

# KONCEPCJA ZASTOSOWANIA ELEMENTÓW SYSTEMU SSĄCEGO W PRZEMYSŁE WYDOBYWCZYM

**Maria ROSIENKIEWICZ, Joanna HELMAN**

**Streszczenie:** Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie koncepcji adaptacji systemu ssącego do warunków przedsiębiorstwa z branży wydobywczej. W artykule zaprezentowane zostały założenia systemu ssącego, będącego jednym z filarów koncepcji *Lean Management*, oraz scharakteryzowano koncepcję Kanban. Omówiono także specyfikę przemysłu wydobywczego oraz przedstawiono podejście do wdrożenia elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich. Badania prowadzono w ramach projektu badawczo-rozwojowego „Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

**Słowa kluczowe:** system ssący, części zamienne, przemysł wydobywczy.

## 1. Wprowadzenie

Metodyka *Lean Management*, która rozwinięta została w ramach systemu produkcyjnego Toyoty, stosowana jest obecnie szeroko na świecie w wielu branżach przemysłu. Od lat przynosi doskonałe rezultaty polegające między innymi na usprawnianiu procesów produkcyjnych i biznesowych, co w konsekwencji prowadzi do redukcji kosztów, zwiększenia elastyczności procesów i uzyskania przewagi konkurencyjnej. Branża wydobywcza, a w szczególności górnictwo podziemne, różni się znacząco od pozostałych gałęzi przemysłu. Bez uwzględnienia specyfiki przemysłu wydobywczego zajmowanie się problematyką efektywności ekonomicznej może prowadzić do błędnych decyzji i działań. Dlatego też wykorzystywanie metod zarządzania, które sprawdzają się w przedsiębiorstwach *stricte* produkcyjnych, wymaga odpowiedniej adaptacji i uwzględnienia cech charakterystycznych dla procesów wydobywczych. Specyfika przedsiębiorstw górniczych wynika przede wszystkim z faktu, że proces produkcyjny realizowany jest w środowisku przyrodniczym, przez co charakteryzuje się dużą zmiennością oraz niepewnością i z tego względu wpływa na stosowane technologie eksploatacji, sposób organizacji procesu produkcyjnego, jego ciągłość w czasie, sprawność i możliwość sterowania.

Wdrażanie nowoczesnych metod zarządzania w przedsiębiorstwach z przemysłu wydobywczego jest zatem utrudnione i zawsze wymaga odpowiedniej adaptacji. Niemniej jednak procesy zachodzące w kopalniach, ze względu na swoją specyfikę, szczególnie wymagają wdrażania nowych metod i narzędzi pozwalających na poprawę efektywności, zmniejszenia kosztów i eliminację marnotrawstwa.

Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie koncepcji adaptacji systemu ssącego do warunków przedsiębiorstwa z branży wydobywczej. Przedstawiony zostanie sposób wdrożenia elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich w przedsiębiorstwie górniczym.

## 2. Założenia systemu ssącego

Koncepcja zarządzania określana mianem *Lean Production* lub też *Lean Management* ukierunkowuje rozwój przedsiębiorstwa produkcyjnego w stronę racjonalnej gospodarki zasobami [1]. Jedną z charakterystycznych dla *Lean Management* metod sterowania produkcją jest system ssący (*pull system*). Różni się on od tradycyjnych metod w kilku istotnych aspektach. W przedsiębiorstwie zarządzanym w tradycyjny sposób wszystkie procesy produkują zgodnie z dostarczonym harmonogramem produkcyjnym. Jednak zazwyczaj nie zapewnia on zsynchronizowanego w czasie sprzężenia zwrotnego pomiędzy procesami zachodzącymi w dole strumienia wartości z informacjami o dokładnych potrzebach. Zastosowanie systemu ssącego z kolei pozwala na połączenie i synchronizację działalności produkcyjnej procesów zachodzących w górze i w dole strumienia wartości – czyli procesów dostarczających (dostawca) i odbierających (klient). Dodatkowo należy zauważyć, że w klasycznym wytwarzaniu przemieszczanie materiałów pomiędzy procesami zachodzi wówczas, gdy dostawca zakończy przetwarzanie wyrobu. W efekcie materiał jest pchany (*push*) do kolejnego stanowiska, bez względu na rzeczywiste potrzeby klienta (proces odbierający). W przeciwieństwie do tego rozwiązania, system ssący umożliwia sterowanie przemieszczaniem materiału przy uwzględnieniu zarówno czasu, jak i ilości, w zależności od sygnałów pochodzących z procesu klienta.

