

Syntetyczny opis w języku nietechnicznym

Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (*Przemysł 4.0*)

Spis treści

1. Cel pracy.....	1
2. Metodologia pracy badawczej.....	1
3. Wyniki badania pilotażowego.....	3
Podsumowanie.....	7

1. Cel pracy

Powodem realizacji pracy badawczej stała się potrzeba konceptualizacji zjawiska *Przemysłu 4.0*, symbolu współczesnej reindustrializacji czwartej rewolucji przemysłowej. To właśnie reindustrializacja stała się jednym z filarów Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.). Jak zapisano w niniejszej Strategii „Dla wzrostu innowacyjności kluczowy jest przemysł, ponieważ wydaje najwięcej na B+R, a zwiększenie innowacyjności polskich przedsiębiorstw na rynku krajowym i rynkach zagranicznych jest niezbędne dla stworzenia nowych przewag konkurencyjnych”.

W europejskim systemie statystycznym nie odnotowano badania, które dostarczałoby informacji na temat wpływu *Przemysłu 4.0* na przedsiębiorstwa, choć postępująca rewolucja cyfrowa zmienia podstawy funkcjonowania firm, ich struktury organizacyjne i procesy wewnętrzne.

Praca badawcza została zrealizowana w dwóch etapach. W pierwszym etapie opracowano metodologię zjawiska *Przemysłu 4.0*. W drugim etapie dokonano testowania wypracowanej metodologii badawczej poprzez przeprowadzanie badania pilotażowego na celowo dobranej grupie przedsiębiorstw.

2. Metodologia pracy badawczej

Prace nad metodologią rozpoczęte zostały od zdefiniowania cech charakterystycznych dla *Przemysłu 4.0*. Kluczowa była odpowiedź na pytanie, czym czwarta rewolucja przemysłowa różni się od poprzednich rewolucji. Zidentyfikowano pięć paradygmatów *Przemysłu 4.0*:

- **Globalna sieć komputerowa** – głównym czynnikiem, który zainicjował czwartą rewolucję przemysłową stał się rozwój Internetu. Zapoczątkował proces digitalizacji świata w wielu aspektach (np. mapy, muzyka, film). Wirtualna przestrzeń stała się miejscem zaspokajania potrzeb człowieka (np. komunikacja za pośrednictwem mediów społecznościowych). Procesy cyfryzacji objęły również szeroko pojęte zagadnienia produkcji i dystrybucji wytwarzanych dóbr konsumpcyjnych. Przyjęto podstawowy paradygmat, że maszyny wytwórcze oraz systemy produkcyjne będą podłączone do sieci internetowej. W ramach tej sieci będą przysyłać informacje do systemów zarządzania i odbierać dane od tych systemów bez udziału człowieka.
- **Człowiek wspomagany przez maszynę** – trzecia rewolucja przemysłowa zakładała całkowite usunięcie człowieka z procesu produkcyjnego, którego rola ograniczona została do programowania i sterowania maszyną. Według nowej koncepcji człowiek okazuje się potrzebny w elastycznych systemach produkcyjnych. Postuluje się, aby człowiek był partnerem maszyny, a wzajemna interakcja mogła przybierać formę kontaktu fizycznego.
- **Inteligentna maszyna wytwórcza** – maszyny współpracujące z człowiekiem stają się zaawansowanymi urządzeniami mechatronicznymi wykorzystującymi technologie związane m.in. z Internetem rzeczy, Big Data i technologią chmury obliczeniowej. Wyposażone w szereg czujników

„inteligentnych zmysłów”, które nie tylko rejestrują parametry procesu produkcyjnego, ale stan i proces zużycia maszyn. Zastosowanie zaawansowanych systemów diagnostycznych z dużą liczbą sensorów śledzących parametry pracy maszyny spełnia postulat zacierania barier pomiędzy maszyną a człowiekiem.

