

# Wyburzenia obiektów budowlanych w obliczu współczesnych wyzwań



Roboty wyburzeniowe wymagają precyzyjnego planowania i odpowiednich analiz, które uwzględniają różnorodne zagrożenia i ograniczenia wynikające z konstrukcji nośnej budynku oraz jego lokalizacji.



**dr inż. Łukasz Zawiślak**

Politechnika Wrocławska,  
IMC Projekt sp. z o.o.,  
ORCID:  
0000-0003-2828-5899



**dr inż. Marcin Szyszka**

Politechnika Wrocławska,  
IMC Projekt sp. z o.o.,  
ORCID:  
0009-0006-2961-8703



**dr inż. Leopold Kruska**

Wojskowa Akademia  
Techniczna,  
ORCID:  
0000-0001-5129-2531

**W**yburzenia obiektów budowlanych są nieodłącznym elementem rewitalizacji miejskiej, mającym na celu przekształcenie zdegradowanych lub nieużytecznych przestrzeni w nowoczesne i funkcjonalne obszary. Proces ten wspiera planowanie urbanistyczne, pozwalając dostosować tereny do aktualnych potrzeb społecznych oraz infrastrukturalnych. Przeprowadzenie wyburzeń wiąże się jednak z licznymi wyzwaniami technicznymi i środowiskowymi, które wymagają precyzyjnego planowania, wdrożenia nowoczesnych technologii oraz ścisłego przestrzegania norm bezpieczeństwa.

Wyburzenia w dużych miastach często obejmują budynki o wysokim stopniu zużycia technicznego, które mogą stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa lub nie spełniają obecnych standardów użytkowych. Kompleksowe podejście do wyburzeń wymaga zgodności z przepisami prawnymi, ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko i uwzględnienia interesów lokalnych społeczności. Kluczowym elementem jest minimalizacja wpływu na otoczenie poprzez precyzyjny dobór metod budowlanych oraz wykorzystanie nowoczesnych technologii wyburzeniowych, które zwiększają efektywność i bezpieczeństwo realizowanych prac.

## Wyzwania związane z wyburzeniami:

- **zarządzanie odpadami budowlanymi** – priorytetem jest recykling materiałów, takich jak beton, stal i drewno, co redukuje ilość odpadów oraz wspiera gospodarkę cyrkularną;
- **zanieczyszczenie powietrza** – proces wyburzeń generuje pyły, które mogą negatywnie wpływać na jakość powietrza. Skutecznymi metodami ograniczania emisji są stosowanie kurtyn wodnych i systemów zraszania;
- **hałas i wibracje** – działania wyburzeniowe mogą zakłócać komfort życia mieszkańców i stanowić zagrożenie dla pobliskich budynków. Konieczne jest

stosowanie środków, które minimalizują te negatywne skutki.

W odpowiedzi na te wyzwania rozwijają się innowacyjne technologie, które pozwalają na precyzyjniejsze i mniej inwazyjne wyburzenia:

- **roboty wyburzeniowe** – zdalnie sterowane maszyny, które mogą operować w trudno dostępnych i niebezpiecznych miejscach, zwiększając bezpieczeństwo robót i minimalizując ryzyko wypadków;
- **metody selektywne** – pozwalają na demontaż budynku z odzyskiem cennych materiałów, wspierając efektywny recykling i zrównoważone podejście do rozbiórki;
- **technologie redukujące emisję pyłów** – stosowanie urządzeń do zraszania i systemów filtracji powietrza, co ogranicza rozprzestrzenianie się pyłu na terenie budowy.

Efektywność wyburzeń oraz ich przeprowadzenie w sposób minimalizujący negatywne skutki dla środowiska i społeczności lokalnych zależą od precyzyjnego planowania i współpracy między inwestorami, wykonawcami oraz władzami lokalnymi. Dążenie do zrównoważonego rozwoju wymaga integracji nowoczesnych metod wyburzeń z odpowiedzialnym zarządzaniem odpadami. Dzięki zaawansowanym technologiom, takim jak robotyka i metody selektywne, możliwe jest ograniczenie szkodliwego wpływu na środowisko, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa i efektywności robót wyburzeniowych.

