

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/343417745>

Aktualne trendy i badania w inżynierii Tom 2

Book · August 2020

CITATIONS

0

READS

227

1 author:



Paweł Bachman

University of Zielona Góra

26 PUBLICATIONS 24 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Stability of Structures [View project](#)



Stability of Plates and Shells [View project](#)

UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI

**AKTUALNE
TRENDY I BADANIA
W INŻYNIERII**

REDAKCJA

PAWEŁ BACHMAN



2

Zielona Góra 2020

AKTUALNE TRENDY I BADANIA W INŻYNIERII

MONOGRAFIA NAUKOWA

Redakcja
Paweł Bachman



Wydawnictwo Naukowe Instytutu
Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytetu Zielonogórskiego

Zielona Góra 2020

RECENZENCI

Dominik Rybarczyk
Dariusz Królik

PROJEKT OKŁADKI

Paweł Bachman

OPRACOWANIE TYPOGRAFICZNE

Paweł Bachman

ISBN 978-83-941516-9-0

Odpowiedzialność za treść artykułów i tłumaczenia ponoszą autorzy

**Wydawnictwo Naukowe Instytutu Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytetu Zielonogórskiego**



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/deed.pl>

Spis treści

Wstęp	4
Analiza i identyfikacja zagrożeń na stanowisku pracy drukarza	7
Bezpieczeństwo pracy podczas transportu materiałów niebezpiecznych	24
Badanie dokładności pomiarów na maszynach kolumnowych i portalowych .	47
Możliwości wykorzystania pakietu TinkerCad w zdalnym nauczaniu	72
Streszczenia	90
Informacje o autorach	94

Wstęp

Mirosław Adamczyk

Monografia ma na celu prezentację wybranych prac dyplomowych i badań naukowych, które prowadzone są przez pracowników, doktorantów i studentów Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego, a także w innych jednostkach współpracujących.

Rozdział pierwszy dotyczy analizy i identyfikacji zagrożeń na stanowisku pracy drukarza. Praca składa się z dwóch części: teoretycznej i badawczej. W części teoretycznej przedstawione są podstawowe pojęcia związane z zagrożeniami i ryzykiem zawodowym, omówione na podstawie polskich dokumentów prawnych i norm. Opisano zagrożenia i schorzenia zawodowe towarzyszące pracownikowi drukarni. W części badawczej pracy, której celem było zidentyfikowanie zagrożeń związanych z wykonywaną pracą, zbadano pracownika zatrudnionego na stanowisku drukarza. Scharakteryzowano pracownika, jego miejsce pracy i stanowisko, a także przedstawiono jego czynności i zadania wykonywane w ciągu jednej zmiany roboczej. Zidentyfikowano jego wydatek energetyczny metodą Lehmana oraz wyszczególniono zagrożenia na tym stanowisku. Podczas badań zastosowano listy eksperckie, takie jak: ankieta IDMS, którą zidentyfikowano dolegliwości mięśniowo szkieletowe. Psychiczne obciążenie zbadano listą kontrolną, a ergonomiczne czynniki ryzyka na stanowisku drukarza zbadano listą kontrolną NIOSH.

W rozdziale drugim opisano zagadnienia związane z bezpieczeństwem pracy podczas transportu materiałów niebezpiecznych. Skupiono się głównie na transporcie materiałów niebezpiecznych, który według autorów, jest procesem bardzo skomplikowanym. Jednak organizacja przewozu materiałów niebezpiecznych zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami pozwala zminimalizować zagrożenia wynikające z transportu takich towarów. Celem badań opisanych w pracy było sprawdzenie poziomu bezpieczeństwa oraz ocena świadomości pracowników przy wykonywaniu transportu drogowego. Podstawą do ustalenia poziomu bezpieczeństwa w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych był zebrany materiał badawczy w postaci analizy odpowiedzi udzielonych przez respondentów na kwestionariuszach ankiety. Badania ankietowe zostały przeprowadzone wśród kierowców wykonujących transport towarów niebezpiecznych głównie na terenie kraju.

Badanie dokładności pomiarów na maszynach kolumnowych i portalowych 3D było tematem trzeciego rozdziału niniejszej monografii. Maszyny kolumnowe różnią się od maszyn portalowych budową i zakresami pomiarowymi. Pomiary 3D odnoszą się do oceny mierzonych przedmiotów w przestrzeni XYZ i mogą być oceniane w układzie współrzędnym lokalnym bądź w układzie przestrzennym samochodu. Od wielu lat w każdej gałęzi przemysłu dokonuje się pomiarów w celu szybkiej oceny produkowanych wyrobów. W ramach pracy badaniu poddano 50 próbek. Mierzony detal spełnia funkcję wspornika w desce rozdzielczej samochodu marki BMW. Pomiaru dokonano w trzech obszarach: powierzchni – 12 punktów, krawędzi – 14 punktów i 1 punkt w otworze. Wartością nominalną dla powierzchni i krawędzi jest

wartość 0, a tolerancja wynosi $\pm 0,5$ mm. Natomiast dla otworu tolerancja wynosi odpowiednio dla osi $xy \pm 0,25$ mm, a dla osi $z \pm 0,5$ mm.

ANALIZA I IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ NA STANOWISKU PRACY DRUKARZA

Czesław Częstochowski, Małgorzata Mackojć-Galas

1. Wstęp

Nadmierne i niewłaściwe obciążenie układu ruchu związane z pracą zawodową jest przyczyną wielu urazów i dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego. Stanowiska pracy, które nie powodowałyby nadmiernego obciążenia i zmęczenia układu mięśniowo-szkieletowego pracownika wymagają przeanalizowania parametrów związanych z pozycją przy pracy, siłą wywieraną podczas pracy oraz czasem oddziaływania siły przy określonej pozycji ciała i częstością ich zmian lub powtórzeń. Te trzy podstawowe parametry wpływające na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego w procesie pracy powinny być rozpatrywane łącznie.

Przedmiotem pracy jest problematyka identyfikacji zagrożeń oraz ich analiza. Ryzyko zawodowe w pracy definiowano za polskimi dokumentami prawnymi, jako prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń, związanych z wykonywaną pracą, powodujących straty. W szczególności zaś wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych, występujących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy.

Celem pracy jest identyfikacja czynników ryzyka związanych ze sposobem wykonywania pracy i ocena ryzyka powstawania schorzeń wywołanych sposobem wykonywania pracy na stanowisku pracy drukarza.

Badaniem objęto pracownika, zatrudnionego na stanowisku drukarza w drukarni prywatnej. Informacje na temat badanego stanowiska pracy i zagrożeń towarzyszącym zadaniom wykonywanym przez badanego drukarza, zaczerpnięto z rozmowy z pracownikiem, jego przełożonym oraz różnego rodzaju dokumentacji i obserwacji pracownika. Do badań zastosowano listy kontrolne.

2. Charakterystyka stanowiska pracy i występujące zagrożenia

Stanowisko pracy, to według norm, ogół środków pracy znajdujących się w przestrzeni pracy, otoczonych środowiskiem pracy. Z kolei przestrzeń pracy to przestrzeń przewidziana dla osoby lub grupy osób do wykonywania zadania roboczego [6].

2.1. Charakterystyka stanowiska pracy drukarza

Ustawodawstwo RP definiuje stanowisko pracy jako przestrzeń pracy wraz z wyposażeniem w środki i przedmioty pracy, w których zespół pracowników lub sam pracownik wykonuje pracę [11]. Strukturę przestrzenną stanowiska pracy tworzy jego konstrukcja i kształt oraz wielkość i wzajemne usytuowanie elementów. Z kolei struktura przestrzenna stanowiska pracy niedopasowana do obiektów technicznych, wymusza na pracowniku określony sposób wykonywania pracy, który często staje się zagrożeniem dla jego zdrowia czy wręcz życia. Samo stanowisko pracy można scharakteryzować za pomocą relacji pomiędzy pracownikiem, środkami pracy, a środowiskiem. Interakcję tę określają wymagania fizyczne stawiane przez zadania, a zatem determinujące sposób wykonania pracy.

Kodeks pracy nakłada na pracodawcę obowiązek organizacji pracy i stanowisk pracy w sposób zabezpieczający pracowników przed wypadkami, czynnikami szkodliwymi i chorobami zawodowymi. Ponadto do obowiązków pracodawcy między innymi należy likwidacja zagrożeń dla zdrowia i życia pracowników, głównie poprzez stosowanie technologii, urządzeń, materiałów i substancji nie powodujących zagrożeń dla zdrowia i życia pracowników [10].

Stanowisko pracy powinno być też dostosowane do [10]:

- rodzaju wykonywanej pracy,
- możliwości psychofizycznych pracowników,
- powierzchnia stanowiska pracy powinna zapewnić pracownikom swobodę ruchu, wystarczającą do bezpiecznego wykonywania pracy.

Do każdego stanowiska pracy powinno być wygodne i bezpieczne dojście, a jego wysokość nie powinna być mniejsza niż 2m w świetle [9]. W wyjątkowych i uzasadnionych przypadkach, dopuszcza się zmniejszenie wysokości dojścia do 1,8m, ale są to względy konstrukcyjne maszyn i urządzeń technicznych. W tym wypadku powinno ono być odpowiednio zabezpieczone i oznaczone znakami bezpieczeństwa, zgodnie z Polska Normą.

Przejścia między urządzeniami technicznymi, a maszynami powinny mieć szerokość co najmniej 0,75m. Jeżeli w przejściach jest ruch dwukierunkowy, wówczas ta szerokość powinna wynosić co najmniej 1m.

W przypadku zatrudnienia pracowników niepełnosprawnych, pracodawca powinien dostosować stanowiska pracy i dojść do tych stanowisk do potrzeb i możliwości pracowników niepełnosprawnych [2].

W przypadku, kiedy pracodawca zatrudnia pracowników, których praca nie wymaga stałego siedzenia, należy pracownikom zapewnić możliwość siedzenia. W przypadku zaś, kiedy pracownicy wykonują prace stale w pozycji stojącej lub chodzącej, należy zapewnić im możliwość odpoczynku w pozycji siedzącej w pobliżu miejsca pracy. Siedziska również powinny spełniać wymogi Polskich Norm [29].

Stanowisko pracy drukarza jest stanowiskiem samodzielnym. Jest jednym z dwóch stanowisk drukarni "Tęcza" w Żaganiu. Pomieszczenie zajmuje ok. 70 m², a jego wysokość wynosi 3,3 m. Posiada osobne wejście z korytarza. Drukarz na stanowisku jest sam, a obsługując maszynę, ma wystarczającą swobodę ruchów.

Tab.1. Granice zasięgu rąk wg PN-86-N-0812

Zasięg maksymalny i wymuszony dla pozycji siedzącej		Wymiar cechy badanego w mm		Atlas antropometryczny dorosłej ludności Polski Mężczyźni	
		L	P	Wymiar cechy badanego w mm	
Górny	Maksymalny	85	84	81,4	93,4
	Wymuszony	89	88	-	-
Dolny	Maksymalny	25	24,5	24,6	27,5
	Wymuszony	26,5	25,5	-	-

Źródło: opracowanie własne wg [1]

Do celów badawczych wykonano pomiary zasięgu rąk drukarza w pozycji siedzącej i stojącej (tab. 1. i tab. 2.) Pomiary wykonano na podstawie atlasu antropometrycznego [1] zasięgów maksymalnych prawej i lewej ręki, przy zwinionych palcach bez przemieszczania tułowia, bez odrywania stóp od bazy pomiarowej w pozycji stojącej (górnego, bocznego, przedniego, dolnego) i siedzącej.

Tab.2. Granica zasięgu rąk w pozycji stojącej

Zasięg maksymalny i wymuszony dla pozycji stojącej		Wymiar cechy badanego w mm		Atlas antropometryczny dorosłej ludności Polski Mężczyźni	
		Wymiar cechy badanego w mm		Wymiar cechy badanego w mm	
Górny	Maksymalny	217	218,5	204,3	236,1
	Wymuszony	219	221	-	-
Przedni	Maksymalny	87,5	86,5	81,4	93,4
	Wymuszony	86	88,5	-	-
Boczny	Maksymalny	86	87	83,4	96,3
	Wymuszony	89	89,5	-	-
Dolny	Maksymalny	62	63,5	57,0	67,4
	Wymuszony	66,5	67,5	-	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

Badany drukarz to mężczyzna 50 centyla w wieku 63 lat, o masie ciała 98kg i wzroście 168 cm. Pracownik jest zatrudniony na stanowisku od 37 lat. Pochodzi ze wsi i ma wykształcenie średnie.

2.2. Czynności wykonywane na stanowisku drukarza

Praca na stanowisku drukarza podzielona jest na trzy zasadnicze etapy. Pierwszy etap to czynności przygotowawcze do druku, drugi etap to druk właściwy i trzeci etap to zakończenie pracy. W pierwszym etapie do zadań drukarza należy: pobranie z magazynu i dostarczenie na stanowisko pracy papieru. Czynność tą pracownik wykonuje średnio 3 razy dziennie przenosząc od 6 do 20 ryz papieru o wadze od 2kg do 5kg na odległość 16m. Podczas wykonywania tych czynności pracownik przyjmuje postawę wyprostowaną z rękami opuszczonymi poniżej stawu barkowego, zgiętymi w łokciach.

Następna czynność to pobranie przygotowanego składu zecerskiego i przyniesienie go na swoje stanowisko pracy. Czynność tą wykonuje 4-5 razy dziennie, przy czym waga składu zecerskiego w zależności od rodzaju, waha się w granicach od 2kg do 10kg. Odległość, jaką musi pokonać pracownik z tym ciężarem wynosi ok. 20m. Łącznie zajmuje mu to około 30 min. Podczas wykonywania tych czynności pracownik przyjmuje postawę wyprostowaną z rękoma opuszczonymi, zgiętymi w łokciach.

Następną czynnością drukarza jest zamocowanie i klinowanie składu zecerskiego w maszynie, załadowanie papieru do podajnika, uzupełnienie farby, sprawdzenie stanu technicznego urządzenia i próbny druk. Średnio czynność tą wykonuje 4-5 razy dziennie i zajmuje mu to około 120 min. Podczas wykonywania tych czynności pracownik przyjmuje postawę stojącą z tułowiem lekko pochylonym do przodu, obydwa ramiona znajdują się poniżej stawu barkowego.

W trakcie druku właściwego do głównych zadań maszynisty typograficznego należy nadzorowanie prawidłowości toku pracy maszyny. Czynność tą wykonuje 4-5 razy dziennie i zajmuje mu to łącznie około 120 min. W czasie wykonywania tych czynności pracownik przyjmuje postawę wyprostowaną z rękoma opuszczonymi poniżej stawu barkowego. W trakcie tego etapu istnieje możliwość siedzenia.

Po zakończeniu druku pracownik przekazuje wydrukowany materiał na stanowisko introligatora. Czynność tą wykonuje średnio 4-5 razy dziennie i zajmuje mu to łącznie około 30 min. W czasie wykonywania tych czynności pracownik przyjmuje postawę wyprostowaną z rękoma opuszczonymi poniżej stawu barkowego. Przenosi ryzy papieru o wadze od 2kg do 5kg na odległość 12m. Następnym etapem jest mycie wałków farbowych, czyszczenie składu zecerskiego i przeniesienie go do zecerni. Czynność tą wykonuje średnio 3 razy dziennie i zajmuje mu to około 90 min. Przeniesienie składu zecerskiego o wadze od 6kg do 5kg na odległość około 16m.

Ostatnim etapem pracy maszynisty typograficznego jest konserwacja maszyny, zebranie odpadów, sprzątanie stanowiska pracy. Czynność ta zajmuje mu około 30 min. dziennie.

2.3. Maszyny i narzędzia stosowane na stanowisku drukarza

Racjonalne rozmieszczenie elementów składowych stanowiska pracy drukarza zapewnia wysoka wydajność pracy przy najniższych kosztach wytwarzania, a jednocześnie przy minimalnym wysiłku fizycznym i psychicznym pracownika [7]. Podstawowymi elementami wyposażenia stanowiska są maszyny dociskowe Grafopress (rys. 1). Maszyny są wykorzystywane do drukowania wypukłego (typograficznego). Mają konstrukcję opartą na współpracy dwóch równoległych płaszczyzn. Jedną płaszczyznę tworzy forma, druga jest płaszczyzną dociskającą. Podczas drukowania obie płaszczyzny stykają się jednocześnie całą powierzchnią. Materiał zecerski, który pobiera drukarz jest to zespół czcionek, linii i justunku, wykonanych ze stopu drukarskiego, tworzyw sztucznych lub drewna, (których podstawową jednostką jest punkt typograficzny) przeznaczonych do formowania składów zecerskich.



Rys.1. Maszyna dociskowa GrafoPress (źródło własne)



Rys. 2. Prasa hydrauliczna do papieru HPT 10 (źródło własne)

Druk odbywa się automatycznie na zasadzie wykonywania odbitki przygotowanego składu zecerskiego na kartce papieru lub kartonie. Ponadto na stanowisku znajduje się sztylet zecerski, urządzenie kontrolno-pomiarowe do mierzenia materiału zecerskiego, gąbka i naczynie z wodą.



Rys. 3. Skład zecerski (źródło własne)

Wszystkie maszyny znajdujące się na stanowisku pracy posiadają sprawne osłony na elementy ruchome, robocze oraz przeniesienia prądu. Oprócz w/w maszyny dociskowej na stanowisku pracy drukarza znajduje się jeszcze prasa hydrauliczna do papieru (rys. 2) oraz skład zecerski (rys. 3).

2.4. Zagrożenia na stanowisku drukarza

Według międzynarodowej charakterystyki zagrożeń zawodowych [13], drukarze i pozostali pracownicy zakładów poligraficznych narażeni są na takie urazy, jak: stłuczenia, zmiżdżenia, przecięcia, amputacje i inne urazy spowodowane przez ruchome części maszyn drukarskich, zwłaszcza gilotyny, prasy drukarskie, zszywarki introligatorskie itd.

Drukarze narażeni są także na działanie związków chemicznych zawartych w rozpuszczalnikach, barwnikach, tonerach, rozpuszczalnikach organicznych, farbach drukarskich, środkach czyszczących takich jak ksylen, benzyna, nafta, toluen, cykloheksan, oleje oraz kwasy i inne środki stosowane do mycia maszyn i wytrawiania form drukarskich. Ponadto w drukarniach występuje także zagrożenie pożarowe [12].

Przyczyną urazów pracowników drukarni może być również nadmierny wysiłek fizyczny, towarzyszący pracy, ale również bólów pleców, ramion i rąk (szczególnie w małych drukarniach). Praca drukarza jest głównie stojąca lub stojąco-chodząca, co stwarza możliwość powstania żylaków i płaskostopia.

Istnieje możliwość narażenia na promieniowanie ultrafioletowe i ozon przy pracy na automatach utwardzających farby promieniami UV [4].

2.4.1. Czynniki środowiska pracy związane z wykonywaniem pracy drukarza oraz ich możliwe skutki dla zdrowia

Czynniki mogące powodować wypadki [13]:

- zastawione przejścia, śliskie powierzchnie – prawdopodobieństwo urazów poślizgnięcia, potknięcia i upadku,
- spadające przedmioty - możliwość urazów w wyniku uderzenia,
- będące w ruchu maszyny drukarskie - możliwość urazów mechanicznych,
- cylindry, wałki, łapki i inne ruchome części maszyn drukujących – możliwość urazów rąk w razie pochwycenia odzieży,
- ostre krawędzie maszyn i urządzeń (np. gilotypy, zszywacze, trójnoże) – możliwe urazy w wyniku ukłucia, przecięcia, przekłucia, przeszycia palców rąk,
- duża ilość łatwopalnych materiałów, papieru, kartonu, rozpuszczalników organicznych – ciężkie poparzenia ciała w wyniku pożaru,
- klejenie materiału na gorąco – możliwość poparzeń,
- roztopiony metal w procesie odlewania czcionek – urazy oczu,
- prąd elektryczny – porażenia w przypadku wadliwie działającego sprzętu elektrycznego,
- składniki kąpieli galwanizacyjnych – możliwość ostrego zatrucia.

Czynniki fizyczne [5]:

- przekroczenie dopuszczalnej normy hałasu – możliwość utraty słuchu,
- promieniowanie ultrafioletowe w czasie naświetlania płyt offsetowych,
- utrwalanie farb – podrażnienia skóry, oczu,
- wibracje ogólne – możliwość zaburzeń narządów wewnętrznych klatki piersiowej i jamy brzusznej oraz dolegliwości bólowych wynikających z przeciążenia układu mięśniowo-szkieletowego.

Czynniki chemiczne i pyły [5]:

- związki metali (ołów, nikiel, chrom i inne metale) używane w czasie procesu odlewania, galwanizacji, wytrawiania klisz rotograwiurów i linotypowych – możliwość ostrego zatrucia, reakcji uczuleniowych, rozwoju zmian nowotworowych,
- występujące w farbach i tonerach węglowodory aromatyczne (WWA) w tonerach i farbach – różne skutki zdrowotne w wyniku wdychania jak i przez kontakt ze skórą,
- mgły izocyjanianów – możliwość reakcji uczuleniowych (skórnych),
- substancje chemiczne w farbach drukarskich – możliwość zapalenia skóry, spojówek oczu i górnych dróg oddechowych, reakcji uczuleniowych,
- eter glikolu etylowego – ostre zatrucia, uszkodzenia nerek, wątroby i płuc,
- kwas szczawiowy – poparzenia skóry, oczu, błon śluzowych, przewlekłe zapalenia górnych dróg oddechowych,
- tetrachloroeten – zapalenie skóry, depresja ośrodkowego układu nerwowego, uszkodzenia wątroby, a nawet śmiertelne zatrucie (narkotyczna śmierć),

- trichloroeten – podrażnienie śluzówek oczu, nosa i gardła oraz depresji ośrodkowego układu nerwowego (ból głowy, nudności, wymioty, drżenia, nieostre widzenie itp.).

Czynniki biologiczne [8]:

- przechowywane w złych warunkach materiały (papier, kartony) – choroby w wyniku narażenia na pleśnie i inne mikroorganizmy.

Czynniki ergonomiczne, psychospołeczne i związane z organizacją pracy [4]:

- nadmierny wysiłek fizyczny podczas podnoszenia i przenoszenia ciężkich ładunków, wykonywanie czynności powtarzalnych – dolegliwości bólowe wynikających z przeciążenia układu mięśniowo-szkieletowego, przepukliny,
- warunki oświetleniowe – przemęczenia wzroku, zwłaszcza podczas wykonywania korekty lub oglądania (kontrolowania) negatywów,
- praca pod presją czasu, zwłaszcza w drukarniach gazet codziennych, możliwość problemów osobistych i rodzinnych oraz stresu psychicznego.

Zagrożenia dla zdrowia i związane z nim ryzyko powstają wówczas, gdy człowiek jest ekspozowany na działanie czynników zagrażających zdrowiu. W celu zapewnienia ochrony zdrowia pracujących należy eliminować ryzyko, a gdy jest to niemożliwe, należy je ograniczać do dopuszczalnego poziomu

Pracodawcy u których występują czynniki szkodliwe mają obowiązek prowadzenia badań środowiska pracy z częstotliwością ustaloną w przepisach. Powinni również dokonać oceny narażenia pracowników na te czynniki i poinformować pracowników o poziomie stężenia, bądź natężenia występującego na stanowisku pracy. Narażenie pracownika na czynniki szkodliwe w środowisku pracy może owocować nieodwracalnymi skutkami utraty zdrowia, a nawet życia.

W środowisku pracy występują czynniki, które mogą powodować zagrożenie dla życia i zdrowia pracowników. Ich klasyfikacja jest dokonywana zarówno ze względu na oddziaływanie na organizm jak i na ich właściwości.

Czynniki występujące w środowisku pracy dzieli się na:

- czynniki szkodliwe dla zdrowia, ich oddziaływanie na pracownika może prowadzić lub prowadzi do schorzenia (w zależności od stopnia oddziaływania, czynnik może także stać się niebezpieczny),
- czynniki niebezpieczne, ich oddziaływanie na pracownika prowadzi lub może prowadzić do urazu (są to wypadki przy pracy),
- czynniki uciążliwe – czynniki te co prawda nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla życia lub zdrowia człowieka, lecz utrudniają pracę [5].

Szkodliwe działanie czynników środowiska pracy na zdrowie pracowników ma miejsce zwykle w przypadku przekroczenia dopuszczalnych stężeń i natężeń tych czynników. Mówimy wówczas o zagrożeniu czynnikami szkodliwymi w przeciwieństwie do kontaktu pracownika z tymi czynnikami, czyli z tzw. narażeniem zawodowym.

W rozporządzeniu [11] zostały określone wartości dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Wartości te ustalone zostały jako najwyższe dopuszczalne stężenia i natężenia, których

oddziaływanie na pracownika odniesione do 8-godzinnego dnia pracy lub tygodnia pracy przez cały okres aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz jego przyszłych pokoleń.

Zagrożenia dla zdrowia i związane z nim ryzyko powstają wówczas, gdy człowiek jest ekspozowany na działanie czynników zagrażających zdrowiu. W celu zapewnienia ochrony zdrowia pracujących należy eliminować ryzyko, a gdy jest to niemożliwe, należy je ograniczać do dopuszczalnego poziomu.

Pracodawcy u których występują czynniki szkodliwe mają obowiązek prowadzenia badań środowiska pracy z częstotliwością ustaloną w przepisach. Powinni również dokonać oceny narażenia pracowników na te czynniki i poinformować pracowników o poziomie stężenia, bądź natężenia występującego na stanowisku pracy.

3. Ocena i analiza zagrożeń

Kodeks pracy nakłada na pracodawcę obowiązek prowadzenia dokumentacji oceny ryzyka, przeprowadzanej na poszczególnych stanowiskach pracy. W tym celu sporządza się kartę oceny ryzyka zawodowego. W kartę oceny wpisuje się wszystkie zidentyfikowane zagrożenia mogące powodować urazy i choroby pracowników. W przedstawionej poniżej karcie charakterystyki pracy i dokumentowania ryzyka zawodowego przedstawiono czynności drukarza i zagrożenia na stanowisku w zakładzie drukarskim „Tęcza” w Żaganii.

3.1. Dolegliwości zidentyfikowane ankietą IDMS

Badany pracownik, zatrudniony na stanowisku drukarza to mężczyzna w wieku 63 lat i wadze 98kg, wykonujący ten zawód od ponad 37 lat. Obsługuje 2 maszyny dociskowe typu Grafopress. Urodził się na wsi. Ma wykształcenie średnie. Średnio pracuje 160 godzin miesięcznie. Większość czynności wykonuje prawą ręką. Nie stwierdzono u niego niepełnosprawności.

W ankiecie pracownik zaznaczył segmenty narządu ruchu, w których odczuwa dolegliwości. Na podstawie zaznaczonych pól wynikało, że cierpi na dolegliwości w dolnej części kręgosłupa, a w ciągu ostatniego tygodnia zaczął odczuwać dolegliwości również w górnej części kręgosłupa. Badany drukarz wskazał obszary, w których dolegliwości ograniczyły jego aktywność poza pracą (praca na działce).

Z analizy ankiety wynika, że podczas wykonywania czynności badany pracownik może zmieniać pozycje według własnego uznania, ale w czasie pracy odczuwa ucisk na inne części ciała. W związku z tym odczuwa potrzebę opierania się o stanowisko pracy lub jego elementy. Ma też możliwość siedzenia w czasie drukowania.

W celu wyeliminowania niepożądanych czynników wpływających na sposób wykonywania pracy wydłużono pracownikowi przerwę o 15 minut. Po porozumieniu z lekarzem sprawującym profilaktyczną opiekę zdrowotną, zaproponowano gimnastykę korekcyjną oraz dodatkowe badania w celu dokładnego zidentyfikowania dolegliwości. Zalecono stosowanie diety (nadwaga).

3.2. Obciążenie psychiczne drukarza

Skalę obciążenia psychicznego pracą przeprowadzono za pomocą listy kontrolnej proponowanej przez Europejską Fundację Poprawy Warunków Pracy i Życia [7].

Lista zawiera 20 pytań, na które pracownik odpowiadał Tak lub Nie i 3 dodatkowe pytania problemowe. Łączna suma punktów z odpowiedzią tak na poszczególne pytania jest miarą obciążenia psychicznego na stanowisku pracy. Natomiast analiza treści pytań, na które uzyskano odpowiedź tak, pozwala ustalić, w jakich strefach pracy tkwią główne źródła stresu [7]. Interpretację obciążenia zawiera tabela 3.

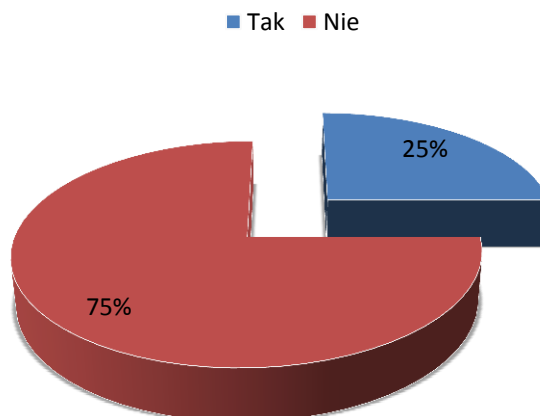
Tab.3. Interpretacja obciążenia psychicznego

Odpowiedzi Tak	Poziom ryzyka
0-3	Małe
4-11	Umiarkowane
12-20	Duże

Źródło: [7]

Pracownik odpowiedział „Tak” na 5 pytań, co stanowi 25% ogółu zagadnień, „Nie” na 15 (75%) pytań i na 2 pytania problemowe, które opisał w ankiecie. Z przeprowadzonych badań wynika, że obciążenie psychiczne pracownika na stanowisku drukarza mieści się w dolnej granicy poziomu umiarkowanego. Trzeba zaznaczyć, że praca drukarza jest pracą, która nie powoduje znacznego obciążenia psychicznego.

