

## Projektowanie magazynu z uwzględnieniem obciążenia ogniowego – case study

Większość wymagań przeciwpożarowych stawianych budynkom produkcyjnym, magazynowym i mieszkalnym jest związana z wartością gęstości obciążenia ogniowego, jaka występuje w budynku lub jego części. Na podstawie tej wartości możemy określić klasę odporności pożarowej, wielkość stref pożarowych, wymagania odporności ogniowej dla elementów konstrukcji, czy nawet względny czas trwania pożaru. Dlatego bardzo ważne jest prawidłowe określenie tej wartości. Z drugiej strony, zastosowana koncepcja architektoniczno-konstrukcyjna budynku magazynowego może nie zapewniać jego odpowiedniej odporności pożarowej. Dlatego włączenie zagadnień przeciwpożarowych w proces projektowania budynku magazynowego jest bardzo istotne.

### Obliczanie gęstości obciążenia ogniowego

Według Normy Polskiej [1] odnoszącej się do ochrony przeciwpożarowej budynków, „gęstość obciążenia ogniowego jest zdefiniowana jako energia cieplna, wyrażona w megadżulach, która może powstać przy spaleniu materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu, strefie pożarowej lub składowisku materiałów stałych, przypadająca na jednostkę powierzchni tego obiektu, wyrażona w metrach kwadratowych”. Opisuje ją wzór:

$$Q_d = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot G_i)}{F}$$

gdzie:

$Q_d$  - gęstość obciążenia ogniowego [MJ/m<sup>2</sup>],

$G_i$  - masa poszczególnych materiałów [kg],

$Q_i$  - ciepło spalania poszczególnych materiałów [MJ/kg], (wartości liczbowe ciepła spalania niektórych materiałów przedstawiono w załączniku informacyjnym A do Normy [1]),

$F$  - powierzchnia rzutu poziomego pomieszczenia, strefy pożarowej lub składowiska [m<sup>2</sup>],

$n$  - liczba rodzajów materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu, strefie pożarowej lub składowisku,

$i$  - numer typu materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu, strefie pożarowej lub składowisku,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Gęstość obciążenia ogniowego jest zazwyczaj ustalana na etapie projektowania magazynu. Jej wartość jest przyjmowana po wykonaniu analizy rodzaju substancji, jakie mają być w nim

składowane oraz uwzględniając ich oczekiwaną liczbę. Podczas użytkowania obiektu magazynowego stany towarów zmieniają się, należy więc obliczyć rzeczywiste wartości w każdej z podstref magazynowych, a następnie sprawdzić, czy nie wystąpiły przekroczenia obciążenia ogniowego. Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie dodatkowego oprogramowania wspomagającego, które na bieżąco sprawdza występującą w strefach magazynu gęstość obciążenia ogniowego. Jeśli jednak nie dysponujemy takim oprogramowaniem, musimy sami dokonać obliczeń tej wartości. Podczas obliczeń należy uwzględnić:

- rodzaj opakowań towarów (papierowe, polipropylenowe, itp.)
- składowany asortyment (produkty spożywcze, urządzenia AGD, itp.)
- liczbę towarów
- masy netto i brutto.

Zgodnie z Normą Polską [1], materiałów palnych zanurzonych w wodzie i roztworach wodnych oraz materiałów o zawartości wody powyżej 60% nie uwzględniamy. Jest także grupa materiałów, których masy rzeczywiste uwzględniamy tylko w 10%. Są to między innymi: napoje gazowane, niegazowane, przetwory, mrożonki owocowo-warzywne, zboże w komorach i zasiekach, drewno okrągłe o średnicy co najmniej 0,2 m, węgiel kamienny i koks w pryzmach i zwalach o wysokości większej od 1 m.

Substancje których masy rzeczywiste uwzględniamy w 20% to: zboża, cukier, mąka i kasze itp., ale nie dotyczy to nasion oleistych. Są one składowane w workach ułożonych w stopy, warstwy. Podczas wybuchu pożaru, kiedy worek się przepali wysypująca się substancja będzie dławić ogień.

### Przykład obliczania gęstości obciążenia ogniowego

Dla każdego rodzaju asortymentu składowanego w magazynie należy określić: jego wagi brutto i netto, ciepło spalania opakowania i produktu, współczynnik redukcji ciepła spalania, liczbę palet z asortymentem w podstrefie. Następnie obliczyć ciepło spalania z uwzględnieniem współczynnika redukcji oraz liczby palet z tym asortymentem w strefie.