## TECHNIKI WYBURZENIOWE I ICH ZASTOSOWANIE

Proces wyburzania obiektów budowlanych, w tym budynków, jest złożonym przedsięwzięciem, które wymaga precyzyjnego planowania oraz dostosowania metod do specyfiki obiektu i jego lokalizacji. Wybór odpowiedniej techniki wyburzeniowej uzależniony jest od struktury budynku, otoczenia oraz wymogów dotyczących bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Głównym celem jest przeprowadzenie wyburzenia w sposób efektywny, minimalizujący wpływ na środowisko i społeczność lokalną [1, 2].

Metody wyburzeniowe można podzielić na techniki konwencjonalne i niekonwencjonalne [2].

### 1. Wyburzenia konwencjonalne

W konwencjonalnych metodach rozbiórki roboty przeprowadza się zazwyczaj od góry do dołu, zaczynając od dachu i schodząc w kierunku fundamentów. Typowe techniki obejmują zastosowanie ciężkiego sprzętu, takiego jak młoty pneumatyczne, dźwigi, buldożery czy kruszarki. Są one szeroko stosowane ze względu na swoją niezawodność i wszechstronność, umożliwiając przeprowadzenie robót zarówno w obszarach miejskich, jak i na otwartych terenach.

#### Zalety konwencjonalnych metod wyburzeniowych:

- **precyzyjna kontrola procesu** – umożliwia stopniowe usuwanie elementów konstrukcyjnych, co minimalizuje ryzyko uszkodzeń sąsiednich budynków [1];
- **niższe koszty operacyjne** – w porównaniu z bardziej zaawansowanymi technologiami są stosunkowo tańsze [3];
- **łatwość zastosowania** – prostsze procedury inżynierskie wymagają mniej skomplikowanych obliczeń [2].

#### Wady metod konwencjonalnych:

- **hałas i pył** – generowane zanieczyszczenia mogą negatywnie wpływać na zdrowie mieszkańców i stan środowiska [4];
- **dłuższy czas realizacji** – może prowadzić do zwiększenia kosztów całkowitych przedsięwzięcia budowlanego [1];
- **potencjalne wibracje** – mogą wpływać na stabilność konstrukcji nośnych sąsiednich budynków, co wymaga stosowania dodatkowych środków ochronnych [3].

### 1.1. Wyburzenia mechaniczne

Wyburzenia mechaniczne polegają na zastosowaniu specjalistycznego sprzętu, takiego jak koparki wyposażone w młoty hydrauliczne i nożyce do cięcia stali oraz betonu. Metoda ta umożliwia precyzyjne prowadzenie prac, co jest istotne w gęsto zabudowanych obszarach miejskich.

#### Zastosowanie:

- **budynki o średniej wysokości** – umożliwiają łatwe operowanie maszynami na ograniczonej przestrzeni [2],

- **konstrukcje stalowe** – nożyce hydrauliczne zapewniają szybkie i efektywne cięcie konstrukcji metalowych [3].

### 1.2. Rozbiórki ręczne

Metoda stosowana w miejscach, gdzie użycie ciężkiego sprzętu jest niemożliwe, np. w przypadku zabytków lub trudno dostępnych obiektów. Umożliwia odzyskiwanie cennych materiałów budowlanych, co wspiera recykling i zrównoważony rozwój.

#### Zalety:

- **precyzja** – umożliwia selektywne usuwanie elementów konstrukcyjnych bez ryzyka uszkodzeń sąsiednich budynków [4],
- **recykling** – odzyskiwanie i ponowne wykorzystanie materiałów jest bardziej efektywne [3].

### 1.3. Metody specjalistyczne

W przypadkach wymagających wyjątkowej precyzji stosowane są zaawansowane techniki, takie jak:

- **cięcie diamentowe** – wykorzystywane do precyzyjnego odcinania elementów konstrukcji bez generowania wibracji; jest to kluczowe przy pracach blisko wrażliwych obiektów, takich jak szpitale [3];
- **roboty wyburzeniowe** – zdalnie sterowane maszyny pozwalają na prowadzenie rozbiórek w trudno dostępnych lub niebezpiecznych miejscach, zwiększając bezpieczeństwo pracowników (np. w strefach wysokiego promieniowania).