Skala obciążenia psychicznego



Rys. 4. Obciążenie psychiczne pracownika (opracowanie własne)

Obciążenie psychiczne, jak wynikało z zakreślonych odpowiedzi „Tak”, wynika z organizacji pracy i jest to obciążenie rzędu 25%. W dużej mierze przyczyną tego stanu rzeczy jest specyfika pracy. Często nieobecność przełożonego (właściciela)

w pracy spowodowana jest tym, że właściciel drukarni często wyjeżdża i pracownik sam musi podejmować decyzje.

3.3. Ergonomiczne czynniki zidentyfikowane listą NIOSH

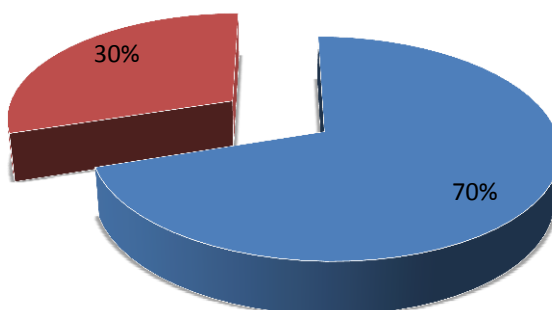
Zagrożenia na stanowisku drukarza zidentyfikowano ergonomiczną listą kontrolną NIOSH, dotyczącą oceny stanowiska pracy w aspekcie czynników narażających na powstanie dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego.

W części A1 listy kontrolnej NIOSH dotyczącej ręcznego przenoszenia materiałów na 5 pytań, pracownik zakreślił 3 (56%) odpowiedzi „Tak”, co oznacza, że występuje czynnik ryzyka około 60%. Na 5 pytań pracownik zakreślił 2 (44%) odpowiedzi „Nie”. Drukarz przenosi materiały (ryzy papieru i skład zecerski) o wadze od 2kg do 10kg. Działania naprawcze w tej dziedzinie polegały na tym, że zakupiono wózek, na którym pracownik przewozi ryzy papieru i skład zecerski. Działanie to znacznie ograniczyło ryzyko upadku, poślizgnięcia a tym samym upuszczenia przenoszonego materiału na stopy.

Po przejściu do części 5F listy kontrolnej dotyczącej ręcznego przenoszenia materiałów na 18 pytań pracownik zakreślił 8 odpowiedzi „Nie” (44%) i 10 odpowiedzi „Tak” (56%). W tym wypadku odpowiedzi „Nie” oznaczają, że nie ma takiej potrzeby, aby pracownik dźwigał ciężary, ponieważ najcięższy materiał waży 10 kg, a pracownika zaopatrzone w wózek do przewożenia ciężarów. W części A2 dotyczącej wydatku energetycznego na 10 pytań kontrolnych pracownik zakreślił 3 odpowiedzi „Tak”. Oznacza to, że zginanie, kucanie, podnoszenie i ładowanie to w większości podstawowe zadania pracownika.

Wydatek energetyczny

■ Tak ■ Nie



Rys. 5. Wydatek energetyczny drukarza (opracowanie własne)

W dziale „Wydatek energetyczny”, na 10 pytań pracownik zakreślił „Tak” 7 razy (70%) i „Nie” 3 razy (30%). Jak wyliczono metodą Lehmana, wydatek energetyczny pracownika w ciągu zmiany roboczej to 894 kcal (30%) i zaliczony został on do pracy tolerowanej średnio ciężkiej i z tego względu nie dokonano żadnych zmian na tym stanowisku.

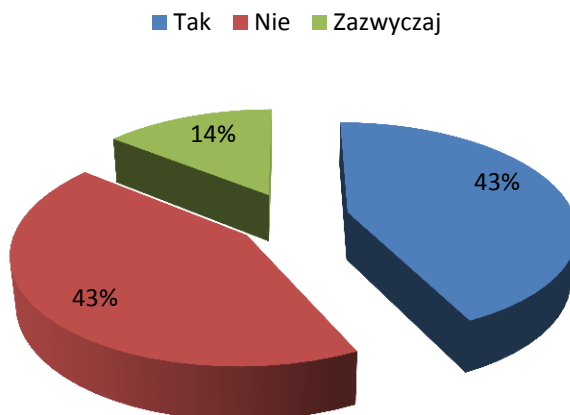
W dziale A5 „Środowisko”, pracownik zakreślił 1 raz „Tak”, ponieważ na stanowisku występuje hałas. Jak wykazały pomiary środowiskowe, nastąpiło przekroczenie dopuszczalnej normy o 9dB. Z tego powodu zaopatrzonego pracownika w ochronniki słuchu pod rygorem obowiązkowego stosowania.

W dziale A6 Miejsce pracy na 5 pytań, pracownik zakreślił 1 odpowiedź Tak. Z tego względu, że drogi i przejścia są nierówne i śliskie. Aby wyeliminować te nieprawidłowości, właściciel drukarni zobowiązał się podjęto działania naprawcze w postaci generalnego remontu całej drukarni.

W działach: A7 „Narzędzia”, A8 „Rękawice”, A9 „Organizacja pracy”, pracownik nie zakreślił żadnego pytania, ponieważ uznał, że w tym względzie nie ma problemów na jego stanowisku pracy.

W dziale 5B listy kontrolnej „Identyfikacja ergonomicznych czynników ryzyka”, badany pracownik zakreślił 6 odpowiedzi (43%) „Nigdy”, 6 odpowiedzi (43%) „Czasami” i 2 odpowiedzi (14%) „Zazwyczaj”. Jedna odpowiedź dotyczyła ręcznego przenoszenia składu zecerskiego, a druga odpowiedź zazwyczaj odnosiła się do siedzenia bez przerwy ponad 30 minut podczas drukowania. Tutaj działania będą podjęte poprzez modernizację całej drukarni.

Ergonomiczne czynniki ryzyka



Rys. 6. Ergonomiczne czynniki ryzyka (opracowanie własne)

W liście 5C dotyczącej „Stanowiska pracy”, pracownik zakreślił 12 odpowiedzi „Tak” i 6 odpowiedzi „Nie”. Odpowiedź „Nie” świadczy o problemach w tej

dziedzinie. Dotyczyły one regulacji powierzchni, pochylania pod kątem, zginania nadgarstka, sięgania powyżej stawu barkowego, obciążenia statycznego mięśni i unoszenia łokci. Działania mające na celu poprawę tego stanu podjęto poprzez decyzję zakupu nowych maszyn i wspomnianą wcześniej obietnicę modernizacji całej drukarni.

Jednym z czynników niewątpliwie groźnych dla zdrowia pracownika jest hałas. Podczas pomiarów czynników szkodliwych przekroczył normę aż o 9dB. Przyczyną przekroczenia norm hałasu są nie najnowsze maszyny z roku 1977. W czasie przeprowadzenia badań właściciel obiecał przeprowadzić modernizację całej drukarni, a w szczególności (w miarę możliwości finansowych) wymienić stare maszyny na nowsze.

Wypełniając listę 5D „Kontrola wykonywanych czynności”, pracownik zakreślił 24 odpowiedzi „Tak” (83%) i 5 odpowiedzi „Nie”. Odpowiedzi „Nie” świadczyły również o wystąpieniu potencjalnych problemów, które dotyczyły skręcenia nadgarstków, chwytów końcówkami palców, unoszenia łokci, kontaktu z krawędziami i narożnikami. Działania naprawcze: w związku z tym, że przenoszenie ciężarów, unoszenie łokci, skręcenia nadgarstków nie da się uniknąć w tego rodzaju pracach, przeprowadzono szkolenie z pracownikami o prawidłowym sposobie dźwigania, podnoszenia i chwytania materiałów.

Lista kontrolna 5E „Używanie narzędzi ręcznych” ujawniła, że w tej kwestii nie wystąpił żaden problem.

Po przejściu do części 5F listy kontrolnej „Ręcznego przenoszenia materiałów” na 18 pytań pracownik zakreślił 8 odpowiedzi (44%) „Nie” i 10 odpowiedzi (56%) „Tak”. W tym wypadku odpowiedzi „Nie” oznaczają, że nie ma takiej potrzeby, aby pracownik dźwigał ciężary, ponieważ najcięższy materiał waży 10 kg, a pracownika zaopatrzone w wózek do ich przewożenia.

3.4. Analiza zidentyfikowanych zagrożeń

W czasie wykonywania czynności przygotowawczych do druku, pobrania papieru z magazynu i dostarczenia na stanowisko pracy, maszynista typograficzny narażony jest na poślizgnięcie się, potknięcie i upadek na płaszczyźnie.

W czasie pobierania przygotowanego składu zecerskiego i dostarczenia go na stanowisko pracy, pracownik narażony jest na: poślizgnięcie, potknięcie, upadek na płaszczyźnie a także upadek składu zecerskiego na stopę.

Przy zamocowaniu klinowaniu składu zecerskiego w maszynie, załadunku papieru do podajnika, uzupełnieniu farby drukarskiej, sprawdzeniu stanu technicznego urządzenia, narażony jest na przyciśnięcie składem zecerskim palców ręki, uderzenie wypadającym składem, spowodowanym złym przymocowaniem go do fundamentu maszyny drukarskiej. W czasie nadzorowania prawidłowości druku i toku pracy maszyny, drukarz narażony jest również na uderzenie wypadającym składem zecerskim, spowodowanym złym jego przymocowaniem do fundamentu maszyny drukarskiej. Po zakończeniu czynności drukowania, czyli w czasie przekazywania wydrukowanego materiału na stanowisko introligatora, pracownik

narażony jest na poślizgnięcie, potknięcie i upadek na płaszczyźnie. W etapie mycia wałków farbowych, mycia i czyszczenia składu zecerskiego oraz jego zwrotu do zecerni, pracownik narażony jest na przyciśnięcie palca (palców) ręki składem zecerskim, upadek składu zecerskiego na stopę, upadek, potknięcie, poślizgnięcie na płaszczyźnie oraz zatrucie oparami benzyny ekstrakcyjnej.

W ostatnim etapie zakończenia druku, czyli konserwacji maszyny, zebrania odpadów, sprzątania stanowiska pracy, maszynista typograficzny narażony jest na urazy kończyn górnych i dolnych, uderzenia, otarcia, zadrapania. Jednym z czynników niewątpliwie groźnych dla zdrowia pracownika jest hałas. Podczas pomiarów czynników szkodliwych przekroczył normę, aż o 9 dB. Przyczyną przekroczenia norm hałasu są z pewnością nie najnowsze maszyny z lat siedemdziesiątych.

U badanego pracownika w czasie pracy szczególnie obciążonym narządem ruchu są nogi. Szczególnie pięty i palce nóg. Co prawda, ma on możliwość siedzenia w czasie drukowania dużej ilości odbitek, ale dodatkowo postanowiono wydłużyć maszyniście przerwę śniadaniową o 15 minut. W tym czasie może on stosować gimnastykę korekcyjną, którą zalecił lekarz sprawujący profilaktyczną opiekę zdrowotną nad pracownikiem.

Z analizy zidentyfikowanych zagrożeń wynika, że pracownik zatrudniony na stanowisku drukarza narażony jest na dolegliwości mięśniowo-szkieletowe, związane ze sposobem wykonywania pracy. Skargi badanego maszynisty na bóle w dolnej i górnej części kręgosłupa, które w ostatnim czasie nasiliły się, świadczą o zmianach zwyrodnieniowych stawów kręgosłupa (37 lat stojąc lub chodząc przez większość czasu pracy!).

Zmierzone obciążenie psychiczne pracownika na stanowisku drukarza nie jest duże i mieści się w dolnej granicy poziomu umiarkowanego. Obciążenie to wynika przede wszystkim z często samodzielnie podejmowanych decyzji z powodu częstych nieobecności (wyjazdów służbowych) właściciela drukarni.

3.5. Środki profilaktyczne

Najskuteczniejszym środkiem profilaktycznym na stanowisku pracy drukarza jest eliminacja ryzyka przez zlikwidowanie zagrożenia. Dlatego też, jeżeli kiedy nie możemy całkowicie zlikwidować zagrożenia, to zawsze możemy częściowo je ograniczyć. Można to osiągnąć przez:

- eliminowanie ryzyka powstawania dolegliwości mięśniowo-szkieletowych (np. poprzez automatyzację lub mechanizację pracy),
- ocena niemożliwego do wyeliminowania ryzyka powstawania dolegliwości mięśniowo-szkieletowych,
- zwalczanie ryzyka powstawania dolegliwości mięśniowo-szkieletowych u źródła.

- dostosowywanie pracy do pracownika, szczególnie w zakresie projektowania stanowisk pracy, doboru wyposażenia roboczego oraz wyboru metod pracy, adaptację do postępu technicznego,
- zmniejszenie ryzyka poprzez zamianę zadań obciążonych wysokim ryzykiem na mniej ryzykowne lub pozbawione ryzyka,
- opracowanie spójnej ogólnej polityki zapobiegania, obejmującej technologię, organizację pracy, warunki pracy, relacje społeczne oraz wpływ czynników związanych z otoczeniem pracy,
- przypisanie priorytetu zbiorczym środkom ochrony, a nie środkom indywidualnym.
- przekazywanie pracownikowi odpowiednich instrukcji,
- szkolenie pracownika (wszystkich pracowników) w zakresie prawidłowości przyjmowanych pozycji w czasie pracy, sposobu przenoszenia materiałów ciężkich,
- zaopatrzenie drukarza w wózek do przewożenia ryz papieru,
- podzielenie pracy na moduły, aby była mniej uciążliwa, prace cięższe powinny przeplatać się z lżejszymi czynnościami,
- pracownik powinien mieć możliwość odpoczynku w pozycji siedzącej,
- aby poprawić ogólną estetykę pomieszczenia drukarni należy zobowiązać właściciela drukarni do rozpoczęcia prac remontowych.

Jednak aby móc znaleźć skuteczne rozwiązanie problemu zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego, należy koniecznie obserwować sytuację w miejscu pracy, ponieważ wiele czynników ma odmienny charakter w różnych miejscach pracy, a i one same różnią się między sobą. Należy zwracać uwagę na wszelkie potencjalne czynniki ryzyka, szczególnie, dlatego, że połączenie kilku czynników może powodować powstanie zagrożenia.

4. Podsumowanie i wnioski

Celem pracy była analiza i identyfikacja zagrożeń na stanowisku pracy drukarza. Oceniając zagrożenia, określono wszystkie czynności, jakie wykonuje drukarz na stanowisku pracy. Te, które były podobne pod względem występujących zagrożeń, utrzymywanej przez pracownika postawy, wykonywanych czynności (dla ułatwienia obliczeń) pogrupowano w moduły.

Identyfikacja zagrożeń i ich analiza wykazała, że narażenie pracownika na stanowisku drukarza na powstanie urazu czy wystąpienie choroby zawodowej, gdzie używana jest benzyna ekstrakcyjna stopień narażenia był tak duży, że trzeba było wyposażyć pracownika w maskę filtracyjną i tak zmodyfikować pracę, by czynności wykonywane z jej użyciem były realizowane na koniec zmiany roboczej.

Pomimo zagrożeń stwarzanych przez czynniki środowiskowe (hałas i opary benzyny ekstrakcyjnej), w wyniku zastosowania środków ochrony indywidualnej, praca na stanowisku drukarza mieści się i jest wykonywana na poziomie akceptowalnym. Po ponownym przeanalizowaniu zagrożeń wynikających z pracy

w oparach benzyny i wykonaniu pomiarów wykazało, że wartość NDS docierających do pracownika, mieści się w normie.

Informacje na temat pracy i zagrożeń występujących na stanowisku drukarza uzyskano w głównej mierze z obserwacji pracownika w czasie pracy, bezpośredniej rozmowy z zainteresowanym, właścicielem drukarni, współpracownikami oraz z dokumentów takich jak: wyniki badań lekarskich, środowiska pracy, dokumentacji i wszelkiego rodzaju rejestrów.

Zdefiniowano i zanalizowano zagrożenia występujące w procesie pracy drukarza. Dzięki identyfikacji i analizie zagrożeń w roku bieżącym właściciel zamierza zmodernizować drukarnię i w miarę możliwości zakupić nowsze maszyny. Fakt ten bardzo cieszy również z tego powodu, że pracodawca jest świadomy, jakie zagrożenia i jakie ryzyko niesie za sobą praca w nieergonomicznych warunkach.

Kształtowanie świadomości pracownika w zakresie ergonomii pracy, sposobu jej bezpiecznego wykonywania leży w gestii pracodawcy i nowoczesnego zarządzania bezpieczeństwem pracy. W tym zakresie potrzebna jest jednak pełna współpraca po to, aby pracownik był świadomy zagrożeń występujących w procesie pracy, a pracodawca dążył za wszelką cenę do poprawy jej warunków.

Postęp w zakresie ergonomii pracy i kształtowanie świadomości pracodawcy i pracownika w tym kierunku dają nadzieje na to, że bezpieczeństwo i zdrowie w procesie pracy to dobro najwyższe.

Bibliografia

1. GIEDLICZKA ADAM, Atlas miar człowieka. Dane do projektowania i oceny ergonomicznej. CIOP, Warszawa 2001, s.19-21.
2. BUTLEWSKI MARCIN, TYTYK EDWARD, Bezpieczeństwo w technice i organizacji pracy – podręcznik, Wyd. Politechniki Poznańskiej 2011, s. 37, 64, 79.
3. HORST WIESŁAWA, Ergonomia z elementami bezpieczeństwa pracy, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004, s. 46, 97, 215.
4. HORST WIESŁAWA, Ryzyko zawodowe na stanowisku pracy, Część I. Ergonomiczne czynniki ryzyka, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004, s.25, 43, 62.
5. IZDEBSKA JOANNA, Podstawy BHP i analiza zagrożeń w przemyśle poligraficznym, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, 2016, s. 34, 46, 92.
6. KARCZEWSKI JERZY T., Zarządzanie bezpieczeństwem pracy. Ocena ryzyka zawodowego, Wyd. WEKA - Forum Sp. z o.o., Warszawa 2002 – 2003, s. 112, 116, 142.
7. Poradnik Inspektora bhp, Praca Zbiorowa. Lista kontrolna psychicznego obciążenia pracy europejskiej Fundacji Poprawy Warunków Pracy i Życia, Wyd. SOW, Wrocław 2000, s. 11-12.
8. SOKOŁOWSKI TADEUSZ, Podstawa badawcza pracy magisterskiej, załącznik do pracy magisterskiej, oryginały ankiet IDMS, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2005, s. 64-72.

9. SKUZA LESZKA, Co warto wiedzieć o ryzyku zawodowym, Wyd. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2001, s. 84-86.
10. Zaczyński Władysław, Praca badawcza nauczyciela, Warszawa 1995, s. 86, 88.
11. ZAWIESKA WIKTOR M., Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny. Wyd. CIOP, Warszawa 2007, s. 124, 201, 312.
12. PN-N-18002:2000. Systemy zarządzania bezpieczeństwem pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
13. <https://www.rp.pl/Kadry/304159972-BHP-ocena-ryzyka-zawodowego-na-poszczegolnych-stanowiskach-pracy.html> [dostęp 2020.07.22]

BEZPIECZEŃSTWO PRACY PODCZAS TRANSPORTU MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH

Remigiusz Aksentowicz, Marika Kasa

1. Wstęp

Przeciętne zatrudnienie na podstawie stosunku pracy w podmiotach z przeważającym rodzajem działalności sklasyfikowanym do sekcji H „Transport i gospodarka magazynowa” (z wyłączeniem działu 53 dotyczącego działalności pocztowej i kurierskiej) w całym sektorze transportu w 2017r. wyniosło 591,8 tys. osób. W porównaniu do roku 2016 zatrudnienie w 2017r. wzrosło o 2,7%. W 2017r. w Polsce transportem samochodowym przewieziono 1747,2 mln ton ładunków (o 13% proc. więcej niż rok wcześniej), z czego 1104,2 mln ton przewieziona była transportem zarobkowym. Wielkość przewiezionych ładunków transportem samochodowym w ogólnych przewozach Unii Europejskiej stanowiła 17,5%. Udział Polski w międzynarodowych przewozach był jeszcze większy i wynosił ponad 30,7%. To sprawiło, że Polska wysunęła się na pozycję lidera wśród 28 krajów UE zarówno w przewozach krajowych jak i międzynarodowych [15, 16].

Transport w każdej gospodarce odgrywa znaczącą rolę. To właśnie działalność transportowa umożliwia funkcjonowanie pozostałych sektorów gospodarki i wpływa bezpośrednio na rozwój państwa. Tak naprawdę trudno wyobrazić sobie funkcjonowanie jakiejkolwiek gospodarki bez transportu. Liczba przewozów materiałów i przedmiotów niebezpiecznych w Polsce z roku na rok zwiększa się. Ze względu na wysokie zagrożenie dla ludzi, zwierząt oraz środowiska transport towarów niebezpiecznych uregulowany został licznymi krajowymi i międzynarodowymi przepisami.

Codziennie materiały niebezpieczne transportowane są na odległość setek, a nawet tysięcy kilometrów. Transport takich towarów wymaga posiadania specjalistycznej wiedzy. Do czynników wpływających na stan bezpieczeństwa zaliczyć można przede wszystkim znajomość i stosowanie przepisów dotyczących m.in. transportu materiałów i przedmiotów niebezpiecznych, czasu pracy kierowców.

W artykule przedstawiono i opisano zasady transportu drogowego towarów niebezpiecznych oraz wyniki badań odczuwanego poziomu bezpieczeństwa przy wykonywaniu przewozu ładunków niebezpiecznych przez kierowców oraz ocenę świadomości pracowników przy wykonywaniu transportu drogowego.

2. Zasady przewozu ładunków w szczególności materiałów niebezpiecznych

Transport drogowy towarów ze względu na szczególną specyfikę został unormowany zarówno w przepisach krajowych, jak i międzynarodowych. Do najważniejszych aktów prawnych regulujących przewóz drogowy towarów zalicza się rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady, umowy międzynarodowe oraz ustawy i rozporządzenia prawa krajowego. W sposób szczegółowy precyzują one kwestie związane z krajowym i międzynarodowym transportem towarów, w tym m.in. warunki zatrudniania, czas pracy kierowców, obowiązkową dokumentację. Znajomość przepisów prawnych jest niezbędna w celu bezpiecznego wykonywania przewozu towarów [7].

2.1. Materiały niebezpieczne i ich klasyfikacja

Zgodnie z definicją konwencji ADR „towary niebezpieczne oznaczają materiały i przedmioty, których przewóz na podstawie ADR jest zabroniony, albo dopuszczony wyłącznie na warunkach podanych w ADR” [11]. Materiał niebezpieczny to materiał, który z uwagi na swoje właściwości chemiczne, biologiczne bądź fizyczne w przypadku niewłaściwego sposobu obchodzenia się z nim, może spowodować zagrożenie dla zdrowia lub życia ludzi i zwierząt, środowiska a także dóbr materialnych [8].

Umowa ADR dzieli towary niebezpieczne na trzy grupy [10]:

- towary niedopuszczone do przewozu,
- towary zwolnione z ADR,
- towary dopuszczone do przewozu zgodnie z ADR.

Towary niedopuszczone do przewozu są to materiały, które ze względu na szczególne, niemożliwe do usunięcia zagrożenia nie mogą być dopuszczone do transportu. Materiały te stwarzają zbyt duże zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi oraz środowiska podczas transportu. Towarami niebezpiecznymi niedopuszczonymi do przewozu są np. [11]:

- materiały wybuchowe, które są zbyt wrażliwe,
- materiały wybuchowe, które są podatne na samorzutną reakcję,
- chemicznie niestabilne gazy klasy 2, w sytuacji gdy nie zostały zastosowane wszelkie niezbędne środki ostrożności w celu uniknięcia wystąpienia niebezpiecznych reakcji,
- materiały niestabilne chemicznie klasy 4.1, w sytuacji gdy nie zostały podjęte działania w celu zapobiegnięcia ich niebezpiecznemu rozkładowi lub polimeryzacji w trakcie transportu.

Zgodnie z umową ADR materiały i przedmioty uznane za niebezpieczne zostały podzielone na 13 klas niebezpieczeństwa na podstawie powodowanego zagrożenia [7].

Proces klasyfikacji obejmuje [2]:

- przydzielenie towaru do właściwej klasy na podstawie przeważającego zagrożenia;

- przypisanie kodu klasyfikacyjnego, w sytuacji, gdy występuje;
- ustalenie numeru UN;
- określenie grupy opakowania.

Podstawowe pojęcia w procesie klasyfikacji [2]:

1. Klasa – jest to zbiór towarów o jednakowym zagrożeniu.
2. Kod klasyfikacyjny – określa rodzaj zagrożenia, dodatkowo informuje o pozostałych istniejących zagrożeniach.

3. Numer UN – jest to czterocyfrowy numer przypisany towarom niebezpiecznym.

4. Grupa pakowania – informuje o istniejącym natężeniu zagrożenia. Wykorzystywana jest w momencie wyboru odpowiedniego opakowania. Istnieją 3 grupy pakowania:

- I grupa pakowania – dla materiałów, które stwarzają duże zagrożenie;
- II grupa pakowania – dla materiałów, które stwarzają średnie zagrożenie;
- III grupa pakowania – dla materiałów, które stwarzają małe zagrożenie.

Tab. 1. Klasyfikacja towarów niebezpiecznych

Klasa	Nazwa
1	Materiały wybuchowe i przedmioty z materiałami wybuchowymi.
2	Gazy.
3	Materiały zapalne ciekłe.
4.1	Materiały zapalne stałe, materiały samoreaktywne, materiały polimeryzujące oraz materiały wybuchowe odczulone stałe.
4.2	Materiały podatne na samozapalenie.
4.3	Materiały wydzielające w zetknięciu z wodą gazy palne.
5.1	Materiały utleniające.
5.2	Nadtlenki organiczne.
6.1	Materiały trujące.
6.2	Materiały zakaźne.
7	Materiały promieniotwórcze.
8	Materiały żrące.
9	Różne materiały i przedmioty niebezpieczne.

Źródło: [11]

2.2. Zasady transportu towarów niebezpiecznych

Pojazdy wykorzystywane do transportu materiałów i przedmiotów niebezpiecznych w transporcie drogowym muszą być odpowiednio dostosowane. Poza podstawowym wyposażeniem ustalonym w przepisach o ruchu drogowym, każde auto przewożące towary niebezpieczne powinno być wyposażone w dodatkowy sprzęt awaryjny, służący do zabezpieczenia oraz ochrony kierowcy, miejsca awarii lub wypadku oraz ochrony środowiska. Dodatkowo każdy kierowca w trakcie wykonywania transportu zgodnie z przepisami krajowymi

i międzynarodowymi zobowiązany jest do posiadania przy sobie dokumentów dotyczących m.in. firmy, przewożonych ładunków, potwierdzających uprawnienia kierowcy [6].

2.2.1. Oznakowania pojazdów

Każdy pojazd przewożący towary niebezpieczne, które nie podlegają częściowym ani całkowitym wyłączeniom z przepisów Umowy ADR powinien być oznaczony dwoma prostokątnymi tablicami ostrzegawczymi w kolorze pomarańczowym. Tablice te umieszcza się po lewej stronie z przodu i z tyłu auta. Zgodnie z obowiązującymi przepisami tablice powinny mieć 40 cm szerokości i 30 cm wysokości oraz obrzeże w kolorze czarnym o szerokości 15mm (rys. 1) [7].



Rys. 1. Tablica ostrzegawcza bez numerów rozpoznawczych [11]

W przypadku, gdy materiały przewożone są w cysternach lub luzem, to na tablicach ostrzegawczych powinny być umieszczone dwa numery [3]:

- numer rozpoznawczy zagrożenia oraz,
- numer rozpoznawczy towaru niebezpiecznego.

Numery na tablicy oddzielone są czarną poziomą linią o szerokości 15mm. W górnej części tablicy umieszczony jest numer rozpoznawczy zagrożenia, a w dolnej części - numer rozpoznawczy materiału (kod ONZ) [3]. W sytuacji zagrożenia numery rozpoznawcze ułatwiają służbom ratowniczym identyfikację rodzaju zagrożenia [7].



Rys. 2. Tablica ostrzegawcza z numerami rozpoznawczymi [11]

W przypadku, gdy dany materiał niebezpieczny silnie reaguje w kontakcie z wodą, numer rozpoznawczy zagrożenia należy poprzedzić dodatkowo literą „X”. Składa się on z dwóch bądź trzech cyfr, które oznaczają następujące zagrożenia [3]:

- 2 – emisja gazu spowodowana ciśnieniem lub reakcją chemiczną,

3 – zapalność materiałów ciekłych (par) i gazów lub samonagrzewanie się materiałów ciekłych,

4 – zapalność materiałów stałych lub samonagrzewanie się materiałów stałych,

5 – działanie utleniające (wzmagające palenie),

6 – działanie trujące lub ryzyko zakażenia,

7 – działanie promieniotwórcze,

8 – działanie żrące,

9 – ryzyko samorzutnej i gwałtownej reakcji.

W przypadku, gdy zagrożenie związane z przewożonym materiałem może być określone za pomocą jednej cyfry – to cyfrę taką uzupełnia się o zero, np. 40. Zdublowanie cyfry oznacza nasilenie konkretnego zagrożenia [3].