Procedurę obliczania gęstości obciążenia ogniowego prześledźmy na przykładzie robota kuchennego. Na początku należy dla każdego artykułu w danej strefie określić typ jego opakowania, rodzaj tworzywa z którego jest wykonane oraz jego ciepło spalania (wartość przyjęta z załącznika A Normy Polskiej [1] lub określona przez specjalistę), a także wagę brut-

<sup>1</sup> Dr A. Ratkiewicz – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych.

<sup>2</sup> A. Sadowska – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu.

to i netto tego produktu. Następnie jesteśmy w stanie obliczyć ciepło spalania opakowania. Jest ono wyrażone jako iloczyn różnicy wagi brutto i netto oraz ciepła spalania opakowania. Tę część obliczeniową obrazuje tabela 1.

Tab. 1. Obliczenia ciepła spalania opakowania.

| Produkt        | Typ opakowania | Waga brutto $G_b$ [kg] | Waga netto $G_n$ [kg] | Rodzaj tworzywa opakowania i jego ciepło spalania $Q_t$ [MJ/kg] | Ciepło spalania opakowania [MJ]<br>$Q_o = (G_b - G_n) \cdot Q_t$ |
|----------------|----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Robot kuchenny | Karton         | 4,109                  | 3,901                 | Karton 21                                                       | 4,368                                                            |

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem jest obliczenie ciepła spalania produktu. Na początku należy określić materiał, z którego wykonany jest dany produkt. Potem przyjąć jego wartość ciepła spalania zgodnie z Normą Polską [1] lub danymi specjalisty. Następnie obliczmy ciepło spalania produktu poprzez iloczyn wagi netto produktu i ciepła spalania tworzywa. Po wykonaniu tego działania należy zsumować ciepło spalania opakowania i produktu. W dalszych obliczeniach musimy uwzględnić współczynnik redukcji ciepła spalania. Jego wartość zależy ilości wody w danym produkcie lub od jego postaci. Może przyjmować wartość 1, jeśli materiałów nie uwzględniamy; 0,9 – gdy uwzględniamy tylko 10% masy; 0,8 – gdy uwzględniamy 20% masy oraz 0 – kiedy redukcja nie występuje. Zgodnie z danymi z Normy [1] musimy sprawdzić, ile masy danego produktu uwzględniamy i na tej podstawie przyjąć współczynnik redukcji. Po ustaleniu tej wartości obliczamy ciepło spalania uwzględniając redukcję masy. Obliczenia ciepła spalania produktu przedstawia tabela 2.

Tab. 2. Obliczenia ciepła spalania produktu.

| Rodzaj tworzywa produktu | Ciepło spalania tworzywa $Q_M$ [MJ/kg] | Ciepło spalania produktu [MJ]<br>$Q_p = G_n \cdot Q_M$ | Ciepło spalania opakowania i produktu $Q$ [MJ] | Współczynnik redukcji ciepła spalania $W_r$ | Ciepło spalania z uwzględnieniem współczynnika redukcji [MJ]<br>$Q_R = Q \cdot (1 - W_r)$ |
|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metal                    | 5                                      | 19,505                                                 | 23,873                                         | 0                                           | 23,873                                                                                    |

Źródło: opracowanie własne.

Posiadając już obliczoną wartość ciepła spalania z uwzględnieniem współczynnika redukcji, możemy obliczyć jego wartość biorąc pod uwagę liczbę wszystkich asortymentów danego typu w strefie składowania. Aby tego dokonać musimy pozyskać dane odnośnie liczby produktów w niepodzielnym opakowaniu jednostkowym (noj) oraz ile tych opakowań znajduje się na palecie. Następnie obliczamy ciepło spalania jako iloczyn liczby produktów w noj-u1 i liczby noj-ów na palecie oraz ciepła spalania obliczonego z uwzględnieniem współczynnika redukcji. Musimy także uwzględnić liczbę palet z tym rodzajem asortymentu w strefie składowania. Obliczając iloczyn liczby palet z asortymentem danego typu w strefie oraz ciepło spalania z uwzględnieniem liczby produktów na palecie otrzymany ciepło spalania wszystkich asortymentów w danej strefie. Obliczenia ciepła spalania dla wszystkich asortymentów danego typu przedstawia tabela 3.

