

Opracowanie oprogramowania do inteligentnego planowania i dystrybucji zadań operatorów produkcyjnych wspomaganego przez sztuczną inteligencję w modelu cyfrowej repliki (digital twin)

POIR.01.01.01-00-0327/22

Całkowita wartość projektu: 5 265 325,00 PLN, wartość dofinansowania: 2 858 752,82 PLN



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



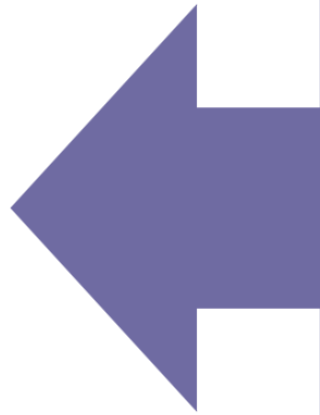
**Rzeczpospolita
Polska**

NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

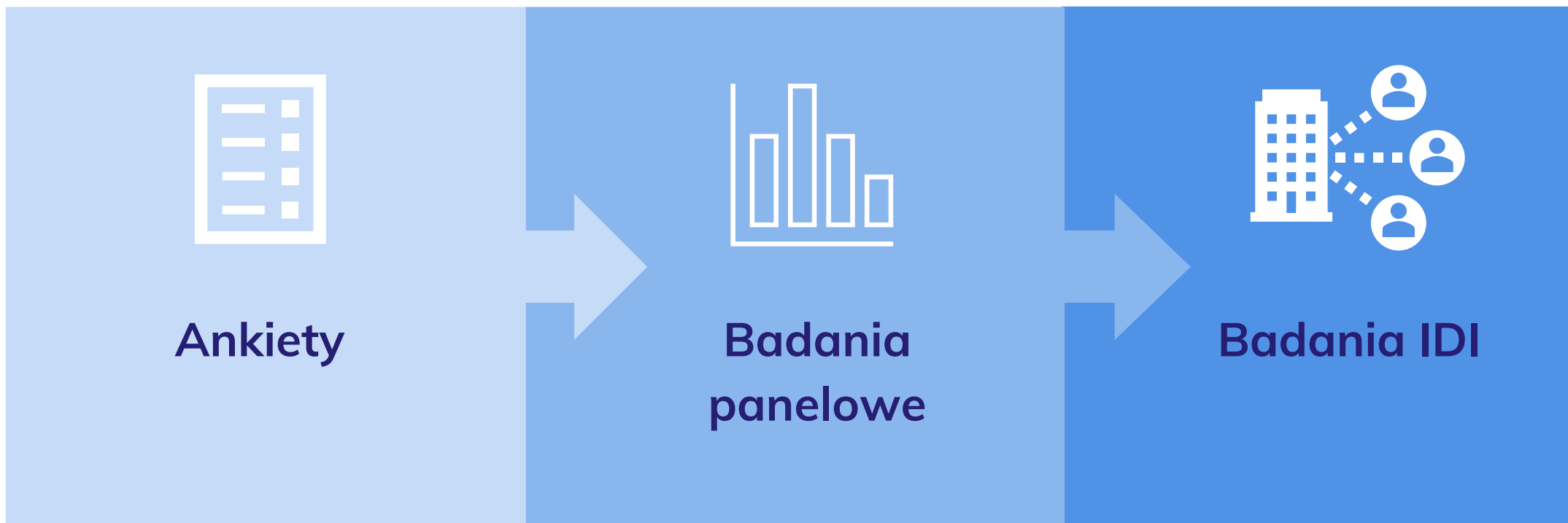
Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



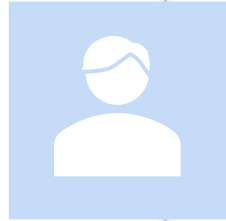
Badania przemysłowe



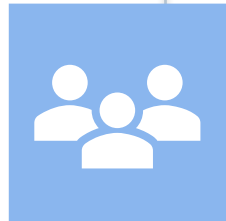
Proces badawczy



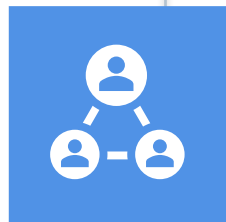
Główne obserwacje z badań



Sekretna wiedza jest w głowach mistrzów /brygadzystów



Najistotniejsze są procesy dot. operacyjnego podejmowania decyzji



Niższy priorytet mają procesy związane z aspektem kosztowym



Brak narzędzi do wizualizacji procesów

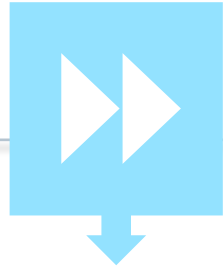


Brak efektywnego zarządzania kompetencjami oraz przewidywania zmian



Mała świadomość potrzeb w kontekście analizy danych

Zakres projektu



Prognozowanie tempa realizacji produkcji względem wykorzystanych operatorów



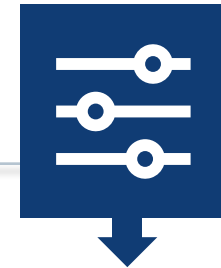
Prognozowanie wydajności operatorów/efektywności procesów produkcyjnych