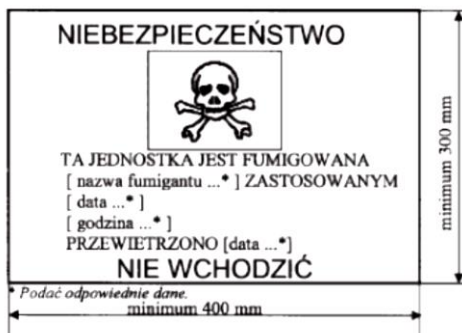
Numer rozpoznawczy materiału, czyli numer UN określony w kolumnie 1 Tabeli A w dziale 3.2 Umowy ADR [2].

Dodatkowymi elementami oznakowania pojazdów są nalepki ostrzegawcze i znaki.

Pojazdy transportujące towary niebezpieczne luzem bądź w cysternach oraz towary niebezpieczne z klasy 1 – wybuchowe i klasy 7 – promieniotwórcze dodatkowo muszą być oznakowane nalepkami ostrzegawczymi, które umieszcza się na obu bokach oraz z tyłu pojazdu.

Znaki ostrzegawcze

- znak ostrzegający o fumigacji - każdy pojazd poddany procesowi fumigacji, czyli zagazowaniu, powinien być oznakowany znakiem ostrzegającym o fumigacji, który umieszcza się przy każdym otworze w miejscu dobrze widocznym dla osób wchodzących bądź otwierających tą jednostkę [3];



Rys. 3. Znak ostrzegający o fumigacji [11]

- znak dla materiałów zagrażających środowisku – jeżeli pojazd zwiera materiały, które zagrażają środowisku, powinien być on dodatkowo oznakowany znakiem dla materiałów zagrażających środowisku, który umieszcza się na pojeździe w taki sam sposób jak nalepki ostrzegawcze [3];



Rys. 4. Znak dla materiałów zagrażających środowisku [11]

- znak dla materiałów o podwyższonej temperaturze – pojazdy zawierające materiały w postaci ciekłej, których przewóz musi odbywać się w temperaturze nie niższej niż 100 °C lub materiały w postaci stałej, które należy przewozić w temperaturze nie niższej niż 240 °C muszą być zaopatrzone w znak przedstawiony na rysunku 20. Znak ten umieszcza się na pojazdach na obu bokach i z tyłu. Pojazdy zawierające materiały w postaci ciekłej lub stałej, których przewóz musi odbywać się w temperaturze nie niższej niż odpowiednio 100°C/ 240°C [3].
- znak ostrzegawczy o chłodzeniu/klimatyzowaniu dla pojazdów i kontenerów – pojazdy zawierające towary niebezpieczne, które podczas przewozu wymagają chłodzenia lub klimatyzowania, powinny być oznakowane odpowiednim znakiem ostrzegawczym. Powinien być on umieszczony na jednostce w każdym punkcie dostępu tak, aby był widoczny dla osób otwierających pojazd lub wchodzących do niego [11];

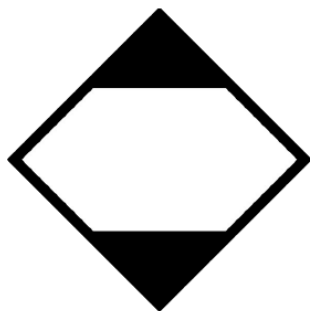


Rys. 5. Znak dla materiałów o podwyższonej temperaturze [11]



Rys. 6. Znak ostrzegawczy o chłodzeniu/klimatyzowaniu dla pojazdów i kontenerów [11]

- znak dla towarów zapakowanych w ilościach ograniczonych – pojazdy przewożące materiały i przedmioty niebezpieczne zapakowane w ilościach ograniczonych muszą być oznakowane znakiem dla towarów zapakowanych w ilościach ograniczonych, który umieszcza się na z przodu i tyłu jednostki [11];



Rys. 7. Znak „Towary niebezpieczne w ograniczonych ilościach” [11]

2.2.2. Wyposażenie pojazdu

Pojazd przewożący ładunki niebezpieczne powinien posiadać odpowiednie wyposażenie uregulowane przepisami w [13]:

- Umowie ADR (część 8),
- Umowie o przewozie materiałów niebezpiecznych,
- Ustawie Prawo o ruchu drogowym.

W skład zestawu ADR wchodzi, w zależności od rodzaju przewożonych towarów niebezpiecznych [3]:

1. Wyposażenie przeciwpożarowe – każdy pojazd powinien być wyposażony w minimum dwie gaśnice dla grup pożarów A,B i C. Minimalna całkowita pojemność proszku gaśniczego na jednostkę transportową:
 - pojazd o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 – 4 kg,
 - pojazd o dopuszczalnej masie całkowitej większej niż 3,5t, ale mniejszej niż 7,5t – 8 kg,
 - pojazd o dopuszczalnej masie całkowitej większej niż 7,5t – 12kg.
2. Wyposażenie awaryjne:
 - co najmniej jeden klin do podkładania pod koła,
 - dwa stojące znaki ostrzegawcze (np. pachołki odblaskowe, trójkąty odblaskowe, lampy błyskowe),
 - latarkę nie zawierającą powierzchni metalowych dla każdego członka załogi,
 - łopatę oraz matę do zakrycia otworów kanalizacyjnych,
 - szczotka,
 - pojemnik z tworzywa sztucznego,
 - sorbent,
3. Środki ochrony indywidualnej:
 - płyn do płukania oczu,
 - parę rękawic oraz okularów ochronnych dla każdego członka załogi,
 - maskę uciezkową dla każdego członka załogi,
 - odpowiednią kamizelkę lub inne ubranie ostrzegawcze dla każdego członka załogi.

2.2.3. Podstawowe dokumenty kierowcy w transporcie drogowym

Każda firma transportowa zobowiązana jest do posiadania odpowiednich dokumentów potwierdzających spełnienie przez nią obowiązków wynikających z przepisów prawa. Dokumenty te związane są z działalnością firmy, uprawnieniami kierowców oraz przewożonymi ładunkami. Część z nich kierowca musi posiadać przy sobie w trakcie przewozu, pozostałe na co dzień mogą być przechowywane w siedzibie firmy. Brak któregośkolwiek z wymaganych dokumentów w trakcie kontroli przez Inspekcję Transportu Drogowego może skończyć się karą w postaci mandatu. Kierowca przewożący towary niebezpieczne dodatkowo powinien posiadać przy sobie m.in. instrukcję postępowania z towarami niebezpiecznymi [8].

Obowiązkowe dokumenty, które powinny znaleźć się w pojeździe, można podzielić na pięć grup [4]:

Grupa 1 - dokumenty kierowcy [3,14]:

- prawo jazdy,
- zaświadczenie potwierdzające ważność badań lekarskich i psychologicznych,
- świadectwo kierowcy,
- kartę kierowcy,
- zaświadczenie ADR,
- zaświadczenie o ukończeniu kwalifikacji lub szkolenia okresowego,

Grupa 2 – dokumenty pojazdu [14]:

- dowód rejestracyjny,
- ubezpieczenie OC,
- upoważnienie do korzystania z pojazdu,
- świadectwo dopuszczenia pojazdu do przewozu materiałów niebezpiecznych,
- certyfikat EURO (w niektórych przypadkach – jako załącznik do międzynarodowego zezwolenia),

Grupa 3 – dokumenty uprawniające do wykonywania działalności [5]:

- wypis z licencji przedsiębiorstwa na transport drogowy rzeczy,
- wypis z zezwolenia na wykonywanie zawodu przewoźnika drogowego lub wypis z licencji wspólnotowej,

Grupa 4 – dokumenty przewozowe [5,3]:

- list przewozowy,
- świadectwo pochodzenia towaru,
- instrukcje pisemne dla kierowcy,
- kopię umowy specjalnej w przypadku, gdy przewóz realizowany był na podstawie takiej umowy,
- zezwolenie na przewóz niektórych towarów mających właściwości wybuchowe,

- kopię zgłoszenia do Komendanta Wojewódzkiego Policji oraz do Komendanta Wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej w przypadku przewozu niektórych materiałów niebezpiecznych,
 - dodatkowe dokumenty, tj. faktura VAT, dokument WZ i kwit wagowy,
- Grupa 5 – dokumenty socjalne [4]:
- wykresówki lub/i dane z tachografu.

2.2.4. Obowiązkowe kursy i szkolenia kierowców

Umowa ADR i Ustawa o przewozie drogowy towarów niebezpiecznych reguluje obowiązkowe szkolenia i uprawnienia dla wszystkich kierowców, którzy zawodowo wykonują transport drogowy towarów niebezpiecznych. Aby uzyskać uprawnienia ADR należy spełnić poniższe warunki [5]:

- ukończyć 21 lat,
 - spełnić wymagania ustalone w przepisach prawa o ruchu drogowymi o transporcie drogowym stawiane kierowcom wykonującym przewóz drogowy,
 - ukończyć odpowiedni kurs ADR: początkowy – w przypadku, gdy o wydanie zaświadczenia ADR kierowca ubiega się po raz pierwszy lub doskonalący – w przypadku, gdy kierowca stara się o przedłużenie zaświadczenia ADR,
 - zaliczyć egzamin ADR początkowy albo doskonalący.
- Zgodnie z obowiązującymi przepisami wyróżnia się dwa rodzaje kursów [5]:
- kurs ADR szkolenie początkowy – jest to pierwsze szkolenie kierowców rozpoczynających transport drogowy towarów niebezpiecznych, którego celem jest m.in. zapoznanie kierowców z podstawowymi wymaganiami dotyczącymi przewozu towarów niebezpiecznych i zagrożeniami występującymi w trakcie przewozu a także przekazanie im podstawowych informacji nt. środków bezpieczeństwa dla różnych zagrożeń oraz podstawowych zasad bezpieczeństwa;
 - kurs ADR szkolenie doskonalące – jest to szkolenie, które należy odbywać w odstępach 5-letnich od dnia ukończenia szkolenia początkowego lub ostatniego szkolenia doskonalącego, którego celem jest aktualizacja wiedzy w zakresie transportu towarów niebezpiecznych.

Szkolenie początkowe i doskonalące skład się z dwóch rodzajów szkoleń [5]:

1. szkolenia podstawowego – dotyczy wszystkich kierowców i obejmuje zagadnienia z zakresu przewozu drogowego towarów niebezpiecznych wszystkich klas i jest bazą niezbędną do ukończenia szkoleń specjalistycznych;
2. szkolenia specjalistycznego - dotyczą wybranych grup kierowców i uzupełnia wiedzę kierowców z transportu szczególnych materiałów niebezpiecznych. Dzieli się na:
 - szkolenie specjalistyczne w zakresie przewozu w cysternach,
 - szkolenie specjalistyczne w zakresie przewozu materiałów wybuchowych,

- szkolenie specjalistyczne w zakresie przewozu materiałów promieniotwórczych.

2.2.5. Obowiązki przewoźnika

Uczestnicy przewozu materiałów i przedmiotów niebezpiecznych zobowiązani są do przestrzegania przepisów ADR, które określają podstawowe ich obowiązki. Przewoźnik powinien [1,9]:

- upewnić się, że ładunek niebezpieczny przeznaczony do transportu dopuszczony jest do przewozu zgodnie z przepisami ADR,
- upewnić się, że wszystkie niezbędne informacje wymagane przepisami ADR, dotyczące materiałów i przedmiotów niebezpiecznych przeznaczonych do transportu, zostały dostarczone przez nadawcę ładunku jeszcze przed rozpoczęciem przewozu,
- sprawdzić, czy w pojeździe znajduje się obowiązkowa dokumentacja,
- sprawdzić wzrokowo czy ładunek i jednostka transportowa nie mają wyraźnych wad, wycieków bądź nieszczelności,
- sprawdzić czy nie występują braki w wyposażeniu pojazdu,
- sprawdzić czy nie upłynął termin ważności badań pojazdu/cysterny,
- sprawdzić, czy pojazd nie jest przeciążony/nadmiernie załadowany,
- sprawdzić, czy pojazd posiada odpowiednie oznakowanie,
- sprawdzić, czy e pojeździe znajduje się obowiązkowe wyposażenie ADR.

2.2.6. Czas pracy kierowców

Jedną z podstawowych kwestii związanych z zatrudnianiem kierowcy jest czas pracy, który został uregulowany w dziale VI Kodeksu pracy oraz Ustawie z dnia 16 kwietnia 2004r. o czasie pracy kierowców [3]. Zgodnie z art. 6 tej Ustawy czasem pracy kierowcy „jest czas od rozpoczęcia do zakończenia pracy, która obejmuje wszystkie czynności związane z wykonywaniem przewozu drogowego, w szczególności [12]:

- prowadzenie pojazdu;
- załadowywanie i rozładowywanie oraz nadzór nad załadunkiem i wyładunkiem;
- nadzór oraz pomoc osobom wsiadającym i wysiadającym;
- czynności spedycyjne;
- obsługę codzienną pojazdów i przyczep;
- inne prace podejmowane w celu wykonania zadania służbowego lub zapewnienia bezpieczeństwa osób, pojazdu i rzeczy;
- niezbędne formalności administracyjne;
- utrzymanie pojazdu w czystości.”

Do czasu pracy kierowcy wlicza się czas, w którym kierowca pozostaje w gotowości do wykonywania pracy, przede wszystkim czas oczekiwania na załadunek bądź rozładunek pojazdu oraz obowiązkową przerwę wynikającą

z Kodeksu Pracy [3]. Na podstawie art.7 Ustawy o czasie pracy kierowców - czas pracy pomniejsza się o [12]:

- „czas dyżuru, jeżeli podczas dyżuru kierowca nie wykonywał pracy;
- nieusprawiedliwione postoje w czasie prowadzenia pojazdu;
- dobowy nieprzerwany odpoczynek;
- przerwy w pracy, o której mowa w art. 16 ust. 1.”

Czas pracy kierowców nie może przekraczać 8 godzin na dobę i przeciętnie 40 godzin w średnio pięciodniowym tygodniu pracy w przyjętym okresie rozliczeniowym nie przekraczającym 4 miesięcy. Zaś tygodniowy czas pracy wraz z godzinami nadliczbowymi nie może przekroczyć przeciętnie 48 godzin w obowiązującym okresie rozliczeniowym.

3. Badania własne

Celem badań było poznanie poziomu bezpieczeństwa przy wykonywaniu pracy związanej z transportem drogowym towarów niebezpiecznych. Na potrzeby badań własnych sformułowano jeden główny problem ogólny oraz trzy problemy szczegółowe.

Główny problem ogólny badawczy zawierał się w pytaniu:

1 – Jakie czynniki wpływają na poziom bezpieczeństwa w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych?

Aby odpowiedzieć na główny problem badawczy sformułowano następujące problemy badawcze szczegółowe, na które należało odpowiedzieć:

1 – Czy staż pracy wpływa na poziom subiektywnego odczuwania poziomu bezpieczeństwa?

2 – Czy doświadczenie zawodowe kierowców wpływa na zmniejszenie się poziomu stresu podczas transportu towarów niebezpiecznych?

3 – Czy stopień zrozumienia przepisów prawnych regulujących przewóz towarów niebezpiecznych uzależniony jest od stażu pracy?

Jako metodę badawczą zastosowano metodę sondażu diagnostycznego, a jako technikę badawczą wybrano ankietę. Do badań pracowników zastosowano kwestionariusz ankiety jako narzędzie badawcze.

3.1. Charakterystyka badanego przedsiębiorstwa

Firma, w której przeprowadzono badania, świadczy usługi w zakresie krajowego i międzynarodowego transportu drogowego. Przez lata swojego istnienia otworzyła ona oddziały w kilkunastu krajach na Świecie. Wieloletnie doświadczenie pozwoliło stworzyć prężnie działającą firmę, która jest liderem w branży Transport-Spedycja-Logistyka. Jednym z celów jej działalności jest wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w transporcie, spedycji i logistyce. Świadczenie usług odbywa się przy zachowaniu najwyższych standardów bezpieczeństwa. Potwierdzeniem jakości oferowanych usług są posiadane certyfikaty m.in.: ISO 14001, ISO 9001, OHSAS 18001, SQAS. Na obecną chwilę w przedsiębiorstwie transport drogowy towarów wykonuje ok. 100

kierowców. Część przewozów odbywa się przez firmy zewnętrzne, które zlecenia realizują w oparciu o wprowadzone w firmie standardy.

W firmie przesyłki z materiałami i przedmiotami niebezpiecznymi objęte są szczególnymi procedurami i nadzorem. Ich magazynowanie i przewóz odbywa się w oparciu o obowiązujące krajowe i międzynarodowe przepisy oraz procedury wprowadzone w ramach systemu zarządzania.

3.2. Organizacja i przebieg badań

Badania zostały przeprowadzone w firmie transportowej mającej siedzibę na terenie województwa lubuskiego. Praca w badanym przedsiębiorstwie odbywa się w systemie 3 zmianowym. W badaniach mających charakter całkowicie anonimowy wzięło udział 54 pracowników na stanowisku kierowcy w większości wykonujących transport krajowy. W badaniach zastosowano metodę sondażu diagnostycznego, posługując się kwestionariuszem ankiety jako narzędziem badań.

Badania ankietowe były prowadzone w okresie od listopada do grudnia 2019. Kierowcy mogli w dowolnej chwili wypełnić anonimową ankietę. Ankiety wydawane były przez pracowników firmy, którzy brali czynny udział w realizacji badań. Kwestionariusze ankiety były dostępne w wyznaczonym miejscu firmy – dyspozytornia. Każdy z respondentów wypełniał ankietę samodzielnie. Kwestionariusz ankiety składał się z dwóch części. Pierwsza z nich zawiera 15 zamkniętych pytań dotyczących bezpieczeństwa wykonywanej pracy. Natomiast druga część składała się z 6 pytań metryczkowych respondentów. Uzyskane dane na podstawie ankiet poddano analizie. Opracowane wyniki badań zostały przedstawione za pomocą tabel i wykresów.

Na podstawie przeprowadzonego badania możliwe było poznanie opinii kierowców na temat poziomu bezpieczeństwa w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych.

4. Analiza poziomu bezpieczeństwa w firmie transportowej

4.1. Charakterystyka badanego środowiska

Analizowana firma transportowa posiada własnych kierowców zatrudnionych na podstawie umowy o pracę, ale także korzysta z usług firm zewnętrznych. Przewóz drogowy towarów łącznie wykonuje ok. 100 kierowców. W przeprowadzonym badaniu wzięło udział 54 osób (mężczyzn). Prawie połowa kierowców odmówiła udziału w badaniu. Po dokonaniu wstępnego przeglądu kwestionariuszy odrzucono 2 ankiety z powodu znaczących braków - niedostatecznej ilości odpowiedzi. Dodatkowo ankiety nie spełniały wymogów materiału badawczego, ze względu na brak odpowiedzi w części metryczka ankietowanego. Do ostatecznych badań zakwalifikowano 54 ankiety.

Respondenci zostali podzieleni na pięć grup wiekowych: poniżej 20 lat, od 20 do 30 lat, od 31 do 40 lat, od 41 do 50 lat, powyżej 50 lat.

Tab. 2. Wiek badanych pracowników

Wiek	Liczba	Procent [%]
poniżej 20	0	0
20-30	14	26
31-40	14	26
41-50	16	30
powyżej 50	10	18
Ogółem	54	100

Źródło: badania własne

Następną cechą charakteryzującą badaną populację jest uzyskane wykształcenie. W kwestionariuszu uwzględniono najbardziej ogólne kategorie wykształcenia, tj.: podstawowe, zawodowe, średnie i wyższe.

Tab. 3. Wykształcenie badanych respondentów

Wykształcenie	Liczba	Procent [%]
podstawowe	0	0
zawodowe	24	45
średnie	26	48
wyższe	4	7
Ogółem	54	100

Źródło: badania własne

Czynnikami mogącymi mieć wpływ na poziom bezpieczeństwa w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych jest ogólny staż pracy oraz staż pracy z uprawnieniami ADR.

Tab. 4. Staż pracy w transporcie drogowym towarów badanych respondentów

Staż pracy	Liczba	Procent [%]
do 1 roku	0	0
1-5 lat	8	15
6-10 lat	14	26
powyżej 10 lat	32	59
Ogółem	54	100

Źródło: badania własne

Ponad połowa badanych kierowców, bo aż 32 (59%) posiada ponad 10-letni staż pracy. Staż pracy w granicach od 6 do 10 lat zaznaczyło 14 kierowców, co stanowi

26% badanej populacji. Można zauważyć, że większość kierowców posiada duże doświadczenie zawodowe. Zaledwie 15% respondentów wykazało staż pracy w przedziale od 1 roku do 5 lat. Żadna z badanych osób nie posiadała stażu pracy poniżej 1 roku.

Wśród badanych kierowców przeważali ci z doświadczeniem powyżej 10 lat w transporcie drogowym towarów z uprawnieniami ADR – stanowili 44% ogółu badanych. Na drugim miejscu znaleźli się kierowcy z doświadczeniem w przedziale od roku do 5 lat – 30%. Nieco mniej, bo 22% stanowili kierowcy z doświadczeniem od 6 do 10 lat. Zaledwie 4 %, czyli 2 kierowców posiada doświadczenie z uprawnieniami ADR do roku.

Ostatnią cechą charakteryzującą badaną grupę jest rodzaj wykonywanego transportu, który został podzielony na 3 grupy: transport krajowy, międzynarodowy oraz krajowy i międzynarodowy. Większość, bo aż 67% badanych kierowców na co dzień wykonuje tylko krajowy transport międzynarodowy. Pozostała część kierowców spośród całej badanej grupy odpowiedziała, że wykonuje zarówno transport krajowy jak i międzynarodowy.

4.2. Analiza wyników dotyczących poziomu bezpieczeństwa w opinii badanych pracowników

Tabela 5 zawiera zestawienie odpowiedzi na pierwsze pytanie dotyczące poziomu posiadanej wiedzy z zakresu transportu, które następnie zostały przedstawione za pomocą wykresu.

Tab. 5. Poziom wiedzy na temat przewozu towarów w opinii badanych respondentów

Czy uważa Pan/Pani, że posiada wystarczającą wiedzę dotyczącą przewozu towarów?	Liczba	Procent [%]
zdecydowanie tak	22	41
raczej tak	30	56
raczej nie	2	3
zdecydowanie nie	0	0
trudno powiedzieć	0	0
Ogółem	54	100

Źródło: badania własne

Na pytanie dotyczące posiadanego poziomu wiedzy nt. przewozu towarów ponad połowa ankietowanych 30 kierowców (56%) wskazywała odpowiedź „raczej tak”. Odpowiedź „zdecydowanie tak” zaznaczyło 22 kierowców (41%), a dwóch (3%) jest zdania, że raczej nie posiada wystarczającej wiedzy z zakresu przewozu towarów.

Kolejne zadane pytanie dotyczyło częstotliwości przewożonych materiałów niebezpiecznych. Badani mogli wybrać jedną spośród pięciu odpowiedzi: codziennie, kilka razy w tygodniu, kilka razy w miesiącu, kilka razy w roku i nigdy. Uzyskane odpowiedzi zostały zestawione w tabeli 6.

Tab. 6. Częstotliwość przewożenia materiałów niebezpiecznych w opinii badanych respondentów

Jak często przewozi Pan/Pani materiały niebezpieczne?	Liczba	Procent [%]
codziennie	4	7
kilka razy w tygodniu	6	11
kilka razy w miesiącu	20	37
kilka razy w roku	22	41
nigdy	2	4
Ogółem	54	100

Źródło: badania własne

Jeśli chodzi o częstotliwość przewożonych materiałów niebezpiecznych to prawie połowa kierowców ma z nimi kontakt kilka razy w roku (41%), niewiele mniej bo 37% kilka razy w miesiącu, a 11% nawet kilka razy w tygodniu. Codziennie materiały niebezpieczne transportowane są przez 7% badanych, zaś 4% ankietowanych kierowców stwierdziło, że nigdy nie przewożyło materiałów niebezpiecznych.

W kolejnym pytaniu respondenci mieli określić rodzaj najczęściej przewożonych materiałów niebezpiecznych, które zostały podzielone na 13 grup na podstawie Umowy ADR.

Najczęściej przewożonymi materiałami niebezpiecznymi są materiały z klasy 9, czyli „różne materiały i przedmioty niebezpieczne”, które zostały zaznaczone przez aż 44% badanych kierowców. Drugą grupą materiałów najczęściej przewożonych są materiały zapalne ciekłe – 22%. Na kolejnym miejscu znalazły się materiały żrące - 13% oraz materiały podatne na samozapalenie – 9%. Ankietowani najrzadziej przewożoną materiały trujące (4%), utleniające (4%) oraz materiały z klasy 4.1 - materiały stałe zapalne, materiały samoreaktywne oraz materiały wybuchowe stałe odczulone(4%).

Kolejne pytanie wymagało od kierowców stwierdzenia, czy w trakcie przewozu materiałów niebezpiecznych odczuwają zwiększony stres. Uzyskane wyniki przedstawione są w tabeli 7.

Tab. 7. Odczuwanie stresu w trakcie przewożenia materiałów niebezpiecznych w opinii badanych respondentów

Czy w trakcie przewozu materiałów niebezpiecznych odczuwa Pan/Pani zwiększony stres?	Liczba	Procent [%]
Tak	4	7
Nie	50	93
Ogółem	54	100

Źródło: badania własne

Zdecydowana większość badanych – 93%, nie odczuwa zwiększonego stresu w trakcie przewozu materiałów niebezpiecznych. Należy dodać, że na taki wynik może mieć wpływ staż pracy, który w przypadku większości kierowców – 85% wynosi powyżej 6 lat, zaś z uprawnieniami ADR staż pracy powyżej 6 lat posiada aż 66% badanych respondentów. Doświadczenie kierowców, wyrobione nawyki wynikające z wieloletniego kierowania pojazdem a także większe umiejętności spowodowane licznymi sytuacjami drogowymi wpływają na bezpieczeństwo i komfort na drodze oraz poziom odczuwanego stresu.

Badanym zadano również pytanie o poziom świadomości występujących zagrożeń. Odpowiedzi badanych zostały zestawione w tabeli 8.

Tab. 8. Poziom świadomości zagrożeń występujących przy przewozie materiałów niebezpiecznych w opinii badanych respondentów

Czy jest Pan/Pani świadoma zagrożeń jakie występują przy przewozie materiałów niebezpiecznych?	Liczba	Procent [%]
zdecydowanie tak	36	67
raczej tak	10	19
raczej nie	6	11
zdecydowanie nie	0	0
trudno powiedzieć	2	3
Ogółem	54	100

Zródło: badania własne

Wyniki tego pytania nie okazały się dość zaskakujące, bowiem zdecydowana większość respondentów – 86%, na pytanie dotyczące poziomu świadomości zagrożeń występujących w trakcie przewozu materiałów niebezpiecznych zaznaczyła odpowiedź „zdecydowanie tak” bądź „raczej tak”. Stąd można wnioskować, że nie odczuwanie zwiększonego stresu podczas transportu materiałów niebezpiecznych może wynikać z ogólnej świadomości występujących zagrożeń.

W następnym pytaniu kierowcy musieli stwierdzić, czy w trakcie przewozu towarów niebezpiecznych są w posiadaniu zrozumiałej dla siebie instrukcji. Po analizie uzyskanych odpowiedzi na uwagę zasługuje fakt, że aż 12 kierowców (22%) nie jest w posiadaniu instrukcji w języku dla siebie zrozumiałym. Instrukcje pisemne dla kierowców ADR określają m.in. czynności, jakie powinny być wykonane w sytuacji wystąpienia wypadku bądź awarii. Są one obowiązkowymi dokumentami, które każdy kierowca powinien przy sobie posiadać. W razie wypadku stanowią one pomoc dla niego.

W kolejnym pytaniu respondenci określali, w jakim stopniu przepisy prawne regulujące przewóz materiałów i przedmiotów niebezpiecznych są dla nich zrozumiałe. Na zadane pytanie ankietowani najczęściej wybierali odpowiedź „zdecydowanie tak” - 26% i „raczej tak” - 56%. Odmiennego zdania było 6 ankietowanych (11%), którzy stwierdzili, że raczej nie są świadomi zagrożeń

występujących w trakcie transportu materiałów niebezpiecznych. Aż 4 kierowców (7%) było niezdecydowanych i wybrało odpowiedź „trudno powiedzieć”.

W następnym pytaniu kierowcy określali jak często odczuwają zmęczenie podczas jazdy. Większość badanych – 63% stwierdziło, że tylko czasami odczuwa zmęczenie podczas jazdy. 11% respondentów często jest zmęczona w trakcie jazdy, a 26% odpowiedziało, że rzadko czują się zmęczeni.

W następnym pytaniu kierowcy określali jakie czynniki w największym stopniu mają wpływ na zmęczenie w trakcie jazdy. Każdy respondent mógł zaznaczyć maksymalnie 3 odpowiedzi z 8, które według niego mają największe znaczenie.

Zdaniem respondentów do czynników, które w największym stopniu wpływają na zmęczenie występujące w trakcie przewozu należą:

- monotonia pracy (56%),
- praca w porze nocnej (56%),
- liczba godzin pracy (52%),
- obciążenie wynikające z presji czasu (48%).

Do czynników najmniej wpływających na zmęczenie bądź wcale kierowcy wybrali:

- odpowiedzialność za przewożony towar (11%),
- obciążenie informacjami w trakcie całego procesu transportu (4%),
- praca w godzinach porannych (0%),
- odpowiedzialność za pojazd (0%).

Jednym z problemów badawczych było określenie czynników, które w opinii kierowców wpływają na bezpieczeństwo w transporcie drogowym materiałów i przedmiotów niebezpiecznych. Dodatkowo respondenci w jednym z pytań zostali poproszeni o wybranie jednego z pięciu czynników, który według nich najbardziej może wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa pracy. Otrzymane wyniki zostały zestawione w dwóch tabelach 9 i 10.