- **Zindywidualizowana produkcja seryjna** – koncepcja zakłada dostosowanie produkcji do potrzeb konsumenta, przy zachowaniu jej seryjnego charakteru ze względu na niskie koszty wytwarzania. Globalny dostęp do Internetu umożliwił włączenie klienta w proces produkcyjny. Poprzez Internet klient może składać indywidualne zamówienie określając parametry zamawianego towaru.
- **Kompleksowe podejście do zagadnienia życia produktu** – w procesie projektowania wyrobów znaczenie ma nie tylko funkcjonalność i ekonomiczność rozwiązania. Pod uwagę bierze się pełen cykl życia produktu. Ma to związek z rosnącą świadomością niekorzystnego wpływu procesów produkcyjnych dóbr konsumpcyjnych na środowisko naturalne. Analiza procesu życia produktu obejmuje wiele aspektów: począwszy od doboru materiałów (źródło ich pochodzenia, wpływ sposobu ich pozyskania na degradację środowiska), energochłonność i szkodliwość procesu produkcyjnego dla środowiska, serwisowanie i eksploatacja produktu oraz ostatecznie analiza problemu jego utylizacji po zakończeniu okresu eksploatacji.

Wyodrębniono także technologie kreujące czwartą rewolucję przemysłową. Zaliczyć do nich należy:

- **Technologia chmury** – jest to nowe podejście do organizacji wirtualnych przestrzeni serwerowych. Firmy dostarczające usługi w zakresie przetwarzania i gromadzenia danych na serwerach komputerowych podłączają farmy serwerów do tzw. wirtualnej chmury. Takie podejście ułatwia dostęp do danych dla każdego użytkownika usług serwerowych. Praktycznie z każdego miejsca z zastosowaniem urządzeń mobilnych takich jak smartfony, desktopy czy laptopy użytkownik może się podłączyć do swoich zasobów i efektywnie nimi zarządzać.
- **Rzeczywistość wirtualna i rozszerzona** – zastosowanie technologii ma ogromny potencjał w obszarze budowy zaawansowanych, interaktywnych interfejsów „człowiek-maszyna”. Wiąże się z wykorzystaniem urządzeń umożliwiających uczestnictwo w świecie wirtualnym stworzonym przez odpowiednie oprogramowanie komputerowe.
- **Integracja systemów** – w *Przemysle 4.0* zakłada się zastosowanie sterowania rozproszonego. Praktycznie każde urządzenie, wybrany fragment linii produkcyjnej czy cała maszyna może mieć własne inteligentne komponenty automatyki zdolne do komunikacji i lokalnego przetwarzania danych. Rozproszone komponenty automatyki samodzielnie kontrolują stany sterowanych przez siebie urządzeń i reagują jedynie na polecenia z zewnętrznych systemów sterowania.
- **Symulacje procesów** – wraz z rozwojem nowej dziedziny wiedzy jaką jest mechatronika pojawiły się systemy komputerowe do symulacji procesów roboczych zaawansowanych urządzeń mechatronicznych. Oprogramowanie symulacyjne obejmuje różne obszary działania takich urządzeń. Konieczność realizacji tego typu symulacji podyktowana jest względami ekonomicznymi. Producent zaawansowanych rozwiązań mechatronicznych dla potrzeb *Przemysłu 4.0* nie może sobie pozwolić na budowę kosztownych prototypów tylko po to, aby przetestować dane rozwiązanie
- **Internet rzeczy** – w związku z przyjęciem przez *Przemysł 4.0* koncepcji rozproszonych systemów automatyki, w których poszczególne komponenty mogą samodzielnie gromadzić i przetwarzać dane, nieodzownym elementem działania takich systemów jest wzajemna komunikacja. Globalny dostęp do Internetu zaowocował ideą transmisji danych przez sieć internetową bez pośrednictwa człowieka tylko pomiędzy maszynami.
- **Big Data** – w *Przemysle 4.0* można wyróżnić dwa obszary zastosowania tej technologii. Pierwszy dotyczy analizy danych w celu określenia preferencji zakupowych klientów. Drugim obszarem zastosowania algorytmów Big Data jest obszar diagnostyki procesów produkcyjnych i samodiagnostyki maszyn. Maszyny wyposażone w czujniki zdolne są do generowania dużej ilości danych. Przetwarzanie tego typu danych z zastosowaniem algorytmów Big Data z elementami uczenia maszynowego daje ogromny potencjał opracowania inteligentnych systemów diagnostyki, monitorujących np. procesy zużycia maszyny. W zakresie procesów produkcyjnych wielkoskalowe zbieranie danych o wskaźnikach monitorujących jakość realizowanego procesu technologicznego może być wykorzystane do ciągłego doskonalenia jakości realizowanego procesu.