### 2. Wyburzenia niekonwencjonalne

Wyburzenia niekonwencjonalne z użyciem materiałów wybuchowych to zaawansowana technika, stosowana do precyzyjnego niszczenia kluczowych elementów konstrukcji budynków. Proces wybuchu, będący gwałtowną reakcją chemiczną, uwalnia dużą ilość energii w formie ciepła i gazów, co prowadzi do nagłego wzrostu ciśnienia. Dzięki tej specyfice wyburzenia wybuchowe umożliwiają szybkie i efektywne przeprowadzenie rozbiórki, która w innych warunkach mogłaby trwać o wiele dłużej. Mimo krótkotrwałości samej detonacji etap przygotowawczy wymaga szczegółowego planowania oraz starannych działań projektowych i organizacyjnych [5].

Podstawą efektywności wyburzeń wybuchowych jest precyzyjne zaplanowanie, które pozwala kontrolować zawalenie się obiektu i minimalizować negatywne skutki dla otoczenia. Ta metoda jest szczególnie użyteczna przy rozbiórce dużych oraz złożonych konstrukcji, gdzie inne techniki mogą okazać się mniej skuteczne lub bardziej czasochłonne. Istotne znaczenie ma także przestrzeganie rygorystycznych norm bezpieczeństwa, które zapewniają sprawne przeprowadzenie operacji oraz ochronę ludzi i pobliskiej infrastruktury.

## Przykłady zastosowania:

- **rozbiórki budynków wysokich** – technika ta jest często stosowana w centrach miast w celu szybkiego usunięcia wieżowców i wysokich budynków. Dzięki zastosowaniu materiałów wybuchowych można znacząco skrócić czas prac rozbiórkowych, co jest kluczowe dla przygotowania terenu pod nowe inwestycje,

- **mosty i infrastruktura** – wyburzenia wybuchowe są niezastąpione, gdy wymagane jest szczegółowe zaplanowanie i przeprowadzenie symulacji wpływu na otoczenie. Takie podejście pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa sąsiednich konstrukcji oraz infrastruktury krytycznej.

Zastosowanie materiałów wybuchowych oferuje szybkość i efektywność, ale wiąże się z zagrożeniami, takimi jak wibracje, rozrzut odłamków oraz emisja pyłów i hałasu. Kluczowe jest staranne pla-

nowanie i wdrożenie odpowiednich środków ochronnych, aby zminimalizować ryzyko oraz negatywny wpływ na otoczenie.

## PODSTAWY FORMALNO-PRAWNE ROZBIÓREK BUDYNKÓW

Proces rozbiórki budynków w Polsce jest ściśle regulowany przepisami prawnymi, które mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa, ochrony środowiska oraz zgodności z zasadami zrównoważonego rozwoju. Podstawowym aktem prawnym, który reguluje tę kwestię, jest Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [6]. Akt ten określa ogólne zasady prowadzenia robót budowlanych, w tym rozbiórek, nakładając na inwestorów obowiązki związane z uzyskaniem stosownych zezwoleń oraz przestrzeganiem standardów bezpieczeństwa robót wyburzeniowych.

### Wymogi prawne dotyczące rozbiórek

Zgodnie z art. 28 Prawa budowlanego [6] roboty budowlane mogą być rozpoczęte tylko na podstawie decyzji o pozwoleniu na budowę, chyba że przepisy przewidują inaczej. W przypadku rozbiórek art. 31 ust. 1 podaje, że większość prac wymaga uzyskania pozwolenia, z wyjątkiem określonych przypadków, np. gdy budynki są niższe niż 8 m, a odległość od granicy działki wynosi co najmniej połowę ich wysokości. W takich sytuacjach wystarczy zgłoszenie rozbiórki odpowiedniemu organowi administracji architektoniczno-

-budowlanej, które musi zawierać szczegółowe informacje dotyczące rodzaju, zakresu oraz sposobu wykonywania tych robót.