Tab. 9. Czynniki wpływające na bezpieczeństwo pracy w opinii badanych respondentów

Co według Pana/Pani w największym stopniu wpływa na bezpieczeństwo transportu?	Liczba	Procent [%]
zachowanie innych uczestników ruchu drogowego	30	56
znajomość procedur postępowania w sytuacjach awaryjnych	10	19
doświadczenie kierowcy	34	63
przestrzeganie przepisów zw. z czasem pracy kierowców	20	37

Źródło: badania własne

Analiza uzyskanych danych wykazała, że zdaniem większości badanych to właśnie zachowanie innych uczestników ruchu (56%) oraz doświadczenie kierowcy (63%) w największym stopniu wpływa na bezpieczeństwo transportu. Ostatnimi czynnikami wpływającymi na poziom bezpieczeństwa są:

- przestrzeganie przepisów zw. z czasem pracy kierowców (37%),
- znajomość procedur postępowania w sytuacjach awaryjnych (19%).

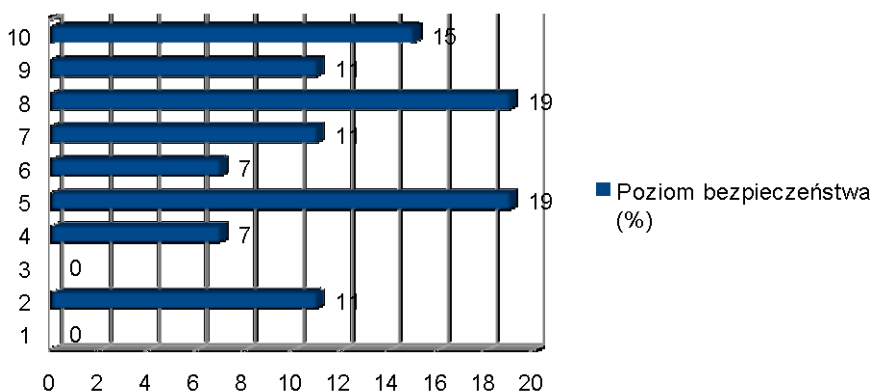
Tab. 10. Czynniki wpływające na poprawę bezpieczeństwa pracy w opinii badanych respondentów

Co według Pana/Pani mogłoby wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa pracy w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych?	Liczba	Procent [%]
dodatkowe szkolenia	34	63
zwiększona kontrola na wszystkich etapach transportu	6	11
dodatkowe zabezpieczenia samochodów	12	22
dodatkowe ubezpieczenia	4	7
dodatkowe procedury regulujące transport towarów niebezpiecznych	8	15

Źródło: badania własne

W grupie badanych panów zdecydowana większość – 63% uważa, że dodatkowe szkolenia mogłyby wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa pracy. Wśród czynników, które również były najczęściej wybierane znalazły się: dodatkowe zabezpieczenia samochodów (22%), dodatkowe procedury regulujące transport towarów niebezpiecznych (15%) oraz zwiększona kontrola na wszystkich etapach transportu (11%).

Kolejne trzy pytania miały na celu ustalenie czy kierowcy rozumieją przepisy regulujące czas pracy, czy wykorzystywany pojazd posiada system GPS oraz czy badania za każdym razem są obecni podczas załadunku i rozładunku materiałów niebezpiecznych. Jak wynika z danych, 100% badanych kierowców odpowiedziało, że przepisy prawne regulujące czas pracy są zrozumiałe. 81% aut posiada system GPS do monitoringu trasy przejazdu. Przy załadunku i rozładunku towarów niebezpiecznych obecnych jest większość badanych – 59%.



Rys. 8. Poziom bezpieczeństwa pracy w opinii badanych kierowców (opracowanie własne)

Ostatnie pytanie przeprowadzonej ankiety dotyczyło badania poziomu bezpieczeństwa pracy. Respondenci mieli wybrać jedną odpowiedź w skali od 1 do 10.

W skali 10 punktowej dotyczącej poziomu bezpieczeństwa pracy, gdzie jako 1 oznaczono pracę jako bardzo niebezpieczną, a 10 pracę całkowicie bezpieczną, respondenci udzielili bardzo zróżnicowanych odpowiedzi. 19% ankietowanych na skali wybrało liczbę 5, tym samym dla nich wykonywana praca nie jest ani niebezpieczna, ani całkowicie bezpieczna. Tyle samo kierowców oceniło swoją pracę jako bardziej bezpieczną. Na skali punkty 2, 7 i 9 wskazywało po 11% respondentów. Bezpieczeństwo na poziomie 4 i 6 zostało wybrane przez odpowiednio 7% ankietowanych. Żaden z badanych kierowców nie określił swojej pracy jako bardzo niebezpiecznej, zaś 15% stwierdziło, że jest ona całkowicie bezpieczna.

Ostatnim etapem analizy otrzymanych wyników jest udzielenie odpowiedzi na zadane problemy badawcze szczegółowe. Pierwszy problem szczegółowy dotyczył wpływu stażu pracy zawodowych kierowców na poziom subiektywnego odczuwania przez nich bezpieczeństwa. Ogólna relacja pomiędzy stażem pracy a poziomem odczuwanego bezpieczeństwa zaprezentowana została w tabeli 11.

Tab. 11. Zależność pomiędzy stażem pracy a poziomem odczuwanego bezpieczeństwa

Poziom bezpieczeństwa	Staż pracy				Razem	
	< 1 rok suma	1-5 lat suma	6-10 lat suma	> 10 lat suma	suma	[%]
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	4	6	11
3	0	0	0	0	0	0
4	0	2	0	2	4	7
5	0	2	2	6	10	19
6	0	0	4	0	4	7
7	0	0	4	2	6	11
8	0	0	0	10	10	19
9	0	4	0	2	6	11
10	0	2	2	4	8	15

Źródło: badania własne

Analizując uzyskane dane zauważyć można, że nie istnieje związek pomiędzy stażem pracy a odczuwanym poziomem bezpieczeństwa przez zawodowych kierowców. Respondenci niezależnie od posiadanego stażu pracy określali bezpieczeństwo swojej pracy na różnych poziomach.

Drugi problem szczegółowy dotyczył wpływu doświadczenia zawodowego kierowców na wysokość poziomu stresu występującego podczas transportu towarów niebezpiecznych. W tabeli 12 zestawione zostały otrzymane wyniki.

Tab. 12. Zależność pomiędzy doświadczeniem zawodowym kierowców, a subiektywnym odczuwaniem stresu podczas transportu materiałów niebezpiecznych

Odczuwanie stresu	Staż pracy				Razem	
	< 1 rok	1-5 lat	6-10 lat	> 10 lat	suma	[%]
	suma	suma	suma	suma	suma	[%]
tak	0	4	0	0	4	7
nie	0	4	14	32	50	93

Źródło: badania własne

W analizowanej grupie zawodowych kierowców znacząca większość – 93% niezależnie od stażu pracy stwierdziła, że nie odczuwa stresu podczas transportu towarów niebezpiecznych. Zaledwie 4 respondentów ze stażem pracy w przedziale od 1 roku do 5 lat odpowiedziało, że odczuwa taki stres. Zatem nie stwierdzono związku pomiędzy stażem pracy kierowcy, a odczuwaniem zwiększonego stresu w trakcie przewozu materiałów niebezpiecznych.

Aby odpowiedzieć na ostatni problem badawczy szczegółowy w tabeli 13 zestawiono otrzymane dane związane ze stażem pracy oraz poziomem zrozumienia przepisów prawnych.

Tab.13. Zależność pomiędzy stażem pracy kierowców a poziomem zrozumienia przepisów prawnych regulujących transport materiałów niebezpiecznych

Poziom zrozumienia przepisów prawnych	Staż pracy				Razem	
	< 1 rok	1-5 lat	6-10 lat	> 10 lat	suma	[%]
	suma	suma	suma	suma	suma	[%]
zdecydowanie tak	0	0	2	12	14	26
raczej tak	0	6	10	14	30	56
raczej nie	0	0	2	4	6	11
zdecydowanie nie	0	0	0	0	0	0
trudno powiedzieć	0	2	0	2	4	7

Źródło: badania własne

Ponad połowa badanych kierowców - 56% na pytanie dotyczące poziomu zrozumienia przepisów prawnych udzieliła odpowiedzi „raczej tak”, a 26% badanych wybrało odpowiedź „zdecydowanie tak”. Udzielone odpowiedzi były zróżnicowane pod kątem stażu pracy. Co dziewiąty respondent ze stażem pracy powyżej 6 lat stwierdził, że raczej nie rozumie przepisów prawnych regulujących transport drogowy materiałów i przedmiotów niebezpiecznych. Należy zauważyć, że czterech badanych nie było w stanie określić jednoznacznego stanowiska co do znajomości przepisów prawnych i udzieliło odpowiedzi „trudno powiedzieć”. Dwóch odpowiadających posiadała staż pracy powyżej 10 lat.

Analizując wyniki zamieszczone w powyższej tabeli można wysnuć wniosek, że staż pracy nie wpływa na poziom zrozumienia przepisów prawnych regulujących transport towarów niebezpiecznych.

5. Wnioski i zakończenie

Zapewnienie bezpieczeństwa pracy w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych stanowi nie lada wyzwanie dla dzisiejszych firm transportowych oraz instytucji odpowiedzialnych za nadzór nad prawidłowym, ale przede wszystkim bezpiecznym wykonywaniem pracy. Ze względu na szereg występujących zagrożeń każdy uczestnik procesu transportu zobowiązany jest do posiadania specjalistycznej aktualnej wiedzy. Jednak to kierowca jest głównym ogniwem odpowiedzialnym za bezpieczeństwo pracy, na które składa się m.in.: prawidłowe i bezpieczne załadowanie towarów, przestrzeganie czasu pracy, przestrzeganie przepisów o ruchu drogowym, umiejętność szybkiego reagowania na wszelkiego rodzaju ryzykowne sytuacje występujące w trakcie pracy.

Celem badań było zbadanie poziomu i zasad bezpieczeństwa w trakcie wykonywania transportu drogowego towarów niebezpiecznych. Przeprowadzone badania miały na celu zweryfikowanie i ocenę poziomu bezpieczeństwa pracy oraz zapoznanie się z opinią zawodowych kierowców.

Wyniki przeprowadzonych badań dostarczyły szereg ciekawych informacji. Przeprowadzona analiza wykazała, że większość kierowców posiadających staż pracy powyżej 6 lat w transporcie drogowym towarów uważa, że posiada wystarczającą wiedzę na temat przewozu towarów. Na poziom wiedzy na pewno wpływa staż pracy, obowiązkowe szkolenia, różnorodność oraz częstotliwość przewożonych materiałów i przedmiotów niebezpiecznych. Porządne „zaplecze” kierowcy w postaci wiedzy i doświadczenia zawodowego znalazły odzwierciedlenie w pytaniu dotyczącym odczuwania stresu podczas wykonywania transportu towarów niebezpiecznych. Znacząca większość kierowców nie odczuwa zwiększonego stresu. Należy zauważyć, że badani są świadomi zagrożeń występujących przy przewozie materiałów niebezpiecznych, co również ma wpływ na ich bezpieczeństwo pracy. Niepokojące może być to, że prawie co piąty badany nie posiada instrukcji w języku dla siebie zrozumiałym. Instrukcja ta jest najważniejszym elementem wyposażenia kierowcy. To w niej umieszczone są wskazówki dla kierowcy dotyczące charakterystyki zagrożeń stwarzanych przez materiały i przedmioty niebezpieczne w zależności od rodzaju klasy oraz opis czynności, które powinny być wykonane w razie wypadku lub awarii. Na szczególną uwagę zasługuje jednak fakt, że aż 82% badanych uważa, że rozumie przepisy regulujące transport drogowy towarów niebezpiecznych. Na bezpieczeństwo pracy może mieć wpływ zmęczenie, które odczuwa większość ankietowanych podczas pracy. Do czynników, które w bezpośredni sposób wpływają na zmęczenie kierowcy zaliczyli monotonię pracy, pracę w porze nocnej a także obciążenie wynikające z presji czasu. Pomimo znajomości przepisów i częstotliwości szkoleń wynikających z obowiązujących przepisów prawnych kierowcy uważają, że dodatkowe szkolenia oraz zabezpieczenia

aut mogłyby wpłynąć na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa pracy. Badania dostarczyły ciekawych informacji na temat czynników, które w znaczący sposób wpływają na bezpieczeństwo pracy. Według ankietowanych właśnie to doświadczenie i zachowanie innych uczestników ruchu drogowego wpływa na bezpieczeństwo pracy. Niestety prawie połowa kierowców nie jest obecna przy załadunku i rozładunku towarów. Według obowiązujących przepisów kierowca musi być obecny przy załadunku towarów, podczas którego zobowiązany jest nadzorować załadunek, aby zapewnić bezpieczny transport wykluczając możliwość przemieszczania się ładunku w trakcie transportu.

Pierwszy problem badawczy dotyczył zbadania zależności występujących pomiędzy stażem pracy zawodowych kierowców, a poziomem odczuwanego przez nich bezpieczeństwa pracy. Założenie, że staż pracy może mieć bezpośredni wpływ subiektywną ocenę bezpieczeństwa pracy przez badanych okazało się błędne. Odpowiedzi udzielone przez ankietowanych były bardzo zróżnicowane. W kolejnym problemie badawczym poruszono kwestię związaną z posiadanym doświadczeniem zawodowym, a odczuwaniem stresu podczas transportu towarów niebezpiecznych. Zestawione wyniki badania ankietowego pozwalają stwierdzić, że nie występuje zależność pomiędzy doświadczeniem zawodowym, a odczuwaniem zwiększonego stresu. Znacząca większość kierowców niezależnie od posiadanego doświadczenia zawodowego stwierdziła, że nie odczuwa stresu w trakcie transportu towarów niebezpiecznych. Ostatnim problemem badawczym szczegółowym, jaki został poruszony był związek pomiędzy stażem pracy, a stopniem zrozumienia przepisów prawnych regulujących przewóz towarów niebezpiecznych. Na podstawie uzyskanych wyników badań, wstępne założenie nie zostało potwierdzone. Kierowcy z wieloletnim, jak i kilkuletnim stażem pracy udzielali zróżnicowanych odpowiedzi.

Ostatnim etapem prowadzonych badań było ustalenie czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych. Z dokonanej analizy uzyskanych odpowiedzi czynnikami, które w bezpośredni sposób wpływają na bezpieczeństwo pracy są: zachowanie innych uczestników ruchu drogowego, przestrzeganie przepisów związanych z czasem pracy, a także doświadczenie kierowcy.

Podsumowując na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że bezpieczeństwo pracy podczas transportu drogowego towarów niebezpiecznych jest na poziomie dobrym. Przeprowadzone badania wykazały, że w większości kierowcy również określili bezpieczeństwo swojej pracy na średnim poziomie.

Bibliografia

1. BUCZKO J., *Bezpieczeństwo w komunikacji publicznej i transporcie*. Wyd. PWSZ im. Witelona, Legnica 2017.
2. FILARY S., *Bezpieczeństwo w komunikacji powszechnej i transporcie*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2010.
3. GAŁUSZA M., UZARCZYK A., WOJCIECHOWSKA-PISKORSKA H., *BHP w transporcie*. Wyd. Tarbonus, Kraków-Tarnobrzeg 2011.

4. MADEJ B., MICHNIAK J., *Przewozy drogowe osób i rzeczy*. Podręcznik kierowcy zawodowego. Wyd. Akademia Transportu i Przedsiębiorczości, Warszawa 2010.
5. MADEJ B., ŻAKOWSKI P., MADEJ R., *Przewozy towarów niebezpiecznych. ADR 2009-2011*. Wyd. Akademia Transportu i Przedsiębiorczości, Warszawa 2009.
6. NEIDER J., *Transport międzynarodowy*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.
7. PROCHOWSKI L., ŻUCHOWSKI A., *Technika transportu ładunków*. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
8. RĄCZKOWSKI B., *BHP w praktyce*. Wyd. ODDK, Gdańsk 2018.
9. DREWEK W., *Charakterystyka przedsięwzięć związanych z organizacją transportu materiałów niebezpiecznych w ruchu samochodowym*. Logistyka 6/2010, s. 1-23.
10. ROGALSKI G., PYZA D., *Organizacja przewozów towarów niebezpiecznych w transporcie drogowym*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, Z. 120, 2018, s. 341-363.
11. Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzona w Genewie dnia 30 września 1957r. Dz. U. z 1975r., Nr 35, poz. 189 ze zm.
12. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004r. o czasie pracy kierowców. Tekst jednolity Dz. U. z 2004r., Nr 92, poz. 879 ze zm.
13. www.encyklopedia.pwn.pl [08.12.2019].
14. www.tacholandia.pl [20.11.2019].
15. www.liniaszkolenia.pl [01.12.2019].
16. www.trans.info.pl [12.11.2019].

BADANIE DOKŁADNOŚCI POMIARÓW NA MASZYNACH KOLUMNOWYCH I PORTALOWYCH 3D

Waldemar Uździcki, Zdzisław Wojciechowski

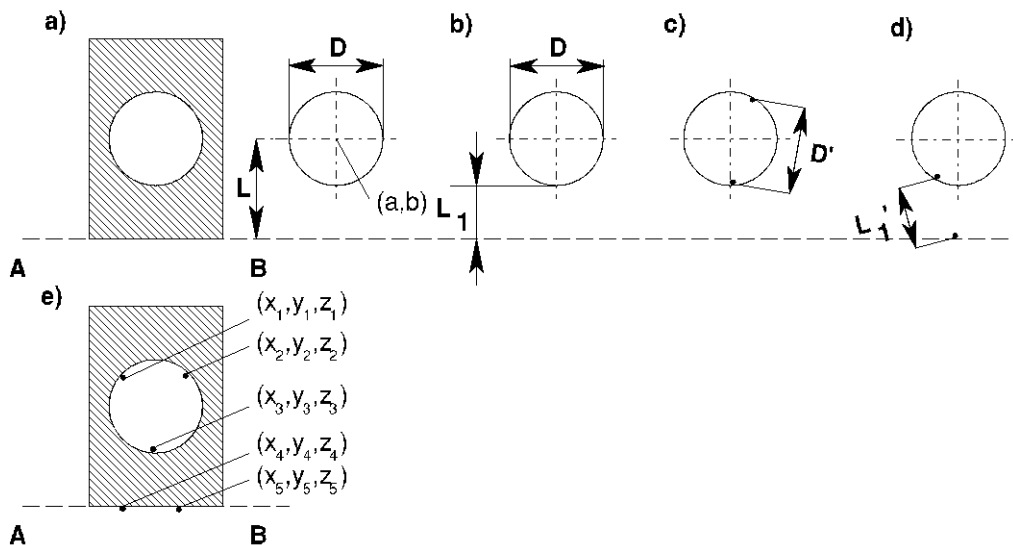
1. Wstęp

Współrzędnościowa technika pomiarowa charakteryzuje się odmienną od klasycznej metrologii strategią pomiarową. Opiera się ona na przetwarzanych komputerowo informacjach pomiarowych w postaci numerycznej i umożliwia wyznaczanie wymiarów przestrzennie ukształtowanych części samochodowych, z wysoką dokładnością. Technika ta charakteryzuje się procedurami pomiarowymi opartymi na wartościach współrzędnych punktów pomiarowych. Punkty lokalizowane podczas procesu pomiarowego są podstawą do wyznaczenia wszystkich figur geometrycznych, z których składa się element mierzony.

Od wielu już lat współrzędnościowa technika pomiarowa jest obecna we wszystkich gałęziach przemysłu. Wysokie wymagania jakościowe konsumentów w stosunku do produkowanych wyrobów, wymusiły na producentach stosowania coraz doskonalszych metod pomiarowych. Wymaganiom tym sprostały maszyny pomiarowe, które są obecne we wszystkich zakładach motoryzacyjnych na całym świecie. W Polsce w latach osiemdziesiątych było około siedemdziesięciu maszyn pomiarowych, obecnie w samym tylko zakładzie Volkswagena w Poznaniu jest ich ponad trzydzieści.

2. Istota pomiarów współrzędnościowych

Pomiary na współrzędnościowych maszynach pomiarowych (WMP) różnią się zasadniczo od pomiarów wykonywanych klasycznymi środkami pomiarowymi, w których końcówka pomiarowa, bądź końcówki, muszą znaleźć się w położeniu zapewniającym pomiar dokładnie poszukiwanej przez nas wielkości. W celu zilustrowania tej różnicy za przykład może służyć pomiar średnicy otworu D oraz odległości L jego środka od krawędzi AB (rys. 1a).



Rys.1. Pomiar średnicy otworu. a) mierzony element, b) pomiar klasycznym środkiem pomiarowym, c),d) możliwości błędnych pomiarów środkami klasycznymi, e) pomiar współrzędnościowy [3].

Zakładając, że należy zmierzyć wyżej wymienione parametry np. suwmiarką, trzeba zmierzyć średnicę otworu D oraz odległość L_1 (rys. 1.b). Odległość L środka otworu od krawędzi AB uzyskuje się z równania

$$L = L_1 + D/2 \quad (1)$$

Jednak otrzymana wartość może być obciążona błędami wynikającymi z :

- błędnego pomiaru średnicy, tzn. że została zmierzona cięciwa D' (rys. 1.c),
- błędnego pomiaru odległości L_1 (rys. 1d).

Oczywiście istnieją sposoby eliminacji tych błędów, jednak wiąże się to z odpowiednim ustawieniem mierzzonego elementu, bądź użyciem innych środków pomiarowych.

Przy pomiarze współrzędnościowym nie jest wymagane zmierzenie odpowiedniego wymiaru, lecz zebranie z mierzzonego elementu odpowiedniej ilości punktów pomiarowych, zlokalizowanie ich położenia w przyjętym układzie współrzędnych, najczęściej kartezjańskim, następnie wykorzystanie tych punktów do aproksymacji danego elementu za pomocą procedur pomiarowych i w końcu wyliczenie przez komputer wartości poszukiwanej wielkości geometrycznej.

W celu znalezienia średnicy otworu i odległości jego środka od krawędzi wykorzystując maszynę współrzędnościową należy „szczytać” co najmniej trzy punkty pomiarowe na obwodzie otworu o współrzędnych (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) , (x_3, y_3, z_3) , oraz co najmniej dwa o współrzędnych (x_4, y_4, z_4) (x_5, y_5, z_5) na krawędzi (rys. 1.e) [1]. Następnie komputer dokonuje aproksymacji okręgu oraz prostej np. sumą najmniejszych kwadratów, obliczy średnicę otworu D oraz odległość jego środka od krawędzi L , wykorzystując do tego celu równania znane z geometrii analitycznej. W celu przejrzystsze przedstawienia algorytmu działania, zakłada

się, że pomiarów dokonano w jednej płaszczyźnie, czyli współrzędne w osi Z wszystkich punktów pomiarowych są równe. W takim przypadku z pierwszych trzech punktów zostaje obliczone równanie okręgu na podstawie układu trzech równań z trzema niewiadomymi a , b , R , gdzie (a, b) są współrzędnymi środka okręgu w płaszczyźnie XY , natomiast R jest promieniem okręgu (2).

$$\begin{aligned}(x_1 - a)^2 + (y_1 - b)^2 &= R^2 \\(x_2 - a)^2 + (y_2 - b)^2 &= R^2 \\(x_3 - a)^2 + (y_3 - b)^2 &= R^2\end{aligned}\quad (2)$$

Otrzymuje się wtedy równanie okręgu w postaci

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2 \quad (3)$$

Korzystając ze zmierzonych współrzędnych dwóch pozostałych punktów, komputer oblicza równanie prostej przechodzącej przez dwa punkty, czyli równanie krawędzi AB, na podstawie wzoru (4).

$$(y - y_1)(x_2 - x_1) = (x - x_1)(y_2 - y_1) \quad (4)$$

Sprowadzając to równanie do postaci

$$Ax + By + C = 0 \quad (5)$$

oraz korzystając ze wzoru na odległość punktu od prostej (6)

$$L = \frac{|A \cdot a + B \cdot b + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (6)$$

gdzie : a, b - współrzędne środka okręgu

L - odległość środka okręgu o równaniu (3) od prostej o równaniu (5).

Pomiar na współrzędnościowej maszynie pomiarowej odbywa się poprzez styk końcówki głowicy pomiarowej z powierzchnią lub krawędzią mierzonego elementu. Powstający w głowicy pomiarowej sygnał powoduje zapamiętanie przez komputer wartości współrzędnych punktów odczytanych z układów pomiarowych XYZ.

WMP umożliwiają pomiary przedmiotów o złożonych kształtach, które można przedstawić jako zbiór podstawowych elementów geometrycznych analitycznej [3].

Realizując pomiar na współrzędnościowej maszynie pomiarowej należy:

1. odpowiednio ustalić i zamocować mierzony element na stole maszyny oraz wybrać odpowiednią dla danego elementu konfigurację głowicy z trzpieniami i końcówkami pomiarowymi,
2. dokonać kalibracji (wzorcowania) końcówek pomiarowych za pomocą kuli wzorcowej; średnice końcówek pomiarowych oraz ich odległości od osi są zapamiętywane przez komputer,
3. wyznaczyć współrzędne przedmiotu mierzonego x_w, y_w, z_w względem współrzędnych maszyny x_m, y_m, z_m
4. poprzez pomiary współrzędnych punktów wyznaczyć elementarne kształty takie jak np. linia, płaszczyzna, okrąg, kula itp.

Komputer oblicza również wzajemne relacje między nimi, jak odległość osi, środków otworów, płaszczyzn itp.

Pomiary 3D wykonywane są przy użyciu wielu typów współrzędnościowych maszyn pomiarowych różniących się konstrukcją i rodzajem zastosowanych materiałów do ich budowy. Obecnie jest bardzo duża różnorodność maszyn

pomiarowych dostępnych na rynku. W branżach przemysłowych są stosowane między innymi maszyny o budowie hybrydowej.

Współrzędnościowe maszyny pomiarowe do stosowania w halach produkcyjnych, o konstrukcji hybrydowej, która pozwala na zainstalowanie bezpośrednio w produkcji. Zastosowano specjalne rozwiązania konstrukcyjne z uwzględnieniem nowych materiałów, które – wraz z nowymi układami sterującymi – uodparniają je na wpływy temperatury, drgania i zanieczyszczenia, a jednocześnie umożliwiają uzyskanie wyższych prędkości i przyspieszeń układów ruchomych maszyny. Pozwalają na bezpośredni monitoring procesu pomiarowego niezbędnego do oddziaływania na jakość procesu obróbkowego [5].

Innym rozwiązaniem są maszyny multisensorowe, które łączą w sobie cechy pomiarów stykowych i optycznych.

Carl Zeiss rozszerzył swoją linię pomiarowych maszyn multisensorowych o O-INSPECT 322. Linia O-INSPECT łączy zalety pomiarów dotykowych oraz optycznych i reprezentowana jest teraz przez dwie maszyny: O-INSPECT 322 i O-INSPECT 442. Oba urządzenia wykorzystują te same głowice i trzpienie pomiarowe, a różnią się jedynie zakresem pomiarowym. W wielu branżach produkowane części są nie większe niż dłoń (np. telefon komórkowy czy implant). Maszyna O-INSPECT 322 o zakresie pomiarowym 300×200×200 mm jest idealna do tego typu przedmiotów. Jest również konkurencyjna cenowo w porównaniu z optycznymi systemami pomiarowymi tej klasy. O-INSPECT 322 jest dostarczany standardowo zarówno z głowicą optyczną, jak i ze skanującą głowicą dotykową. Dostarczane wraz z maszyną oprogramowanie CALYPSO w sposób automatyczny łączy wyniki pomiarów z obu tych źródeł. Pomiary 3D i nacisku skanowanie z minimalnymi siłami Tam, gdzie inne maszyny mogą oferować skanowanie dotykowe i tym samym stosunkowo wysokie siły nacisku, O-INSPECT 322 oferuje precyzyjne skanowanie z małymi naciskami. Głowica VAST XXT pozwala na zastosowanie sił w zakresie do 1 mN. Dlatego też z O-INSPECT możliwe są standardowe pomiary 3D, w których określa się kształt i położenie. Jest to kluczowa korzyść dla użytkowników, ponieważ części precyzyjne lub elementy plastikowe są przeważnie trójwymiarowe [4]. O-INSPECT 322 działa również niezawodnie w różnych temperaturach otoczenia. Tam, gdzie inne maszyny wymagają pomieszczeń klimatyzowanych, O-INSPECT dostarcza niezawodne wyniki pomiarów w szerokim zakresie temperatur, a także może być stosowany w warsztacie. Opcja TVA (dokładność w zmiennej temperaturze) zapewnia wyspecyfikowaną dokładność w temperaturze do 26°C, a nawet 30° C. Operator zawsze zna dokładność, z jaką można oczekiwać wyników pomiarów. O-INSPECT 322 jest więc idealnym rozwiązaniem do pomiarów w trudnych warunkach produkcyjnych.

3. Maszyny kolumnowe

Maszyny kolumnowe zwłaszcza typu pionowego odznaczają się na ogół małymi zakresami pomiarowymi (do 600 mm). Stół pomiarowy wykonuje ruch w kierunku

osi X, kolumna w kierunku osi Y, a pinola wzdłuż osi Z [2]. Niektóre maszyny tego typu mają obrotowe wrzeciono, umożliwiające pomiary w układzie współrzędnych biegunowych. Charakteryzują się one wysoką dokładnością pomiaru oraz łatwością dostępu do przedmiotu mierzonego. Maszyny kolumnowe z poziomym ułożeniem pinoli odznaczają się dużymi zakresami pomiarowymi wynoszącymi od 2000 do 6000 mm, a niekiedy nawet do 12000 mm. Posiadają jednak mniejszą dokładność. Stosowane są głównie w przemyśle samochodowym, odlewniczym, do pomiaru karoserii itp. Istnieją też rozwiązania z dwiema kolumnami po obu stronach stołu pomiarowego jak np. SMM RDS Duplex niemieckiej firmy Zeiss. Rysunek 2 przedstawia maszynę kolumnową.