Prognozowanie dostępności operatorów

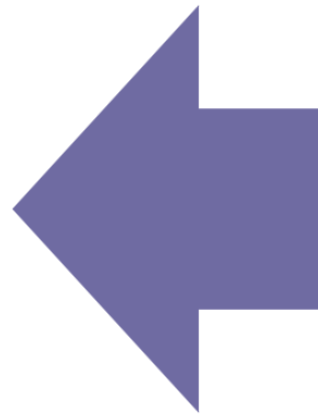


Prognozowanie dostępności kompetencji

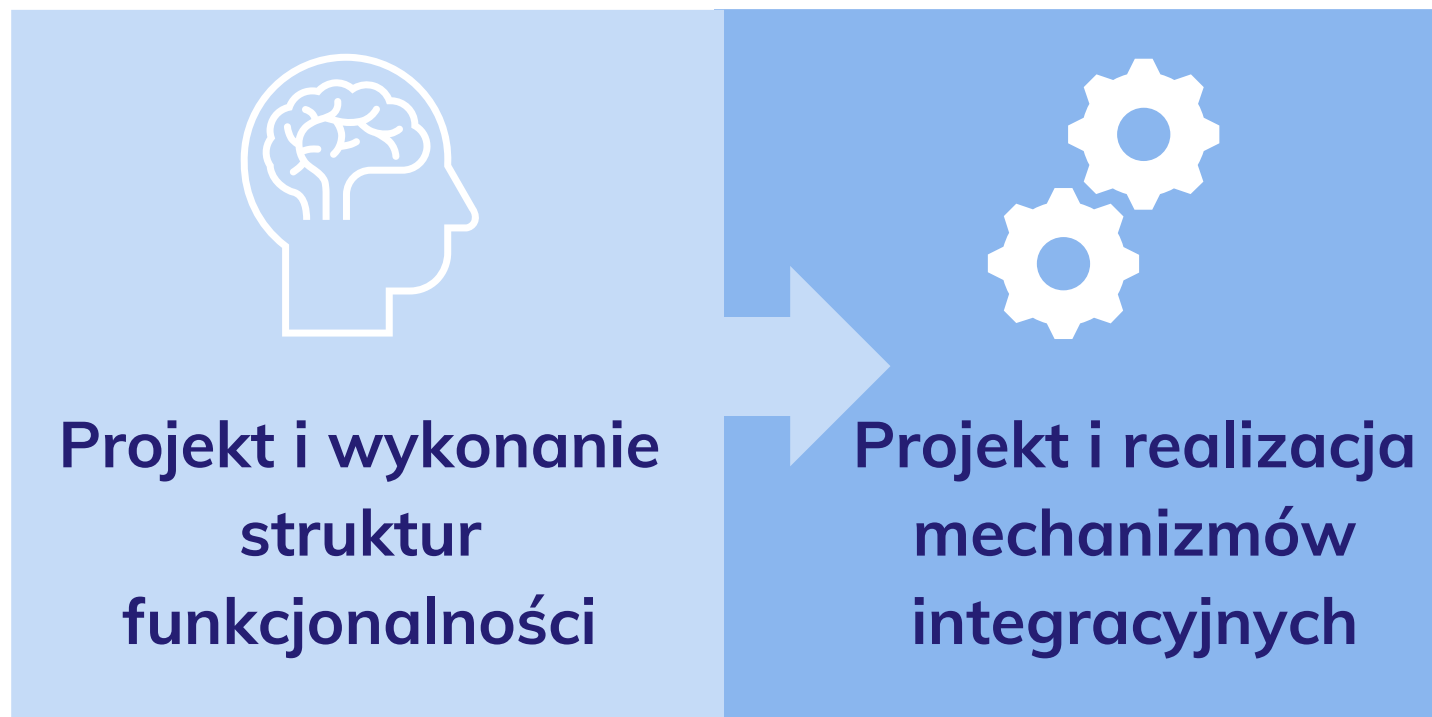


Prognozowanie zmienności kompetencji

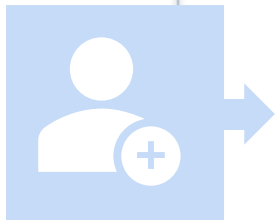
Prace
rozwojowe



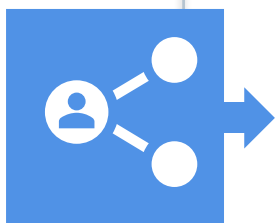
Prace rozwojowe



Wykorzystane metody analizy danych i modelowania



Metody statystyczne: Regresja logistyczna do prognozy binarnej obecności operatorów.

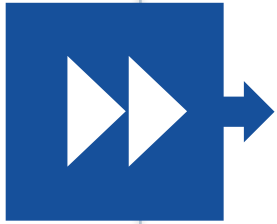


- Metody statystyczne: Analiza szeregów czasowych dla każdej kompetencji.
- Metody uczenia maszynowego: Prophet.
- Przetwarzanie danych: Symulacja danych wejściowych, transformacje dostosowujące dane do Prophet.