## Ochrona środowiska i gospodarka odpadami

Oprócz wymogów związanych z samym procesem rozbiórki przepisy polskiego prawa kładą nacisk na ochronę środowiska. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [7] zobowiązuje inwestorów do odpowiedniego zarządzania odpadami powstałymi w wyniku rozbiórki. Obejmuje to segregację materiałów oraz ich przekazanie do odpowiednich instalacji przetwarzania odpadów, co ma na celu minimalizację negatywnego wpływu na środowisko i wspiera gospodarkę cyrkularną.

### Wyburzenia a obiekty zabytkowe

W przypadku obiektów wpisanych do rejestru zabytków konieczne jest uzyskanie zgody wojewódzkiego konserwatora zabytków, zgodnie z Ustawą z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami [9]. Ma to na celu ochronę dziedzictwa kulturowego i uniknięcie zniszczenia obiektów o znaczeniu historycznym.

### 1. Międzynarodowe podejście do regulacji wyburzeń

Regulacje dotyczące rozbiórek budynków różnią się w zależności od kraju. W Unii Europejskiej wyburzenia są regulowane przez krajowe przepisy poszczególnych państw członkowskich, ale także przez dyrektywy unijne, takie jak Dyrektywa 2010/31/UE odnosząca się do charakterystyki energetycznej budynków [9], która określa wymogi dotyczące energooszczędności i ochrony środowiska podczas robót budowlanych i rozbiórkowych. Dyrektywa 2008/98/EC o odpadach [10] (ang. Waste Framework Directive) ma również kluczowe znaczenie, ponieważ nakłada obowiązki związane z recyklingiem odpadów budowlanych.

W Stanach Zjednoczonych regulacje różnią się między stanami, ale ogólne zasady są określone przez instytucje federalne, takie jak United States Environmental Protection Agency (EPA). Standardy EPA



dotyczą ochrony środowiska i minimalizacji wpływu wyburzeń na otoczenie, a także bezpieczeństwa pracowników. Często nacisk kładziony jest na efektywność kosztową i szybkość realizacji, co odróżnia podejście amerykańskie od europejskiego, gdzie większe znaczenie mają kwestie środowiskowe oraz społeczne.

## 2. Porównanie podejścia w Polsce, Europie i USA

Podstawowe różnice w podejściu do regulacji prawnych wyburzeń pomiędzy Polską, innymi krajami europejskimi a Stanami Zjednoczonymi wynikają z różnych priorytetów. W Polsce oraz UE przepisy często koncentrują się na zrównoważonym rozwoju i ochronie środowiska, wymagając m.in. odpowiedniego postępowania z odpadami oraz minimalizowania emisji zanieczyszczeń. W USA natomiast podejście jest bardziej pragmatyczne i skoncentrowane na efektywności oraz optymalizacji kosztów, co może skutkować szybszymi, ale mniej rygorystycznymi procesami [3].

## PROCES FORMALNY ROBÓT ROZBIÓRKOWYCH WYKONYWANYCH METODĄ WYBUCHOWĄ

Realizacja robót wykonywanych metodą wybuchową związanych z rozbiórką budynków jest regulowana wieloma przepisami, które mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa, ochronę zdrowia i minimalizację negatywnego wpływu na środowisko oraz otoczenie. Kluczowym dokumentem jest **Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie rozbiórek obiektów budowlanych wykonywanych metodą wybuchową** [11].

### 1. Regulacje prawne i definicje

W kontekście prawnym, zgodnie z **art. 72 ust. 2 ustawy – Prawo budowlane** [6], wszelkie kwestie dotyczące zasad przeprowadzania rozbiórek z użyciem materiałów wybuchowych delegowane są do przepisów ministra odpowiedzialnego za budownictwo. Zgodnie z rozporządzeniem pojęcie **roboty strzałowe** odnosi się do wszelkich robót budowlanych, podczas których zastosowano materiały wybuchowe w celu zburzenia konstrukcji nośnej obiektu.