Ogólnie można stwierdzić, że system ssący stanowi metodę sterowania produkcji, w której czynności z dołu strumienia wartości sygnalizują swoje potrzeby czynnościom w górze strumienia wartości. Produkcja w systemie ssącym ma na celu eliminację nadprodukcji i jest jednym z trzech głównych komponentów kompletnego systemu produkcyjnego *just-in-time* JIT (dokładnie na czas) [2].

Głównym celem stosowania systemu ssącego pomiędzy dwoma procesami jest zagwarantowanie sterowania produkcją procesowi dostawcy, bez potrzeby harmonogramowania i przewidywania zapotrzebowania. W systemie ssącym, będącym metodą sterowania pomiędzy obszarami o przepływie ciągłym, tempo pobierania elementów z supermarketu przez proces klienta decyduje o tym, co, kiedy i w jakiej ilości produkuje dany proces [3]. Ogólnie można stwierdzić, że proces klienta pobiera z supermarketu to czego potrzebuje i wtedy kiedy tego potrzebuje, natomiast proces dostawcy uzupełnia to co zostało pobrane. System ssący stanowi skuteczną metodę sterowania produkcją w sytuacji, gdy istniejące procesy nie mogą zostać połączone w jeden system o ciągłym przepływie. Należy jednak zaznaczyć, że w niektórych przypadkach magazynowanie w supermarketach wszystkich możliwych typów części nie jest właściwym rozwiązaniem. Z takiego sposobu należy zrezygnować jeśli produkcja wyrobów następuje zgodnie ze specyfikacją klienta, wówczas gdy każda produkowana część jest unikalna, części charakteryzuje krótki okres przydatności, a także kiedy części wykorzystywane są nieregularnie, a ich koszt wytworzenia jest wysoki [3].

Supermarkety budują niezbędną infrastrukturę magazynowania materiałów i półwyrobów dzięki czemu umożliwiają poprawne działanie logistyki wewnętrznej w przedsiębiorstwie. Stanowiąc miejsca przechowywania pracują według ściśle określonych reguł. W supermarketach każdy element ma jednoznacznie przypisaną lokalizację. Ponadto stosowanie supermarketów zapewnia implementację zasady FIFO (*first in, first out*), co oznacza, że wyroby wyprodukowane w pierwszej kolejności przechodzą do następnej operacji jako pierwsze [4].

## 2.1. Koncepcja Kanban

Nieodłącznym elementem systemu ssącego jest koncepcja (system) Kanban. Jest ona ściśle powiązana z *Lean Management* i JIT. Można stwierdzić, że pełni wobec nich rolę narzędzia. Koncepcja Kanban opiera się na ciągłym uzupełnianiu potrzeb materiałowych na stanowisku produkcyjnym, do ustalonego i bezpiecznego poziomu [1]. Założenia tej koncepcji opracowano w Japonii w latach 50 XX wieku. W języku japońskim słowo Kanban w wolnym tłumaczeniu oznacza „widoczny opis” (z jęz. jap. Kan - widoczny, Ban - kartka papieru). Metoda ta zakłada wykorzystanie poszczególnych kart wyrobów, ich cyrkulację i analizę. Obecnie dzięki ciągłym usprawnieniom Kanban może także oznaczać system informacyjny, system planowania, rozdziału oraz kontroli czynności i zadań produkcyjnych. Jego istotą jest takie organizowanie procesu wytwórczego, aby każda komórka organizacyjna produkowała dokładnie tyle, ile wynosi aktualne zapotrzebowanie. W metodzie tej, za czynnik krytyczny zarządzania materiałami uznano sterowanie zapasami.