- **Cyberbezpieczeństwo** – kwestie zabezpieczeń maszyn przed atakiem cybernetycznym odgrywają bardzo ważną rolę. W dobie Internetu rzeczy maszyny podłączone do sieci globalnej gromadzą, przetwarzają i wymieniają dane, często o znaczeniu strategicznym.
- **Technologie przyrostowe (tzw. drukowanie 3D)** – mają duży potencjał rozwoju. Wpisują się w model zindywidualizowanej produkcji seryjnej. Maszyny wykorzystywane w druku 3D są łatwo programowalne, co pozwala na szybką zmianę parametrów procesu produkcyjnego.
- **Sztuczna inteligencja** – w *Przemysle 4.0* znajduje dwojakie zastosowanie. Algorytmy sztucznej inteligencji takie jak sztuczne sieci neuronowe, logika rozmyta oraz algorytmy genetyczne wykorzystuje się do projektowania, sterowania urządzeń mechatronicznych oraz budowy interfejsów komunikacyjnych „człowiek-maszyna”. Drugim przejawem sztucznej inteligencji jest wyposażanie maszyn w coraz większą liczbę sensorów umożliwiających śledzenie otoczenia lub rejestrację własnych procesów zachodzących podczas pracy.
- **Uczenie się maszyn** – zagadnienie pokrewne ze sztuczną inteligencją i często z nią łączone. Uczenie maszynowe za cel stawia nie tylko samodiagnostykę, ale również samodoskonalenie się maszyn, np. poprzez ciągłe monitorowanie i przetwarzanie danych o realizowanym procesie roboczym maszyna doskonali jego parametry w celu poprawy jakości i wydajności. W procesach uczenia maszynowego często stosowane są technologie z obszaru sztucznej inteligencji. Do technologii tych przede wszystkim zaliczają się sztuczne sieci neuronowe.

Analiza przedstawionych wyżej cech charakterystycznych Przemysłu 4.0 pozwoliła zdefiniować obszary badawcze i wynikające z tego kryteria dla metodologii badania. Wyłaniając obszary badawcze szczególną uwagę zwrócono na realne możliwości polskiego przedsiębiorcy w zakresie spełnienia paradygmatów *Przemysłu 4.0*. W konsekwencji zrealizowano drugi etap pracy badawczej i przeprowadzono badanie pilotażowe *Dostosowanie przedsiębiorstw do czwartej fali rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)*. Badaniem objęto 5515 dobranych celowo przedsiębiorstw z terytorium całej Polski. Na potrzeby badania opracowano formularz składający się z pięciu modułów:

1. Pozycja przedsiębiorstwa w globalnym łańcuchu wartości;
2. Wykorzystanie technologii (takich jak: oprogramowanie ERP, chmura obliczeniowa, Internet rzeczy, Big Data, sztuczna inteligencja) oraz ich wpływ na przedsiębiorstwo i stan zatrudnienia;
3. Indywidualizacja produkcji i poprodukcyjny monitoring życia produktu;
4. Produkcja technologii *Przemysłu 4.0*;
5. Podsumowanie (plany inwestycyjne przedsiębiorstwa związane z technologiami *Przemysłu 4.0*).

3. Wyniki badania pilotażowego

Dane zaprezentowane poniżej dotyczą głównych zagadnień. Pełne wyniki zamieszczone zostały w raporcie końcowym wraz z kompletem tablic wynikowych (załącznik 6).

Pozycja przedsiębiorstwa w globalnym łańcuchu wartości

Wyniki badania wskazują, że przedsiębiorstwa z działu *Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej nieklasyfikowana* należały do podmiotów, których ostateczny produkt najczęściej trafiał bezpośrednio do klienta końcowego (84,2%). Również podmioty z tego działu posiadały najczęściej prawo własności do dokumentacji technologicznej (76,9%). Najmniej liczną grupę podmiotów wytwarzających ostateczny produkt odnotowano w dziale *Produkcja pozostałego sprzętu transportowego* (60,0%), natomiast prawo własności do dokumentacji, na podstawie której wytwarzano produkt, najrzadziej posiadały przedsiębiorstwa zajmujące się *Poligrafią i reprodukcją zapisanych nośników informacji* (26,1%).