- Metody matematyczne: Obliczanie odległości euklidesowej pomiędzy kompetencjami operatorów do analizy podobieństwa kompetencji operatorów.
- Metody statystyczne: Regresja liniowa do analizy trendów szeregów czasowych (zmienności kompetencji w czasie), test Dickeya-Fullera (badanie stacjonarności szeregów czasowych).
- Przetwarzanie danych: Skalowanie Min-Max.

Wykorzystane metody analizy danych i modelowania



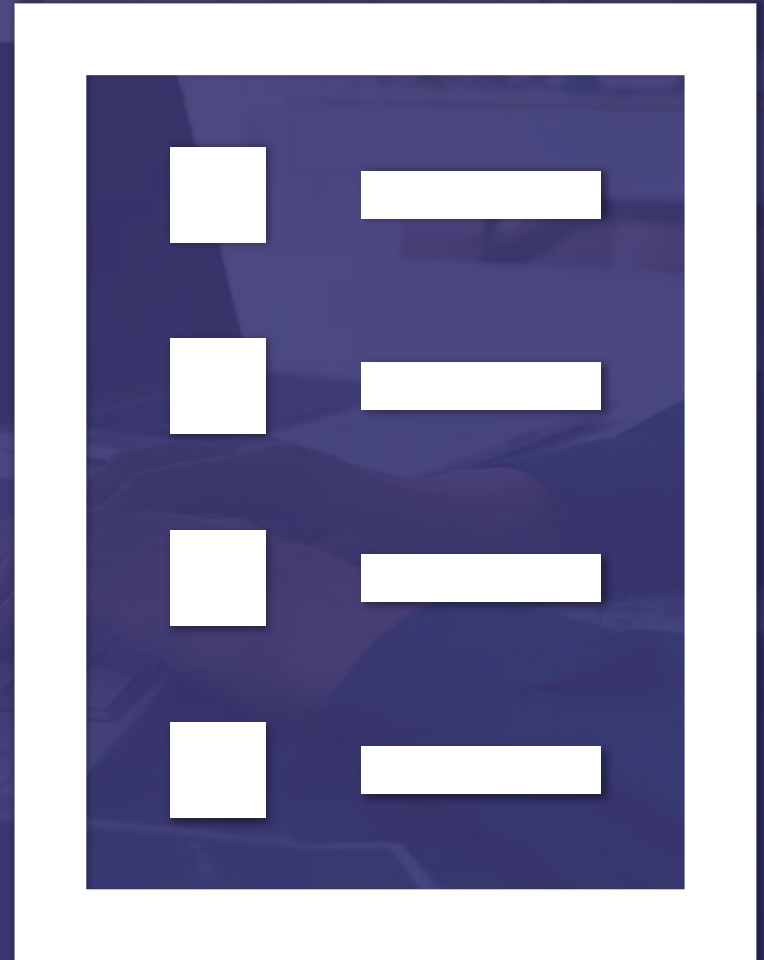
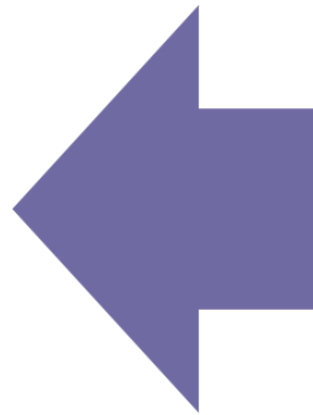
- Metody statystyczne: Imputacja danych (najczęstsza wartość), analiza korelacji, ANOVA (wstępna identyfikacja istotności zmiennych), analiza wartości odstających.



- Metody uczenia maszynowego: XGBoost – wybrany po strojeniu hiperparametrów (metodą przeszukiwania siatki oraz k-krotnej walidacji krzyżowej).

- Przetwarzanie danych: standaryzacja zmiennych ciągłych, kodowanie kategorię zmiennych nominalnych.

Wyniki projektu



Grafik planowany i prognoza dostępności operatorów

The screenshot displays a software interface for managing operator schedules and availability forecasts. The main window shows a calendar for July 2024, with the 15th (Monday) highlighted. A detailed view for Monday, July 15, 2024, is shown, indicating a forecasted availability of 11% for the employee sn205. The interface includes a table of employees and their planned shifts, a list of employees, and a detailed view for a specific day.