W typowym przedsiębiorstwie produkcyjnym zastosowanie systemu Kanban pozwala na prawie całkowitą eliminację magazynów, zarówno przedprodukcyjnych, poprodukcyjnych jak i międzyoperacyjnych. Dzieje się tak ponieważ dostawy materiałów od dostawców realizowane są dokładnie na czas, a dzięki odpowiednim rezerwom zdolności produkcyjnych, uniwersalnych maszyn i urządzeń, problem zapasów międzyoperacyjnych jest znikomy. Zlecenia produkcyjne są ściśle zsynchronizowane z zamówieniami klientów, co eliminuje konieczność posiadania magazynów produktów gotowych.

Wyróżnić można cztery podstawowe cele stosowania Kanbana w typowym przedsiębiorstwie produkcyjnym [5]. Po pierwsze Kanban zapobiega nadprodukcji oraz nadmiernemu przemieszczaniu materiałów pomiędzy procesami. System Kanban pozwala dostarczyć konkretne zlecenia produkcyjne procesom w oparciu o zasady uzupełniania. Cel ten realizowany jest poprzez zarządzanie zarówno synchronizacją czasu ruchu materiałów, jak i ilością przemieszczanych materiałów. Kanban służy nadzorującą produkcję za narzędzie sterowania wizualnego. Pozwala stwierdzić, czy produkcja wyprzedza, czy też spóźnia się z realizacją harmonogramu. Ponadto Kanban można traktować jako narzędzie ciągłego doskonalenia. Każdy Kanban reprezentuje pojemnik zapasów w strumieniu wartości. Planowana z czasem redukcja liczby Kanbanów w systemie, oznacza bezpośrednio redukcję zapasów i odpowiadające tej redukcji zmniejszenie czasu przejścia od surowca do klienta.

Zlecenie produkcyjne w systemie Kanban nie trafia na początek linii produkcyjnej, lecz na koniec. Operator ostatniego stanowiska otrzymuje harmonogram dostaw wyrobów gotowych do odbiorców. Podczas realizacji zamówienia klienta wyroby (lub surowce) pobierane są (ssane) z poprzednich stanowisk w linii produkcyjnej, te z kolei ze stanowisk je poprzedzających, równocześnie uzupełniając wyroby przekazane do stanowiska następnego. Takie rozwiązanie pozwala na synchronizację przepływu materiałów z taktem pracy ostatniego stanowiska w procesie produkcyjnym.

Karty te zawierają informacje o produkowanym wyrobie, tzn. nazwę i numer części, wielkość partii produkcyjnej, liczbę materiału dostarczanego przy wykorzystaniu jednej karty (tzw. licznosc Kanbana), zewnętrzny lub wewnętrzny proces zasilający, ilość w opakowaniu, adres składowania i lokalizację procesu zużywającego (konsumującego).

Dodatkowo zawiera ona informacje na temat sposobu transportu pomiędzy stanowiskami, tzn. informacje o wykorzystywanych pojemnikach, miejscach pobrania oraz

dostarczenia materiału. Odpowiednie zaprojektowanie karty ma za zadanie szybkie i łatwe do zrozumienia dla operatorów poszczególnych stanowisk zasygnalizowanie o zaistnieniu potrzeby dostarczenia materiałów. Na karcie można umieścić kod kreskowy dla celów śledzenia ruchu materiału lub automatycznego fakturowania. W przypadku dużych odległości, często zamiast prostych kart Kanban wykorzystuje się sygnały elektroniczne. W celu odróżnienia typów kart Kanban stosuje się oznaczenia kolorystyczne. Zazwyczaj karty produkcyjne są koloru czerwonego, karty zdawcze, mające na celu zasygnalizowanie potrzeby przemieszczenia wyrobów gotowych do magazynu są koloru niebieskiego, a karty zamówieniowe, oznaczające zaistnienie potrzeby zamówienia surowców z zewnątrz są koloru żółtego.