Tablica 1. Przedsiębiorstwa wytwarzające ostateczny produkt oraz posiadające prawa własności do dokumentacji technologicznej według działów PKD (w % badanych przedsiębiorstw)

DZIAŁY PKD	Odsetek przedsiębiorstw	
	których produkty trafiają do klienta końcowego	które posiadają prawo własności do dokumentacji technologicznej
Ogółem	70,4	55,4
Produkcja artykułów spożywczych	75,5	58,8
Produkcja wyrobów z drewna oraz korka z wyłączeniem mebli; produkcja wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania	71,3	44,7
Poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji	60,9	26,1
Produkcja chemikaliów i wyrobów chemicznych	66,2	58,7
Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych	61,4	46,5
Produkcja wyrobów z pozostałych mineralnych surowców niemetalicznych	82,8	63,9
Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń	65,9	50,8
Produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych	68,3	56,5
Produkcja urządzeń elektrycznych	74,5	57,7
Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej nieklasyfikowana	84,2	76,9
Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep, z wyłączeniem motocykli	62,1	47,6
Produkcja pozostałego sprzętu transportowego ^a	60,0	49,1
Produkcja mebli	72,7	52,5

^a Obejmującego m.in. produkcję statków i łodzi, lokomotyw i taboru kolejowego, statków kosmicznych i powietrznych, wojskowych pojazdów bojowych.

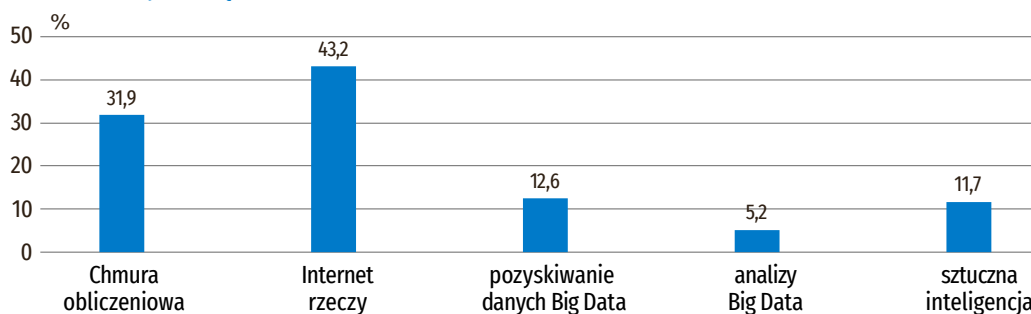
Źródło: opracowanie własne

W 2019 r. 43,2% badanych przedsiębiorstw posiadało maszyny produkcyjne podłączone do lokalnej lub globalnej sieci komputerowej. Największy odsetek takich jednostek odnotowano w podmiotach zatrudniających 250 osób i więcej. Technologię Internetu rzeczy najczęściej zastosowano po raz pierwszy dawniej niż 5 lat temu w ponad 40% badanych firm.

Wykorzystanie technologii charakterystycznych dla Przemysłu 4.0

Wśród badanych przedsiębiorstw najczęściej wykorzystywaną technologią charakterystyczną dla Przemysłu 4.0 był Internet rzeczy wykorzystywany w procesach produkcyjnych (43,2%). Chmurę obliczeniową stosowano w 31,9% badanych przedsiębiorstwach, a sztuczną inteligencję - w 11,7%. Analizy danych typu Big Data przeprowadzane były wśród 5,2% podmiotów, mimo iż w ponad 12% pozyskiwano wielkie wolumeny danych.

Wykres 1. Przedsiębiorstwa wykorzystujące technologie charakterystyczne dla Przemysłu 4.0 (w % badanych przedsiębiorstw)



Źródło: opracowanie własne

Przedsiębiorstwa wykorzystujące przynajmniej jedną technologię *Przemysłu 4.0* charakteryzowały znacznie wyższe wskaźniki wykorzystywania pozostałych technologii. Najwyższe wskaźniki zaobserwowano wśród jednostek przeprowadzających analizy danych typu Big Data. W tej grupie odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących oprogramowanie ERP był o 23,9 p. proc. wyższy niż jednostek badanych ogółem, w przypadku wykorzystania chmury obliczeniowej – wyższy o 33,2 p. proc., Internetu rzeczy - o 37,0 p. proc., a sztucznej inteligencji - o 18,5 p. proc. Natomiast wykorzystywanie oprogramowania klasy ERP w najmniejszym stopniu korelowało z wykorzystywaniem pozostałych technologii.