Rys. 2. Maszyna kolumnowa [7].

4. Maszyny portalowe

Maszyny portalowe charakteryzują się dużą sztywnością, co pozwala zachować dużą dokładność nawet przy znacznych zakresach pomiarowych ok. 2000 mm. Wadą tych maszyn jest ograniczony dostęp do mierzonego przedmiotu. Przykładowa maszyna portalowa pokazana jest na rysunku 3.



Rys. 3. Maszyna portalowa [6].

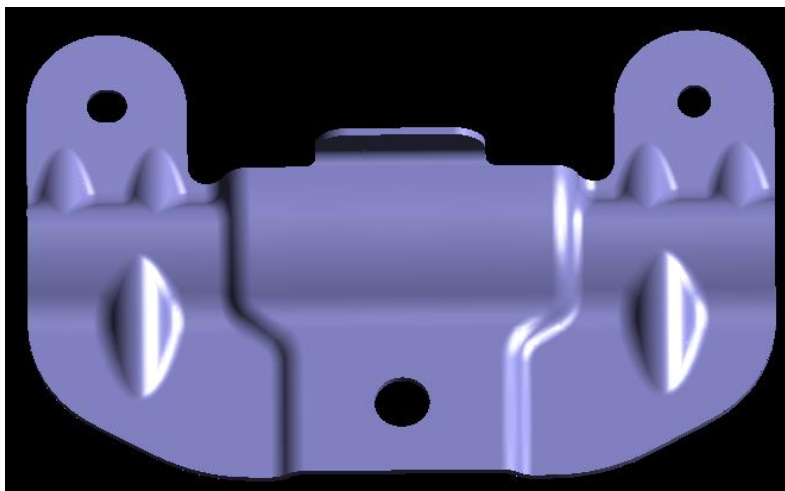
5. Pomiary porównawcze

5.1. Opis badanej wytłoczki

Do przeprowadzenia badania dokładności maszyn pomiarowych 3D wykorzystano jedną z wielu wytłoczek produkowanych w firmie produkującej części samochodowe metodą obróbki plastycznej. Powodem, dla którego ją wybrano była duża ilość przytłoczeń dających możliwość gruntownego sprawdzenia jej jakości, i co najważniejsze, możliwości sprawdzenia dokładności dwóch rodzajów maszyn pomiarowych różnej konstrukcji.

Wytłoczka ta (rys. 4) charakteryzuje się skomplikowanym kształtem i wykrojem oraz otworami zgodnymi z dokumentacją modelu CAD. W części tej występuje również krępowanie, znajdujące się między otworem podłużnym, tzw. rowkiem, a otworem okrągłym.

Otwory w częściach samochodowych spełniają funkcje montażowe do łączenia ich z innymi elementami złożonej bryły samochodu. Opisana część służy jako wspornik deski rozdzielczej w samochodzie marki BMW.



Rys. 4. Wytłoczka (opracowanie własne).

5.2. Pomiar wytłoczki przy użyciu maszyny kolumnowej

Pierwszą maszyną, przy użyciu której dokonano pomiarów, była maszyna pomiarowa kolumnowa, której dokładność pomiaru wynosi $8 + L/80$ przy temperaturze 18 - 28 °C. Do pomiaru użyto pięćdziesięciu jednakowych części, które ponumerowano od 1 do 50. Po analizie rysunku technicznego podzielono wytłoczkę na trzy obszary, nazywając je kolejno: powierzchnie, krawędzie i otwór. Powierzchnie detalu zostały zmierzone w dwunastu punktach, krawędzie w czternastu oraz dokonano pomiaru jednego z trzech otworów ponieważ dwa pozostałe są otworami bazowymi. Jako kryterium oceny do analizy badań wybrano odpowiednio, dla powierzchni i krawędzi wartość D, jako odchyłkę przestrzenną trzech osi X,Y,Z, a do oceny położenia otworu wybrano wartości najbardziej reprezentatywne czyli ocenę trzech osi X,Y,Z.

Kolejnym krokiem, który wykonano było napisanie programu pomiarowego i zbudowanie odpowiedniego systemu do mocowania części, a następnie wykonanie pomiarów i zgromadzenie danych do dalszej ich obróbki.

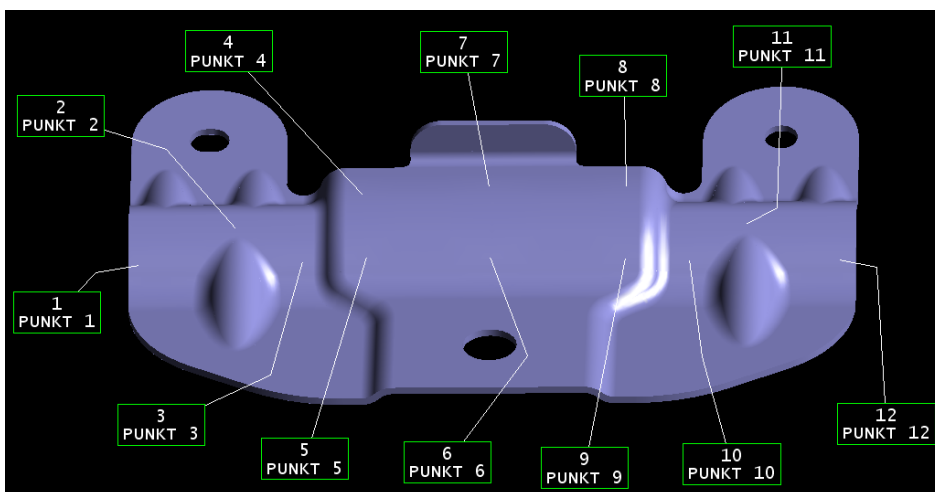
5.3. Pomiar wytłoczki przy użyciu maszyny portalowej

Następną maszyną przy użyciu której dokonano pomiarów była maszyna pomiarowa portalowa, której dokładność pomiaru wynosi $5 + L/250$ przy temperaturze 18 - 28 °C.

Do pomiaru użyto tych samych pięćdziesięciu jednakowych części, które wcześniej ponumerowano od 1 do 50. Przy pomiarze użyto tego samego programu pomiarowego i takich samych kryteriów oceny do opracowania wyników badań jak przy pomiarze z użyciem maszyny kolumnowej celem możliwości późniejszego porównania wyników.

5.4. Analiza wyników pomiarów maszyny kolumnowej

Do badania pobrano 50 próbek, w których ocenie podlegają powierzchnie, krawędzie oraz otwór. Miejsca, w których zostały zmierzone punkty przedstawiają rysunki 5, 6, 7. Uzyskane wyniki pomiarów zamieszczono w tabelach 1, 2, 3.



Rys. 5. Punkty powierzchniowe badanej wytłoczki (opracowanie własne).

Rysunek 5 przedstawia 12 punktów na powierzchni, w których dokonano pomiaru na maszynie kolumnowej CARMET, a wyniki zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki pomiaru punktów na powierzchni przy użyciu maszyny kolumnowej (opracowanie własne).

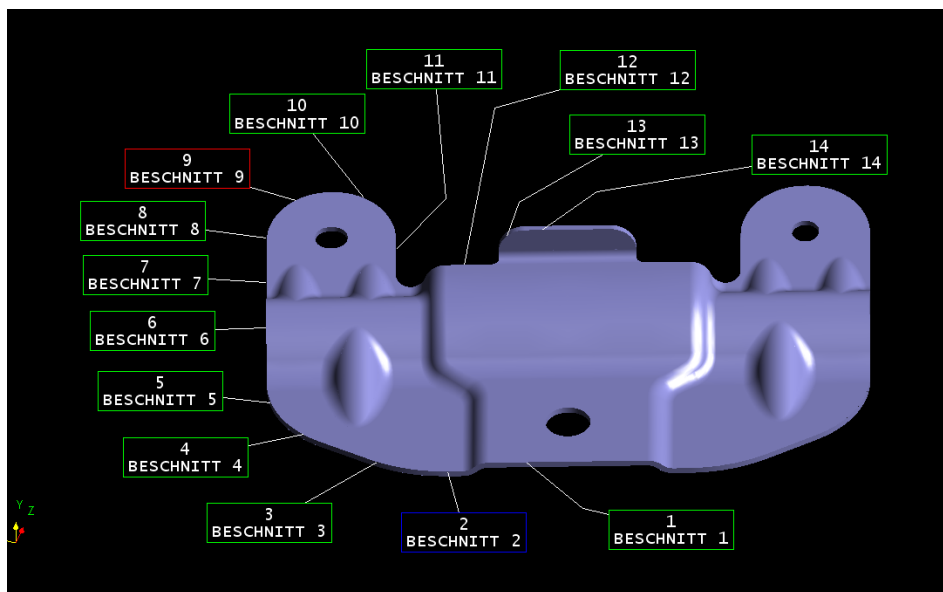
nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12
1	0,12	0,20	0,11	-0,15	-0,16	-0,25	-0,09	-0,11	-0,15	0,04	0,15	0,04
2	0,03	0,12	0,02	-0,23	-0,25	-0,36	-0,19	-0,21	-0,27	-0,12	0,05	-0,12
3	0,13	0,22	0,14	-0,13	-0,12	-0,20	-0,07	-0,08	-0,09	0,08	0,21	0,11
4	0,12	0,19	0,10	-0,16	-0,16	-0,26	-0,11	-0,13	-0,17	-0,03	0,14	0,03
5	0,11	0,19	0,10	-0,16	-0,16	-0,25	-0,10	-0,12	-0,16	0,01	0,14	0,01
6	0,08	0,17	0,06	-0,19	-0,20	-0,31	-0,14	-0,16	-0,23	-0,07	0,07	-0,07
7	0,13	0,21	0,10	-0,16	-0,17	-0,27	-0,10	-0,13	-0,18	-0,04	0,13	-0,04
8	0,09	0,17	0,09	-0,16	-0,17	-0,25	-0,10	-0,12	-0,15	0,02	0,15	0,04
9	0,07	0,16	0,07	-0,19	-0,20	-0,29	-0,12	-0,14	-0,20	-0,04	0,10	-0,03
10	0,06	0,14	0,05	-0,18	-0,20	-0,30	-0,12	-0,13	-0,20	-0,04	0,10	-0,04
11	0,02	0,11	0,01	-0,23	-0,25	-0,35	-0,16	-0,19	-0,27	-0,11	0,03	-0,12
12	0,08	0,16	0,07	-0,19	-0,20	-0,30	-0,14	-0,15	-0,20	-0,04	0,12	-0,04
13	0,10	0,18	0,08	-0,18	-0,18	-0,28	-0,12	-0,15	-0,20	-0,04	0,10	-0,03

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12
14	0,05	0,14	0,05	-0,20	-0,22	-0,32	-0,13	-0,16	-0,22	-0,06	0,08	-0,06
15	0,05	0,13	0,05	-0,22	-0,24	-0,35	-0,18	-0,20	-0,25	-0,11	0,06	-0,10
16	0,27	0,34	0,28	-0,03	-0,01	-0,05	0,03	0,02	0,04	0,24	0,34	0,30
17	0,27	0,33	0,26	-0,05	-0,03	-0,08	0,01	-0,01	-0,01	0,19	0,30	0,23
18	0,27	0,33	0,27	-0,04	-0,02	-0,07	0,01	-0,01	0,02	0,22	0,32	0,26
19	0,01	0,12	0,03	-0,20	-0,22	-0,29	-0,12	-0,15	-0,18	0,00	0,14	0,03
20	0,09	0,20	0,14	-0,11	-0,11	-0,16	-0,03	-0,03	-0,02	0,17	0,29	0,23
21	0,08	0,20	0,12	-0,12	-0,13	-0,18	-0,06	-0,06	-0,05	0,14	0,25	0,19
22	-0,05	0,08	-0,02	-0,23	-0,26	-0,33	-0,16	-0,17	-0,21	-0,04	0,10	-0,01
23	0,03	0,13	0,04	-0,20	-0,20	-0,28	-0,14	-0,15	-0,16	-0,02	0,15	0,05
24	0,04	0,14	0,06	-0,19	-0,20	-0,27	-0,12	-0,13	-0,15	0,03	0,16	0,05
25	0,14	0,23	0,16	-0,09	-0,10	-0,15	-0,03	-0,04	-0,04	0,16	0,28	0,20
26	0,06	0,17	0,09	-0,15	-0,15	-0,22	-0,08	-0,09	-0,10	0,08	0,21	0,13
27	0,10	0,20	0,13	-0,14	-0,14	-0,20	-0,07	-0,06	-0,08	0,12	0,25	0,17
28	0,12	0,22	0,14	-0,11	-0,12	-0,18	-0,05	-0,06	-0,07	0,12	0,25	0,16
29	-0,02	0,10	0,01	-0,21	-0,23	-0,30	-0,13	-0,15	-0,18	-0,02	0,13	0,03
30	0,07	0,19	0,12	-0,12	-0,13	-0,18	-0,04	-0,04	-0,05	0,13	0,27	0,19
31	0,08	0,20	0,11	-0,14	-0,15	-0,22	-0,08	-0,09	-0,09	0,10	0,23	0,14
32	0,08	0,20	0,14	-0,14	-0,18	-0,23	-0,06	-0,04	-0,09	0,18	0,30	0,24
33	-0,07	0,16	0,12	-0,15	-0,20	-0,24	-0,09	-0,05	-0,11	0,16	0,28	0,21
34	0,04	0,16	0,09	-0,13	-0,16	-0,20	-0,05	-0,04	-0,07	0,15	0,31	0,22
35	0,06	0,19	0,14	-0,13	-0,16	-0,21	-0,05	-0,04	-0,08	0,18	0,30	0,24
36	0,20	0,30	0,23	-0,06	-0,08	-0,11	0,03	-0,03	0,06	0,25	0,36	0,33
37	0,13	0,24	0,23	-0,12	-0,17	-0,22	-0,04	0,04	0,11	0,26	0,35	0,31
38	0,07	0,20	0,12	-0,10	-0,12	-0,16	-0,03	0,02	-0,03	0,18	0,33	0,25
39	-0,12	0,10	-0,15	-0,26	-0,31	-0,39	-0,20	-0,21	-0,27	-0,16	0,09	-0,13
40	-0,07	0,14	0,11	-0,19	-0,22	-0,28	-0,13	-0,09	-0,14	0,13	0,23	0,17
41	-0,04	0,15	0,06	-0,17	-0,20	-0,26	-0,09	-0,08	-0,13	0,08	0,21	0,13
42	-0,02	0,12	0,04	-0,18	-0,19	-0,24	-0,09	-0,09	-0,10	0,08	0,23	0,15
43	0,04	0,18	0,08	-0,14	-0,16	-0,22	-0,06	-0,06	-0,09	0,11	0,25	0,16
44	0,04	0,15	0,07	-0,16	-0,20	-0,27	-0,09	-0,10	-0,15	0,05	0,19	0,09
45	-0,08	0,08	-0,07	-0,24	-0,30	-0,38	-0,17	-0,19	-0,27	-0,10	0,07	-0,08
46	0,01	0,13	0,04	-0,18	-0,20	-0,26	-0,11	-0,12	-0,13	0,05	0,19	0,10
47	0,06	0,18	0,08	-0,16	-0,18	-0,25	-0,07	-0,10	-0,13	0,05	0,19	0,09
48	-0,07	0,10	0,02	-0,21	-0,24	-0,29	-0,12	-0,13	-0,15	0,03	0,17	0,10

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12
49	0,15	0,19	0,17	-0,14	-0,20	-0,26	-0,06	-0,08	-0,16	0,18	0,23	0,20
50	0,11	0,21	0,15	-0,12	-0,14	-0,19	-0,03	-0,06	-0,08	0,17	0,27	0,20
min	-0,12	0,08	-0,15	-0,26	-0,31	-0,39	-0,20	-0,21	-0,27	-0,16	0,03	-0,13
max	0,27	0,34	0,28	-0,03	-0,01	-0,05	0,03	0,04	0,11	0,26	0,36	0,33
całkowite odchylenie	0,39	0,42	0,43	0,29	0,32	0,44	0,23	0,25	0,38	0,42	0,39	0,46

Interpretując wyniki z tabeli 1 zauważono, że odchyłki punktów powierzchniowych są zarówno dodatnie, jak i ujemne. Tylko trzy punkty: punkt 1, punkt 2 i punkt 11 przyjmują wartości odchyłek dodatnie, reszta punktów ma wartości odchyłek ujemne. Wynik ten, świadczy o tym, iż powierzchnie badanej wytłoczki w tych trzech punktach zostały wykonane w tolerancji dodatniej, czyli wytłoczka została przetłoczona, natomiast pozostałe punkty w tolerancji ujemnej, czyli wytłoczka została niedotłoczona.

Wśród przebadanych 50 próbek w punktach powierzchniowych największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła $-0,39$ mm, a z wartością dodatnią $0,36$ mm. Natomiast największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło $0,46$ mm, czyli wynik mieści się w granicach przyjętej normy.



Rys. 5. Punkty krawędziowe badanej wytłoczki (opracowanie własne).

Rys. 5 przedstawia 14 punktów na krawędzi, w których dokonano pomiaru na maszynie kolumnowej CARMET, a wyniki zamieszczono w tabeli 2.

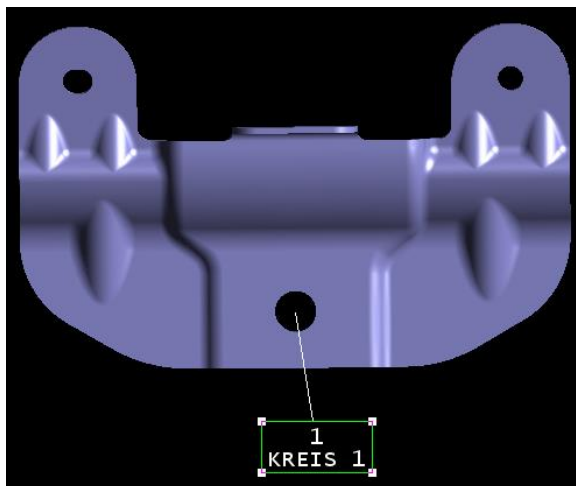
Tabela 2. Wyniki pomiaru punktów na krawędzi przy użyciu maszyny kolumnowej (opracowanie własne).

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12	pkt 13	pkt 14
1	-0,29	-0,25	-0,13	-0,12	0,18	0,26	0,21	0,45	0,46	0,03	-0,34	-0,35	0,28	0,41
2	-0,54	-0,39	-0,34	-0,13	-0,04	0,27	0,17	0,43	0,43	0,04	-0,31	-0,35	0,21	0,33
3	-0,21	-0,26	-0,08	-0,15	0,21	0,25	0,21	0,45	0,46	0,03	-0,35	-0,36	0,3	0,42
4	-0,33	-0,24	-0,13	-0,12	0,17	0,25	0,2	0,45	0,44	-0,03	-0,33	-0,35	0,26	0,38
5	-0,36	-0,31	-0,15	-0,08	0,16	0,27	0,22	0,45	0,44	-0,06	-0,35	-0,4	0,27	0,39
6	-0,45	-0,28	-0,21	-0,08	0,13	0,26	0,19	0,43	0,45	0,03	-0,33	-0,35	0,23	0,36
7	-0,37	-0,24	-0,17	-0,1	0,17	0,26	0,22	0,45	0,45	-0,04	-0,35	-0,38	0,27	0,39
8	-0,36	-0,26	-0,18	-0,08	0,12	0,26	0,21	0,44	0,45	-0,02	-0,34	-0,36	0,26	0,38
9	-0,43	-0,29	-0,24	-0,09	0,1	0,25	0,18	0,43	0,45	0,04	-0,33	-0,35	0,25	0,37
10	-0,47	-0,38	-0,25	-0,07	0,09	0,29	0,21	0,49	0,45	-0,04	-0,35	-0,38	0,26	0,37
11	-0,56	-0,37	-0,35	-0,14	0,02	0,28	0,17	0,43	0,44	0,04	-0,32	-0,33	0,22	0,33
12	-0,44	-0,23	-0,2	0,03	0,15	0,33	0,28	0,56	0,45	-0,13	-0,46	-0,36	0,29	0,35
13	-0,37	-0,26	-0,18	-0,08	0,14	0,3	0,2	0,45	0,45	-0,03	-0,35	-0,35	0,27	0,38
14	-0,49	-0,34	-0,28	-0,08	0,08	0,27	0,19	0,45	0,45	-0,03	-0,35	-0,38	0,24	0,36
15	-0,52	-0,35	-0,34	-0,13	-0,03	0,26	0,15	0,41	0,43	0,05	-0,31	-0,33	0,21	0,33
16	0,27	-0,56	-0,36	-0,48	0,46	0,22	0,22	0,48	0,41	-0,05	-0,36	-0,46	0,41	0,52
17	0,2	-0,52	-0,33	-0,45	0,43	0,21	0,2	0,46	0,4	-0,04	-0,33	-0,44	0,39	0,5
18	0,22	-0,53	-0,28	-0,41	0,41	0,23	0,23	0,48	0,42	-0,06	-0,36	-0,47	0,41	0,5
19	-0,44	-0,36	-0,35	-0,15	0,01	0,29	0,15	0,42	0,44	0,04	-0,32	-0,33	0,25	0,36
20	-0,17	-0,26	-0,15	-0,09	0,13	0,26	0,19	0,43	0,46	0,05	-0,34	-0,38	0,32	0,43
21	-0,2	-0,25	-0,19	-0,11	-0,11	0,24	0,16	0,42	0,45	0,04	-0,3	-0,37	0,28	0,43
22	-0,52	-0,42	-0,45	-0,23	-0,09	0,31	0,15	0,42	0,44	0,05	-0,32	-0,32	0,22	0,34
23	-0,39	-0,31	-0,32	-0,14	-0,01	0,26	0,16	0,42	0,42	0,04	-0,32	-0,34	0,23	0,34
24	-0,37	-0,3	-0,27	-0,12	-0,04	0,27	0,16	0,42	0,43	0,04	-0,32	-0,34	0,26	0,38
25	-0,12	-0,26	-0,06	-0,16	0,21	0,27	0,22	0,46	0,44	-0,05	-0,35	-0,4	0,31	0,43
26	-0,26	-0,24	-0,17	-0,09	0,12	0,27	0,17	0,42	0,43	0,05	-0,32	-0,37	0,27	0,39
27	-0,2	-0,24	-0,14	-0,1	0,13	0,25	0,19	0,43	0,44	0,05	-0,32	-0,4	0,29	0,41
28	0,18	-0,25	-0,13	-0,13	-0,16	0,24	0,18	0,41	0,44	0,05	-0,3	-0,38	0,29	0,43
29	-0,49	-0,39	-0,41	-0,19	-0,05	0,29	0,15	0,42	0,42	0,04	-0,33	-0,33	0,24	0,36
30	-0,22	-0,24	-0,19	-0,07	0,1	0,28	0,2	0,46	0,45	-0,06	-0,36	-0,4	0,3	0,41
31	-0,24	-0,27	-0,24	-0,11	-0,09	0,24	0,16	0,43	0,43	0,03	-0,32	-0,35	0,27	0,4
32	-0,28	-0,3	-0,25	-0,12	-0,05	0,26	0,15	0,43	0,44	0,03	-0,32	-0,42	0,28	0,41
33	-0,36	-0,33	-0,33	-0,16	-0,03	0,27	0,13	0,41	0,43	0,05	-0,3	-0,41	0,26	0,41
34	-0,31	-0,29	-0,3	-0,13	-0,02	0,28	0,16	0,43	0,44	0,03	-0,33	-0,39	0,3	0,44

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12	pkt 13	pkt 14
35	-0,32	-0,27	-0,25	-0,09	0,06	0,26	0,16	0,44	0,43	-0,07	-0,35	-0,44	0,29	0,43
36	0,17	-0,4	-0,14	-0,3	0,3	0,2	0,19	0,47	0,4	-0,04	-0,35	-0,48	0,39	0,49
37	-0,22	-0,32	-0,14	-0,12	-0,12	0,24	0,16	0,42	0,44	0,05	-0,31	-0,41	0,31	0,45
38	-0,24	-0,26	-0,24	-0,11	-0,08	0,26	0,18	0,43	0,44	0,03	-0,32	-0,4	0,3	0,44
39	-0,71	-0,58	-0,6	-0,35	-0,16	0,31	0,13	0,41	0,44	0,05	-0,32	-0,35	0,21	0,31
40	-0,42	-0,36	-0,38	-0,19	-0,05	0,28	0,14	0,41	0,43	0,05	-0,31	-0,4	0,25	0,38
41	-0,42	-0,34	-0,37	-0,17	-0,03	0,27	0,14	0,41	0,43	0,05	-0,31	-0,37	0,26	0,41
42	-0,36	-0,33	-0,35	-0,17	-0,03	0,28	0,15	0,42	0,44	0,02	-0,31	-0,37	0,26	0,37
43	-0,36	-0,3	-0,32	-0,12	0,04	0,28	0,18	0,46	0,44	-0,03	-0,35	-0,4	0,3	0,42
44	-0,45	-0,35	-0,38	-0,15	0,03	0,3	0,19	0,45	0,44	-0,09	-0,36	-0,41	0,27	0,39
45	-0,73	-0,58	-0,62	-0,33	0,14	0,31	0,16	0,43	0,45	0,05	-0,35	-0,35	0,24	0,34
46	-0,38	-0,34	-0,34	-0,16	-0,02	0,27	0,16	0,42	0,44	0,03	-0,32	-0,34	0,26	0,37
47	-0,39	-0,29	-0,3	-0,12	-0,06	0,26	0,17	0,43	0,45	0,04	-0,3	-0,38	0,25	0,4
48	-0,54	-0,46	-0,51	-0,27	0,1	0,33	0,18	0,47	0,46	-0,03	-0,36	-0,35	0,28	0,4
49	-0,33	-0,31	-0,3	-0,11	0,05	0,25	0,16	0,43	0,45	0,05	-0,35	-0,38	0,3	0,42
50	-0,24	-0,28	-0,17	-0,11	-0,12	0,25	0,18	0,43	0,45	0,05	-0,27	-0,39	0,29	0,43
min	-0,73	-0,58	-0,62	-0,48	-0,16	0,2	0,13	0,41	0,4	-0,13	-0,46	-0,48	0,21	0,31
max	0,27	-0,23	-0,06	0,03	0,46	0,33	0,28	0,56	0,46	0,05	-0,27	-0,32	0,41	0,52
Całkowite odchylenie	1	0,81	0,68	0,51	0,62	0,53	0,41	0,97	0,86	0,18	0,73	0,8	0,62	0,83

Analizując wyniki przeprowadzonych badań zamieszczone w tabeli 2 zauważono, iż wartości odchyłek w punktach krawędziowych 6, 7, 8, 9, 13 i 14 są dodatnie, a w pozostałych punktach występują wartości zarówno dodatnie, jak i ujemne. Interpretując uzyskane wartości w punktach z odchyłką dodatnią stwierdzono, że krawędź wytłoczki w tych miejscach jest większa od założonej w dokumentacji technicznej. Natomiast wartości z odchyłką ujemną świadczą o tym, iż krawędź wytłoczki w tych punktach została okrojona.

Wśród przebadanych 50 próbek w punktach krawędziowych największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła -0,73 mm, a z wartością dodatnią 0,52 mm. Natomiast największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło 0,86 mm. Uzyskane wyniki przekraczają dopuszczalną wartość tolerancji $\pm 0,5$ mm. Z pomiarów powyższych wynika, że wytłoczka powinna zostać skorygowana do wartości nominalnych.



Rys. 6. Pozycja otworu (opracowanie własne).

Rys. 6 przedstawia środek mierzonego otworu zmierzonego na maszynie kolumnowej, dane prezentuje tabela 3.