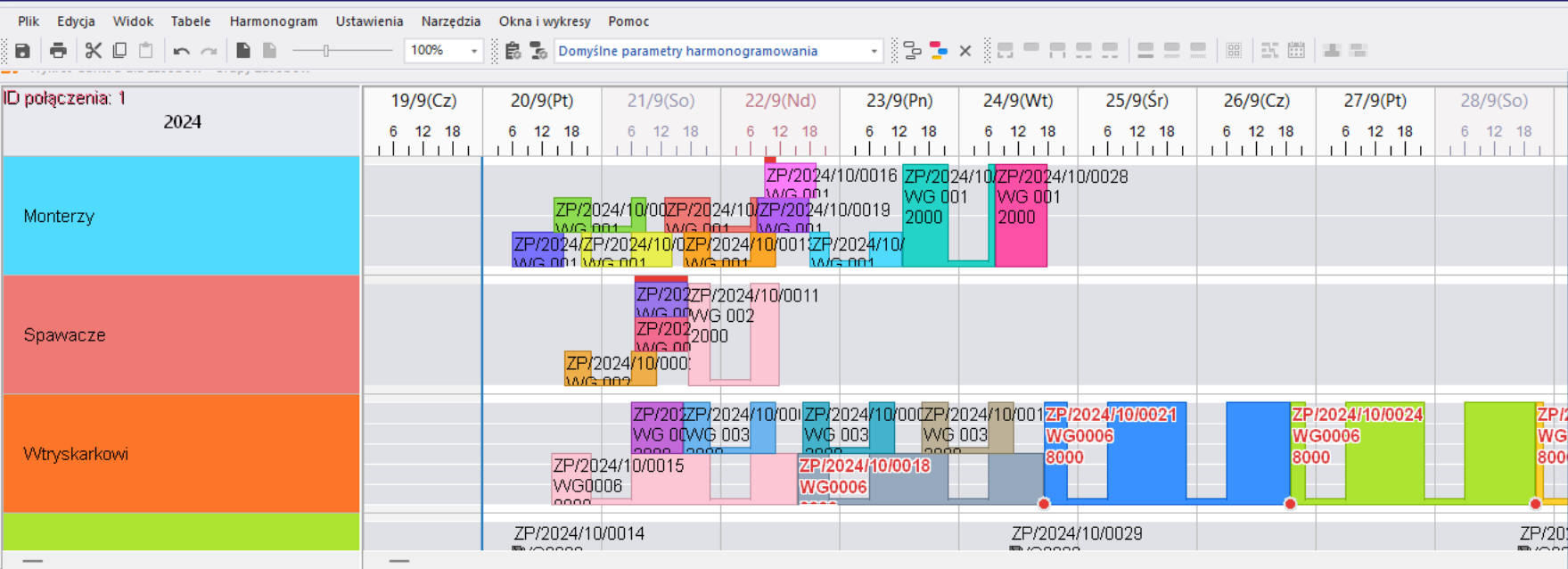
Zatrudnienie	St	10 (Śr)	11 (Cz)	12 (Pt)	13 (S)	14 (N)	15 (Pn)	16 (Wt)	17 (Śr)	18 (Cz)	19 (Pt)	20 (S)	21 (N)	22 (Pn)	23 (Wt)	24 (Śr)	25 (Cz)
sn205 fn205	R	14:00-22:00															
sn47 fn47	R	7:00-15:00	7:00-15:00	7:00-15:00													
sn501 fn501	R	wyp6	wyp6	12:00-18:00													
sn772 fn772	R	14:00-22:00	14:00-22:00	wyp8	wyp0	wyp0											

Poniedziałek, 15.07.2024
Dzień zaplanowany w godzinach 7:00 - 15:00
Prognoza obecności: pracownik **obecny na 11%**
Zwróć uwagę na ten dzień, pracownik z dużym prawdopodobieństwem nie pojawi się w pracy

Powody wyliczonej prognozy:

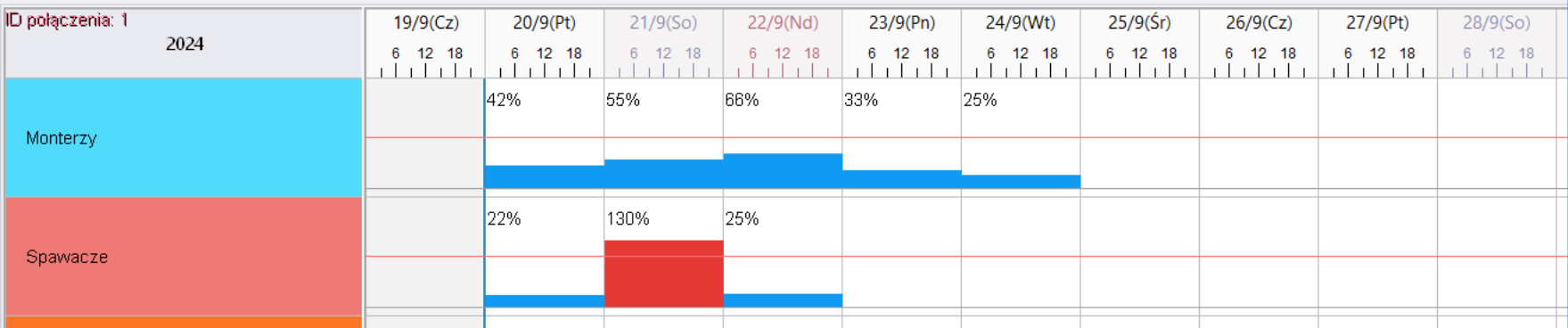
- W dniu 15.07 pracownik często nie był obecny w pracy.
- W poniedziałki pracownik często nie był obecny w pracy.