Tablica 2. Przedsiębiorstwa wykorzystujące poszczególne technologie *Przemysłu 4.0* według wykorzystania technologii *Przemysłu 4.0* – współwystępowanie technologii (% w wierszu)

TECHNOLOGIE	Odsetek przedsiębiorstw wykorzystujących technologie <i>Przemysłu 4.0</i>					
	ERP	chmura obliczeniowa	Internet rzeczy	pozyskiwanie danych Big Data	analizy Big Data	sztuczna inteligencja
ERP	100,0	40,1	53,7	15,7	7,1	15,6
Chmura obliczeniowa	82,6	100,0	58,4	20,8	10,6	19,6
Internet rzeczy	81,7	43,1	100,0	21,4	9,6	21,1
Pozyskiwanie danych Big Data	81,5	52,5	73,4	100,0	40,9	24,7
Analizy Big Data	89,6	65,1	80,2	100,0	100,0	30,2
Sztuczna inteligencja	87,5	53,3	77,9	26,7	13,3	100,0

Źródło: opracowanie własne

Indywidualizacja produkcji i poprodukcyjny monitoring życia produktu

Badana grupa przedsiębiorstw odznaczała się niskim poziomem indywidualizacji produkcji. Niespełna jedna piąta firm posiada stronę internetową lub aplikację umożliwiającą indywidualne komponowanie zamówienia, a tylko 2,0% przedsiębiorstw dysponowało linią produkcyjną przyjmującą bez udziału człowieka indywidualnie komponowane zamówienia.

Tablica 3. Przedsiębiorstwa charakteryzujące się indywidualizacją produkcji według klas wielkości (w % badanych przedsiębiorstw)

KLASY WIELKOŚCI	Odsetek przedsiębiorstw umożliwiających indywidualnie komponowane zamówienie poprzez				
	stronę internetową lub aplikację oferującą możliwość indywidualnego komponowania zamówienia	stronę internetową lub aplikację oferującą możliwość wizualizacji indywidualnego komponowania zamówienia	możliwość kierowania indywidualnie komponowanego zamówienia na linię produkcyjną bez udziału człowieka	linię produkcyjną umożliwiającą autonomiczne zbrojenie maszyn na potrzeby indywidualnie komponowanego zamówienia	Umożliwienie zamawiającemu śledzenia on-line postępów realizacji indywidualnie komponowanego zamówienia
Ogółem	17,5	4,1	2,0	0,4	3,7
Małe	20,0	4,1	1,3	0,2	2,8
Średnie	17,5	4,1	1,4	0,1	3,3
Duże	14,1	3,9	3,9	1,3	5,6

Źródło: opracowanie własne

Produkcja technologii Przemysłu 4.0

Wśród badanych przedsiębiorstw 16,0% produkowało maszyny i urządzenia przemysłowe. Ponad połowa z nich wytwarzała maszyny lub urządzenia mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem. Niespełna połowa produkowała maszyny wyposażone w systemy sensoryczne służące monitorowaniu stanu otoczenia lub samej maszyny.

Tablica 4. Przedsiębiorstwa produkujące maszyny lub urządzenia przemysłowe posiadające określone funkcjonalności według klas wielkości (w % badanych przedsiębiorstw produkujących maszyny lub urządzenia przemysłowe)

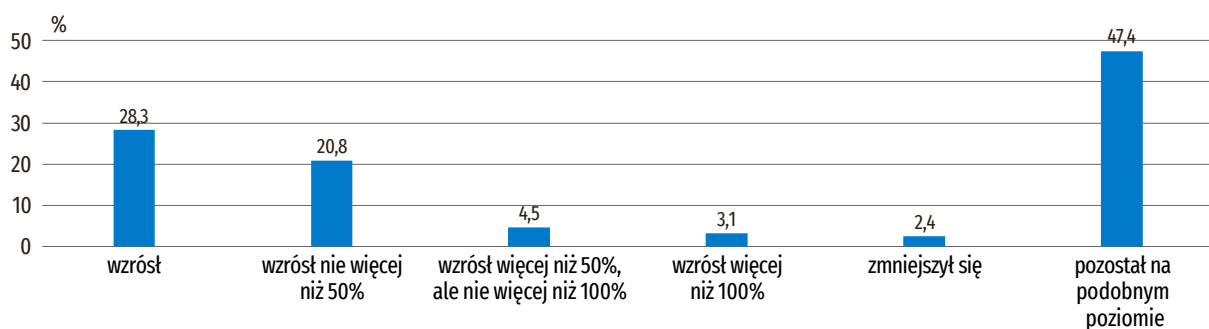
KLASY WIELKOŚCI	Odsetek przedsiębiorstw produkujących maszyny lub urządzenia przemysłowe posiadające następujące funkcjonalności			
	wyposażone w systemy sensoryczne służące monitorowaniu stanu otoczenia lub samej maszyny	posiadające możliwość elastycznego harmonogramowania produkcji bez ingerencji człowieka	wyposażone w interfejs „człowiek-maszyna” wykorzystujące technologię rzeczywistości wirtualnej lub rozszerzonej	mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem
Ogółem	44,1	19,0	13,6	55,6
Małe	41,5	20,0	19,2	53,8
Średnie	41,7	19,4	9,7	56,3
Duże	56,1	15,8	10,5	57,9