Kierowanie takimi robotami i ich organizacja przypadają **kierownikowi robót strzałowych**, który powinien posiadać odpowiednie uprawnienia budowlane zgodne z art. 42 ust. 4 ustawy [6] oraz członkostwo w izbie samorządu zawodowego w budownictwie.

### 2. Zasady planowania i projektowania robót strzałowych

Planowanie robót rozbiórkowych metodą wybuchową wymaga dokładnego rozważenia potencjalnych zagrożeń związanych z detonacją ładunków. Proces ten [11] obejmuje analizę i przewidywanie takich zjawisk fizycznych jak:

- **fale nadciśnienia** – gwałtowne wzrosty ciśnienia mogące prowadzić do uszkodzeń i zniszczeń w sąsiedztwie wybuchu,
- **drżenia parasejsmiczne** – wibracje podłoża gruntowego wpływające negatywnie na stabilność sąsiednich konstrukcji nośnych,
- **rozrzut odłamków** – nieprzewidywalne przemieszczanie się fragmentów wyburzanego obiektu, które może zagrażać pobliskiej infrastrukturze,
- **upadek obiektu** – upadek konstrukcji nośnej wymaga precyzyjnego określenia kierunku i zasięgu, aby uniknąć niekontrolowanych szkód w otoczeniu terenu rozbiórki,
- **zapylenie** – emisja pyłu wpływająca na jakość powietrza oraz zdrowie ludzi w okolicy terenu rozbiórki,
- **oddziaływanie toksyczne i termiczne** – możliwe uwalnianie szkodliwych substancji i wzrost temperatury podczas eksplozji materiałów wybuchowych.

Z uwagi na te zagrożenia kluczowe jest precyzyjne wyznaczenie stref zagrożenia [11] w celu ochrony ludzi i pobliskiej infrastruktury. Wyróżnia się:

- **strefę zagrożenia dla ludzi** – obszar, gdzie istnieje ryzyko dla zdrowia lub życia osób,
- **strefę zagrożenia dla obiektów budowlanych** – teren, gdzie mogą wystąpić uszkodzenia konstrukcji.

Typy stref zagrożenia obejmują:

- **strefę zagrożenia falą parasejsmiczną** – obszar, gdzie drżenia podłoża gruntowego mogą uszkadzać pobliskie obiekty budowlane,

- **strefę zagrożenia powietrzną falą nadciśnienia** – tam, gdzie nadciśnienie powietrza stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi i pobliskich obiektów budowlanych;

- **strefę zagrożenia rozrzutem odłamków** – wyznaczaną na podstawie maksymalnego zasięgu fragmentów wyburzanego obiektu budowlanego;

- **strefę bezpośredniego zagrożenia powaleniem obiektu** – obszar upadku konstrukcji nośnej wyburzanego obiektu, również w kierunkach nieplanowanych.

Staranne rozpoznanie i zabezpieczenie tych stref w procesie planowania robót strzałowych jest niezbędne, aby zagwarantować bezpieczeństwo ludzi oraz ochronę sąsiadującej infrastruktury.

### 3. Dokumentacja i metryka strzałowa

Dokumentacja strzałowa [11] jest kluczowym elementem przygotowania do robót wyburzeniowych metodą wybuchową. Zawiera szczegółowe informacje o procesie wyburzeniowym, niezbędne do przeprowadzenia robót w sposób bezpieczny i zgodny z przepisami. Dokumentacja ta obejmuje:

- **opis techniczny wyburzanego obiektu** – informacje niezbędne do dokładnego zaplanowania robót wyburzeniowych metodą wybuchową;
- **sposób wykonania robót wyburzeniowych metodą wybuchową** – procedury wraz z obliczeniami statycznymi i wytrzymałościowymi, które są wymagane do realizacji wyburzenia;
- **rodzaje zagrożeń i ich wpływ** – analiza potencjalnych zagrożeń dla ludzi oraz pobliskich obiektów budowlanych, a także sposoby ich minimalizacji;
- **warunki prowadzenia robót** – rodzaje środków wybuchowych i sposoby ich użycia;
- **rozmiary i masę brył gruzu** – określenie wielkości fragmentów pozostałych po detonacji ładunków wybuchowych, co pozwala na lepsze zaplanowanie uporządkowania terenu rozbiórki po wyburzeniu;
- **warunki bezpieczeństwa** – zasady i środki, które należy wdrożyć, aby zapewnić bezpieczne wykonanie robót wyburzeniowych.