Tabela 3 Wyniki pomiaru położenia otworu przy użyciu maszyny kolumnowej (opracowanie własne).

nr próbki	otwór oś X	otwór oś Y	otwór oś Z	średnica otworu
1	3265,18	-573,72	778,77	8,31
2	3265,16	-573,93	778,81	8,31
3	3265,17	-573,64	778,77	8,31
4	3265,16	-573,75	778,78	8,31
5	3265,16	-573,75	778,78	8,31
6	3265,16	-573,85	778,8	8,3
7	3265,16	-573,78	778,79	8,31
8	3265,16	-573,73	778,78	8,31
9	3265,16	-573,83	778,79	8,31
10	3265,17	-573,83	778,79	8,3
11	3265,16	-573,94	778,81	8,31
12	3265,15	-573,83	778,8	8,31
13	3265,16	-573,8	778,79	8,31
14	3265,16	-573,87	778,8	8,3
15	3265,16	-573,92	778,8	8,3
16	3265,18	-573,22	778,68	8,3
17	3265,16	-573,28	778,69	8,31
18	3265,16	-573,3	778,68	8,3
19	3265,16	-573,81	778,79	8,31
20	3265,16	-573,54	778,75	8,31
21	3265,16	-573,6	778,76	8,3
22	3265,16	-573,88	778,8	8,31
23	3265,16	-573,77	778,78	8,3
24	3265,16	-573,76	778,78	8,31
25	3265,17	-573,53	778,75	8,31
26	3265,16	-573,66	778,76	8,31
27	3265,17	-573,61	778,76	8,31
28	3265,16	-573,59	778,76	8,31
29	3265,15	-573,84	778,79	8,31

nr próbki	otwór oś X	otwór oś Y	otwór oś Z	średnica otworu
30	3265,16	-573,62	778,76	8,31
31	3265,16	-573,65	778,77	8,31
32	3265,17	-573,62	778,77	8,31
33	3265,16	-573,69	778,77	8,31
34	3265,16	-573,67	778,77	8,3
35	3265,16	-573,63	778,75	8,3
36	3265,17	-573,33	778,69	8,3
37	3265,17	-573,53	778,75	8,31
38	3265,16	-573,61	778,76	8,3
39	3265,17	-574,01	778,81	8,31
40	3265,15	-573,76	778,78	8,31
41	3265,16	-573,77	778,78	8,3
42	3265,16	-573,72	778,77	8,3
43	3265,17	-573,71	778,77	8,3
44	3265,16	-573,8	778,77	8,3
45	3265,17	-574,03	778,82	8,31
46	3265,16	-573,74	778,77	8,3
47	3265,18	-573,75	778,78	8,29
48	3265,17	-573,85	778,79	8,31
49	3265,17	-573,67	778,77	8,31
50	3265,16	-573,57	778,76	8,31
min	3265,15	-574,03	778,68	8,29
max	3265,18	-573,22	778,82	8,31
całkowite odchylenie	-0,03	-0,81	-0,14	-0,02

Analizując dane zawarte w tabeli 3 stwierdzono, że środek otworu wytłoczki w płaszczyźnie X i Z przyjmuje wartości odchyłek w granicach tolerancji, a w płaszczyźnie Y wartość tolerancji została przekroczona, co może mieć negatywny wpływ podczas montażu badanej wytłoczki.

Rozpatrując wartości odchyłek, zauważono że odchylenie całkowite środka otworu wynosi odpowiednio dla: osi X -0,03mm, osi Y -0,81mm, osi Z -0,14mm, a dla średnicy otworu -0,02mm. Wynik osi Y nie mieści się w tolerancji rysunkowej.

5.5. Analiza wyników pomiarów maszyny portalowej

Badanie zostało przeprowadzone analogicznie jak przy użyciu maszyny kolumnowej. Pomiaru dokonano w tych samych punktach pomiarowych, jak na rysunkach nr 4,5,6.

Tabela 4 przedstawia wyniki pomiaru powierzchni przy użyciu maszyny portalowej.

Tabela 4. Wyniki pomiaru punktów na powierzchni przy użyciu maszyny portalowej (opracowanie własne).

nr próbki	pkt1	pkt 2	pkt3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12
1	0,15	0,24	0,17	-0,11	-0,09	-0,16	-0,05	-0,07	-0,06	0,12	0,23	0,15
2	0,08	0,18	0,09	-0,17	-0,16	-0,24	-0,11	-0,12	-0,13	0,04	0,17	0,07
3	0,21	0,24	0,2	-0,11	0,01	-0,09	-0,04	-0,05	0,03	0,14	0,26	0,21

nr próbki	pkt1	pkt 2	pkt3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12
4	0,22	0,25	0,19	-0,1	-0,04	-0,13	-0,03	-0,04	-0,02	0,16	0,27	0,2
5	0,15	0,23	0,17	-0,11	-0,09	-0,16	-0,04	-0,06	-0,05	0,13	0,24	0,16
6	0,15	0,24	0,16	-0,11	-0,08	-0,16	-0,05	-0,07	-0,05	0,13	0,23	0,16
7	0,12	0,22	0,14	-0,12	-0,12	-0,19	-0,06	-0,06	-0,08	0,11	0,22	0,14
8	0,14	0,24	0,18	-0,09	-0,07	-0,12	-0,01	-0,03	0,01	0,2	0,3	0,25
9	0,14	0,23	0,16	-0,11	-0,09	-0,16	-0,04	-0,05	-0,04	0,14	0,25	0,18
10	0,14	0,22	0,16	-0,12	-0,1	-0,18	-0,04	-0,05	-0,07	0,1	0,22	0,13
11	0,06	0,15	0,07	-0,19	-0,18	-0,27	-0,12	-0,15	-0,17	-0,01	0,12	0,01
12	0,17	0,25	0,19	-0,09	-0,07	-0,13	-0,02	-0,03	-0,01	0,18	0,3	0,23
13	0,15	0,24	0,17	-0,11	-0,09	-0,16	-0,04	-0,06	-0,05	0,12	0,24	0,16
14	0,14	0,24	0,15	-0,13	-0,12	-0,2	-0,06	-0,09	-0,1	0,07	0,18	0,08
15	0,05	0,15	0,07	-0,18	-0,18	-0,25	-0,11	-0,13	-0,14	0,03	0,16	0,06
16	0,31	0,36	0,31	-0,02	0,04	-0,01	0,03	0,01	0,07	0,27	0,36	0,33
17	0,31	0,37	0,32	-0,01	0,05	0,01	0,05	0,03	0,1	0,3	0,38	0,36
18	0,28	0,33	0,28	-0,05	0,00	-0,05	0,01	-0,01	0,04	0,25	0,33	0,3
19	0,05	0,17	0,09	-0,16	-0,15	-0,21	-0,08	-0,1	-0,08	0,09	0,21	0,15
20	0,14	0,24	0,18	-0,09	-0,07	-0,12	-0,01	-0,02	0,01	0,2	0,31	0,25
21	0,14	0,23	0,17	-0,1	-0,09	-0,14	-0,03	-0,05	-0,03	0,16	0,27	0,21
22	0,05	0,15	0,07	-0,19	-0,18	-0,26	-0,12	-0,14	-0,15	0,02	0,15	0,06
23	0,07	0,18	0,1	-0,15	-0,13	-0,2	-0,08	-0,1	-0,07	0,1	0,22	0,16
24	0,09	0,19	0,11	-0,15	-0,13	-0,19	-0,07	-0,09	-0,07	0,1	0,22	0,15
25	0,14	0,25	0,19	-0,09	-0,06	-0,11	-0,01	-0,02	0,02	0,21	0,31	0,27
26	0,06	0,18	0,12	-0,14	-0,13	-0,18	-0,06	-0,07	-0,05	0,14	0,25	0,2
27	0,15	0,24	0,18	-0,09	-0,07	-0,12	-0,02	-0,02	0,01	0,2	0,32	0,27
28	0,13	0,23	0,17	-0,1	-0,08	-0,14	-0,03	-0,04	-0,02	0,16	0,28	0,22
29	0,05	0,17	0,09	-0,16	-0,16	-0,22	-0,09	-0,10	-0,10	0,07	0,20	0,12
30	0,11	0,22	0,16	-0,09	-0,08	-0,13	0,00	-0,01	0,01	0,20	0,32	0,27
31	0,15	0,24	0,16	-0,11	-0,09	-0,16	-0,06	-0,08	-0,05	0,12	0,23	0,16
32	0,12	0,17	0,08	-0,19	-0,18	-0,29	-0,15	-0,19	-0,21	-0,08	0,06	-0,07
33	0,11	0,17	0,08	-0,18	-0,17	-0,28	-0,13	-0,16	-0,19	-0,04	0,09	-0,04
34	0,10	0,17	0,08	-0,19	-0,18	-0,29	-0,13	-0,16	-0,21	-0,06	0,08	-0,06
35	0,16	0,23	0,16	-0,12	-0,11	-0,19	-0,06	-0,08	-0,08	0,08	0,20	0,09
36	0,30	0,32	0,26	-0,08	-0,03	-0,12	-0,04	-0,06	-0,07	0,12	0,21	0,14
37	0,18	0,24	0,17	-0,13	-0,11	-0,20	-0,08	-0,11	-0,11	0,04	0,16	0,05
38	0,16	0,2	0,13	-0,16	-0,15	-0,26	-0,11	-0,14	-0,18	-0,03	0,10	-0,04

nr próbki	pkt1	pkt 2	pkt3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12
39	0,07	0,17	0,08	-0,17	-0,17	-0,24	-0,11	-0,12	-0,14	0,03	0,16	0,06
40	0,08	0,16	0,07	-0,2	-0,19	-0,29	-0,15	-0,18	-0,21	-0,06	0,08	-0,06
41	0,08	0,17	0,08	-0,17	-0,17	-0,26	-0,1	-0,12	-0,16	0,00	0,14	0,01
42	0,08	0,16	0,06	-0,21	-0,20	-0,3	-0,15	-0,18	-0,21	-0,06	0,07	-0,05
43	0,14	0,21	0,14	-0,14	-0,13	-0,22	-0,08	-0,09	-0,12	0,05	0,18	0,06
44	0,13	0,20	0,13	-0,15	-0,14	-0,24	-0,08	-0,11	-0,15	0,02	0,15	0,03
45	0,13	0,21	0,12	-0,15	-0,15	-0,24	-0,08	-0,11	-0,14	0,03	0,15	0,04
46	0,16	0,23	0,15	-0,13	-0,12	-0,21	-0,07	-0,11	-0,13	0,04	0,15	0,04
47	0,18	0,25	0,18	-0,11	-0,09	-0,18	-0,05	-0,08	-0,08	0,09	0,20	0,10
48	0,15	0,22	0,14	-0,14	-0,14	-0,24	-0,09	-0,13	-0,15	0,00	0,12	0,01
49	0,14	0,21	0,12	-0,14	-0,15	-0,25	-0,08	-0,12	-0,16	0,00	0,12	-0,01
50	0,08	0,16	0,06	-0,19	-0,2	-0,3	-0,14	-0,18	-0,21	-0,06	0,07	-0,05
min	0,05	0,15	0,06	-0,21	-0,20	-0,30	-0,15	-0,19	-0,21	-0,08	0,06	-0,07
max	0,31	0,37	0,32	-0,01	0,05	0,01	0,05	0,03	0,10	0,30	0,38	0,36
całkowite odchylenie	0,36	0,52	0,38	0,22	0,25	0,31	0,20	0,22	0,31	0,38	0,44	0,43

Interpretując dane zawarte w tabeli 4 zauważono, że odchyłki punktów powierzchniowych są zarówno dodatnie, jak i ujemne. Z pomiarów dwunastu punktów powierzchniowych zmierzonych przy użyciu maszyny portalowej uzyskano następujące rezultaty: wartości odchyłek w punktach 1, 2 i 3 zawierają się w zakresie wartości dodatnich, natomiast punkty od 4 do 12 występują wartości ujemne i dodatnie. Wartości dodatnie odchyłek świadczą o tym, iż wytłoczka została przetłoczona w poszczególnych punktach na powierzchni, natomiast w tolerancji ujemnej, wskazuje fakt, że wytłoczka została niedotłoczona.

Wśród przebadanych 50 próbek w punktach powierzchniowych największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła -0,30 mm, a z wartością dodatnią 0,38 mm. Natomiast największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło 0,52 mm, czyli wynik nie mieści się w granicach przyjętej normy.

Tabela 5. Wyniki pomiaru punktów na krawędzi przy użyciu maszyny portalowej (opracowanie własne).

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12	pkt 13	pkt 14
1	0,11	-0,28	-0,06	-0,19	0,23	0,25	0,22	0,44	0,45	0,03	-0,36	-0,37	0,3	0,44
2	-0,26	-0,25	-0,18	-0,09	-0,11	0,26	0,19	0,43	0,43	0,03	-0,33	-0,34	0,25	0,37
3	-0,07	-0,31	-0,06	-0,2	0,25	0,24	0,22	0,44	0,46	0,03	-0,35	-0,36	0,31	0,45
4	-0,06	-0,3	-0,05	-0,22	0,25	0,25	0,22	0,47	0,45	-0,03	-0,34	-0,38	0,3	0,43
5	-0,13	-0,26	-0,03	-0,17	0,22	0,26	0,23	0,46	0,45	-0,04	-0,38	-0,39	0,3	0,42

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12	pkt 13	pkt 14
6	-0,14	-0,25	-0,05	-0,17	0,23	0,25	0,21	0,43	0,45	0,03	-0,35	-0,38	0,28	0,41
7	-0,21	-0,24	-0,12	-0,11	0,18	0,26	0,21	0,43	0,45	-0,03	-0,36	-0,4	0,29	0,42
8	-0,12	-0,28	-0,03	-0,16	0,21	0,26	0,2	0,42	0,45	-0,03	-0,35	-0,39	0,3	0,43
9	-0,12	-0,26	-0,06	-0,16	0,2	0,21	0,2	0,4	0,44	0,03	-0,33	-0,38	0,29	0,42
10	-0,16	-0,25	-0,05	-0,15	0,21	0,27	0,24	0,48	0,45	-0,03	-0,36	-0,38	0,29	0,43
11	-0,35	-0,26	-0,22	-0,09	0,09	0,25	0,17	0,4	0,44	0,03	-0,32	-0,33	0,24	0,36
12	-0,07	-0,28	0,06	0,22	0,28	0,32	0,3	0,57	0,45	-0,15	-0,48	-0,4	0,35	0,42
13	-0,09	-0,28	-0,04	-0,19	0,23	0,25	0,21	0,45	0,46	-0,03	-0,35	-0,37	0,31	0,43
14	-0,18	-0,25	-0,06	-0,16	0,22	0,23	0,22	0,45	0,46	-0,03	-0,36	-0,38	0,29	0,4
15	-0,3	-0,27	-0,22	-0,1	-0,09	0,25	0,17	0,41	0,44	0,05	-0,33	-0,32	0,24	0,37
16	0,37	-0,64	-0,43	-0,54	0,5	0,23	0,24	0,48	0,41	-0,05	-0,38	-0,44	0,41	0,51
17	0,38	-0,63	-0,42	-0,52	0,48	0,23	0,22	0,46	0,39	-0,03	-0,36	-0,45	0,4	0,51
18	0,25	-0,55	-0,32	-0,44	0,43	0,22	0,23	0,48	0,41	-0,05	-0,38	-0,44	0,4	0,5
19	-0,25	-0,26	-0,21	-0,09	0,08	0,25	0,17	0,42	0,45	0,03	-0,33	-0,34	0,28	0,39
20	-0,09	-0,29	-0,05	-0,18	0,22	0,25	0,21	0,43	0,47	0,03	-0,36	-0,38	0,33	0,44
21	-0,09	-0,28	-0,06	-0,18	-0,21	0,24	0,2	0,42	0,45	0,04	-0,32	-0,37	0,29	0,43
22	-0,33	-0,27	-0,25	-0,1	-0,06	0,26	0,17	0,4	0,44	0,04	-0,32	-0,33	0,24	0,36
23	-0,2	-0,24	-0,16	-0,09	-0,1	0,24	0,17	0,42	0,43	0,03	-0,31	-0,35	0,25	0,38
24	-0,19	-0,26	-0,15	-0,12	-0,13	0,24	0,18	0,42	0,43	0,04	-0,32	-0,34	0,28	0,4
25	-0,04	-0,28	-0,04	-0,18	0,22	0,26	0,22	0,46	0,44	-0,03	-0,36	-0,39	0,32	0,44
26	-0,17	-0,23	-0,15	-0,09	-0,11	0,26	0,17	0,42	0,43	0,03	-0,33	-0,36	0,27	0,39
27	-0,03	-0,3	-0,05	-0,18	0,21	0,24	0,21	0,43	0,45	0,03	-0,32	-0,37	0,31	0,43
28	0,07	-0,27	-0,07	-0,16	0,2	0,23	0,19	0,41	0,44	0,03	-0,33	-0,38	0,28	0,44
29	-0,27	-0,26	-0,22	-0,09	0,09	0,26	0,18	0,43	0,43	0,03	-0,35	-0,35	0,27	0,39
30	-0,07	-0,28	-0,06	-0,14	0,19	0,26	0,23	0,47	0,48	-0,03	-0,38	-0,39	0,33	0,45
31	-0,07	-0,27	-0,07	-0,18	0,22	0,24	0,21	0,44	0,44	0,04	-0,33	-0,35	0,28	0,41
32	-0,36	-0,26	-0,15	-0,11	0,17	0,24	0,19	0,46	0,44	0,03	-0,34	-0,32	0,23	0,34
33	-0,37	-0,26	-0,17	-0,09	0,14	0,24	0,18	0,41	0,43	0,04	-0,31	-0,34	0,23	0,35
34	-0,4	-0,27	-0,17	-0,09	0,14	0,26	0,2	0,44	0,44	0,02	-0,34	-0,34	0,24	0,37
35	-0,19	-0,24	-0,03	-0,19	0,25	0,25	0,22	0,46	0,44	-0,04	-0,36	-0,4	0,29	0,41
36	0,12	-0,48	-0,31	-0,47	0,46	0,23	0,24	0,48	0,42	-0,05	-0,36	-0,41	0,37	0,45
37	-0,17	-0,26	-0,05	-0,22	0,26	0,23	0,21	0,43	0,44	0,04	-0,32	-0,35	0,26	0,4
38	-0,36	-0,26	-0,12	-0,14	0,2	0,24	0,21	0,43	0,45	0,04	-0,32	-0,35	0,23	0,37
39	-0,3	-0,27	-0,21	-0,09	-0,1	0,25	0,17	0,41	0,43	0,04	-0,33	-0,34	0,25	0,38
40	-0,39	-0,27	-0,19	-0,09	0,13	0,25	0,2	0,42	0,43	0,04	-0,33	-0,32	0,23	0,35

nr próbki	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4	pkt 5	pkt 6	pkt 7	pkt 8	pkt 9	pkt 10	pkt 11	pkt 12	pkt 13	pkt 14
41	-0,38	-0,27	-0,21	-0,09	0,11	0,26	0,18	0,42	0,43	0,03	-0,32	-0,34	0,24	0,39
42	-0,4	-0,27	-0,22	-0,08	0,11	0,25	0,18	0,43	0,44	0,03	-0,32	-0,33	0,22	0,33
43	-0,25	-0,24	-0,06	-0,16	0,22	0,26	0,22	0,46	0,44	-0,04	-0,37	-0,37	0,28	0,39
44	-0,32	-0,21	-0,13	-0,09	0,17	0,27	0,23	0,46	0,44	-0,05	-0,36	-0,4	0,26	0,38
45	-0,3	-0,23	-0,15	-0,11	0,18	0,24	0,22	0,44	0,45	-0,03	-0,35	-0,37	0,27	0,4
46	-0,21	-0,25	-0,06	-0,18	0,23	0,24	0,21	0,43	0,44	0,04	-0,32	-0,36	0,26	0,39
47	-0,13	-0,28	-0,06	-0,23	0,28	0,23	0,21	0,42	0,44	-0,03	-0,38	-0,37	0,3	0,42
48	-0,32	-0,26	-0,08	-0,16	0,23	0,28	0,24	0,47	0,46	-0,04	-0,37	-0,36	0,28	0,4
49	-0,35	-0,24	-0,12	-0,15	-0,2	0,23	0,21	0,4	0,44	0,04	-0,3	-0,38	0,24	0,39
50	-0,41	-0,29	-0,22	-0,09	0,11	0,25	0,18	0,43	0,43	0,04	-0,33	-0,33	0,23	0,34
min	-0,41	-0,64	-0,43	-0,54	-0,21	0,21	0,17	0,4	0,39	-0,15	-0,48	-0,45	0,22	0,33
max	0,38	-0,21	0,06	0,22	0,50	0,32	0,3	0,57	0,48	0,05	-0,3	-0,32	0,41	0,51
całkowite odchylenie	0,79	0,85	0,49	0,76	0,71	0,53	0,47	0,97	0,87	0,2	0,78	0,77	0,63	0,84

Analizując wyniki przeprowadzonych badań zamieszczone w tabeli 5 zauważono, iż wartości odchyłek w punktach krawędziowych o numerach 6, 7, 8, 9, 13 i 14 występują tylko jako wartości dodatnie natomiast w pozostałych punktach (1, 2, 3, 4, 5, 10, 11 i 12) uzyskano wartości zarówno dodatnie jak i ujemne.

Interpretując uzyskane wartości w punktach z odchyłką dodatnią stwierdzono, że krawędź wytłoczki w tych miejscach jest większa od założonej w dokumentacji technicznej. Natomiast wartości z odchyłką ujemną świadczą o tym, iż krawędź wytłoczki w tych punktach została okrojona.

Wśród przebadanych 50 próbek w punktach krawędziowych największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła -0,64 mm, a z wartością dodatnią 0,57 mm. Natomiast największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło 0,97 mm. Uzyskane wyniki przekraczają dopuszczalną wartość tolerancji $\pm 0,5$ mm. Z pomiarów powyższych wynika, że wytłoczka powinna zostać skorygowana do wartości nominalnych.

Tabela 6. Wyniki pomiaru położenia otworu przy użyciu maszyny portalowej (opracowanie własne).

nr próbki	otwór oś X	otwór oś Y	otwór oś Z	średnica otworu
1	3265,16	-573,56	778,74	8,29
2	3265,16	-573,69	778,77	8,3
3	3265,15	-573,52	778,75	8,3

nr próbki	otwór oś X	otwór oś Y	otwór oś Z	średnica otworu
4	3265,17	-573,49	778,74	8,3
5	3265,16	-573,56	778,75	8,3
6	3265,17	-573,57	778,75	8,3
7	3265,17	-573,62	778,76	8,3
8	3265,17	-573,46	778,73	8,3
9	3265,16	-573,55	778,74	8,3
10	3265,16	-573,6	778,75	8,3
11	3265,16	-573,76	778,78	8,3
12	3265,16	-573,5	778,74	8,3
13	3265,17	-573,55	778,75	8,29
14	3265,17	-573,63	778,76	8,3
15	3265,16	-573,72	778,77	8,31
16	3265,17	-573,15	778,67	8,3
17	3265,16	-573,13	778,66	8,31
18	3265,16	-573,24	778,67	8,3
19	3265,17	-573,64	778,76	8,31
20	3265,17	-573,46	778,74	8,31
21	3265,17	-573,51	778,74	8,31
22	3265,16	-573,73	778,77	8,31
23	3265,16	-573,6	778,75	8,31
24	3265,16	-573,6	778,75	8,31
25	3265,16	-573,45	778,73	8,31
26	3265,15	-573,58	778,75	8,31
27	3265,17	-573,46	778,74	8,31
28	3265,16	-573,51	778,74	8,31
29	3265,16	-573,67	778,76	8,3
30	3265,18	-573,49	778,75	8,29
31	3265,17	-573,53	778,75	8,31
32	3265,16	-573,79	778,79	8,31
33	3265,15	-573,79	778,78	8,31
34	3265,16	-573,83	778,79	8,31
35	3265,16	-573,64	778,76	8,31
36	3265,15	-573,39	778,69	8,29
37	3265,16	-573,63	778,76	8,31
38	3265,16	-573,78	778,78	8,31
39	3265,16	-573,71	778,77	8,31

nr próbki	otwór oś X	otwór oś Y	otwór oś Z	średnica otworu
40	3265,16	-573,81	778,79	8,31
41	3265,16	-573,79	778,78	8,31
42	3265,16	-573,82	778,78	8,3
43	3265,16	-573,68	778,76	8,3
44	3265,15	-573,74	778,76	8,3
45	3265,15	-573,72	778,77	8,3
46	3265,16	-573,66	778,76	8,31
47	3265,16	-573,59	778,75	8,31
48	3265,17	-573,75	778,76	8,31
49	3265,15	-573,76	778,78	8,31
50	3265,16	-573,82	778,79	8,31
min	3265,15	-573,83	778,66	8,29
max	3265,18	-573,13	778,79	8,31
całkowite odchylenie	-0,03	-0,7	-0,13	-0,02

Analizując dane zawarte w tabeli 6 stwierdzono że środek otworu wytłoczki w płaszczyźnie X i Z przyjmuje wartości odchyłek w granicach tolerancji, a w płaszczyźnie Y wartość tolerancji została przekroczona, co może mieć negatywny wpływ podczas montażu badanej wytłoczki.

Rozpatrując wartości odchyłek, zauważono że odchylenie całkowite środka otworu wynosi odpowiednio dla: osi X -0,03 mm, osi Y -0,7 mm, osi Z -0,13 mm, a dla średnicy otworu -0,02 mm. Wynik osi Y nie mieści się w tolerancji rysunkowej.

6. Porównanie wyników pomiarów

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów punktów na powierzchni, krawędziach i w otworze przygotowano zestawienia w tabelach 7, 8, 9 celem łatwiejszego zobrazowania oraz analizy uzyskanych wyników. W tabelach zastosowano odpowiednio skróty dla określenia odchyłeń:

- **o (-)** odchyłka ujemna,
- **o (+)** odchyłka dodatnia,
- **>** wartość odchylenia większa,
- **<** wartość odchylenia mniejsza.

Tabela 7. Porównanie wyników pomiarów powierzchni z maszyny kolumnowej i portalowej (opracowanie własne).

nr punktu	Rodzaj odchylenia		Wartość odchyłki	
	maszyna kolumnowa	maszyna portalowa	maszyna kolumnowa	maszyna portalowa
1	o (+),	o (+),	<	>
2	o (+),	o (+),	<	>
3	o (+),	o (-),	<	>
4	o (-),	o (-),	>	<
5	o (-),	o (-),	>	<
6	o (-),	o (-),	>	<
7	o (-),	o (-),	>	<
8	o (-),	o (-),	>	<
9	o (-),	o (-),	>	<
10	o (+),o (-)	o (+),o (-)	odchyłki o zbliżonych wartościach	
11	o (+),	o (+),	<	>
12	o (+),o (-)	o (+),o (-)	<	>

Porównując wyniki testowanych części zawarte w tabeli 7 pomiarów punktów powierzchniowych z maszyn kolumnowej i portalowej stwierdzono, że:

- w punktach 1, 2, 11 odchyłki przyjmują wartości dodatnie, przy czym z maszyny kolumnowej odchyłki są mniejsze.
- w punkcie 3 maszyna kolumnowa wskazała wartości dodatnie odchyłek, portalowa ujemne, wartości odchyłek z maszyny kolumnowej są mniejsze,
- w punkcie 10 odnotowano na obu maszynach wartości odchyłek dodatnie i ujemne, przy czym w punkcie 10 uzyskane wartości na obu maszynach niemal nakładają się na siebie, co świadczy o takiej samej dokładności pomiarów,
- w punkcie 12 wystąpiły przypadki dużej rozbieżności wyników między maszynami, aż 21 przebadanych próbek miało przeciwne odchylenie na maszynie portalowej niż na maszynie kolumnowej (np. próbka nr 2 miała wartość odchyłki ujemną na maszynie kolumnowej, a dodatnią na portalowej), wyniki uzyskane z maszyny kolumnowej były dokładniejsze,
- w pozostałych punktach (4,5,6,7,8,9) wartości odchyłek są ujemne, lecz dokładność pomiarów z maszyny portalowej jest większa, gdyż pomiary dają mniejsze odchyłki; warto zwrócić uwagę, iż powyższe punkty znajdują się w tym samym obszarze badanej wytłoczki,
- w połowie przebadanych punktów powierzchniowych wyniki dokładniejsze były z maszyny portalowej,
- w pięciu, z dwunastu przebadanych punktów powierzchniowych, maszyna kolumnowa dała dokładniejsze wyniki pomiarów,
- w jednym punkcie pomiary z obu maszyn nałożyły się na siebie,

- w maszynie kolumnowej największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła $-0,39$ mm, a z wartością dodatnią $0,36$ mm, największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło $0,46$ mm,
- w maszynie portalowej największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła $-0,30$ mm, a z wartością dodatnią $0,38$ mm, największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło $0,52$ mm.

Tabela 8. Porównanie wyników pomiarów krawędzi z maszyny kolumnowej i portalowej (opracowanie własne).

nr punktu	Rodzaj odchylenia		Wartość odchyłki	
	maszyna kolumnowa	maszyna portalowa	maszyna kolumnowa	maszyna portalowa
1	o (-),	o (-),	>	<
2	o (-),	o (-),	>	<
3	o (-),	o (-),	>	<
4	o (-),	o (-),	<	>
5	o (-), o (+)	o (-), o (+)	<	>
6	o (+),	o (+),	>	<
7	o (+),	o (+),	<	>
8	o (+),	o (+),	odchyłki o zbliżonych wartościach	
9	o (+),	o (+),	odchyłki o zbliżonych wartościach	
10	o (-), o (+),	o (-), o (+),	>	<
11	o (-),	o (-),	<	>
12	o (-),	o (-),	<	>
13	o (+),	o (+),	<	>
14	o (+),	o (+),	<	>

Porównując wyniki testowanych części zawarte w tabeli 8 pomiarów punktów krawędziowych z maszyn kolumnowej i portalowej stwierdzono, że:

- w punktach 1, 2, 3 odchyłki przyjmują wartości ujemne, przy czym z maszyny portalowej odchyłki są mniejsze.
- w punktach 4, 11, 12 odchyłki przyjmują wartości ujemne, przy czym z maszyny kolumnowej odchyłki są mniejsze,
- w punkcie 5 odnotowano na obu maszynach wartości odchyłek dodatnie i ujemne, przy czym z maszyny kolumnowej odchyłki są mniejsze,
- w punkcie 10 odnotowano na obu maszynach wartości odchyłek dodatnie i ujemne, przy czym z maszyny portalowej odchyłki są mniejsze,
- w punktach 7, 13, 14 odchyłki przyjmują wartości dodatnie, przy czym z maszyny kolumnowej odchyłki są mniejsze,

- w punkcie 6 odchyłki przyjmują wartości dodatnie, przy czym z maszyny portalowej odchyłki są mniejsze,
- w punktach 8 i 9 odnotowano na obu maszynach wartości odchyłek dodatnie, przy czym uzyskane wartości na obu maszynach niemal nakładają się na siebie, co świadczy o takiej samej dokładności pomiarów; warto zwrócić uwagę, że punkty te położone są obok siebie na łuku wytłoczki,
- z maszyny kolumnowej największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła $-0,73$ mm, a z wartością dodatnią $0,52$ mm, największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło $0,86$ mm,
- z maszyny portalowej największa odchyłka z wartością ujemną wyniosła $-0,64$ mm, a z wartością dodatnią $0,57$ mm, największe odchylenie całkowite dla punktu wyniosło $0,97$ mm,
- w połowie przebadanych punktów krawędziowych wyniki dokładniejsze były z maszyny kolumnowej,
- w pięciu, z czternastu przebadanych punktów krawędziowych, maszyna portalowa dała dokładniejsze wyniki pomiarów,
- w dwóch punktach pomiary z obu maszyn nałożyły się na siebie.