Źródło: opracowanie własne

Plany inwestycyjne przedsiębiorstw związane z technologiami Przemysłu 4.0

W 2019 r. spośród zbadanych przedsiębiorstw w ciągu ostatnich dwóch lat 28,3% odnotowało wzrost poziomu nakładów związanych z wdrożeniem/utrzymaniem/rozbudową technologii Przemysłu 4.0. W tej grupie największy udział stanowiły jednostki, w których poziom nakładów wzrósł nie więcej niż 50%, a najmniejszy jednostki, w których poziom nakładów wzrósł więcej niż 100% (odpowiednio 20,8% i 3,1%). Prawie połowa zbadanych przedsiębiorstw utrzymała nakłady inwestycyjne na podobnym poziomie oraz tyle samo jednostek planowało rozbudować i rozwijać nowoczesne technologie.

Wykres 2. Zmiany poziomu nakładów na technologie Przemysłu 4.0 w ciągu ostatnich dwóch lat (w % badanych przedsiębiorstw)



Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Niniejsza praca badawcza nie stanowi końca rozważań nad zagadnieniem *Przemysłu 4.0*. Jest to dopiero pierwszy krok podjęty w kierunku pełnego opisu tego wielowątkowego i złożonego zagadnienia. Wypracowana metodologia może jednak służyć jako podstawa konceptualizacji dalszych badań o podobnej tematyce.

Przeprowadzona praca badawcza *Wypracowanie metodologii oraz badanie stopnia dostosowania wybranych przedsiębiorstw do wymogów gospodarczych, jakie stawia czwarta fala rewolucji przemysłowej (Przemysł 4.0)* miała charakter eksperymentalny. Jej głównym celem było opracowanie metodologii badania zjawiska *Przemysłu 4.0*. Cel ten został osiągnięty. Metodologia została przetestowana na celowo dobranej grupie przedsiębiorstw. Wyniki badania pilotażowego pozwalają podjąć próbę wnioskowania w zakresie struktury i współzależności.

Wśród najważniejszych wniosków wymienić należy, że:

1. 70,4% badanych przedsiębiorstw wytwarzało ostateczny produkt trafiający bezpośrednio do klienta końcowego, a ponad połowa posiadała prawo własności do dokumentacji technologicznej, na podstawie której był on produkowany (55,4%);
2. najczęściej wykorzystywaną technologią charakterystyczną dla *Przemysłu 4.0* był Internet rzeczy wykorzystywany w procesach produkcyjnych (43,2%);
3. przedsiębiorstwa wykorzystujące przynajmniej jedną technologię *Przemysłu 4.0* charakteryzowały znacznie wyższe wskaźniki wykorzystywania pozostałych technologii. Najwyższe wskaźniki zaobserwowano wśród jednostek przeprowadzających analizy danych typu Big Data;
4. przedsiębiorstwa biorące udział w badaniu charakteryzowały się niskim poziomem indywidualizacji produkcji;
5. ponad połowa przedsiębiorstw produkujących maszyny i urządzenia przemysłowe wytwarzała maszyny lub urządzenia mogące pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem;
6. spośród zbadanych przedsiębiorstw w ciągu ostatnich dwóch lat 28,3% odnotowało wzrost poziomu nakładów związanych z wdrożeniem/utrzymaniem/rozbudową technologii *Przemysłu 4.0*.