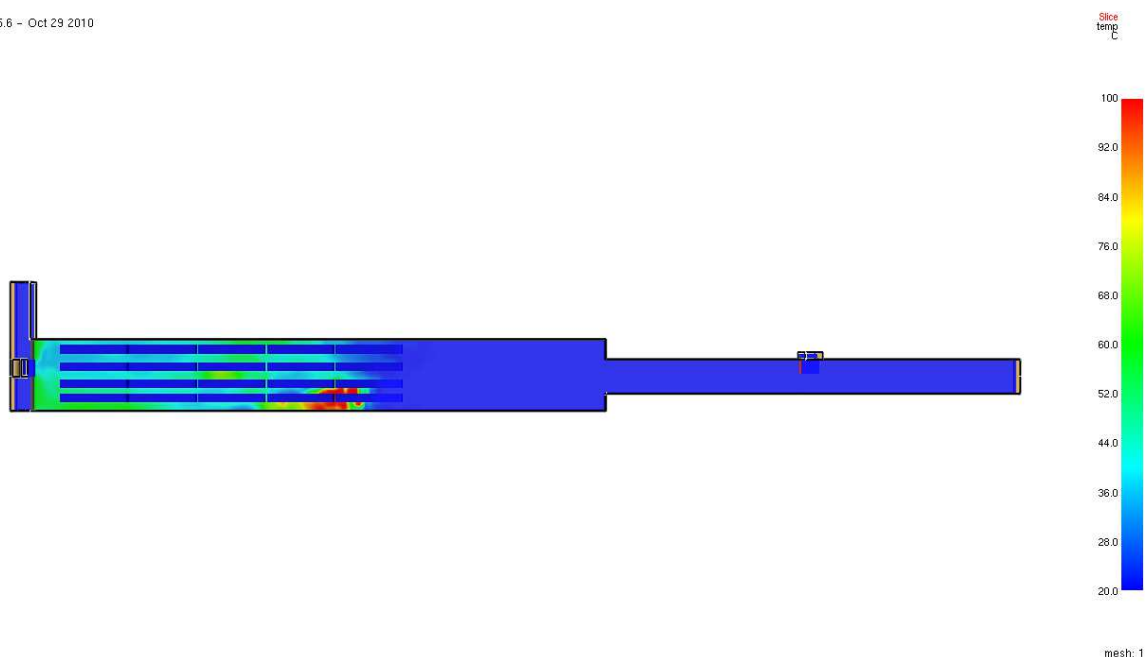
Rys 6. Zasięg widzialności na wysokości 1,8 m (600sekunda symulacji)





Frame: 775  
Time: 390.6

Rys 7. Temperatura na wysokości 1,8 m (390sekunda symulacji)



Frame: 1124  
Time: 600.0

Rys 8. Temperatura na wysokości 1,8 m (600sekunda symulacji)

## PODSUMOWANIE

Zakładamy, że ewakuacja z obiektu będzie bezpieczna gdy w obiekcie zasięg widzialności będzie przynajmniej 10m, a temperatura nie będzie większa od 60 °C.

Zasięg widzialności na wysokości 1,8 m w 390 sekundzie (Rys.5) od powstania pożaru jest mniejszy od 10m tylko w najbliższej przestrzeni pożaru oraz przy wentylatorni torów

odstawczych wyrzucającej gazy pożarowe na zewnątrz co w żadnym stopniu nie utrudnia widzialności w czasie ewakuacji. W 600 sekundzie (Rys.6) od powstania pożaru sytuacja nieznacznie się zmienia ale nadal zakres widzialność na wysokości 1,8 m jest większy niż 10m. Temperatura w 390 sekundzie od powstania pożaru (Rys.7) jest wyższa od 60 °C tylko w najbliższej okolicy pożaru oraz wentylatorni torów odstawczych). W pozostałej części obiektu warunki do ewakuacji są dobre. W 600 sekundzie pożaru (Rys. 8) temperatura nadal pozwala na bezpieczną ewakuację. Na podstawie w.w. wniosków z symulacji CFD pożaru wagonu na torach odstawczych możemy przyjąć ,że obliczonym czasie ewakuacji 390 sekund od powstania pożaru, warunki panujące na torach odstawczych stacji A23, pozwalają bezpiecznie ewakuować się 20 pracownikom znajdującym się w obiekcie, a ponadto w 600 sekund od powstania pożaru warunki panujące na stacji nadal pozwalają bezpiecznie się z niej ewakuować.

## **7. Wnioski końcowe**

W opracowaniu wykazano, że w razie pożaru istnieje możliwość uratowania ludzi z torów odstawczych stacji A23 Młociny, przy spełnieniu wszystkich wymagań zawartych w rozdziale 5 niniejszej ekspertyzy. Zatem prace przeglądowe i czyszczenie pociągów na przedmiotowych torach odstawczych mogą być wykonywane przez całą dobę. Przyjęte rozwiązania techniczne i organizacyjne w zakresie ewakuacji, wyczerpują wymagania zawarte w punkcie 1 załącznika nr 1 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 144, poz. 859), który mówi o zapewnieniu w budynkach i budowlach metra możliwości „uratowania ludzi w inny sposób”. Nie zachodzi zatem konieczność stosowania punktu 4 załącznika nr 1 do tego rozporządzenia, tj. odstępstw i uzgadniania ich z komendantem wojewódzkim Państwowej Straży Pożarnej. Ekspertyza niniejsza stanowi wytyczne do projektu zmian w torach odstawczych, który musi być uzgodniony z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych

## **8. Podstawa prawna**

- [1] rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 144, poz. 859).
- [2] rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.).

- [3] rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz.719).
- [4] rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U. Nr 124, poz. 1030).
- [5] rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. Nr 121, poz. 1137 i zmiany Dz.U. z 2009 r. Nr 119, poz. 998)).
- [6] PN - EN 1838. 2005 Zastosowanie oświetlenia. Oświetlenie awaryjne.
- [7] PN - B-02852. Ochrona przeciwpożarowa budynków. Obliczanie gęstości obciążenia ogniowego oraz wyznaczanie względnego czasu trwania pożaru.
- [8] PN - 92 / N – 01256/01 Znaki Bezpieczeństwa. Ochrona przeciwpożarowa.
- [9] PN - 92 / N – 01256/02 Znaki Bezpieczeństwa. Ewakuacja.
- [10] Wytyczne ITB nr 409/2005 Projektowanie elementów żelbetowych i murowanych z uwagi na odporność ogniową.

mgr inż. Waldemar Baranowicz

mgr inż. bud. Kamil Baranowicz

## **Załącznik – Część graficzna:**

Rys. 1 Plan zagospodarowania terenu

Rys. 2 Rzut torów odstawczych

Rys. 3 Przekrój A-A

Rys. 4 Przekrój H-H