

Interaktywne technologie cyfrowe w edukacji pracowników: zastosowanie sztucznej inteligencji (AI) i wirtualnej rzeczywistości (VR) w szkoleniach BHP

Data wpłynięcia do Redakcji: 06/2026
Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 07/2026

2026, volume 15, issue 1, pp. 92-101

Grażyna Płaza, Patrycja Kabiesz
Politechnika Śląska, Poland



Streszczenie: Dynamiczny rozwój technologii cyfrowych wpływa na niemal wszystkie obszary funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw, w tym również na procesy edukacji i doskonalenia zawodowego pracowników. Szczególne znaczenie obserwuje się w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP), gdzie skuteczność szkoleń bezpośrednio wpływa na poziom bezpieczeństwa pracowników oraz ograniczenie liczby wypadków w pracy. Tradycyjne formy szkoleń BHP, oparte głównie na wykładach i materiałach tekstowych, coraz częściej okazują się niewystarczające wobec rosnącej złożoności środowiska pracy oraz potrzeb współczesnych organizacji. W odpowiedzi na te wyzwania przedsiębiorstwa wdrażają nowoczesne technologie, takie jak sztuczna inteligencja (AI) oraz wirtualna rzeczywistość (VR), umożliwiające tworzenie bardziej angażujących, interaktywnych i skutecznych form edukacji pracowników. Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji i technologii wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP oraz analiza korzyści i wyzwań związanych z implementacją tych rozwiązań w środowisku pracy.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo i higiena pracy, szkolenia pracownicze, sztuczna inteligencja (AI), wirtualna rzeczywistość (VR)

WSTĘP

Strategiczne ramy Komisji Europejskiej dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy na lata 2021–2027 wyznaczają kluczowe priorytety i działania mające na celu poprawę zdrowia, bezpieczeństwa, dobrostanu oraz produktywności pracowników, przy jednoczesnych zmianach gospodarczych, demograficznych oraz w organizacji pracy (Komisja Europejska, 2021). Nowa strategia koncentruje się wokół trzech nadrzędnych celów: (1) przewidywania i zarządzania zmianami w kontekście transformacji ekologicznej, cyfrowej i demograficznej, (2) podnoszenia efektywności profilaktyki zagrożeń zawodowych w szczególności wypadków przy pracy i chorób zawodowych oraz (3) urzeczywistniania idei „Vision Zero”, mającej na celu całkowite wyeliminowanie ofiar śmiertelnych w środowisku pracy (Ramos i in., 2022).

Biorąc to pod uwagę, współczesne przedsiębiorstwa, dążące nie tylko do ochrony, ale również do promowania zdrowia fizycznego i psychicznego swoich pracowników, powinny przyjąć kompleksowe podejście do bezpieczeństwa i

higieny pracy (BHP). Oznacza to, że oprócz działań systemowych (takich jak wdrażanie, utrzymywanie i ciągłe doskonalenie systemu zarządzania BHP), należy podejmować również działania ukierunkowane na bezpieczeństwo techniczne (zabezpieczanie maszyn, urządzeń i stanowisk pracy), jak również bezpieczeństwo behawioralne (ang. behavioural-based safety). Działania te powinny mieć przede wszystkim charakter zapobiegawczy i proaktywny, aby przeciwdziałać zagrożeniom, urazom oraz problemom zdrowotnym związanym z pracą (Pandey i in., 2023).

Skuteczność systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy zależy od wielu czynników. Jednym z nich są efektywne szkolenia BHP. Stanowią one istotny element hierarchii środków zapobiegawczych i można je określić jako zbiór działań podejmowanych w celu zaangażowania uczestników szkolenia oraz wpływania na ich motywację, zachowania i postawy, aby poprawić bezpieczeństwo i zdrowie pracowników. Szkolenia z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy stanowią obowiązkowy element przygotowania pracowników do wykonywania obowiązków zawodowych. Ich głównym celem jest zapoznanie pracowników z zagrożeniami występującymi na stanowisku pracy oraz metodami minimalizacji ryzyka zawodowego.

Inne cele szkoleń BHP, to m.in.:

1. Dostarczenie pracownikom niezbędnej wiedzy i świadomości pozwalające identyfikować potencjalne zagrożenia w miejscu pracy;
2. Kształtowanie sposobu myślenia, który umożliwia świadomą ocenę sytuacji pod kątem możliwego ryzyka i zagrożeń;
3. Przekazywanie wiedzy proceduralnej, dzięki której pracownicy potrafią właściwie reagować oraz unikać pracy w niebezpiecznych warunkach (EU-OSHA, 2020).

Szkolenia, jako kluczowy element systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, powinny podlegać ciągłemu doskonaleniu pod względem użyteczności, adekwatności i skuteczności. Zachęca się menedżerów do aktywnego poszukiwania innowacyjnych rozwiązań umożliwiających dostosowanie szkoleń BHP do zmieniającej się dynamiki środowiska pracy oraz nowych potrzeb organizacji i ich pracowników. Dynamiczny rozwój technologii stwarza znaczące możliwości optymalizacji procesów i rezultatów inicjatyw szkoleniowych w zakresie BHP (EU-OSHA, 2020; EU-OSHA, 2023).

Tradycyjne metody szkoleń BHP, obejmujące m.in. wykłady, seminaria, ćwiczenia online, nieinteraktywne filmy, papierowe wytyczne dotyczące bezpieczeństwa oraz szkolenia stanowiskowe, coraz częściej okazują się niewystarczające wobec współczesnych wymagań związanych z dynamicznie zmieniającym się środowiskiem pracy, koniecznością angażowania pracowników oraz potrzebą skuteczniejszego kształtowania bezpiecznych zachowań. Ograniczenia tradycyjnych metod to, m.in.: niski poziom zaangażowania uczestników, trudności w przenoszeniu efektów szkolenia do rzeczywistych warunków pracy, brak elastyczności czasowej oraz niespójność szkoleń (Gao i in., 2019; Schwarze i

in., 2019). Wiele programów szkoleniowych jest nadal realizowanych w sposób konwencjonalny i nie jest dostosowanych do zróżnicowanych oraz specyficznych potrzeb uczestników. Obecnie, powszechnie stosowane metody charakteryzują się niskim stopniem podobieństwa fizycznego i psychologicznego do rzeczywistego środowiska zagrożeń, co skutkuje niewystarczającą ilością bodźców sensorycznych potrzebnych do stworzenia autentycznego poczucia przebywania w danym miejscu (Cordeiro i in., 2023).

Współczesne organizacje coraz częściej odchodzą od wyłącznie tradycyjnych metod szkoleniowych na rzecz wprowadzania rozwiązań cyfrowych. Wynika to z potrzeby zwiększenia efektywności procesu edukacyjnego, poprawy zapamiętywania informacji oraz możliwości prowadzenia szkoleń w sposób bardziej praktyczny i realistyczny. Obecne metody szkoleń z zakresu BHP powinny być opłacalne, gwarantować skuteczność oraz angażować uczestników. Nowoczesne szkolenia BHP powinny cechować się:

- wysokim poziomem interaktywności,
- możliwością symulacji sytuacji niebezpiecznych,
- indywidualizacją procesu nauczania,
- bieżącą analizą postępów uczestników,
- dostępnością niezależnie od miejsca i czasu.

W realizacji tych założeń istotną rolę odgrywają technologie takie jak sztuczna inteligencja (ang. Artificial Intelligence – AI), rozszerzona rzeczywistość (ang. Augmented Reality – AR) i wirtualna rzeczywistość (ang. Virtual Reality – VR).

SZTUCZNA INTELIGENCJA (AI) W SZKOLENIACH BHP

Sztuczna inteligencja (AI) jest jedną z najbardziej wpływowych innowacji technologicznych naszych czasów, znajdując coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach, w tym w medycynie, przemyśle oraz bezpieczeństwie i higienie pracy, a w szczególności w procesach edukacyjnych, obejmujących szkolenia z zakresu bezpieczeństwa pracy. AI umożliwia automatyzację procesów szkoleniowych, analizę zachowań uczestników oraz dostosowywanie materiałów dydaktycznych do indywidualnych potrzeb użytkownika (La Torre i in., 2026).

Jednym z głównych zastosowań AI w szkoleniach BHP są inteligentne platformy e-learningowe. Systemy te wykorzystują algorytmy uczenia maszynowego do analizy postępów uczestników i identyfikacji obszarów wymagających dodatkowego doskonalenia. Dzięki temu możliwe jest tworzenie spersonalizowanych ścieżek szkoleniowych zwiększających skuteczność procesu edukacyjnego. AI stwarza wyjątkowe możliwości ograniczania tradycyjnych zagrożeń zawodowych oraz reagowania na nowe wyzwania, wynikające między innymi z rozwoju pracy zdalnej i środowisk zautomatyzowanych. Przykładowo, algorytmy uczenia maszynowego były wykorzystywane do analizy historycznych danych wypadkowych, co pozwalało identyfikować istotne tendencje i projektować na ich podstawie ukierunkowane działania prewencyjne (Brynjolfsson i Mitchell, 2017). Z kolei techniki głębokiego uczenia znajdowały

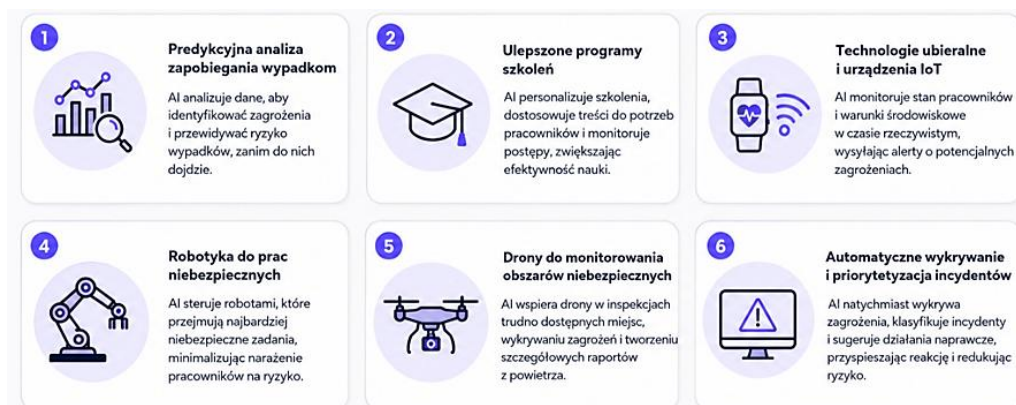
zastosowanie w zwiększaniu dokładności ocen ergonomicznych oraz w optymalizacji projektowania środków ochrony indywidualnej. Rosnąca integracja sztucznej inteligencji (AI) z bezpieczeństwem i higieną pracy przyczyniła się do powstania coraz większej liczby badań poświęconych jej praktycznym zastosowaniom w rzeczywistych warunkach pracy.

AI może być również wykorzystywana do:

- automatycznego generowania testów i scenariuszy szkoleniowych,
- analizy ryzyka zawodowego,
- monitorowania zachowań pracowników,
- identyfikowania potencjalnych zagrożeń w środowisku pracy,
- wspomagania procesów decyzyjnych w zakresie bezpieczeństwa.

Coraz większą popularność zyskują także chatboty edukacyjne oraz wirtualni asystenci, którzy wspierają pracowników podczas szkoleń, odpowiadając na pytania oraz pomagając w rozwiązywaniu problemów związanych z bezpieczeństwem pracy.

Integracja sztucznej inteligencji (AI) z bezpieczeństwem i higieną pracy stanowi przełomowy krok w dążeniu do tworzenia bezpieczniejszych, zdrowszych i bardziej efektywnych miejsc pracy. AI, definiowana jako symulacja ludzkiej inteligencji przez maszyny zdolne do uczenia się, rozumowania i podejmowania decyzji, przekształca sektory przemysłu na całym świecie (Howard, 2022). Czwarta rewolucja przemysłowa, termin spopularyzowany przez Schwaba (2016), obejmuje transformację cyfrową, napędzaną przez technologie takie jak AI, robotyka oraz Internet rzeczy (IoT). Innowacje te w sposób zasadniczy zmieniają dynamikę środowiska pracy, oferując duże możliwości poprawy oceny ryzyka, ograniczania zagrożeń oraz monitorowania zdrowia pracowników (Choi i in., 2024). Na rysunku 1 przedstawiono wybrane zastosowania sztucznej inteligencji w obszarze BHP, takie jak predykcyjne modele zapobiegania wypadkom, optymalizacja procesów szkoleniowych, integracja technologii ubieralnych i urządzeń IoT, wykorzystanie robotyki w realizacji zadań wysokiego ryzyka, monitorowanie obszarów niebezpiecznych za pomocą dronów oraz automatyczne wykrywanie zagrożeń i priorytetyzacji incydentów.



Rys. 1 Przykłady zastosowania narzędzi AI w BHP

ROZSZERZONA I WIRTUALNA RZECZYWISTOŚĆ JAKO NARZĘDZIA EDUKACYJNE

Rozszerzona rzeczywistość (Augmented Reality – AR) to nowoczesna technologia integrująca elementy cyfrowe ze światem rzeczywistym poprzez nakładanie na otoczenie użytkownika interaktywnych treści, takich jak grafiki, dźwięki czy modele trójwymiarowe (Babalola i in., 2023; Al-Khafaji i in., 2026). AR wzbogaca postrzeganą rzeczywistość poprzez nakładanie na nią elementów generowanych komputerowo, np. treści tekstowe, obrazy, animacje, dźwięki czy modele 3D wyświetlane w rzeczywistym otoczeniu za pomocą specjalnych urządzeń, takich jak smartfony, tablety czy okulary rozszerzonej rzeczywistości (Berbeka, 2016). W przeciwieństwie do wirtualnej rzeczywistości (Virtual Reality - VR), która całkowicie przenosi użytkownika do sztucznie wygenerowanego środowiska, AR pozwala na jednoczesne postrzeganie realnego otoczenia i cyfrowych dodatków. Sprawia to, że technologia rozszerzonej rzeczywistości jest bardziej intuicyjna, dostępna oraz łatwiejsza do zastosowania w pracy.

Wirtualna rzeczywistość stanowi jedną z najbardziej innowacyjnych technologii wykorzystywanych w szkoleniach pracowniczych. Umożliwia ona tworzenie immersyjnych środowisk szkoleniowych, w których użytkownik może uczestniczyć w realistycznych symulacjach zagrożeń bez narażania zdrowia i życia (Molek-Winiarska i in., 2024; Al-Khafaji i in., 2026).

W szkoleniach BHP, VR pozwala na odwzorowanie niebezpiecznych sytuacji występujących w rzeczywistym środowisku pracy, takich jak:

- pożary,
- awarie maszyn,
- prace na wysokości,
- kontakt z substancjami niebezpiecznymi,
- ewakuacja pracowników.

Zastosowanie technologii VR zwiększa poziom zaangażowania uczestników szkolenia oraz poprawia skuteczność zapamiętywania procedur bezpieczeństwa. Pracownicy uczą się poprzez doświadczenie, co pozwala lepiej przygotować ich do reagowania w sytuacjach kryzysowych.

Dodatkową zaletą VR jest możliwość wielokrotnego powtarzania scenariuszy szkoleniowych bez ponoszenia wysokich kosztów organizacyjnych oraz bez ryzyka wystąpienia realnego zagrożenia.

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z WYKORZYSTANIA AI I AR/VR W SZKOLENIACH BHP

Wdrożenie nowoczesnych technologii cyfrowych w szkoleniach BHP przynosi liczne korzyści zarówno dla pracowników, jak i pracodawców.

Do najważniejszych zalet należą (Sabir i in., 2025):

- zwiększenie efektywności procesu szkoleniowego,
- poprawa poziomu zaangażowania uczestników,
- możliwość indywidualizacji szkoleń,
- redukcja kosztów organizacyjnych w dłuższej perspektywie,
- zwiększenie bezpieczeństwa podczas ćwiczeń praktycznych,

- możliwość analizy danych szkoleniowych w czasie rzeczywistym.

Technologie AI i AR/VR umożliwiają również szybsze identyfikowanie błędów popełnianych przez uczestników oraz natychmiastowe przekazywanie informacji zwrotnej. Dzięki temu proces nauczania staje się bardziej skuteczny i dostosowany do potrzeb użytkownika.

WYZWANIA I OGRANICZENIA WDRAŻANIA NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII

Pomimo licznych korzyści wdrażanie technologii AI i AR/VR w szkoleniach BHP wiąże się również z pewnymi ograniczeniami. W Tabeli 1 przedstawiono analizę SWOT dotyczącą interaktywnych technologii cyfrowych w szkoleniach BHP. Jednym z głównych problemów są wysokie koszty zakupu sprzętu oraz tworzenie specjalistycznych aplikacji szkoleniowych.

Istotnym wyzwaniem pozostaje również konieczność zapewnienia odpowiedniej infrastruktury technicznej oraz przygotowania kadry szkoleniowej do obsługi nowych technologii. W niektórych przypadkach problemem może być także opór pracowników przed korzystaniem z zaawansowanych narzędzi cyfrowych. Dodatkowo wykorzystanie AI wiąże się z koniecznością ochrony danych użytkowników oraz zapewnieniem odpowiedniego poziomu cyberbezpieczeństwa (Fernández-Arias i in., 2025).

Tabela 1 Analiza SWOT dotycząca zastosowania nowoczesnych, aktywizujących metod szkoleń BHP

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
Wysokie zaangażowanie uczestników - metody aktywne, gamifikacja, symulacje oraz VR/AR angażują uczestników bardziej niż wykład, co sprzyja koncentracji, refleksji i lepszemu przyswajaniu treści. Publikacja o szkoleniach BHP wskazuje, że najskuteczniejsze są metody angażujące uczestników: aktywne metody z dyskusją i gamifikacją, AR/VR oraz demonstracje i symulacje.	Wysokie koszty wdrożenia technologii - szczególnie w przypadku VR/AR problemem są koszty sprzętu, oprogramowania, przygotowania scenariuszy i przeszkolenia trenerów.
Możliwość bezpiecznego ćwiczenia sytuacji niebezpiecznych - VR/AR i symulacje pozwalają trenować zdarzenia trudne, kosztowne albo zbyt ryzykowne do odtworzenia w rzeczywistości, np. pożar, awarię, ewakuację, sytuację kryzysową.	Ryzyko ograniczonego transferu umiejętności do realnego środowiska pracy - szczególnie przy VR nadal potrzebne są badania potwierdzające, w jakim stopniu umiejętności nabyte w środowisku wirtualnym przekładają się na działania w realnych warunkach.
Lepsze zapamiętywanie i utrwalanie bezpiecznych zachowań - AR/VR umożliwia bezpieczne doświadczenie incydentów, bezpośrednie zaangażowanie uczestników, wzrost świadomości ryzyka i utrwalanie dobrych praktyk.	Zależność od kompetencji trenera i jakości projektu szkolenia - gamifikacja, dyskusje i symulacje mogą być bardzo skuteczne, ale źle zaprojektowane mogą obniżyć efekty szkolenia, powodować konflikty, dezinformację lub demotywację uczestników.
Możliwość powtarzania scenariuszy i natychmiastowej informacji zwrotnej - demonstracje, symulacje i VR pozwalają wielokrotnie ćwiczyć reakcje, analizować błędy i budować nawyki bezpiecznej pracy.	Wykluczenie cyfrowe i bariery technologiczne - część uczestników, zwłaszcza osoby starsze lub mniej oswojone z technologią, może mieć trudności z korzystaniem z VR/AR, platform e-learningowych czy elementów gamifikacji.

Wysoka przydatność w branżach wysokiego ryzyka - autorzy wskazują szczególną wartość tych metod dla górnictwa, budownictwa, energetyki oraz ratownictwa, gdzie konsekwencje błędów są poważne.	Ograniczenia techniczne i fizjologiczne - VR może powodować chorobę symulacyjną, problemy przy wadach wzroku, zmęczenie ekranem lub przerwanie szkolenia wskutek awarii sprzętu.
Skalowalność wybranych metod - e-learning i b-learning pozwalają szkolić duże grupy niezależnie od miejsca i czasu; wykład multimedialny umożliwia przekazanie dużej ilości wiedzy wielu osobom jednocześnie.	Słabszy wymiar społeczny niektórych technologii - w VR/AR i e-learningu może brakować naturalnej interakcji zespołowej, a w szkoleniach służb ratowniczych problemem jest także ograniczona wierność ćwiczeń wieloosobowych.
SZANSE	ZAGROŻENIE
Łączenie metod szkoleniowych - najlepsze efekty można osiągnąć przez łączenie kilku metod: krótkiego wykładu, studium przypadku, dyskusji, symulacji, demonstracji i VR/AR, z zachowaniem równowagi między teorią a praktyką.	Przecenienie VR jako zamiennika szkolenia realnego - publikacja o VR w szkoleniu strażaków wskazuje, że VR ma duży potencjał, ale nie powinien bezkrytycznie zastępować szkoleń praktycznych bez potwierdzenia transferu umiejętności.
Rozwój technologii VR/AR i symulacji wielozmysłowych - postęp technologiczny może zwiększyć realizm scenariuszy, np. przez lepszą symulację dymu, ognia, ciepła, dźwięku czy bodźców dotykowych.	Ryzyko pogorszenia ogólnego efektu szkolenia - jeśli VR zostanie wdrożony jako modne narzędzie, bez badań, walidacji i dopasowania do realnych zadań, może dać gorszy efekt niż tradycyjne, dobrze przygotowane szkolenie praktyczne.
Lepsze monitorowanie postępów i ocena skuteczności - VR, e-learning, gry szkoleniowe i symulacje dają możliwość rejestrowania zachowań, analizy decyzji oraz bieżącej oceny poziomu wiedzy i umiejętności.	Habitacja i fałszywe poczucie bezpieczeństwa - zbyt częste treningi w atrakcyjnych, ale kontrolowanych środowiskach VR mogą osłabiać reakcję na realne zagrożenia albo budować nadmierną pewność siebie.
Obniżenie kosztów szkoleń wysokiego ryzyka w dłuższej perspektywie - w szkoleniu strażaków VR może zmniejszać koszty związane z obiektami treningowymi, transportem, zużyciem sprzętu i organizacją kosztownych ćwiczeń terenowych.	Demotywacja przez źle zaprojektowaną gamifikację - rankingi, punkty i rywalizacja mogą działać odwrotnie do zamierzeń, jeśli uczestnicy uzyskują niskie wyniki, poczuwają presję lub uznają mechanikę gry za niesprawiedliwą.
Możliwość personalizacji szkolenia - dobór scenariuszy do doświadczenia, wieku, kompetencji i stanowiska pracy pozwala lepiej odpowiadać na potrzeby grupy. W publikacji o szkoleniach BHP podkreślono, że wybór metody powinien uwzględniać doświadczenie, umiejętności i poziom wiedzy uczestników.	Brak akceptacji technologii przez uczestników i kadre - w służbach i branżach o silnej kulturze praktycznego szkolenia nowe technologie mogą spotkać się z nieufnością, zwłaszcza gdy nie są dobrze włączone w dotychczasowe procedury.
Budowanie odporności psychicznej w sytuacjach kryzysowych - realistyczne scenariusze VR mogą przygotowywać uczestników nie tylko technicznie, ale też mentalnie do działania pod presją.	Stres społeczny i indywidualne ograniczenia uczestników - demonstracje oraz symulacje mogą wywoływać presję, szczególnie gdy uczestnik wykonuje zadanie na oczach grupy; efekty szkolenia zależą też od predyspozycji osobistych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bęś i Strzałkowski (2024) oraz Al-Khafaji i in. (2026)

PERSPEKTYWY ROZWOJU TECHNOLOGII AI I AR/VR W EDUKACJI PRACOWNIKÓW

Postępująca cyfryzacja przedsiębiorstw wskazuje, że znaczenie sztucznej inteligencji oraz technologii immersyjnych będzie systematycznie wzrastać. Rozwój algorytmów AI, urządzeń VR oraz technologii rozszerzonej rzeczywistości

(AR) może doprowadzić do powstania jeszcze bardziej zaawansowanych i realistycznych systemów szkoleniowych.

Przewiduje się, że przyszłe szkolenia BHP będą w coraz większym stopniu opierały się na analizie danych, adaptacyjnych systemach nauczania oraz inteligentnych symulacjach środowiska pracy (Mandakova i in., 2026). Technologie te mogą znacząco wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa pracowników oraz ograniczenie liczby wypadków przy pracy.

PODSUMOWANIE

Sztuczna inteligencja i wirtualna rzeczywistość stanowią istotny element transformacji współczesnych szkoleń BHP. Technologie te umożliwiają tworzenie bardziej efektywnych, angażujących i bezpiecznych form edukacji pracowników. Pomimo istniejących ograniczeń, ich znaczenie w obszarze bezpieczeństwa pracy będzie prawdopodobnie systematycznie wzrastać wraz z rozwojem technologii cyfrowych. Przy czym, na obecnym etapie, największy potencjał mają szkolenia mieszane, które łączą: krótką część teoretyczną, przykłady z realnych zdarzeń, dyskusję, ćwiczenia praktyczne, symulację oraz – tam, gdzie ma to uzasadnienie – zastosowanie VR/AR. Najlepsze rezultaty dają metody, w których uczestnik nie tylko słucha, ale działa, podejmuje decyzje, otrzymuje informację zwrotną i może przećwiczyć zachowanie w warunkach zbliżonych do realnych.

Sama technologia nie gwarantuje skuteczności, o wyniku decydują, m.in.: dobór metody do grupy, jakość scenariusza, kompetencje trenera, możliwość powtarzania ćwiczeń i rzetelna ocena efektów.

Jednakże, wdrażanie AI i VR w szkoleniach BHP może przyczynić się do zwiększenia świadomości zagrożeń, poprawy kompetencji pracowników oraz budowania nowoczesnej kultury bezpieczeństwa w organizacjach.

ŹRÓDŁO FINANSOWANIA

Publikacja została przygotowana przy wsparciu finansowym Politechniki Śląskiej. Realizacja badań była finansowana ze środków na działalność statutową Katedry Inżynierii Produkcji w ramach projektu BK-272/ROZ3/2026 (13/030/BK_26/0095).

LITERATURA

- Al-Khafaji Z.K.A., Keyhanian M., Altalbawy F.M.A., Jawad M.A., Saeed S.M., Aldulaimi A., Albadr R.J., Alwan M., Smerat A., Esmaeili S.V. (2026). Virtual reality and augmented reality technology for safety training in high-risk industries: A literature review on applications, perspectives and challenges. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 1-17. <https://doi.org/10.1177/10519815261423156>
- Babalola A., Manu P., Cheung C., Yunusa-Kaltungo A., i Bartolo P. (2023). Applications of immersive technologies for occupational safety and health training and education: A systematic review. *Safety Sciences*, 166, 106214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106214>
- Berbeka J. (2016). Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość a zachowania konsumentów. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 303, 84-101.

- Beś P., Strzałkowski P. (2024). Analysis of the effectiveness of safety training methods. *Sustainability*, 16, 2732. <https://doi.org/10.3390/su16072732>
- Brynjolfsson E., Mitchell T. (2017). What can machine learning do? Workforce implications. *Science*, 358 (6370), 1530-1534. <https://doi.org/10.1126/science.aap806>
- Choi Y., Seo S., Lee J., Kim T.W., Koo C. (2024). A machine learning based forecasting model for personal maximum allowable exposure time under extremely hot environments. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105140. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105140>
- Cordeiro A.M., Santos F., Winkler I. (2023). Effectiveness of industrial training using virtual reality to mitigate risks associated with the work environment: A literature review. *Blucher Engineering Proceedings*, 10 (5), 564-571. IX International Symposium on Innovation and Technology, Engineering and the Future of the Industry. ISSN: 2357-7592
- Engelbrecht H., Lindeman R.W., Hoermann S. (2019). A SWOT analysis of the field of virtual reality for firefighter training. *Frontiers in Robotics and AI*, 6(101). <https://doi.org/10.3389/frobt.2019.00101>
- EU-OSHA. (2020). OSH training. Retrieved from: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/osh-training> (accessed: 21.06.2026).
- EU-OSHA. (2023). Contributing to occupational risk prevention through initial and continuing training. A prospective study to 2030. Retrieved from: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/contributing-occupational-risk-prevention-through-initial-and-continuing-training> (accessed: 21.06.2026).
- European Commission. (2021). EU strategic framework on health and safety at work 2021–2027 occupational safety and health in a changing world of work. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52021DC0323> (accessed: 21.06.2026).
- Fernández-Arias P., del Bosque A., Lampropoulos G., Vergara D. (2025). Applications of AI and VR in high-risk training simulations: A bibliometric review. *Applied Sciences*, 15, 5424. <https://doi.org/10.3390/app15105424>
- Gao Y., Gonzalez V.A., Yiu T.W. (2019). The effectiveness of traditional tools and computer-aided technologies for health and safety training in the construction sector: A systematic review. *Computers and Education*, 138, 101-115.
- Howard J. (2022). Algorithms and the future of work. *American Journal of Industrial Medicine* 65(12),943–952. <https://doi.org/10.1002/ajim.23429>
- La Torre G., Manai M.V., Meucci S., Lucente A., Picerno A., Ammirati S., De Sio S. (2026). Artificial intelligence and occupational health and safety: a systematic review. *Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.1007/s10389-026-02738-8>.
- Mandakova M., Hrablik-Chovanova H., Witkowski K. (2026). Integrating VR, AR and AI into corporate employee training: A study of mixed methods towards personalized learning design. *Management* 30(1), 71-95. <https://doi.org/10.58691/man/218508>
- Molek-Winiarska D., Chomałowska B., Gregorczyk R. (2024). The use of virtual reality technology in employee safety and health training. A case study of an enterprise from the smelting industry. *Education of Economists and Managers*, 69(1), 81-101. <https://doi.org/10.33119/EEIM.2024.69.5>
- Pandey S., Kiran K., Parhi S., Singh A. K., Jha S. K. (2023). Safety management in the era of emerging industrial revolution: The conceptualisation of safety 4.0. In: Sharma, R., Shishodia, A., Gupta, A. (Eds.). *Fostering Sustainable Development in the Age of Technologies*. Leeds: Emerald Publishing Limited, pp. 239-256.
- Ramos D., Cotrim T., Arezes P., Baptista J., Rodrigues M., Leitão, J. (2022). Frontiers in occupational health and safety management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10759. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710759>

- Sabir A., Hussain R., Pedro A., Park C. (2025). Personalized construction safety training system using conversational AI in virtual reality. *Automation in Construction* 175, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106207>.
- Schwab K. (2018). *Czwarta rewolucja przemysłowa*. Wydawnictwo Studio „EMKA”.
- Schwarze A., Kampling H., Heger O., Niehaves B. (2019). Is virtual reality the future of learning? A critical reflection. *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1759-1768. <https://hdl.handle.net/10125/59616>

Interactive digital technologies in employee education: the application of artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR) in occupational health and safety training

Abstract: The dynamic development of digital technologies affects almost all areas of operation in modern enterprises, including the processes of employee education and professional development. This is particularly important in the area of occupational health and safety (OHS), where the effectiveness of training directly influences the level of employee safety and helps reduce the number of workplace accidents. Traditional forms of OHS training, based mainly on lectures and text-based materials, are increasingly proving insufficient in the face of the growing complexity of the work environment and the needs of contemporary organizations. In response to these challenges, enterprises are implementing modern technologies such as artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR), which enable the creation of more engaging, interactive, and effective forms of employee education. The aim of this article is to present the possibilities of using artificial intelligence and VR technologies in OHS training, as well as to analyze the benefits and challenges associated with the implementation of these solutions in the workplace.

Keywords: education, occupational health and safety training, artificial intelligence (AI), augmented and virtual reality (AR & VR)

Grażyna Płaza

ORCID: 0000-0001-5862-0905
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Katedra Inżynierii Produkcji, **Poland**
e-mail: grazyna.plaza@polsl.pl

Patrycja Kabiesz

ORCID:0000-0001-5920-7485
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Katedra Inżynierii Produkcji, **Poland**
e-mail: patrycja.kabiesz@polsl.pl