Tabela 9. Porównanie wyników pomiarów z maszyny kolumnowej i portalowej środka otworu (opracowanie własne).

nr punktu	Rodzaj odchylenia		Wartość odchyłki	
	maszyna kolumnowa	maszyna portalowa	maszyna kolumnowa	maszyna portalowa
X	o (+),	o (+),	>	<
Y	o (-),	o (-),	>	<
Z	o (+),	o (+),	>	<
D	o (+),	o (+),	>	<

Porównując wyniki testowanych części zawarte w tabeli 9 pomiarów środka otworu z maszyn kolumnowej i portalowej stwierdzamy, że:

- położenie środka otworu w osi X jest dokładniejsze przy użyciu maszyny portalowej,
- położenie środka otworu w osi Y jest dokładniejsze przy użyciu maszyny portalowej,
- położenie środka otworu w osi Z jest dokładniejsze przy użyciu maszyny portalowej,
- średnica otworu jest dokładniejsza przy użyciu maszyny portalowej,
- odchylenie całkowite środka otworu wynosi odpowiednio dla: osi X $-0,03$ mm, osi Y $-0,81$ mm, osi Z $-0,14$ mm, a dla średnicy otworu $-0,02$ mm,
- odchylenie całkowite środka otworu wynosi odpowiednio dla: osi X $-0,03$ mm, osi Y $-0,7$ mm, osi Z $-0,13$ mm, a dla średnicy otworu $-0,02$ mm.

7. Podsumowanie

Badanie dokładności maszyn pomiarowych przeprowadzono używając do tego celu dwóch maszyn o różnej budowie i konstrukcji, pierwszą z nich była maszyna kolumnowa, a następną maszyna portalowa. Te dwa typy maszyn różnią się nie tylko pod względem budowy, ale także pod względem dokładności pomiaru. Z teorii wynika, że dokładniejsze wyniki pomiarów powinniśmy uzyskiwać z maszyny o konstrukcji portalowej.

Przedmiotem badań była wytłoczka, która stanowi wspornik w desce rozdzielczej samochodu BMW. Jest ona wykorzystywana do montażu innych podzespołów.

Przebadano 50 jednakowych części w dwunastu punktach powierzchniowych, czternastu punktach krawędziowych oraz pozycję otworu i jego średnicy.

Porównując wyniki testowanych części pomiarów punktów powierzchniowych z maszyn kolumnowej i portalowej stwierdzono, że w połowie przebadanych punktów powierzchniowych z maszyny portalowej uzyskano dokładniejsze wyniki, natomiast maszyna kolumnowa była dokładniejsza w pomiarach pięciu punktów powierzchniowych.

Podobnie prezentuje się sytuacja w przypadku punktów krawędziowych, gdzie maszyna kolumnowa była dokładniejsza w pomiarach 50% tych punktów (7), a maszyna portalowa dokładniej zmierzyła 5 z nich. Biorąc pod uwagę badanie dokładności pomiarów otworu dokładniejsze wyniki uzyskano na maszynie portalowej we wszystkich osiach oraz mierząc średnicę otworu.

Na mniej dokładne wyniki uzyskane z maszyny portalowej może mieć bezpośredni wpływ fakt, iż maszyna Prismo jest eksploatowana siedem dni w tygodniu przez trzy zmiany. Przy takiej eksploatacji według producenta maszyna pomiarowa powinna być dwa razy w ciągu roku serwisowana, a jest tylko jeden raz. Jeżeli chodzi o maszynę kolumnową to jest ona eksploatowana średnio cztery godziny na dobę również siedem dni w tygodniu, lecz bywa i tak że maszyna nie jest używana nawet dwie doby.

Kolejnym z powodów uzyskania powyższych wyników mogą być kolizje maszyny z mierzonym przedmiotem przez mało doświadczonych pracowników, a co za tym idzie uszkodzenie głowicy pomiarowej w maszynie. Innym czynnikiem mającym wpływ na gorszą dokładność maszyny portalowej może mieć wpływ częstotliwość kalibracji trzpienia pomiarowego, która jest zalecana raz w tygodniu, a w chwili obecnej jest przeprowadzana średnio raz na dwa lub trzy miesiące. Następną z przyczyn otrzymania gorszych rezultatów może być źle skalibrowana maszyna pomiarowa przez mało doświadczonych operatorów maszyn pomiarowych. Jeszcze inną przyczyną może być poluzowanie się trzpienia pomiarowego w głowicy pomiarowej.

Przed przystąpieniem do badań zakładano, że maszyna portalowa wskaże dokładniejsze wyniki, lecz po przeprowadzeniu badań okazało się że w niektórych punktach dokładniejsza jest w pomiarach maszyna kolumnowa, która jest używana znacznie rzadziej co ma olbrzymi wpływ na otrzymane rezultaty.

Literatura

1. JAKUBIEC W. MALINOWSKI J.: *Metrologia wielkości geometrycznych*. Wydawnictwa naukowo – techniczne, Warszawa 1993.
2. NOCUN M.: *Współrzędnościowe maszyny pomiarowe sterowane komputerowo*. Mechanik 2006.
3. RATAJCZYK E.: *Współrzędnościowa technika pomiarowa. Maszyny i roboty pomiarowe*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
4. RATAJCZYK E.: *Współrzędnościowa technika pomiarowa. Kompaktowa, multisensorowa maszyna pomiarowa (ZEISS)*. Mechanik nr 3/2013.
5. RATAJCZYK E.: *Współrzędnościowa maszyny pomiarowe do stosowania w halach produkcyjnych. Cz.II. Maszyny w produkcji hybrydowej*. Mechanik nr 7/2013.
6. https://www.google.pl/search?q=zeiss+maszyna+pomiarowa+prismo10&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=_cM1UrDaOIKytAbDpoHQCw&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1536&bih=724&dpr=1#q=zeiss.de+maszyna++prismo10&tbm=isch&imgdii=_ (2020.07.12).
7. https://www.google.pl/search?q=zeiss+maszyna+carmet&biw=1536&bih=724&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=28c1UurHEcjKtQaJ-4DQDw&ved=0CAkQ_AUoAQ#q=zeiss+maszynapomiarowa+carmet&tbm=isch (2020.07.05).

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PAKIETU TINKERCAD W ZDALNYM NAUCZANIU MECHATRONIKI

Bachman Paweł, Baranowski Andrzej

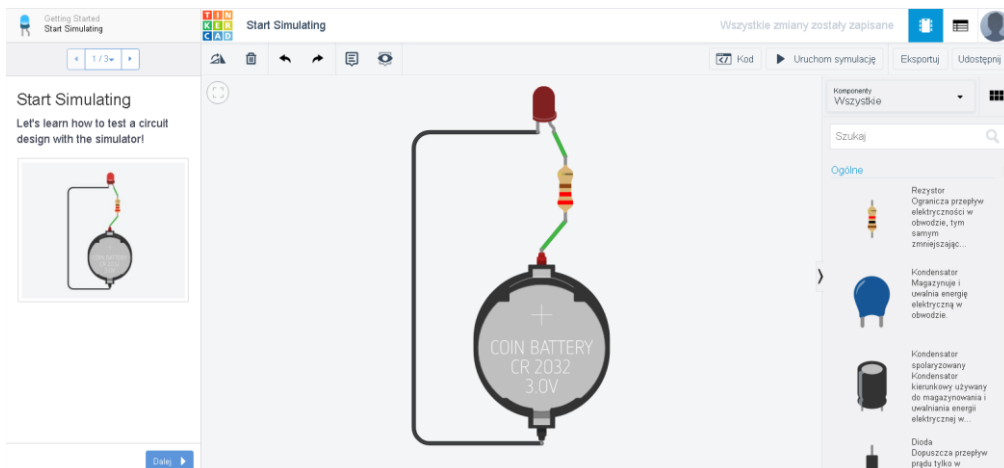
1. Wstęp

W związku z pojawieniem się nowego zagrożenia, jakim jest COVID-19 wystąpiła potrzeba wprowadzenia nauczania zdalnego. Nie jest problemem przeprowadzenie zajęć w formie wykładów, na których przekazuje się studentom wiedzę teoretyczną. W jednym z dostępnych narzędzi (np. Classroom) można zdalnie studentom wyświetlić prezentację, jednocześnie cały czas mając z nimi kontakt. Mogą oni zadawać pytania lub prosić o wytłumaczenie niezrozumiałych pojęć. Problem pojawia się w przypadku zajęć laboratoryjnych, podczas których należy np. podłączyć jakiś układ elektroniczny i zaprogramować go. Nie mając dostępu do odpowiednio wyposażonej pracowni studenci nie będą mogli wykonać takiego zadania, gdyż w domu nie dysponują oni żadnym wyposażeniem. Rozwiązaniem, które w pewnym stopniu może zastąpić pracownię jest pakiet TinkerCad, w którym wirtualnie łączy się obwody i programuje sterowniki serii Arduino.

2. Opis pakietu TinkerCad

Pakiet TinkerCad dostępny jest online i za darmo w internecie pod adresem <https://www.tinkercad.com/>, poprzez przeglądarkę internetową i nie wymaga żadnego instalowania. Został on stworzony z myślą o prostocie i łatwości użytkowania i składa się on z trzech modułów. Pierwszy z nich nazywa się „Projekt 3D” i służy do modelowania 3D. Odkąd został udostępniony w 2011 roku od razu stał się popularną platformą do tworzenia modeli do druku 3D, a także do nauki rysowania modeli bryłowych w szkołach. W 2013r. Tinkercad został wykupiony przez firmę Autodesk, która w roku 2017 dodała do niego drugi moduł „Obwody”, w którym można łączyć różnego rodzaju elementy elektroniczne ze sterownikami Arduino, programować i uruchamiać wirtualnie układy. Niedawno dodano do programu trzeci moduł – Codebloks, dzięki któremu można tworzyć obiekty trójwymiarowe za pomocą kodu Scratch.

Ze względu na to, że niniejsza praca skupia się na prowadzeniu zdalnym zajęć z mechatroniki, szerzej omówiony zostanie tylko drugi moduł. Dla początkujących użytkowników dostępne są w nim lekcje, mające na celu zapoznanie z obsługą programu. Otwierając program można zauważyć okno podzielone na 3 części (rys. 1). Po lewej stronie widoczne jest okno z podpowiedziami, na środku pole, na którym łączy się obwody, a po prawej stronie biblioteka z elementami.



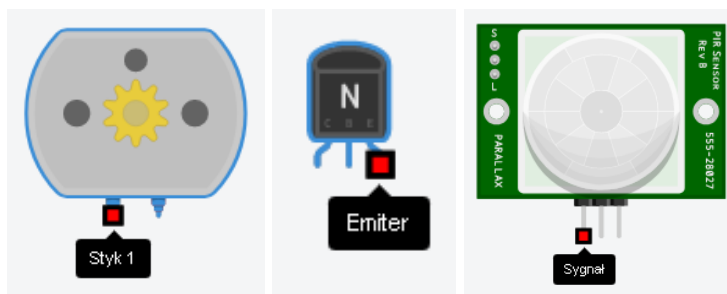
Rys. 1. Okno programu wraz z lekcją

Wśród elementów dostępnych w bibliotekach (rys. 2) znajdują się wszystkie podstawowe komponenty elektroniczne takie jak rezystory, diody, potencjometry a także napędy DC, czujniki, źródła prądu, zasilacze i sterowniki Arduino.



Rys. 2. Wybrane elementy z biblioteki „Komponenty podstawowe”

Elementy z biblioteki pobiera się techniką *drag and drop* i umieszcza na polu roboczym. Każdy element ma oznaczone wszystkie styki, których opis pojawia się po najechnaniu na styk kursorem myszy (rys. 3).



Rys. 3. Widok opisu styków przykładowych elementów (silnik, tranzystor NPN, czujnik PIR)

W celu zwiększenia realności łączenia obwodów, schemat elektryczny można łączyć też na płytce prototypowej. Rozwiązanie to sprawia, że praca z programem do złudzenia przypomina budowę rzeczywistych układów.

3. Wymagania odnośnie bezpieczeństwa i przygotowania zajęć

3.1. Bezpieczeństwo danych w TINKERCAD

Firma Autodesk dołożyła wszelkich starań, aby praca z ich programem była bezpieczna. Na stronie internetowej w dziale „Nauczanie” znajdują się różnego rodzaju dokumenty, nie wszystkie jednak są w języku polskim. Pierwszym dokumentem, na jaki należy zwrócić uwagę jest list nauczyciela do rodziców, informujący o tym, że na zajęciach będzie wykorzystywany program TinkerCad. W liście tym zawarte są podstawowe informacje o programie oraz link do oświadczenia o ochronie prywatności dzieci [1]. W przypadku odbywania zajęć ze studentami, którzy są pełnoletni, część tę można pominąć i zająć się jedynie ochroną danych osobowych i powiązanymi z nią przepisami oraz obowiązującym w Unii Europejskiej Rozporządzeniem o ochronie danych osobowych („RODO”).

Firma Autodesk zbiera następujące dane:

- typ systemu operacyjnego komputera;
- adres IP lub identyfikator urządzenia mobilnego;
- używana przeglądarka internetowa;
- częstotliwość, z jaką użytkownik odwiedza różne części witryn lub aplikacji;
- dane dostawcy usług internetowych lub operatora komórkowego.

Gromadzenie tych danych odbywa się przy użyciu różnych technologii, takich jak pliki cookie, znaczniki pikselowe, sygnalizatory web beacon i inne unikalne identyfikatory.

Firma Autodesk ani jej dostawcy zewnętrzni zapewniają, że nie wykorzystają danych osobowych do celów reklamowych, do tworzenia profilu użytkownika ani do wiązania go z aplikacją sprzedawania danych osobowych lub do wykorzystywania danych osobowych w jakichkolwiek innych nieautoryzowanych celach.

Użytkownicy z Unii Europejskiej mają prawo do uzyskiwania dostępu do swoich danych osobowych, poprawiania ich, usuwania, wyrażania sprzeciwu, ograniczania

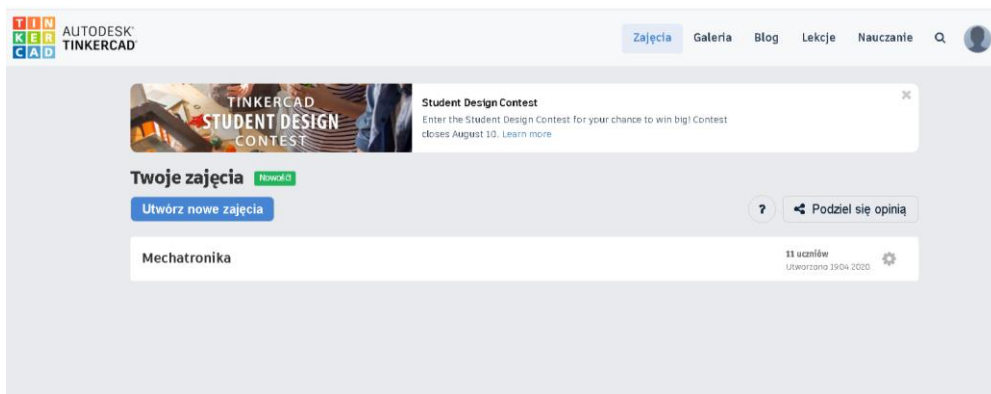
dostępu i uzyskiwania kopii swoich danych osobowych zgodnie z Oświadczeniem o ochronie prywatności firmy Autodesk.

Firma Autodesk zobowiązuje się do ochrony i zabezpieczania danych uczniów w sposób wymagany przez ustawę FERPA, a także wyraża zgodę na pełnienie roli „urzędnika szkolnego” w zakresie, w jakim usługi są wykorzystywane do przechowywania regulowanych danych uczniów zgodnie z 34 Kodeksem przepisów federalnych (Code of Federal Regulations, CFR) §99.31(a)(1).

Kolejnym dokumentem, ważnym ze względu na zdalne nauczanie studentów, jest niestety dostępna tylko w języku angielskim, umowa o przetwarzaniu danych, która jest zawierana pomiędzy Tinkercad, a użytkownikiem [2]. Określone są w niej warunki i zobowiązania Klienta oraz firmy Autodesk w celu określenia swoich ról i obowiązków zgodnie z przepisami o ochronie danych.

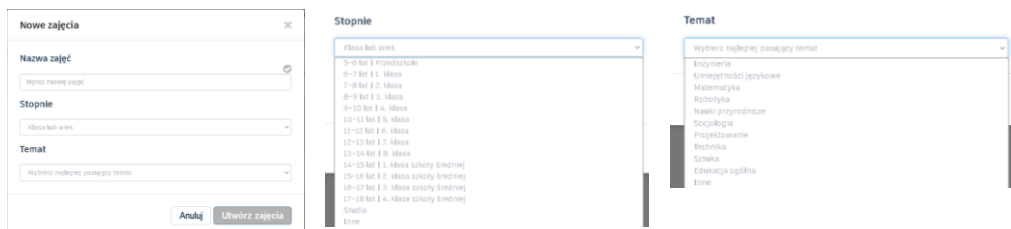
3.2. Przygotowanie i prowadzenie zajęć

Aby przeprowadzić zajęcia w Tinkercad należy wejść w zakładkę zajęcia i „utworzyć nowe zajęcia”.



Rys. 4. Tworzenie nowych zajęć

Pojawi się okno, w którym należy wpisać nazwę zajęć (rys.5), wybrać wiek uczniów (pole „Stopnie”) oraz tematykę zajęć.



Rys. 5. Tworzenie opisu zajęć





Następnie należy dodać uczniów do zajęć wpisując kolejno ich imiona i nazwiska. Program przypisze każdemu uczniowi pseudonim, którym będzie on mógł się logować na zajęcia.

Rys. 6. Dodawanie uczniów do zajęć

Łatwiejszym sposobem tworzenia listy uczniów jest jej wklejenie z innego pliku (np. tekstowego lub excell – rys. 7).

Rys. 7. Dodawanie nazwisk uczniów w postaci listy

W efekcie w programie zostanie wygenerowana lista wszystkich uczniów wraz z ich pseudonimami do logowania (przykładowi dwaj uczniowie na rys. 8).

Imię i nazwisko ucznia	Pseudonim
<input type="checkbox"/>  Paweł Kowalski	pawelkowalski1015 
<input type="checkbox"/>  Paweł Nowak	pawelnowak1903 

Rys. 8. Lista uczniów

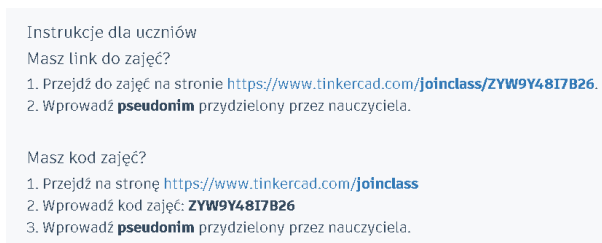
W każdym momencie zajęć można dodać nowych uczniów lub, jeżeli istnieje potrzeba, zmienić im pseudonimy.

Następnym elementem tworzenia nowych zajęć jest przesłanie kodu zajęć (rys. 9) dla wszystkich uczniów.



Rys. 9. Przykładowy kod do zajęć z mechatroniki

Wchodząc do zakładki „kod zajęć” pokazuje się instrukcja (rys. 10), którą też można skopiować i wraz z pseudonimami wysłać poprzez pocztę email do wszystkich uczniów.



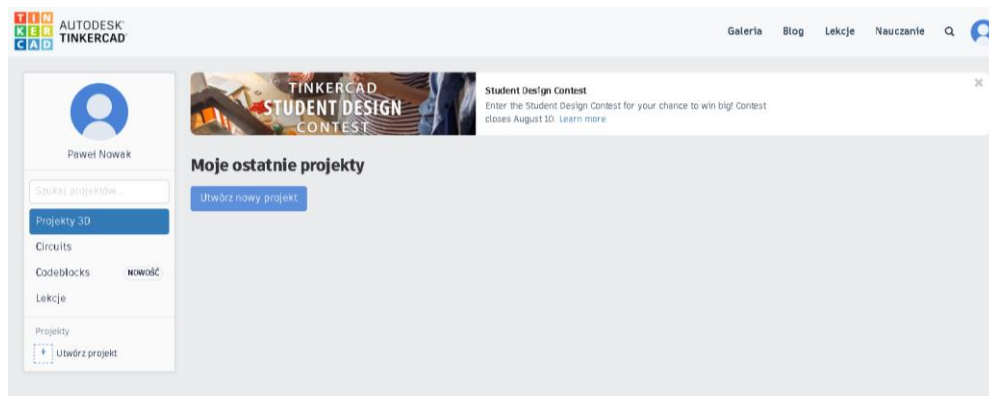
Rys. 10. Instrukcja logowania się do zajęć w Tinkercad

Uczniom teraz pozostało tylko wejść na stronę zajęć przy pomocy jednej z metod podanych w instrukcji. Po wejściu ukazuje się strona logowania, na której należy wpisać pseudonim.



Rys. 11. Okno logowania się ucznia do zajęć

Po wpisaniu odpowiedniego loginu pojawia się indywidualne okno zajęć dla studenta.



Rys. 12. Indywidualne okno zajęć dla studenta

Studentom teraz nie pozostało nic innego, jak wykonać przygotowane przez prowadzącego zadania, według przesłanych im instrukcji.

4. Przykładowe zadania z mechatroniki

Poniżej zostaną przedstawione przykładowe zadania do wykonania przez studentów. Przyjęto następujące kryteria oceniania:

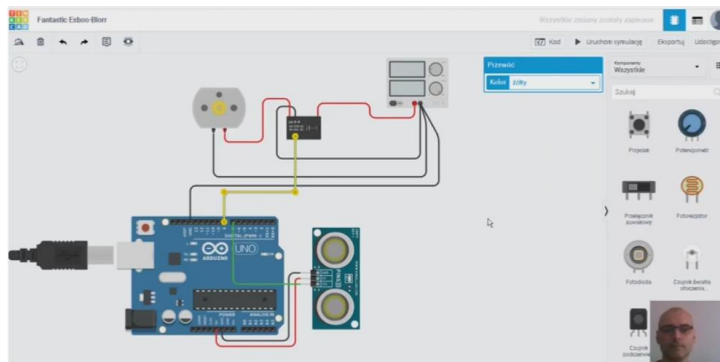
- zadania 1-4 traktowane są jako obowiązkowe, a wykonanie ich daje ocenę dostateczną,
- zadanie 5 jest to zadanie dodatkowe na ocenę dobrą,
- wykonanie zadań dodatkowych 5 i 6 upoważnia studentów do otrzymania oceny bardzo dobrej.

Dla ułatwienia sprawdzania postępów w zajęciach studenci zostali poproszeni o nazwanie projektów: Zadanie 1...Zadanie 4 ew. dla chętnych Zadanie 5 i Zadanie 6. Do każdego zadania z listy obowiązkowej zostały przez prowadzącego opracowane filmy instruktażowe, które studenci mieli obowiązek obejrzeć w pierwszej kolejności. Filmy wykonane były w programie OBS Studio, w którym rejestrowano ekran komputera, na którym wykonywane były kolejne etapy budowy projektu wraz z obrazem z kamery, w którym było widać prowadzącego zajęcia (jak na rys. 13). Następnie mieli oni samodzielnie wykonać poszczególne zadania. Każde zadanie 1-5 wykonywane było w ten sam sposób. Należało z biblioteki programu pobrać odpowiednie elementy, połączyć je ze sobą i wykonać program. Na koniec należało wykonać symulację działania układów. Zadanie 6 było „zadaniem odwrotnym”. Studenci na podstawie otrzymanego kodu programu mieli zaprojektować układ, a następnie go zasymulować.

4.1. Zadanie 1: ultradźwiękowy pomiar odległości

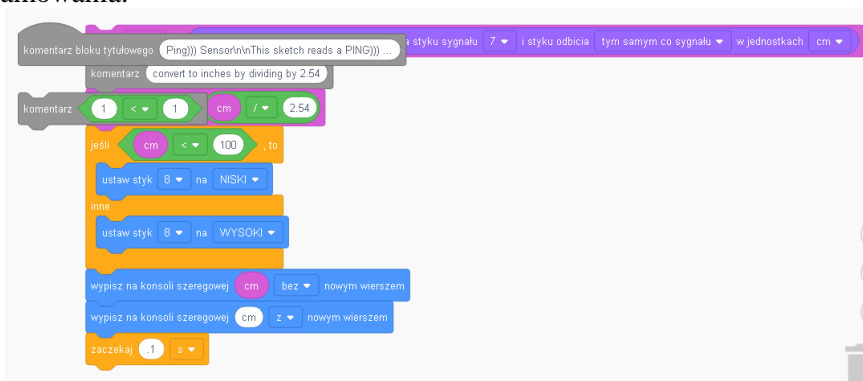
Celem pierwszego ćwiczenia było zbudowanie układu wyłączającego napęd elektryczny po wykryciu obecności człowieka w odległości poniżej 1 m. Instrukcja znajduje się pod adresem [3]. Do projektu wykorzystano sterownik Arduino Uno,

przełącznik do sterowania silnikiem, silnik prądu stałego oraz ultradźwiękowy czujnik odległości. Wszystkie elementy zasilane są z zasilacza laboratoryjnego 5V (rys. 13).



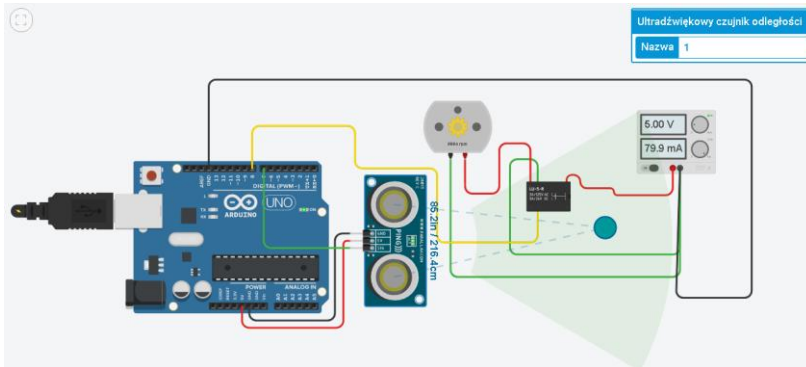
Rys. 13. Schemat układu do zadania 1.

Program do zadania 1 (rys. 14) studenci mieli za zadanie wykonać w Scratchu, który jest łatwym do opanowania interpretowanym, wizualnym językiem programowania.



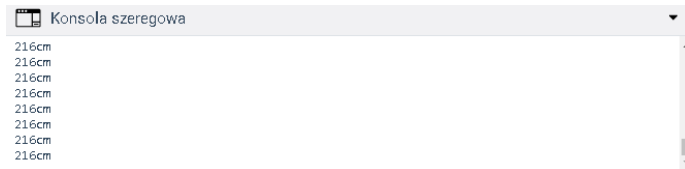
Rys. 14. Program do zadania 1

Po wykonaniu układu i zaprogramowaniu sterownika Arduino należało wykonać symulację. Po jej uruchomieniu i naciśnięciu myszką na czujnik pomiaru odległości pojawia się okno dialogowe właściwości czujnika oraz wyświetlany jest punkt, który można przesuwając myszką (rys. 15). Ciemnym polem oznaczony jest zakres pracy czujnika ultradźwiękowego.



Rys. 15. Widok symulacji dla zadania 1

Dodatkowo można też wyświetlać aktualną odległość kulki od czujnika w konsoli szeregowej, uruchamianej z paska znajdującego się pod biblioteką.



Rys. 16. Odczyt odległości w konsoli szeregowej

Przesuwając kulkę na odległość powyżej 100cm można zauważyć, że silnik zaczyna się obracać, co udowadnia, że zadanie zostało wykonane prawidłowo.

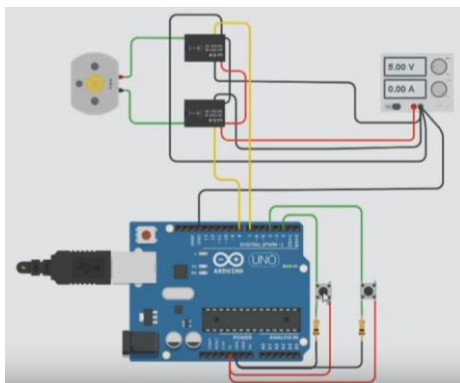
4.2. Zadanie 2: sterowanie kierunkiem obrotów silnika

Następnym zadaniem było zbudowanie układu, w którym włącza się napęd elektryczny za pomocą dwóch przycisków:

- włączenie tylko jednego przycisku powoduje obroty silnika w lewo,
- włączenie tylko drugiego przycisku powoduje obroty silnika w prawo,
- nie przyknięcie żadnego z przycisków nie powoduje ruchu silnika,
- włączenie dwóch przycisków jednocześnie również nie powoduje ruchu silnika.