Uwzględnienie dostępności pracowników w planowaniu i harmonogramowaniu



Styl standardowy Domyślny **Grupy Zasobów** Operacje skorygowane Kompetencje

Wykres poziomy obciążenia



	Zasób	Data lub dzień tygodnia	
1	Monterzy	01/04/2024	[22:00-30:00] = 1
2	Spawacze	01/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [22:00-30:00]
3	Ustawiacze	01/04/2024	[07:00-15:00] = 2
4	Wtryskarkowi	01/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [14:00-22:00]
5	Monterzy	02/04/2024	[22:00-30:00] = 1
6	Spawacze	02/04/2024	[22:00-30:00] = 4; [06:00-07:00]
7	Ustawiacze	02/04/2024	[07:00-15:00] = 2
8	Wtryskarkowi	02/04/2024	[22:00-30:00] = 2; [06:00-14:00]
9	Monterzy	03/04/2024	[22:00-30:00] = 1
10	Spawacze	03/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [07:00-08:00]
11	Ustawiacze	03/04/2024	[07:00-15:00] = 2
12	Wtryskarkowi	03/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [14:00-22:00]
13	Monterzy	04/04/2024	[22:00-30:00] = 1
14	Spawacze	04/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [07:00-08:00]
15	Ustawiacze	04/04/2024	[07:00-15:00] = 2
16	Wtryskarkowi	04/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [22:00-30:00]
17	Monterzy	05/04/2024	[22:00-30:00] = 1
18	Spawacze	05/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [22:00-30:00]
19	Ustawiacze	05/04/2024	[07:00-15:00] = 2
20	Wtryskarkowi	05/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [14:00-22:00]
21	Monterzy	08/04/2024	[22:00-30:00] = 1
22	Spawacze	08/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [07:00-08:00]
23	Ustawiacze	08/04/2024	[07:00-15:00] = 2
24	Wtryskarkowi	08/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [14:00-22:00]
25	Monterzy	09/04/2024	[22:00-30:00] = 1
26	Spawacze	09/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [07:00-08:00]
27	Ustawiacze	09/04/2024	[07:00-15:00] = 2
28	Wtryskarkowi	09/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [14:00-22:00]
29	Monterzy	10/04/2024	[22:00-30:00] = 1
30	Spawacze	10/04/2024	[06:00-07:00] = 1; [07:00-08:00]
31	Ustawiacze	10/04/2024	[07:00-15:00] = 2
32	Wtryskarkowi	10/04/2024	[06:00-14:00] = 1; [22:00-30:00]
33	Monterzy	11/03/2024	[22:00-30:00] = 1
34	Spawacze	11/03/2024	[22:00-30:00] = 4; [06:00-07:00]
35	Ustawiacze	11/03/2024	[07:00-15:00] = 2

Styl standardowy Wszystkie właściwości

Definicja kompetencji i matryca kompetencji

Widoki

- Bigata Tomasz
- Cechy kompetencyjne
- Zatrudnienia
- Powiązania ze strukturą organizacyjną
- Kadry
- Czas pracy
- Dyspozycyjność
- Praca zdalna
- Nieobecności
- Place
- PPK
- PPE
- Deklaracje podatkowe
- E-teczka
- Rozwój pracownika
- Szkolenia
- Ankiety ocen pracowniczych
- Cechy kompetencyjne

CECHY KOMPETENCYJNE - PODMIOT (PRACOWNIK)

Cecha kompetencyjna (1)	Metoda pomiaru
<input type="checkbox"/> Certyfikat język angielski	Wartość procentowa 0-100
<input type="checkbox"/> Frezowanie płytek	Skala 1-4
<input type="checkbox"/> Gięcie	Skala 1-5
<input type="checkbox"/> Lakierowanie proszkowe	Wartość procentowa 0-100
<input type="checkbox"/> Lutowanie styków	Skala 1-7
<input type="checkbox"/> Malowanie proszkowe	Skala 1-3
<input type="checkbox"/> Obróbka maszynowa	Skala 1-4
<input type="checkbox"/> Pakowanie	Skala 1-3
<input type="checkbox"/> Uprawnienia CNC006	Skala logiczna TAK/NIE
<input type="checkbox"/> Uprawnienia do wózków widłowych	Skala logiczna TAK/NIE
<input type="checkbox"/> Uprawnienia drukarka	Skala logiczna TAK/NIE
<input type="checkbox"/> Wiercenie	

Cechy kompetencyjne - podmiot (pracownik): **Kompetencja Walcowanie**

Dane podstawowe

Cecha kompetencyjna: Lutowanie styków

Pracownik: Bigata Tomasz

Opis:

Metoda pomiaru: Skala 1-7

Wartość 0 minimalna: 0

Wartość 7 maksymalna: 7

Poziom istotności: 0

Matryca kompetencji

Pracownik: Wyszukaj

Filtry: Sortuj

Pracownik	Kompetencje																			
	Uprawnienia CNC007	Uprawnienia do wózków widłowych	Maszyna CNC001	Maszyna CNC002	Maszyna CNC003	Maszyna CNC004	Certyfikat język angielski	Uprawnienia CNC006	Malowanie proszkowe	Pakowanie	Certyfikat język francuski	Uprawnienia drukarka	Lutowanie styków	Frezowanie płytek	Obróbka maszynowa	Wiercenie	Uprawnienia Maszyna CNC018	Uprawnienia CNC020	Gięcie	Kurs produktowy
fn18 sn18 operator pras	✓		3 C	5	2 C	4	33% C		2 C	3	63%	✓	5	4	1	1	✓		1	51%
fn20 sn20 elektryk	✓		1 C	3	3	3	26% C		2 C	3	64% C		7	2 C	4 C	3	✓ C	✓	3	62%
fn21 sn21 Dyrektor ds. rozwoju Marki		✓ C	2	3	2 C	4	79% C		2	3	78% C		3	2 C	1 C	3			1	39% C
fn22 sn22 dyrektor biura handl. na Florydzie, dyrektor techn	✓	✓	3 C	4	6 C	3	31%	✓	2	2	3% C		7	3	1	4	✓ C		5	59% C
fn23 sn23 specjalista ds. finansowo-księgowych		✓ C	1 C	5	3	4	45%	✓	3 C	3	80% C	✓	4	4	3 C	1		✓	4	44%
fn27 sn27 monter wyrobów		✓	2	5	3 C	4	66% C		1	2	66% C		7	1 C	1	2		✓	4	18% C
fn32 sn32 kierownik działu konstrukcyjnego, pr.badawczo-rozwo	✓	✓ C	2 C	2	2 C	3	25%	✓	3 C	2	35%		2	4 C	4 C	4	✓ C		1	98% C
fn33 sn33 ślusarz narzędziowy			2 C	5	7	2	99%		3	2	90%	✓	6	3	4	1	✓	✓	1	16%
fn41 sn41 ślusarz narzędziowy		✓ C	2 C	3	7 C	2	49%		2	2	77% C	✓	3	1 C	3 C	4		✓	2	19% C
fn43 sn43 konstruktor w dziale badawczo-rozwojowym	✓	✓	1 C	4	6 C	4	85% C	✓	3	1	97% C	✓	1	3	2	4	✓ C	✓	1	76% C

Pokaż 10

Dane technologiczne z uwzględnieniem kompetencji operatorów

XPRESSER BRAK LICENCJI WG 001/R1

Widoki

Instrukcje: M

Dane podstawowe Kompetencje Dane systemowe

Wymagana liczba do kompetencji

Kompetencja	Wymagana liczba do kompetencji
Lutowanie styków	1

Widoki

Dane podstawowe Operacje TKW Dane systemowe

Numer operacji	Proces kod	Warunek waż...	Selektor zadania	Warunek waż...	Rodzaj instrukcji (1)	Kod instrukcji	Produkcja / Czas prod...	Zakończenie
	10	Lutowanie			1. Instrukcja wejścia	In01	1.000000	
	10	Lutowanie			1. Instrukcja wejścia	In02	.00107	
	10	Lutowanie	10STAN.PAK.3		2. Instrukcja użycia	M	188ph	
	10	Lutowanie			3. Instrukcja wyjścia	OUT	1	

ASPROVA_Start - Asprova MS [64bit] 17.3.0.98 Edycja profesjonalna (bez umowy serwisowej)

Tabela - Własna tabela główna

	Pozycja	Numer operacji	Proces - kod	Rodzaj instrukcji	Kod instrukcji	Zasób/Pozycja	Numer poprzednie	Przebrojenie	Produkcja/Czas produkcji	Zakończenie	Metod relacji mi
1	WG 001	10	Lutowanie	Instrukcja w	In01	MOD.O.BL.STYK.MALY.ST	-1		1.000000		ES
2				Instrukcja w	In02	O.GR.1.5.9.0	-1		.00107		ES
3				Instrukcja w	OUT	WG 001	-1		1		
4				Instrukcja uż	M	STAN.PAK.3		0	188ph		
5				Instrukcja uż	SC01	Lutowanie styków		0	188ph		

Uwzględnienie dostępności operatorów w planowaniu i harmonogramowaniu

The screenshot displays a software interface for resource planning. The top part shows a Gantt chart for the year 2024, with tasks for 'FREZ001', 'FREZ002', 'Lutowanie styków', and 'Frezowanie płytek'. The bottom part shows a resource loading chart for the same period, with percentage values for each resource. A circular callout highlights the 'Właściwości' (Properties) window for a resource, showing various attributes and their values.