Tab. 3. Obliczenia ciepła spalania biorąc pod uwagę liczbę wszystkich asortymentów danego typu.

| Liczba produktów w noj-u $n_p$ | Liczba noj-ów na palecie $n_n$ | Ciepło spalania z uwzględnieniem $W_r$ oraz liczby noj-ów na palecie [MJ]<br>$Q_n = Q_R \cdot n_p \cdot n_n$ | Liczba palet w strefie $l_p$ | Ciepło spalania z uwzględnieniem współczynnika redukcji, liczby noj-ów na palecie oraz liczby palet [MJ]<br>$Q_s = Q_n \cdot l_p$ |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                              | 60                             | 1432,38                                                                                                      | 290                          | 415 390,2                                                                                                                         |

Źródło: opracowanie własne.

Aby obliczyć ciepło spalania strefy należy uwzględnić wszystkie rodzaje asortymentów, jakie w strefie występują. To znaczy, że należy wykonać obliczenie według tabel 1, 2, 3 dla każdego rodzaju asortymentu. W pewnym analizowanym magazynie, w podstrefie składowania urządzeń RTV i AGD wartości ciepła spalania oraz powierzchnia podstrefy przyjmowały wartości przedstawione w tabeli 4. Obliczając iloraz ciepła spalania danej podstrefy oraz powierzchni podstrefy otrzymamy gęstość obciążenia ogniowego podstrefy składowania.

Tab. 4. Obliczenia gęstości obciążenia ogniowego dla strefy urządzeń RTV i AGD w pewnym magazynie.

| Ciepło spalania strefy [MJ] $Q$ | Powierzchnia strefy $F$ [m <sup>2</sup> ] | Gęstość obciążenia ogniowego strefy [MJ/m <sup>2</sup> ] $Q_s = Q / F$ |
|---------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 7 738 290,98                    | 1565,41                                   | 4943,41                                                                |

Źródło: opracowanie własne.

## Analiza istniejącego magazynu pod względem obciążenia ogniowego

W pewnym istniejącym magazynie zostały wykonane obliczenia gęstości obciążenia ogniowego. Magazyn składał się z czterech podstref składowania: podstrefy napojów, przypraw, sosów do potraw oraz sprzętu RTV i AGD. Każda z podstref miała klasę odporności pożarowej B. Oznacza to, że gęstość obciążenia ogniowego musiała mieścić się w przedziale  $2000 < Q < 4000$  MJ/m zgodnie z tabelą nr 6 z [3]. Po wykonaniu obliczeń wartości gęstości obciążenia ogniowego w każdej

Tab. 5. Zestawienie wyników gęstości obciążenia ogniowego dla każdej strefy w magazynie istniejącym.

| Podstrefy w magazynie | Powierzchnia [m <sup>2</sup> ] | Liczba towarów w podstrefie | Ciepło spalania podstrefy [MJ/kg] | Gęstość obciążenia ogniowego podstrefy [MJ/ m <sup>2</sup> ] | Dopuszczalna gęstość obciążenia ogniowego podstrefy [MJ/ m <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| U – urządzenia        | 1565,41                        | 1794                        | 7 847 112,62                      | 4943,41                                                      | 2000 < Q < 4000                                                           |
| S – sosy              | 640,93                         | 470                         | 3 744 531,25                      | 4019,79                                                      | 2000 < Q < 4000                                                           |
| P – przyprawy         | 642,54                         | 549                         | 4 182 679,51                      | 5779,22                                                      | 2000 < Q < 4000                                                           |
| N – napoje            | 1643,52                        | 1940                        | 2 495 610,14                      | 1518,45                                                      | 2000 < Q < 4000                                                           |

Źródło: opracowanie własne.

z podstref otrzymano wyniki przedstawione w tabeli 5.

Analizując wyniki gęstości obciążenia ogniowego przedstawione w tabeli 5 możemy zauważyć występujące przekroczenia tej wartości. W podstrefach urządzeń RTV i AGD, sosów do potraw oraz przypraw wystąpiły przekroczenia dopuszczalnej wartości gęstości obciążenia ogniowego. Okazało się, że tylko w podstrefie, gdzie składowane są napoje, wartość jest w normie. Wobec planowanej przez przedsiębiorstwo

zmiany lokalizacji magazynu należy stwierdzić, że odtworzenie istniejącego magazynu bez poprawy jego parametrów przeciwpożarowych jest niemożliwe.

