



International
Labour
Organization

Raport globalny

rewolucja w dziedzinie *bezpieczeństwa i higieny pracy:*

Wpływ sztucznej inteligencji
i cyfryzacji na organizację pracy



Raport globalny

rewolucja w dziedzinie *bezpieczeństwa i higieny pracy:*

Wpływ **sztucznej inteligencji**
i cyfryzacji na organizację pracy



Copyright © Międzynarodowa Organizacja Pracy (MOP) 2025

Pierwsze wydanie 2025

Tytuł oryginału: *Revolutionizing health and safety: The role of AI and digitalization at work*

Copyright © CIOP-PIB 2025 tłumaczenie publikacji na język polski

Niniejsze tłumaczenie nie zostało sporządzone przez Międzynarodową Organizację Pracy (MOP) i nie powinno być traktowane jako oficjalne tłumaczenie MOP. MOP nie ponosi odpowiedzialności za treść ani poprawność niniejszego tłumaczenia.



Niniejszy utwór jest dostępny na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowa (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Użytkownicy mogą ponownie wykorzystywać, udostępniać, dostosowywać i tworzyć utwory zależne zgodnie z warunkami tej licencji. MOP musi być wyraźnie wskazana jako właściciel oryginalnego utworu. Zabrania się wykorzystywania emblematu MOP w związku z utworami użytkowników.

Uznanie autorstwa – Utwór należy cytować w następujący sposób:

Revolutionizing health and safety: The role of AI and digitalization at work, Genewa: Międzynarodowe Biuro Pracy, 2024.

Tłumaczenia – W przypadku tłumaczenia niniejszego utworu należy dodać poniższe zastrzeżenie wraz z informacją o źródle:

Niniejsze tłumaczenie nie zostało sporządzone przez Międzynarodową Organizację Pracy (MOP) i nie powinno być traktowane jako oficjalne tłumaczenie MOP. MOP nie ponosi odpowiedzialności za treść ani poprawność niniejszego tłumaczenia.

Adaptacje – W przypadku adaptacji niniejszego utworu należy dodać poniższe zastrzeżenie wraz z informacją o źródle:

Niniejszy utwór stanowi adaptację oryginalnego utworu Międzynarodowej Organizacji Pracy (MOP). Odpowiedzialność za wyrażone w adaptacji poglądy i opinie spoczywa wyłącznie na autorze lub autorach adaptacji i nie są one akceptowane ani popierane przez MOP.

Licencja Creative Commons nie ma zastosowania do materiałów objętych prawami autorskimi innych podmiotów, które zostały zamieszczone w niniejszej publikacji. Jeżeli materiał pochodzi od strony trzeciej, użytkownik jest wyłącznie odpowiedzialny za uzyskanie odpowiednich zezwoleń od właściciela praw.

Wszelkie spory wynikające z niniejszej licencji, których nie uda się rozstrzygnąć polubownie, będą kierowane do arbitrażu zgodnie z Regulaminem Arbitrażowym Komisji ONZ ds. Międzynarodowego Prawa Handlowego (UNCITRAL). Strony będą związane każdym orzeczeniem arbitrażowym wydanym w wyniku takiego postępowania jako ostatecznym rozstrzygnięciem sporu.

Wszelkie pytania dotyczące praw i licencji należy kierować do:

ILO Publishing Unit (Rights and Licensing), 1211 Genewa 22, Szwajcaria lub mailowo na adres rights@ilo.org.

ISBN 9789220417706 (wersja drukowana)
9789220417713 (wersja PDF online)

Oznaczenia używane w publikacjach MOP są zgodne z praktyką Organizacji Narodów Zjednoczonych i sposób prezentacji materiałów nie oznacza wyrażenia przez MOP jakiegokolwiek opinii co do statusu prawnego jakiegokolwiek kraju, obszaru lub terytorium, jego władz ani co do przebiegu jego granic.

Za opinie wyrażone w podpisanych artykułach, opracowaniach i innych materiałach odpowiadają wyłącznie ich autorzy. Publikacja nie oznacza, że MOP podziela przedstawione w nich poglądy.

Wzmianki o nazwach firm, produktach handlowych i procesach technologicznych nie oznaczają ich poparcia przez MOP, a brak wzmianki o jakiegokolwiek firmie, produkcie czy procesie nie jest oznaką dezaprobaty.

Informacje o publikacjach i produktach cyfrowych MOP dostępne są na stronie: www.ilo.org/publns

Wydrukowano w Szwajcarii.



Podziękowania

Autorkami poniższego raportu są: Manal Azzi i Dafne Papandrea oraz Lacye Gronening i Nour Kabbara. Dziękujemy Natashy Scott za przeprowadzenie wstępnych badań i opracowanie wstępnej wersji raportu. Specjalne podziękowania za wsparcie należą się również Balintowi Nafradi, Wafaa Alzaanin i Lucii Risueno Navarro.

Treść i tematyka raportu zostały opracowane na podstawie prac podjętych w ciągu ostatnich dwóch lat przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (EU-OSHA). Przy opracowaniu raportu wykorzystano również wiedzę i opinie ekspertów: Vibe Westh, Maurizio Curtarelli, Emmanuelle Brun i Enrique Fernandez-Macias z EU-OSHA.

Podziękowania składamy również na ręce Ignacia Gonzaleza Vazqueza (Wspólne Centrum Badawcze, Unia Europejska), Sary Copsey i Cesira Urzi (niezależni eksperci), dr. Alessio Bertoliniego (University of Oxford), Kyrillosa Spyridopoulou (ECORYS), Aude Cefaliello (Europejski Instytut Związków Zawodowych), Saschy Wischniewski i Patrici Helen Rosen (Federalny Instytut Bezpieczeństwa i Higieny Pracy, BAuA, Niemcy), Nadii Echchihab (SafetyTech Accelerator) i Theo Bodiniego (Karolinska Institutet) za ich cenny wkład.

Doceniamy recenzję i wkład wniesiony przez kolegów z Biura ds. Aktywności Związków Zawodowych (ACTRAV), Biura ds. Aktywności Pracodawców (ACT/EMP), Departamentu Badań MOP, Oddziału ds. Integracyjnych Rynków Pracy, Stosunków Pracy i Warunków Pracy (INWORK) oraz Oddziału Dialogu Społecznego, Stosunków Pracy i Zarządzania Pracą (LABGOV). Chcielibyśmy szczególnie podziękować Umie Rani, Janine Berg, Catherine Saget, Danielowi Samaanowi, Tahminie Karimovej i Sevane Ananian (Departament Badań MOP), Anarosie Pesole i Nuno Meira Simoes Cunha (INWORK) oraz Tvisha Shroff (LABGOV) za ich cenny wkład i wsparcie.

Dziękujemy kolegom zajmującym się bezpieczeństwem i higieną pracy w centrali i w terenie, są to w szczególności: Claude Loiselle, Felix Martin Daza, Carmen Bueno, Tzvetomira Radoslavova, Yuka Ujita i Tsuyoshi Kawakami, za ich opinie, komentarze i przykłady praktycznych rozwiązań.

Ponadto dziękujemy kolegom z Vision Zero Fund (Ockert Dupper, Paul Wallot, Yessica Calvario i Schneider Guataqui Cervera) za ich wkład i wsparcie.



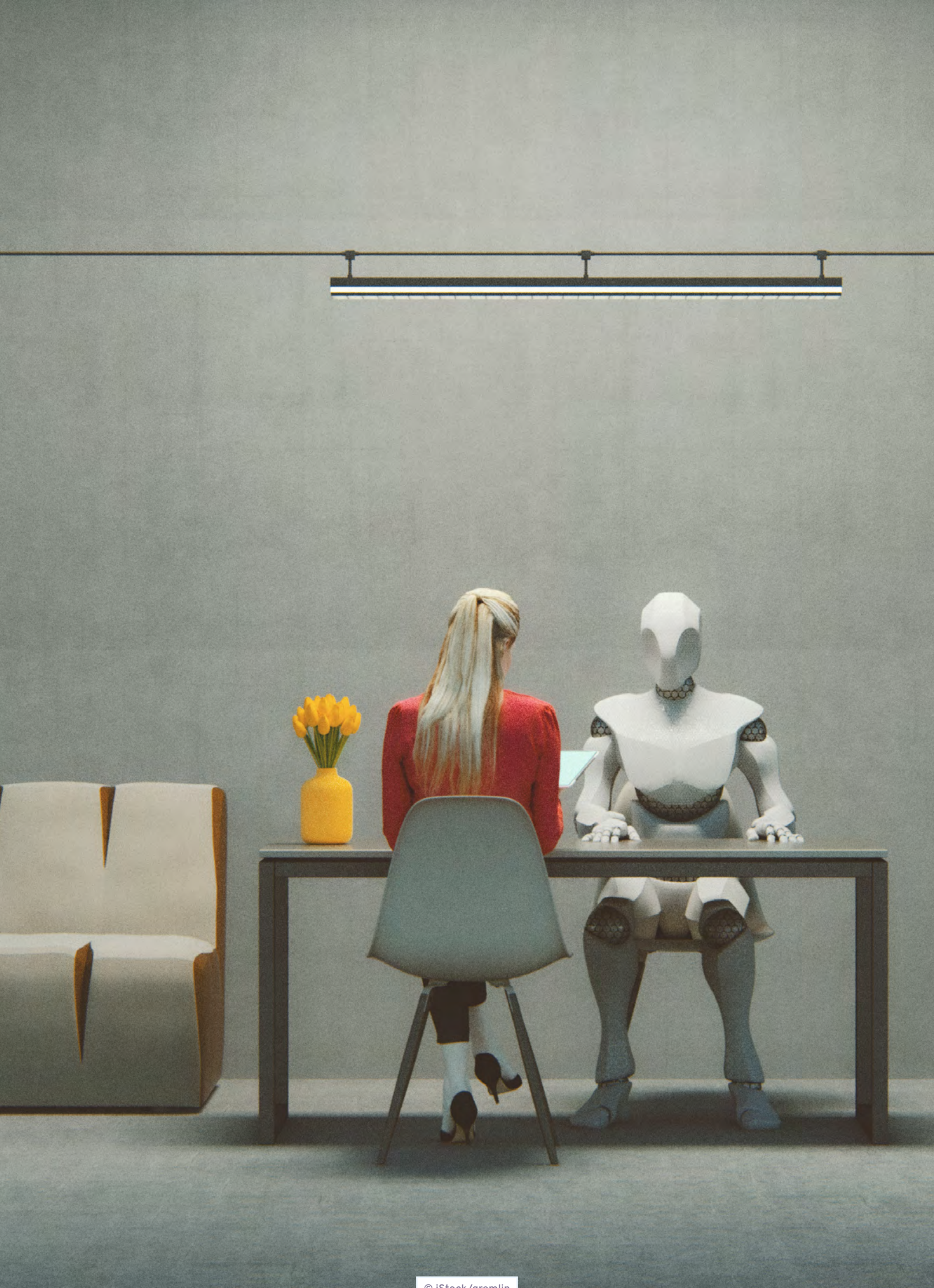
Spis treści

PODZIĘKOWANIA	III
WYKAZ UŻYTYCH SKRÓTÓW	V
ABSTRAKT	1
► 1. WPŁYW CYFRYZACJI NA ZMIANY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY	7
1.1 AUTOMATYZACJA I ZAAWANSOWANA ROBOTYKA	8
1.2. INTELIGENTNE NARZĘDZIA BHP I SYSTEMY MONITOROWANIA	18
1.3. ROZSZERZONA I WIRTUALNA RZECZYWISTOŚĆ	24
1.4. ALGORYTMICZNE ZARZĄDZANIE PRACĄ	29
1.5. ZMIANA ORGANIZACJI PRACY ZA SPRAWĄ CYFRYZACJI	32
► 2. BHP W ERZE CYFROWEJ: POLITYKI, LUKI PRAWNE I WSPÓLNY WYSIŁEK	41
2.1. GLOBALNE STARANIA NA RZECZ ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA I HIGIENY PRACY W DOBIE TRANSFORMACJI CYFROWEJ	41
2.2. REGIONALNE INICJATYWY NA RZECZ ZWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI BHP POPRZECZ CYFRYZACJĘ	46
2.3. KRAJOWE RAMY REGULUJĄCE KWESTIE BHP I CYFRYZACJĘ	51
2.4. ZARZĄDZANIE CYFRYZACJĄ I BHP W MIEJSCU PRACY	66
NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI	72



Wykaz użytych skrótów

SI	Sztuczna inteligencja
AM	Zarządzanie algorytmiczne
AR	Rzeczywistość rozszerzona
COBOT	Robot współpracujący
UE	Unia Europejska
MOP	Międzynarodowa Organizacja Pracy
IOE	Międzynarodowa Organizacja Pracodawców
IoT	Internet rzeczy
NIOSH	Amerykański Krajowy Instytut Bezpieczeństwa i Higieny Pracy
OECD	Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
BHP	Bezpieczeństwo i higiena pracy
ŚOI	Środki ochrony indywidualnej
MŚP	Małe i średnie przedsiębiorstwa
BSP	Bezzałogowy statek powietrzny
VR	Wirtualna rzeczywistość
WHO	Światowa Organizacja Zdrowia
XR	Rzeczywistość rozszerzona





Abstrakt



Wpływ cyfryzacji na zmiany w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy

Zjawisko cyfryzacji przyczynia się do transformacji miejsc pracy, poprzez wdrażanie innowacyjnych technologii, które zwiększają bezpieczeństwo i higienę pracy (BHP), choć jednocześnie wiążą się również z nowymi wyzwaniami.

Automatyzacja może dotknąć 75 milionów miejsc pracy na całym świecie, podczas gdy sztuczna inteligencja (SI) aż 427 milionów (MOP, 2023). Europa i Ameryka Północna stoją w obliczu najwyższego ryzyka związanego ze wzrostem automatyzacji, podczas gdy regiony charakteryzujące się bardziej nieformalną gospodarką, takie jak Azja, Afryka i Ameryka Łacińska, pozostają mniej dotknięte tym zjawiskiem (UN/MOP, 2024b).

Podczas gdy przemiany te kształtują rynek pracy, stwarzają one również bezprecedensowe możliwości poprawy bezpieczeństwa i zdrowia w miejscu pracy. Dzięki automatyzacji i inteligentnym systemom monitorowania można ograniczyć ekspozycję na zagrożenia, zapobiegać urazom w miejscu pracy i poprawić ogólne warunki pracy. Pojawiają się też jednak nowe wyzwania, wymagające proaktywnej polityki, strategii zarządzania ryzykiem i silnego zaangażowania pracowników w celu zapewnienia bezpiecznej i zintegrowanej transformacji cyfrowej.



Najważniejsze trendy i możliwości w zakresie BHP

- **Zawansowana robotyka i automatyzacja** pozwalają usprawnić wykonywanie zadań fizycznych i umysłowych, zmniejszając ekspozycję na szkodliwe czynniki środowiskowe oraz ryzyko urazów spowodowanych powtarzającym się wysiłkiem fizycznym, co z kolei przekłada się na poprawę bezpieczeństwa i higieny pracy. Jednakże mogą one również stwarzać zagrożenia, takie jak te związane z awariami mechanicznymi, ergonomią, hałasem i czynnikami psychospołecznymi.
- **Inteligentne cyfrowe systemy monitorowania BHP**, w tym czujniki wykorzystujące SI oraz elektronika noszona, umożliwiają wykrywanie zagrożeń w czasie rzeczywistym, prognozowanie oceny ryzyka oraz podejmowanie proaktywnych środków bezpieczeństwa. Najważniejszymi wyzwaniami są zapewnienie funkcjonalności, odpowiednie dopasowanie do pracowników, ochrona prywatności i zapobieganie stresowi związanemu z ciągłym nadzorem.
- **Rozszerzona rzeczywistość i rzeczywistość wirtualna** przyczyniają się do transformacji w zakresie szkoleń pracowników w formie immersyjnych symulacji do rozpoznawania zagrożeń i reagowania w sytuacjach zagrożenia. Należy jednak pamiętać o zagrożeniach, takich jak ograniczona widoczność, problemy z równowagą, zmęczenie wzroku i przeciążenie poznawcze.
- **Algorytmiczne zarządzanie pracą** wykorzystuje systemy zaprogramowane lub oparte na sztucznej inteligencji do koordynowania pracy w organizacji, optymalizując przydział zadań, zwiększając zaangażowanie pracowników, wspierając równowagę między życiem zawodowym a prywatnym oraz eliminując różnice w zakresie umiejętności. Należy jednak wziąć pod uwagę zagrożenia, takie jak nadużywanie nadzoru i intensyfikacja pracy
- **Zmiany w organizacji pracy** m.in. praca zdalna i internetowe platformy pracy, które oferują elastyczny model pracy, ale stwarzają zarówno fizyczne, jak i psychospołeczne wyzwania w zakresie BHP.



Polityki i regulacje

Podczas gdy rynek pracy przechodzi cyfrową transformację, na poziomach globalnym, regionalnym i krajowym zmieniają się regulacje na rzecz ochrony bezpieczeństwa i zdrowia pracowników.

O ile istniejące przepisy BHP nadal mają fundamentalne znaczenie, to konieczne są aktualizacje legislacyjne, które pozwolą sprostać wyjątkowym zagrożeniom i możliwościom stwarzanym przez nowe technologie cyfrowe. Władze poszczególnych państw podejmują się przeglądu i adaptacji obowiązujących przepisów prawnych w celu zapewnienia lepszej ochrony pracownikom, którzy mają styczność z robotyką i sztuczną inteligencją, dbając przy tym o to, by technologie te zwiększały bezpieczeństwo w miejscu pracy i odpowiednio zapobiegały potencjalnym zagrożeniom. Do kluczowych zagadnień objętych zmianami prawnymi należą: aktualizacja przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy z wykorzystaniem robotyki i protokołów interakcji człowiek-robot, w celu ograniczenia ryzyka w środowiskach pracy; ustanowienie prawa do bycia offline w celu zapobiegania cyfrowemu wypaleniu i przepracowaniu; zapewnienie przejrzystości wdrażanych algorytmów w celu ograniczenia stronniczości i dyskryminacji w zakresie zarządzania zadaniami; a także umocnienie przepisów dotyczących ochrony danych i prywatności w celu uregulowania kwestii monitorowania i nadzoru w miejscu pracy. Co więcej, przepisy BHP są również obecnie rozszerzane o ochronę osób pracujących zdalnie i za pośrednictwem platform internetowych, aby uwzględnić zmieniający się charakter pracy.

Fundamentalne konwencje BHP Międzynarodowej Organizacji Pracy (MOP (Konwencja dotycząca bezpieczeństwa, zdrowia pracowników i środowiska pracy z 1981 r. (nr 155) oraz Konwencja dotycząca ram promocji bezpieczeństwa i higieny pracy z 2006 r. (nr 187) stanowią solidną podstawę do zapewnienia elementarnego prawa do bezpiecznego i zdrowego środowiska pracy w erze cyfrowej.

Trójstronna współpraca, czyli kooperacja władz, pracodawców i pracowników, jest niezbędna do kształtowania polityki sprzyjającej włączeniu społecznemu, która zadba o zrównoważenie innowacji technologicznych z ochroną pracowników. Poprzez proaktywne dostosowywanie przepisów prawnych, decydenci mogą zapewnić, że transformacja cyfrowa przyczyni się do stworzenia bezpieczniejszych, bardziej sprawiedliwych i zrównoważonych środowisk pracy.



Bezpieczna i zrównoważona transformacja cyfrowa

W celu osiągnięcia maksymalnych korzyści z transformacji cyfrowej w zakresie BHP, przy jednoczesnym ograniczeniu ryzyka, niezbędne jest podejście proaktywne, oparte na dowodach i partycypacyjne. Aby zagwarantować, że transformacja cyfrowa wzmocni, a nie pogorszy bezpieczeństwo i higienę pracy, konieczne jest aktywne zaangażowanie rządów, pracodawców i pracowników, a także specjalistów w dziedzinie BHP oraz innych zainteresowanych stron. Kluczowe działania obejmują:

- Uwzględnianie zagadnień BHP w politykach i strategiach dotyczących cyfryzacji oraz zapewnienie uwzględnienia kwestii BHP w krajowych, regionalnych i globalnych politykach dotyczących SI, automatyzacji i pracy z wykorzystaniem platform internetowych, przy jednoczesnym włączeniu cyfryzacji do przepisów BHP w celu lepszego zapobiegania ryzyku, monitorowania i ochrony pracowników.
- Uaktualnianie przepisów i zachęcanie do promowania zgodności – Wzmocnienie przepisów BHP w celu skuteczniejszego reagowania na zagrożenia wynikające z wdrożenia nowych technologii, przy jednoczesnym wspieraniu przestrzegania przepisów poprzez opracowywanie wytycznych, rozpowszechnianie informacji, kampanie uświadamiające i inicjatywy na rzecz rozwijania umiejętności, aby zapewnić skuteczne wdrożenie i ochronę pracowników.
- Doskonalenie oceny ryzyka i środków zapobiegawczych – Regularna ocena pojawiających się zagrożeń związanych z technologiami cyfrowymi i wdrażanie środków zapobiegawczych zgodnie z hierarchią środków zarządzania ryzykiem.
- Rozwój szkoleń i umiejętności – Stałe zapewnianie możliwości podnoszenia i zmiany kwalifikacji, aby pomóc pracownikom dostosować się do transformacji cyfrowej.
- Wspieranie dialogu społecznego i partycypacji pracowników – Angażowanie związków pracowniczych i organizacji pracodawców w proces decyzyjny w celu promowania bezpiecznego i sprawiedliwego wdrażania technologii oraz zapewnienia, że innowacje są realizowane z zachowaniem ścisłej ochrony w zakresie BHP. Aktywne angażowanie pracowników i ich przedstawicieli w projektowanie, wdrażanie i monitorowanie cyfrowych technologii w miejscu pracy tak, aby zagwarantować, że nie zagrażają one bezpieczeństwu i zdrowiu pracowników.
- Promowanie cyfryzacji skoncentrowanej na pracownikach – Dbanie o to, aby nowe technologie zwiększały bezpieczeństwo i dbałość o zdrowie pracowników oraz nie pogłębiały nierówności, ze szczególnym uwzględnieniem najbardziej narażonych grup.

Informacje o raporcie

W wyniku dogłębnej analizy dokumentów, przeprowadzeniu wywiadów ze specjalistami oraz przeglądu stosowanych zasad i praktyk, niniejszy raport podejmuje zmiany wywołane przez technologie cyfrowe w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz potrzebę zapewnienia, że zmiany te nie przyczynią się do powstania potencjalnego ryzyka.

Przybliżając polityki, najlepsze praktyki i studia przypadku, niniejszy raport stanowi źródło informacji dla władz, pracodawców, pracowników i ekspertów ds. BHP w zakresie nawigacji po zmieniającym się środowisku cyfrowego bezpieczeństwa w pracy.

W pierwszym rozdziale przeanalizowano, w jaki sposób automatyzacja i zaawansowana robotyka, inteligentne narzędzia BHP i systemy monitorowania, rozszerzona rzeczywistość i rzeczywistość wirtualna, algorytmiczne zarządzanie pracą i ewoluująca organizacja pracy kształtują na nowo kwestie BHP z uwzględnieniem zarówno możliwości, jak i potencjalnych zagrożeń.

W drugim rozdziale przeanalizowano globalne, regionalne i krajowe polityki regulujące kwestie BHP w zdigitalizowanych środowiskach pracy z uwzględnieniem luk regulacyjnych i proponowanych rozwiązań. W niniejszej pracy omówiono również kwestie oceny ryzyka, udziału pracowników i strategii zapobiegawczych koniecznych do zapewnienia bezpiecznej i skutecznej integracji narzędzi cyfrowych w miejscach pracy.

W podsumowaniu przedstawiono najważniejsze wnioski, kładąc nacisk na kluczowe działania niezbędne do zagwarantowania świadomej, sprzyjającej inkluzywności i zorientowanej na pracowników transformacji cyfrowej.





1

Wpływ cyfryzacji na zmiany w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy

Cyfryzacja¹ przekształca rynek pracy poprzez wprowadzanie innowacyjnych praktyk, wspieranie nowych gałęzi przemysłu i przekształcanie zarówno fizycznego, jak i psychospołecznego środowiska pracy.

Sztuczna inteligencja (SI)² i narzędzia cyfrowe oferują firmom znaczące możliwości poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy. Skutecznie zaprojektowana i wdrożona technologia pomaga ograniczyć ryzyko zawodowe, zmniejszyć liczbę wypadków i chorób w miejscu pracy oraz poprawić wydajność, produktywność i ogólne wyniki (Sun i in., 2022). Jedną z kluczowych korzyści cyfryzacji jest odsunięcie pracowników od niebezpiecznych środowisk i czynników, w tym chemikaliów, ekstremalnych temperatur, promieniowania, ograniczonych przestrzeni oraz maszyn wysokiego ryzyka. Dzięki technologii możemy również zoptymalizować organizację pracy, usprawniając procesy, automatyzując powtarzalne i wymagające fizycznie zadania oraz poprawiając rozkład obciążenia pracą, zmniejszając zarówno obciążenie fizyczne, jak i psychiczne (EU-OSHA, 2019). Systemy i narzędzia oparte na sztucznej inteligencji zwiększają bezpieczeństwo w miejscu pracy poprzez identyfikację zagrożeń, monitorowanie warunków środowiskowych i przewidywanie awarii sprzętu. Ponadto cyfryzacja wpływa na rozwój zawodowy pracowników, poprzez wspieranie podniesienia i zmiany kwalifikacji, zapewniając im możliwość przystosowania się do zmieniających się wymagań zawodowych (EU-OSHA, 2019). Należy jednak pamiętać, że cyfryzacja to nie tylko korzyści³.

Podczas gdy cyfryzacja ma w dużej mierze pozytywny wpływ na BHP, może ona również wprowadzać znaczące zagrożenia, którym można zapobiec i którymi należy starannie zarządzać. Niepowodzenia w interakcji człowiek-robot, wyzwania ergonomiczne oraz narażenie na hałas i drgania, to tylko niektóre z potencjalnych zagrożeń związanych z wdrażaniem technologii cyfrowej (EU-OSHA, 2009). Nieprawidłowo zaprojektowane urządzenia typu smart czy elektronika noszona mogą powodować

- ¹ Według MOP cyfryzację należy rozumieć, w szerokim znaczeniu jako zastosowanie technologii cyfrowych, a w tym zdigitalizowanych informacji lub danych, w gospodarce i społeczeństwie (GB.350: Grupa robocza ds. społecznego wymiaru globalizacji. Wyzwania i możliwości cyfryzacji). W kontekście pracy, cyfryzacja pociąga za sobą transformację struktur i procesów organizacyjnych, mających na celu zwiększenie produktywności, przychodów i wytrzymałości. Ma to konsekwencje w zakresie organizacji pracy, ilości i rodzaju oferowanego zatrudnienia, a także warunków i ochrony pracy.
- ² SI jest kluczowym elementem cyfryzacji. Systemy sztucznej inteligencji mogą opierać się wyłącznie na oprogramowaniu lub być wbudowane w urządzenia fizyczne (High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, 2019). Mogą one uzupełniać i wspierać zadania wykonywane przez ludzi, zastępować istniejące stanowiska lub tworzyć nowe (Selenko i in., 2022).
- ³ Wszelkie dysproporcje wynikają z ograniczeń infrastrukturalnych, nierównego dostępu do umiejętności cyfrowych oraz ukrytej lub jawnej dyskryminacji z powodu czynników, takich jak lokalizacja, pochodzenie etniczne, religia lub płeć (Graham i in., 2017). Małe i średnie przedsiębiorstwa, szczególnie w krajach rozwijających się, stoją przed wyzwaniami związanymi z wdrażaniem narzędzi cyfrowych ze względu na ograniczenia zasobów (IMF 2024a). W związku z tym technologia nie powinna być postrzegana jako uniwersalne rozwiązanie. Jej skuteczność zależy od kontekstu, w jakim jest wdrażana oraz od stopnia, w jakim pracownicy są zaangażowani w kształtowanie projektu, działania i kontrolę.

nadwyżżenia fizyczne, a korzystanie z bezałogowych statków powietrznych (np. dronów) lub zestawów VR może stwarzać ryzyko obrażeń, utraty równowagi i narażenia na zagrożenia wizualne. Postęp technologiczny może również prowadzić do intensyfikacji pracy, poczucia niepewności zatrudnienia i technostresu⁴. Pracownicy stają w obliczu rosnącej presji, aby dostosować się do szybko ewoluujących narzędzi i procesów (MOP, 2022). Zacieranie się granic między pracą, a życiem prywatnym, wynikające z popularyzacji pracy mobilnej i zdalnej, może przyczyniać się do wypalenia zawodowego, podczas gdy inwazyjny nadzór i ciągłe monitorowanie mogą naruszać prywatność i ograniczać autonomię zawodową (MOP, 2018). Ponieważ pracownicy spędzają coraz więcej czasu korzystając z narzędzi cyfrowych, mogą być coraz bardziej narażeni na cyberprzemoc. Podejmowanie decyzji w oparciu o sztuczną inteligencję grozi fragmentacją zadań, utratą satysfakcji z pracy, stroniczością oraz potencjalną marginalizacją niektórych grup, co pogłębia nierówności w miejscach pracy.

Sprostanie tym wyzwaniom wymaga proaktywnego podejścia do BHP z zapewnieniem, że transformacja cyfrowa będzie zwiększać bezpieczeństwo i dobrostan pracowników, a nie stwarzać dla nich zagrożenia (Gonzalez Vazquez i in., 2024).

W niniejszym rozdziale przeanalizowano wpływ cyfryzacji na BHP, dzieląc technologie i procesy pracy na pięć kategorii: **automatyzacja i zaawansowana robotyka, inteligentne narzędzia BHP i systemy monitorowania, rozszerzona i wirtualna rzeczywistość, algorytmiczne zarządzanie pracą oraz zmieniające się środowiska pracy**. W przypadku każdej z tych technologii i procesów badania podkreślają, w jaki sposób mogą one poprawić bezpieczeństwo i zdrowie w pracy poprzez łagodzenie zagrożeń fizycznych, organizacyjnych i psychospołecznych, a także analizują potencjalne powiązane zagrożenia. Wyniki badań zwracają uwagę na potrzebę zrównoważonego i proaktywnego podejścia do zmian, w celu zapewnienia wszystkim bezpiecznego i zdrowego środowiska pracy.



1.1 Automatyzacja i zaawansowana robotyka

Automatyzacja i zaawansowana robotyka⁵ napędzają głębokie zmiany w kwestii BHP, wprowadzając innowacyjne sposoby zwiększania wydajności i zmniejszania ryzyka w różnych branżach (EU-OSHA, 2024a; Petersen i in., 2023). Technologie te automatyzują zadania fizyczne, takie jak montaż, obróbka materiałów i różnorodne niebezpieczne operacje, jak również procesy umysłowe, w tym podejmowanie decyzji i analizę danych, redefiniując sposób wykonywania, monitorowania i zarządzania pracą (Wang, 2019; Chen i in., 2023).

Zaawansowana robotyka to technologie zaprojektowane do wykonywania zadań wymagających wysokiej precyzji, zdolności adaptacyjnych i autonomii, które mogą zwiększyć produktywność i bezpieczeństwo w miejscu pracy poprzez zmniejszenie narażenia pracowników na fizycznie wymagające lub niebezpieczne czynności. Systemy te obejmują roboty przemysłowe, takie jak zrobotyzowane ramiona wykorzystywane do powtarzalnych i niebezpiecznych zadań, a także nowoczesne innowacje, takie jak autonomiczne roboty mobilne, drony, egzoskielety i roboty współpracujące (coboty), które mają zwiększać wydajność i bezpieczeństwo (EU-OSHA, 2022b). Roboty są wykorzystywane w różnych sektorach. Zajmują się na przykład niebezpiecznymi i powtarzalnymi zadaniami produkcyjnymi, pomagają w diagnostyce i operacjach w sektorze ochrony zdrowia, wspomagają prace wymagające precyzji w sektorze rolniczym, pomagają optymalizować logistykę, ułatwiają usuwanie skutków klęsk żywiołowych i wykonują krytyczne operacje wojskowe, takie jak rozpoznanie i rozbrajanie bomb (EU-OSHA, 2022b).

Sztuczna inteligencja odgrywa kluczową rolę w automatyzacji zadań umysłowych i fizycznych, wspomagając takie zastosowania, jak monitoring stanu zdrowia, autonomiczne systemy jazdy, chatboty i roboty przemysłowe (EU-OSHA, 2022f). SI wspomaga również takie procesy jak obsługa klienta, tłumaczenia i operacje kasowe, co zmniejsza obciążenie pracą personelu i zwiększa produktywność (Petersen i in., 2023; Babashahi i in., 2024). Innowacje technologiczne zmieniają niemal każdą branżę, nawet te tradycyjnie uważane za niewymagające stosowania zaawansowanej technologii (MOP, 2023).

⁴ <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/intr-03-2022-0214/full/html>

⁵ Zaawansowana robotyka, termin, który pojawił się w latach 80. XX wieku, odnosi się do robotów wyposażonych w zaawansowane oprogramowanie i sprzęt zdolny do podejmowania inteligentnych decyzji, w przeciwieństwie do tradycyjnych maszyn (Robotnik, 2022). Integracja technologii sztucznej inteligencji umożliwia robotom niezależną interakcję z otoczeniem i wykonywanie złożonych zadań (Licardo i in., 2024).

Globalny wpływ automatyzacji i sztucznej inteligencji na miejsca pracy jest znaczący. MOP (2023) szacuje, że automatyzacja może przynajmniej częściowo dotknąć prawie 75 milionów miejsc pracy na całym świecie, podczas gdy sztuczna inteligencja – 427 milionów w różnych sektorach. Liczby różnią się w zależności od regionu i czynników demograficznych. Regiony o zrównoważonych rynkach pracy, jak Europa i Ameryka Północna, są najbardziej narażone na automatyzację (ONZ/MOP, 2024). Azja, Afryka i Ameryka Łacińska są mniej narażone ze względu na duże znaczenie w gospodarce rolnictwa i sektorów nieformalnych, na które generatywna sztuczna inteligencja ma mniejszy wpływ (ONZ/MOP, 2024). W Chinach technologie sztucznej inteligencji, takie jak duże modele językowe mogą wypierać personel zatrudniony na lepiej płatnych, wymagających doświadczenia stanowiskach, zmieniając wcześniejsze trendy popytu na pracę (Chen i in., 2023).

Generatywna sztuczna inteligencja ma nieproporcjonalnie duży wpływ na prace wykonywane przez kobiety. W większości regionów prawdopodobieństwo zastąpienia ich pracy przez automatyzację jest ponad dwukrotnie większe niż w przypadku mężczyzn (ONZ/MOP, 2024). Szczególnie zagrożone są zawody związane z outsourcingiem procesów biznesowych, takie jak praca w centrach obsługi telefonicznej, która jest znaczącym źródłem formalnego, stosunkowo dobrze płatnego zatrudnienia dla kobiet w gospodarkach rozwijających się (ONZ/MOP, 2024).

1.1.1 Jak automatyzacja i robotyka zwiększają bezpieczeństwo i higienę pracy

► **Odsuwanie pracowników od środowisk i ekspozycji na czynniki wysokiego ryzyka**
Roboty coraz częściej zastępują pracowników przy wykonywaniu niebezpiecznych zadań i w środowiskach wysokiego ryzyka, często określanymi jako „3D”, czyli prace brudne, niebezpieczne i poniżające (ang. Dirty, Dangerous and Demeaning). W górnictwie, budownictwie i produkcji, roboty umożliwiają pracownikom zdalne nadzorowanie niebezpiecznych operacji, zmniejszając narażenie na ryzyko, takie jak rakotwórcze opary spawalnicze, rozbrajanie bomb, czy wycieki chemikaliów (Robots.com, 2017; CCOHS, 2022b). Innym przykładem jest usuwanie skutków katastrof, gdzie wykorzystuje się roboty naziemne, powietrzne i morskie, które są odporne na ekstremalne warunki, takie jak wysoka temperatura, wilgoć i promieniowanie (Guizzo, 2023; Soori i in., 2023). Również w ochronie zdrowia użycie robotów przyczynia się na przykład do zmniejszenia narażenia pracowników na promieniowanie podczas rezonansów i prześwietleń rentgenowskich lub dezynfekcji promieniami UV. W czasie pandemii COVID-19 roboty wspomagały minimalizację ryzyka poprzez obsługę transportu pacjentów i urządzeń sanitarnych (Deo i Anjankar, 2023; Mehta i in., 2023; Su i in., 2021). Roboty sprawdzają się również w środowiskach o ekstremalnych temperaturach, takich jak praca przy obsłudze pieców w produkcji lub na zamrożonych platformach naftowych (A3 Marketing Team, 2019).

► **Pięć niebezpiecznych prac, które roboty mogą wykonywać bezpiecznie (Owen-Hill, 2022)**

- **Podnoszenie bardzo ciężkich i ciężkich przedmiotów.** Roboty mogą podnosić przedmioty, o wagach które przekraczają ludzkie możliwości. Mogą one również podnosić lżejsze przedmioty, których codzienne podnoszenie może z czasem stanowić zagrożenie dla pracowników.
- **Mieszanie stopionego metalu o temperaturze 2000°C.** Możliwe jest wykorzystanie robotów do oczyszczania palenisk pieców, czyli mieszania stopionego metalu w celu usunięcia odpadowego produktu ubocznego – żużlu – z paleniska. Proces ten wymaga od pracowników mieszania metalu za pomocą długiej lancy tlenowej, co potencjalnie może spowodować poparzenie pracownika kaskadą płonących iskier. Robotyczne ramiona mogą być osłonięte odporną na ciepło powłoką, która pozwala im wytrzymać środowisko o tak wysokiej temperaturze.

- ▶ **Zbieranie i pakowanie odpadów radioaktywnych.** Praca z materiałami radioaktywnymi wiąże się z nieodłącznym ryzykiem dla zdrowia ludzkiego. Jeśli chodzi o prace związane z utylizowaniem odpadów radioaktywnych pochodzących z elektrowni jądrowych, robotyka stanowi najbezpieczniejsze i najbardziej opłacalne rozwiązanie.
- ▶ **Praca w zanieczyszczonym i zapyłonym środowisku.** Roboty mogą poprawić bezpieczeństwo pracowników zatrudnionych w niebezpiecznych środowiskach pracy, takich jak te zanieczyszczone pyłem lub toksycznymi chemikaliami.
- ▶ **Powtarzające się ruchy fizyczne.** Roboty doskonale nadają się do wykonywania powtarzalnych zadań, które dla pracowników mogłyby stanowić istotne ryzyko poważnych zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego.

Bezzałogowe statki powietrzne (BSP), takie jak drony, mogą być wykorzystywane do autonomicznego wykonywania operacji w obszarach, w których interwencja człowieka jest niebezpieczna, trudna, kosztowna lub wysoce fizycznie wymagająca (Kanellakis i Nikolakopoulos, 2017). Do przykładowych zastosowań BSP można zaliczyć pomoc w nagłych wypadkach, zbieranie danych i wykonywanie zadań niebezpiecznych dla ludzi, takich jak prace na wysokości lub w ekstremalnych środowiskach, także niebezpiecznych lub toksycznych (HSE Network, 2020). W rolnictwie drony są coraz częściej wykorzystywane do rozpylania pestycydów, zmniejszając narażenie ludzi na szkodliwe chemikalia mogące powodować nowotwory, zatrucia i uszkodzenia neurologiczne (MOP, 2021b).

Na przykład, w Chinach drony zostały szeroko wdrożone do rozpylania pestycydów i w 2021 r. przeprowadziły ponad 200 000 operacji (Ozkan, 2024). Skuteczne szkolenie operatorów dronów ma jednak kluczowe znaczenie dla zapobiegania zagrożeniom, na które narażeni są pracownicy i środowisko (Amarasinghe i in., 2019; Yan i in., 2021; Kuster i in. 2023).

Zastosowanie dronów do rozpylania pestycydów w nowoczesnym rolnictwie

Ręczne rozpylanie pestycydów na polach uprawnych naraża rolników na ryzyko negatywnych skutków dla zdrowia. Wykorzystanie dronów jest obiecującą alternatywą i jedną z pręźnie rozwijających się metod w Indiach. W badaniu przeprowadzonym przez Borikar i in. (2022) zgłębiono najnowsze osiągnięcia technologiczne i ich zastosowania w urządzeniach, sterownikach lotu i elektronicznych regulatorach prędkości, inteligentnych czujnikach rolniczych oraz systemach opryskiwania. Do najważniejszych osiągnięć w zakresie technologii dronowych należą kamery multispektralne do monitorowania upraw, opryskiwanie z wykorzystaniem GPS aktywowane przez obrazowanie w czasie rzeczywistym, regulacja dysz sterowana smartfonem oraz automatyczna i oparta jest na sztucznej inteligencji kontrola dozowania pestycydów na podstawie prędkości i trasy drona. Podsumowując, badanie wykazało, że użycie dronów pozwala wykonywać zadania związane z rozpylaniem pestycydów szybko i dokładnie, jednocześnie ograniczając zagrożenia dla zdrowia ludzi.



► Minimalizowanie przeciążeń fizycznych

Systemy zrobotyzowane są coraz częściej wykorzystywane do ograniczania powtarzalnych lub uciążliwych zadań w różnych sektorach. Technologie te pomagają złagodzić narażenie na działanie dużych sił, niewygodnych pozycji i powtarzalnych ruchów, które są kluczowymi czynnikami związanymi z zaburzeniami układu mięśniowo-szkieletowego (EU-OSHA, 2021; 2022a). Przejmując powtarzalne, manualne i niestymulujące umysłowo zadania, roboty pozwalają pracownikom skupić swoją energię na bardziej strategicznych i kreatywnych aspektach pracy (Timbó, 2023).

Egzoszkielety to roboty przeznaczone do noszenia na ciele, wykorzystywane do korygowania, wspomagania oraz zwiększania zakresów postawy, ruchu lub aktywności fizycznej użytkownika w zadaniach wymagających pracy ręcznej lub wysiłku fizycznego (CCOHS, 2022a). Są one coraz częściej wykorzystywane w branżach takich jak budownictwo, produkcja, rolnictwo i opieka zdrowotna (Flor-Unda i in., 2023; Ekso Bionics, 2022). Badania pokazują, że podczas wykonywania zadań wymagających przenoszenia materiałów, egzoszkielety znacznie zmniejszają aktywność i obciążenie mięśni, szczególnie pleców i nóg (Bär i in., 2021; Park i in., 2022). Wykazano, między innymi, że egzoszkielety zmniejszają aktywność mięśni pleców nawet o 53%, a obciążenie nóg o 63%. Zmniejsza to ryzyko urazów i przyczynia się do długoterminowych oszczędności w opiece zdrowotnej i produktywności (Zelik i in., 2022; Kirpestein, i in., b.r.w.). Poprzez minimalizowanie wysiłku fizycznego i zmęczenia, egzoszkielety mogą również złagodzić stres i poprawiać ogólne samopoczucie psychiczne (Vallée, 2024).

Studium przypadku: Egzoszkielety w logistyce oraz małych i średnich przedsiębiorstwach budowlanych

O ile duże zakłady produkujące i montujące samochody są bardziej otwarte na stosowanie egzoszkieleatów, ich stosowanie w małych i średnich przedsiębiorstwach (MŚP) pozostaje ograniczone. W badaniu przeprowadzonym przez Rafique i in. (2024) przeanalizowano korzyści płynące z zastosowania egzoszkieleatu przy różnych zadaniach w MŚP, w szczególności w sektorach logistyki i budownictwa. Pracownicy tych sektorów uczestniczyli w warsztatach, podczas których mierzono aktywność ich mięśni za pomocą czujników elektromiograficznych.

Badanie wykazało, że pasywne egzoszkieleaty znacznie zmniejszyły aktywność mięśni podczas takich czynności, jak prace wykonywane na poziomie głowy i ramion, długotrwałe siedzenie i klęczenie oraz podnoszenie/przenoszenie ciężarów. Wyniki wykazały nawet 66% redukcję aktywności mięśni w przypadku zadań mocniej obciążających górną część ciała i do 54% w przypadku zadań angażujących dolną część ciała, co wskazuje na potencjał egzoszkieleatów w łagodzeniu dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego spowodowanych pracą.



Studium przypadku: Robotyka w opiece zdrowotnej – poprawa bezpieczeństwa i ograniczenie ryzyka

Od diagnostyki i dezynfekcji po chirurgię i pomoc pacjentom, robotyka odgrywa kluczową rolę w zakresie ochrony pracowników sektora opieki zdrowotnej.

Roboty zmniejszają narażenie pracowników na promieniowanie podczas rezonansów magnetycznych i prześwietleń rentgenowskich oraz minimalizują ryzyko infekcji przy transporcie pacjentów, wykonują czynności sanitarne oraz autonomiczne testy diagnostyczne na obecność chorób (Su i in., 2021; Deo i Anjankar, 2023). W czasie pandemii COVID-19, opracowano autonomicznego robota do pobierania wymazów, który bezpiecznie wykonywał badania przesiewowe bez interwencji człowieka (Haddadin i in., 2024). Testowany na 52 pacjentach, wykazał wysoką dokładność, wysoki wskaźnik akceptacji i zdolność do przeprowadzania do 300 testów dziennie. Zautomatyzowane lub wspomagane przez roboty pobieranie wymazów może zwiększyć wydajność testowania przy jednoczesnej ochronie personelu (Yang i in., 2020).

Na stanowiskach wymagających dużego wysiłku, roboty i egzoszkielety pomagają zmniejszyć obciążenie fizyczne i ryzyko urazów, co jest szczególnie ważne np. w pielęgniarstwie, opiece nad osobami starszymi i chirurgii. Poprzez wspomaganie ruchu pacjenta, technologia odciąża opiekunów i zmniejsza ryzyko urazów układu mięśniowo-szkieletowego (Richarz i in., 2023; Persson i in., 2021). Ponadto tego typu rozwiązania pomagają zapobiegać wypaleniowi zawodowemu i stresowi, szczególnie w środowiskach o wysokim zapotrzebowaniu na personel (O'Connor, 2021).

Operacje z użyciem robotów zrewolucjonizowały również procedury chirurgiczne, zwiększając precyzję, zmniejszając obciążenie pracą i poprawiając ergonomię w stosunku do operacji tradycyjnych i laparoskopowych (Wee i in., 2020). Niemniej jednak dyskomfort szyi, ramion i pleców odczuwany przez pracowników pozostaje wyzwaniem ze względu na konstrukcję konsoli robotów, co podkreśla potrzebę wdrożenia lepszych praktyk ergonomicznych i formalnego szkolenia w celu zminimalizowania obciążenia (Patel i in., 2023).

Chociaż roboty mogą wspierać pracowników ochrony zdrowia, zmniejszając ryzyko i poprawiając wydajność, nie mogą zastąpić ról, które wymagają empatii, osądu i podejmowania decyzji (Witkowski i in., 2024).

► Ograniczenie powtarzalnych i monotonnych zadań

Automatyzację można wykorzystać do wykonywania powtarzalnych i monotonnych prac biurowych lub administracyjnych, takich jak wypełnianie formularzy oraz przetwarzanie wniosków i dokumentów prawnych (EU-OSHA, 2022e). Dla przykładu, wykorzystywane w obsłudze klienta chatboty i wirtualni asystenci SI mogą odpowiadać nawet na złożone zapytania, tym samym zmniejszając obciążenie pracą personelu (Babashahi i in., 2024). Niedawno przeprowadzone badanie wykazało, że sztuczna inteligencja może pomóc zautomatyzować około 84% powtarzalnych transakcji w 400 usługach rządowych w Wielkiej Brytanii (The Alan Turing Institute, 2024). Z kolei w ochronie zdrowia „społeczne” lub interaktywne roboty zmniejszają obciążenie pracą poprzez zbieranie parametrów życiowych i danych pacjenta, pozwalając specjalistom skupić się na złożonych zadaniach i opiece nad pacjentem (Ragno i in., 2023). Także w szkolnictwie można wykorzystywać roboty, np. do oceniania zadań, śledzenia obecności i planowania spotkań, dzięki czemu nauczyciele mogą skupić się na nauczaniu na wyższym poziomie, zapominając o tzw. papierkowej robocie (Jose, 2023).

Wdrożenie SI pozwala zwolnić pracowników z konieczności planowania i wykonywania niektórych zadań, a czasem również zmniejsza potrzebę przewidywania przebiegu procesów lub poświęcania energii na monitorowanie swojego bezpieczeństwa (EU-OSHA, 2023a). Badanie przeprowadzone wśród 34 000 pracowników w 18 krajach wykazało, że 64% badanych zgodziło się ze stwierdzeniem, że automatyzacja pomogła zmniejszyć zarówno ich obciążenie pracą, jak i stres, a w przypadku tych pracowników, którzy cieszyli się miejscami pracy o niskim poziomie stresu, 72% przypisało to częściowo dostępowi do narzędzi i technologii umożliwiających produktywną pracę (McKendrick, 2019).

Według niektórych pracowników, automatyzacja i sztuczna inteligencja mogą sprawić, że praca nabierze dla nich większego znaczenia. Wśród powodów wymieniane są np.: usprawnienie uczenia się osób, wspieranie podnoszenia kwalifikacji i rozwoju oraz umożliwienie pracownikom większej kontroli i autonomii dzięki lepszemu dostępowi do informacji (Bankins i Formosa, 2023). Istnieje tendencja do zwiększania kontroli nad pracą, gdy wdrażane są systemy autonomiczne. Wynika to z faktu, że zwiększają one zdolność pracowników do przeznaczania czasu na inne zadania (EU-OSHA, 2022a). W przypadku niektórych pracowników automatyzacja zadań może przenieść ich na wyższe, nadzorcze stanowiska o większym wpływie na podejmowanie decyzji (EU-OSHA, 2023a). Według badań, 92% ankietowanych pracowników umysłowych zgodziło się ze stwierdzeniem, że automatyzacja poprawiła jakość ich pracy (Zapier, 2021).⁶

1.1.2 Potencjalne zagrożenia związane z wdrażaniem automatyzacji i zaawansowanej robotyki

Wraz z wdrożeniem robotów lub egzoszkieleatów do miejsca pracy, mogą pojawić się zagrożenia, które muszą zostać dokładnie rozpatrzone i odpowiednio zarządzane, aby zapewnić bezpieczeństwo pracowników. Choć roboty skutecznie zastępują ludzi w wykonywaniu niebezpiecznych zadań, to pracownicy odpowiedzialni za konserwację lub naprawę tych maszyn mogą być narażeni na nowe zagrożenia. Podobnie, automatyzacja zadań umysłowych i fizycznych może znacznie poprawić warunki BHP, ale jeśli nie będzie odpowiednio oceniona i zarządzana może nieść za sobą nowe zagrożenia. Zestawienie możliwych zagrożeń związanych z automatyzacją i zaawansowaną robotyką, zgodnie z dostępnymi opracowaniami, uwzględnia następujące kwestie.

Zagrożenia dla bezpieczeństwa. Typowe zagrożenia dla bezpieczeństwa związane z wykorzystaniem robotyki w miejscu pracy obejmują kwestie interakcji człowiek-robot, wdrożenie nieodpowiednich środków bezpieczeństwa, awarie mechaniczne i programistyczne oraz błędy ludzkie, z których wszystkie mogą prowadzić do wypadków i zwiększonego obciążenia pracowników (Ken Institute, 2024). Wypadki w miejscu pracy mogą również wynikać z nieprzewidywalnego zachowania robotów. Usterki oprogramowania, awarie czujników lub błędne interpretacje dokonane przez SI mogą prowadzić do nieoczekiwanych ruchów lub awarii mechanicznych, powodując obrażenia, takie jak zmiażdżenia, złamania lub rany szarpane, szczególnie w sektorze przemysłowym (EU-OSHA, 2022a). Korzystanie z BSP stwarza ryzyko urazów tępym narzędziem lub ran ciętych, zwłaszcza dla operatorów lub personelu serwisowego, szczególnie w przypadku nagłej awarii lub utraty kontroli nad urządzeniem (Smith, 2019; Arterburn i in., 2017; Campolettano i in., 2017).

Żle dopasowane lub skonstruowane egzoszkieleaty, szczególnie w przypadku używania przez pracowników płci żeńskiej, mogą prowadzić do urazów, ograniczeń mobilności i zwiększonego ryzyka upadków (CCOHS, 2022a; Flor, 2023). W sytuacjach awaryjnych urządzenia te mogą utrudniać szybką ewakuację, a także powodować obrażenia wynikające z nieprawidłowego działania (Akyıldız, 2023; IOSH, 2023). Ponadto stosowanie ich w środowiskach o wysokiej temperaturze może zwiększać ryzyko wystąpienia zagrożeń, ponieważ egzoszkieleaty zatrzymują ciepło ciała, a roboty generują nadmiar ciepła podczas ładowania (Mikołajczyk i in., 2023).

Nadmierne poleganie na automatyzacji, w tym systemach zrobotyzowanych i egzoszkieleatach, może przyczynić się do zjawiska deskillingu, czyli obniżenia umiejętności, również w wymiarze zmniejszenia zdolności pracowników do skutecznego reagowania na nieoczekiwane sytuacje (Tegtmeier i in., 2022). Co więcej, podatności automatycznych systemów na zagrożenia cybernetyczne stwarzają ryzyko dla bezpieczeństwa funkcjonalnego, ponieważ ataki hackerskie mogłyby ominąć zabezpieczenia, potencjalnie prowadząc do niebezpiecznych, niezamierzonych operacji wykonywanych przez maszyny (Korfmacher, 2019).

Zagrożenia ergonomiczne. Zła postawa ciała przyjmowana podczas interakcji człowiek-maszyna lub korzystania z egzoszkieleatu może prowadzić do przeciążeń i zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego (MOP, 2019; Costantino i in., 2021). Praca z cobotami może prowadzić do przeciążeń ergonomicznych wynikających z powtarzalnych zadań, ponieważ pracownicy muszą utrzymywać określone pozycje lub dokonywać ciągłych drobnych korekt, aby prowadzić maszynę lub wchodzić z nią w interakcje. Z czasem te powtarzające się ruchy mogą przyczyniać się do zmęczenia, nadwyrężenia mięśni i przewlekłego bólu (Tegtmeier i in., 2023). Co więcej, systemy zrobotyzowane często nie są projektowane z myślą o płci

6 Pracownicy umysłowi to na przykład pracownicy wysokiego szczebla, którzy stosują wiedzę teoretyczną i analityczną zdobytą podczas formalnego szkolenia w celu opracowywania produktów i usług, aby pomóc ogółowi.



© iStock/gorodenkoff

użytkownika przez co są one bardziej niekorzystne ergonomicznie dla kobiet, które mogą doświadczać większego obciążenia i mniejszej funkcjonalności urządzenia ze względu na niedopasowania rozmiaru, wymaganego zasięgu i siły (Hislop i in., 2024).

Hałas i drgania. Roboty i egzoszkielety, jeśli nie będą odpowiednio zaprojektowane, mogą powodować zagrożenia związane z hałasem i drganiami, co potencjalnie może przyczynić się do uszkodzenia słuchu oraz dyskomfortu mięśniowo-szkieletowego (Costantino i in., 2021).

Kontakt z substancjami chemicznymi. Akumulatory stosowane w rozwiązaniach technologicznych mogą się przegrzewać lub wyzalać substancje żrące. Stwarza to ryzyko poparzeń i ekspozycji pracowników na działanie szkodliwych substancji chemicznych (Costantino i in., 2021). Ponadto długotrwały kontakt z plastikowymi i metalowymi elementami może powodować podrażnienia skóry lub reakcje alergiczne szczególnie u pracowników korzystających z egzoszkieleatów, a także osób pracujących w gorących lub wilgotnych warunkach. W niektórych branżach automatyzacja może nasilać istniejące już zagrożenia chemiczne. Przykładem jest zmechanizowanie górnictwa, gdzie z powodu intensywnego wytwarzania niebezpiecznego pyłu może zwiększać się ryzyko zachorowania na krzemicę (Hoy i in., 2022).

Ryzyka organizacyjne i psychospołeczne. Wdrożenie automatyzacji i zaawansowanej robotyki może prowadzić do nowych psychospołecznych czynników ryzyka, które mogą mieć wpływ na zdrowie psychiczne pracowników, ich zadowolenie z pracy i ogólne samopoczucie. Wśród kluczowych zagrożeń można wymienić następujące:

- **Kontrola nad pracą.** Zastosowanie systemów zrobotyzowanych może znacznie zmniejszyć możliwości pracowników do kontroli wykonywanych zadań. W efekcie pogarsza się ich zdolność do podejmowania decyzji lub korzystania z własnej kreatywności i osądu. Może to prowadzić do wyczerpania emocjonalnego, drażliwości i zmniejszenia poczucia sensu pracy, szczególnie w sektorach takich jak produkcja i usługi (EU-OSHA, 2022a; Smids i in., 2020).

- **Tempo i obciążenie pracą.** Automatyzacja często intensyfikuje pracę, narzucając napięte harmonogramy i zwiększając tempo wykonywania zadań, co prowadzi do wyższego poziomu stresu, błędów i zmęczenia. Pracownicy serwisujący roboty lub pracujący z nimi muszą dostosowywać się do rytmu pracy maszyny, często z ograniczoną elastycznością pracy i bez wystarczającego czasu na regenerację, co zwiększa ryzyko wyczerpania fizycznego i psychicznego (EU-OSHA, 2022b). To wywiera na pracownika presję, szczególnie w środowiskach o szybkim tempie, takich jak produkcja i logistyka, gdzie ciągłe dostosowywanie się do systemów zrobotyzowanych może z czasem prowadzić do zmęczenia, stresu i zmniejszonej satysfakcji z pracy (Smids i in., 2020). Kolejną obawą jest przeciążenie poznawcze, ponieważ pracownicy muszą monitorować i wchodzić w interakcje ze złożonymi systemami robotycznymi. Jednocześnie muszą oni dbać o dostosowanie swoich zadań do zautomatyzowanych cykli pracy, zmniejszając równowagę między zadaniami rutynowymi i zaawansowanymi oraz dodatkowo zwiększając obciążenie psychiczne (EU-OSHA, 2024b).
- **Organizacja wykonywanych zadań.** Korzystanie z automatyzacji wiąże się z dzieleniem pracy na małe, powtarzalne zadania, co może zmniejszać poczucie spełnienia i autonomii u pracowników. W niektórych przypadkach zaawansowana robotyka i systemy SI tworzą monotonne mikrozadania, które negatywnie wpływają na satysfakcję z pracy i morale, a jednocześnie ograniczają autonomię i zmniejszają poczucie sensu wykonywanej pracy (Bérastégui, 2021; Tegtmeier i in., 2022; Bankins i Formosa, 2023). Co więcej, podział pracy na małe lub zlecane na zewnątrz zadania może prowadzić do rozdrobnienia ścieżek kariery, poczucia niepewności zatrudnienia i zmniejszonej satysfakcji z pracy (EU-OSHA, 2023g).
- **Izolacja społeczna.** Wraz z rosnącą automatyzacją miejsc pracy, interakcje międzyludzkie często maleją, pozostawiając pracowników bardziej pochłoniętych technologiami i danymi. Ta izolacja może negatywnie wpływać na dobrostan społeczny i tworzyć mniej angażujące środowisko pracy (Marsh, E., Vallejos, E. P., & Spence, A., 2022).
- **Nierówności i dyskryminacja.** Wdrożenie automatyzacji i zaawansowanej robotyki może prowadzić do nieumyślnego pogłębienia nierówności w miejscu pracy. Przykładem tego jest projektowanie i stosowanie technologii, które pomijają potrzeby niektórych grup, takich jak kobiety lub pracownicy z niepełnosprawnościami fizycznymi, co prowadzi do zaburzeń ergonomicznych lub wykluczenia z niektórych zadań (Flor, 2023; CCOHS, 2022a). Również starsi pracownicy mogą napotykać większe wyzwania w zakresie adaptacji do nowych technologii, ponieważ mogą oni potrzebować więcej czasu na zdobycie umiejętności potrzebnych do efektywnego wykorzystania nowych rozwiązań, co potencjalnie stawia ich w niekorzystnej sytuacji w porównaniu z młodszymi kolegami (IMF, 2024a). Ponadto pracownicy zatrudnieni na stanowiskach wymagających niższych kwalifikacji lub w sektorach o ograniczonym dostępie do szkoleń mogą być bardziej narażeni na utratę pracy, co jeszcze bardziej pogłębia przepaść między zawodami wymagającymi i niewymagającymi wysokich kwalifikacji (Murray, 2024).
- **Niepewność zatrudnienia i rozwój kariery.** Główną obawą związaną z automatyzacją i technologiami cyfrowymi jest ich wpływ na zatrudnienie i nierówności społeczne. Pracownicy zatrudnieni na stanowiskach niewymagających wyższych kwalifikacji lub osoby niezaznajomione z nowymi technologiami mogą doświadczać zwiększonego stresu i niepokoju z powodu ryzyka utraty pracy, przy czym 21% pracowników w Europie (EU-OSHA, 2023b) i 22% pracowników w Ameryce wyraża obawy dotyczące potencjalnej utraty pracy, obniżenia wynagrodzenia i stresu (Saad, 2023). Niepewność związana ze zmianami wynikającymi z automatyzacji pracy może przyczynić się do długotrwałego napięcia psychicznego, szczególnie w przypadku pracowników pozbawionych możliwości przekwalifikowania się lub rozwoju kariery. Z biegiem czasu obawy te zwykle maleją, ponieważ utrata miejsc pracy nie jest systematycznym zagrożeniem i różni się znacznie w zależności od sektora i pełnionej przez pracownika roli (Tamers i in., 2020; Dekker i in., 2017). Największy wpływ automatyzacja ma często na jakość pracy, wpływając na jej intensywność, autonomię pracowników oraz wymagania dotyczące umiejętności, a nie na ogólny poziom zatrudnienia (MOP, 2023).

► Technostres - nowe wyzwanie

W wyniku ciągłych zmian technologicznych pojawiło się zjawisko tzw. technostresu, które prawdopodobnie będzie się nasilać. Jest to rodzaj stresu spowodowany trudnościami w dostosowaniu się do nowych technologii komputerowych, a także wymogiem dłuższej i szybszej pracy, trudnościami w zrozumieniu niektórych zadań lub niepewnością związaną z systemami sztucznej inteligencji, które są stale aktualizowane (Rohwer i in., 2022).



1.2 Inteligentne narzędzia BHP i systemy monitorowania

Cyfrowe technologie monitorowania umożliwiają ciągłe śledzenie zagrożeń w miejscu pracy pozwalając na natychmiastowe ostrzeganie i wczesne wdrażanie środków zapobiegawczych i kontrolnych. Aby ocenić zagrożenia ergonomiczne, poziom hałasu, jakość powietrza, ekstremalne temperatury i parametry fizjologiczne pracowników,⁷ takie systemy integrują technologie bazujące na czujnikach, elektronice noszonej i urządzeniach smart, bezzałogowych statkach powietrznych, analityce opartej na SI i konwencjonalnych technologiach bezprzewodowych (EU-OSHA, 2022g; Sabino i in., 2024; Brous i in., 2020). Poprzez monitorowanie ruchów pracowników, ich postawy, tętna, temperatury ciała i poziomu zmęczenia, urządzenia gromadzą krytyczne dane dotyczące zdrowia i ekspozycji na zagrożenia, ułatwiając zapobieganie urazom, wczesne wykrywanie zagrożeń oraz zapewniając bezpieczniejsze i zdrowsze środowisko pracy (Aksüt i in., 2024; Costantino i in., 2021).

Systemy smart są coraz częściej wykorzystywane w sektorach wysokiego ryzyka, takich jak górnictwo, budownictwo, rolnictwo, przemysł tekstylny i chemiczny, gdzie wymagająca praca fizyczna i niebezpieczne warunki zwiększają ryzyko wypadków. Technologie te zapewniają ciągłe monitorowanie, zwiększając ochronę pracowników i zmniejszając ryzyko wystąpienia zagrożeń (Aksüt i in., 2024). Urządzenia te nie tylko zapewniają natychmiastowe ostrzeżenia o potencjalnych zagrożeniach, ale także mogą gromadzić cenne dane z różnych branż, wspierając wdrażanie skutecznych środków zapobiegawczych opartych na dowodach (O'Brien 2023).

Studium przypadku: Korea Południowa usprawnia BHP dzięki SI i cyfryzacji Korea)

Południowokoreańskie Ministerstwo Pracy integruje SI i cyfryzację z praktykami BHP, koncentrując się na ocenie ryzyka i zgłaszaniu wypadków.⁸ Władze zachęcają do noszenia czujników, które monitorują stan zdrowia pracowników w czasie rzeczywistym i ostrzegają przełożonych o potencjalnych zagrożeniach. Dane te są zintegrowane w centralnym systemie, co usprawnia monitorowanie incydentów i analizę trendów. Inicjatywa jest szczególnie skoncentrowana na branżach wysokiego ryzyka, takich jak budownictwo, gdzie czujniki śledzą parametry życiowe i wykrywają niebezpieczne warunki, aby np. ostrzegać przed zmęczeniem, a przede wszystkim zapobiegać wypadkom. Koncepcja promuje również wykorzystanie dronów do inspekcji trudno dostępnych obszarów, takich jak wysokie konstrukcje lub ograniczone przestrzenie, aby zminimalizować narażenie pracowników na te potencjalnie niebezpieczne środowiska.

⁷ Konwencjonalne technologie bezprzewodowe obsługujące systemy monitorowania to między innymi Bluetooth, identyfikacja radiowa, Wi-Fi, promieniowanie podczerwone i kamery.

⁸ Strategia SI

1.2.1 Jak inteligentne cyfrowe systemy monitorowania wpływają na poprawę bezpieczeństwa i zdrowia pracy

► Czujniki środowiskowe i systemy oparte na SI

Czujniki środowiskowe śledzą jakość powietrza, poziom hałasu, temperaturę i wilgotność, pomagając zidentyfikować zagrożenia w miejscu pracy.⁹ Mogą one wykrywać zanieczyszczenia powietrza, niebezpieczne gazy i opary, a następnie uruchamiać alerty ostrzegające pracowników o niebezpiecznych warunkach, zanim staną się one krytyczne (Zamarian, 2023). Inteligentne systemy kontroli klimatu dostosowują ustawienia ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, aby utrzymać bezpieczne warunki pracy, łagodząc ryzyko związane z przegrzaniem lub wychłodzeniem (MOP, 2024).

Drony wyposażone w kamery, czujniki temperatury i gazu oraz GPS są szczególnie przydatne w odległych lub niebezpiecznych środowiskach, takich jak miejsca katastrof lub zamknięte przestrzenie, gdzie dostęp dla ludzi jest ograniczony (Kanellakis i Nikolakopoulos, 2017). Nadzór wideo oparty na SI zwiększa bezpieczeństwo poprzez monitorowanie ruchów i zachowań pracowników, wydawanie w czasie rzeczywistym ostrzeżeń o niebezpiecznych działaniach, takich jak niewłaściwe podnoszenie, oraz wykrywanie zagrożeń, takich jak poślizgnięcia, potknięcia, upadki i nieprzestrzeganie środków ochrony indywidualnej (ŚOI) (Katwala 2017; O'Brien, 2023). Ponadto systemy konserwacji predykcyjnej oparte na SI wykrywają wczesne oznaki awarii maszyn, zapobiegając awariom sprzętu i zmniejszając ryzyko wypadków (O'Brien, 2023).

Studium przypadku: Zmniejszenie liczby wypadków dzięki analizie wideo opartej na SI

W Turcji w 2022 r. TİSK, TİSK MCV i grupa Intenseye wdrożyły projekt Türkiye's Journey to Zero Accidents, w którym wykorzystuje się analizę wideo opartą na SI w celu wczesnej identyfikacji zagrożeń i zapobiegania wypadkom (TİSK, 2022). Spółka Intenseye, działająca w ponad 25 krajach, zarejestrowała ponad 15 milionów przypadków niebezpiecznych zachowań i sytuacji. Technologia, którą wykorzystuje spółka ma na celu poprawę bezpieczeństwa, wydajności i jakości pracy. Projekt wspiera 200 firm z 21 sektorów. Po zintegrowaniu systemu SI w zakładach, zarejestrowano w nich spadek liczby wypadków w miejscu pracy.

Opierając się na tych możliwościach, narzędzia SI integrują dane z wielu źródeł, aby wspierać proaktywne zarządzanie BHP, identyfikując i łagodząc zagrożenia zanim przerodzą się one w wypadki. Oprócz zagrożeń fizycznych, monitorowanie cyfrowe może śledzić czas pracy wykazując ewentualne zbyt długie godziny pracy, pominięte przerwy lub oznaki stresu emocjonalnego, umożliwiając interwencje w celu zapobiegania przepracowaniu i wypaleniu zawodowemu (EU-OSHA, 2023h). Poprzez analizę wzorców zmęczenia i stresu, SI zapewnia spersonalizowane zalecenia i ukierunkowane wsparcie oraz przyczynia się poprawy samopoczucia pracowników i ich ogólnego bezpieczeństwa (Vorecol, 2024). Przykładowo chatboty wykorzystujące SI mogą analizować wzorce komunikacji, aby identyfikować zagrożenia psychospołeczne i oferować wsparcie (Cameron i in., 2017).

⁹ Internet rzeczy (IoT) zwiększa możliwości monitorowania, umożliwiając zdalny pomiar czynników zewnętrznych, takich jak temperatura, poziom hałasu i wilgotność, w środowisku przemysłowym.

Studium przypadku: Firma Adecco uruchamia narzędzie SI, aby zapobiegać wypadkom w miejscu pracy wśród pracowników tymczasowych¹⁰

W Turcji w 2022 r. TISK, TISK MCV i grupa Intenseye wdrożyły projekt Türkiye's Journey to Zero Accidents, w którym wykorzystuje się analizę wideo opartą na SI w celu wczesnej identyfikacji zagrożeń i zapobiegania wypadkom (TISK, 2022). Spółka Intenseye, działająca w ponad 25 krajach, zarejestrowała ponad 15 milionów przypadków niebezpiecznych zachowań i sytuacji. Technologia, którą wykorzystuje spółka ma na celu poprawę bezpieczeństwa, wydajności i jakości pracy. Projekt wspiera 200 firm z 21 sektorów. Po zintegrowaniu systemu SI w zakładach, zarejestrowano w nich spadek liczby wypadków w miejscu pracy.

Studium przypadku: Zwiększenie bezpieczeństwa kierowców dzięki SI¹¹

Wykorzystujące sztuczną inteligencję systemy kamer wpływają na bezpieczeństwo, gwarantując wgląd w czasie rzeczywistym w złożone sytuacje drogowe i wspierając bezpieczne zachowania kierowców. Dzięki zaawansowanej wizji komputerowej i szybszemu przetwarzaniu brzegowemu, system przechwytuje i analizuje wideo w czasie rzeczywistym, wysyłając ostrzeżenia do kierowców. Pomaga to ograniczać zagrożenia, takie jak rozproszenie uwagi, senność i niebezpieczne warunki drogowe. Niektóre systemy oferują również możliwość coachingu kierowców, dzięki wykorzystaniu danych analitycznych w celu wzmocnienia bezpiecznych praktyk i przeciwdziałania ryzykownym zachowaniom. Rozwiązania takie są szeroko stosowane w branżach, takich jak budownictwo, dostawy, transport ciężarowy, logistyka i usługi gastronomiczne, gdzie bezpieczeństwo floty ma kluczowe znaczenie.

► Inteligentna elektronika noszona

Noszone na ciele lub w jego pobliżu **inteligentne urządzenia monitorują zdrowie i bezpieczeństwo pracowników, wykrywając zagrożenia w czasie rzeczywistym**. Urządzenia te śledzą **parametry życiowe**, takie jak tętno, temperatura ciała i poziom stresu, a także czynniki środowiskowe, takie jak jakość powietrza i poziom hałasu. Wysyłają one również natychmiastowe powiadomienia o potencjalnych zagrożeniach umożliwiając szybkie reagowanie (Tucker i in., 2024).

Tabela nr 1 przedstawia różne rodzaje elektroniki noszonej

Szczególnym przykładem takiej technologii są inteligentne środki ochrony indywidualnej (ŚOI), które są połączeniem tradycyjnych ŚOI, takich jak odzież ochronna oraz czujników, baterii, modułów przesyłania danych i innych elementów technologicznych (EU-OSHA, 2020).

Elektronika noszona pomaga ograniczyć typowe zagrożenia w miejscu pracy, w tym poślizgnięcia, potknięcia, upadki i narażenie na działanie szkodliwych substancji. Urządzenia wyposażone w akcelerometry wykrywają nieprawidłową postawę i ruchy, ostrzegając pracowników o niebezpiecznych technikach podnoszenia i zagrożeniach ergonomicznych (Zhu, R., Song, R., Wang, Y., Wang, H. i Dong, X., 2021) Noszone na ciele czujniki jakości powietrza monitorują stężenie lotnych związków organicznych, tlenku węgla i innych toksycznych gazów. Dostarczają w czasie rzeczywistym ostrzeżenia o ekspozycji. Chronią pracowników przed zagrożeniami dla układu oddechowego

¹⁰ <https://industrialrelationsnews.ioe-emp.org/es/industrial-relations-and-labour-law-february-2024/news-1-1-1-3-1-1-1/article/adecco-launches-ai-based-tool-to-prevent-workplace-accidents-among-temporary-workers>

¹¹ <https://farmonaut.com/usa/revolutionizing-automotive-safety-advanced-ai-powered-driver-monitoring-systems-transform-fleet-management-in-the-americas/#:~:text=The%20Role%20of%20AI%20in%20Enhancing%20Driver%20Safety&text=By%20harnessing%20the%20power%20of,alert%20drivers%20in%20real%2Dtime>

► Tabela nr 1 – rodzaje elektroniki noszonej

			
Inteligentne kaski	Kamery nasobne	Emitags zawierające istotne dane medyczne	Nasobne czujniki oceniające poziom obciążenia pracą
Aktywne monitorowanie tętna użytkowników, temperatury ciała, lokalizacji i środowiska pracy.	Pozwalają tworzyć zdjęcia i filmy w czasie rzeczywistym z perspektywy pierwszej osoby na potrzeby zarządzania łańcuchem dostaw i monitorowania bezpieczeństwa, kontroli stężenia pyłu, kontroli procesów i inspekcji terenowych.	Inteligentne, ratujące życie urządzenia, które mogą zostać przymocowane do kasku lub innej płaskiej i czystej powierzchni. Zawierają informacje o pracownikach, takie jak alergie, schorzenia, przyjmowane leki a także dane kontaktowe.	Noszone na biodrze, plecach lub ramieniu, mogą ostrzegać użytkownika, gdy wykonuje potencjalnie niebezpieczne ruchy lub zadania (takie jak niewłaściwe podnoszenie) i wspierać ocenę ryzyka związanego.
			
Inteligentne rękawice	Opaski telemedyczne	Inteligentna odzież, np. kamizelki	Inteligentne okulary
Rękawice zawierające materiał chromogeny, które zmieniają kolor w kontakcie z niebezpiecznymi substancjami.	Elastyczne opaski, które mogą być noszone samodzielnie, monitorują i ostrzegają o oznakach zmęczenia i obniżonej czujności.	Wyposażona w czujniki wykrywające zagrożenia środowiskowe i zmiany pogody, a także potencjalne zagrożenia związane z ograniczoną widocznością. Odzież ta oferuje monitorowanie parametrów życiowych.	Wyświetlają informacje o bezpieczeństwie bez użycia rąk. Wykorzystują rozszerzoną rzeczywistość i zdalną pomoc, rozwiązując obawy związane ze zmęczeniem oczu.

Źródło: BIS, 2024; GAO, 2024; Aksüt i in., 2024; EU-OSHA, 2020; EU-OSHA, b.r.w.

(EU-OSHA, 2022g; DHS, 2023). W przypadku prac obarczonych wysokim ryzykiem, takich jak gaszenie pożarów, czujniki wykrywające obecność substancji chemicznych pomagają monitorować jakość powietrza i wykrywać niebezpieczne warunki, zmniejszając ryzyko narażenia na ich działanie (EU-OSHA, 2022 g).

Studium przypadku: Wykorzystanie czujników elektroniki noszonej w celu wczesnego wykrywania i reagowania przy upadkach z wysokości w miejscu pracy

Jedną z głównych przyczyn wypadków śmiertelnych na placach budowy są upadki z wysokości. W literaturze medycznej podkreśla się, że czas upływający po wypadku jest czynnikiem decydującym o przeżyciu i uniknięciu trwałej niepełnosprawności. W jednym z badań przeanalizowano wykorzystanie elektroniki noszonej w celu wykrywania wypadków spowodowanych upadkami z wysokości na placach budowy i szybkiego powiadamiania zespołu ratownictwa medycznego (Dogan i Akcamete, 2019). Ocena systemu wykazała, że upadki były wykrywane prawidłowo, a wiadomość alarmowa była wysyłana do wyznaczonych odbiorców ze 100% dokładnością.

Studium przypadku: Inteligentny kask zwiększający bezpieczeństwo w przemyśle wydobywczym (Dhanalakshmi i in., 2017)

Opracowano inteligentny kask, który oferuje różne funkcje, takie jak dwukierunkowa komunikacja, wykrywanie niebezpiecznych gazów, powiadamianie w przypadku zdjęcia kasku lub kolizji, przełącznik awaryjny na wypadek sytuacji kryzysowych oraz GPS do śledzenia lokalizacji użytkownika. Po rozpoznaniu obecności trującego gazu, przyłbica kasku zamyka się, a tlen jest dostarczany z butli tlenowej. Dodatkowo, kaski wykorzystują czujniki temperatury i ciśnienia do ciągłego monitorowania warunków środowiskowych. Informacje są przesyłane do pokoju kontrolnego za pośrednictwem sieci bezprzewodowej. W Amerykańskim Instytucie Bezpieczeństwa i Higieny Pracy (NIOSH), opracowano czujnik oceny stężenia pyłów, który dostarcza w czasie rzeczywistym informacji o poziomie narażenia na wdychanie pyłu węglowego.

Studium przypadku: Elektronika noszona ostrzegająca o ruchu w czasie rzeczywistym, wykorzystywana w celu zapobiegania zaburzeniom układu mięśniowo-szkieletowego u pracowników budowlanych

Zaburzenia układu mięśniowo-szkieletowego, zwłaszcza w obrębie dolnej części pleców oraz szyi, są powszechne wśród pracowników budowlanych ze względu na długotrwałe narażenie na niebezpieczne pozycje. System ostrzegania o ruchu w czasie rzeczywistym, opracowany przez Yan i in. (2017), wykorzystuje noszone inercyjne jednostki pomiarowe, aby pomóc pracownikom monitorować i korygować ryzykowne postawy. Po wykryciu ryzykownego ruchu aplikacja telefoniczna wysyła powiadomienie, które pomaga zapobiegać urazom bez rozpraszania uwagi pracowników. Przetestowany zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i terenowych system oferuje skuteczny i nieinwazyjny sposób na zmniejszenie ryzyka urazów mięśniowo-szkieletowych na placach budowy. Należy jednak zauważyć, że zła postawa może wynikać ze zmęczenia, presji i urazów związanych z innymi zadaniami, co należy uwzględnić w ocenie ryzyka.

W branżach o dużym natężeniu hałasu lub drgań, takich jak budownictwo i produkcja, technologie elektronicznej oceny takich zagrożeń, zapewniając zgodność z progami bezpieczeństwa i wysyłając ostrzeżenia, gdy ekspozycja przekracza bezpieczne limity. Podobnie, czujniki śledzą tętno i temperaturę ciała, pomagając zapobiegać chorobom związanym z przegrzaniem lub hipotermią, a także zachęcając do przerw i nawodnienia (Evalan, 2025).

Studium przypadku: Zmniejszenie narażenia na hałas w miejscu pracy dzięki inteligentnej ochronie słuchu (Brytyjska Rada Bezpieczeństwa 2024)

Inteligentna technologia ochrony słuchu może dostarczać pracownikom informacji zwrotnych na temat szkodliwych poziomów hałasu i wykrywać zagrożenia pomijane w konwencjonalnych ocenach ryzyka. Niedawno wykonana w ramach projektu budowy kolei w Wielkiej Brytanii próba wykazała, w jaki sposób urządzenia inteligentnej ochrony słuchu zbierają dane na temat narażenia na hałas, poziomów hałasu i stosowania osobistej ochrony słuchu, umożliwiając monitorowanie w czasie rzeczywistym i mapowanie poziomów hałasu w miejscu pracy. Systemy te nie tylko chronią pracowników przed szkodliwym hałasem, ale także pomagają dostosować metody pracy i wyeliminować zagrożenia u źródła.

Zebrane przez system dane ujawniły nierozpoznane wcześniej zagrożenia oraz przypadki, w których długotrwała ekspozycja na hałas, nawet przy użyciu środków ochrony słuchu, przekraczała bezpieczne limity. Zmiany wprowadzone na podstawie powyższych danych przyczyniły się do 50% zmniejszenia ogólnego narażenia na hałas, podkreślając skuteczność w poprawie bezpieczeństwa w miejscu pracy i ulepszaniu tradycyjnych metod oceny hałasu w sektorach wysokiego ryzyka, takich jak budownictwo kolejowe.

Poza zdrowiem fizycznym urządzenia do noszenia na ciele mogą wspierać dobre samopoczucie psychiczne poprzez monitorowanie stresu, zmęczenia i stanu emocjonalnego, co umożliwia wczesne wdrożenie działań zapobiegających wypaleni (Yorita i in., 2023).

Dodatkowo funkcja śledzenia lokalizacji usprawnia reagowanie w sytuacjach awaryjnych i zwiększa bezpieczeństwo pracowników, umożliwiając przełożonym identyfikację ich położenia podczas ewakuacji lub innych krytycznych zdarzeń i gwarantując szybszą reakcję (BIS, 2024).

1.2.2 Potencjalne zagrożenia związane z inteligentnymi systemami monitorowania

Choć elektronika noszona i inteligentne systemy monitorowania oferują znaczące korzyści dla bezpieczeństwa pracowników, niosą one za sobą również potencjalne zagrożenia, które należy starannie ocenić i odpowiednio nimi zarządzać. Co ważne, **hierarchia środków zarządzania ryzykiem**¹² powinna wyznaczać kolejność stosowania inteligentnych środków ochrony indywidualnej, które należy traktować jako ostateczność. Wymienione w raporcie urządzenia nie zastąpią eliminacji zagrożeń u ich źródła i mogą mimowolnie promować tolerancję ryzyka, zwłaszcza gdy niekorzystne wyniki monitorowania biologicznego nie są natychmiast widoczne. Co więcej, skupienie się na nagłych zagrożeniach może odwrócić uwagę od przewlekłych kwestii, takich jak długoterminowe problemy zdrowotne lub powtarzające się urazy, które rozwijają się z czasem. Wprawdzie rozwiązania technologiczne mogą skutecznie monitorować stany takie jak zmęczenie lub stres cieplny, to jednak nie odnoszą się one do czynników leżących u ich podstaw, takich jak zbyt długie godziny pracy i inne psychospołeczne czynniki ryzyka.

Poniżej omówiono główne wyzwania w dziedzinie BHP powiązane z omawianymi technologiami, na które zwrócono uwagę w literaturze.

12. Patrz tabela na str. 46.

Zagrożenia dla bezpieczeństwa

Kontakt wody z urządzeniami elektroniki noszonej wyposażonych w czujniki może prowadzić do zwarć lub porażenia prądem (EU-OSHA, 2022g). Awarie systemu lub błędy transmisji danych mogą opóźniać alerty i zwiększać ryzyko wypadków, jeśli pracownicy nadmiernie polegają na automatycznych ostrzeżeniach zamiast utrzymywać świadomość sytuacyjną (EU-OSHA, 2023f). Pola elektromagnetyczne generowane przez urządzenia mogą również zakłócać działanie implantów medycznych, takich jak rozruszniki serca (EU-OSHA, 2020). Niektóre badania sugerują, że długotrwała ekspozycja na promieniowanie emitowane przez urządzenia może stanowić pewne, niewielkie zagrożenie dla zdrowia (Costantino i in., 2021).

Komfort i satysfakcja użytkownika

Skuteczność wdrożenia elektroniki noszonej w dużej mierze zależy od wygody i satysfakcji użytkowników, którzy mogą nie chcieć stosować urządzeń nieporęcznych, niewygodnych lub źle zaprojektowanych (GAO, 2024). Problemy z rozmiarem, szczególnie w kontekście różnic między płciami i sylwetkami dodatkowo komplikują kwestię użyteczności. Długotrwałe korzystanie z tych urządzeń może skutkować fizycznym dyskomfortem, zmęczeniem lub poczuciem bezradności, zwłaszcza podczas awarii lub przestojów technologicznych (Patel i in., 2022).

Ryzyka organizacyjne i psychospołeczne

Urządzenia elektroniki noszonej takie jak inteligentne zegarki, mogą rozpraszać pracowników pogarszając ich koncentrację i ogólną produktywność. Ponadto funkcje kontrolne w tych urządzeniach mogą wywoływać stres poprzez wywoływanie uczucia presji (Star Knowledge, 2022). W niektórych przypadkach, zajmując się jedynie objawami, a nie przyczynami źródłowymi, technologie monitorowania mogą nieumyślnie utrzymywać cykl stresu i nadmiernego wysiłku, ostatecznie negatywnie wpływając na ogólne samopoczucie pracowników. Ciągłe monitorowanie danych fizjologicznych i biometrycznych może również prowadzić do niepokoju, ponieważ pracownicy czują presję konieczności utrzymania określonych wskaźników wydajności lub zdrowia. Stres może być potęgowany przez złożone alerty bezpieczeństwa, które wymagają częstej interpretacji, co w efekcie zwiększa obciążenie poznawcze przy wykonywaniu codziennych zadań (EU-OSHA, 2022g).

Prywatność i etyka

Korzystanie z technologii monitorujących pociągają za sobą szereg problemów z prywatnością i aspektami etycznymi związanymi ze stosowaniem narzędzi do śledzenia ruchów i danych fizjologicznych pracowników. Systemy, choć mają na celu poprawę bezpieczeństwa, mogą czasami stać się narzędziem ciągłego nadzoru. Zachowania pracowników są zgłaszane kierownictwu, co może prowadzić do automatycznego udzielania nagan lub kar za niespełnione cele w zakresie produktywności. Ta cienka granica między poprawą bezpieczeństwa, a przesadną kontrolą może sprzyjać nieufności i tworzyć stresujące środowisko pracy (Internet Society, 2015). Pojawiają się również wątpliwości dotyczące etyki sposobu wykorzystywania, przechowywania i udostępniania zebranych danych. Pracownicy mogą mieć ograniczoną kontrolę nad swoimi osobistymi informacjami, co rodzi pytania dotyczące zgody, bezpieczeństwa danych i potencjalnego niewłaściwego wykorzystania ich przez pracodawców lub osoby trzecie (EU-OSHA, 2024f).



1.3 Rozszerzona i wirtualna rzeczywistość

Rozszerzona rzeczywistość (XR)¹³, a w szczególności rzeczywistość wirtualna (VR), stają się skutecznymi narzędziami szkoleniowymi BHP we wszystkich sektorach. Technologie te pozwalają pracownikom ćwiczyć wykonywanie zadań w kontrolowanym środowisku, zmniejszając ryzyko wypadków podczas szkoleń i podnosząc zdolność utrwalania umiejętności

Poza szkoleniami, rozwiązania VR i XR mogą wspierać identyfikację zagrożeń i planowanie bezpieczeństwa w miejscu pracy. Na przykład w produkcji i budownictwie umożliwiają one wirtualne tworzenie prototypów, testowanie projektów i trójwymiarową wizualizację modeli, co pomaga zidentyfikować zagrożenia przed rozpoczęciem prac

13 XR to szerokie spektrum immersyjnych doświadczeń, takich jak: VR – w pełni immersyjne środowiska cyfrowe; rzeczywistość rozszerzona – cyfrowe nakładki na świat rzeczywisty (np. aplikacje na smartfony); oraz rzeczywistość mieszana – interaktywne połączenie elementów rzeczywistych i cyfrowych (np. aplikacje HoloLens).

fizycznych. W sektorach logistyki i motoryzacji instrukcje i dane wyświetlane w czasie rzeczywistym pomagają zmniejszyć liczbę błędów i obciążenie fizyczne (Williams, 2019). W ochronie zdrowia immersyjne symulacje pozwalają pracownikom medycznym bezpiecznie przećwiczyć złożone procedury, poprawiając zdolność podejmowania decyzji i precyzję bez narażania bezpieczeństwa pacjentów.

1.3.1 Jak rzeczywistość rozszerzona i wirtualna poprawiają bezpieczeństwo i higienę pracy

► Transformacja szkoleń BHP

VR odnawia proces szkolenia poprzez symulując immersyjne i interaktywne doświadczenia, wzorowane na środowiskach wysokiego ryzyka, które są trudne do teoretycznej symulacji. Są to m.in. reagowanie kryzysowe, szkolenia przeciwpożarowe i praca na wysokości (EU-OSHA, 2024d). Dzięki tej technologii pracownicy mogą odgrywać realistyczne scenariusze i ćwiczyć procedury bezpieczeństwa oraz reakcje w przypadku zagrożenia w kontrolowanych warunkach. Wspomaga to rozwój umiejętności i zdolność podejmowania decyzji, jednocześnie ograniczając liczbę rzeczywistych wypadków, obrażeń i narażenia na kontakt z niebezpiecznymi materiałami (O'Brien, 2023). Technologia ta jest powszechnie stosowana w sektorach takich jak budownictwo, górnictwo, energetyka, czy też w laboratoriach i elektrowniach w celu doskonalenia umiejętności i poprawy zachowań dotyczących bezpieczeństwa, w tym procedur reagowania w sytuacjach wyjątkowych (Akyildiz, 2023; Srinivasan i in., 2022).

Wciągające środowiska wirtualne pozwalają pracownikom szybko zdobywać nowe umiejętności i skuteczniej utrwalać wiedzę, dzięki czemu na rynek wchodzi lepiej wyszkolona i bardziej kompetentna siła robocza. Technologia ta zapewnia niepowtarzalną okazję poprawy skuteczności szkoleń w zakresie bezpieczeństwa i pokrewnych. Dzięki niej kursanci mają możliwość pozwolenia sobie na niepowodzenia podczas ćwiczeń w scenariuszach, które są trudne do odtworzenia w prawdziwym świecie ze względu na ograniczenia finansowe lub obawy dotyczące bezpieczeństwa (Stefan i in., 2023). Badanie przeprowadzone przez firmę PricewaterhouseCoopers wykazało, że 40% kursantów korzystających z VR zgłosiło zwiększoną pewność siebie w porównaniu z osobami uczącymi się w tradycyjny sposób. Wykazano również 35% poprawę wyników u osób uczących się w trybie e-learningowym, które odegrały wcześniej poznane scenariusze (PWC, 2020). Inne badanie przeprowadzone w Chile wykazało, że pracownicy przeszkoleni w zakresie BHP za pomocą VR zgłaszali wyższy poziom zadowolenia w porównaniu z osobami przeszkolonymi tradycyjnymi metodami. Pracownicy szczególnie docenili realizm i interaktywność, a także wciągające, zaskakujące i nowatorskie aspekty formatu szkolenia VR.

Studium przypadku: Szkolenie VR dla strażaków w Australii

W niektórych jednostkach straży pożarnej w Australii, we współpracy z rodzimymi firmami zajmującymi się innowacjami technologicznymi, wdrożono już symulatory szkoleniowe VR, aby przygotować strażaków do działania w scenariuszach wysokiego ryzyka. Dzięki takim immersyjnym symulacjom, kursanci mają szansę doświadczyć realistycznych scenariuszy, których odtworzenie w prawdziwym życiu byłoby zbyt niebezpieczne (Hoey, 2024).

Technologia VR jest w stanie wygenerować niezwykle realistyczne symulacje dymu, ognia, wody, piany gaśniczej, co pozwala na przećwiczenie różnorodnych sytuacji awaryjnych, takich jak pożary budynków, samolotów czy lasów. Dodatkowo, uczestnicy szkoleń noszą kombinezony naśladujące temperatury, które mogą wystąpić w takich sytuacjach. Na podstawie odległości i lokalizacji wirtualnego ognia, oprogramowanie dopasowuje intensywność bodźców, co zwiększa realizm i efektywność szkolenia (FI SI m, b.r.w.).

VR jest również wdrażana w szkoleniach inspektorów BHP, dzięki czemu zyskują oni umiejętności i wiedzę potrzebną do efektywnej oceny ryzyka w miejscu pracy. Poprzez immersję inspektorów w realistycznej i interaktywnej symulacji, VR poprawia ich zdolność do wykrywania zagrożeń, kontroli zgodności i strategii egzekwowania przepisów przy jednoczesnym ograniczeniu narażenia na rzeczywiste ryzyko w miejscu pracy (Aati i in., 2020).

Studium przypadku: Szkolenie VR dla inspektorów BHP

Szkolenie VR w zakresie inspekcji obszarów roboczych w USA

W Missouri (USA) opracowano interaktywną platformę szkoleniową VR do szkolenia inspektorów z Departamentu Transportu, odpowiedzialnych za monitorowanie obszarów roboczych (Aati i in., 2020). Zespół badawczy zaprojektował dwa immersyjne scenariusze obszaru pracy na autostradzie, pozwalające inspektorom doświadczyć realistycznych wrażeń i przećwiczyć ocenę ryzyka. Spośród 34 inspektorów, którzy przetestowali platformę, 97% zgodziło się, że VR zapewnia realistyczne wrażenia i jest skutecznym narzędziem szkoleniowym.

© iStock/EvgeniyShkolenko



Katarski program szkoleń VR dla inspektorów pracy

Ministerstwo Pracy Kataru, we współpracy z MOP, uruchomiło program szkoleniowy dla inspektorów pracy oparty na VR, pierwszy tego rodzaju w regionie (Katar, 2022). Inicjatywa usprawnia egzekwowanie przepisów BHP, umożliwiając inspektorom eksplorowanie wirtualnych placów budowy, identyfikowanie zagrożeń w miejscu pracy i korygowanie naruszeń bezpieczeństwa bez narażania ich na niebezpieczne środowiska. Ponadto program ma na celu udoskonalenie wytycznych kierowanych do pracodawców i pracowników, zwiększając tym samym zgodność z przepisami BHP.

Szkolenie VR w zakresie inspekcji sanitarnych statków

Chcąc rozwiązać problem braku wyszkolonych specjalistów ds. zdrowia zatrudnianych przy portach, który pogłębił się w wyniku pandemii COVID-19, WHO uruchomiła narzędzie VR do szkolenia w zakresie inspekcji sanitarnych na statkach. Dzięki interaktywnej platformie możliwe jest przeprowadzenie praktycznego szkolenia, które pozwala inspektorom na dokonanie kompleksowej oceny warunków sanitarnych, wykonanie oceny ryzyka i nawiązanie kontaktu z załogą statku w kontrolowanym środowisku. Poprzez symulację rzeczywistych warunków, VR przyczynia się do zwiększenia wiedzy i przygotowania kadr w zakresie BHP, co z kolei gwarantuje, że inspektorzy będą w stanie skutecznie identyfikować i minimalizować zagrożenia sanitarne. Inicjatywa przynosi korzyści w ponad 230 portach w Regionie Europejskim WHO i 41 państwom będącym stronami Międzynarodowych Przepisów Zdrowotnych upoważnionym do wydawania świadectw sanitarnych (WHO, 2024).

► Lepsza identyfikacja zagrożeń

Poza szkoleniami, XR jest coraz częściej wykorzystywana przez pracodawców do oceny ryzyka w miejscu pracy oraz do identyfikacji zagrożeń. Tworząc wirtualne modele środowisk pracy, XR umożliwia specjalistom ds. bezpieczeństwa identyfikację potencjalnych zagrożeń przed rozpoczęciem fizycznej pracy, szczególnie w trudno dostępnych lub niebezpiecznych miejscach, takich jak przestrzenie zamknięte oraz w zakłady przemysłowe wysokiego ryzyka (EU-OSHA, 2024d). Technologia ta pozwala na proaktywne zarządzanie bezpieczeństwem, zmniejszanie prawdopodobieństwa wypadków i poprawę ogólnego bezpieczeństwa w miejscu pracy.

Studium przypadku: VR wspomagająca wykrywanie zagrożeń BHP w Australii (Australian Water Association, 2017)

Melbourne Water, państwowe przedsiębiorstwo wodociągowe w Australii, wdrożyło rozwiązanie VR, aby usprawnić identyfikację zagrożeń BHP w swoich placówkach. System inspekcji VR spółki Melbourne Water umożliwia zespołom modelowanie przyszłych projektów i wykrywanie zagrożeń bezpieczeństwa w planach budowy oczyszczalni ścieków przed rozpoczęciem ich budowy.

W 2017 r. projekt pilotażowy wdrożony w stacji uzdatniania wody Cresswell wykazał skuteczność tego podejścia, identyfikując 20 zagrożeń bezpieczeństwa za pomocą VR w porównaniu do zaledwie 6 zagrożeń wykrytych tradycyjnymi metodami. Wiele z tych zagrożeń dotyczyło kwestii ergonomicznych, które mogły zostać przeoczone podczas konwencjonalnych ocen. Od tego czasu system został wdrożony w projektach ponad 10 obiektów, znacznie zwiększając ograniczenie ryzyka przed rozpoczęciem budowy.

1.3.1 Potencjalne zagrożenia związane z rozszerzoną i wirtualną rzeczywistością

Korzystanie z technologii XR może wiązać się z szeregiem zagrożeń BHP, którymi należy odpowiednio zarządzać. Zgodnie z danymi dostępnymi w literaturze, zagrożenia są następujące

- **Ograniczone widzenie.** Zestawy VR mogą blokować widzenie, zwiększając ryzyko kolizji lub potknięć o przeszkody (Bérastégui, 2024).
- **Dezorientacja oraz zaburzenia równowagi i koordynacji.** Korzystanie z VR może negatywnie wpływać na równowagę i koordynację użytkownika, zwiększając ryzyko poślizgnięć, potknięć i upadków (Wielka Brytania, 2020).
- **Zagrożenia dla zdrowia oczu.** W zależności od odległości ekranu od oczu i długości ekspozycji, korzystanie z wyświetlaczy AR może prowadzić do zespołu widzenia komputerowego, charakteryzującego się zmęczeniem oczu, ogólnym zmęczeniem oraz problemami ze snem (Bérastégui, 2024; Friemert i in., 2019; Stoltz i in., 2017; Marklin i in., 2022). Co więcej, światło emitowane przez wyświetlacze AR i VR może uszkadzać siatkówkę i powodować heteroforię (Bérastégui, 2024). Chcąc zapobiec tym objawom zaleca się, aby sesje korzystania z urządzeń trwały nie dłużej niż 55 do 70 minut (Kourtesis i in., 2019).
- **Przeciążenie poznawcze.** Duża ilość przyswajanych danych lub treści może prowadzić do przeciążenia poznawczego oraz powiązanych zagrożeń (Friemert i in., 2019).
- **Ostra reakcja stresowa.** Rozwiązania technologii AR i VR mogą wywoływać ostrą reakcję stresową ze względu na złożoność technologiczną, braki w umiejętnościach cyfrowych użytkowników i przebodźcowanie informacjami (EU-OSHA, 2024d).
- **Napady padaczki.** Wysokie częstotliwości modulacji światła w zestawach VR są istotnym czynnikiem ryzyka napadów padaczkowych u osób chorych na padaczkę światłoczułą (Anses, 2021)

► Korzystanie z XR a choroba cybernetyczna

Choroba cybernetyczna ¹⁴ przypomina chorobę lokomocyjną. Spowodowana jest przez wizualnie czynniki, takie jak ruch kamery, rotacja, prędkość i przyspieszenie (Oh i Son, 2022). Objawy to między innymi: zmęczenie wzroku, ból głowy, bladość, nadmierna potliwość, suchość w ustach, zawroty głowy, ataksja, nudności i ogólne zmęczenie (Souchet i in., 2023).

Badania wykazują, że choroba cybernetyczna dotyka od 20% do 80% użytkowników VR, przy czym czynniki takie jak wiek, płeć i wcześniejsze doświadczenia z VR wpływają na podatność na chorobę (Brun, 2020). Osoby starsze (w wieku powyżej 50 lat) są bardziej narażone, podobnie jak kobiety (Easa, 2021). Zasugerowano, że częstsze występowanie choroby u kobiet może być związane z ergonomią zestawu VR, przy czym kobiety częściej doświadczają złego dopasowania urządzeń niż mężczyźni (Stanney i in., 2020). W praktyce może to oznaczać, że podczas korzystania z VR w miejscu pracy, to kobiety mogą być bardziej zagrożone niż mężczyźni.

¹⁴ <https://www.frontiersin.org/research-topics/12692/cybersickness-in-virtual-reality-versus-augmented-reality>



1.4 Algorytmiczne zarządzanie pracą

Zarządzania algorytmiczne (AM) przydziela, monitoruje i ocenia zadania oraz wydajność pracowników poprzez szeroko zakrojone gromadzenie danych, nadzór, podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym i oceny oparte na wskaźnikach (Mateescu i Nguyen, 2019). AM integruje technologie cyfrowe, takie jak analiza dużych zbiorów danych, uczenie maszynowe, geolokalizacja i elektronika noszona w celu automatyzacji lub wspierania funkcji menedżerskich (MOP, 2022). Choć z AM najczęściej korzysta się w przypadku internetowych platform pracy, coraz częściej wdraża się je w tradycyjnych sektorach, np. W magazynach, fabrykach, centrach obsługi telefonicznej, transporcie, ochronie zdrowia i budownictwie (MOP/Komisja Europejska, 2024). W USA 80% największych prywatnych pracodawców śledzi produktywność poszczególnych pracowników za pomocą systemów AM (Kantor i in., 2022).

1.4.1 Jak zarządzanie algorytmiczne wpływa na poprawę bezpieczeństwa i higieny pracy

Systemy AM mogą promować zaangażowanie i satysfakcję pracowników, koncentrując się na wsparciu, a nie kontroli. Przykładowo, metody takie jak grywalizacja mogą zwiększyć satysfakcję z pracy poprzez stworzenie bardziej angażującego środowiska (Hughes i in., 2019). Co więcej, dostosowanie zadań do preferencji pracownika i wspieranie kooperacji między współpracownikami może dodatkowo zwiększać satysfakcję. Badania wykazały, że gdy pracownicy są zaangażowani w proces przydzielania zadań, oraz gdy brane są pod uwagę ich preferencje, zgłaszają oni większą satysfakcję i poprawia się ich produktywność (Feng & Farris, 2020).

Systemy AM mogą przyczynić się do zwiększenia równowagi między życiem zawodowym a prywatnym dzięki optymalizacji planowania. Korzystanie z algorytmów przy planowaniu harmonogramów może pomóc uniknąć przeciążenia pracowników, poprzez zapewnienie im odpowiedniej ilości czasu wolnego, przy jednoczesnym zachowaniu wydajności operacyjnej (MOP, 2021e). Systemy te mogą również pomóc w bardziej sprawiedliwym podziale zadań na podstawie zebranych danych, zmniejszając faworyzacje lub niesprawiedliwe obciążenia pracą, które są częstym źródłem stresu (Mateescu i Nguyen, 2019).

Zarządzanie algorytmiczne pozwala wspierać rozwój umiejętności pracowników. Systemy AM mogą identyfikować braki w umiejętnościach i zalecać spersonalizowane plany szkoleniowe, pomagając pracownikom dostosować się do zmian technologicznych. To proaktywne podejście nie tylko łagodzi niepokój związany z utratą stabilności zatrudnienia, ale także zwiększa pewność siebie, umacnia poczucie sprawczości i wspiera długoterminowy rozwój kariery (Murray, 2024).

Poprzez analizę wzorców komunikacji i wykrywanie niewłaściwych zachowań, **systemy AM mogą wspierać przeciwdziałanie cyberprzemocy i nękanii** (EU-OSHA, 2022d). Na przykład, w opracowaniu autorstwa Sánchez-Medina i in. (2020), opisano narzędzie oparte na SI zdolne do identyfikowania powiązań między niektórymi cechami osobowości (takimi jak psychopatia), a zachowaniami kojarzonymi z cyberprzemocą. Niemniej jednak stosowanie takiego oprogramowania do analizy behawioralnej podlega nadzorowi etycznemu, który ma zapobiec nadużyciom lub niepożądanym konsekwencjom.

► Wykorzystanie algorytmów w procesie rekrutacji

W procesie rekrutacji coraz częściej wykorzystywane są algorytmy, które usprawniają przetwarzanie danych kandydatów i umożliwiają dostęp do szerszej, bardziej zróżnicowanej grupy potencjalnych pracowników (Li i in., 2021). Zaprojektowane zgodnie z ideą inkluzywności procesy rekrutacyjne wspomagane przez SI mogą sprzyjać zachowaniu uczciwości i dywersyfikacji. Jednakże, aby zapobiec powielaniu uprzedzeń przez źle zaprojektowane systemy, niezbędny jest nadzór etyczny i eliminacja stronniczości programów (Kelan, 2024).

1.4.2 Potencjalne zagrożenia związane z zarządzaniem algorytmicznym

Implementacja AM może wiązać się z szeregiem wyzwań z zakresu BHP, które wymagają starannej oceny i działań zaradczych.

Zagrożenia dla bezpieczeństwa

Ryzyko związane z bezpieczeństwem funkcjonalnym może wynikać z zagrożeń z dziedziny cyberbezpieczeństwa. Naruszenia danych lub ataki hackerskie mogą zagrozić zautomatyzowanym mechanizmom kontroli bezpieczeństwa, prowadząc do nieoczekiwanych awarii lub narażając pracowników na pracę w niebezpiecznym środowisku na skutek błędnych decyzji podejmowanych w oparciu o SI (EU-OSHA, 2022h).

Zagrożenia ergonomiczne

Siedzący tryb pracy, zwłaszcza na stanowiskach biurowych, zwiększa ryzyko zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego, w tym bólu pleców i szyi (EU-OSHA, 2023d). Długotrwałe przebywanie w pozycji siedzącej w połączeniu z koniecznością dostosowania się do ścisłych harmonogramów, które ograniczają możliwość ruchu, może prowadzić do wad postawy, sztywności mięśni i przewlekłych stanów bólowych (EU-OSHA, 2023d).

Ryzyka organizacyjne i psychospołeczne

Korzystanie z zarządzania algorytmicznego może wiązać się z nowymi czynnikami stresogennymi, które mogą negatywnie wpływać na zdrowie psychiczne, satysfakcję z pracy i ogólne samopoczucie. Wśród kluczowych zagrożeń można wymienić następujące:

- **Utrata poczucia kontroli i autonomii.** Systemy AM często nadzorują, monitorują i kontrolują procesy, co ogranicza autonomię pracowników. Przykładowo, ciągłe śledzenie działań, takich jak naciśnięcia klawiszy, czas trwania połączeń i długość przerw, pozostawia pracownikom niewielką moc decyzyjną (Piasna, 2024; CDT, 2021). Tego rodzaju kontrola, w połączeniu z oceną wydajności opartą na wskaźnikach, może prowadzić do przemęczenia, stresu i problemów ze zdrowiem fizycznym, takich jak bóle pleców, głowy i schorzenia układu krążenia (Bérastégui, 2021).
- **Tempo i obciążenie pracą.** Zarządzanie algorytmiczne oparte na zebranych danych może powodować zwiększenie obciążenia pracą oraz presji czasu poprzez wyznaczanie celów produktywności, dostarczanie zaleceń w czasie rzeczywistym, co często zachęca pracowników do szybszej i dłuższej pracy bez zachowania odpowiednich przerw (EU-OSHA, 2023f, Moore, 2018). Z kolei nakładane na pracowników kar wynikających z obliczeń algorytmicznych, takich jak automatyczne potrącenia



z pensji za drobne opóźnienia lub błędy, jeszcze bardziej zwiększają niepokój i presję, wpływając negatywnie na zdrowie psychiczne pracowników (EU-OSHA, 2023f). Chcąc zwiększyć produktywność, przedsiębiorstwa mogą wdrażać systemy, które wymagają od pracowników pracy bez nawet krótkich przerw, skracając do minimum czas przeznaczony na określone procedury lub zmuszając pracowników do działania z dużą prędkością (EU-OSHA, 2022d). Strategie rywalizacji mogą skłaniać do przesadnej intensyfikacji pracy, natomiast stosowane algorytmy niekiedy karzą pracowników za robienie dłuższych przerw (MOP, 2021e). Taka ciągła presja może prowadzić do stresu, niezadowolenia i pogorszenia stanu fizycznego.

- **Planowanie zadań i rozwój kariery.** Jeśli systemy AM nie są zaprojektowane z uwzględnieniem idei sprawiedliwego traktowania, mogą one przyczyniać się do utrwalania szkodliwych uprzedzeń przy zatrudnianiu, przyznawaniu awansów i rozdzielaniu zadań, stawiając pewne grupy w niekorzystnej sytuacji ze względu na rasę, płeć lub inne czynniki (Murray, 2024; Jarrahi i in., 2023). Tego typu sytuacje mogą negatywnie wpływać na morale pracowników i kulturę organizacyjną firmy. Ponadto oceny

produktywności oparte na SI mogą przyczyniać się do poczucia niepewności zatrudnienia, ponieważ pracownicy mogą obawiać się, że tego typu oceny ich pracy wyprą ewaluację prowadzoną przez człowieka, negatywnie wpływając na ich możliwości awansu i stabilność zatrudnienia (EU-OSHA, 2024b).

- **Izolacja społeczna.** Intensywne korzystanie z technologii AM może powodować przedkładanie produktywności nad interakcje ze współpracownikami, co prowadzi do poczucia osamotnienia i izolacji. Ograniczone okazje do nawiązywania kontaktów i integracji mogą utrudniać tworzenie bliskich relacji w miejscu pracy, co z kolei prowadzi do izolacji społecznej i niezadowolenia (EU-OSHA, 2022d; Bérastégui, 2021).

Studium przypadku: Wpływ AM na jakość i warunki pracy w wybranych krajach

W raporcie MOP i Komisji Europejskiej z 2024 r. zbadano wpływ AM na organizację pracy, jakość pracy i stosunki pracy w sektorach logistyki i ochrony zdrowia we Francji, Włoszech, Indiach i RPA. Okazało się, że technologie AM miały pozytywny wpływ na organizację pracy we Francji i Włoszech, bez znaczącego negatywnego wpływu na jakość pracy lub zwiększenia nadzoru nad pracownikami. Z kolei w RPA i Indiach stosowanie AM doprowadziło do spadku jakości pracy, z wyraźnymi dowodami na zwiększony monitoring, nadzór i intensywność pracy. Powyższe różnice podkreślają rolę przepisów i regulacji prawnych w procesie wdrożenia AM, zwracając uwagę na fakt, że to implementacja, a nie sama technologia ma wpływ na osiągnięte wyniki (MOP/ Komisja Europejska, 2024).

Prywatność i etyka

Narzędzia cyfrowe wykorzystywane do celów nadzoru w zarządzaniu algorytmicznym są szczególnie inwazyjne i stale gromadzą dane i informacje o lokalizacji, działaniach i zachowaniu pracownika, nawet w godzinach wolnych od pracy. Techniki monitorowania tempa pracy i obecności w pracy to na przykład automatyczne rozpoznawanie twarzy, skanowanie i analiza komunikacji, śledzenie lokalizacji i monitorowanie naciśnięć klawiszy za pomocą kamer internetowych (w przypadku osób pracujących zdalnie), a także śledzenie aktywności na ekranie lub nagrywanie głosu (Ball, 2021). Wspomniane metody nadzoru mogą wpływać na samopoczucie pracowników, kulturę pracy, produktywność, kreatywność i motywację (Ball, 2010). Oprócz ciągłego monitorowania, pracownicy mogą być również bombardowani alertami, ostrzeżeniami i przypomnieniami, które są stresujące, ponieważ wzmacniają poczucie ciągłego nadzoru (EU-OSHA, 2022g).



1.5 Zmiana organizacji pracy za sprawą cyfryzacji

Cyfryzacja miejsc pracy zmieniła tradycyjną pracę biurową w pracę zdalną, telepracę i hybrydową, a także rozszerzyła zakres pracy online i za pośrednictwem platform.

The Pandemia COVID-19 przyspieszyła tę transformację, a wdrażane wówczas środki ochrony zdrowia publicznego doprowadziły do powszechnego przyjęcia tego typu modeli jako standardu w wielu sektorach (MOP/WHO, 2021). Rozwój technologii telepracy i współpracy cyfrowej dodatkowo umożliwił tę transformację, pozwalając pracownikom komunikować się, zarządzać zadaniami i wykonywać funkcje zawodowe zdalnie z większą wydajnością (Elsamani i Kajikawa, 2024).

Podczas gdy powszechność pracy zdalnej w pełnym wymiarze godzin spadła po pandemii, hybrydowe modele pracy stały się normą. Według badania przeprowadzonego w Stanach Zjednoczonych, 41% osób na stanowiskach, które można wykonywać zdalnie pracuje obecnie w trybie hybrydowym (Parker, 2023). Jednak nie wszystkie zadania mogą być wykonywane w tej formie. Szacuje się, że w UE 38,5% zatrudnienia zależnego jest kompatybilne z pracą zdalną, przy czym jest to bardziej powszechne w przypadku lepiej płatnych, intensywnie wykorzystujących komputery stanowisk, na których wymaga się wyższego wykształcenia (Eurofound, 2022). Telepraca jest najbardziej rozpowszechniona wśród wysoko wykwalifikowanych pracowników, zwłaszcza kobiet, mieszkańców miast i osób pracujących w sektorach usług, takich jak finanse, technologie informacyjne i dziennikarstwo (Eurofound, 2022; WEF, 2023). Przykłady ról wysoce odpowiednich do telepracy to między innymi specjaliści ds. baz danych, analitycy finansowi i pracownicy administracyjni (Eurofound, 2022).

Poza telepracą, cyfryzacja ułatwiła również rozwój pracy online i internetowych platform pracy, przekształcając tradycyjne struktury zatrudnienia. Internetowe platformy pracy odgrywają obecnie główną rolę w ewoluującym rynku pracy, oferując usługi organizowania i pośredniczenia w realizacji zadań zarówno online, jak i w siedzibie firmy. Platformy internetowe wspierają szereg działań, takich jak tłumaczenie, projektowanie, analiza danych, moderowanie treści, tworzenie oprogramowania, pisanie, wirtualna asystencja i obsługa klienta. Platformy oparte na lokalizacji wykorzystują położenie urządzenia do zarządzania usługami na żądanie, takimi jak przewóz osób, dostawa jedzenia, opieka na domem, utrzymanie czystości, opieka nad zwierzętami, naprawy, planowanie wydarzeń, zakupy i usługi kurierskie. Szacuje się, że na całym świecie od 154 do 435 milionów pracowników¹⁵ angażuje się w pracę na platformach internetowych, co stanowi do 12% globalnej siły roboczej (Datta i in., 2023). Liczba platform internetowych znacznie wzrosła. Szacuje się, że jest to wzrost ze 193 platform w 2010 r. do 1070 w 2023 r., przy czym kraje rozwijające się odnotowują szczególnie szybki wzrost popytu. Platformy te wspierają innowacje i tworzą możliwości dla pracowników, przedsiębiorstw i społeczeństwa. Wśród wspomnianych platform, 357 koncentruje się na pracy online, 334 na usługach dostawczych, 119 na indywidualnym transporcie pasażerskim, 121 na pracy opiekuńczej, 117 na pracach domowych, a 22 z nich to platformy hybrydowe, oferujące wiele różnych usług (MOP, 2024c)

1.5.1 Jak zmiany w organizacji pracy przekładają się na poprawę BHP?

Jedną z kluczowych zalet pracy zdalnej jest jej elastyczność. Osoby pracujące zdalnie mogą samodzielnie organizować swoje harmonogramy i dostosowywać zadania, aby lepiej odpowiadały ich indywidualnym potrzebom i możliwościom. Technologie cyfrowe pozwalają na wykonywanie pracy w dowolnym miejscu i czasie eliminując potrzebę posiadania stałego miejsca pracy (MOP/Eurofound, 2017). Dzięki temu, skrócony lub wyeliminowany zostaje czas dojazdów do pracy, co pozwala pracownikom poświęcić więcej czasu na rozwój osobisty i życie prywatne (McAllister i in., 2022; EU-OSHA, 2023d). Taka elastyczność nie tylko zmniejsza stres i wspiera utrzymanie dobrego zdrowia psychicznego, ale także sprzyja rozwojowi umiejętności, kreatywności i zachowaniu równowagi między obowiązkami zawodowymi, rodzinnymi i społecznymi (MOP, 2021). Przykładowo, we Francji 85% ankietowanych telepracowników zadeklarowało poczucie większej swobody w zarządzaniu swoim czasem, a 88% zauważyło poprawę równowagi między życiem zawodowym a prywatnym (Lasfargue i Fauconnier, 2015). Taka autonomia często prowadzi do większej satysfakcji z pracy i lepszego samopoczucia (Indradewa, 2023).

Platformy internetowe odgrywają kluczową rolę w procesie aktywizacji zawodowej, stwarzając możliwości dla osób marginalizowanych, w tym osób niepełnosprawnych, starszych i sprawujących opiekę nad innymi. Przełamując bariery geograficzne i instytucjonalne, praca za pośrednictwem platform internetowych zapewnia zatrudnienie osobom, które w przeciwnym razie mogłyby napotkać trudności w dostępie do tradycyjnych rynków pracy, m. in. kobietom wykonującym obowiązki opiekuńcze lub osobom szukającym zatrudnienia na obszarach niedostatecznie rozwiniętych (MOP, 2021a; MOP/Eurofound, 2017).

Praca za pośrednictwem platform internetowych umożliwia osobom starszym i osobom z niepełnosprawnościami pracę zdalną. Dzięki temu eliminowana jest konieczność dojeżdżania do pracy lub poruszania się po nieprzystosowanych miejscach pracy (MOP, 2021d). Warto podkreślać, że praca zdalna może znacznie zwiększyć możliwości zatrudnienia osób z ograniczeniami ruchowymi (EU-OSHA, 2023e).

¹⁵ Szacunki zależne od zastosowanej metody.

1.5.2 Potencjalne zagrożenia wynikające z pracy zdalnej i pracy online

Praca zdalna stawia przed pracodawcami wyzwania związane z zapewnieniem bezpiecznego i higienicznego środowiska pracy. Bez bezpośredniego nadzoru lub regularnych ocen ryzyka, zagrożenia takie jak słaba ergonomia, zagrożenia środowiskowe i nieodpowiednie środki bezpieczeństwa mogą pozostać niezauważone, co zwiększa ryzyko BHP (MOP/WHO, 2021). Praca za pośrednictwem platform internetowych wiąże się z dodatkowym ryzykiem, ponieważ wielu pracowników działa w mniej regulowanych środowiskach o ograniczonej ochronie pracowniczej (MOP, 2019; Eurofound, 2022). Wyzwanie to jest potęgowane przez rosnącą liczbę samozatrudnionych pracowników, którzy często nie podlegają przepisom BHP. Ta sytuacja budzi obawy dotyczące odpowiedzialności za bezpieczeństwo i zdrowie w miejscu pracy. Zmiany w modelach biznesowych i standardach zatrudnienia, stymulowane przez rozwój możliwości pracy online i elastycznych form zatrudnienia, wraz z rozwojem zarządzania algorytmicznego i sztucznej inteligencji, przekształcają organizację pracy sprawiając, że coraz trudniej jest utrzymać standardy bezpieczeństwa i zapewnić odpowiednią ochronę BHP (EU-OSHA, 2025).

Zagrożenia dla środowiska i bezpieczeństwa. Miejsca wykonywania pracy zdalnej, w których nie przeprowadza się regularnej oceny ryzyka, mogą być niedoświetlone, charakteryzować się niską jakością powietrza, generować zagrożenia elektryczne i dyskomfort termiczny. Ponadto pracownicy pracujący w domu mogą być narażeni na zagrożenia pożarowe i słabą gotowość na sytuacje awaryjne, ponieważ przepisy BHP nie są systematycznie egzekwowane w prywatnych domach (EU-OSHA, 2024c). Pracownicy platformowi, w szczególności ci świadczący usługi dostawcze i przewozowe, są narażeni na zwiększone ryzyko zagrożeń dla bezpieczeństwa (EU-OSHA, 2024e; MOP, 2024c). Co więcej, osoby pracujące na własny rachunek często nie mają zapewnionych przez pracodawcę środków bezpieczeństwa, przez co nie są odpowiednio przeszkolone, nie posiadają sprzętu ochronnego ani nie mają dostępu do usług medycyny pracy, co zwiększa ich podatność na skutki urazów związanych z wykonywaną pracą (Eurofound, 2022).

Zagrożenia ergonomiczne. Wiele osób pracujących zdalnie nie stosuje odpowiedniej konfiguracji stanowiska pracy, co zwiększa ryzyko zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego, takich jak ból dolnej części pleców lub szyi (Fadel i in., 2023). W Meksyku i Indiach tylko odpowiednio 27% i 16% osób pracujących w domu ma dedykowane miejsce do pracy (MOP, 2021d). Powszechne zagrożenia ergonomiczne obejmują długotrwałe siedzenie, powtarzające się ruchy dłoni i nadgarstków oraz złe ustawienie ekranu, co może przyczyniać się do dyskomfortu fizycznego, nadwyrężenia oczu i zmęczenia (EU-OSHA, 2021a). Siedzący charakter pracy potęguje również ryzyko otyłości, cukrzycy i chorób sercowo-naczyniowych, ponieważ pracownicy spędzają długie godziny w jednej pozycji bez odpowiednich przerw na ruch (EU-OSHA, 2024b). Ponadto praca w nieoptymalizowanych środowiskach, takich jak kawiarnie lub przestrzenie wspólne, może zwiększać obciążenie fizyczne z powodu nieodpowiedniej postawy podczas siedzenia, nieodpowiedniej wysokości biurka i nadmiernego hałasu w tle, wpływając zarówno na komfort pracowników, jak i ich produktywność.

Studium przypadku: Ergonomiczne aspekty telepracy w Finlandii (MOP /Eurofound, 2017)

W Finlandii pierwsze badania nad ergonomią telepracy przeprowadzono w 2014 r., w formie ankiety internetowej zleconej przez fińską firmę ISKU (1508 respondentów). Ponad połowa ankietowanych stwierdziła, że nie zwracała uwagi na ergonomię podczas pracy w domu, a 94% z nich stwierdziło, że ich pracodawcy również nie wykazywali zainteresowania w tej kwestii. Prawie połowa respondentów nie miała w domu krzesła biurowego ani biurka do pracy, a 53% stwierdziło, że doskwierają im bóle barku. Co więcej, 46% respondentów zgłosiło ból szyi, a jedna trzecia zadeklarowała doświadczanie bólu pleców. Podsumowując, prawie połowa respondentów przyznała, że odczuwa bóle wynikające z wykonywanej przez nich pracy.



Ryzyko przemęczenia oczu. Amerykańskie Stowarzyszenie Optometryczne¹⁶ ostrzega, że osoby spędzające nieprzerwanie dwie lub więcej godzin przed monitorem są szczególnie narażone na uczucie zmęczenia oczu. Ponadto ekspozycja na niebieskie światło emitowane przez ekrany może zakłócać sen i potencjalnie uszkadzać komórki siatkówki (Cougnaud-Gregoire i in., 2023).

Ryzyka organizacyjne i psychospołeczne. Praca zdalna przez długi czas była powiązana z wypaleniem zawodowym, wyczerpaniem emocjonalnym, obciążeniem psychicznym, zmniejszoną wydajnością pracy, wysoką rotacją pracowników i niskim poziomem osiągnięć zawodowych (Costin i in., 2023).

► **Zwiększone tempo i obciążenie pracą.** Osoby pracujące zdalnie lub hybrydowo mogą doświadczać wysokiego poziomu wymagań i intensywności pracy ze względu na ścisłe monitorowanie, wydłużone godziny pracy i oczekiwanie od nich stałej dostępności (MOP/Eurofound, 2017). Badania potwierdzają, że telepracownicy zazwyczaj pracują dłużej niż osoby pracujące wyłącznie w biurze (Rebelo i in., 2024). W ankiecie przeprowadzonej wśród 406 telepracowników we Francji, 61% stwierdziło, że ich czas pracy wydłużył się (Lasfargue i Fauconnier, 2015). Co więcej, niektórzy kontynuują pracę pomimo choroby, unikając korzystania ze zwolnień lekarskich, co potencjalnie prowadzi do długotrwałego wypalenia zawodowego (Steidelmüller i in., 2020; EU-OSHA, 2024c). W przypadku pracowników platformowych zwiększenie obciążenia pracą jest często napędzane przez algorytmiczne zarządzanie, a sztuczna inteligencja wyznacza cele wydajnościowe, które motywują ciągłe zaangażowanie i lekceważenie możliwości odpoczynku (EU-OSHA, 2023h).

► **Utrata poczucia kontroli i autonomii.** Wzmoczone stosowanie praktyk nadzoru cyfrowego w celu monitorowania pracowników może mieć poważne konsekwencje dla jakości pracy, prowadząc do nasilenia jej natężenia, ograniczenia autonomii zawodowej i wzajemnej nieufności między pracownikami a kierownictwem (EU-OSHA, 2023h). W pracy autorstwa Samka Lodovici i in. (2021) zbadano wpływ pracy zdalnej na elastyczność, autonomię, intensywność pracy, równowagę między życiem zawodowym a prywatnym oraz zdrowie i bezpieczeństwo. Stwierdzono, że ciągły nadzór i podejmowanie decyzji w oparciu o algorytmy może powodować stres antycypacyjny, obniżać dobre samopoczucie pracowników i zwiększać obciążenie psychiczne.

► **Izolacja społeczna oraz brak równowagi między życiem prywatnym a zawodowym.** Wirtualne kanały komunikacji często skutkują ograniczonymi interakcjami społecznymi, prowadząc do poczucia izolacji, samotności i słabszych relacji ze współpracownikami, co może negatywnie wpływać na produktywność i kreatywność (Figueiredo i in., 2024; Shirmohammadi i in., 2022). 56,8% pracowników zdalnych pracujących w domu w Unii Europejskiej (UE) zadeklarowało poczucie izolacji społecznej (EU-OSHA, 2023e). Podobnie, 63% brazylijskich telepracowników wymieniło izolację od współpracowników jako kluczową wadę ich trybu pracy (MOP/Eurofound, 2017). Praca zdalna może również wymagać nienormowanego czasu pracy, co ogranicza elastyczność pracowników w zarządzaniu swoim harmonogramem i wpływa negatywnie na równowagę między życiem zawodowym a prywatnym, potencjalnie pogłębiając izolację społeczną (MOP, 2021e). Pracownicy platformowi, zwłaszcza ci zaangażowani w usługi na żądanie, takie jak przewóz osób i dostawy jedzenia, często nie mają stałej społeczności pracowniczej, co dodatkowo przyczynia się do poczucia odosobnienia (Eurofound, 2023).

► **Przemoc i nękanie.** Praca świadczona zdalnie i online może potęgować zjawisko mobbingu w miejscach pracy, ponieważ szkodliwe zachowania, takie jak obraźliwy język, marginalizacja społeczna i groźby, mogą być przejawiane częściej w przestrzeni cyfrowej (Javed i in., 2023). Cyberprzemoc może prowadzić do poważnego stresu, niepokoju i długotrwałego negatywnego wpływu na zdrowie psychiczne (Farley i in., 2015). Osoby zatrudnione na stanowiskach związanych z obsługą klienta są szczególnie narażone na nadużycia ze strony klientów, podczas gdy dziennikarze i specjaliści zajmujący się kontaktami z opinią publiczną są narażeni na częstsze nękanie cyfrowe (PersVeilig, 2021). Pracownicy platformowi zwłaszcza ci zajmujący się dostawami i usługami przewozowymi, również są narażeni na znaczne ryzyko przemocy zarówno online, jak i tej fizycznej. Wiele osób zgłasza, że doświadcza

¹⁶ https://www.aoa.org/aoa/documents/healthy%20eyes/digital_eyestrain.pdf

przemocy słownej, gróźb i ataków fizycznych ze strony klientów lub innych użytkowników dróg, a czasem incydenty eskalują w rabunek lub napaść (EU-OSHA, 2023h; MOP, 2024c). Brak zapewnianych przez pracodawcę środków bezpieczeństwa, takich jak systemy wsparcia w nagłych wypadkach lub jasne zasady zapobiegania przemocy dodatkowo zwiększa ryzyko. W ankiecie przeprowadzonej wśród 165 organizacji partnerów społecznych, 80% respondentów uznało przemoc i nękanie ze strony osób trzecich za poważny problem, przy czym najczęściej zgłaszanymi formami przemocy były nękanie werbalne i psychiczne (Pillenger, 2023). W przypadku pracowników platformowych brak wyznaczonych bezpiecznych miejsc pracy i nieprzewidywalny charakter interakcji zwiększają ich podatność zarówno na nękanie, jak i przemoc fizyczną (Eurofound, 2023).

Międzynarodowa Organizacja Pracy i Światowa Organizacja Zdrowia opracowały przewodnik techniczny – Zdrowa i bezpieczna telepraca (MOP/WHO, 2021). Jego celem jest dostarczenie pracodawcom, pracownikom i przedstawicielom pracowników informacji na temat wpływu telepracy na zdrowie, bezpieczeństwo i dobre samopoczucie. Dokument zawiera praktyczne porady dotyczące organizowania i wykonywania telepracy w sposób chroniący i promujący zdrowie fizyczne i psychiczne oraz dobrostan społeczny.



Cyfryzacja łańcucha dostaw: *Zagadnienia dotyczące BHP*

Chociaż technologie cyfrowe mają i będą miały wpływ na miliony pracowników, szczególną uwagę należy zwrócić na tych, którzy bezpośrednio przyczyniają się do rozwoju branży, zwłaszcza w zakresie produkcji, gospodarki odpadami i zastosowania technologii. Kwestia ta została omówiona w książce *Feeding the Machine. The Hidden Human Labour Powering SI* (Muldoon i in., 2024), w której przeanalizowano wkład niewidzialnej siły roboczej, która napędza rozwój sztucznej inteligencji. Niezależnie od sektora pracy lub wykonywanej przez nas roli, technologie cyfrowe, takie jak SI, są często zasilane przez pracę milionów niskoopłacanych pracowników, wykonujących powtarzalne zadania w trudnych warunkach (Williams, 2022). Niektóre z tych stanowisk istnieją od lat, ale szybki rozwój określonych sektorów zwiększył presję nakładaną na pracowników, czemu często towarzyszy brak odpowiedniej ochrony BHP. Ponadto wielu pracowników należy do szarej strefy, w związku z czym przepisy BHP ich nie dotyczą.

Pracownicy, których praca napędza technologie cyfrowe

Anotatorzy danych

Anotacja danych to proces przygotowywania danych na potrzeby modeli uczenia maszynowego. Polega między innymi na etykietowaniu, oznaczaniu, transkrypcji i przetwarzaniu danych. Proces ten wiąże się z poważnymi wyzwaniami z zakresu BHP. Postrzega się go jako niewymagający wysokich kwalifikacji, jednak dokładne wykonanie pracy jest kosztowne i czasochłonne (Smart i in., 2024). W głównej mierze praca opiera się na powtarzalnych zadaniach wykonywanych pod ścisłym nadzorem, co może wiązać się z ryzykiem wyzysku i nieuregulowanych praktyk pracy (Williams, 2022). Wiele pracowników jest zobowiązanych do przetwarzania kontrowersyjnych treści bez zapewnienia transparentności, godziwej rekompensaty czy zasobów umożliwiających zajęcie się psychologicznymi skutkami narażenia na kontakt z niepokojącymi materiałami (Jensen, 2024).

Moderatorzy treści

Moderatorzy treści odgrywają kluczową rolę w zapewnianiu bezpieczeństwa w sieci poprzez analizowanie i usuwanie obraźliwych lub szkodliwych treści tworzonych przez użytkowników. Szacuje się, że dziennie takie osoby procesują od 500 do 1000 zgłoszeń. Są przy tym narażone na treści wulgarne czy wręcz drastyczne i nie otrzymują odpowiedniego wsparcia w zakresie zdrowia psychicznego, ani nie mają czasu na odpoczynek (Muldoon i in., 2024). Ciągła ekspozycja na brutalne i niepokojące treści stwarza poważne zagrożenie dla zdrowia psychicznego. Może na przykład prowadzić do stresu pourazowego i wtórnego, zmęczenia i wypalenia zawodowego. Mimo to, niektórzy moderatorzy są zobowiązani do podpisywania oświadczeń o rzeczeniu się roszczeń wynikających z faktu, że ich praca może mieć negatywny wpływ na zdrowie psychiczne, a nawet wywołać zespół stresu pourazowego (BBC News, 2021).

Inżynierowie uczenia maszynowego

Inżynier uczenia maszynowego to biegły technicznie programista, który buduje systemy SI wykorzystujące ogromne zbiory danych do generowania i rozwijania algorytmów zdolnych do uczenia się i przewidywania (Br SI nStation, 2024). Ich praca wiąże się z atrakcyjnymi

wynagrodzeniami, korzystaniem z najnowocześniejszych technologii, różnorodnością zadań i wysokim popytem (run: SI, b.r.w.). Niemniej jednak, praca ta może okazać się bardzo wymagająca i stresująca ze względu na złożoność procesów i przytłaczającą ilość danych (teal, b.r.w.).

Big data analityk

Big data odnosi się do dużych i złożonych, szybko rosnących zbiorów danych wytwarzanych przez ludzi, maszyny lub czujniki (Komisja Europejska, 2016), które są zbyt duże, aby tradycyjne systemy zarządzania danymi mogły je przeprocесować (Google Cloud, b.r.w.). Analityka dużych zbiorów danych obejmuje badanie ich przy użyciu narzędzi takich jak SI, uczenie maszynowe i analiza statystyczna w celu wyodrębnienia znaczących spostrzeżeń (Ishwarappa i Anuradha, 2015). Jednakże nie brakuje wyzwań dotyczących ochrony danych, bezpieczeństwa i zarządzania, szczególnie w przypadku wrażliwych informacji (Rawat i Yadav, 2021). Ponadto brak wykwalifikowanych specjalistów w dziedzinie nauki o danych i analityki ogranicza potencjał środowisk big data (Google Cloud b.r.w.).

Pracownicy produkcji i gospodarki odpadami

Górnicy wydobywający kluczowe surowce technologiczne

Minerały, takie jak kobalt, lit i miedź, są niezbędnymi komponentami technologii cyfrowych, ale ich wydobycie, często w nieformalnie działających kopalniach, naraża pracowników na pracę w niebezpiecznych warunkach (Wilson Center, 2021). Szybki wzrost popytu na te minerały wynikający z postępu technologicznego, wywiera dodatkową presję na sektor wydobywczy, a pracownicy, szczególnie w krajach rozwijających się, stoją w obliczu poważnych zagrożeń dla bezpieczeństwa i ograniczonej ochrony BHP (Landrigan i in., 2022). Ponad połowa światowych dostaw kobaltu, wykorzystywanego w przenośnych urządzeniach elektronicznych i akumulatorach, pochodzi z Demokratycznej Republiki Konga, gdzie wydobycie tego minerału wiąże się z działalnością nieformalną, w której dopuszcza się wykorzystywanie pracy dzieci, występują rozliczne zagrożenia bezpieczeństwa, nadużycia środowiskowe oraz korupcja (Wilson Center, 2021).

Pracownicy fabryk zajmujący się montażem technologicznym

Pracownicy linii montażowych w branży technologicznej narażeni są na długie godziny pracy i niebezpieczne środowisko, a jednocześnie otrzymują minimalne wynagrodzenie (Judge, 2023). Integracja SI i automatyzacji może jednak poprawić procesy produkcyjne i standardy bezpieczeństwa poprzez zmniejszenie błędów ludzkich i obciążenia pracą w niebezpiecznych środowiskach.

Odpady elektroniczne

Wraz z szybkim rozwojem produkcji i wykorzystania technologii oczekuje się, że ilość odpadów elektronicznych (e-odpadów) wzrośnie do 75 mln ton do 2030 r. i osiągnie 111 mln ton do roku 2050 (Parajuly i in., 2019). E-odpady stają się coraz ważniejszym zasobem dla osób pracujących nieformalnie w łańcuchu dostaw, które zajmują się odzyskiwaniem, naprawą, renowacją, recyklingiem i modyfikacją zastosowań sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Niemniej jednak pracownicy są często narażeni na niebezpieczne warunki pracy (MOP, 2021c). Stanowi to poważne zagrożenie dla ich zdrowia (rak, choroby płuc i układu krążenia) z powodu ekspozycji na toksyczne chemikalia i niewłaściwą utylizację odpadów (MOP, 2021c).

SI i zautomatyzowane systemy mogą jednak usprawnić proces recyklingu, zmniejszając ekspozycję na szkodliwe substancje i zapewniając bardziej wydajne odzyskiwanie zasobów.

Ochrona środowiska i zdrowie w miejscu pracy

Cyfryzacja stała się kluczowa w ograniczaniu zanieczyszczeń i wspieraniu transformacji gospodarki na niskoemisyjną (Huang i in., 2024). Systemy oparte na SI, takie jak inteligentne mierniki, aktywne sieci energetyczne i czujniki mogą zwiększyć efektywność energetyczną i niezawodność, przyczyniając się do tworzenia bezpieczniejszych i bardziej zrównoważonych środowisk pracy (OECD, b.r.w.). Jak wykazano w kilku ostatnich publikacjach MOP^{17,18}, zmiany klimatyczne niosą za sobą szereg zagrożeń dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, w szczególności poprzez narażenie na nadmierne ciepło, promieniowanie ultrafioletowe, zanieczyszczenie powietrza, ekstremalne zjawiska pogodowe, choroby wektorowe i ekspozycję na chemikalia.

SI w połączeniu z VR i AR **ułatwia pracę zdalną i wirtualną współpracę** eliminując konieczność podróżowania i obniżając emisję dwutlenku węgla. Przykładowo, rezygnacja ze spotkań stacjonarnych na rzecz wirtualnych może obniżyć emisję dwutlenku węgla o 94%, a zużycie energii o 90% (Tao i in., 2021). Rozwiązania te nie tylko wpływają na zrównoważony rozwój, ale także zwiększają bezpieczeństwo pracowników, minimalizując ekspozycję na niebezpieczne środowiska.

Należy jednak wziąć pod uwagę rosnące zapotrzebowanie SI na energię oraz koszty środowiskowe. Przewiduje się, że centra danych SI, znacznie bardziej energochłonne niż typowych aplikacji w chmurze, zwiększą globalną emisję dwutlenku węgla i zużycie wody, co podkreśla potrzebę stosowania zrównoważonych praktyk w kwestii tych rozwiązań (Goldman Sachs, 2024).

Skupienie się na odpowiedzialnym włączeniu SI do obszaru BHP może zmaksymalizować jej korzyści przy jednoczesnym zminimalizowaniu jej wpływu na środowisko oraz wspieraniu tworzenia bezpieczniejszych, zdrowszych i bardziej zrównoważonych miejsc pracy.

¹⁷ Patrz Ensuring safety and health at work in a changing climate (MOP, 2024)

¹⁸ Patrz Heat at Work: Implications for safety and health (MOP, 2024)

© ITU/R.Zaveri





2

BHP w erze cyfrowej: Polityki, luki prawne i wspólny wysiłek

Wraz z szybkim wdrażaniem nowych technologii w zakładach pracy, coraz większy nacisk kładzie się na czerpanie z nich potencjalnych korzyści przy jednoczesnym ograniczaniu istotnych zagrożeń dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników.

Nowe inicjatywy podejmowane na szczeblu międzynarodowym, regionalnym i krajowym w coraz większym stopniu dotyczą powiązań między BHP a cyfryzacją. Podejmowane działania obejmują włączanie przepisów związanych z nowymi technologiami do polityk i praktyk BHP, przy jednoczesnym uwzględnianiu kwestii BHP w szeroko rozumianych strategiach cyfryzacji.

Chociaż istniejące przepisy BHP zasadniczo chronią pracowników, odnosząc się do wszystkich rodzajów zagrożeń, w tym tych wynikających ze zastosowania technologii cyfrowych, to ukierunkowane ustawodawstwo mające na celu złagodzenie konkretnych skutków cyfryzacji jest rzadkością. Oprócz aktualizacji przepisów w celu wyeliminowania luk regulacyjnych, dobrowolnie wdrażane standardy, programy szkoleniowe i kampanie uświadamiające mają kluczowe znaczenie dla promowania bezpieczniejszych środowisk pracy. Badania i gromadzenie danych na temat pozytywnego i negatywnego wpływu cyfryzacji na bezpieczeństwo i zdrowie pracowników są niezbędne do świadomego kształtowania polityk. Partnerzy społeczni odgrywają kluczową rolę w formowaniu reakcji na integrację technologii cyfrowych w miejscu pracy. Ich zaangażowanie ma zasadnicze znaczenie dla zapewnienia, że technologie te są projektowane i wdrażane w sposób bezpieczny, zdrowy i sprawiedliwy (Berg i in., 2023).

W tej części omówiono globalne, regionalne i krajowe wysiłki na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy w erze transformacji cyfrowej, a także działania na poziomie miejsc pracy mające na celu wykorzystanie korzyści płynących z cyfryzacji przy jednoczesnym zapobieganiu pojawiającym się zagrożeniom i postępowaniu z nimi.



2.1 Globalne starania na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy w dobie transformacji cyfrowej

2.1.1 Rola MOP

Ochrona fundamentalnych wartości i praw w dziedzinie BHP wiąże się z koniecznością sprostania wyzwaniom związanym z transformacją miejsc pracy, w których nowe zagrożenia, zwłaszcza te wynikające z cyfryzacji, muszą być zarządzane na równi z zagrożeniami istniejącymi dotychczas. Oznacza to przyjęcie korzyści płynących z cyfryzacji przy jednoczesnym zrozumieniu i minimalizowaniu potencjalnych zagrożeń.

Podstawowe konwencje BHP, a mianowicie Konwencja o bezpieczeństwie i higienie pracy z 1981 r. (nr 155) oraz Konwencja w sprawie ram promocji bezpieczeństwa i higieny pracy z 2006 r. (nr 187)¹⁹, to kompleksowe wytyczne dla systemowego podejścia do BHP, które można dostosowywać do zmieniających się zagrożeń w miejscach pracy

► **Znaczenie podstawowych konwencji BHP dla sprostania nowym wyzwaniom wynikającym z cyfryzacji**

Konwencja nr 155 ustanawia podstawowe cele i definiuje podstawowe zasady spójnej krajowej polityki BHP. Dotyczy ona pracowników we wszystkich gałęziach działalności gospodarczej i jest najbardziej kompleksową z obecnie obowiązujących norm. Konwencja nr 187 opowiada się za ciągłym doskonaleniem krajowych ram BHP przy zapewnieniu, że polityka pozostaje responsywna na zmiany w świecie pracy, również te wynikające z transformacji cyfrowej

- Państwa członkowskie, w porozumieniu z organizacjami pracodawców i pracowników, powinny **sformułować, wdrożyć i okresowo weryfikować spójną krajową politykę z zakresu bezpieczeństwa, ochrony zdrowia pracowników i środowiska pracy**, której celem jest zapobieganie wypadkom i urazom przy pracy poprzez eliminowanie lub minimalizowanie przyczyn zagrożeń, zgodnie z Konwencją nr 155 (art. 4). W kontekście cyfryzacji i stale zmieniającego się rynku pracy, polityki BHP mogą uwzględniać wyzwania i możliwości związane z nowymi technologiami, określając środki służące ocenie i łagodzeniu związanych z nimi zagrożeń.
- Artykuł 4 ust. 3 Konwencji nr 187 podkreśla **rolę organów trójstronnych w propagowaniu zapobiegawczego podejścia do bezpieczeństwa i higieny pracy** przy zapewnieniu aktywnego udziału wszystkich zainteresowanych stron tj. władz, pracodawców i pracowników. Organy trójstronne mogą odegrać ważną rolę w konfrontacji z nowymi technologiami, które są szybko wdrażane w miejscach pracy, zapewniając implementację odpowiednich środków zapobiegawczych.
- Pracownicy mają **prawo do powstrzymania się od wykonania pracy w sytuacjach, co do których mają uzasadnione przekonanie, że stanowią one bezpośrednie i poważne zagrożenie** dla życia lub zdrowia pracownika (art. 13 Konwencji nr 155). Przepis ten odnosi się również do sytuacji powiązanych z nowymi technologiami, na przykład w przypadku nieprawidłowego działania zaawansowanych robotów.
- Pracodawcy, w zakresie, w jakim jest to racjonalne i wykonalne, są **zobowiązani zapewnić, że maszyny, urządzenia i procesy znajdujące się pod ich kontrolą są bezpieczne i nie stanowią zagrożenia dla zdrowia pracowników** (art. 16 Konwencji nr 155). Obowiązek ten obejmuje też narzędzia cyfrowe i zautomatyzowane systemy, w przypadku których pracodawcy powinni odnieść się do potencjalnych zagrożeń związanych z nowymi technologiami, takimi jak te wynikające z interakcji człowiek-maszyna, awarii systemów oraz kwestii ergonomii, a także zagrożeniami dla zdrowia psychicznego.

¹⁹ Państwa członkowskie, niezależnie od statusu ratyfikacji, są zobowiązane do przestrzegania, promowania i realizacji postanowień określonych w powyższych konwencjach.

- Konwencja nr 155 podkreśla **znaczenie zapewnienia pracownikom odpowiednich szkoleń i dostępu do informacji**. Zasada ta staje się jeszcze bardziej istotna w miarę wprowadzania nowych technologii cyfrowych, takich jak SI lub XR (art. 19).
- Artykuły 19 i 20 Konwencji nr 155 podkreślają znaczenie **współpracy między pracodawcami i pracownikami w zakresie wdrażania środków BHP na szczeblu miejsc pracy**.

Konwencje nr 155 i 187 podkreślają kluczową rolę organizacji przedstawicielskich pracodawców i pracowników w zarządzaniu BHP, zarówno na poziomie krajowym, jak i miejsca pracy. Współpraca ta ma zapewnić, że polityki BHP są inkluzywne i odpowiadają na wyzwania związane z cyfryzacją, równoważąc postęp technologiczny z ochroną bezpieczeństwa i zdrowia pracowników..

Raport MOP: *Social Dialogue Report 2024: Peak-level Social Dialogue for Economic Development and Social Progress*, bada kluczową rolę dialogu społecznego w promowaniu godnych warunków zatrudnienia i w szczególności odnosi się do wyzwań związanych z transformacją cyfrową (MOP, 2024). W publikacji podkreślono znaczenie dialogu społecznego w transformacji cyfrowej, nie tylko w odniesieniu do standardowych zagadnień, takich jak płace i warunki pracy, ale także w odniesieniu do zrozumienia implikacji technologii cyfrowej, ustanowienia zabezpieczeń dotyczących jej wykorzystania oraz dostosowania i opracowania polityk na rzecz tworzenia cyfrowych miejsc pracy, które przynoszą korzyści zarówno pracownikom, jak i pracodawcom.

Obok fundamentalnych konwencji, także inne dokumenty z zakresu BHP są źródłem istotnych przepisów i informacji mających znaczenie dla poprawy aspektów BHP w procesie cyfryzacji.

- **Konwencja Nr 161 dotycząca służb medycyny pracy z 1985 r. (nr 161)** podkreśla rolę opieki zdrowotnej w miejscu pracy w identyfikowaniu i ocenie zagrożeń oraz udzielaniu wskazówek dotyczących organizacji pracy, w tym projektowania miejsca pracy oraz użytkowania maszyn, narzędzi i sprzętu.
- **Zalecenie dotyczące listy chorób zawodowych oraz rejestrowania i zgłaszania wypadków i chorób zawodowych z 2002 r. (nr 194)** wymienia choroby spowodowane czynnikami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi, zaburzenia układu mięśniowo-szkieletowego oraz zaburzenia psychiczne i behawioralne, które mogą mieć znaczenie pod względem rozwoju cyfryzacji.
- **Konwencja dotycząca eliminacji przemocy i molestowania z 2019 r. (nr 190)** określa ogólne zasady zapobiegania i zwalczania przemocy i nękania w świecie pracy, w tym incydentów zachodzących z użyciem technologii cyfrowych, co może mieć znaczenie dla zapobiegania cyberprzemocy i innym zagrożeniom związanym z postępującą cyfryzacją.

Oprócz istniejących konwencji i zaleceń, podczas 113 (2025 r.) i 114. (2026 r.) sesji Międzynarodowej Konferencji Pracy zostanie omówiony punkt dotyczący ustanawiania standardów godnej pracy w gospodarce platformowej, który będzie obejmował kwestie BHP.²⁰ Planowane są również przyszłe działania normatywne w zakresie ergonomii i bezpieczeństwa korzystania z maszyn.²¹

²⁰ Patrz Ensuring safety and health at work in a changing climate (MOP, 2024)

²¹ Patrz Heat at Work: Implications for safety and health (MOP, 2024)

Wśród różnych wytycznych technicznych i kodeksów postępowania wydanych przez MOP, **Kodeks postępowania w zakresie ochrony danych osobowych pracowników**²² zawiera wytyczne, które są szczególnie istotne w świecie pracy, który w coraz większym stopniu charakteryzuje się przetwarzaniem dużych ilości danych pracowników.

MOP aktywnie zajmuje się wyzwaniem i możliwościami związanymi z cyfryzacją pracy poprzez szereg inicjatyw mających na celu wspieranie władz, pracowników i pracodawców w transformacji. Na przykład Globalna strategia MOP dotycząca bezpieczeństwa i higieny pracy na lata 2024 - 2030²³ podkreśla potrzebę prowadzenia badań i opracowania narzędzi umożliwiających wykorzystanie możliwości i sprostanie wyzwaniom związanym z nowymi technologiami. MOP zainicjowała również Obserwatorium *Observatory on Artificial Intelligence and Work in the Digital Economy*²⁴, które ma służyć jako centrum wiedzy wspierające rządy i partnerów społecznych w zrozumieniu i zarządzaniu cyfrową transformacją pracy.²⁵

Na poziomie subregionalnym prowadzonych jest kilka inicjatyw badawczych, które aktywnie analizują powiązania między BHP i cyfryzacją miejsc pracy. Obejmują one:

- Badania nad internetowymi platformami pracy w Ugandzie, Nigerii, Indiach i Kenii.
- Studia przypadków dotyczące praktyk AM, obejmujące takie sektory jak handel detaliczny i bankowość w Chile, produkcja samochodów w Argentynie i Malezji oraz elektronika w Malezji. Studia przypadków dotyczące praktyk AM w logistyce i opiece zdrowotnej we Włoszech, Francji, Indiach i RPA (MOP/ Komisja Europejska, 2024).
- Ankiety dotyczące łańcuchów dostaw SI przeprowadzane w firmach zajmujących się outsourcingiem procesów biznesowych w Indiach i Kenii, z planami włączenia Filipin.

2.1.2 Inicjatywy międzynarodowe

ONZ i inne stowarzyszenia międzynarodowe opracowały szeroko zakrojone inicjatywy mające na celu sprostanie wyzwaniom związanym z wdrażaniem technologii cyfrowej.

- Inicjatywy *Szczyt Przyszłości ONZ*²⁶, *Global Digital Compact*²⁷ oraz *AI for Good Global Summit*²⁸ koncentrują się na odpowiedzialnym wykorzystaniu SI w celu wspierania zrównoważonego rozwoju oraz maksymalizacji korzyści i łagodzenia negatywnych skutków rewolucji cyfrowej we wszystkich obszarach społecznych, w tym w świecie pracy.
- **Plan działania G7 na rzecz skoncentrowanego na człowieku przyjęcia bezpiecznej i godnej zaufania sztucznej inteligencji w świecie pracy** kładzie nacisk na egzekwowanie przepisów **prawa pracy** i norm BHP, przy jednoczesnym monitorowaniu wpływu SI na BHP, w tym ocen ryzyka i audytów.
- **Globalne partnerstwo na rzecz sztucznej inteligencji**²⁹, koordynowane przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD), koncentruje się na roli sztucznej inteligencji w przekształcaniu pracy, praktyk pracy i rynków pracy poprzez inicjatywę *Future of Work*³⁰. OECD uruchomiła również platformę *SI Observatory*³¹, która jest globalną bazą danych dotyczących polityk w zakresie SI, również tych związanych ze światem pracy.

22 <https://www.ilo.org/resource/other/protection-workers-personal-data>

23 https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_protect/%40protrav/%40safework/documents/policy/wcms_897539.pdf

24 <https://www.ilo.org/all-resources-for-topic?cf0=1781%206106%206126>

25 Inicjatywa obecnie skupia się na czterech obszarach tematycznych: AI, AM, internetowe platformy pracy i dane osobowe pracowników, choć w przyszłości planowane jest poszerzenie zakresu tematycznego o kolejne obszary.

26 <https://www.ilo.org/resource/news/ilo-welcomes-un-summit-futures-focus-social-justice-and-decent-work>

27 <https://www.un.org/techenvoy/global-digital-compact>

28 <https://aiforgood.itu.int/summit24/>

29 Global Partnership on Artificial Intelligence - GPAI

30 Future of work - GPAI

31 <https://oecd.ai/en/>

Również międzynarodowe organizacje BHP opracowują działania i inicjatywy, które koncentrują się na konkretnych aspektach cyfryzacji i ich wpływie na bezpieczeństwo i higienę pracy.

- Federacja International **Ergonomics & Human Factors Association**³² zainicjowała webinaria na temat SI i interakcji człowiek-robot. Światowi eksperci w dziedzinie robotyki przedstawiają perspektywy związane z czynnikiem ludzkim i ergonomią w robotyce.
- Brytyjska **Institution of Occupational Safety and Health (IOSH)**³³ aktywnie angażuje się w inicjatywy związane z cyfryzacją i BHP. Zorganizowano m.in. serię webinarów *Demystifying SI for Health and Safety*, podczas których eksperci badali, w jaki sposób można wykorzystać sztuczną inteligencję do ulepszenia protokołów bezpieczeństwa, poprawy zarządzania ryzykiem i usprawnienia operacji w miejscu pracy.
- **Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO)** opracowała kilka standardów związanych z technologią informacyjną i sztuczną inteligencją, również w zakresie zarządzania ryzykiem³⁴. Normy bezpieczeństwa zostały opracowane dla sektora robotyki przemysłowej³⁵ oraz dla sektora robotyki nieprzemysłowej (usługowej)³⁶. Inne tematy związane ze standaryzacją robotów obejmują kryteria wydajności, modułowość i słownictwo (IFR b.r.w.). Obecnie nie istnieją żadne normy techniczne ani normy bezpieczeństwa dotyczące wyłącznie egzoskieletów. Istniejąca międzynarodowa norma *Roboty i urządzenia dla robotyki – Wymagania bezpieczeństwa dla robotów do opieki osobistej*³⁷ odnosi się jednak do wymagań bezpieczeństwa dla robotów do opieki osobistej, z których niektóre można uznać za egzoskielety.

Międzynarodowe organizacje pracodawców i pracowników coraz częściej podejmują inicjatywy ukierunkowane na możliwości i wyzwania związane z cyfryzacją w miejscu pracy.

- **Międzynarodowa Organizacja Pracodawców (IOE)** opowiada się za rozwojem umiejętności i szkoleniami, aby zagwarantować dobre przygotowanie siły roboczej do obsługi transformacji cyfrowej, uznając znaczenie uwzględnienia kwestii BHP przy wdrażaniu nowych technologii. W ramach wysiłków IOE opublikowano kilka raportów, w tym *Mental Health and Wellbeing at Work*, w którym przeanalizowano zdrowie psychiczne w szerszym kontekście cyfryzacji miejsca pracy i integracji nowych technologii (IOE, 2023). Ponadto przegląd polityki zagłębia się w wpływ SI na pracę i zatrudnienie, podkreślając jej potencjał transformacyjny dla biznesu i oferując jednocześnie strategiczne wytyczne dotyczące skutecznego przyjmowania technologii SI i zarządzania nimi przez pracodawców (IOE, 2024). Co więcej, IOE i firma Deloitte opublikowały ważny raport *G20 Readiness Report: SI Powered Transformation*, w którym podkreślono, że choć SI ma potencjał do znacznego zwiększenia produktywności i wydajności, wiąże się ona również z wyzwaniami, którymi należy się aktywnie zająć, takimi jak likwidacja miejsc pracy i ryzyko pogłębienia różnic społecznych.
- Również **globalne związki zawodowe aktywnie podejmują tematykę wpływu cyfryzacji na pracowników**. **Międzynarodowa Konfederacja Związków Zawodowych (ITUC)** opowiada się za silniejszymi regulacjami dotyczącymi SI i nadzoru cyfrowego w celu ochrony pracowników przed dyskryminacją i intensyfikacją pracy³⁸. Grupa naciska również na ochronę BHP i prawa do rokowań zbiorowych dla pracowników platformowych. **Raport federacji UNI Global Union *Algorithmic Management - A Trade Union Guide***³⁹ analizuje wzrost w zakresie wykorzystania algorytmicznych narzędzi zarządzania w miejscach pracy na całym świecie, dostarczając związkom zawodowym wskazówek dotyczących podejścia do negocjacji w sprawie ich rozwoju i stosowania. Ponadto

32 International Ergonomics & Human Factors Association

33 AI and tech in safety and health

34 ISO/IEC 42001:2023 i ISO/IEC 23894:2023

35 ISO 10218-1, ISO 10218-2, ISO/TS 15066

36 ISO 13482

37 ISO 13482:2014

38 AI IS NOT OK | Union action needed on Artificial Intelligence (AI) at work

39 *Algorithmic management - A trade union guide*

pierwsze **Międzynarodowe Forum Związków Zawodowych na temat wpływu cyfryzacji na system finansowy**,⁴⁰ które odbyło się w Fortalzie (Brazylia) w czerwcu 2022 r., zgromadziło ponad 600 liderów związkowych z 24 krajów. Celem spotkania było omówienie rozwiązań łagodzących skutki cyfryzacji i automatyzacji w sektorze finansowym. **Federacja IndustriALL Global Union** powołała grupę ekspertów ds. Przemysłu 4.0⁴¹, której celem jest opracowanie dokumentu strategicznego na temat cyfryzacji, SI i Przemysłu 4.0,⁴² koncentrując się na udziale pracowników, ochronie praw i zapewnieniu pracownikom sprawiedliwego przebiegu transformacji cyfrowej. **Federacja Building and Wood Workers' International** przeprowadziła badanie na temat krajowego i międzynarodowego wpływu cyfryzacji na pracowników budowlanych, rzucając światło na specyficzne wyzwania branż.⁴³



2.2 Regionalne inicjatywy na rzecz zwiększenia efektywności BHP poprzez cyfryzację

Na całym świecie pojawiły się różne inicjatywy regionalne, podejmujące działania związane z cyfryzacją, a także ukierunkowane programy dotyczące konkretnych technologii. Jednak poza Europą inicjatywy te koncentrują się raczej na szerszych kwestiach, takich jak etyczne wykorzystanie SI, a nie na kwestiach BHP.

W UE obowiązuje szereg regulacji prawnych dotyczących kwestii BHP w kontekście cyfryzacji, SI i zaawansowanej robotyki:

- Dyrektywa ramowa 89/391/EEC dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w miejscu pracy⁴⁴ pozostaje fundamentalna, ponieważ ustanawia ogólne zasady BHP dotyczące pracowników, w tym kwestie zapobiegania ryzyku, konsultacji z pracownikami i szkoleń. Chociaż nie została opracowana z myślą o systemach opartych na SI i robotyce, jej szeroki zakres pozwala na uwzględnienie powiązanych zagrożeń.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1230 z dnia 14 czerwca 2023 r. w sprawie maszyn oraz w sprawie uchylecia dyrektywy 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady i dyrektywy Rady 73/361/EWG, to nowe rozporządzenie (obowiązujące od 2027 r.) zaostrza obowiązujące wymogi w zakresie BHP w odniesieniu do zaawansowanych maszyn, robotyki i systemów opartych na SI. Bezpośrednio odnosi się do obaw dotyczących skuteczności dyrektywy z 2006 r. w zakresie zarządzania ryzykiem związanym ze sztuczną inteligencją.
- Rozporządzenie o sztucznej inteligencji (projekt SI Act)⁴⁵ – Wniosek legislacyjny o charakterze horyzontalnym, który ma na celu regulację systemów SI wysokiego ryzyka, zapewniając przejrzystość, nadzór ludzki i zabezpieczenia w celu zminimalizowania ryzyka dla zdrowia, bezpieczeństwa i podstawowych praw.
- Dyrektywa w sprawie pracowników platformowych (projekt)⁴⁶ ma na celu poprawę warunków pracy i uregulowanie korzystania z algorytmów w miejscu pracy. Nakazuje ona nadzór ludzki nad kluczowymi decyzjami, w tym zwolnieniami.

Poza prawodawstwem, kilka inicjatyw w UE aktywnie podejmuje kwestię wpływu cyfryzacji na BHP.

40 [International Trade Union Forum seeks solutions to the impacts of digitalization on the financial system](#)

41 Koncepcja znana również jako czwarta rewolucja przemysłowa (4IR).

42 [Protecting workers' rights in Southeast Asia amid transformation](#).

43 https://www.bwint.org/web/content/cms.media/1837/datas/EN_FoW_Study_Oct2019.pdf

44 Dyrektywa Rady 89/391/EWG z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników w miejscu pracy

45 [Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence](#)

46 [Provisional deal on first EU-wide rules for platform workers](#)

- Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (EU-OSHA) opracowuje kampanie uświadamiające, badania i najlepsze praktyki, aby pomóc firmom i pracownikom bezpiecznie przejść przez cyfrową transformację.
- Eurofound prowadzi badania nad telepracą, pracą platformową i wpływem SI na rynki pracy. Warto wspomnieć o pracy nad własnym zasobem internetowym Eurofound: *Artificial Intelligence and the World of Work*.⁴⁷
- Grupa Komisji Europejskiej ds. odpowiedzialnego prowadzenia biznesu promuje etyczną integrację technologii cyfrowych w miejscach pracy.
- Europejska Sieć Edukacji i Szkoleń w zakresie Bezpieczeństwa i Higieny Pracy koncentruje się na poprawie edukacji i szkoleń BHP w erze cyfrowej.
- Program Horyzont Europa finansuje projekty, które badają powiązania między cyfryzacją, bezpieczeństwem i dobrostanem pracowników⁴⁸.
- PEROSH prowadzi projekt badawczy ALMA-SI: Exploring OSH Impact of Algorithmic Management and AI, którego celem jest opracowanie raportów naukowych, list kontrolnych, arkuszy informacyjnych i wytycznych dotyczących SI

47 Eurofound's Artificial intelligence and the world of work

48 Horyzont Europa



► **Kampania EU-OSHA na lata 2023-2025 ⁴⁹ na rzecz utworzenia bezpiecznej i zdrowej cyfrowej przyszłości**

Kampania Zdrowe i bezpieczne miejsce pracy 2023-2025 promuje podnoszenie świadomości na temat wpływu nowych technologii cyfrowych na pracę i miejsca pracy oraz na temat powiązanych wyzwań i możliwości w zakresie BHP. Inicjatywa ta stanowi również platformę wymiany dobrych praktyk.

Celem kampanii jest stymulowanie współpracy na rzecz bezpiecznej i produktywnej cyfrowej transformacji pracy. Jednym ze sposobów na realizację tego celu jest planowanie strategiczne oparte na następujących pięciu głównych celach:

1. Podnoszenie świadomości na temat znaczenia, istotności i konsekwencji cyfrowej transformacji pracy pod kątem BHP, w tym uzasadnienia biznesowego, poprzez przedstawianie danych faktycznych i liczbowych.
2. Zwiększenie świadomości i praktycznej wiedzy pracowników z każdego sektora, każdego rodzaju miejsca pracy i każdej grupy demograficznej (na przykład kobiet i migrantów) na temat bezpiecznego i produktywnego korzystania z technologii cyfrowych w pracy.
3. Poszerzenie wiedzy na temat nowych i pojawiających się zagrożeń i możliwości związanych z cyfrową transformacją pracy.
4. Promowanie oceny ryzyka oraz zdrowego i bezpiecznego proaktywnego zarządzania cyfrową transformacją pracy poprzez zapewnienie dostępu do odpowiednich zasobów (na przykład list kontrolnych dobrych praktyk, narzędzi i wytycznych).
5. Łączenie zainteresowanych stron w celu ułatwienia wymiany informacji, wiedzy i dobrych praktyk oraz stymulowania współpracy na rzecz bezpiecznej i produktywnej cyfrowej transformacji pracy.

Pięć priorytetowych obszarów:

- Praca z wykorzystaniem platform internetowych
- Zaawansowana robotyka i SI
- Praca zdalna i hybrydowa
- Inteligentne systemy cyfrowe
- Zarządzanie zasobem ludzkim za pomocą SI

⁴⁹ Kampanie opierają się głównie na ustaleniach i zasobach przeglądu BHP dotyczącego cyfryzacji 2020-2023 – czteroletniego programu badawczego zakresu cyfryzacji miejsca pracy i jej wpływu na BHP. Na stronie internetowej (www.healthy-workplaces.eu) można znaleźć szereg materiałów i zasobów udostępnionych, aby pomóc w promowaniu i wspieraniu kampanii. Większość jest dostępna w 25 językach.

Wdrożono również inne inicjatywy regionalne, które nie koncentrują się wyłącznie na BHP, ale są bardzo istotne, ponieważ dotyczą warunków pracy, bezpieczeństwa zatrudnienia i praw pracowniczych w erze cyfrowej.

- **Unia Afrykańska** promuje rozwój cyfrowy i oparty na SI poprzez strategię transformacji cyfrowej dla Afryki na lata 2020-2030 ⁵⁰, będącą częścią szerszej koncepcji – Agendy 2063, która kładzie nacisk na ochronę danych, cyberbezpieczeństwo i umiejętności cyfrowe siły roboczej, a także kontynentalną strategię dotyczącą SI ⁵¹, która opowiada się za ukierunkowanym na rozwój i etycznym wykorzystaniem sztucznej inteligencji.
- Podpisana przez rządy Argentyny, Brazylii, Paragwaju i Urugwaju w ramach **Wspólnego Rynku Południa (Mercosur)** deklaracja w sprawie integracji cyfrowej ⁵² Declaração presidencial sobre a integração digital podkreśla znaczenie spójnej regionalnej strategii transformacji cyfrowej, kładącej nacisk na badania, rozwój i innowacje etyczne.
- **Arabska Organizacja Pracy** poruszyła kwestię przyszłości pracy w obliczu wdrażania SI ⁵³, skupiając się m.in. na wzmocnieniu pozycji młodzieży i innowacjach w miejscu pracy. Chociaż nie odniesiono się konkretnie do BHP, pojawiła się ogólna wzmianka o wspieraniu ludzkich zdolności za pomocą sztucznej inteligencji.
- Regionalna strategia gospodarcza **Stowarzyszenia Narodów Azji Południowo-Wschodniej (ASEAN)** w coraz większym stopniu koncentruje się na czwartej rewolucji przemysłowej, która obejmuje przyjęcie zaawansowanych technologii cyfrowych i automatyzacji. ⁵⁴ W ramach tej strategii, ASEAN uruchomił plan działania ASEAN Digital Integration Framework, aby pomóc państwom członkowskim we wdrażaniu technologii cyfrowych w różnych sektorach.

Partnerzy społeczni również wdrożyli szereg różnych inicjatyw związanych z cyfryzacją i BHP.

Godnym uwagi przykładem dialogu społecznego jest Umowa ramowa europejskich partnerów społecznych w sprawie cyfryzacji (2020), przyjęta przez europejskich międzysektorowych partnerów społecznych (BusinessEurope, SMEUnited - Crafts & SMEs in Europe, Europejskie Centrum Pracodawców i Przedsiębiorstw Świadczących Usługi Publiczne oraz Europejską Konfederację Związków Zawodowych). Porozumienie to ma na celu zapewnienie zorientowanego na człowieka podejścia do transformacji cyfrowej, uwzględniającego jej wpływ na organizację pracy, rozwój umiejętności i BHP. Ujęto w nim zobowiązania do przewidywania zmian w miejscu pracy i zarządzania nimi, promowania praw pracowników do szkoleń i konsultacji oraz zapewnienia, że technologie cyfrowe wzmacniają, a nie osłabiają ochronę BHP.

Regionalne organizacje pracodawców opracowały raporty i przeprowadziły dyskusje w celu promowania odpowiedzialnego korzystania z technologii w miejscach pracy.

- **Federacja Pracodawców ASEAN** jest aktywnie zaangażowana w promowanie odpowiedzialnego użycia SI w miejscu pracy. Podkreśla potrzebę zarządzania i wdrożenia wytycznych etycznych w zakresie rozwoju i wykorzystania technologii SI. Poprzez dyskusje i budowanie świadomości dąży do zagwarantowania, że firmy integrują SI w sposób, który chroni prawa i bezpieczeństwo pracowników. Obejmuje to dostarczanie zasobów i spostrzeżeń na temat zarządzania ryzykiem związanych z wdrażaniem sztucznej inteligencji, takimi jak likwidacja miejsc pracy, tendencyjność danych i obawy dotyczące ochrony prywatności.
- Konfederacja **BusinessEurope** podkreśla znaczenie rozwoju umiejętności i szkoleń w odpowiedzi na rosnący wpływ automatyzacji i sztucznej inteligencji. Opowiedziano się za wdrażaniem ram, które wspierają firmy w dostosowywaniu się do cyfryzacji, w tym w odniesieniu do zagrożeń dla zdrowia psychicznego związanych z pracą zdalną i automatyzacją. Jedną z godnych uwagi publikacji jest raport *Algorithmic Management at Work: Improving Transparency to Achieve More Trust in AI* ⁵⁵,

⁵⁰ Digital Transformation Strategy for Africa 2020-2030

⁵¹ Continental Artificial Intelligence Strategy

⁵² Declaração presidencial sobre a integração digital no MERCOSUL

⁵³ The Future of Work in Light of Artificial Intelligence

⁵⁴ Consolidated Strategy on the Fourth Industrial Revolution for ASEAN

⁵⁵ Algorithmic management at work: Improving transparency to achieve more trust in AI

w którym zbadano sposoby zwiększania zaufania do systemów opartych na sztucznej inteligencji. Na poziomie sektorowym **Rada Europejskich Pracodawców Przemysłu Metalowego, Inżynieryjnego i Technologicznego (CEEMET)** opublikowała w 2021 r. raport zatytułowany *Digitalisation and the World of Occupational Safety and Health* ⁵⁶, który zawiera informacje dotyczące cobotów, elastycznej pracy, czujników i inteligentnych środków ochrony indywidualnej, a także ergonomii i egzoskieletów

Wiele związków zawodowych opracowało również inicjatywy na poziomie regionalnym, w tym raporty, narzędzia doradztwa politycznego, działania podnoszące świadomość, takie jak kampanie uświadamiające i inicjatywy szkoleniowe.

- Konfederacja Związków Zawodowych obu Ameryk opracowała raport *Del Taller al Cronómetro. Del Cronómetro al Algoritmo*, który sugeruje, że odpowiednie regulacje, aktywne działania związków zawodowych, dialog społeczny i zaangażowanie rządu są niezbędnymi elementami do zapewnienia systemów AM, które promują większą suwerenność w zakresie godzin pracy oraz lepsze prawa i warunki pracy. ⁵⁷
- **Karaibski Kongres Pracy** podjął dyskusję na temat skutków cyfryzacji w regionie. ⁵⁸ Działania koncentrują się na zapewnieniu, że pracownicy na nie będą narażeni na utratę pracy spowodowaną wdrożeniem nowych technologii. Kongres promuje inicjatywy edukacyjne mające na celu poprawę umiejętności cyfrowych wśród pracowników.
- Federacja **Public Services International** uruchomiła projekt *Our Digital Future* ⁵⁹ którego celem jest przeszkolenie przedstawicieli związków zawodowych w regionie **Afryki, Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej** w zakresie praw w przestrzeni cyfrowej, sztucznej inteligencji oraz BHP w miejscach pracy wykorzystujących technologie cyfrowe. Inicjatywa daje liderom państw wiedzę na temat technologii cyfrowych i praw do danych, umożliwiając im promowanie bezpiecznych, zorientowanych na technologię praktyk pracy w swoich związkach zawodowych. Warsztaty i zasoby są dostępne w języku arabskim, francuskim i angielskim.
- **Europejska Konfederacja Związków Zawodowych** opublikowała rezolucję w sprawie strategii europejskich dotyczących SI i przetwarzania danych (*Resolution on European AI and Data Strategies*) (ETUC, 2020), w której opowiedziano się za silniejszym udziałem pracowników w zarządzaniu SI i podejmowaniu decyzji. Rezolucja kładzie nacisk na ochronę pracowników ⁶⁰, postulując, aby aplikacje SI mające wpływ na pracowników uznano za obciążone wysokim ryzykiem i podlegające ścisłym regulacjom, co zapewni zgodność z zasadą ostrożności.
- **Europejski Instytut Związków Zawodowych** opublikował raport dotyczący regulacji zarządzania algorytmicznego (*Regulating Algorithmic Management*) ⁶¹, który zawiera ocenę projektu dyrektywy Komisji Europejskiej w sprawie poprawy warunków pracy za pośrednictwem platform internetowych. W raporcie podkreślono, że praktyki AM powinny być uczciwe i przejrzyste, co można osiągnąć poprzez wzmocnienie zdolności pracowników do pełnego korzystania z prawa dostępu do swoich danych, ich poprawiania, usuwania, ograniczania przetwarzania i przenoszenia danych. Jednostka ds. edukacji i prognozowania Europejskiego Instytutu Związków Zawodowych opracowała szereg szkoleń i narzędzi, które mają na celu przybliżenie sztucznej inteligencji przedstawicielom pracowników. ⁶²
- W raporcie **Rady Nordyckich Związków Zawodowych** *The Future of Work – Technology for People* ⁶³ podkreślono, że nowe technologie muszą zapewniać indywidualną kontrolę nad danymi osobowymi, nadając priorytet zasadom etycznym, bezpieczeństwu danych i uwzględnienia ochrony danych w fazie projektowania.

⁵⁶ Digitalisation and the World of Occupational Safety and Health

⁵⁷ [Del taller al cronómetro. Del cronómetro al algoritmo](#)

⁵⁸ [The future of digital transformation and workforce development in Latin America and the Caribbean](#)

⁵⁹ [Digitalisation Training - Africa/MENA](#)

⁶⁰ W tym kontekście rezolucja koncentruje się na zapobieganiu nieproporcjonalnemu i nieuzasadnionemu nadzorowi w miejscu pracy, zakazie dyskryminującego traktowania w oparciu o stronnicze algorytmy oraz zapobieganiu nadużyciom w zakresie ochrony danych i prywatności.

⁶¹ [Regulating algorithmic management](#)

⁶² [Empowering workers: ETUI's training tools on AI's impact in the workplace](#)

⁶³ [The future of work – Technology for people](#)



2.3 Krajowe ramy regulujące kwestie BHP i cyfryzację

2.3.1 Krajowe polityki i strategie

Niektóre kraje wdrażają w swoich lokalnych politykach i strategiach BHP przepisy dotyczące ryzyka związanego z technologią cyfrową. Jest to wynikiem zauważenia potrzeby ochrony pracowników i przedsiębiorstw przed stale zmieniającymi się wyzwaniami, a także zdefiniowania działań, które należy wdrożyć w najbliższych latach.

- W Argentynie Nadzór Ryzyka Zawodowego przyjął strategię ⁶⁴ Prevention 4.0, która wykorzystuje cyfrowe zapisy do inspekcji miejsc pracy, szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i dostarczania sprzętu. Inicjatywa ma na celu zwiększenie ochrony pracowników dzięki rozwiązaniom cyfrowym oraz wzmocnienie zarządzania ryzykiem w technologicznie ewoluujących środowiskach pracy.
- Fińska polityka na rzecz środowiska pracy i dobrego samopoczucia w pracy 2030 r. ⁶⁵ bezpośrednio wspomina o przyspieszeniu postępu technologicznego, w tym robotyki, technologii informacyjno-komunikacyjnych, cyfryzacji, sztucznej inteligencji i automatyzacji. W dokumencie podkreślono potrzebę identyfikowania, zapobiegania i minimalizowania ryzyka związanego z tymi technologiami, oceniając ich potencjalny wpływ na zdrowie pracowników w ramach trwającej transformacji.
- Krajowa polityka Gujany w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy⁶⁶ (2018) zaleca stosowanie należytych technologii, nowoczesnego sprzętu, najnowszych rozwiązań technologicznych i zmodernizowanych systemów, przy jednoczesnym uwzględnieniu różnych skutków, jakie mogą one mieć dla środowiska.
- W Indyjskiej krajowej polityce bezpieczeństwa, zdrowia i środowiska pracy⁶⁷ dostrzeżono nowe zagrożenia dla bezpieczeństwa i zdrowia związane z wdrażaniem nowoczesnych technologii. W dokumencie opowiedziano się za stosowaniem bezpiecznych i przejrzystych technologii, a także za wdrażaniem wspomaganych komputerowo narzędzi oceny ryzyka w celu lepszego radzenia sobie z zagrożeniami.
- Krajowa polityka Urugwaju w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy koncentruje się na aktualizacji ram regulacyjnych BHP w celu odzwierciedlenia postępu wiedzy, nowych technologii i zmian w świecie pracy.⁶⁸

Wiele państw wdraża krajowe strategie dotyczące cyfryzacji i SI. Chociaż kwestie BHP rzadko są poruszane bezpośrednio, strategie te w coraz większym stopniu promują podejście do transformacji cyfrowej skoncentrowane na pracowniku. Programy umożliwiające przekwalifikowanie, podniesienie kwalifikacji i edukację są kluczowe w zapewnieniu pracownikom nabycia umiejętności cyfrowych, aby mogli dostosować się do transformacji napędzanej przez SI (Egipt⁶⁹, Meksyk⁷⁰, Arabia Saudyjska⁷¹, Tunezja⁷² i Urugwaj⁷³). Wdrożone w niektórych krajach polityki podkreślają etyczne aspekty wdrożenia SI, ustanowienie jako priorytetu dobrostanu pracowników, równości, braku dyskryminacji oraz ochronę

⁶⁴ New Prevention 4.0 rules, Superintendence of Occupational Risks (SRT)

⁶⁵ Safe and healthy working conditions and Work Ability for everyone : Policy for the Work Environment and Wellbeing at Work until 2030

⁶⁶ Guyana's National Policy on Occupational Safety and Health

⁶⁷ National Policy on Safety, Health and Environment at the workplace

⁶⁸ Uruguay's National OSH Policy

⁶⁹ National Artificial Intelligence Strategy

⁷⁰ Mexico's National SI strategy

⁷¹ National Strategy for Data and Artificial Intelligence

⁷² Tunisia SI Roadmap

⁷³ Uruguay's National Strategy on SI 2024-2030

danych w miejscu pracy (Irlandia⁷⁴, Meksyk⁷⁵ i Urugwaj⁷⁶). Inne dotyczą kwestii, takich jak równość płci, integracja i ochrona prawna pracowników. Podejmują także temat zobowiązań do rewizji przepisów prawa pracy w celu ochrony praw pracowniczych (Chile⁷⁷). Dzięki priorytetowemu traktowaniu tych zagadnień, krajowe strategie SI odzwierciedlają rosnące globalne zaangażowanie w odpowiedzialne wdrażanie rozwiązań SI, co przyczyni się również do bezpieczniejszego i zdrowszego środowiska pracy.

Studium przypadku: Strategia rządu federalnego Niemiec w zakresie SI⁷⁸

Strategia pierwotnie wdrożona w 2018 r. i zaktualizowana w 2020 r. była jedną z pierwszych krajowych strategii promujących systematyczny rozwój i wdrażanie rozwiązań sztucznej inteligencji w Niemczech. Jej główne cele to m.in. zapewnienie przyszłej konkurencyjności Niemiec w obszarze SI, wspieranie odpowiedzialnego i godnego zaufania rozwoju SI oraz integracja SI ze społeczeństwem poprzez szeroki dialog społeczny i aktywne zaangażowanie polityczne.

Strategia kładzie nacisk na rozwój i wykorzystanie SI zorientowane na człowieka przez skoncentrowanie się na sile roboczej poprzez wspieranie rozwoju umiejętności, umożliwienie samostanowienia, zapewnienie bezpieczeństwa i ochronę zdrowia. W odniesieniu do miejsc pracy strategia określa różne działania, w tym:

- Opracowanie międzynarodowych i europejskich standardów dotyczących SI w środowisku pracy (we współpracy z MOP i OECD).
- Powołanie obserwatoriów SI na poziomie międzynarodowym i unijnym w celu przeprowadzania regularnych, kompleksowych ocen bieżącego rozwoju i badania potencjalnego wpływu SI na zatrudnienie, siłę roboczą oraz innych skutków ubocznych wdrożenia.
- Powołanie europejskich i krajowych instytucji w celu systematycznego monitorowania skutków nowych zastosowań SI w miejscu pracy, w tym w zakresie zatrudnienia, projektowania technicznego, interfejsów człowiek-maszyna i prywatności danych.
- Zapoczątkowanie transatlantyckiej i europejskiej wymiany (w szczególności między Niemcami i Francją) w zakresie projektowania technologii zorientowanej na człowieka.
- Opracowanie i wdrożenie kompleksowej strategii dla wykwalifikowanych pracowników w ramach partnerstwa łączącego rząd federalny i partnerów społecznych.
- Opracowanie krajowej strategii doskonalenia zawodowego we współpracy z partnerami społecznymi, aby wypracować odpowiedzi na transformację cyfrową w świecie pracy ogółem, a także na transformację spowodowaną w szczególności przez technologie SI, a także opracowanie szerokiego zestawu instrumentów służących doradztwu w zakresie siły roboczej i rozwijaniu umiejętności.
- Opracowanie programu finansowania innowacji na poziomie firm w celu testowania zastosowań sztucznej inteligencji w świecie pracy.
- Ocenianie i w razie potrzeby, stwarzanie pracownikom możliwości uczestniczenia w podejmowaniu decyzji dotyczących wprowadzania aplikacji SI w ich pracy.
- Organizowanie kompleksowego transferu wiedzy pomiędzy kierownikami ds. zasobów ludzkich, radami zakładowymi i pracownikami, w tym tworzenie ośrodków rozwoju umiejętności.

74 Roadmap for SI in Ireland

75 Mexico's National SI strategy

76 Uruguay's National Strategy on SI 2024-2030

77 Chile's National Policy on AI and Chile's Action Plan on AI

78 Artificial Intelligence Strategy of the German Federal Government

2.3.2 Regulacje dotyczące potencjalnych zagrożeń wynikających ze stosowania nowych technologii

Istniejące przepisy BHP zazwyczaj zapewniają pracownikom szeroką ochronę przed wszelkimi zagrożeniami zawodowymi, także tymi wynikającymi z wdrożenia nowych technologii i procesów omawianych w niniejszym raporcie. Powszechne przepisy prawa kładą nacisk na obowiązek zachowania należytej staranności przez pracodawcę oraz wymóg przeprowadzania kompleksowych ocen ryzyka w miejscu pracy, które zasadniczo obejmują kwestie związane z cyfryzacją. Jednak przepisy BHP często traktują priorytetowo zagrożenia fizyczne – takie jak te stwarzane przez roboty i zautomatyzowane procesy – i mogą być mniej adekwatne względem zagrożeń psychospołecznych związanych z cyfryzacją i wykorzystywaniem systemów opartych na SI.

W odpowiedzi powstają nowe przepisy regulujące projektowanie, wdrażanie i korzystanie z nowych technologii cyfrowych, które mają zapewnić poprawę bezpieczeństwa i zdrowia w miejscu pracy przy jednoczesnym zminimalizowaniu ryzyka.

- Wydana przez argentyński Inspektorat ⁷⁹ ds. Ryzyka Zawodowego rezolucja 69/2024 ma na celu modernizację zapobiegania ryzyku w miejscu pracy poprzez wykorzystanie technologii cyfrowej. Dokument upoważnia organ do ustalania wytycznych dotyczących wdrażania środków bezpieczeństwa opartych na technologii i zachęca organizacje do stosowania narzędzi cyfrowych w celu poprawy BHP.

W wielu krajach wiążące przepisy dotyczące zaawansowanej robotyki i jej wpływu na bezpieczeństwo i zdrowie pracowników są nadal wczesnym etapie opracowywania lub nie ma ich w ogóle.

- Francja aktywnie angażuje się w działania regulacyjne mające na celu zrównoważenie innowacji i ochrony pracowników. Kodeks pracy cyfrowej ⁸⁰ zawiera szczegółowe zasady dotyczące środowiska pracy wspomaganych przez roboty, koncentrując się na kwestiach bezpieczeństwa, zdrowia i etyki. Zasady te dotyczą bezpiecznej interakcji ludzi i robotów, dzięki czemu współpraca człowieka z robotem ma przebiegać w sposób minimalizujący ryzyko dla pracowników.
- W Niemczech standardy DGUV, takie jak rozporządzenie 100-500⁸¹, uwzględniają stosowanie maszyn przemysłowych i robotyki, nakładając na pracodawców wymogi w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pracowników. Przepisy obejmują wszystkie aspekty, od oceny ryzyka po zapewnienie odpowiednich środków bezpieczeństwa podczas obsługi robotów, zwłaszcza w środowiskach, w których ludzie pracują równolegle ze zautomatyzowanymi systemami

Niektóre kraje wprowadzają przepisy mające na celu ustanowienie prawa do bycia offline, pozwalając pracownikom na wycofanie się z komunikacji związanej z pracą poza godzinami pracy. Środki te mają na celu zapobieganie wypaleniu zawodowemu, promowanie równowagi między życiem zawodowym a prywatnym oraz ograniczenie nadmiernego nadzoru cyfrowego. Regulując korzystanie z narzędzi takich jak poczta elektroniczna i komunikatory, przepisy pomagają chronić czas osobisty i zdrowie psychiczne pracowników w coraz bardziej nieustannie aktywnym online świecie.

- Luksemburg wdrożył ustawę o prawie do bycia offline w 2023 r.⁸² W dokumencie określono, że firmy, w których pracownicy korzystają z narzędzi cyfrowych do celów zawodowych, muszą zdefiniować system zapewniający przestrzeganie prawa do bycia offline poza godzinami pracy.

⁷⁹ Resolución 69/2024

⁸⁰ <https://code.travail.gouv.fr/>

⁸¹ <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/997>

⁸² <https://www.paulhastings.com/insights/practice-area-articles/luxembourg>

- Inne kraje, w tym Argentyna⁸³, Australia⁸⁴, Austria⁸⁵, Belgia⁸⁶, Brazylia⁸⁷, Chile⁸⁸, Dania⁸⁹, Niemcy⁹⁰, Grecja⁹¹, Irlandia⁹², Włochy⁹³, Luksemburg, Meksyk⁹⁴, Niderlandy⁹⁵, Portugalia⁹⁶, Hiszpania⁹⁷, Szwecja⁹⁸, Turcja⁹⁹ i Ukraina¹⁰⁰ również przyjęły podobne przepisy. W niektórych przypadkach mają one zastosowanie wyłącznie do przedsiębiorstw zatrudniających określoną liczbę pracowników, np. we Francji¹⁰¹ (50 lub więcej pracowników) lub w Quebecu¹⁰² (25 lub więcej pracowników).

83 <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

84 <https://www.fairwork.gov.au/employment-conditions/hours-of-work-breaks-and-rosters/right-to-disconnect#:~:text=An%20employee%20has%20a%20right,the%20Right%20to%20disconnect%20section.>

85 <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

86 Tamże

87 <https://www.paulhastings.com/insights/practice-area-articles/brazil>

88 Tamże

89 Tamże

90 Tamże

91 Tamże

92 Tamże

93 Tamże

94 Tamże

95 Tamże

96 Tamże

97 <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/media-centre/news/spains-latest-initiative-puts-spotlight-right-disconnect-and-associated-preventive-measures>

98 <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

99 Tamże

100 Tamże

101 <https://www.klgates.com/What-is-new-in-France-right-for-the-employees-to-disconnect-02-22-2017>

102 https://www.assnat.qc.ca/Media/Process.aspx?MediaId=ANQ.Vigie.Bll.DocumentGenerique_136423en&process=Default&token=ZyMoxNwUn8ikQ+TRKYwPCjWrKwg+vIv9rjij7p3xLGTZDmLVSmjLoqe/vG7/YWzz



W kwestii ochrony danych osobowych, krajowe przepisy BHP zasadniczo nie odnoszą się do istotnych wyzwań związanych z bezpieczeństwem danych i wynikających z zastosowania technologii cyfrowych i sztucznej inteligencji w miejscach pracy. O ile ochrona danych osobowych pracowników jest zazwyczaj regulowana ogólnymi przepisami o ochronie danych osobowych, a nie przepisami dotyczącymi praw pracowników, **niektóre kraje wprowadziły szczegółowe przepisy mające na celu ochronę prywatności i bezpieczeństwa danych pracowników w coraz bardziej zautomatyzowanym i wykorzystującym dane środowisku pracy**. Przykładowo, francuski kodeks pracy¹⁰³ określa zasady monitorowania miejsca pracy, za pomocą rozwiązań, jak kamery monitorujące i śledzenie aktywności online, a niemiecka ustawa o ochronie danych¹⁰⁴ wprowadza surowe przepisy dotyczące gromadzenia, przetwarzania i przechowywania danych pracowników. Australia zaproponowała również nowe przepisy dotyczące ochrony danych w ramach strategii gospodarki cyfrowej¹⁰⁵, obejmujące nadzór pracy zdalnej, dane biometryczne i algorytmiczne podejmowanie decyzji.

Kraje zaczynają prawnie regulować zarządzanie algorytmiczne w miejscach pracy w celu przeciwdziałania zagrożeniom, takim jak niesprawiedliwe kary, nadmierny nadzór i dyskryminacja, które zazwyczaj nie są objęte ogólnymi przepisami BHP.

- Chiny¹⁰⁶ i Niderlandy¹⁰⁷ wprowadziły przepisy podkreślające sprawiedliwość i przejrzystość algorytmów w miejscu pracy.
- W Hiszpanii ustawa 12/2021¹⁰⁸ zmienia ustawę o statucie pracownika, nakładając na pracodawców obowiązek ujawniania parametrów algorytmicznych wpływających na warunki pracy. Aby zapewnić zgodność z przepisami, hiszpańskie Ministerstwo Pracy i Gospodarki Społecznej wydało wytyczne propagujące przejrzystość i sprawiedliwość w procesie podejmowania decyzji z użyciem algorytmów w środowiskach pracy opartych na technologiach cyfrowych.
- W USA ustawa o odpowiedzialności algorytmicznej z 2019 r.¹⁰⁹ nakazuje przeprowadzanie ocen systemów SI i uczenia maszynowego wysokiego ryzyka przetwarzających dane osobowe lub podejmujących zautomatyzowane decyzje.

103 [Légifrance - Code du travail](#)

104 [Federal Data Protection Act](#)

105 [Digital Economy Strategy](#)

106 [Regulation on Administration of Internet Information Service Recommendation Algorithms \(2022\)](#)

107 [AI & Algorithmic risks report Netherlands](#)

108 [BOE-A-2021-15767 Ley 12/2021, de 28 de septiembre, por la que se modifica el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, para garantizar los derechos laborales de las personas dedicadas al reparto en el ámbito de plataformas digitales.](#)

109 [The Algorithmic Accountability Act of 2019 \(H.R.2231\)](#)

Studium przypadku: Przemysłowa piaskownica regulacyjna Safetytech

Szybki rozwój technologii stwarza zarówno możliwości, jak i wyzwania w zakresie bezpieczeństwa przemysłowego. Podczas gdy technologie takie jak sztuczna inteligencja, Internet rzeczy (IoT) i robotyka mogą znacząco poprawić bezpieczeństwo w miejscu pracy, ich wdrożenie jest utrudnione przez niepewność regulacyjną, czasami słabe uzasadnienia biznesowe i potrzebę zagwarantowania bezpiecznego środowiska programistycznego. Safetytech Accelerator (STA), londyński akcelerator technologiczny skupiający się na innowacjach dla branż o kluczowym znaczeniu dla bezpieczeństwa, we współpracy z programem Discovering Safety brytyjskiego Inspektoratu BHP (HSE), powołał do życia w 2023 r. pierwszą na świecie piaskownicę regulacyjną Industrial Safetytech, aby sprostać tym wyzwaniom.

Projekt zakładał zgłębienie skutecznych działań w zakresie oceny i zgodności, przyspieszenie przyjęcia sprawdzonych technologii bezpieczeństwa oraz zrozumienie i ograniczenie barier w rozwoju nowych technologii ratujących życie. Nowatorskie podejście połączyło wiedzę regulacyjną HSE z wiedzą STA na temat innowacyjnych programów. Priorytetowe wyzwania zostały najpierw zidentyfikowane w drodze konsultacji, ze skupieniem na upadkach z wysokości, kolizjach pojazdów, operacjach dźwigowych i ręcznym przenoszeniu. Następnie do przeprowadzenia badań wybrano sześć firm zajmujących się innowacjami technologicznymi. Otrzymały one wsparcie ze strony HSE oraz mentorów branżowych, aby wspólnie stawić czoła wyzwaniom zapewniając, że rozwiązania są opracowywane symultanicznie. Piaskownica działała przez trzy miesiące i zaowocowała opracowaniem szeregu zaleceń mających na celu usprawnienie wdrażania technologii w sektorze budowlanym. Projekt pomyślnie wykazał potencjał współpracy w ramach piaskownic regulacyjnych dla szybszego wdrażania innowacyjnych technologii bezpieczeństwa w branży budowlanej, ostatecznie przyczyniając się do tworzenia bezpieczniejszych i zdrowszych miejsc pracy.

Źródło: Safetytech Accelerator

Wzrost popularności telepracy i pracy za pośrednictwem platform internetowych skłonił wiele krajów do wprowadzenia specjalnych przepisów w celu sprostania wyjątkowym wyzwaniom związanym z tymi rozwijającymi się formami zatrudnienia.¹¹⁰ Od początku pandemii COVID-19 w wielu krajach, takich jak Austria, Grecja, Łotwa, Portugalia, Rumunia, Słowacja i Hiszpania, przyjęto konkretne inicjatywy ustawodawcze dotyczące telepracy (Eurofound, 2022). Kraje coraz częściej wprowadzają przepisy regulujące pracę za pośrednictwem platform internetowych, przy czym podejścia w tym zakresie są bardzo zróżnicowane. Niektóre przepisy koncentrują się na zapewnieniu prawidłowej klasyfikacji pracowników, rozszerzając tym samym istniejącą ochronę na pracowników pracujących za pośrednictwem platform. Inne mają na celu zapewnienie konkretnej ochrony, w tym środków BHP, wszystkim pracownikom pracującym za pośrednictwem platform, niezależnie od ich klasyfikacji, przy jednoczesnym przypisaniu platformom różnego stopnia odpowiedzialności. W niektórych przypadkach odpowiedzialność wyraźnie spoczywa na platformach, podczas gdy w innych jest ona przenoszona na pracowników.

Układy zbiorowe pracy uzupełniają ustawodawstwo krajowe, zapewniając dodatkową ochronę na poziomie sektorów lub przedsiębiorstw. Niektóre układy koncentrują się na konkretnych technologiach, takich jak egzoszkielety, sztuczna inteligencja lub zarządzanie algorytmiczne, podczas gdy inne przyjmują szersze podejście

¹¹⁰ Powszechną obawą jest to, że wiele platform określa się jako pośredników technologicznych i uważa pracowników za samozatrudnionych. Powoduje to niejednoznaczność w zakresie odpowiedzialności za wdrożenie podstawowych środków zapobiegania ryzyku, takich jak ocena ryzyka, szkolenia BHP i zapewnienie sprzętu ochronnego. W wielu przypadkach obowiązki te są albo niejasne w świetle obowiązujących przepisów, albo przerzucane na pracowników, którym zazwyczaj brakuje zasobów do ich wypełnienia (MOP, 2024c).



© iStock/AndreyPopov

- ▶ W Norwegii układ zbiorowy między Konfederacją Norweskich Przedsiębiorstw a Norweską Konfederacją Związków Zawodowych dotyczy wykorzystania SI w miejscu pracy. Zgodnie z nim, firmy muszą informować pracowników, za pośrednictwem przedstawiciela, o planach i decyzjach dotyczących środków kontroli, które mogą być oparte na względach technologicznych, finansowych, bezpieczeństwa i zdrowia. Wprowadzane środki kontroli nie mogą wykraczać poza niezbędny zakres i muszą być faktycznie uzasadnione działaniami i potrzebami danej firmy. Prywatność i godność pracowników mają pierwszorzędne znaczenie, co wymaga zgodnych technologii SI, zaangażowania przedstawicieli pracowników i zapobiegania uprzedzeniom (Brunnerová i in., 2024).
- ▶ Podpisany w hiszpańskim Tekniker układ zbiorowy pracy na lata 2023-2024 zapewnia pracownikom prawo do bycia offline, gwarantując odpoczynek i prywatność oraz zakazując komunikacji związanej z pracą poza godzinami pracy, chyba że wystąpią wyjątkowe okoliczności (Brunnerová i in., 2024).
- ▶ W szwedzkiej kopalni Kiruna wdrożono nowy system nadzoru SI, który wykorzystuje aplikację na smartfony, aby zapewnić pracownikom wsparcie w zakresie pozycjonowania, pomoc w nawigacji oraz możliwość otrzymywania alertów i informacji o zagrożeniach, których otrzymanie należy potwierdzić (IKAB, 2022). Jednakże ustalono, że system ten może być wykorzystywany wyłącznie do celów bezpieczeństwa, a nie do śledzenia lub mierzenia wydajności pracowników.

Niektóre układy koncentrują się na zagadnieniach specyficznych dla danej branży

- We Włoszech związki zawodowe FILCAMS-CGIL i FISASCAT-CISL osiągnęły porozumienie z Partesa, spółką zależną międzynarodowej grupy piwowarskiej Heineken, w celu uregulowania korzystania z aplikacji telematycznej do monitorowania pracy kierowców. Układ ogranicza monitorowanie do celów bezpieczeństwa i wydajności, wymagając zatwierdzenia przez związek zawodowy lub radę zakładową przed wdrożeniem (Brunnerová i in., 2024).
- W Wielkiej Brytanii związek zawodowy GMB osiągnął porozumienie z Hermes w sprawie pewnych procesów opartych na algorytmach, które firma wykorzystuje do zarządzania pracą kierowców. Porozumienie przyznaje związkowi zawodowemu uprawnienia do przeprowadzania ocen zdrowia i bezpieczeństwa po incydentach, umożliwiając im identyfikację przypadków, w których AM budzi obawy dotyczące bezpieczeństwa (Collins i Atkinson, 2023).
- W Niemczech zawarto pierwsze porozumienie w sprawie cyfryzacji w sektorze detalicznym, wynegocjowane przez związek zawodowy UNI Global Union ver.di i H&M. Przełomowe porozumienie oznacza, że pracownicy będą mieli większy wpływ na sposób wdrażania nowych technologii w gigancie modowym, gwarantując jednocześnie bezpieczeństwo zatrudnienia i dodatki (UNI Global Union, 2022).

Inspektoraty pracy odgrywają kluczową rolę w zapewnianiu zgodności z regulacjami BHP, także w kontekście cyfryzacji. Oprócz egzekwowania przepisów, inspektorzy udzielają niezbędnych wskazówek i wsparcia zarówno pracodawcom, jak i pracownikom, pomagając im w orientowaniu się i wdrażaniu niezbędnych środków bezpieczeństwa. Poprzez inspekcje, szkolenia i dialog starają się zadbać o to, aby postęp technologiczny nie zagrażał bezpieczeństwu i zdrowiu pracowników.

Ponadto inspekcje pracy coraz częściej wykorzystują technologie i sztuczną inteligencję w celu określenia swoich priorytetów i celów za pomocą algorytmów, które pomagają zidentyfikować oznaki nadużyć lub niezgodności.

- Sekretariat Pracy i Opieki Społecznej w Meksyku wdraża innowacyjny system, który wykorzystuje modele prognozowania zagrożeń w celu optymalizacji inspekcji w miejscach pracy (STPS, 2024). Nowe narzędzie ma umożliwić przeanalizowanie 1,5 miliona wcześniejszych kontroli i określenie obszarów o wyższym prawdopodobieństwie wystąpienia niezgodności, zwiększając precyzję przyszłych inspekcji. Kontrole wspierane przez sztuczną inteligencję wykazują wskaźnik powodzenia na poziomie 94 % (Moncada, 2024). Ponadto narzędzie może wykrywać wzorce związane z chorobami zawodowymi i zagrożeniami, oferując cenne informacje na temat działań zapobiegawczych (STPS, 2024). Informacje te zostaną udostępnione Meksykańskiemu Instytutowi Ubezpieczeń Społecznych, aby pomóc w identyfikacji przedsiębiorstw i miejsc pracy o wyższym wskaźniku wypadków przy pracy, powtarzających się chorób zawodowych lub skarg (Gascón, 2025).
- Norweski Inspektorat Pracy opracował narzędzie do analizy predykcyjnej, które wykorzystuje duże zbiory danych do identyfikowania firm z grupy wysokiego ryzyka na potrzeby inspekcji BHP.¹¹¹ Narzędzie analizuje różne źródła danych, aby skuteczniej kierować inspekcjami, zwiększając ich precyzję.

¹¹¹ <https://osha.europa.eu/en/publications/future-role-big-data-and-machine-learning-health-and-safety-inspection-efficiency>

2.3.3 Dobrowolne normy i wytyczne techniczne

Aby uzupełnić istniejące regulacje, w wielu krajach wprowadzono dobrowolne normy, wytyczne techniczne i dobre praktyki w celu zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy w związku z transformacją cyfrową. Chociaż inicjatywy te nie są prawnie wiążące, zawierają one cenne zalecenia mające na celu wspieranie bezpiecznego, zdrowego i odpowiedzialnego wdrażania nowych technologii w miejscach pracy.

Niektóre wytyczne koncentrują się na promowaniu wykorzystania technologii cyfrowych w celu poprawy BHP i usprawnienia zarządzania ryzykiem.

- Publikacja argentyńskiego Ministerstwa Pracy Libro Blanco: *Digitalización para la Prevención de Riesgos en el Trabajo*¹¹² przedstawia strategię wykorzystania technologii cyfrowych w celu poprawy zapobiegania zagrożeniom w miejscu pracy. Celem publikacji jest zgłębienie cyfryzacji, sztucznej inteligencji i analizy danych jako narzędzi służących modernizacji procedur BHP i poprawie ochrony pracowników. W dokumencie położono nacisk na podejście oparte na współpracy i przedstawiono zalecenia dotyczące integracji narzędzi cyfrowych z systemami oceny i zarządzania ryzykiem.
- W Kanadzie, Komisja ds. Odszkodowań Pracowniczych Kolumbii Brytyjskiej promuje wykorzystanie narzędzi cyfrowych do zarządzania bezpieczeństwem i zdrowiem w miejscu pracy. Do inicjatyw komisji należą m.in. pakiet narzędzi do tworzenia strategii BHP dla pracodawców,¹¹³ który umożliwia im śledzenie danych na temat urazów i szkód, analizowanie wyników w zakresie bezpieczeństwa i identyfikowanie trendów, które mogą wpływać na przyszłe planowanie w zakresie BHP. Dzięki temu pracodawcy mogą porównywać swoje wyniki w zakresie bezpieczeństwa z normami branżowymi, prognozować potencjalne zagrożenia i integrować dane dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa z planowaniem finansowym.
- W publikacji francuskiego Instytutu Badań i Bezpieczeństwa ds. Zapobiegania Wypadkom przy Pracy i Chorobom Zawodowym Intelligence Artificielle au Service de la Santé et Sécurité au Travail: *Enjeux et Perspectives à l'Horizon 2035*¹¹⁴ zbadano, w jaki sposób sztuczna inteligencja może wpłynąć na zapobieganie ryzyku w miejscu pracy i poprawić warunki pracy do 2035 roku. Główne kierunki działań obejmują zastosowania SI do analizy wypadków, rozwoju epidemiologii i zaawansowanej robotyki.

Niektóre zalecenia koncentrują się na zagrożeniach dla BHP i wyzwaniach związanych z cyfryzacją, w szczególności z automatyzacją i robotyką. Niekiedy wytyczne przyjmują podejście ukierunkowane na konkretny sektor lub ryzyko.

- Opracowane w Australii przez Centrum Bezpieczeństwa i Higieny Pracy rządu Nowej Południowej Walii wytyczne dotyczące bezpiecznego projektowania i wdrażania robotów współpracujących *Guidelines for Safe Collaborative Robot Design and Implementation*¹¹⁵ zawierają kluczowe informacje na temat kwestii BHP związanych z korzystaniem z robotów współpracujących, w tym bezpiecznej interakcji, projektowania oraz list kontrolnych i ocen ryzyka w miejscu pracy.
- Amerykański Narodowy Instytut Normalizacyjny i Stowarzyszenie Przemysłu Robotyki wprowadziły w 1986 r. pierwszy standard bezpieczeństwa dla robotów przemysłowych American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems – Safety requirements, który jest stale aktualizowany o nowe zagrożenia, w tym te związane z wykorzystaniem robotów współpracujących. Ponadto Administracja Bezpieczeństwa i Higieny Pracy oraz NIOSH, we współpracy ze Stowarzyszeniem na rzecz Postępu w Automatyzacji, dokonały przeglądu części podręcznika *Occupational Safety and Health Administration Technical Manual*¹¹⁶ w celu uwzględnienia środków bezpieczeństwa dla współpracujących i mobilnych systemów zrobotyzowanych.

¹¹² Libro Blanco: Digitalización para la Prevención de Riesgos en el Trabajo

¹¹³ Employer Health & Safety Planning Tool Kit

¹¹⁴ Intelligence artificielle au service de la santé et sécurité au travail

¹¹⁵ Guidelines for Safe Collaborative Robot Design and Implementation

¹¹⁶ Industrial Robot Systems and Industrial Robot System Safety

- We Francji profilaktyka w dziedzinie robotyki współpracującej¹¹⁷ dostarcza informacji na temat bezpiecznego wdrażania robotów współpracujących, w tym zapobiegania ryzyku.
- Instytut Zdrowia Publicznego w Chile opublikował wytyczne dotyczące cyfryzacji i automatyzacji¹¹⁸ pracy, które analizują wpływ nowych technologii na BHP i produktywność, oferując wgląd w zarządzanie ryzykiem związanym ze zwiększoną integracją cyfrową w różnych branżach. W wytycznych podkreślono znaczenie odpowiedzialnego wdrożenia, aby wspierać zarówno dobre samopoczucie pracowników, jak i ich produktywność, odnosząc się do takich obszarów, jak zagrożenia ergonomiczne, obsługa danych i bezpieczeństwo zautomatyzowanych zadań.
- Organizacja WorkSafe z Nowej Zelandii opublikowała wytyczne dotyczące automatyzacji i robotyki,¹¹⁹ aby wspierać przedsiębiorstwa w zarządzaniu ryzykiem związanym z wykorzystaniem rozwiązań z zakresu automatyki, w tym robotyki, zachęcając do przyjęcia proaktywnych środków, takich jak audyty bezpieczeństwa, szkolenia i zaangażowanie pracowników w proces wdrażania. Opublikowano tam również wytyczne dla poszczególnych sektorów. Na przykład wytyczne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w budownictwie zawierają zalecenia dotyczące zarządzania zautomatyzowanymi maszynami, podczas gdy kodeks ochrony prywatności informacji telekomunikacyjnych uwzględnia automatyzację i technologie cyfrowe w operacjach telekomunikacyjnych.

117 Prevention in the field of collaborative robots

118 Digitalización y Automatización en el Trabajo

119 Guidelines on Automation and Robotics



- W Irlandii, Urząd ds. Zdrowia i Bezpieczeństwa oraz agencja State CI SI ms wspólnie opracowały poradnik Psychosocial Risk Assessment: Guidance for Exposure to Sensitive Content, aby pomóc organizacjom zatrudniającym osoby na stanowiskach, na których są oni narażeni na kontakt z materiałami wrażliwymi, takich jak moderatorzy treści lub inni pracownicy, którzy są niespodziewanie narażeni na kontakt z takimi treściami w ramach pełnionej przez siebie funkcji. Dokument zawiera szczegółowe informacje na temat oceny ryzyka z wykorzystaniem hierarchii środków zarządzania ryzykiem.

Część wytycznych koncentruje się na znaczeniu etycznym SI dla bezpieczeństwa w miejscu pracy, w szczególności w zakresie AM i odpowiedzialnego wdrażania.

- Opublikowane w Australii i Nowej Zelandii standardy etyki SI promują bezpieczne i odpowiedzialne korzystanie ze sztucznej inteligencji, w których zachęca się firmy do uwzględniania zagrożeń związanych z BHP, ochroną pracowników i danych.
- *AI Ethics Principles and Guidelines* wydane w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, a także opracowane w Singapurze standardy *Model AI Governance Framework* kładą nacisk na przejrzystość, odpowiedzialność i uczciwość w zastosowaniach sztucznej inteligencji.

Również organizacje pracodawców są aktywnie zaangażowane w zachęcanie do odpowiedzialnej integracji technologii cyfrowych.

- W USA, Robotic Industries Association wydało wymagania bezpieczeństwa dla przemysłowych robotów mobilnych, w których opisano podstawowe zagrożenia związane ze stosowaniem tych robotów w środowisku przemysłowym i określono wymagania mające na celu wyeliminowanie lub odpowiednie ograniczenie związanego z nimi ryzyka.
- W Japonii w ramach programu szkoleń pracowników w zakresie bezpieczeństwa robotyki Japońskiej Federacji Żelaza i Stali określono wymogi, których powinni przestrzegać zarówno operatorzy usług zrobotyzowanych, jak i ich dostawcy.¹²⁰ Określono zasady oceny ryzyka, zarządzania bezpieczeństwem, edukacji, systemów operacyjnych, systemów zarządzania i innych działań, które dostawcy usług związanych z robotami powinni podejmować w celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania robotów podczas świadczenia usług dla zwykłych ludzi w przestrzeni publicznej.

2.3.4 . Inicjatywy na rzecz zwiększania świadomości społecznej

Kluczową rolę w rozpowszechnianiu informacji i zachęcaniu do stosowania bezpiecznych i zdrowych praktyk odgrywają inicjatywy mające na celu zwiększenie świadomości, aby zagwarantować, że nowe technologie przyczynią się do tworzenia bezpieczniejszych i chroniących zdrowie miejsc pracy. Takie inicjatywy mogą być organizowane przez władze publiczne, organy zajmujące się BHP lub organizacje pracodawców i pracowników, a także przybierać różne formy, takie jak kampanie, warsztaty, konferencje, webinaria, podcasty i tworzenie sieci, jak również materiały promocyjne, takie jak raporty i zestawienia informacji.

Władze publiczne i organy zajmujące się BHP na całym świecie opracowały inicjatywy podnoszące świadomość i koncentrujące się na konsekwencjach technologii cyfrowych dla BHP

- Różne kraje w UE przeprowadziły kampanie uświadamiające w ramach kampanii EU-OSHA Zdrowe i bezpieczne miejsce pracy 2023-2025 (zob. s. 31).
- Kanadyjskie Centrum Bezpieczeństwa i Higieny Pracy publikuje arkusze informacyjne, takie jak *Introducing New Technology at the Workplace*,¹²¹ w którym przedstawiono potencjalne zagrożenia i środki zarządzania ryzykiem związanym z wdrażaniem technologii cyfrowych. W innych materiałach informacyjnych skupiono się na konkretnych technologiach, takich jak roboty i coboty oraz egzoszkielety, przedstawiając szczegółowe wytyczne dotyczące zarządzania ryzykiem.

¹²⁰ New JIS as Safety Standards for Robot Services Established

¹²¹ Introducing New Technology at the Workplace

- Fińska inicjatywa *AI Ethics Challenge* to wyzwanie dla firm, w ramach którego mogą one dyskutować na temat zasad etycznych dotyczących korzystania z SI.
- W Indiach Ministerstwo Pracy i Zatrudnienia, we współpracy z instytucjami branżowymi, buduje świadomość na temat zagrożeń związanych ze sztuczną inteligencją i automatyzacją, szczególnie w branżach przechodzących transformację cyfrową.¹²²
- W Meksyku Sekretariat Pracy i Opieki Społecznej prowadzi warsztaty, aby pomóc firmom z sektorów takich jak produkcja, motoryzacja i logistyka w bezpiecznej integracji sztucznej inteligencji i robotyki, z naciskiem na zapobieganie wypadkom i zagrożeniom dla zdrowia psychicznego w cyfrowych środowiskach pracy.¹²³
- W Arabii Saudyjskiej podczas Szóstej Saudyjskiej Globalnej Konferencji Bezpieczeństwa i Higieny Pracy (maj 2024 r.), której patronuje Ministerstwo Zasobów Ludzkich i Rozwoju Społecznego, skupiono się na konsekwencjach transformacji technologicznej dla BHP.
- W Republice Południowej Afryki inicjatywa Future of Work Safety promuje bezpieczne wdrażanie sztucznej inteligencji i automatyzacji w branżach takich jak górnictwo i produkcja.
- NIOSH opublikowała kilka raportów na temat roli sztucznej inteligencji i automatyzacji w BHP, omawiając w nich zagrożenia związane z robotyką i systemami miejsc pracy opartymi na sztucznej inteligencji.¹²⁴ Zorganizowano również webinar *The Role of Artificial Intelligence in the Future of Work*.¹²⁵ Amerykańska Narodowa Rada Bezpieczeństwa i Safetytech Accelerator są współautorami raportu na temat rozwiązań opartych na sztucznej inteligencji w zakresie zapobiegania chorobom układu mięśniowo-szkieletowego.¹²⁶

122 Ministry of Labour and Employment – Workplace Safety

123 Mexico revises regulations to improve machinery safety

124 Occupational Safety and Health Equity Impacts of Artificial Intelligence: A Scoping Review

125 The Role of Artificial Intelligence in the Future of Work

126 <https://safetytechaccelerator.org/downloads/report-emerging-technologies-for-the-prevention-of-msd/>



Organizacje pracodawców również aktywnie promują odpowiedzialną integrację technologii cyfrowych, organizując wydarzenia podnoszące świadomość oraz opracowując raporty i przewodniki.

- Unió Industrial Argentina promuje program *Ruta X*,¹²⁷ który wspiera transformację cyfrową, szczególnie w MŚP. W programie uczestniczy *Centro de Industria X*,¹²⁸ w którym odbywają się warsztaty na temat transformacji cyfrowej i akceleracji, podczas których prezentowane są innowacyjne rozwiązania BHP, takie jak wykrywanie ryzyka oparte na sztucznej inteligencji.
- W Brazylii Krajowa Konfederacja Przemysłu promuje transformację cyfrową i wspiera firmy w pokonywaniu związanych z nią zagrożeń.¹²⁹
- W Chile Federacja Produkcji i Handlu, po powołaniu zespołu ds. transformacji cyfrowej i sztucznej inteligencji, opracowała projekty mające na celu sprostanie wyzwaniom w tym obszarze, kładąc nacisk na szkolenia, produktywność i współpracę.¹³⁰
- Węgierska Federacja Pracodawców i Przedsiębiorców Przemysłowych przeprowadziła ankietę na temat zasobów siły roboczej i umiejętności, podkreślając potrzebę szkolenia pracowników w zakresie kompetencji cyfrowych w celu przygotowania się do transformacji cyfrowej.¹³¹
- Meksykańska Federacja Pracodawców opowiada się za odpowiedzialnym wdrażaniem sztucznej inteligencji i technologii cyfrowych, ze szczególnym uwzględnieniem edukacji i szkoleń w zakresie umiejętności cyfrowych.¹³²
- Irlandzka Federacja Biznesu i Pracodawców zorganizowała seminarium *Embracing Technology for Managing OSH*, podczas którego skupiono się na rozwiązaniach cyfrowych, zgodności z przepisami i politykami, dzieląc się studiami przypadków i najlepszymi praktykami. IMA zorganizowała również w 2024 r. seminarium *Dust Exposure Monitoring and Health and Safety in the Digital Age*.¹³³
- We Włoszech organizacja Confindustria Brescia zorganizowała spotkanie pod hasłem *Artificial intelligence and SMEs: experiences from a present future*, będące częścią krajowego cyklu spotkań poświęconych cyfryzacji, w którym uczestniczyło łącznie 700 firm.

Związki zawodowe aktywnie prowadzą kampanie uświadamiające i rozwijają zasoby, aby bezpieczeństwo i zdrowie pracowników pozostały priorytetem przy wdrażaniu nowych technologii. Ich wysiłki koncentrują się na promowaniu transformacji cyfrowej, która stoi na straży praw pracowniczych, tworząc bezpieczniejsze, zdrowsze i bardziej zintegrowane miejsca pracy.

- W Argentynie projekt SinDigital przyniósł cenne spostrzeżenia zawarte w raporcie *Technology and Digital Transformation: A Challenge for Trade Unions*¹³⁴. W badaniu przeprowadzonym wśród 27 organizacji reprezentujących 1,3 miliona pracowników przeanalizowano wpływ cyfryzacji na warunki pracy i działalność związków zawodowych, w tym wpływ narzędzi cyfrowych na zarządzanie danymi w związkach zawodowych.
- W Kolumbii Asociación Nacional de Profesionales de Salud, Seguridad y Ambiente rozpoczęła serię podcastów na temat roli SI w transformacji BHP, koncentrując się na takich tematach, jak cyfryzacja BHP z wykorzystaniem SI, tworzenie kultury bezpieczeństwa i zarządzanie ryzykiem technologicznym w miejscu pracy.¹³⁵

¹²⁷ <https://www.uia.org.ar/ciencia-tecnologia-e-innovacion/3880/agenda-40-la-uia-lanzo-ruta-x-x/>

¹²⁸ <https://rutax.uia.org.ar/centroX>

¹²⁹ Especialista orienta sindicatos sobre comunicação digital

¹³⁰ <https://www.cpc.cl/desafio-transformacion-digital/?lang=es>

¹³¹ Labour and skills supply in different regions of Hungary - trends and challenges

¹³² COPARMEX's "Connecting Mexico" Project

¹³³ IMA-Europe 2024 OSH Seminar: Dust Exposure Monitoring and Health and Safety in the Digital Age

¹³⁴ Technology and digital transformation: A challenge for trade unions

¹³⁵ Digitalizando la SST con IA; Transformación IA buscando una cultura de Seguridad; Inteligencia Artificial en el mundo de la SST

- W Niemczech związek IG Metall opowiedział się za etycznym wykorzystaniem sztucznej inteligencji w produkcji, podkreślając potrzebę zaangażowania pracowników we wdrażanie technologii i świadomość ryzyka związanego z wykorzystaniem algorytmów¹³⁶. Ponadto, związek UNI Global Union opublikował raport *Algorithmic Management - Awareness, Risks and Response of the Social Partners*, w którym wzywa związki zawodowe do zwiększenia swoich możliwości i współpracy w celu lepszego uregulowania kwestii ryzyka związanego z AM w układach zbiorowych pracy.
- Filipińska Federacja Związków Zawodowych rozpoczęła kampanie dotyczące wpływu cyfryzacji na pewność zatrudnienia i BHP, opowiadając się za krajowymi przepisami dotyczącymi sztucznej inteligencji, które chronią prawa pracowników.¹³⁷ Oferowane przez nią programy szkoleniowe promują bezpieczne praktyki z zakresu sztucznej inteligencji, pomagając pracownikom dostosować się do automatyzacji i środowisk cyfrowych.
- W Hiszpanii Comisiones Obreras i Unión General de Trabajadores opracowały raporty wspierające negocjacje zbiorowe i edukujące rady zakładowe w kwestiach związanych z algorytmami i ochroną danych. Ta ostatnia opublikowała również raport *Trade Unions in the Digital Age: Country Fiche on Spanish Manufacturing Sector*,¹³⁸ koncentrujący się na szkoleniach w zakresie umiejętności cyfrowych dla pracowników i związków zawodowych.
- W Wielkiej Brytanii, Kongres Związków Zawodowych opublikował raport *Shaping Our Digital Future*, w którym omówiono negocjacje zbiorowe dotyczące technologii i podkreślono potrzebę ochrony pracowników przed nadmierną presją produktywności i ciągłym monitorowaniem, często związanym ze środowiskami pracy opartymi na sztucznej inteligencji. To część szerszego manifestu *Dignity at Work and the AI Revolution*, który opowiada się za sprawiedliwym i przejrzystym wykorzystaniem SI, podkreślając obawy związane z niepewnością zatrudnienia, jakością warunków pracy i zdrowiem psychicznym.

2.3.6 Programy szkoleniowe

W wielu krajach władze publiczne i inne organy opracowały programy szkoleniowe, aby pomóc pracodawcom i pracownikom w radzeniu sobie z zagrożeniami związanymi z wdrażaniem technologii cyfrowych w miejscach pracy. Niektóre inicjatywy uwzględniają ogólnie technologie cyfrowe, podczas gdy inne koncentrują się konkretnie na sztucznej inteligencji, często w połączeniu z robotyką lub automatyzacją i są ukierunkowane na określone sektory, takie jak produkcja, górnictwo i energetyka.

- W Brazylii oferuje się szkolenia dla branż przechodzących transformację cyfrową, koncentrując się na bezpiecznych interakcjach z robotami, sztuczną inteligencją i innymi narzędziami cyfrowymi. Programy szkoleniowe kładą nacisk na ergonomiczne zagrożenia związane z automatyzacją i sztuczną inteligencją, a także na wpływ zwiększonej cyfryzacji na zdrowie psychiczne.
- W Kanadzie WSPS oferuje szkolenia z zakresu bezpieczeństwa cyfrowego, szczególnie w sektorach takich jak produkcja, budownictwo i rolnictwo. Główny nacisk położono na zagrożenia związane ze sztuczną inteligencją i robotyką, w tym kwestie ergonomiczne i psychologiczny wpływ technologii cyfrowych. Również Safe Work Australia zapewnia szkolenia dla pracowników i pracodawców w sektorach takich jak budownictwo, logistyka i produkcja. Tematyka programów koncentruje się na bezpiecznej interakcji z narzędziami i systemami zrobotyzowanymi opartymi na sztucznej inteligencji oraz ciągłym rozwoju umiejętności w odpowiedzi na transformację cyfrową.
- ChileValora, zapewnia szkolenia dla pracowników z sektorów wysokiego ryzyka, takich jak górnictwo, produkcja i energetyka. Szkolenia obejmują protokoły bezpieczeństwa sztucznej inteligencji i robotyki, a także psychologiczne skutki transformacji cyfrowej.

¹³⁶Promoting human-centred SI in the workplace. Trade unions and their strategies for regulating the use of SI in Germany

¹³⁷Towards building worker and trade union in the Philippines

¹³⁸Trade Unions in the Digital Age: Country Fiche on Spanish Manufacturing Sector

- Narodowy program rozwoju SI w Zjednoczonych Emiratach Arabskich zapewnia szkolenia mające na celu podniesienie umiejętności w zakresie SI wśród pracowników sektora publicznego, dzięki czemu są oni przygotowani do zarządzania procesem integracji SI w swoich sektorach.
- W Polsce Centralny Instytut Ochrony Pracy prowadzi szkolenia na temat bezpiecznej integracji sztucznej inteligencji i robotyki w branżach takich jak produkcja, logistyka i ochrona zdrowia. Szkolenia te poruszają kwestie bezpieczeństwa użytkowania robotów, integracji sztucznej inteligencji z oceną ryzyka i znaczenia ergonomii, a także wysiłków na rzecz łagodzenia zagrożeń psychospołecznych i promowania zdrowia psychicznego w cyfrowym miejscu pracy.
- W Singapurze Rada Bezpieczeństwa i Higieny Pracy oferuje programy certyfikacji skierowane do firm chcących zrozumieć wpływ transformacji cyfrowej na bezpieczeństwo, zwłaszcza w sektorach wysokiego ryzyka, takich jak budownictwo i logistyka. Szkolenia koncentrują się na bezpiecznym wdrażaniu systemów sztucznej inteligencji, robotyki i urządzeń do noszenia w celu monitorowania bezpieczeństwa, a także na psychologicznych skutkach automatyzacji

2.3.7 Badania nad wpływem cyfryzacji na BHP

Inicjatywy badawcze mają kluczowe znaczenie dla zrozumienia i sprostania zmieniającym się wyzwaniom w zakresie BHP. Badania odgrywają istotną rolę w dostarczaniu władzom, pracodawcom i pracownikom wiarygodnych informacji na temat wpływu technologii cyfrowych na miejsca pracy. Dzięki nim można określać priorytety i podejmować świadome działania w celu promowania i ochrony bezpieczeństwa i zdrowia pracowników. Pojawiło się kilka inicjatyw skupiających się na różnych aspektach cyfryzacji miejsc pracy, w tym granty, programy doktoranckie i konferencje akademickie, które wspierają współpracę i poszerzają wiedzę w tej dziedzinie.

- W Austrii inicjatywa *Work NEW 4.0*¹³⁹, prowadzona przez austriackie Ministerstwo Pracy i Gospodarki, koncentruje się na wpływie cyfryzacji, automatyzacji i sztucznej inteligencji na BHP. Inicjatywa ta bada zarówno korzyści, takie jak monitorowanie bezpieczeństwa oparte na sztucznej inteligencji, jak i wyzwania, w tym kwestie związane ze zdrowiem psychicznym i zwolnieniami z pracy. Program zachęca do współpracy między naukowcami, firmami i agencjami rządowymi w celu zapewnienia bezpiecznej integracji tych technologii.
- Kanadyjski Instytut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail SI I regularnie publikuje biuletyn *Bulletin de Veille Scientifique sur l'Intelligence Artificielle et la SST*.¹⁴⁰ Inicjatywa ta ma na celu zapewnienie zainteresowanym stronom wglądu w badania nad nowymi technologiami, ich wpływem na bezpieczeństwo w miejscu pracy oraz potencjalnymi strategiami integracji sztucznej inteligencji w celu poprawy praktyk BHP.
- W Chile Urząd Nadzoru Ubezpieczeń Społecznych finansuje badania nad wykorzystaniem sztucznej inteligencji i elektroniki noszonej do monitorowania bezpieczeństwa w czasie rzeczywistym, koncentrując się na branżach takich jak górnictwo, leśnictwo i rolnictwo, z zastosowaniem sztucznej inteligencji do biomechanicznej oceny chodu przy użyciu konwencjonalnych kamer wideo, cyfrowych porad dotyczących zarządzania ryzykiem i skuteczności programów rzeczywistości wirtualnej w celu promowania zapobiegania ryzyku.

¹³⁹ https://lab.neos.eu/_Resources/Persistent/a7b52188459eaf6028338e8958683de074b3324f/ELF%20-%20Work%204.0.pdf

¹⁴⁰ Nouvelle veille dédiée à l'intelligence artificielle en SST > IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

- Nowozelandzka sieć Robotics, Automation, and Sensing¹⁴¹ zrzesza ekspertów w celu omówienia wpływu robotyki i automatyzacji na bezpieczeństwo, organizując konferencje poświęcone przyszłości pracy i bezpieczeństwu pracowników w zdigitalizowanym świecie.
- W Szwecji grupa badawcza New World of Work¹⁴² w Instytucie Karolinska bada, w jaki sposób systemy algorytmiczne wpływają na zdrowie, bezpieczeństwo i samopoczucie pracowników, biorąc również pod uwagę negocjacje między pracownikami a pracodawcami przy wdrażaniu takich technologii.
- W Stanach Zjednoczonych NIOSH wspiera badania nad sztuczną inteligencją i robotyką w celu poprawy bezpieczeństwa w miejscu pracy. Instytut oferuje dotacje do projektów wykorzystujących sztuczną inteligencję do przewidywania wypadków, automatyzacji protokołów bezpieczeństwa i wprowadzania ergonomicznych zmian. Finansowane są również badania nad systemami opartymi na sztucznej inteligencji, takimi jak egzoskielety, mające celu zmniejszenia ryzyka obrażeń, a także aplikacje uczenia maszynowego do analizy danych dotyczących bezpieczeństwa.¹⁴³



2.4 Zarządzanie cyfryzacją i BHP w miejscu pracy

Skuteczne działania na poziomie miejsca pracy, prowadzone przy aktywnym udziale pracowników, mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia, że projektowanie i wdrażanie nowych technologii w miejscach pracy przyczynia się do poprawy BHP. Ponieważ nowe technologie zmieniają charakter pracy, miejsca pracy muszą wdrażać ukierunkowane działania, aby sprostać pojawiającym się zagrożeniom. Działania te muszą być starannie dostosowane do konkretnych potrzeb pracowników i wyzwań związanych z postępem technologicznym. Przyjmując proaktywne strategie, firmy mają pewność, że technologia wzmacnia, a nie zagraża bezpieczeństwu i dobremu samopoczuciu pracowników.

Na poziomie miejsca pracy cyfryzacja może wprowadzić znaczące zmiany, takie jak te związane z automatyzacją lub cyfrowym monitorowaniem. Maksymalizacja możliwości i sprostanie wyzwaniom wymaga podejścia opartego na współpracy, w którym pracownicy i ich przedstawiciele są aktywnie angażowani w opracowywanie działań i rozwiązań. Pracownicy powinni być zaangażowani na każdym etapie wdrażania nowej technologii, w tym jej wyboru, definiowania jej roli i celu, wprowadzania i bieżącego przeglądu. Dzięki dialogowi i współpracy pracownicy i pracodawcy mogą wspólnie opracowywać strategie bezpiecznego korzystania z technologii cyfrowych, pomagając zapewnić, że postępy te wspierają zdrowie i bezpieczeństwo pracowników.

Dlatego też ustanowienie skutecznych systemów zarządzania BHP ma zasadnicze znaczenie dla proaktywnego przeciwdziałania zagrożeniom związanym z wprowadzeniem cyfryzacji i sztucznej inteligencji

¹⁴¹ <https://www.nzras.org.nz/>

¹⁴² <https://ki.se/en/research/research-areas-centres-and-networks/research-groups/the-new-world-of-work-theo-bodins-research-group>

¹⁴³ Research Grant Funding | Extramural Research | CDC

2.4.1 Wdrożenie kompleksowego systemu zarządzania BHP

Ponieważ organizacje integrują narzędzia cyfrowe, sztuczną inteligencję i automatyzację w swoich działaniach, rozbudowany system zarządzania BHP gwarantuje, że bezpieczeństwo i zdrowie są traktowane priorytetowo, przy jednoczesnym dostosowaniu się do postępu technologicznego. Na każdym etapie wdrażania należy konsultować się z pracownikami i ich przedstawicielami. Zgodnie z wytycznymi MOP: Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy (2001), model systemu zarządzania BHP powinien obejmować następujące elementy:

- **Polityki:** Sformułowanie jasnej polityki BHP, która odzwierciedla zaangażowanie organizacji w bezpieczeństwo i zdrowie, w tym w kontekście integracji nowych technologii i wprowadzania nowych procesów. Powinno to zostać uzgodnione w ramach trójstronnego procesu, zgodnie z postanowieniami Konwencji nr 155.
- **Organizacja:** Określenie ról i obowiązków w odniesieniu do BHP, zapewnienie zaangażowania kierownictwa oraz promowanie aktywnego udziału pracowników i konsultacji z nimi, w szczególności w odniesieniu do integracji nowych technologii i związanych z nimi działań z zakresu BHP.
- **Planowanie i wdrażanie:** Systematyczna identyfikacja zagrożeń i ocena ryzyka, w tym tych kwestii związanych z nowymi technologiami, m.in. sztuczną inteligencją i narzędziami cyfrowymi, oraz wdrażanie środków zapobiegawczych i ochronnych dostosowanych do tych innowacji.
- **Ocena:** Monitorowanie i pomiar efektywności działań w zakresie BHP, w tym skuteczności kontroli dotyczących nowych technologii, oraz przeprowadzanie regularnych audytów w celu zapewnienia zgodności z normami BHP.
- **Działania na rzecz poprawy:** Wdrażanie działań naprawczych w oparciu o oceny i dążenie do ciągłego doskonalenia. Obejmuje to przegląd polityk i procedur BHP w celu uwzględnienia zmieniających się zagrożeń wynikających ze zmian technologicznych w miejscu pracy.

2.4.2 Doradztwo, informowanie i szkolenie pracowników

Zapewnienie, że pracownicy są dobrze poinformowani o nowych technologiach i ich potencjalnych zagrożeniach oraz że są aktywnie zaangażowani we wdrażanie środków zapobiegawczych ma kluczowe znaczenie dla bezpiecznego i zdrowego środowiska pracy.

Jak określono w Konwencji nr 155, przed wprowadzeniem nowych technologii mających wpływ na BHP należy przeprowadzić konsultacje z pracownikami i ich przedstawicielami, zapewniając im możliwość zabrania głosu w decyzjach, które mają bezpośredni wpływ na ich pracę. Konsultacje te powinny być proaktywne, a pracownicy powinni mieć możliwość wyrażania obaw, przekazywania informacji zwrotnych i wpływania na decyzje dotyczące sposobu wdrażania nowych technologii i zarządzania nimi w miejscu pracy. Badania wskazują, że aktywny udział pracowników w procesach decyzyjnych może poprawić zarówno wyniki w zakresie bezpieczeństwa, jak i akceptację nowych technologii (EU-OSHA, 2024b).

Konsultacje i uczestnictwo sprawiają również, że pracownicy czują się pewniej i mają większe poczucie wsparcia w procesie adaptacji do nowych systemów. Doświadczenie i wiedza pracowników oraz związków zawodowych ma również kluczowe znaczenie dla tworzenia najlepszych rozwiązań. Ich zaangażowanie może pomóc zidentyfikować zagrożenia, które mogą nie być oczywiste na etapie planowania lub projektowania i zapewnić, że rozwiązania będą dostosowane do rzeczywistych potrzeb pracowników. Podejście to sprzyja budowaniu pozytywnej kultury BHP, w której pracownicy są nie tylko szkoleni, ale także angażowani i biorą odpowiedzialność za kształtowanie swojego środowiska pracy. Ponadto pracodawcy powinni zadbać o to, by procesy konsultacyjne miały charakter inkluzywny i uwzględniały różne potrzeby pracowników. Atmosfera konsultacji i uczestnictwa pracowników ma również zachęcać do zgłaszania potencjalnych zagrożeń bez obawy przed represjami, co z kolei przyczynia się do szybkiego i skutecznego identyfikowania i rozwiązywania problemów. Poprzez uczynienie pracowników partnerami w procesie, pracodawcy wspierają środowisko, w którym bezpieczeństwo i dobre samopoczucie są wspólnymi priorytetami.

Aby zapewnić uczestnictwo pracowników i bezpieczne wdrażanie technologii cyfrowych, pracodawcy powinni zapewnić kompleksowe, ciągłe szkolenia, które wyposażą pracowników w odpowiednią wiedzę i umiejętności. Chcąc to osiągnąć, należy rozumieć procedury operacyjne, rozpoznawać potencjalne zagrożenia, stosować środki zapobiegawcze i wiedzieć, jak reagować na awarie lub sytuacje awaryjne. Szkolenie powinno być procesem ciągłym, dostosowanym do aktualizacji technologii i zmian w praktykach pracy. Pracodawcy powinni zapewnić dostępność i przystępność materiałów szkoleniowych dla wszystkich pracowników, biorąc pod uwagę czynniki takie jak różnorodność językowa i różne poziomy umiejętności czytania i pisanie.

2.4.3 Przeciwdziałanie nowym i pojawiającym się zagrożeniom poprzez rzetelną ocenę ryzyka

Integracja nowych technologii w miejscu pracy wymaga dokładnej oceny ryzyka BHP, przy pełnym udziale pracowników. Wykracza to poza ocenę fizycznego miejsca pracy i sprzętu, takiego jak elektronika noszona, roboty i maszyny, a także uwzględnia ryzyko związane z procesami cyfrowymi, w tym AM, inteligentnymi systemami monitorowania i automatyzacją.

Zarządzanie ryzykiem obejmuje identyfikację potencjalnych zagrożeń, ocenę prawdopodobieństwa i dotkliwości powiązanego ryzyka oraz określenie odpowiednich środków kontroli w celu ich złagodzenia, zgodnie z hierarchią środków zarządzania ryzykiem. Ocena ta musi uwzględniać złożoność pojawiających się technologii, ponieważ systemy algorytmiczne i automatyzacja stanowią poważne wyzwanie ze względu na swój zmienny charakter. Oceny ryzyka powinny koncentrować się nie tylko na technologiach bezpośrednio związanych z pracą lub procesami produkcyjnymi, ale także na tych zaprojektowanych w celu poprawy BHP, ponieważ mogą one niezamierzenie wprowadzać nowe zagrożenia, zwłaszcza psychospołeczne.

► Zastosowanie hierarchii środków zarządzania ryzykiem

Hierarchia środków zarządzania ryzykiem jest podstawą zarządzania i ograniczania zagrożeń w miejscu pracy. Umożliwia ona systemowe podejście do wyboru najskuteczniejszych środków i jest szczególnie istotna w przypadku tak różnorodnych zagrożeń związanych z cyfryzacją. Hierarchia obejmuje następujące poziomy, w kolejności skuteczności:

- **Eliminacja:** Fizyczne usunięcie zagrożenia. Na przykład rezygnacja z wdrożenia technologii, która wiąże się ze znacznym ryzykiem.
- **Zastępstwo:** Wyeliminowanie zagrożenia poprzez wdrożenie mniej niebezpiecznej alternatywy. Może to oznaczać zastosowanie innej technologii, która pozwala osiągnąć ten sam cel przy mniejszym ryzyku.
- **Kontrola inżynierska:** Odizolowanie pracowników od zagrożenia poprzez zaprojektowanie lub modyfikację sprzętu lub procesów. Przykłady obejmują instalację zabezpieczeń lub automatycznych systemów odcinających.
- **Kontrole administracyjne:** Zmiana sposobu pracy poprzez wdrożenie zasad, procedur i praktyk, które zmniejszają narażenie na zagrożenia. Obejmuje to szkolenie, planowanie i nadzór. Przykładem może być ograniczenie czasu korzystania przez pracownika z zestawu VR w ciągu dnia w celu zmniejszenia ryzyka negatywnego wpływu na ergonomię i zmęczenie oczu.
- **Środki ochrony indywidualnej:** Zapewnienie sprzętu chroniącego pracowników przed ryzykiem szczątkowym. Choć niezbędne, środki ochrony indywidualnej są uważane za najmniej skuteczną formę zarządzania ryzykiem i ostateczność, tylko jeśli inne możliwości nie są wykonalne.

Pracodawcy powinni priorytetowo traktować środki wyższego szczebla i stosować ŚOI jako środek uzupełniający, gdy nie można w inny sposób ograniczyć ryzyka. Ze względu na szeroki wachlarz technologii powiązanych ze sztuczną inteligencją i cyfryzacją, zastosowanie hierarchii środków zarządzania ryzykiem może się różnić, pociągając za sobą konieczność opracowania rozwiązań dostosowanych do indywidualnych uwarunkowań.

Wraz ze zmianami technologicznymi zmieniają się także zagrożenia w miejscu pracy. Aktualizacje oprogramowania, modernizacje systemów lub zmiany w procesach pracy mogą wprowadzać nieprzewidziane zagrożenia, co powoduje konieczność ciągłego przeglądu i dostosowywania środków zapobiegawczych w zakresie BHP. Aby proaktywnie przeciwdziałać tym zagrożeniom, pracodawcy powinni przeprowadzać oceny ryzyka regularnie i za każdym razem, gdy planowane jest wprowadzenie nowej technologii. Takie podejście umożliwia przedsiębiorstwom szybką identyfikację i wdrożenie odpowiednich środków zapobiegawczych, zapewniając bezpieczniejsze przejście do cyfrowego środowiska pracy. Bycie na bieżąco z postępem technologicznym i zmianami regulacyjnymi, a także zbieranie informacji zwrotnych od pracowników dodatkowo zwiększa zdolność do skutecznego wykrywania i reagowania na pojawiające się zagrożenia.

Technologie cyfrowe mogą usprawnić proces oceny ryzyka, dostarczając dane w czasie rzeczywistym, symulacje i analizy predykcyjne. Cyfrowe narzędzia oceny ryzyka, takie jak systemy wykrywania zagrożeń oparte na sztucznej inteligencji, czujniki noszone i zaawansowane platformy analizy danych, mogą pomóc w przewidywaniu potencjalnych zagrożeń. Jednakże, chociaż te narzędzia cyfrowe oferują cenne informacje, nie powinny zastępować ludzkiego nadzoru. Niezbędne jest połączenie oceny technologicznej z oceną ekspercką, konsultacjami z pracownikami i zrozumieniem kontekstu w celu zapewnienia kompleksowej i dokładnej oceny ryzyka. Poleganie wyłącznie na ocenach cyfrowych może prowadzić do powstania martwych punktów, szczególnie w odniesieniu do zagrożeń psychospołecznych i szerszego wpływu zmian technologicznych na organizację pracy. Łącząc wiedzę specjalistyczną i narzędzia cyfrowe w ocenach ryzyka BHP, miejsca pracy mogą przyjąć zrównoważone, proaktywne podejście do zarządzania ryzykiem związanym z nowymi technologiami.

Co ważne, pracodawcy powinni aktywnie angażować pracowników i ich przedstawicieli w proces oceny ryzyka. Ich spostrzeżenia i doświadczenia są nieocenione w identyfikowaniu zagrożeń, które mogą nie być od razu widoczne, szczególnie tych związanych z czynnikami psychospołecznymi i organizacją pracy. Informacje zwrotne od pracowników zapewniają, że ocena ryzyka jest zarówno kompleksowa, jak i istotna dla osób bezpośrednio dotkniętych zmianami technologicznymi. Takie partycypacyjne podejście sprzyja również poczuciu odpowiedzialności i współpracy, prowadząc do skuteczniejszego wdrażania środków zapobiegawczych.

Włączenie nowych technologii do zarządzania ryzykiem w celu poprawy BHP

Systemy oparte na sztucznej inteligencji zmieniają tradycyjne podejście do oceny ryzyka w miejscu pracy ze względu na ich zdolność do szybkiego wykrywania, analizowania i reagowania na zagrożenia. Analizując ogromne ilości danych z różnych źródeł, w tym sieci czujników, urządzeń do noszenia i historycznych zapisów incydentów, algorytmy sztucznej inteligencji mogą identyfikować potencjalne zagrożenia i przewidywać ryzyko w czasie rzeczywistym (O'Brien 2023). Ta proaktywna ocena ryzyka pozwala na interwencje w odpowiednim czasie i wdrożenie środków zapobiegawczych w celu zminimalizowania liczby wypadków i obrażeń (Safetytech Accelerator 2024).

Innowacyjne technologie odgrywają kluczową rolę w zapobieganiu i kontroli ryzyka. Podobnie jak w przypadku wszystkich środków zapobiegawczych w miejscu pracy, powinny one być wdrażane zgodnie z hierarchią kontroli. Poniżej przedstawiono przykład zastosowania innowacyjnych technologii zgodnie z hierarchią.

		Przestrzenie zamknięte	Zaburzenia układu mięśniowo-szkieletowego	Miejsca pracy
Najbardziej skuteczny ↑ ↓ Najmniej skuteczny	Eliminacja Fizyczne usunięcie zagrożenia	Zastąpienie fizycznego wejścia użyciem dronów lub robotów gąsienicowych	Zrobotyzowana automatyzacja procesów powtarzalnych zadań	Robotyka wdrażana w celu odsunięcia pracowników od niebezpiecznych zadań i środowisk
	Zastępstwo Zastąpienie zagrożenia	Wciągające symulacje rzeczywistości wirtualnej dla rozwoju umiejętności	Egzoszkielety ułatwiające ręczne przenoszenie ciężkich przedmiotów	Robotyka wdrażana w celu odsunięcia pracowników od niebezpiecznych zadań i środowisk
	Kontrola techniczna Odizolowanie ludzi od zagrożenia	Systemy monitorowania w czasie rzeczywistym do ciągłego śledzenia warunków środowiskowych w przestrzeniach zamkniętych	Wizja komputerowa do identyfikacji zagrożeń ergonomicznych	Materiały nanoinżynieryjne zastępujące niebezpieczne substancje bezpieczniejszymi alternatywami
	Kontrole administracyjne Zmiana sposobu pracy ludzi	Cyfrowe systemy zezwoleń na pracę, oceniane i autoryzowane przed wjazdem	Grywalizacja i symulacja szkoleń ergonomicznych w celu angażowania i edukowania pracowników w zakresie najlepszych praktyk	Szkolenie VR i AR w zakresie rozpoznawania zagrożeń i reagowania w sytuacjach awaryjnych
	ŚOI Ochrona pracownika za pomocą środków ochrony indywidualnej	Noszone na sobie detektory gazu do ciągłego monitorowania i natychmiastowego ostrzegania	Inteligentne ŚOI z wbudowanymi czujnikami wykrywającymi i ostrzegającymi o nieprawidłowej postawie lub nadmiernym wysiłku	Inteligentne środki ochrony indywidualnej z wbudowanymi czujnikami do monitorowania parametrów życiowych pracowników

Źródło: Akcelerator Safetytech



Najważniejsze wnioski

Cyfryzacja na nowo kształtuje rynek pracy, tworząc nowe perspektywy w zakresie BHP.

- Cyfryzacja może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy, między innymi poprzez zmniejszenie ekspozycji na zagrożenia, usprawnienie wykrywania ryzyka i zapobiegania mu, uproszczenie procesów i optymalizację organizacji pracy w celu zminimalizowania zarówno fizycznego, jak i psychicznego obciążenia pracą.
- Wykorzystanie technologii cyfrowych może zwiększyć dostęp do pracy, zapewniając możliwości grupom znajdującym się w niekorzystnej sytuacji. Jednocześnie w celu zniwelowania przepaści w zakresie umiejętności, stosowanie tych technologii wymusza ciągłe podnoszenie kwalifikacji poprzez specjalistyczne programy szkoleniowe skupiające się zarówno na bezpieczeństwie, jak i technicznych aspektach nowych narzędzi.

Integracja technologii cyfrowych może również wprowadzać nowe zagrożenia fizyczne, organizacyjne i psychospołeczne, które muszą być starannie oceniane i zarządzane.

Automatyzacja może znacząco poprawić bezpieczeństwo i higienę pracy poprzez zmniejszenie narażenia na niebezpieczne czynniki.

- Zaawansowana robotyka może odsunąć pracowników od niebezpiecznych zadań i środowisk, takich jak obszary operacyjne wysokiego ryzyka lub sytuacje narażające pracowników na ekstremalne temperatury lub substancje toksyczne.
- Roboty i egzoszkielety mogą wspierać pracowników w wymagających fizycznie pracach, zapobiegając zaburzeniom układu mięśniowo-szkieletowego i zwiększając ogólne bezpieczeństwo.
- Automatyzacja może wyeliminować powtarzalne i monotonne zadania, takie jak wypełnianie formularzy i przetwarzanie wniosków, pozwalając pracownikom skupić się na bardziej złożonych i angażujących obowiązkach.

Automatyzacja choć korzystna, może również wprowadzać zagrożenia, w tym awarie mechaniczne, wyzwania ergonomiczne, narażenie na substancje chemiczne, zagrożenia hałasem i zagrożenia psychospołeczne, takie jak intensyfikacja pracy, przeciążenie poznawcze, izolacja społeczna i niepewność zatrudnienia..

Inteligentne narzędzia BHP i systemy monitorowania usprawniają wykrywanie ryzyka i reagowanie dzięki danym zbieranym w czasie rzeczywistym i analizom predykcyjnym.

- Urządzenia do noszenia, czujniki i systemy oparte na sztucznej inteligencji wykrywają zagrożenia, takie jak niska jakość powietrza, nadmierna ekspozycja na hałas i zagrożenia ergonomiczne, wspomagając zapobieganie wypadkom i poprawiając zdrowie pracowników.
- Analityka predykcyjna zwiększa bezpieczeństwo i higienę pracy poprzez wczesną identyfikację zagrożeń, umożliwiając proaktywne interwencje i zmniejszając liczbę urazów w miejscu pracy

Inteligentne urządzenia do noszenia, w tym inteligentne ŚOI, wspierają bezpieczeństwo, zdrowie i dobre samopoczucie pracowników. Należy jednak rozwiązać kwestie komfortu, użyteczności i odpowiedniego dopasowania do różnorodnych grup pracowników, aby zapewnić pełną skuteczność.

Przy wdrażaniu takich systemów należy wziąć pod uwagę kwestie prywatności, nadzoru w miejscu pracy i stresu związanego z ciągłym monitorowaniem.

Technologie rozszerzonej rzeczywistości rewolucjonizują szkolenia BHP i zwiększają świadomość zagrożeń.

- Wirtualna rzeczywistość i rzeczywistość rozszerzona zapewniają wciągające, pozbawione ryzyka szkolenie w środowiskach wysokiego ryzyka, zwiększając zdolność utrwalania umiejętności i gotowość na sytuacje awaryjne.
- Wirtualne symulacje wspierają proces inspekcji w miejscu pracy, identyfikacji zagrożeń i oceny ergonomii, co pozwala ograniczyć ryzyko.

Aby zapewnić bezpieczne korzystanie z tych technologii, należy dokładnie ocenić i zarządzać potencjalnymi zagrożeniami, takimi jak zablokowana widoczność, problemy z równowagą, zmęczenie wzroku i przeciążenie poznawcze.

Rosnące wykorzystanie zarządzania algorytmicznego zmienia dynamikę miejsca pracy, wpływając na sposób przydzielania, monitorowania i oceny zadań.

- Algorytmiczne systemy zarządzania optymalizują harmonogramy, rozkład obciążenia pracą i alokację zadań, poprawiając wydajność i równowagę między pracą a życiem prywatnym.
- Spostrzeżenia oparte na danych pomagają identyfikować luki w umiejętnościach, zalecać szkolenia i zwiększać sprawiedliwość w miejscu pracy, o ile rozwiązania są wdrażane w sposób odpowiedzialny.

Nadmierny nadzór, presja produktywności i zautomatyzowane podejmowanie decyzji mogą ograniczać autonomię pracowników i zwiększać stres. Inne potencjalne zagrożenia psychospołeczne związane z wdrożeniem zarządzania algorytmicznego obejmują izolację społeczną, stronniczość w zatrudnianiu i awansach oraz inwazyjne gromadzenie danych.

Zwrot w kierunku pracy online, pracy zdalnej i internetowych platform pracy zmienia sposób i miejsce wykonywania pracy.

- Praca zdalna i hybrydowa zwiększają elastyczność czasu pracy, równowagę między życiem zawodowym a prywatnym oraz inkluzywność, przynosząc korzyści pracownikom z obowiązkami opiekuńczymi, niepełnosprawnością lub ograniczeniami ruchowymi.
- Internetowe platformy pracy tworzą nowe możliwości zatrudnienia, rozszerzając dostęp do pracy dla różnych grup i umożliwiając generowanie dochodów poza tradycyjnymi strukturami zatrudnienia.

Telepraca i praca za pośrednictwem platform internetowych mogą prowadzić do zwiększonego obciążenia pracą, cyfrowego nadzoru, izolacji społecznej i zagrożeń ergonomicznych. Pracownicy pracujący za pośrednictwem platform często borykają się również z niepewnością zatrudnienia, brakiem ochrony BHP i ochrony socjalnej oraz nieregularnymi harmonogramami pracy, co negatywnie wpływa na ich zdrowie i samopoczucie.

Tworzenie, obsługa i usuwanie technologii cyfrowych opierają się na ogromnej sile roboczej, co budzi krytyczne obawy dotyczące BHP i ochrony środowiska.

- Pracownicy zajmujący się anotacją danych, moderacją treści i rozwojem sztucznej inteligencji są narażeni na duże obciążenie pracą, obciążenie psychiczne i nadzór, często bez odpowiedniej ochrony.
- Osoby zajmujące się produkcją technologii i gospodarowaniem e-odpadami są narażone na zagrażające warunki, w tym toksyczne chemikalia, niebezpieczne warunki górnictwa i złe środowisko pracy w sektorach nieformalnych.
- Chociaż sztuczna inteligencja i automatyzacja mogą poprawić bezpieczeństwo produkcji i recyklingu, należy zająć się ich rosnącym zapotrzebowaniem na energię i wpływem na środowisko, aby zapewnić zarówno ochronę pracowników, jak i zrównoważone praktyki.

Zrównoważone, interdyscyplinarne i wielostronne podejście jest niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy w erze cyfrowej.

- Istniejące ramy BHP pozostają niezbędne do przeciwdziałania pojawiającym się zagrożeniom związanym z cyfryzacją. Na przykład, instrumenty MOP dotyczące BHP mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia podstawowego prawa do bezpiecznego i zdrowego środowiska pracy również w erze cyfrowej.
- Krajowe polityki i strategie w coraz większym stopniu uwzględniają wpływ cyfryzacji na BHP, zapewniając ochronę pracowników w zmieniających się środowiskach pracy i promując odpowiedzialną transformację cyfrową w celu zrównoważenia innowacji z ochroną pracowników.
- Przepisy dotyczące zagrożeń BHP związanych z technologiami cyfrowymi stale się zmieniają. Pojawiają się nowe przepisy dotyczące prawa do bycia offline, zarządzania algorytmicznego, telepracy i pracy za pośrednictwem platform internetowych, a układy zbiorowe pracy pomagają chronić pracowników w zdigitalizowanych miejscach pracy.
- Inspektoraty pracy, dobrowolne standardy i wytyczne, kampanie uświadamiające i inicjatywy szkoleniowe odgrywają kluczową rolę w zapewnianiu bezpiecznego i zdrowego korzystania z technologii poprzez promowanie zgodności, kierowanie firmami i wyposażanie pracowników w umiejętności cyfrowe niezbędne do poruszania się po zmianach technologicznych.
- Partnerzy społeczni odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu polityki cyfryzacji, uczestnicząc w podejmowaniu decyzji, negocjacjach układów zbiorowych i prowadząc inicjatywy uświadamiające w celu promowania sprawiedliwego i bezpiecznego wdrażania technologii.

Ocena ryzyka i zarządzanie nim ma zasadnicze znaczenie dla zapewnienia proaktywnego podejścia do zapobiegania potencjalnym nowym zagrożeniom.

- Ocena ryzyka powinna być regularnie przeprowadzana w celu identyfikacji zagrożeń związanych z technologiami cyfrowymi, z uwzględnieniem ryzyka fizycznego, organizacyjnego i psychospołecznego.
- Hierarchia środków zarządzania ryzykiem powinna wspierać kontrolę nad wykorzystywaniem środków zapobiegawczych, dając pierwszeństwo eliminacji zagrożeń i rozwiązaniom inżynierskim przed kontrolami administracyjnymi i środkami ochrony indywidualnej, zapewniając, że technologia jest wykorzystywana do poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników, a nie jako substytut solidnych zabezpieczeń BHP.
- Narzędzia cyfrowe, takie jak analityka oparta na sztucznej inteligencji, systemy monitorowania w czasie rzeczywistym i modelowanie predykcyjne, mogą usprawnić ocenę ryzyka i poprawić strategie bezpieczeństwa w miejscu pracy, ale powinny uzupełniać, a nie zastępować, ludzki osąd w praktykach BHP.
- Środki zapobiegawcze i kontrolne powinny być dostosowane do potrzeb konkretnych grup pracowników, gwarantując, że technologie cyfrowe zapewniają możliwości dla wszystkich, jednocześnie ograniczając ryzyko dla osób bardziej narażonych na wyzwania związane z BHP.
- Pracownicy powinni być aktywnie zaangażowani we wszystkie etapy wdrażania technologii cyfrowych, kształtując ich projektowanie, obsługę i kontrolę, zapewniając, że ich perspektywa jest brana pod uwagę, a cyfryzacja wspiera, a nie osłabia BHP.
- Wszechstronne programy szkoleniowe powinny wyposażać pracowników w umiejętności niezbędne do bezpiecznego korzystania z nowych technologii, rozpoznawania potencjalnych zagrożeń i skutecznego reagowania na pojawiające się zagrożenia, z dostosowanymi szkoleniami dla osób na stanowiskach wysokiego ryzyka lub intensywnie korzystających z technologii cyfrowych.
- Ciągła ewaluacja i adaptacja polityk BHP powinna zapewnić ich aktualność w miarę rozwoju technologii, z uwzględnieniem opinii pracowników i najnowszych osiągnięć w dziedzinie bezpieczeństwa.

Potrzebne są dalsze badania, aby zrozumieć długoterminowy wpływ technologii cyfrowych na BHP i zapewnić ich świadome wdrażanie.

- Potrzebne są dalsze badania, aby zrozumieć długoterminowy wpływ technologii cyfrowych na BHP i zapewnić ich świadome wdrażanie.
- Potrzeba więcej danych na temat potencjalnych korzyści, jak i negatywnych skutków dla BHP w różnych sektorach, jak na przykład spadek lub wzrost liczby urazów i chorób związanych z pracą.





Źródła

- Aati, Khaled, Daeyeol Chang, Praveen Edara, and Carlos Sun. 2020. "Immersive Work Zone Inspection Training Using Virtual Reality". *Transportation Research Record* 2674 (12): 224–32. <https://doi.org/10.1177/0361198120953146>.
- Aksüt, Güler, Tamer Eren, and Hacı Mehmet Alakaş. 2024. "Using Wearable Technological Devices to Improve Workplace Health and Safety: An Assessment on a Sector Base with Multi-Criteria Decision-Making Methods". *Ain Shams Engineering Journal* 15 (2): 102423. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102423>.
- Akyıldız, Cengiz. 2023. "Integration of Digitalization into Occupational Health and Safety and Its Applicability: A Literature Review". *The European Research Journal* 9 (6): 1509–1519. <https://doi.org/10.18621/eurj.1352743>.
- Amarasinghe, Akarshani, Viraj B. Wijesuriya, Dilshan Ganepola, and Lakshman Jayaratne. 2019. "A Swarm of Crop Spraying Drones Solution for Optimising Safe Pesticide Usage in Arable Lands: Poster Abstract". *SenSys: Proceedings of the 17th Conference on Embedded Networked Sensor Systems* 410–11. <https://doi.org/10.1145/3356250.3361948>.
- Anses. 2021. "Expositions Aux Technologies de Réalité Virtuelle et/ou Augmentée. Avis de l'Anses Rapport d'expertise Collective". <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2017SA0076Ra.pdf> (Anses, 2021).
- ANSI. 1986. "American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements". https://webstore.ansi.org/standards/ria/ansiriar15062012?srsId=AfmBOoqOfn56xO5q2ulEexlHCcAwc3vC_gvB-Oi-yrIojAoKo9xBy6xF (ANSI, 1986).
- Arterburn, David R., Christopher T. Duling, and Nishanth R. Goli. 2017. "Ground Collision Severity Standards for UAS Operating in the National Airspace System (NAS)". In *17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3778>.
- Australian Water Association. 2023. "Melbourne Water Grabs Gong for VR Tech Use in Hazard Identification." Australian Water Association, November 9, 2023. <https://www.awa.asn.au/resources/latest-news/technology/innovation/melbourne-water-grabs-gong-for-vr-tech-use-in-hazard-identification>
- A3 Marketing Team. (2019, March 14). 4 Extreme Application Environments Today's Industrial Robots are Automating. Retrieved from Association for Advancing Automation: <https://www.automate.org/robotics/blogs/4-extreme-application-environments-today-s-industrial-robots-are-automating#:~:text=Not%20only%20are%20the%20temperatures,a%207thaxis%20positioner>.
- Babashahi, Leili, Carlos Eduardo Barbosa, Yuri Lima, Alan Lyra, Herbert Salazar, Matheus Argôlo, Marcos Antonio de Almeida, and Jano Moreira de Souza. 2024. "AI in the Workplace: A Systematic Review of Skill Transformation in the Industry". *Administrative Sciences* 14 (6): 127. <https://doi.org/10.3390/admsci14060127>.
- Baiocco, Sara, Enrique Fernández-Macías, Uma Rani, and Annarosa Pesole. 2022. "The Algorithmic Management of Work and Its Implications in Different Contexts". *JRC Working Papers on Labour, Education and Technology*. <https://ideas.repec.org/p/ipt/laedte/202202.html>.
- Ball, K. 2021. *Electronic Monitoring and Surveillance in the Workplace. Literature Review and Policy Recommendations*. European Commission Publications Office. <https://dx.doi.org/10.2760/5137>.
- Ball, Kirstie. 2010. "Workplace Surveillance: An Overview". *Labor History* 51 (1): 87–106. <https://doi.org/10.1080/00236561003654776>.
- Bankins, Sarah, and Paul Formosa. 2023. "The Ethical Implications of Artificial Intelligence (AI) For Meaningful Work". *Journal of Business Ethics* 185: 725–40. <https://doi.org/10.1007/s10551-023-05339-7>.
- Bär, Mona, Benjamin Steinhilber, Monika A. Rieger, and Tessa Luger. 2021. "The Influence of Using Exoskeletons during Occupational Tasks on Acute Physical Stress and Strain Compared to No Exoskeleton – A Systematic Review and Meta-Analysis". *Applied Ergonomics* 94 (July): 103385. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103385>.
- BBC News. 2021. "Facebook Moderator: 'Every Day Was a Nightmare'". <https://www.bbc.com/news/technology-57088382> (BBC News, 12 May 2021, sec. Technology).
- Bérastégui, Pierre. 2021. "Exposure to Psychosocial Risk Factors in the Gig Economy: A Systematic Review". *ETUI Research Paper* 2021.01. Bérastégui, Pierre, Exposure to Psychosocial Risk Factors in the Gig Economy: A Systematic Review (January 20, 2021). ETUI Research Paper - Report 2021.01, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3770016> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3770016>
- ———. 2024. "Working in the Metaverse: What Are the Risks?" <https://www.etui.org/publications/working-metaverse-what-are-risks> (ETUI, 2024).
- Berg, Janine, Francis Green, Laura Nurski, and David A Spencer. 2023. "Risks to Job Quality from Digital Technologies: Are Industrial Relations in Europe Ready for the Challenge?" *European Journal of Industrial Relations* 29 (4): 347–65. <https://doi.org/10.1177/09596801231178904>.
- Berg-Beckhoff, Gabriele, Grace Nielsen, and Eva Ladekjær Larsen. 2017. "Use of Information Communication Technology and Stress, Burnout, and Mental Health in Older, Middle-Aged, and Younger Workers - Results from a Systematic Review". *International Journal of Occupational and Environmental Health* 23 (2): 160–71. <https://doi.org/10.1080/10773525.2018.1436015>.
- BIS. 2024. "Shocking Ways Smart Wearables Are Saving Lives at Work". <https://www.trainanddevelop.ca/blog/shocking-ways-smart-wearables-are-saving-lives-at-work/> (BIS, 6 March 2024).
- Borikar, Ganesh P., Chaitanya Gharat, and Sachin R. Deshmukh. 2022. "Application of Drone Systems for Spraying Pesticides in Advanced Agriculture: A Review". *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1259 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1259/1/012015>.
- BrainStation. 2024. "What Is a Machine Learning Engineer? (2024 Guide)". <https://brainstation.io/career-guides/what-is-a-machine-learning-engineer> (BrainStation®, 2024)

- British Safety Council. 2024. "How Smart Hearing Protection Is Driving Reductions in Noise Exposure at Work". <https://www.britsafe.org/safety-management/2024/how-smart-hearing-protection-is-driving-reductions-in-noise-exposure-at-work> (British Safety Council, 2024).
- Brous, Paul, Marijn Janssen, and Paulien Herder. 2020. "The Dual Effects of the Internet of Things (IoT): A Systematic Review of the Benefits and Risks of IoT Adoption by Organizations". *International Journal of Information Management* 51 (April): 101952. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.008>.
- Brun, L. 2020. "Cybercinétose en milieu professionnel". *Références en Santé au Travail*. <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TP%2040>.
- Brunnerová, Simona, Daniela Ceccon, Barbora Holubová, Marta Kahancová, Katarína Lukáčová, and Gabriele Medas. 2024. "Collective Bargaining Practices on AI in the European Services Sectors". Brussels: FES Competence Centre on the Future of Work. <https://wageindicator.org/about/projects/identifying-collective-bargaining-practices-on-ai-in-the-european-services-sectors>.
- Cameron, Gillian, David Cameron, Gavin Megaw, Raymond Bond, Maurice Mulvenna, Siobhan O'Neill, Cherie Armour, and Michael McTear. 2017. "Towards a Chatbot for Digital Counselling". *Proceedings of the 31st International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI 2017)*. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2017.24>.
- Campolettano, Eamon T., Megan L. Bland, Ryan A. Gellner, David W. Sproule, Bethany Rowson, Abigail M. Tyson, Stefan M. Duma, and Steven Rowson. 2017. "Ranges of Injury Risk Associated with Impact from Unmanned Aircraft Systems". *Annals of Biomedical Engineering* 45: 2733–41. <https://doi.org/10.1007/s10439-017-1921-6>.
- CCOHS. 2022a. "CCOHS: Exoskeletons". 2022. https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/exoskeletons.html (CCOHS, 2022).
- ———. 2022b. "CCOHS: Robots and Cobots". 2022. https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/robots_cobots.html (CCOHS, 2022).
- CDT. 2021. Warning. Bosware May Be Hazardous to Your Health. <https://cdt.org/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-29-Warning-Bosware-May-Be-Hazardous-To-Your-Health-Final.pdf> (Center for Democracy & Technology, 2021).
- Chen, Qin, Jinfeng Ge, Huaqing Xie, Xingcheng Xu, and Yanqing Yang. 2023. "Large Language Models at Work in China's Labor Market". *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.08776>.
- Collins, Philippa, and Joe Atkinson. 2023. "Worker Voice and Algorithmic Management in Post-Brexit Britain". *Transfer: European Review of Labour and Research* 29 (1): 37–52. <https://doi.org/10.1177/10242589221143068>.
- Cougnard-Gregoire, Audrey, Bénédicte M. J. Merle, Tariq Aslam, Johanna M. Seddon, Isabelle Aknin, Caroline C. W. Klaver, Gerhard Garhöfer, Alfredo Garcia Layana, Angelo Maria Minnella, Rufino Silva, and Cécile Delcourt. 2023. "Blue Light Exposure: Ocular Hazards and Prevention—A Narrative Review." *Ophthalmology and Therapy* 12 (2): 755–788. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9938358/>
- Costantino, Francesco, Andrea Falegnami, Lorenzo Fedele, Margherita Bernabei, Sara Stabile, and Rosina Bentivenga. 2021. "New and Emerging Hazards for Health and Safety within Digitalized Manufacturing Systems". *Sustainability* 13 (19): 10948. <https://doi.org/10.3390/su131910948>.
- Costin, Alina, Alina Felicia Roman, and Raluca-Stefania Balica. 2023. "Remote Work Burnout, Professional Job Stress, and Employee Emotional Exhaustion during the COVID-19 Pandemic". *Frontiers in Psychology* 14 (June):1193854. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1193854>.
- Datta, Namita, Chen Rong, Sunamika Singh, Clara Stinshoff, Nadina Iacob, Natnael Simachew Nigatu, Mpumelelo Nxumalo, and Luka Kimaviciute. 2023. *Working Without Borders: The Promise and Peril of Online Gig Work*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/ebc4a7e2-85c6-467b-8713-e2d77e954c6c>.
- Dekker, Fabian, Anna Salomons, and Jeroen van der Waal. 2017. "Fear of Robots at Work: The Role of Economic Self-Interest". *Socio-Economic Review* 15 (3): 539–62. <https://doi.org/10.1093/ser/mwx005>
- Deo Niyati, Anjankar Ashish. 2023. "Artificial Intelligence With Robotics in Healthcare: A Narrative Review of Its Viability in India". https://www.researchgate.net/publication/370986866_Artificial_Intelligence_With_Robotics_in_Healthcare_A_Narrative_Review_of_Its_Viability_in_India
- Dhanalakshmi, A., P. Lathapriya, and K. Divya. 2017. "A Smart Helmet for Improving Safety in Mining Industry". *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 2 (3): 58-64. <https://ijisrt.com/wp-content/uploads/2017/04/A-SMART-HELMET-FOR-IMPROVING-SAFETY-IN-MINING-INDUSTRY.pdf>
- DHS. 2023. "Feature Article: Wearable Tech Mitigates First Responder Exposure to Chemical Threats". <https://www.dhs.gov/science-and-technology/news/2023/12/07/feature-article-wearable-tech-mitigates-first-responder-exposure-chemical-threats> (Department of Homeland Security, 2023).
- Dogan, Onur, and Asli Akcamete. 2019. "Detecting Falls-from-Height with Wearable Sensors and Reducing Consequences of Occupational Fall Accidents Leveraging IoT". In *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*, edited by Ivan Mutis and Timo Hartmann, 207–14. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_25.
- Easa, Said. 2021. "Human Factor Considerations in Virtual Reality: Adequate or Inadequate?" *Ergonomics International Journal* 5(2): 000267. <https://doi.org/10.23880/eoj-16000267>.
- Ekso Bionics. 2022. "9 Must-Know Facts About Exoskeleton Suits". <https://eksobionics.com/9-must-know-facts-about-exoskeleton-suits/> (Ekso Bionics, 2022).
- Elsamani, Yousif, and Yuya Kajikawa. 2024. "How Teleworking Adoption Is Changing the Labor Market and Workforce Dynamics?" *PLOS ONE* 19 (3): e0299051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299051>.
- ETUC. 2020. "Resolution on the European Strategies on Artificial Intelligence and Data" <https://www.etuc.org/en/document/resolution-european-strategies-artificial-intelligence-and-data> (ETUC, 2 July 2020).
- EU-OSHA. 2009. The human machine interface. https://osha.europa.eu/sites/default/files/en_TE8010196EN-N.pdf (European Agency for Safety and Health at Work, 2009).
- 2019. Digitalisation and Occupational Safety and Health (OSH). An EU-OSHA Research Programme. <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-and-occupational-safety-and-health-eu-osha-research-programme> (European Agency for Safety and Health at Work, 2019).
- 2020. Smart Personal Protective Equipment: Intelligent Protection for the Future. https://www.nisg.org.uk/media/uploads/Smart_personal_protective_equipment_intelligent_protection_of_the_future.pdf (European Agency for Safety and Health at Work, 2020).
- 2021. New Forms of Work in the Digital Era: Implications for Psychosocial Risks and Musculoskeletal Disorders. <https://osha.europa.eu/en/publications/digitalisation-work-psychosocial-risk-factors-and-work-related-musculoskeletal> (European Agency for Safety and Health at Work, 2021).

- ———.2022a. Advanced Robotics and Automation/ Implications for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Summary-Advanced%20robotics%20automation_implications_OSH_web.pdf (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———.2022b. Advanced Robotics and Automation: What are the Risks and Opportunities for Occupational Safety and Health? <https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-and-automation-what-are-risks-and-opportunities-occupational-safety-and-health> (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———. 2022c. Advanced Robotics, Artificial Intelligence and the Automation of Tasks: Definitions, Uses, Policies and Strategies and Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/2022-04/Advanced%20robotics_AI_based%20systems.pdf (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———. 2022d. Artificial Intelligence for Worker Management: Risks and Opportunities. <https://osha.europa.eu/en/publications/artificial-intelligence-worker-management-risks-and-opportunities> (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———. 2022e. Cognitive Automation - Implications for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-cognitive-automation-implications-occupational-safety-and-health-0> (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———.2022f. Cognitive Automation: Impact, Risks and Opportunities for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/cognitive-automation-impact-risks-and-opportunities-occupational-safety-and-health> (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———.2022g. Smart Digital Monitoring Systems for Occupational Safety and Health: Opportunities and Challenges. <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-opportunities-and-challenges> (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- ———.2022h. Incorporating Occupational Safety and Health in the Assessment of Cybersecurity Risks. <https://osha.europa.eu/en/publications/incorporating-occupational-safety-and-health-assessment-cybersecurity-risks>. (European Agency for Safety and Health at Work, 2022).
- 2023a. Advanced Robotic Automation - Comparative Case Study Report. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-advanced-robotic-automation-comparative-case-study-report> (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———.2023b. Advanced Robotics and AI-Based Systems in the Workplace: OSH Challenges and Opportunities Originating from Actual Implementations. <https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-and-ai-based-systems-workplace-osh-challenges-and-opportunities-originating-actual-implementations> (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———. 2023c. Healthy Workplaces Campaign 2023-2025 Campaign Guide. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/campaign-guide> (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———.2023d. Hybrid Work: New Opportunities and Challenges for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Hybrid_work_OSH_en_0.pdf (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———. 2023e. Press Briefing. Safe and Healthy Work in the Digital Age. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/press-briefing-safe-and-healthy-work-digital-age> (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———. 2023f. Surveillance and Monitoring of Remote Workers: Implications for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Remote_workers_monitoring.pdf (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———.2023g. Contributing to Occupational Risk Prevention through Initial and Continuing Training. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/contributing-occupational-risk-prevention-through-initial-and-continuing-training>. (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———.2023h. Managing Occupational Safety and Health Risks in Digital Platform Work. European Agency for Safety and Health at Work. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Managing-OSH-risks-digital-platform-work_en.pdf. (European Agency for Safety and Health at Work, 2023).
- ———.2024a. Automation of Cognitive and Physical Tasks in the Health and Social Care Sector: Implications for Safety and Health. Literature Review. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/automation-cognitive-and-physical-tasks-health-and-social-care-sector-implications-safety-and-health> (European Agency for Safety and Health at Work, 2024).
- ———.2024b. Digital Technologies at Work and Psychosocial Risks: Evidence and Implications for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-digital-technologies-work-and-psychosocial-risks-evidence-and-implications-occupational-safety-and-health> (European Agency for Safety and Health at Work, 2024).
- ———.2024c. Remote and Hybrid Work - Managing Safety and Health Anywhere. <https://osha.europa.eu/en/publications/remote-and-hybrid-work-managing-safety-and-health-anywhere> (European Agency for Safety and Health at Work, 2024).
- ———.2024d. Worker Exposure to Virtual and Augmented Reality and Metaverse Technologies: How Much Do We Know? <https://osha.europa.eu/en/publications/worker-exposure-virtual-and-augmented-reality-and-metaverse-technologies-how-much-do-we-know> (European Agency for Safety and Health at Work, 2024).
- ———. 2024e. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). 2024. "Platform Work: Recent Policy Developments and OSH Implications." OSHwiki. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/platform-work-recent-policy-developments-osh-implications>.
- ———.2024f. Smart Digital Systems to Improve OSH: A Comparative Report – Summary. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Smart-digital-systems-improve-OSH-comparative-report_summary_EN.pdf (European Agency for Safety and Health at Work 2024).
- ———.2025. Worker Management Through AI: Implications for Occupational Safety and Health. European Agency for Safety and Health at Work. <https://osha.europa.eu/en/publications/worker-management-through-ai-implications-occupational-safety-and-health>. (European Agency for Safety and Health at Work, 2025).
- Eurofound. 2022. "Working Conditions. The Rise in Telework: Impact on Working Conditions and Regulations". <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2022/rise-telework-impact-working-conditions-and-regulations> (Eurofound, 2022).
- Eurofound. 2023. "Platform Work: Social Environment". <https://www.eurofound.europa.eu/en/platform-work-social-environment> (Eurofound 2023).
- European Commission. 2016. The EU Data Protection Reform and Big Data. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/51fc3ba6-e601-11e7-9749-01aa75ed71a1> (European Commission: Directorate-General for Justice and Consumers, Publications Office, 2016).
- Evalan. 2025. "ARMOR Heat Monitor." Accessed February 27, 2025. <https://evalan.com/products/armor/#:~:text=ARMOR%20is%20the%20real%2Dtime,to%20avoid%20heat%2Drelated%20injuries>.