Właściwość	Wartość
<input type="checkbox"/> Lutowanie styków	Lutowanie styków
Nazwa zasobu	Brak
<input type="checkbox"/> Grupy zasobów	Grupy zasobów (0)
Elementy grup	Elementy grupy (0)
Klasa zasobu	Zasób standardowy
Typ zasobu	Zasób główny
Ograniczenie	Ograniczenie ilościowe zasobu
Flaga przydziału	Flaga przydzielenia ilości zasobu
Czy zasób szablonowy	Nie
<input type="checkbox"/> Komentarze	Komentarze (0)
Rodzaj kosztu	Za roboczogodzinę

Grupy pracowników oraz ich średnie tempo pracy

The screenshot displays a software interface for managing resources. On the left, a list of resource groups is shown, with 'Pracownicy montażu' selected. The main panel shows details for the 'Pracownicy montażu' group, including its name 'Monterzy na wydziałach' and an average work rate of 735,36. Below this, a table lists individual employees with their identifiers, names, and work logs.

Identyfikator	Nazwa	Przebieg	Przebieg	Przebieg	Przebieg
2019.00000538	Wysoki Przemysław				2019-08-23 15:13
2019.00000517	Gajda Kamil				2019-08-23 15:07
2020.00000346	Bom Olgierd	703,84	Log	c36	2020-12-21 14:02
2020.00000207	Kowalski Adam	705,42	Log	c36	2020-09-02 19:59

Wydajność i efektywność z poziomu produktu oraz pracownika

Widok: Kowalski Jan

WYDAJNOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ - STATYSTYKA - PRACOWNIK

Pracownik	Produkt/Narzędzie (1)	Zasób główny	Prognozowana wydajność na tie innych pracowników
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	ZAK.005.04	STAN.PAK.4	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	ZAK.005.04	MP.P.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	ZAK.005.04	STAN.PAK.2	Zniżający
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	ZAK.005.04	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	ZAK.005.04	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.5	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.4	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.2	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	SUS.01293.34	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	SUS.01293.34	MP.P.5	Zwyżający
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	SUS.01293.34	STAN.PAK.4	Zwyżający
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	SUS.01293.34	MP.P.8	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	SUS.01293.34	STAN.PAK.2	Zwyżający
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	SUS.01293.34	STAN.PAK.6	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	PP.0001.23	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	PP.0001.23	STAN.PAK.2	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	PP.0001.23	MP.SU.2	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	PP.0001.23	STAN.PAK.6	Zwyżający

Dane historyczne

Ilość produkcji z brakami: 38 951,00

Ilość braków: 0,00

Ilość produkcji bez braków: 38 951,00

Łączny czas produkcji: 25371:35

Widok: WYBÓR GOTOWY 1 x

WYDAJNOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ - STATYSTYKA - ZASÓB RZECZOWY

Pracownik	Produkt/Narzędzie	Zasób główny (1)	Prognozowana wydajność...
Zasób główny: STAN.PAK.1			
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Adam	WG 001	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Wysoki Przemysław	WG 001	STAN.PAK.1	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Persona Jerzy	WG 001	STAN.PAK.1	Horyzontalny
Zasób główny: STAN.PAK.2			
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.2	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Trafny Piotr	WG 001	STAN.PAK.2	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Persona Jerzy	WG 001	STAN.PAK.2	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Wysoki Przemysław	WG 001	STAN.PAK.2	Horyzontalny
Zasób główny: STAN.PAK.3			
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Gajda Kamil	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Trafny Piotr	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Bigata Tomasz	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Bom Olgierd	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> c45372	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Kowalski Adam	WG 001	STAN.PAK.3	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Persona Jerzy	WG 001	STAN.PAK.3	Zniżający
<input type="checkbox"/> Wysoki Przemysław	WG 001	STAN.PAK.3	Zniżający
Zasób główny: STAN.PAK.4			
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.4	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Persona Jerzy	WG 001	STAN.PAK.4	Horyzontalny
Zasób główny: STAN.PAK.5			
<input type="checkbox"/> Kowalski Jan	WG 001	STAN.PAK.5	Horyzontalny
<input type="checkbox"/> Bom Olgierd	WG 001	STAN.PAK.5	Horyzontalny
Zasób główny: STAN.PAK.6			
<input type="checkbox"/> Trafny Piotr	WG 001	STAN.PAK.6	Horyzontalny