Dodatkowo metryka strzałowa [11] jako część dokumentacji zawiera dane techniczne niezbędne do realizacji wyburzeń, takie jak:

- **schemat rozmieszczenia ładunków wybuchowych** – układ i sposób połączeń ładunków w sieci strzałowej,
- **liczba i typ zapalników** – szczegóły dotyczące liczby i rodzajów zapalników stosowanych w detonacji,
- **systemy ostrzegawcze** – procedury sygnalizacji przed rozpoczęciem rozbiórki metodą wybuchową,
- **miejsce przechowywania materiałów wybuchowych** – lokalizacja oraz zasady ich składowania.

Projektant dokumentacji musi posiadać odpowiednie uprawnienia budowlane w specjalności inżynierskiej wyburzeniowej i być członkiem izby samorządu zawodowego inżynierów budownictwa. W przypadku obiektów wymagających projektu budowlanego dokumentacja strzałowa podlega sprawdzeniu przez projektanta z powyższymi uprawnieniami. Natomiast roboty wybuchowe, które nie wymagają pozwolenia na rozbiórkę, mogą być wykonywane wyłącznie na podstawie metryki strzałowej.

## 4. Bezpieczeństwo i środki ochronne

W celu zapewnienia bezpiecznego przebiegu robót wyburzeniowych z użyciem materiałów wybuchowych konieczne jest wdrożenie środków ochronnych takich jak:

- ewakuacja i zabezpieczenie terenu rozbiórki – ograniczenie dostępu do terenu robót rozbiórkowych oraz przeprowadzenie ewakuacji w razie konieczności;
- zabezpieczenia przeciwwstrząsowe – instalowanie wałów ochronnych i osłon,

które mają na celu redukcję wibracji w otoczeniu miejsca detonacji ładunków materiałów wybuchowych;

- **środki przeciw rozrzutowi odłamków** – użycie siatek ochronnych, rowów lub poduszek amortyzacyjnych, aby zminimalizować zasięg odłamków.

Przestrzeganie wytycznych dotyczących procedur bezpieczeństwa jest obowiązkowe dla wykonawców. Naruszenie tych wytycznych może prowadzić do odpowiedzialności prawnej, w tym karnej, cywilnej, zawodowej i administracyjnej.

## 5. Obowiązki inwestora

Inwestor odgrywa istotną rolę w przygotowaniu robót strzałowych i nadzorze nad nimi. Do jego obowiązków należy przede wszystkim pisemne zawiadomienie odpowiednich instytucji o terminie planowanego rozpoczęcia prac co najmniej 7 dni wcześniej.

Zawiadomienie powinno być skierowane do:

- powiatowego lub wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego – szczególnie jeśli roboty będą prowadzone na terenie zamkniętym;
- komendanta policji odpowiedniego dla miejsca rozbiórki – aby zapewnić kontrolę nad bezpieczeństwem publicznym;
- komendanta Państwowej Straży Pożarnej – z uwagi na ewentualne zagrożenia pożarowe;
- komendanta straży miejskiej lub gminnej – jeśli jest wymagane w danym obszarze;
- właścicieli lub zarządców sąsiednich nieruchomości – aby poinformować ich o potencjalnym zagrożeniu związanym z prowadzonymi robotami wyburzeniowymi;

- projektanta odpowiedzialnego za dokumentację strzałową – w celu odpowiedniej koordynacji działań i potwierdzenia zgodności dokumentacji z planem robót wyburzeniowych.