- Fadel, Marc, Julie Bodin, Florence Cros, Alexis Descatha, and Yves Roquelaure. 2023. "Teleworking and Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20 (6): 4973. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064973>.
- Farley, Samuel, Iain Coyne, Christine Sprigg, Carolyn Axtell, and Ganesh Subramanian. 2015. "Exploring the Impact of Workplace Cyberbullying on Trainee Doctors". *Medical Education* 49 (4): 436–43. <https://doi.org/10.1111/medu.12666>.
- Feng, Y., & Farris, J. A. (2020). The impact of electronic performance monitoring on job stress and the role of fairness perceptions. *Cognition, Technology & Work*, 22(4), 667–677. <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00656-7>
- Figueiredo, Elisabeth, Clara Margaça, Brizeida Hernández-Sánchez, and José Carlos Sánchez-García. 2024. "Teleworking Effects on Mental Health - A Systematic Review and a Research Agenda". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 21 (3): 243. <https://doi.org/10.3390/ijerph21030243>.
- Flor, Omar. 2023. "ExoskeletonsH&SV2". Mendeley Data VI. <https://doi.org/10.17632/bktzm7k664.1>.
- Flor-Unda, Omar, Bregith Casa, Mauricio Fuentes, Santiago Solorzano, Fabián Narvaez-Espinoza, and Patricia Acosta-Vargas. 2023. "Exoskeletons: Contribution to Occupational Health and Safety". *Bioengineering* 10 (9): 1039. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10091039>.
- Forbes. 2023. "Applications of Artificial Intelligence Across Various Industries". <https://www.forbes.com/sites/qai/2023/01/06/applications-of-artificial-intelligence/> (Forbes, 2023).
- Friemert, Daniel, Mirko Kaufmann, Ulrich Hartmann, and Rolf Ellegast. 2019. "First Impressions and Acceptance of Order Pickers Towards Using Data Glasses at a Simulated Workstation". In *Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Body and Motion*, edited by Vincent G. Duffy, 251–65. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22216-1_19.
- GAO. 2024. "Science & Tech Spotlight: Wearable Technologies in the Workplace" <https://www.gao.gov/products/gao-24-107303> (GAO, 2024).
- Gascón, V. (2025, Jan 16). *Utilizan IA para la inspección en el trabajo. Agencia Reforma / El Diario de Chihuahua*.
- Goldman Sachs. 2024. "AI Is Poised to Drive 160% Increase in Data Center Power Demand". <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand> (Goldman Sachs, 2024).
- Gonzalez Vazquez, Ignacio, Maurizio Curtarelli, Ioannis Anyfantis, Emmanuelle Brun, and Annick Starren. 2024. "Digitalisation and Workers Wellbeing: The Impact of Digital Technologies on Work-Related Psychosocial Risks". European Commission. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC138992>.
- Google Cloud. n.d. "Big Data Defined: Examples and Benefits". <https://cloud.google.com/learn/what-is-big-data>. Google Cloud. Accessed 21 February 2025.
- GPAI. 2024. Fairwork Amazon Report 2024. Transformation of the Warehouse Sector through AI. <https://fair.work/en/fw/blog/new-report-reveals-how-ai-and-robotics-are-changing-the-experiences-and-conditions-of-amazon-warehouse-workers/> (GPAI, 2024).
- Graham, Mark, Isis Hjorth, and Vili Lehdonvirta. 2017. "Digital Labour and Development: Impacts of Global Digital Labour Platforms and the Gig Economy on Worker Livelihoods". *Transfer: European Review of Labour and Research* 23 (2): 135–62. <https://doi.org/10.1177/1024258916687250>.
- Guizzo, Eric. 2023. "Types of Robots". *ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics*. <https://robotsguide.com/learn/types-of-robots>. Updated 23 May 2023.
- Haddadin, Simon, Dirk Wilhelm, Daniel Wahrmann, Fabio Tenebruso, Hamid Sadeghian, Abdeldjalil Naceri, and Sami Haddadin. 2024. "Autonomous Swab Robot for Naso- and Oropharyngeal COVID-19 Screening". *Scientific Reports* 14 (January):142. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50291-1>.
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. 2019. A Definition of AI: Main Capabilities and Scientific Disciplines. European Commission. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341.
- Hislop, Jaime, Oren Tirosh, Mats Isaksson, John McCormick, and Chrys Hensman. 2024. "Perceived Comfort and Tool Usability during Robot-Assisted and Traditional Laparoscopic Surgery: A Survey Study". *Journal of Robotic Surgery* 18: 15. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01785-7>.
- Hoey, Iain. 2024. "FLAIM Systems highlights immersive learning technology to boost recruitment in fire departments". *International Fire & Safety Journal*. <https://internationalfireandsafetyjournal.com/australian-fire-departments-adopt-immersive-learning-to-address-recruitment-challenges/>.
- Howard, John, Vladimir V. Murashov, Brian D. Lowe, and Ming-Lun Lu. 2020. "Industrial Exoskeletons: Need for Intervention Effectiveness Research". *American Journal of Industrial Medicine* 63 (3): 201–8. <https://doi.org/10.1002/ajim.23080>.
- Hoy, Ryan F., Mohamed F. Jeebhay, Catherine Cavalin, Weihong Chen, Robert A. Cohen, Elizabeth Fireman, Leonard H. T. Go, Antonio León-Jiménez, Alfredo Menéndez-Navarro, Marcos Ribeiro, and Paul-André Rosental. 2022. "Current Global Perspectives on Silicosis -Convergence of Old and Newly Emergent Hazards". *Respirology (Carlton, Vic.)* 27 (6): 387. <https://doi.org/10.1111/resp.14242>.
- HSE Network. 2020. "The Potential Applications and Benefits of Drones in Health and Safety". <https://www.hse-network.com/the-potential-applications-and-benefits-of-drones-in-health-and-safety/> (HSE Network, 2020).
- Huang, Chao, Chunlei Wang, Tayyaba Rani, and Syed Aziz Ur Rehman. 2024. "Digitalization's Role in Shaping Climate Change, Renewable Energy, and Technological Innovation for Achieving Sustainable Development in Top Asian Countries". *Energy & Environment* (June) 0958305X241258799. <https://doi.org/10.1177/0958305X241258799>.
- Hughes, Claretha, Lionel + "Jr" Robert, Kristin Frady, and Adam Arroyos. 2019. "Artificial Intelligence, Employee Engagement, Fairness, and Job Outcomes". In *Managing Technology and Middle- and Low-skilled Employees (The Changing Context of Managing People)*. Emerald Publishing Limited, pp. 61-68.. <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/150204>.
- IFR. n.d. "Standardization". IFR International Federation of Robotics. <https://ifr.org/standardisation>. Accessed 14 February 2025.
- IKAB. 2022. "New Technology Makes LKAB's Mines in Sweden Even Safer". <https://lkab.com/en/press/new-technology-makes-lkabs-mines-safer/> (LKAB, 2022).
- ILO. 2018. International Labour Organization (ILO). *Working Time and the Future of Work*. ILO Future of Work Research Paper Series. Geneva: International Labour Organization. (International Labour Organization, 2018).
- ———. 2019. Safety and Health at the Heart of the Future of Work. Building on 100 Years of Experience. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_686645.pdf (International Labour Organization, 2019).

- ———.2021a. Digital Platforms and the World of Work in G20 Countries: Status and Policy Action. Paper Prepared for the Employment Working Group under Italian G20 Presidency (2021). <https://www.ilo.org/publications/digital-platforms-and-world-work-g20-countries-status-and-policy-action> (International Labour Organization, 2021).
- ———.2021b. Exposure to Hazardous Chemicals at Work and Resulting Health Impacts: A Global Review. <https://www.ilo.org/publications/exposure-hazardous-chemicals-work-and-resulting-health-impacts-global> (International Labour Organization, 2021).
- ———.2021c. Teleworking Arrangements during the COVID-19 Crisis and Beyond. <https://www.ilo.org/publications/teleworking-arrangements-during-covid-19-crisis-and-beyond> (International Labour Organization, 2021).
- ———.2021d. Working from Home. From Invisibility to Decent Work. <https://www.ilo.org/publications/major-publications/working-home-invisibility-decent-work> (International Labour Organization, 2021).
- ———.2021e. World Employment and Social Outlook. The Role of Digital Labour Platforms in Transforming the World of Work. <https://www.ilo.org/publications/flagship-reports/role-digital-labour-platforms-transforming-world-work> (International Labour Organization, 2021).
- ———.2022. The Algorithmic Management of Work and Its Implications in Different Contexts. <https://www.ilo.org/publications/algorithmic-management-work-and-its-implications-different-contexts> (International Labour Organization, 2022).
- ———.2023. Generative AI and Jobs: A Global Analysis of Potential Effects on Job Quantity and Quality. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and> (International Labour Organization, 2023).
- ———.2024a. Social Dialogue Report 2024: Peak-Level Social Dialogue for Economic Development and Social Progress <https://www.ilo.org/publications/flagship-reports/social-dialogue-report-2024-peak-level-social-dialogue-economic-development> (International Labour Organization 2024).
- ———.2024b. Heat at Work: Implications for Safety and Health. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILO_OSH_Heatstress-R16.pdf (International Labour Organization 2024).
- ———.2024c. Realizing Decent Work in the Platform Economy. <https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILC113-V%281%29-%5BWORKQ-231121-002%5D-Web-EN.pdf> (International Labour Organization 2024).
- ILO/Eurofound. 2017. Working Anytime, Anywhere: The Effects on the World of Work. <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2017/working-anytime-anywhere-effects-world-work> (International Labour Organization and Eurofound, 2017).
- ILO/European Commission. 2024. Algorithmic Management Practices in Regular Workplaces: Case Studies in Logistics and Healthcare. <https://www.ilo.org/publications/algorithmic-management-practices-regular-workplaces-case-studies-logistics> (International Labour Organization and European Commission, 2024).
- ILO/WHO. 2021. Healthy and Safe Telework. Technical Brief. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240040977> (International Labour Organization and World Health Organization, 2021).
- IMF. 2024a. "AI Will Transform the Global Economy. Let's Make Sure It Benefits Humanity". <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity> (IMF, 2024).
- Indradewa, Rhian, and Agustinus Ayung Prasetyo. 2023. "The Influence of Flexible Working Arrangements and Work-Life Balance on Job Satisfaction: A Double-Layered Moderated Mediation Model." Jurnal Ekonomi dan Bisnis 26 (2): 449–476. <https://doi.org/10.24914/jeb.v26i2.9551>.
- Internet Society. 2015. The Internet of Things: An Overview. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf> (Internet Society, 2015).
- IOE. 2023. Mental Health and Wellbeing at Work. <https://www.ioe-emp.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=159737&token=34fcaeda5444b552b88158aba47b798b511dcd8d> (IOE, 2023).
- ———. 2024. The Impact of AI on Work and Employment (an IOE Policy Review. <https://industrialrelationsnews.ioe-emp.org/industrial-relations-and-labour-law-august-2024/news/article/the-impact-of-ai-on-work-and-employment-an-ioe-policy-review> (IOE, 2024).
- IOSH. 2023. "Everyone's Talking about Exoskeletons – but Do They Live up to Their Hype?" <https://iosh.com/news-and-opinion/exoskeletons-in-the-workplace> (IOSH, 2023).
- Ishwarappa, and J. Anuradha. 2015. "A Brief Introduction on Big Data 5Vs Characteristics and Hadoop Technology". Procedia Computer Science 48: 319–24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.188>.
- Jarrahi, Mohammad Hossein, Mareike Möhlmann, and Min Kyung Lee. 2023. "Algorithmic Management: The Role of AI in Managing Workforces". MIT Sloan Management Review, April. <https://sloanreview.mit.edu/article/algorithmic-management-the-role-of-ai-in-managing-workforces/>.
- Javed, Nashra, Tasneem Ahmed, Mohammad Faisal, and Halima Sadia. 2023. Workplace Cyberbullying in the Remote-Work Era: A New Dimension of Cyberology. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/371927675_Workplace_Cyberbullying_in_the_Remote-Work_Era_A_New_Dimension_of_Cyberology.
- Jensen, Beth. 2024. "Exploring the Complex Ethical Challenges of Data Annotation". <https://hai.stanford.edu/news/exploring-complex-ethical-challenges-data-annotation>. 10 July 2024.
- Jose, Carla. 2023. "How Could AI Robots Free Up Teachers' Time in Education? 6 Possibilities". Robotlab Blog. (blog) 30 June 2023. <https://www.robotlab.com/blog/how-could-ai-robots-free-up-teachers-time-in-education-6-possibilities>.
- Judge, Ladan. 2023. "What Is Forced Labor in the Technology Industry Supply Chain?" <https://www.z2data.com/insights/what-is-forced-labor-in-the-technology-industry-supply-chain> (Z2Data, 2023).
- Kanellakis, Christoforos, and George Nikolakopoulos. 2017. "Survey on Computer Vision for UAVs: Current Developments and Trends". Journal of Intelligent & Robotic Systems 87: 141–68. <https://doi.org/10.1007/s10846-017-0483-z>.
- Kantor J., Sundaram A., Aufrichtig A., Taylor R. 2022. "Workplace Productivity: Are You Being Tracked." The New York Times.
- Katwala, Amit. 2017. "Making Factories Safer with VR, Smart Clothes and Robots". 2017. <https://www.imeche.org/news/news-article/making-factories-safer-with-vr-smart-clothes-and-robots>.
- Kelan, Elisabeth K. 2024. "Algorithmic Inclusion: Shaping the Predictive Algorithms of Artificial Intelligence in Hiring". Human Resource Management Journal 34 (3): 694–707. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12511>.
- Ken Institute. 2024. "Safety Risks and Accident Causes with Workplace Robots". Health and Safety. <https://keninstitute.com/safety-risks-and-accident-causes-with-workplace-robots/>

- Kirpestein, Frans, Laszlo Bax, David Chadima, Noa van Breevoort, and Harry Dobbs. n.d. EXOSKELETONS. Future Exoskeleton Technology Application by 2030. https://northsearegion.eu/media/24407/exskallerate_foresight-1.pdf (Interreg North Sea Region Exskallerate European Union Development Fund).
- Korfmacher, S. (2019). The relevance of cybersecurity for functional safety and HCI. In V. Duffy (Ed.), Digital human modeling and applications in health, safety, ergonomics and risk management human body and motion HCII 2019 lecture notes in computer science. 11581. Springer.
- Kourtesis, P., S. Collina, L. A. A. Dumas, and S. E. MacPherson. 2019. "Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology." *Frontiers in Human Neuroscience* 13: 417. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417>. Kronos. 2018. "Employee Scheduling".
- Kuster, Christian J, Maxie Kohler, Sarah Hovinga, Christian Timmermann, Georg Hamacher, Kathrin Buerling, Lirong Chen, Nicola J. Hewitt, and Thomas Anft. 2023. "Pesticide Exposure of Operators from Drone Application: A Field Study with Comparative Analysis to Handheld Data from Exposure Models". *ACS Agricultural Science & Technology* 3 (12): 1125–30. <https://doi.org/10.1021/acscagstech.3c00253>.
- Landrigan, Philip, Stephan Bose-O'Reilly, Johanna Elbel, Gunnar Nordberg, Roberto Lucchini, Casey Bartrem, Philippe Grandjean, Donna Mergler, Dingani Moyo, Benoit Nemery, Margrit von Braun, and Dennis Nowak on behalf of the Collegium Ramazzini. 2022. "Reducing Disease and Death from Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) - the Urgent Need for Responsible Mining in the Context of Growing Global Demand for Minerals and Metals for Climate Change Mitigation". *Environmental Health* 21 (1): 78. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00877-5>.
- Lasfargue, Y., and S. Fauconner. 2015. "Enquête 2015 Sur Les Impacts Du Télétravail" [2015 Survey on the Impacts of Telework]. https://data.over-blog-kiwi.com/1/91/16/72/20160203/ob_b739ff_2015-05-25-synthese-enquete-tltravail-ob.pdf. Obergo. Accessed 13 February 2025.
- Li, Lan, Tina Lassiter, Joohee Oh, and Min Kyung Lee. 2021. "Algorithmic Hiring in Practice: Recruiter and HR Professional's Perspectives on AI Use in Hiring". In *AIES '21 Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3461702.3462531>.
- Licardo, Josip Tomo, Mihael Domjan, and Tihomir Orehovalčki. 2024. "Intelligent Robotics - A Systematic Review of Emerging Technologies and Trends". *Electronics* 13 (3): 542. <https://doi.org/10.3390/electronics13030542>.
- Marklin, Richard W. Jr., Ashley M. Toll, Eric H. Bauman, John J. Simmins, John F. LaDisa Jr, and Robert Cooper. 2022. "Do Head-Mounted Augmented Reality Devices Affect Muscle Activity and Eye Strain of Utility Workers Who Do Procedural Work? Studies of Operators and Manhole Workers". *Human Factors* 64 (2): 305–23. <https://doi.org/10.1177/0018720820943710>.
- Mateescu, Alexandra, and Aihua Nguyen. 2019. "Algorithmic Management in the Workplace". *Data & Society*. https://datasociety.net/wp-content/uploads/2019/02/DS_Algorithmic_Management_Explainer.pdf.
- Mehta I, Hsueh HY, Taghipour S, Li W, Saeedi S. UV Disinfection Robots: A Review. *Rob Auton Syst*. 2023 Mar;161:104332. doi: 10.1016/j.robot.2022.104332.
- McAllister, Megan J., Patrick A. Costigan, Joshua P. Davies, and Tara L. Diesbourg. 2022. "The Effect of Training and Workstation Adjustability on Teleworker Discomfort during the COVID-19 Pandemic". *Applied Ergonomics* 102 (July):103749. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103749>.
- McKendrick, Joe. 2019. "Automation And AI Actually Relieve Workplace Stress, And Customers Will Notice". <https://www.forbes.com/sites/joemckendrick/2019/07/29/automation-and-ai-actually-relieve-workplace-stress-and-customers-will-notice/> (Forbes, 2019).
- Mikołajczyk, Tadeusz, Dariusz Mikołajewski, Adam Kłodowski, Andrzej Łukaszewicz, Emilia Mikołajewska, Tomasz Paczkowski, Marek Macko, and Marika Skornia. 2023. "Energy Sources of Mobile Robot Power Systems: A Systematic Review and Comparison of Efficiency". *Applied Sciences* 13 (13): 7547. <https://doi.org/10.3390/app13137547>.
- Milanez, A., A. Lemmens, and C. Ruggiu. 2025. Algorithmic Management in the Workplace: New Evidence from an OECD Employer Survey. *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 31. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/287c13c4-en>.
- Moore, Phoebe V. 2018. *The Quantified Self in Precarity: Work, Technology and What Counts*. Routledge & CRC Press. 2018. <https://www.routledge.com/The-Quantified-Self-in-Precarity-Work-Technology-and-What-Counts/Moore/p/book/9780367872908>.
- Moncada, N. (2024, Dec 4). *La STPS implementa Inteligencia Artificial para inspecciones laborales más eficientes*. *Metro Noticias*.
- Muldoon, James, Mark Graham, and Callum Cant. 2024. *Feeding the Machine. The Hidden Human Labour Powering AI*. Bloomsbury Publishing.
- Murray, Rachel. 2024. "Potential Benefits and Barriers of AI in the Workforce". She+ Geeks Out (blog). 7 May 2024. <https://www.shegeekout.com/articles/potential-benefits-and-barriers-of-ai-in-the-workforce/>.
- O'Brien, Stuart. 2023. "The Potential Impacts of AI on Workplace Health and Safety". *Occupational Safety and Health Forum* (blog). 20 June 2023. <https://oshforum.co.uk/briefing/the-potential-impacts-of-ai-on-workplace-health-and-safety/>.
- O'Connor, Siobhan. 2021. "Exoskeletons in Nursing and Healthcare: A Bionic Future". *Clinical Nursing Research* 30 (8): 1123–26. <https://doi.org/10.1177/10547738211038365>.
- OECD. n.d. "Digitalisation and the Environment". OECD. Accessed 21 February 2025. <https://www.oecd.org/en/topics/digitalisation-and-the-environment.html>.
- Oh, Heeseok, and Wookho Son. 2022. "Cybersickness and Its Severity Arising from Virtual Reality Content: A Comprehensive Study". *Sensors* 22 (4): 1314. <https://doi.org/10.3390/s22041314>.
- Owen-Hill, Alex. 2022. "Five Highly Dangerous Jobs That Robots Can Do Safely". In *Smart Manufacturing*, 415–18. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119846642.other8>.
- Ozkan, Erdal. 2024. "Drones for Spraying Pesticides—Opportunities and Challenges". <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-540>.
- Parajuly, Keshav, Ruediger Kuehr, Abhishek Kumar Awasthi, Colin Fitzpatrick, Josh Lepawsky, Elisabeth Smith, Rolf Widmer, and Xianlai Zeng. 2019. *Future E-Waste Scenarios. StEP (Bonn), UNU ViE-SCYCLE (Bonn) & UNEP IETC (Osaka)*. https://collections.unu.edu/eserv/UNU:7440/FUTURE_E-WASTE_SCENARIOS_UNU_190829_low_screen.pdf.
- Park, Hanjun, Sunwook Kim, Maury A. Nussbaum, and Divya Srinivasan. 2022. "Effects of Using a Whole-Body Powered Exoskeleton during Simulated Occupational Load-Handling Tasks: A Pilot Study". *Applied Ergonomics* 98 (January):103589. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103589>.
- Parker, Kim. 2023. "About a Third of U.S. Workers Who Can Work from Home Now Do so All the Time". *Pew Research Center* (blog). 30 March 2023. <https://www.pewresearch.org/short-reads/2023/03/30/about-a-third-of-us-workers-who-can-work-from-home-do-so-all-the-time/>.

- Patel, Ela, Shady Saikali, Anya Mascarenhas, Marcio Covas Moschovas, and Vipul Patel. 2023. "Muscle Fatigue and Physical Discomfort Reported by Surgeons Performing Robotic-Assisted Surgery: A Multinational Survey". *Journal of Robotic Surgery* 17: 2009–18. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01608-9>.
- Persson, Marcus, David Redmalm, and Clara Iversen. 2021. "Caregivers' Use of Robots and Their Effect on Work Environment – a Scoping Review". *Journal of Technology in Human Services* 40 (3): 251–77. <https://doi.org/10.1080/15228835.2021.2000554>.
- Petersen, Búi K, James Chowhan, Gordon B Cooke, Ray Gosine, and Peter J Warrian. 2023. "Automation and the Future of Work: An Intersectional Study of the Role of Human Capital, Income, Gender and Visible Minority Status". *Economic and Industrial Democracy* 44 (3): 703–27. <https://doi.org/10.1177/0143831X221088301>.
- Piasna, Agnieszka. 2024. "Digitalisation and Job Quality—the Evidence". <https://www.socialeurope.eu/digitalisation-and-job-quality-the-evidence> (Social Europe, 28 February 2024).
- Pillenger, Jane. 2023. "It's Not Part of the Job. The Role of Social Partners in Preventing Third-Party Violence and Harassment at Work". <https://www.epsu.org/article/its-not-part-job> (EPSU, 15 September 2023).
- PWC. 2020. "PwC's Study into the Effectiveness of VR for Soft Skills Training". <https://www.pwc.co.uk/issues/technology/immersive-technologies/study-into-vr-training-effectiveness.html> (PwC, 2020).
- Rafique, Sajid, Shaikh Masud Rana, Niclas Bjorsell, and Magnus Isaksson. 2024. "Evaluating the Advantages of Passive Exoskeletons and Recommendations for Design Improvements". *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering* 11 (March). <https://doi.org/10.1177/20556683241239875>.
- Ragno, Luca, Alberto Borboni, Federica Vannetti, Cinzia Amici, and Nicoletta Cusano. 2023. "Application of Social Robots in Healthcare: Review on Characteristics, Requirements, Technical Solutions". *Sensors* 23 (15): 6820. <https://doi.org/10.3390/s23156820>.
- Rani, Uma, Morgan, Williams, and Nora Gobel. Forthcoming. *The Human Cogs in the AI Machine: Experiences of Data Annotation and Content Moderation Workers in the BPO Sector in India and Kenya*. ILO Working Paper.
- Rani, Uma, and Rishabh Kumar Dhir. 2024. "AI-Enabled Business Model and Human-in-the-Loop (Deceptive AI): Implications for Labor." In *Handbook of Artificial Intelligence at Work*, edited by Martha Garcia-Murillo, Ian MacInnes, and Andrea Renda, 47–75. Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800889972.00011>.
- Rawat, R., and R. Yadav. 2021. "Big Data: Big Data Analysis, Issues and Challenges and Technologies". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1022: 012014. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1022/1/012014>.
- Rebelo, Glória, Antonio Almeida, and Joao Pedra. 2024. "Telework and Work Intensity: Insights from an Exploratory Study in Portugal during the COVID-19 Pandemic". *Administrative Sciences* 14 (1): 14. <https://doi.org/10.3390/admsci14010014>.
- Richarz, Hans-Udo, Arturo Tamayo, Jan Rahmig, Timo Siepmann, and Jessica Barlinn. 2023. "The Impact of Mechanical Devices for Lifting and Transferring of Patients on Low Back Pain and Musculoskeletal Injuries in Health Care Personnel - A Systematic Review and Meta-analysis". *Journal of Occupational Health* 65 (1): e12423. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12423>.
- Robots.com. 2017. "Industrial Robots Can Prevent Exposure to Chemicals And...". <https://www.robots.com/articles/industrial-robots-can-prevent-exposure-to-chemicals-and-health-problems-of-workers> (Robots.com, 2017).
- Robotnik. 2022. "What is advanced robotics? Retrieved from Robotnik". <https://robotnik.eu/what-is-advanced-robotics-advanced-industrial-robotics/>
- Rohwer, Elisabeth, Joelle-Cathrin Flöther, Volker Harth, and Stefanie Mache. 2022. "Overcoming the 'Dark Side' of Technology - A Scoping Review on Preventing and Coping with Work-Related Technostress". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (6): 3625. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063625>.
- run.ai. n.d. "What Is a Machine Learning Engineer? The Ultimate Guide". <https://www.run.ai/guides/machine-learning-engineering>. Accessed 21 February 2025.
- Saad, Lydia. 2023. "More U.S. Workers Fear Technology Making Their Jobs Obsolete". <https://news.gallup.com/poll/510551/workers-fear-technology-making-jobs-obsolete.aspx> (Gallup.Com, 11 September 2023).
- Sabino, Inês, Maria do Carmo Fernandes, Cátia Cepeda, Cláudia Quaresma, Hugo Gamboa, Isabel L. Nunes, and Ana Teresa Gabriel. 2024. "Application of Wearable Technology for the Ergonomic Risk Assessment of Healthcare Professionals: A Systematic Literature Review". *International Journal of Industrial Ergonomics* 100 (March):103570. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103570>.
- Safetytech Accelerator. 2024. *Delivering Safety Innovation: Advancing Occupational Safety and Health through Emerging Technologies*. <https://safetytechaccelerator.org/downloads/report-delivering-safety-innovation/> (Safetytech Accelerator, 2024).
- Samek Lodovici, Manuela, Elena Ferrari, Emma Paladino, Flavia Pesce, Pietro Frecassetti, Eliat Aram, and Kari Hadjivassiliou. 2021. *The Impact of Teleworking and Digital Work on Workers and Society*. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOI_STU\(2021\)662904](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOI_STU(2021)662904) (European Parliament, 2021).
- Sánchez-Medina, Agustín J., Inmaculada Galván-Sánchez, and Margarita Fernández-Monroy. 2020. "Applying Artificial Intelligence to Explore Sexual Cyberbullying Behaviour". *Heliyon* 6 (1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03218>.
- Seoul Metropolitan Government. 2021. *Seoul Adopts AI & IoT Safety Management to Prevent Construction and Building Accidents*. September 24, 2021. https://english.seoul.go.kr/seoul-adopts-ai-iot-safety-management-to-prevent-construction-and-building-accidents?utm_source=chatgpt.com.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2024). *Programa de Inspección 2024*. Secretaría del Trabajo, Gobierno de México.
- Selenko, Eva, Sarah Bankins, Mindy Shoss, Joel Warburton, and Simon Lloyd D. Restubog. 2022. "Artificial Intelligence and the Future of Work: A Functional-Identity Perspective". *Current Directions in Psychological Science* 31 (3): p. 272–79. <https://doi.org/10.1177/09637214221091823>.
- Shirmohammadi, Melika, Wee Chan Au, and Mina Beigi. 2022. "Remote Work and Work-Life Balance: Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic and Suggestions for HRD Practitioners". *Human Resource Development International* 25 (2): 163–81. <https://doi.org/10.1080/13678868.2022.2047380>.
- Smart, Andrew, Sonja Schmer-Galunder, Mark Diaz, Ding Wang, Erin van Liermt, Atoosa Kasirzadeh, and Ellis Monk. 2024. "Discipline and Label: A WEIRD Genealogy and Social Theory of Data Annotation". 16 July 2024. <https://arxiv.org/pdf/2402.06811>.
- Smids, Jilles, Sven Nyholm, and Hannah Berkers. 2020. "Robots in the Workplace: A Threat to - or Opportunity for - Meaningful Work?" *Philosophy & Technology* 33: 503–22. <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00377-4>.
- Smith, Alex Nelson. 2019. "Finite Element Analysis of Traumatic Brain Injury Due to Small Unmanned Aircraft System Impacts on the Human Head". *Theses and Dissertations*, 2286. <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/2286>.
- Soori, Mohsen, Behrooz Arezoo, and Roza Dastres. 2023. "Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning in Advanced Robotics, a Review". *Cognitive Robotics* 3: 54–70. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.001>.

- Souchet, Alexis D., Domitile Lourdeaux, Alain Pagani, and Lisa Rebenitsch. 2023. "A Narrative Review of Immersive Virtual Reality's Ergonomics and Risks at the Workplace: Cybersickness, Visual Fatigue, Muscular Fatigue, Acute Stress, and Mental Overload". *Virtual Reality* 27: 19–50. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00672-0>.
- Srinivasan, Babji, Mohd Umair Iqbal, Mohammed Aatif Shahab, and Rajagopalan Srinivasan. 2022. "Review of Virtual Reality (VR) Applications To Enhance Chemical Safety: From Students to Plant Operators". *ACS Chemical Health & Safety* 29 (3): 246–62. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.2c00006>.
- Stanney, Kay, Ben D. Lawson, Bas Rokers, Mark Dennison, Cali Fidopiastis, Thomas Stoffregen, Séamas Weech, and Jacqueline M. Fulvio. 2020. "Identifying Causes of and Solutions for Cybersickness in Immersive Technology: Reformulation of a Research and Development Agenda". *International Journal of Human–Computer Interaction* 36 (19): 1783–1803. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1828535>.
- Star Knowledge. 2022. "Advantages and Disadvantages of Wearable Technology". (blog) 12 July 2022. <https://star-knowledge.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-wearable-technology-in-the-workplace/>.
- State of Qatar, Ministry of Labour. 2022. "Ministry of Labour Launches Training Program for Inspectors Using VR Technology". 2022. <https://www.mol.gov.qa/En/mediacenter/Pages/NewsDetails.aspx?itemid=65>.
- Stefan, Hans, Michael Mortimer, and Ben Horan. 2023. "Evaluating the Effectiveness of Virtual Reality for Safety-Relevant Training: A Systematic Review". *Virtual Reality* 27 (4): 2839–69. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00843-7>.
- Steidelmüller, Corinna, Sophie-Charlotte Meyer, and Grit Müller. 2020. "Home-Based Telework and Presenteeism Across Europe". *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 62 (12): 998–1005. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001992>.
- Stoltz, Marie-Hélène, Vaggelis Giannikas, Duncan McFarlane, James Strachan, Jumyung Um, and Rengarajan Srinivasan. 2017. "Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers". *IFAC-PapersOnLine* 50 (1): 12979–84. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807>.
- Su, Hao, Antonio Di Lallo, Robin R. Murphy, Russell H. Taylor, Brian T. Garibaldi, and Axel Krieger. 2021. "Physical Human–Robot Interaction for Clinical Care in Infectious Environments". *Nature Machine Intelligence* (3): 184–86. <https://doi.org/10.1038/s42256-021-00324-z>.
- Sun, Jianmin, Hongzhou Shen, Syed Ibn-ul-Hassan, Amir Riaz, and Aura Emanuela Domil. 2022. "The Association between Digitalization and Mental Health: The Mediating Role of Wellbeing at Work". *Frontiers in Psychiatry* 13 (August): 934357. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.934357>.
- Tamers, Sara L., Jessica Streit, Rene Pana-Cryan, Tapas Ray, Laura Syron, Michael A. Flynn, Dawn Castillo, Gary Roth, Charles Geraci, Rebecca Guerin, Paul Schulte, Scott Henn, Chia-Chia Chang, Sarah Felknor, and John Howard. 2020. "Envisioning the Future of Work to Safeguard the Safety, Health, and Well-Being of the Workforce: A Perspective from the CDC's National Institute for Occupational Safety and Health". *American Journal of Industrial Medicine* 63 (12): 1065–84. <https://doi.org/10.1002/ajim.23183>.
- Tao, Yanqiu, Debbie Steckel, Jiří Jaromír Klemeš, and Fengqi You. 2021. "Trend towards Virtual and Hybrid Conferences May Be an Effective Climate Change Mitigation Strategy". *Nature Communications* 12 (1): 7324. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27251-2>.
- teal. n.d. "Do Machine Learning Engineers Have a Good Work-Life Balance?" Accessed 14 February 2025. <https://www.tealhq.com/work-life-balance/machine-learning-engineer>.
- Tegtmeier, Patricia, Corinna Weber, Sabine Sommer, Anita Tisch, and Sascha Wischniewski. 2022. "Criteria and Guidelines for Human-Centered Work Design in a Digitally Transformed World of Work: Findings from a Formal Consensus Process". *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (23): 15506. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315506>.
- The Alan Turing Institute. 2024. "AI for Bureaucratic Productivity: Measuring the Potential of AI to Help Automate 143 Million UK Government Transactions". <https://www.turing.ac.uk/news/publications/ai-bureaucratic-productivity-measuring-potential-ai-help-automate-143-million-uk> (The Alan Turing Institute, 2024).
- The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Department for Business, Energy & Industry Strategy. 2020. *The Safety of Domestic Virtual Reality Systems. A Literature Review*. BEIS Research Paper Number 2020/038. RPN 4527. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5f763502d3bf77c2bcf9eb9/safety-domestic-vr-systems.pdf>.
- Timbó, Rafael. 2023. "Pros and Cons of Artificial Intelligence". <https://www.revelo.com/blog/pros-and-cons-of-ai> (Revelo, 2023).
- TISK. 2022. "Turkiye's Journey To Zero Accidents". <https://www.tisk.org.tr/project/745/turkiyes-journey-to-zero-incident.html> (TISK, 2022).
- Tucker, Sarah, Soundarya Jonnalagadda, Cheryl Beseler, Aaron Yoder, and Ann Fruhling. 2024. "Exploring Wearable Technology Use and Importance of Health Monitoring in the Hazardous Occupations of First Responders and Professional Drivers". *Journal of Occupational Health* 66 (1): uiad002. <https://doi.org/10.1093/joccu/uiad002>.
- UNI Global Union. 2022. "H&M Workers Protected under First Digitalization Agreement with Ver.DI". UNI Global Union (blog). 2022. <https://uniglobalunion.org/news/hm-workers-protected-under-first-digitalization-agreement-with-ver-di/>.
- UN/ILO. 2024. *Mind the AI Divide. Shaping a Global Perspective on the Future of Work*. <https://www.ilo.org/publications/major-publications/mind-ai-divide-shaping-global-perspective-future-work> (United Nations and the International Labour Organization, 2024).
- Vallée, Alexandre. 2024. "Exoskeleton Technology in Nursing Practice: Assessing Effectiveness, Usability, and Impact on Nurses' Quality of Work Life, a Narrative Review". *BMC Nursing* 23 (1): 156. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01821-3>.
- Vorecol. 2024. "The Role of AI in Enhancing Fatigue and Stress Management Software Solutions". Accessed 12 February 2025. <https://vorecol.com/blogs/blog-the-role-of-ai-in-enhancing-fatigue-and-stress-management-software-solutions-168445>.
- Wang, Pei. 2019. "On Defining Artificial Intelligence". *Journal of Artificial General Intelligence* 10 (2): 1–37. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>.
- Wee, Ian Jun Yan, Li-Jen Kuo, and James Chi-Yong Ngu. 2020. "A Systematic Review of the True Benefit of Robotic Surgery: Ergonomics". *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 16 (4): e2113. <https://doi.org/10.1002/rcs.2113>.
- WHO. 2024. "WHO Launches an Innovative Virtual Reality Training Tool on Ship Sanitation Inspection". <https://www.who.int/europe/news/item/03-01-2024-who-launches-an-innovative-virtual-reality-training-tool-on-ship-sanitation-inspection> (World Health Organization, 2024).
- Williams, Abigail. 2019. "Reality Check: How AR Can Improve Efficiency in Logistics." *Automotive Logistics*, April 15, 2019. <https://www.automotivelogistics.media/materials-handling/reality-check-how-ar-can-improve-efficiency-in-logistics/37943.article>.
- Williams, Adrienne. 2022. "The Exploited Labor Behind Artificial Intelligence". <https://www.noemamag.com/the-exploited-labor-behind-artificial-intelligence> (Noema, 2022).

- Wilson Center. 2021. "The DRC Mining Industry: Child Labor and Formalization of Small-Scale Mining". <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/drc-mining-industry-child-labor-and-formalization-small-scale-mining> (Wilson Center, 2021).
- Witkowski et al. 2024. "Public perceptions of artificial intelligence in healthcare: ethical concerns and opportunities for patient-centered care". BMC Medical Ethics. <https://bmcmethics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12910-024-01066-4>
- Yan, Xiaojing, Yangyang Zhou, Xiaohui Liu, Daibin Yang, and Huizhu Yuan. 2021. "Minimizing Occupational Exposure to Pesticide and Increasing Control Efficacy of Pests by Unmanned Aerial Vehicle Application on Cowpea". Applied Sciences 11 (20): 9579. <https://doi.org/10.3390/app11209579>.
- Yan, Xuzhong, Heng Li, Angus R. Li, and Hong Zhang. 2017. "Wearable IMU-Based Real-Time Motion Warning System for Construction Workers' Musculoskeletal Disorders Prevention". Automation in Construction 74: 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.11.007>
- Yang, Guang-Zhong, Bradley J. Nelson, Robin R. Murphy, Howie Choset, Henrik Christensen, Steven H. Collins, Paolo Dario, Ken Goldberg, Koji Ikuta, Neil Jacobstein, Danica Kragic, Russell H. Taylor, and Marcia McNutt. 2020. "Combating COVID-19—The Role of Robotics in Managing Public Health and Infectious Diseases". Science Robotics 5 (40): eabb5589. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abb5589>.
- Yorita, Akihiro, Simon Egerton, Carina Chan, and Naoyuki Kubota. 2023. "Chatbots and Robots: A Framework for the Self-Management of Occupational Stress". ROBOMECH Journal 10: 24. <https://doi.org/10.1186/s40648-023-00261-z>.
- Zamanian, Ehsan. 2023. Environmental Sensors; Comprehensive Guide 2024. Neuroject. November 8, 2023. <https://neuroject.com/environmental-sensors/>.
- Zapier. 2021. "Zapier Report: The 2021 State of Business Automation". https://zapier.com/blog/state-of-business-automation-2021/?src_trk=em6693d85424df84.518838661470729023 (Zapier, 2021).
- Zelik, Karl E., Cameron A. Nurse, Mark C. Schall Jr, Richard F. Seseck, Matthew C. Marino, and Sean Gallagher. 2022. "An Ergonomic Assessment Tool for Evaluating the Effect of Back Exoskeletons on Injury Risk". Applied Ergonomics 99 (February):103619. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103619>.
- Zhu, R., Song, R., Wang, Y., Wang, H., and Dong, X. 2021. "Automated Workers' Ergonomic Risk Assessment in Manual Material Handling Using sEMG Wearable Sensors and Machine Learning." ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/355449113>.





**Dział Bezpieczeństwa i Higieny Pracy
oraz Środowiska Pracy (OSHE)
Departament Zarządzania
i Trójstronności (GOVERNANCE)**

Międzynarodowa Organizacja Pracy
Route des Morillons 4
1211 Geneva 22
Switzerland

T: +41 (0) 22 799 61 11
E: oshe@ilo.org