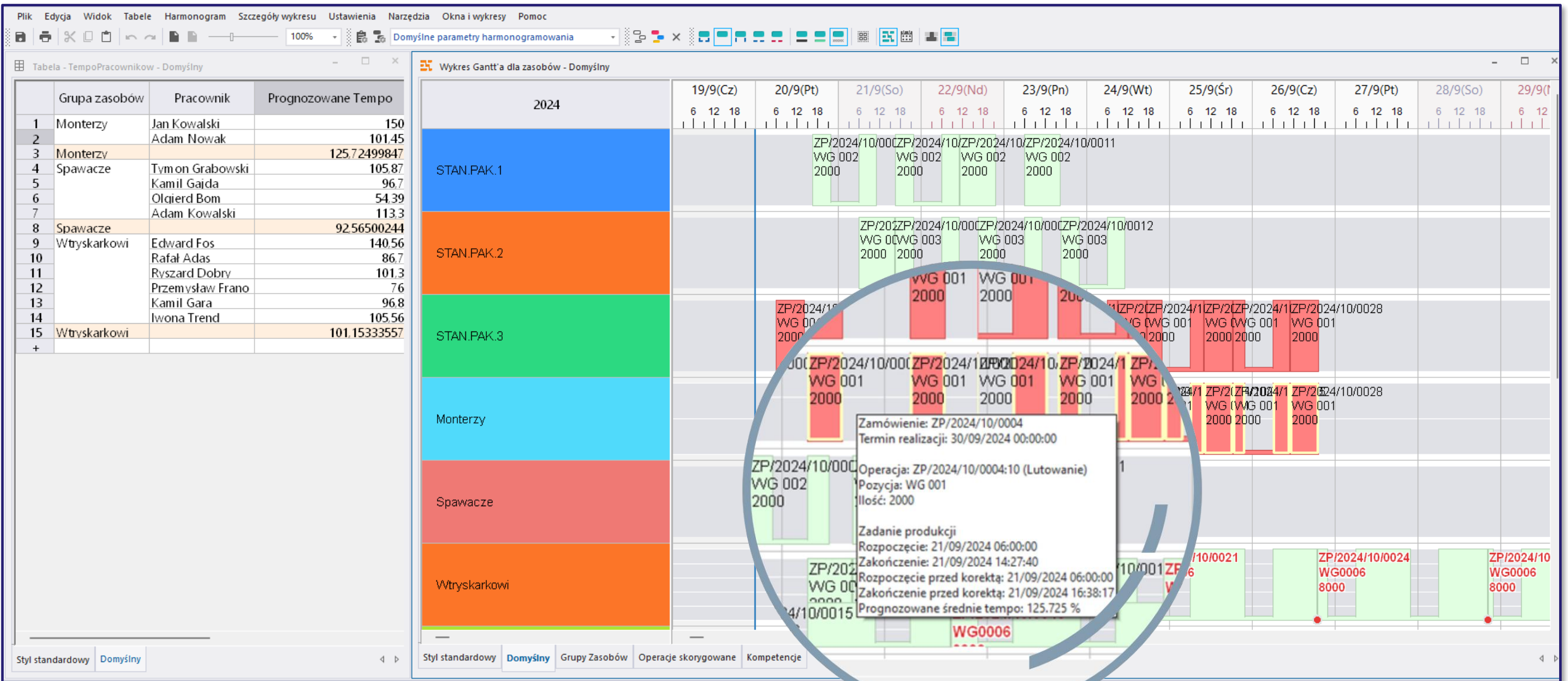
Ilość produkcji z 200,00 brakami: 200,00

Ilość braków: 0,00

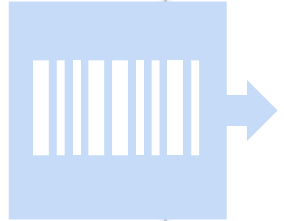
Ilość produkcji bez braków: 200,00

Łączny czas produkcji: 0:22

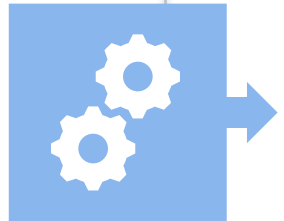
Grupy pracowników oraz ich średnie tempo pracy



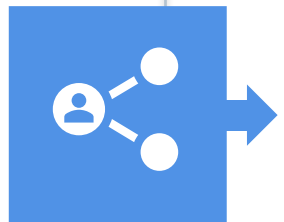
Przykłady zastosowania



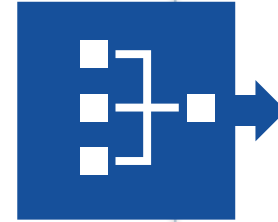
Indeks dawno
nieprodukowany/
rzadko produkowany



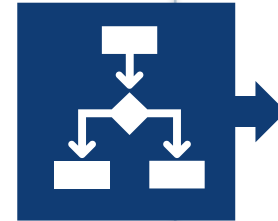
Produkcja na
materiale
powierzonym



Klient wymagający
100% dobrych
produktów



Dopasowanie
indeksów do maszyny



Krótkie terminy
realizacji



Proces
S&OP

Korzyści biznesowe z integracji obszarów HR i produkcji



Zarządzanie danymi z jednego miejsca



Spójność grafiku pracy
z planem produkcji



Usprawnienie procesu przydzielania zadań
pracownikom



Urealnienie harmonogramu produkcji



Szybsza reakcja na planowane
i prognozowane absencje pracowników



Dostarczenie danych do KPI



eq system technology sp. z o.o.

ul. św. Antoniego 50

41-303 Dąbrowa Górnicza

NIP 637 01 02 776

Opracowanie oprogramowania do inteligentnego planowania i dystrybucji zadań operatorów produkcyjnych wspomaganego przez sztuczną inteligencję w modelu cyfrowej repliki (digital twin)

POIR.01.01.0100-0327/22

Całkowita wartość projektu: 5 265 325,00 PLN, wartość dofinansowania: 2 858 752,82 PLN



Rzeczpospolita
Polska



Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego

