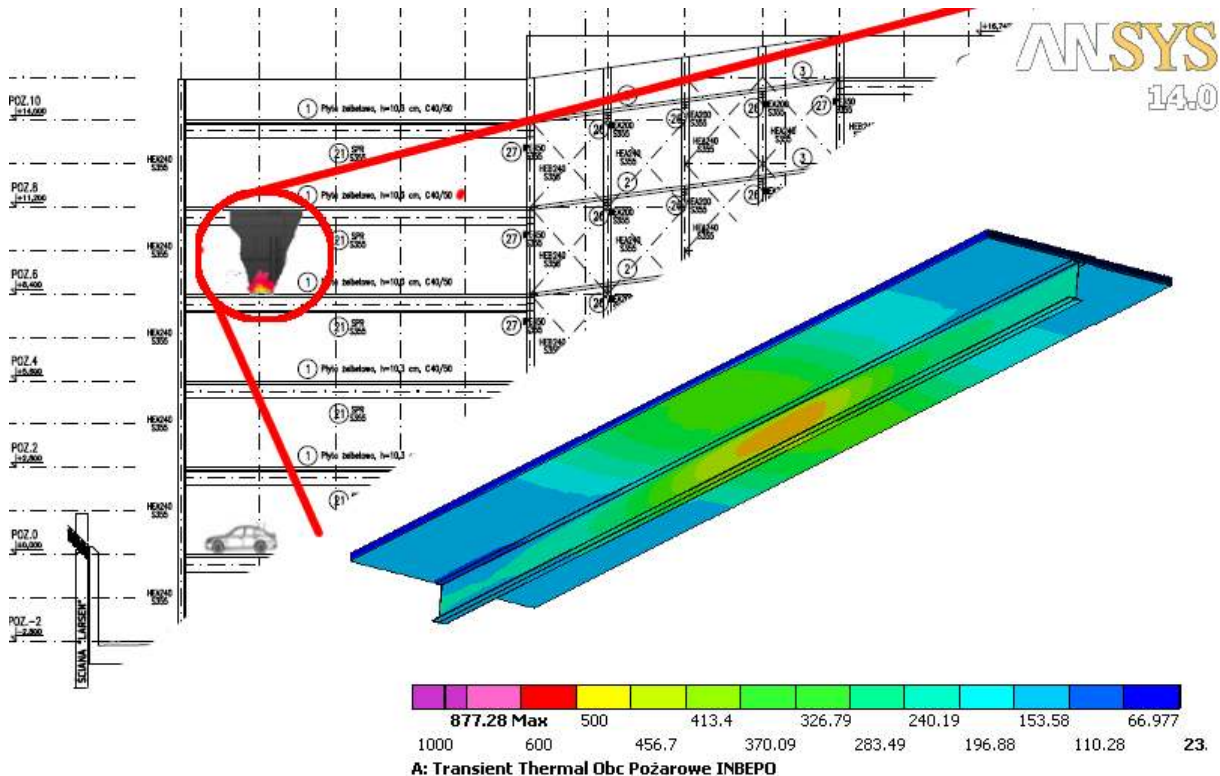


## Obliczenia bezpieczeństwa pożarowego na modelach sprzężonych, łączących mechanikę płynów, termikę oraz wytrzymałość.

Przemysław Siedlaczek (MESco).



Rys.1 Wyniki rozkładu temperatury dla sytuacji pożarowej po 30 minutach

Przepisy budowlane stawiają wysokie wymagania bezpieczeństwa dla nowych konstrukcji. Obecnie, prócz standardowej analizy wytrzymałości statycznej pod zadaną obwiednią obciążeń środowiskowych oraz użytkowych, ważną staje się nośność w sytuacji pożarowej. Źródło ognia, oddziałując na konstrukcję nośną budynku, powoduje zmniejszenie jej własności nośnych, a w szczególności modułu sprężystości oraz granicy plastyczności. Zależnie od spalanego materiału oraz warunków środowiskowych, w pobliżu elementów konstrukcyjnych mogą występować bardzo wysokie temperatury, stwarzające zagrożenie dla ich nośności. W sytuacji pożarowej najważniejsza jest bezpieczna ewakuacja ludności z zagrożonego regionu. Z tego powodu konstrukcja nośna musi utrzymać swój ciężar przez określony czas potrzebny do opuszczenia budynku i dojazd służb pożarniczych.

Złożoność zagadnień spalania daleko wybiega poza rutynowe prace inżynierskie. Z tego powodu powstały normy pozwalające na określenie obciążeń termicznych w przypadku pożaru i zachowawcze oszacowanie nośności konstrukcji. Takie zalecenia projektowe można znaleźć w odpowiednich normach Eurocode [1,2,3].

Norma PN-EN 1991-1-2 [1] daje możliwość wyznaczenia strumienia ciepła zarówno w uproszczonym podejściu, opierającym się na nominalnych krzywych temperatura-czas, jak i przez modelowanie samego pożaru, zarówno przez modele uproszczone oraz modele opierające się o numeryczną mechanikę płynów (CFD).

Przeprowadzenie dokładnej analizy numerycznej pozwala na racjonalny dobór zabezpieczeń przeciwpożarowych dla konstrukcji stalowych i zespolonych, a w niektórych przypadkach pozwala wykazać, iż dla danego poziomu obciążeń (termicznych oraz mechanicznych) konstrukcja osiąga wymaganą nośność ogniową bez dodatkowych zabezpieczeń takich jak farby czy natryski ogniochronne.

Oszacowaniem obciążeń pożarowych w warunkach konkretnej sytuacji pożarowej zajmuje się od lat wrocławska firma Inbepo Sp. z o.o.

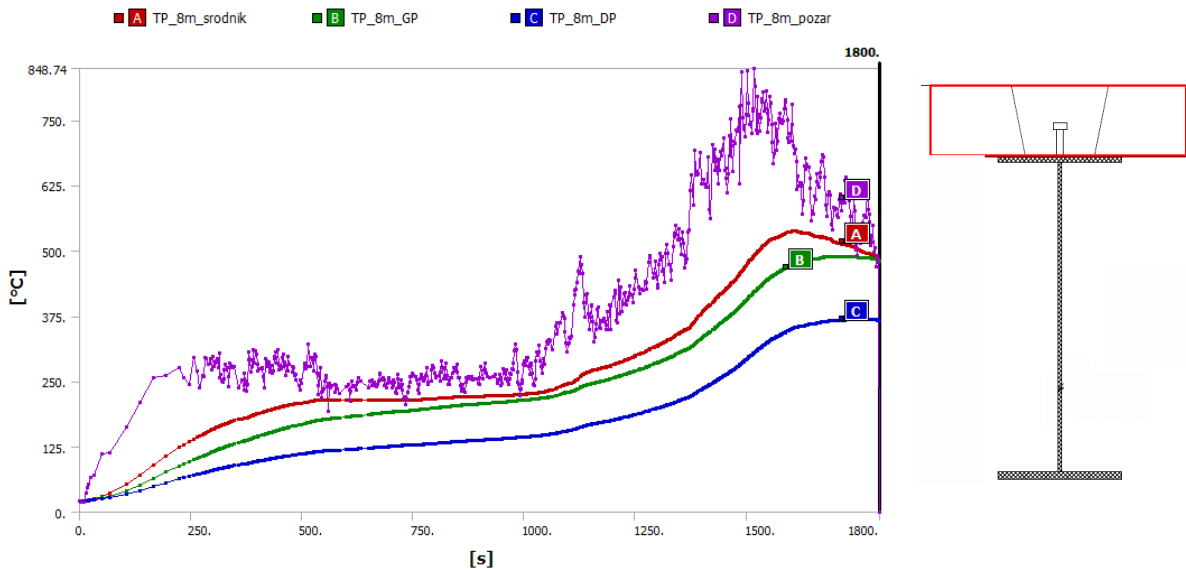
Korzystając z symulacji CFD, firma ta przeprowadziła analizę dużego otwartego parkingu, na którym doszło do zapłonu trzech stojących obok siebie pojazdów.

Wyniki w zakresie temperatur uzyskane w powyższej analizie pozwalają na przeprowadzenie dalszych obliczeń temperatury poszczególnych elementów tj. analizę transferu ciepła do konstrukcji.

Z uwagi na zastosowane uproszczenia w modelu przepływu dla dużego obszaru wielokondygnacyjnego parkingu, nie jest możliwe określenie detalicznych rozkładów temperatur w interesujących elementach nośnych konstrukcji zespolonej składającej się z stalowych słupów oraz stalowych belek zespolonych z płytą żelbetową. Możliwe jest jednak określenie przybliżonych wartości strumieni ciepła oraz temperatur otaczającego gazu. (Rozdzielczość siatki obliczeniowej zastosowanej w symulacji CFD przyjmuje rozmiar ok. 0,25x0,25x0,25 m).

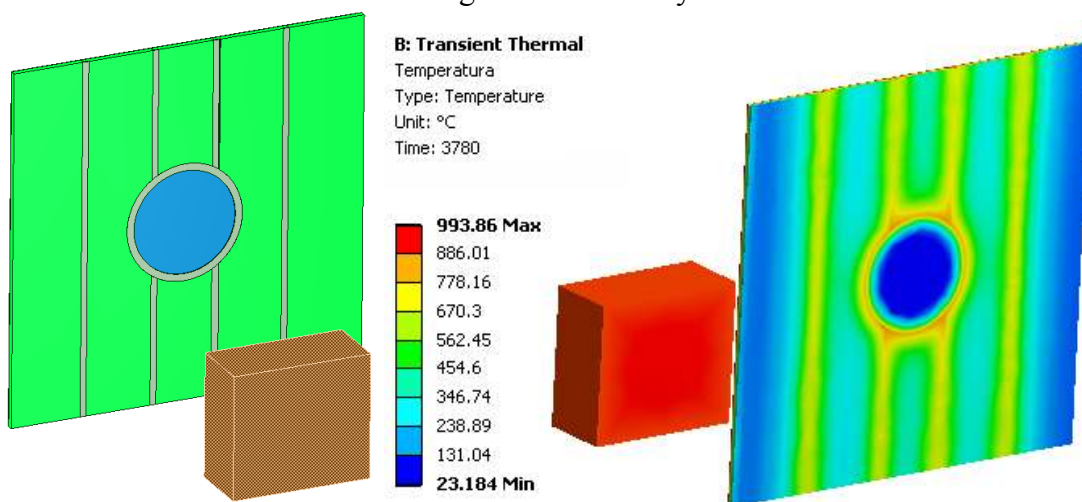
Informacja ta jednak jest wystarczająca by posłużyć inżynierom z MESCO do bardziej szczegółowej symulacji tych wybranych komponentów oprogramowaniem ANSYS. Użyliśmy do tego celu specjalnie przystosowanej techniki submodelingu. Otrzymane od klienta temperatury oraz normowe współczynniki konwekcji zostały przypisane do wielowymiarowych tablic w czasie i przestrzeni stanowiąc obciążenie termiczne. Najbardziej interesujące są wyniki dla elementów bezpośrednio nad źródłem ognia, dlatego wybrano właśnie ten odcinek stropu o powierzchni 7/16m. Dodatkowo w modelu termicznym dodano powierzchnię emisyjną, stanowiącą dodatkowe źródło dla radiacyjnej wymiany ciepła między płomieniem a powierzchniami budynku.

Dzięki tej wieloskalowej symulacji sprzężonej udowodniono, że możliwa jest zarówno analiza pożaru w ujęciu pełnego budynku jak i detaliczna weryfikacja wytrzymałości cieplnej poszczególnych elementów nośnych. Zaobserwowano, że maksymalne wartości temperatur gazu są znacznie wyższe niż w rzeczywistości osiągane temperatury konstrukcji, przez co ich bezpośrednia interpretacja jako niszczących jest nieprawidłowa. Czas osiągania maksymalnej temperatury przez płomień jak i w przekroju nośnym nie są równoczesne. W związku z trójwymiarowym transferem ciepła oraz większą pojemnością cieplną elementy konstrukcyjne cechuje wyższa bezwładność termiczna niż omiatającego je gazu. Przekłada się to na spowolnienie nagrzewania belek w stosunku do wartości szczytowych, a w rezultacie na bardziej korzystną sytuację budowlaną.