## Przedstawienie wariantów projektowych magazynu

Dla sformułowanego zadania logistycznego tego przedsiębiorstwa zostały wykonane dwa warianty projektowe magazynu. Warianty projektowe są rozpatrywane dla konkretnej lokalizacji. Jest to działka inwestycyjna na pograniczu Piastowa i Konotopy o powierzchni 1,6 ha. Koszt metra kwadratowego działki wynosi 274 zł/ m<sup>2</sup>. Teren jest przeznaczony pod zabudowę usługową, dla obiektów produkcyjnych, składów i magazynów. Lokalizacja jest dogodna, ponieważ do posesji jest dojazd od strony Ursusa oraz Piastowa jak i blisko położonego zjazdu z trasy S4.

Pierwszy wariant projektowy oparto o układ istniejącego magazynu. Polega on na zwiększeniu klas odporności ogniowej w strefach, w których została ona przekroczona. Wiąże się to ze zmianą materiałów konstrukcyjnych hali magazynowej na bardziej odporne na ogień, a tym samym droższe. Hala w swoim ukształtowaniu nie zmieni się; ulegną zmianie tylko materiały, z których zostanie wybudowana. Wpłyne to na zwiększenie nośności, szczelności i izolacyjności konstrukcji. Wartości te są wyrażane w minutach i mówią nam, ile czasu musi wytrzymać podczas pożaru dany element konstrukcji.

Drugi wariant dążył do osiągnięcia jak najmniejszych wartości gęstości obciążenia ogniowego w strefach, w których wartość ta jest przekroczona. Wiąże się to ze zwiększeniem powierzchni stref składowania określonych grup asortymentowych. Wynika to ze wzoru nr 1, ponieważ gęstość obciążenia ogniowego jest ilorzem iloczynu ciepła spalania materiałów składowanych w strefie i ich mas oraz powierzchni rzutu poziomego. Zatem zwiększając powierzchnię strefy, gęstość obciążenia ogniowego zmniejszy się. Zwiększenie powierzchni w tych strefach pozwoliło na zmniejszenie wysokości o 5 m. Tym samym możliwa była zmiana rodzaju wózka widłowego w strefie składowania na wózek o mniejszej wysokości podnoszenia.

## Porównanie stanu istniejącego magazynu oraz wariantów projektowych

Po ukształtowaniu i zwymiarowaniu wariantów projektowych została wykonana ocena cząstkowa tych wariantów oraz magazynu istniejącego. Do oceny cząstkowej zostały wybrane dwa kryteria techniczne: miernik kubaturowy oraz dominująca klasa odporności ogniowej. W przypadku tego przedsiębiorstwa im mniejsza klasa odporności ogniowej tym lepiej, ponieważ wartość gęstości obciążenia ogniowego będzie mniejsza, a tym samym względny czas trwania potencjalnego pożaru będzie krótszy. Kryteriami ekonomicznymi są nakłady na magazyn, nakłady na jedno miejsce paletowe, roczne koszty eksploatacyjne, miernik kosztów i miernik kosztów przejścia paletowej jednostki ładunkowej (pjł) przez magazyn. W tabeli 6 jest przedstawione zestawienie kryteriów dla oceny cząstkowej wariantów projektowych oraz magazynu istniejącego.

Tab. 6. Ocena cząstkowa magazynu istniejącego oraz dwóch wariantów projektowych.

| KRYTERIA                                      | WARIANTY PROJEKTOWE          |                              |                             |
|-----------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                                               | Magazyn istniejący           | Pierwszy                     | Drugi                       |
| <b>TECHNICZNE</b>                             |                              |                              |                             |
| Miernik kubaturowy                            | 11,21 [m <sup>3</sup> /m.p.] | 11,21 [m <sup>3</sup> /m.p.] | 8,21 [m <sup>3</sup> /m.p.] |
| Dominująca klasa odporności ogniowej          | B                            | A                            | B                           |
| <b>EKONOMICZNE</b>                            |                              |                              |                             |
| Nakłady na magazyn                            | 12 427 174 [zł]              | 14 990 822 [zł]              | 12 801 640 [zł]             |
| Nakłady w przeliczeniu na 1 miejsce paletowe  | 2 559,67 [zł/m.p.]           | 3087,71 [zł/m.p.]            | 2,636,79 [zł/m.p.]          |
| Roczne koszty eksploatacyjne                  | 6 923 824 [zł/rok]           | 7 191 018,46 [zł/rok]        | 6 399 924 [zł/rok]          |
| Miernik kosztów przejścia 1 jłp przez magazyn | 54,85 [zł/jłp]               | 56,97 [zł/jłp]               | 50,70 [zł/jłp]              |

Źródło: opracowanie własne.

W magazynie istniejącym dla wszystkich podstref była przyjęta klasa odporności ogniowej B. W podstrefach, gdzie składowane są przyprawy, sosy do potraw i urządzenia RTV i AGD, wartości gęstości obciążenia ogniowego przekraczały jednak dopuszczalne normy dla tej klasy. Zatem nie możemy brać pod uwagę istniejącego magazynu jako rozwiązania projektowego, nawet jeśli okazałyby się najkorzystniejsze pod względem ekonomicznym. Należy wybrać jeden wariant projektowy spośród dwóch wykonanych.

Zgodnie z tabelą 6, nakłady w drugim wariantcie są niższe o 2 189 182 zł (15%) w porównaniu z wariantem pierwszym. Jest to spowodowane tym, że wysokości podstrefy przypraw, sosów oraz urządzeń RTV i AGD zostały zmniejszone z 12 m do 7 m. Ograniczyło to znacznie koszty budowy. Cena budowy jednego metra kwadratowego hali w przypadku wysokości 12 m wynosiła około 1800 zł/m<sup>2</sup>, zaś 7 m – około 1400 zł/m<sup>2</sup>. Bardziej więc opłaca się budowa magazynu o większej powierzchni, ponieważ cena metra kwadratowego działki inwestycyjnej w Piastowie wynosi 274 zł/m<sup>2</sup>.

Mniejsze w wariantcie drugim są też nakłady na wyposażenie niemechaniczne. Porównując nakłady na miejsce paletowe w wariantcie drugim, występują oszczędności 450,92 zł na miejscu paletowym, w porównaniu z pierwszym wariantem. Mniejsze nakłady inwestycyjne na magazyn przekładają się pośrednio na roczne koszty eksploatacyjne, ponieważ koszty utrzymania elementów stałych i wyposażenia niemechanicznego są wartościami nakładów na te elementy, pomniejszych o odpowiednie wskaźniki.

Koszty przejścia jednej pjł przez magazyn w wariantcie drugim są o 6,27 zł tańsze, niż w przypadku wariantu pierwszego. Kubatura w drugim wariantcie została lepiej wykorzystana, ponieważ na jedno miejsce paletowe (m.p.) potrzeba 8,21 m<sup>3</sup>/m.p., czyli o 2 m<sup>3</sup>/m.p. mniej, niż w wariantcie projektowym pierwszym. Wskaźnik kosztów określa stopień mechanizacji i automatyzacji procesu przepływu ładunku. Zatem w wariantcie projektowym jest on o 0,01 lepszy, niż w przypadku wariantu pierwszego.

Analizując dane odnośnie bezpieczeństwa pożarowego zawarte w tabeli 7, można zauważyć, że zwiększając powierzchnię zmniejszają się wartości gęstości obciążenia ogniowego w danych strefach, a co za tym idzie – klasy odporności pożarowej oraz względny czas trwania pożaru (czas jest wyznaczany na podstawie wykresu zawartego w Normie Polskiej [1]). Łączy się to bezpośrednio z postacią wzoru na gęstość obciążenia ogniowego (wzór nr 1). Biorąc pod uwagę rodzaje ma-

teriałów, z których mają być wykonane elementy konstrukcji magazynu, będą one tańsze w porównaniu z zastosowanymi w wariantcie pierwszym. Nie muszą być wykonane z tworzywa odpornych na ogień w klasie A. W tym przypadku bardziej opłaca się powiększyć strefy niż klasy odporności pożarowej, bo generuje to mniejsze koszty w ogólnym rozrachunku. Można byłoby stwierdzić, że strefy o klasie odporności B są słabiej odporne na pożary. Jest to oczywiście prawdą, jednak rozkładając asortyment na większym obszarze ogień słabiej się rozprzestrzenia. Dodatkowo, stosując systemy oddymiające oraz systemy alarmujące o zaproszeniu ognia, różnice w elementach konstrukcji budynku mają mniejszy wpływ na rozwój pożaru. Widać to także porównując ich względne czasy trwania dla projektów magazynowych. W większych strefach gęstość obciążenia ogniowego jest mniejsza i – tym samym – czas pożaru skraca się. Dodatkowo, w tym konkretnym przypadku asortyment składowany w magazynie nie stanowi zagrożenia dla człowieka lub środowiska, gdyż nie jest substancją niebezpieczną. Tym bardziej, że występuje grupa napojów, których zawartość wody wynosi 60%, których nie uwzględniamy, ponieważ podczas wybuchu pożaru woda będzie dławić ogień. Biorąc pod uwagę bezpieczeństwo pożarowe, bardziej opłaca się zastosowanie wariantu projektowego drugiego.

Porównując, drugi wariant projektowy magazynu (cechujący się gorszym wykorzystaniem powierzchni, ale i brakiem kosztownych rozwiązań) okazał się być lepszy od wariantu pierwszego.

Tab. 7. Zestawienie danych o powierzchni, klasie odporności ogniowej i względnym czasie trwania pożaru w każdej ze strefy w wariantach projektowych układu logistycznego.

| Strefa        | WARIANT PIERWSZY                      |                            |                              |
|---------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|               | Powierzchnia strefy [m <sup>2</sup> ] | Klasa odporności pożarowej | Względny czas trwania pożaru |
| Napojów       | 1643,53                               | C                          | 1 h 30 min                   |
| Przypraw      | 642,54                                | A                          | 8 h                          |
| Sosów         | 640,93                                | A                          | 5 h 45 min                   |
| Urządzeń      | 1565,41                               | A                          | 6 h 55 min                   |
| WARIANT DRUGI |                                       |                            |                              |
| Napojów       | 1643,53                               | C                          | 1 h 30 min                   |
| Przypraw      | 932,58                                | B                          | 5 h 35 min                   |
| Sosów         | 647,46                                | B                          | 5 h 25 min                   |
| Urządzeń      | 2268                                  | B                          | 4 h 30 min                   |

Źródło: opracowanie własne.

## Streszczenie

W artykule omówiono metodę określania gęstości obciążenia ogniowego, będącego ważnym parametrem budynku magazynowego, o istotnym znaczeniu dla przebiegu projektowania ww. budynku. Przedstawiono przykład obliczenia gęstości ogniowej. Następnie omówiono przypadek przedsiębiorstwa, rozważającego w swojej strategii rozwoju zmianę lokalizacji magazynu. Przedstawiono syntetyczne wyniki rozważań, obejmujących następujące warianty zmiany lokalizacji: 1) odtworzenie istniejącego magazynu bez analizy obciążenia ogniowego; 2) odtworzenie magazynu w istniejącym układzie przestrzennym w wykonaniu ze zwiększoną odpornością ogniową; 3) odtworzenie magazynu w układzie przestrzennym zapewniającym większą odporność ogniową.

**Słowa kluczowe:** odporność ogniowa budynku magazynowego, projektowanie magazynu dystrybucyjnego

## Warehouse design considering the density of the fire load - case study

### Abstract

In the paper fire load density, a crucial parameter of a warehouse, which is important during the design process of a previously mentioned building has been described. An example of calculation of the fire load density has been presented. Next, a case of a company considering a change of the warehouse location in their development strategy has been discussed. A synthetic results of the discussion have been presented, they consider following variants of possible location change: 1) recreation of the existing warehouse without analysis of the fire load density; 2) recreation of the warehouse in the current spatial layout in realization with higher fire load density; 3) recreation of the warehouse in the spatial layout providing higher fire load density.

**Keywords:** fire load density in a warehouse, distribution warehouse design.

### LITERATURA/BIBLIOGRAPHY

- [1] Polski Komitet Normalizacyjny, Polska Norma, PN-B-02852:2001, *Ochrona przeciwpożarowa budynków - Obliczanie gęstości obciążenia ogniowego oraz wyznaczenie względnego czasu trwania pożaru*, 05.04.2001r.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, dział VI – Bezpieczeństwo pożarowe, rozdział 2 - *Odporność pożarowa budynków*, rozdział 3 – *Strefy pożarowe i oddzielenie przeciwpożarowe*.
- [3] Frankowski W., Zalewski B., *Skrypt inspektora ochrony przeciwpożarowej*. Wydawca: Ośrodek Techniki Pożarnictwa. Warszawa, 2014.