Jest to bezpieczny układ sterowania, w którym nie ma możliwości zwarcia powodującego awarię. Instrukcja znajduje się pod adresem [4].

Schemat układu (rys. 17) zawiera sterownik Arduino, dwa przyciski, przekaźniki, silnik prądu stałego i zasilacz.



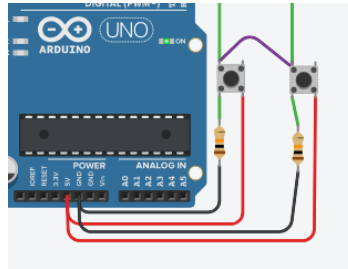
Rys. 17. Schemat do zadania 2

Podobnie jak w poprzednim zadaniu po napisaniu programu (rys. 18) należało wykonać symulację, w celu zweryfikowania poprawności podłączenia i zaprogramowania sterownika.



Rys. 18. Kod programu do zadania 2

W tym przypadku weryfikacja polegała na tym, żeby wciskać przyciski i obserwować ruch silnika. W przypadku wciśnięcia pierwszego przycisku silnik obracał się w kierunku dodatnim. Obroty silnika były wyświetlane ze znakiem plus. W drugim przypadku silnik obracał się w przeciwnym kierunku, a obroty wyświetlane były ze znakiem minus. W przypadku nie naciskania na żaden przycisk silnik nie obracał się. W związku z tym, że nie ma możliwości wciśnięcia myszką dwóch przycisków na raz, żeby sprawdzić funkcję programu odpowiadającą za wyłączenie silnika, należy zmodyfikować układ wykonując dodatkowe połączenie pomiędzy przyciskami (fioletowy przewód na rys. 19). Dzięki temu w przypadku włączenia któregośkolwiek z przycisków, sygnał pojawi się też na wyjściu drugiego z nich. W każdym przypadku silnik pozostawał nieruchomy.

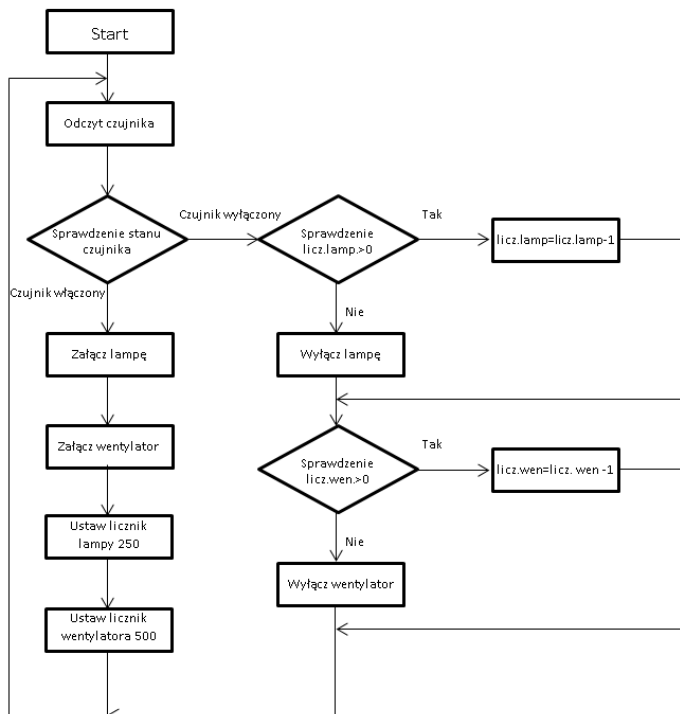


Rys. 19. Wykonanie zwarcia przycisków w celu sprawdzenia działania programu

4.3. Zadanie 3: czasowy układ sterowania

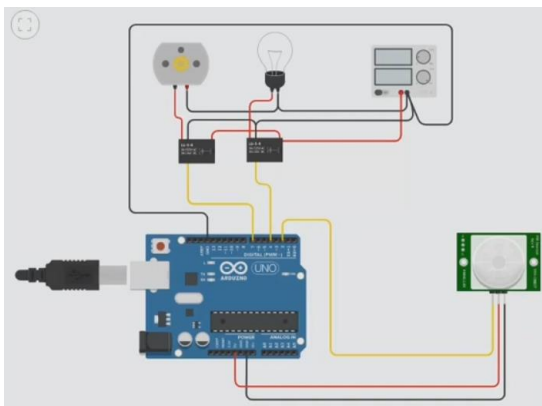
W związku z tym, że studenci na wykładach powinni już posiadać podstawową wiedzę dotyczącą układów sterowania, kolejny projekt był już nieco trudniejszy. Za zadanie mieli oni zbudować układ sterowania światłem i wentylatorem w toalecie. Włączanie obu elementów ma następować po wykryciu ruchu przez czujnik PIR, wyłączenie lampy ma następować po czasie T_1 (np. 15 sekund), a wyłączenie wentylatora po czasie $2 * T_1$. Instrukcja znajduje się pod adresem [5].

Studentom został udostępniony algorytm sterowania, widoczny na rys. 20.



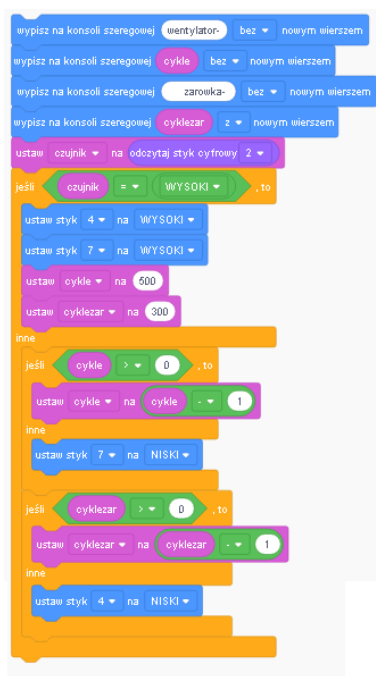
Rys. 20. Algorytm sterowania do zadania 3.

Schemat układu pokazany jest na rys. 21.



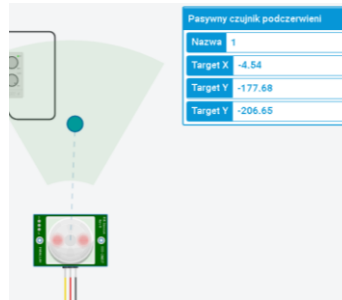
Rys. 21. Schemat układu do zadania 3

Po napisaniu odpowiedniego programu (rys. 22) i włączeniu symulacji układu należało wyświetlić opcje czujnika PIR.



Rys. 22. Kod programu do zadania 3

Podobnie jak w przypadku czujnika ultradźwiękowego wyświetla się wtedy okno dialogowe oraz kulka wraz z zakresem działania czujnika (rys. 23). Poruszenie kulki w ciemniejszym polu powoduje zadziałanie czujnika, które sygnalizowane jest zapaleniem się na nim czerwonych lampek. Wszystko zupełnie jak w rzeczywistych czujnikach.



Rys. 23. Wykrywanie ruchu przez czujnik podczerwieni

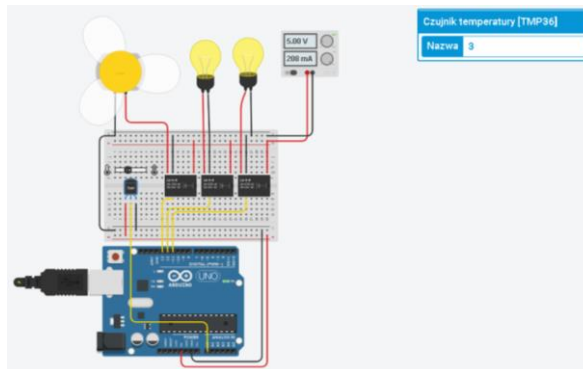
4.4. Zadanie 4: sterowanie temperaturą

Tym razem celem było zbudowanie układu sterowania temperaturą, która będzie mierzona za pomocą czujnika analogowego. Zadaniem układu (rys. 24) jest utrzymywanie temperatury pomiędzy 55°C a 60°C . W momencie gdy temperatura jest:

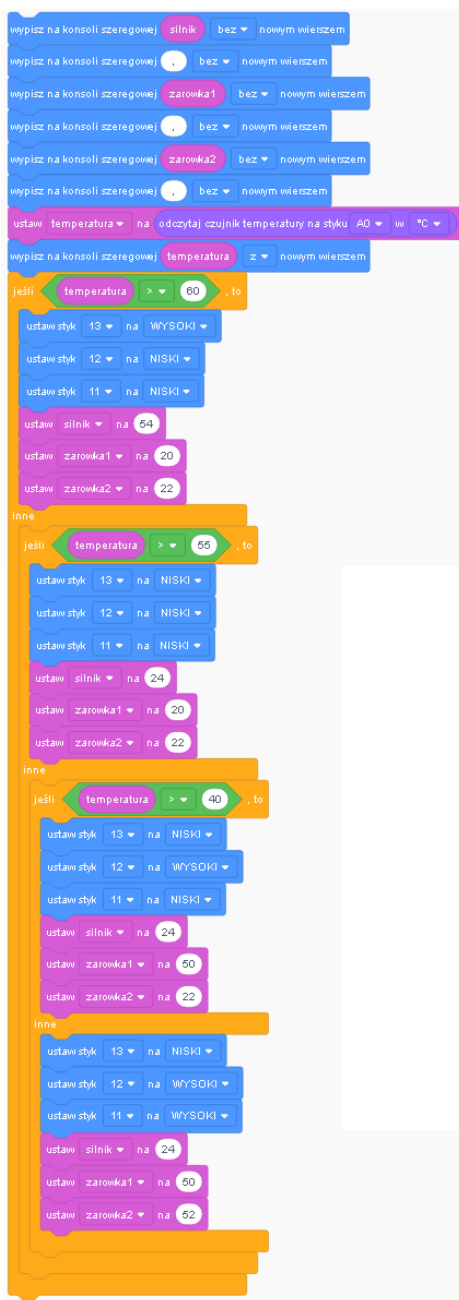
- poniżej 40°C powinny włączać się 2 grzałki (symulowane w naszym układzie przez żarówki).
- powyżej 40°C powinna zostać włączona już tylko jedna grzałka.
- pomiędzy 55°C a 60°C nie powinno nic być włączone.
- powyżej 60°C powinien załączyć się wentylator chłodzący układ.

Dodatkowym elementem w projekcie było takie wykonanie programu (rys. 25), żeby obserwować stan układu na wykresie, poprzez konsolę szeregową. Instrukcja znajduje się pod adresem [6].

W układzie użyto czujnik temperatury TMP36. Jest to analogowy termometr, którego napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do mierzonej temperatury. Działa on w zakresie od -40°C do $+120^{\circ}\text{C}$, a zasilany jest napięciem od 2,7 do 5,5 V. Podczas symulacji po kliknięciu w element wyświetla się jego okno właściwości wraz z suwakiem do zmiany temperatury.



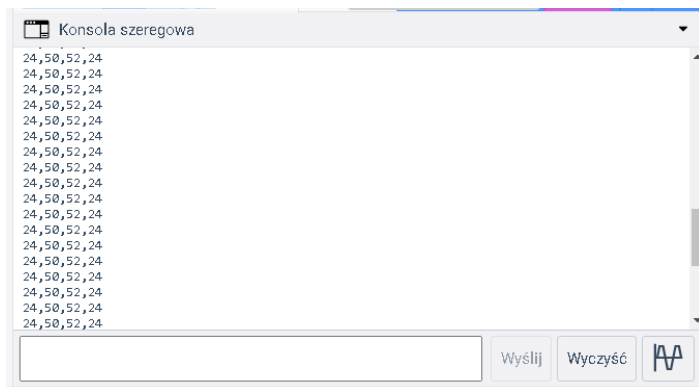
Rys. 24. Schemat układu do zadania 4



Rys. 25. Kod programu do zadania 4

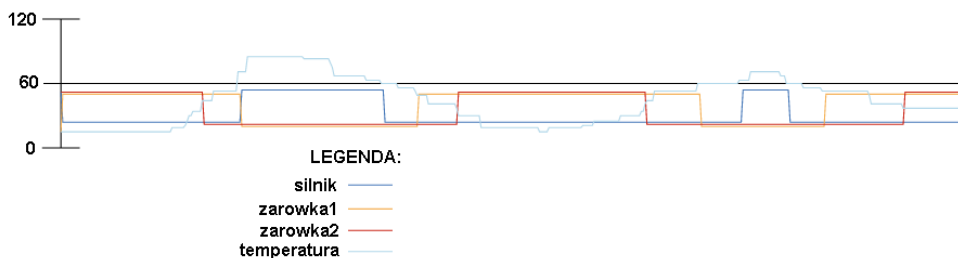
W celu wyświetlenia wykresów czasowych należy w kodzie programu umieścić polecenie wysłania do konsoli szeregowej (rys. 26) wszystkich niezbędnych danych, są to temperatura w postaci analogowej oraz trzy sygnały cyfrowe, informujące

stanem niskim o wyłączeniu lub stanem wysokim o włączeniu poszczególnych elementów.



Rys. 26. Widok konsoli szeregowej wraz z danymi tekstowymi

Klikając ikonę z wykresem w prawym dolnym rogu (rys. 26) można uzyskać graficzne przedstawienie danych pobieranych ze sterownika w funkcji czasu (rys. 27).

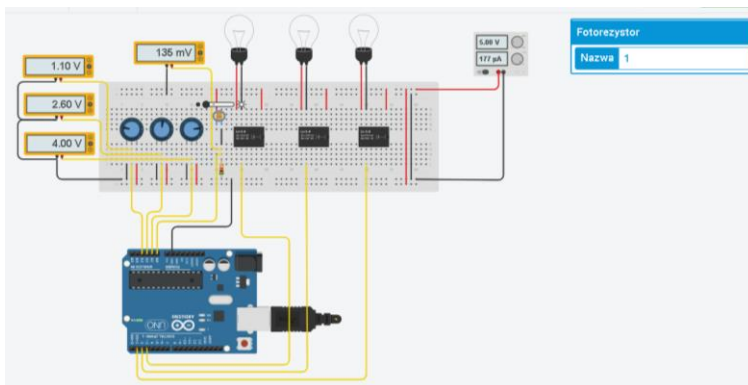


Rys. 27. Graficzne przedstawienie danych pobieranych ze sterownika

Regulując temperaturę suwakiem (jasno niebieska linia na wykresie) można sprawdzić czy program działa zgodnie z założeniami.

4.5. Zadanie 5: wyłącznik zmierzchowy

W tym zadaniu studenci mieli zaprojektować układ włącznika zmierzchowego na bazie jednego z czujników optoelektronicznych. Układ ma załączać 3 niezależne obciążenia o trzech różnych porach dnia (w zależności od nasłonecznienia). Dodatkowym atutem może być regulacja poziomu zadziałania układu za pomocą potencjometru. Zadanie należało już wykonać samodzielnie, bez instrukcji na YouTube. Schemat układu przedstawia rys. 28.



Rys. 28. Schemat do zadania 5

Program można było wykonać zarówno w Skrachu jak i napisać w Arduino IDE. Przykładowy kod programu pokazany jest na rys. 29.

```

#define relay1 3
#define relay2 2
#define relay3 1
#define sensor1 A0
#define pot1 A3
#define pot2 A2
#define pot3 A1

void setup()
{
  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  pinMode(relay3, OUTPUT);
}

int sensor_value;
int pot1_value;
int pot2_value;
int pot3_value;

void loop()
{
  sensor_value = analogRead(sensor1);
  pot1_value = analogRead(pot1);
  pot2_value = analogRead(pot2);
  pot3_value = analogRead(pot3);

  if(sensor_value > pot1_value)
    digitalWrite(relay1, HIGH);
  else
    digitalWrite(relay1, LOW);

  if(sensor_value > pot2_value)
    digitalWrite(relay2, HIGH);
  else
    digitalWrite(relay2, LOW);

  if(sensor_value > pot3_value)
    digitalWrite(relay3, HIGH);
  else
    digitalWrite(relay3, LOW);
}

```

Rys. 29. Kod programu do zadania 5

4.6. Zadanie 6: sterowanie oświetleniem

W ostatnim ćwiczeniu studenci mieli za zadanie zapoznać się z podstawami programowania tekstowego w środowisku Arduino IDE. Na podstawie poniższego kodu (rys. 30) programu wykonywali w TinkerCad układ i symulowali jego działanie. Zadanie wykonywali również samodzielnie bez instrukcji na YouTube.

```

#define relay1 0
#define relay2 1
#define relay3 2
#define relay4 3
#define relay5 4
#define relay6 5
#define relay7 6
#define relay8 7
void setup()
{
  digitalWrite(relay1,HIGH);
  digitalWrite(relay2,HIGH);
  digitalWrite(relay3,HIGH);
  digitalWrite(relay4,HIGH);
  digitalWrite(relay5,HIGH);
  digitalWrite(relay6,HIGH);
  digitalWrite(relay7,HIGH);
  digitalWrite(relay8,HIGH);

  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  pinMode(relay3, OUTPUT);
  pinMode(relay4, OUTPUT);
  pinMode(relay5, OUTPUT);
  pinMode(relay6, OUTPUT);
  pinMode(relay7, OUTPUT);
  pinMode(relay8, OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(relay1,LOW);
  digitalWrite(relay8,HIGH);
  delay(500);

  digitalWrite(relay2,LOW);
  digitalWrite(relay1,HIGH);
  delay(500);

  digitalWrite(relay3,LOW);
  digitalWrite(relay2,HIGH);
  delay(500);

  digitalWrite(relay4,LOW);
  digitalWrite(relay3,HIGH);
  delay(500);

  digitalWrite(relay5,LOW);
  digitalWrite(relay4,HIGH);
  delay(500);

  digitalWrite(relay6,LOW);
  digitalWrite(relay5,HIGH);
  delay(500);

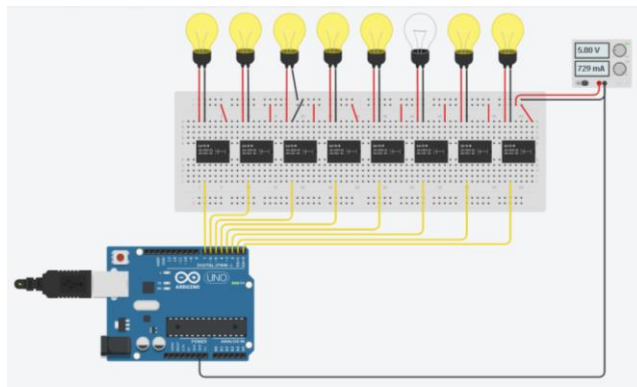
  digitalWrite(relay7,LOW);
  digitalWrite(relay6,HIGH);
  delay(500);

  digitalWrite(relay8,LOW);
  digitalWrite(relay7,HIGH);
  delay(500);
}

```

Rys. 30. Kod programu do zadania 6

Na podstawie kodu programu studenci mogli wywnioskować, że układ będzie sterował 8 przekaźnikami, do których podłączone mogą być żarówki. Co 0,5 sekundy zostaje gaszona w nim kolejna żarówka, przy czym poprzednia zostaje zapalona. Daje to efekt przemieszczającego się światła. Schemat układu pokazany jest na rys. 31.



Rys. 31. Schemat układu do zadania 6

5. Wnioski z przeprowadzonych zajęć

Na podstawie obserwacji pracy studentów zauważono, że udało się zrealizować wszystkie zaplanowane treści z mechatroniki. W przyszłości, gdy zagrożenie koronawirusem zmaleje i studenci wrócą na uczelnię, program TinkerCad będzie również wykorzystywany w procesie nauczania. Stanowi on bowiem doskonałe narzędzie dydaktyczne, a studenci, szczególnie studiów niestacjonarnych, mogą w nim wykonywać zadania dodatkowe w ramach pracy własnej.

Doskonałą możliwością sprawdzenia poprawności wykonanego projektu w praktyce będzie też wyeksportowanie napisanego programu do sterownika Arduino i połączenie układu w rzeczywistości. W tym celu w pracowni mechatroniki zostaną też przygotowane odpowiednie zestawy sterowników wraz z niezbędnymi elementami elektronicznymi i płytkami do prototypowania układów.

Literatura

1. <https://www.autodesk.com/company/legal-notices-trademarks/privacy-statement-pl/childrens-privacy-statement>
2. https://prismic-io.s3.amazonaws.com/tkv3/b8d327a5-6b2a-481e-92aa-2d5b75a9d139_2020.03.18+-+Tinkercad+DPA+%28non-US%29.pdf
3. <https://www.youtube.com/watch?v=dbiEaRjEczc>
4. <https://www.youtube.com/watch?v=k484kikro30>
5. <https://youtu.be/zFJRaopqzOw>
6. <https://youtu.be/G55IfXqjEck>

STRESZCZENIA

ANALIZA I IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ NA STANOWISKU PRACY DRUKARZA

Czesław Częstochowski, Małgorzata Mackojć-Galas

Streszczenie: Praca dotyczy analizy i identyfikacji zagrożeń na stanowisku pracy drukarza. Praca składa się z dwóch części: teoretycznej i badawczej. W części teoretycznej przedstawione są podstawowe pojęcia związane z zagrożeniami i ryzykiem zawodowym, omówione na podstawie polskich dokumentów prawnych i norm. Opisano zagrożenia i schorzenia zawodowe towarzyszące pracownikowi drukarni. W części badawczej pracy, której celem było zidentyfikowanie zagrożeń związanych z wykonywaną pracą, zbadano pracownika zatrudnionego na stanowisku drukarza. Scharakteryzowano pracownika, jego miejsce pracy i stanowisko, a także przedstawiono jego czynności i zadania wykonywane w ciągu jednej zmiany roboczej. Zidentyfikowano jego wydatek energetyczny metodą Lehmana oraz wyszczególniono zagrożenia na tym stanowisku. Podczas badań zastosowano listy eksperckie, takie jak: ankieta IDMS, którą zidentyfikowano dolegliwości mięśniowo szkieletowe. Psychiczne obciążenie zbadano listą kontrolną, a ergonomiczne czynniki ryzyka na stanowisku drukarza zbadano listą kontrolną NIOSH..

Słowa kluczowe: zagrożenie, ryzyko zawodowe, analiza

ANALYSIS AND IDENTIFICATION OF THREATS AT THE PRINTER'S WORKPLACE

Summary: This work consists of two parts: theoretical and research. The first-theoretical part presents definitions and basic concepts of risk and threat in Polish legal documents and standards. Occupational hazards are presented and illnesses accompanying the printing house employee.

In the research part of the work, the aim of which was to undertake the task of identifying hazards related to the work performed, one employee employed as a printer was examined. It presents his activities and tasks carried out in one work shift. The employee, his place of work and position were characterized. Its energy expenditure was determined by the Lehmann method and hazards were identified in this position.

Expert lists were used for the study, such as the IDMS survey, which identified musculoskeletal disorders. The mental load was examined with a checklist, and the ergonomic risk factors at the printer station were tested by the NIOSH checklist.

Key words: danger, occupational risk, analysis

BEZPIECZEŃSTWO PRACY PODCZAS TRANSPORTU MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH

Remigiusz Aksentowicz, Marika Kasa

Streszczenie: W artykule skupiono się głównie na transporcie materiałów niebezpiecznych, który jest procesem skomplikowanym. Organizacja przewozu materiałów niebezpiecznych zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami pozwala zminimalizować zagrożenia wynikające z transportu takich towarów. Celem badań było zbadanie poziomu bezpieczeństwa oraz ocena świadomości pracowników przy wykonywaniu transportu drogowego.

Podstawą do ustalenia poziomu bezpieczeństwa w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych był zebrany materiał badawczy w postaci analizy odpowiedzi udzielonych przez respondentów na kwestionariuszach ankiety. Badania ankietowe zostały przeprowadzone wśród kierowców wykonujących transport towarów niebezpiecznych głównie na terenie kraju.

Słowa kluczowe: materiały niebezpieczne, transport drogowy towarów, bezpieczeństwo pracy

WORK SAFETY DURING TRANSPORT OF HAZARDOUS MATERIALS

Summary: The article mainly focuses on the transport of hazardous materials, which is a complex process. The organization of the transport of hazardous materials in accordance with applicable regulations and standards allows to minimize the risk arising from the transport of such goods. The aim of the study was to examine the level of safety and assess employees' awareness during road transport.

The basis for determining the level of safety in the road transport of dangerous goods was collected research material in the form of analysis of the answers given by the respondents to the questionnaire. The survey was carried out among drivers carrying out transport of dangerous goods mainly in Poland.

Key words: hazardous materials, road transport of goods, work safety

BADANIE DOKŁADNOŚCI POMIARÓW NA MASZYNACH KOLUMNOWYCH I PORTALOWYCH 3D

Waldemar Uździcki, Zdzisław Wojciechowski

Streszczenie: Tematem pracy jest badanie dokładności pomiarów na maszynach kolumnowych i portalowych 3D. Maszyny kolumnowe różnią się od maszyn portalowych budową i zakresami pomiarowymi. Pomiary 3D odnoszą się do oceny mierzonych przedmiotów w przestrzeni xyz i mogą być oceniane w układzie współrzędnym lokalnym bądź w układzie przestrzennym samochodu. Od wielu lat w każdej gałęzi przemysłu dokonuje się pomiarów w celu szybkiej oceny produkowanych wyrobów. Badaniu poddano 50 próbek. Detal spełnia funkcję wspornika w desce rozdzielczej samochodu marki BMW. Pomiaru dokonano w trzech obszarach: powierzchni – 12 punktów, krawędzi – 14 punktów i 1 punkt w otworze.

Wartością nominalną dla powierzchni i krawędzi jest wartość 0, a tolerancja wynosi $\pm 0,5$ mm. Natomiast dla otworu tolerancja wynosi odpowiednio dla osi $xy \pm 0,25$ mm, a dla osi $z \pm 0,5$ mm.

Słowa kluczowe: maszyna portalowa i kolumnowa, wytłoczka, pomiar 3D.

INVESTIGATION OF ACCURACY OF MEASUREMENTS ON COLUMN AND BRIDGE 3D MACHINES.

Summary: Subject of this paper is investigation of accuracy of measurements on column and bridge 3D machines. Investigation of accuracy were done on bridge and column machines. Column machines are different from bridge machines by construction and measuring range. 3D measurements refer to the evaluation of measured objects in xyz space and they can be evaluate in local coordinate system or in spatial layout of a car. From many years in every industrial application, measurements are carried out to quickly evaluate produced goods. 50 samples were investigated. Evaluated part has a function of bracket in car dashboard in car produced under BMW brand. Measurements were done in three areas:

surfaces – 12 points, edges – 14 points and 1 point in the hole.

Nominal value for surfaces and edges is 0 value, with tolerance $\pm 0,5$ mm. In contrast for hole tolerance is respectively for xy axis $\pm 0,25$ mm, and for z axis $\pm 0,5$ mm.

Key words: bridge and column machine, bracket, 3D measurement

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA PAKIETU TINKERCAD W ZDALNYM NAUCZANIU MECHATRONIKI

Bachman Paweł, Baranowski Andrzej

Streszczenie: W związku z pojawieniem się nowego zagrożenia, jakim jest COVID-19 wystąpiła potrzeba wprowadzenia nauczania zdalnego. Problem pojawia się w przypadku zajęć laboratoryjnych, podczas których należy np. łączyć układy elektroniczne i programować sterowniki. Rozwiązaniem, które w pewnym stopniu może rozwiązać ten problem jest pakiet TinkerCad, w którym wirtualnie łączy się obwody i programuje sterowniki Arduino. W pracy przedstawiono opis pakietu TinkerCad oraz wymagania odnośnie bezpieczeństwa i przygotowania zajęć. Opisano 6 przykładowych zadań z mechatroniki, wraz ze schematami i programami. Na końcu zawarto wnioski z przeprowadzonych zajęć.

Słowa kluczowe: mechatronika, TinkerCad, nauczanie zdalne, Arduino

POSSIBILITIES TO USE THE TINKERCAD PACKAGE IN REMOTE MECHATRONICS LEARNING

Summary: Due to the emergence of the new threat of COVID-19, there was a need to introduce distance learning. The problem appears in the case of laboratory classes, during which, for example, electronic systems must be connected and controllers must be programmed. A solution that can solve this problem to some extent is the TinkerCad package, which virtually connects the circuits and programs the Arduino drivers. The paper presents a description of the TinkerCad package as well as the requirements for safety and preparation of classes. 6 sample mechatronics tasks were described, along with diagrams and programs. At the end, the conclusions from the conducted activities are presented.

Key words: mechatronics, TinkerCad, distance learning, Arduino

INFORMACJE O AUTORACH

Aksentowicz Remigiusz

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej
e-mail: R.Aksentowicz@iibnp.uz.zgora.pl

Bachman Paweł

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Mechanicznej
Adres e-mail: pbachman@uz.zgora.pl

Baranowski Andrzej

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Student na kierunku Bezpieczeństwo i higiena pracy
Uniwersytet Zielonogórski
Adres e-mail: bjendrek1974@gmail.com

Częstochowski Czesław

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej
Adres e-mail: c.czystochowski@iibnp.uz.zgora.pl

Kasa Marika

Absolwentka studiów II st. na kierunku Bezpieczeństwo i higiena pracy
Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
e-mail: marika.kasa0@gmail.com

Mackojć-Galas Małgorzata

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Absolwent kierunku Bezpieczeństwa i Higieny Pracy
e-mail: gosiamackojc@o2.pl

Uździcki Waldemar

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej:
e-mail: w.uzdzicki@iibnp.uz.zgora.pl

Mechanika i budowa maszyn



Zarządzanie i inżynieria produkcji



Bezpieczeństwo i higiena pracy



ISBN 978-83-941516-9-0