## 6. Rola projektanta w procesie robót strzałowych

Projektowanie dokumentacji strzałowej to niezwykle skomplikowany proces, który wymaga zaawansowanej wiedzy w zakresie inżynierii wyburzeniowej oraz posiadania odpowiednich uprawnień przez projektanta. Zgodnie z art. 20 ustawy – Prawo budowlane [6] dokumentacja ta, w tym szczegółowa metryka strzałowa, musi zostać poddana ocenie przez projektanta sprawdzającego. Po zakończeniu robót jest ona kluczowym elementem dokumentacji powykonawczej, niezbędnej do formalnego zamknięcia procesu wyburzenia.

Projektant jest zobowiązany nie tylko do stworzenia dokumentacji [11], ale także do przewidzenia i zniwelowania potencjalnych zagrożeń wynikających z detonacji ładunków wybuchowych. W tym celu niezbędne są złożone analizy obejmujące:

- **szczególłowatę ocenę statyczną konstrukcji nośnej** – polegającą na analizie archiwalnej dokumentacji technicznej, eksploatacyjnej oraz użytkowej, co pozwala zidentyfikować słabe punkty konstrukcji i określić, jak wpłyną na nią siły powstałe podczas detonacji;
- **wizję lokalną i inwentaryzację budowlaną** – wymagające skrupulatnego przeanalizowania każdego elementu konstrukcji na miejscu, co umożliwia dostosowanie projektu do rzeczywistych warunków; zadanie to jest niezwykle czasochłonne i wymaga dużej precyzji.



Fot. © 2rozan – stock.adobe.com

Projektowanie wyburzeń jest dodatkowo skomplikowane przez potrzebę przeprowadzania zaawansowanych badań terenowych (in situ) oraz precyzyjnych obliczeń numerycznych. Analizy numeryczne są kluczowe dla symulacji różnych scenariuszy rozbiórki – pozwalają przewidzieć reakcje konstrukcji na detonację i określić optymalne rozmieszczenie ładunków wybuchowych. Każdy błąd może prowadzić do destabilizacji reszty konstrukcji nośnej, co stanowi ogromne ryzyko katastrofy budowlanej.

Przy projektowaniu rozbiórek, zwłaszcza tych obejmujących część obiektu lub pojedyncze elementy konstrukcyjne, projektant musi zadbać, by proces wyburzenia nie naruszał stabilności i nośności pozostałych części budynku. Często stosowane techniki to:

- powalenie całej konstrukcji w kontrolowany sposób – polegające na strategicznym rozmieszczeniu ładunków, aby budynek złożył się w zamierzonym kierunku;
- demontaż pojedynczych elementów – co umożliwia bezpieczne usunięcie wybranych części konstrukcji nośnej bez uszkodzenia pozostałej struktury.

Planowanie robót wyburzeniowych metodą wybuchową wymaga dokładnych analiz kinematycznych, aby zaplanowany wybuch skutecznie zniszczył konstrukcję nośną w sposób kontrolowany, nie zagrażając otoczeniu. Analiza ta obejmuje złożone obliczenia statyczne i dynamiczne, a także precyzyjne określenie masy i siły ładunków wybuchowych, co często bazuje na wyspecjalizowanych wytycznych.

Dzięki zaawansowanym analizom i symulacjom numerycznym projektant jest w stanie przewidzieć skutki detonacji, zapewniając najwyższe standardy bezpieczeństwa i minimalizując wpływ wyburzenia na otoczenie terenu rozbiórki. Wymagana precyzja oraz zaawansowanie procesu sprawiają, że każda decyzja projektowa musi być starannie przemyślana i oparta na wieloaspektowych danych, co jest kluczowe dla zgodności z przepisami oraz sukcesu całego przedsięwzięcia.