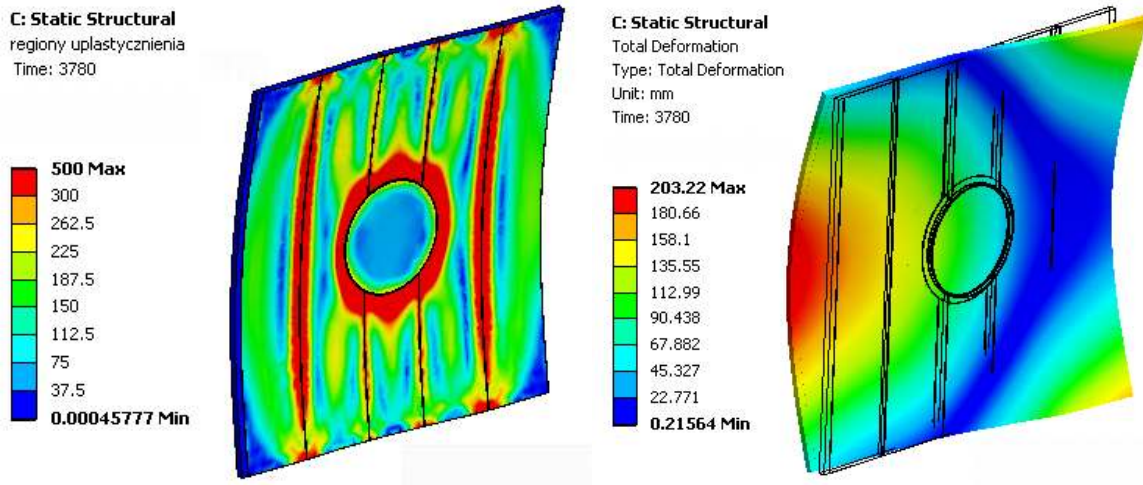


Rys.2 Temperatury belki w położeniu bezpośrednio nad źródłem pożaru dla punktów a) TP\_8m\_srodek – w środku ciężkości srodka, b) TP\_8m\_GP – w środku ciężkości górnej półki, c) TP\_8m\_DP – w środku ciężkości dolnej półki, d) TP\_8m\_pozar – temperatura gazów paleniska,

Zaostrzone przepisy pożarowe powodują, że symulacje tego typu coraz częściej wykorzystuje w praktyce również do analizy ognioszczelności ścian, barier i grodzi. Na poniższym rysunku widoczny jest rezultat rozkładu temperatury na powierzchni stalowej ściany z okrągłym oknem. Pożar wystąpił po stronie izolowanej. Po pół godzinie od zapłonu, temperatura ściany przeciwnej nie może przekroczyć poziomu samozapłonu określonej dla zawartości magazynu przyjętej na 300°C. Wynik symulacji pozwala określić miejsca najgorętsze i wymagany rozmiar izolacji. Ponad powyższe, badaniu podlega możliwość uszkodzenia termiczno mechanicznego uszczelek i szyb.



Rys.3 Przykład rozkładu temperatury na powierzchni grodzi ognioszczelnej, Czerwony blokiem oznaczono miejsce wystąpienia ognia



Rys.4 Przykład rozkład naprężeń zredukowanych oraz przemieszczeń wypadkowych dla warunków pożarowych.

#### PIŚMIENNICTWO:

- [1] PN-EN 1991, Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru,
- [2] EN 1994-1-2:2005+AC:2006 Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1- 2: General rules - Structural fire design,
- [3] PN-EN 1994-1-2:2005 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design
- [4] Piotr Smardz, Wyznaczanie odporności ogniowej elementów konstrukcji wg. Eurokodów, <http://inbepo.pl/PDF/ArtykulOP-Eurokody.pdf>
- [6] Barry Christensen, System Level Simulation: New Imperative, Advantage Issue 2012. <http://ansys.com/staticassets/ANSYS/staticassets/resourcelibrary/article/AA-V6-I1-The-New-Imperative.pdf>