## 7. Zadania kierownika robót strzałowych

Kierownik robót strzałowych [11] odpowiada za organizację oraz bezpośredni nadzór nad pracami wyburzeniowymi z użyciem materiałów wybuchowych. Do jego podstawowych obowiązków należy:

- przeprowadzenie przeglądu dokumentacji strzałowej i potwierdzenie jej zgodności z wymaganiami poprzez podpis;
- zarządzanie realizacją robót zgodnie z dokumentacją, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa na terenie rozbiórki;
- zgłaszanie wniosków o wstrzymanie robót lub zmianę planu wyburzenia, jeśli wystąpi taka konieczność z uwagi na warunki bezpieczeństwa;
- koordynacja działań z innymi członkami zespołu, w tym z kierownikiem budowy i inwestorem, w zakresie ochrony terenu rozbiórki;
- nadzór nad pracownikami, w tym wydawanie poleceń wszystkim pracownikom zaangażowanym w prace strzałowe;
- zapewnienie przestrzegania procedur bezpieczeństwa poprzez monitorowanie odłączenia instalacji w wyburzanym obiekcie oraz odizolowanie strefy zagrożenia.

Kierownik robót strzałowych jest także odpowiedzialny za bezpośredni nadzór nad osobami wykonującymi prace strzałowe, kontrolę miejsca po zakończeniu detonacji ładunków materiałów wybuchowych oraz zgłoszenie zakończenia robót wyburzeniowych inwestorowi. Wpisy w dzienniku rozbiórki lub w metryce strzałowej stanowią formalne potwierdzenie realizacji robót wyburzeniowych zgodnie z planem oraz braku niewypachów lub niewypałów.

## PODSUMOWANIE

Proces wyburzeń budynków odgrywa istotną rolę w rewitalizacji przestrzeni miejskich, przekształcając zdegradowane obszary w nowoczesne, funkcjonalne tereny. Ze względu na złożoność techniczną oraz wpływ na otoczenie budowlane roboty wyburzeniowe wymagają precyzyjnego planowania i odpowiednich analiz, które uwzględniają różnorodne zagrożenia i ograniczenia wynikające z konstrukcji nośnej oraz lokalizacji obiektu.

Roboty strzałowe, jako jedna z najbardziej efektywnych metod wyburzeń, są stosowane w przypadkach dużych i złożonych konstrukcji budowlanych. Technika ta, choć skuteczna, wymaga jednak kompleksowych obliczeń, szczegółowego opracowania dokumentacji oraz zaawansowanych symulacji numerycznych. Projektant odpowiedzialny za dokumentację powinien precyzyjnie określić masę ładunków materiałów wybuchowych i rozmieszczenie stref bezpieczeństwa, by zapewnić pełną kontrolę nad przebiegiem wyburzenia i maksymalne bezpieczeństwo dla ludzi oraz infrastruktury.

Skuteczne zarządzanie wyburzeniami budynków wymaga interdyscyplinarnego podejścia, które łączy nowoczesne technologie, szczegółowe planowanie i przestrzeganie przepisów prawnych. Dzięki temu wyburzenia nie tylko wspierają rewitalizację miast, ale także umożliwiają zachowanie wysokich standardów zrównoważonego rozwoju oraz ochrony środowiska, sprzyjając powstawaniu bezpiecznych i ekologicznych przestrzeni miejskich. ■

## Literatura

1. S. Bano, *Demolition of Building*, Integral University, 2019.
2. J. Pitroda, J.J. Bhavsar, *Demolition: Methods and Comparison*, Birla Vishvakarma Mahavidyalaya Engineering College (conference paper), 2015.
3. B. Garaliu, C. Jitea, R. Laszlo, A. Nicola, L. Miklos, *Design and Execution of Demolition Works by Blasting of Industrial Constructions – Technical and Safety Aspects*, 2022.
4. OSHA, *Demolition Standards*, U.S. Department of Labor (<https://www.osha.gov/demolition/standards>).
5. R. Rekucki, R. Krzewiński, *Roboty budowlane przy użyciu materiałów wybuchowych*, Polcen sp. z o.o., Warszawa 2005.
6. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 725 ze zm.).
7. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (t.j. Dz.U. z 2023 r. poz. 1587 ze zm.).
8. Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 1292 ze zm.).
9. Dyrektywa 2010/31/UE dotycząca charakterystyki energetycznej budynków.
10. Dyrektywa 2008/98/EC o odpadach.
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie rozbiórek obiektów budowlanych wykonywanych metodą wybuchową (Dz.U. z 2003 r. nr 120, poz. 1135 ze zm.).