System Kanban można zastosować w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym, a także w firmach zajmujących się świadczeniem usług magazynowych i logistycznych, czyli w takich przedsiębiorstwach, w których występuje przepływ materiałów.

Kanban w szczupłym wytwarzaniu pełni funkcję specjalnego narzędzia nadzorowania informacji i regulowania przemieszczeń materiałów pomiędzy procesami produkcyjnymi. Zwykle jest wykorzystywany do sygnalizowania, kiedy produkt zostaje zużyty (skonsumowany) przez proces w dole strumienia. W najprostszym przypadku, zdarzenie to generuje sygnał o potrzebie uzupełnienia produktu przez proces w górze strumienia [5].

Wyróżnić można dwa główne typy Kanbanów: Kanban stanowiący zlecenie produkcyjne (Kanban produkcyjny, Kanban sygnalizacyjny) oraz Kanban, który jest zleceniem pobrania części (Kanban transportowy, Kanban dostawcy).

### **3. Specyfika przemysłu wydobywczego**

Warunki charakteryzujące przedsiębiorstwa z przemysłu wydobywczego odbiegają znacząco od warunków istniejących w typowych przedsiębiorstwach produkcyjnych (np. z branży motoryzacyjnej). Specyfika procesu wydobywczego realizowanego w kopalni różni się zdecydowanie od typowego procesu wytwórczego. Zwiększenie koncentracji wydobywania poprzez schodzenie z eksploatacją złóż na znacznie większe głębokości i towarzyszące temu trudniejsze warunki klimatyczne powodują, że poziom niezawodności maszyn dołowych często odbiega znacznie od zakładanego przez producenta. Warunki klimatyczne w praktyce górniczej kształtowane są procesami fizycznymi, które związane są ze wzrostem energii powietrza w skutek kompresji w szybach wdechowych, wymianą ciepła i wilgoci pomiędzy górotworem i powietrzem, a także wymianą ciepła i wilgoci z maszyn i urządzeń górniczych. Ponadto powietrze kopalniane zawiera frakcje stałe (pyły), które powstają jako rezultat prowadzonych procesów technologicznych podczas eksploatacji złoża. Mikronowe fragmenty pyłu mogą przedostać się do obiegu układu hydraulicznego – na przykład poprzez zużyte tłoczysko – i zanieczyszczając w ten sposób ciecz roboczą doprowadzić do zintensyfikowanych procesów zużycia jego części [6]. Maszyny niezbędne do realizacji procesu wydobywczego są niestacjonarne, znajdują się praktycznie w ciągłym ruchu. Warunki eksploatacji są bardzo trudne – towarzyszy im duża wilgotność, zawodnienie, wysoka temperatura, nierówne drogi. W efekcie maszyny ulegają bardzo częstym awariom. Pociąga to za sobą konieczność prowadzenia efektywnej gospodarki materiałowej. Jedynie skuteczny system sterowania zapasami części zamiennych jest gwarantem sprawnego przeprowadzania napraw i tym samym realizacji założonego planu produkcyjnego poprzez zapewnienie sprawności maszyn.

W wyniku prowadzonych obserwacji jednego z oddziałów w kopalni miedzi zdiagnozowano problem polegający na tym, że długie czasy napraw maszyn dołowych

wynikają w dużej mierze z braku dostępnych części zamiennych lub z powodu długich okresów oczekiwania na te części. Zaistniała więc konieczność opracowania koncepcji usprawnienia sposobu prowadzenia gospodarki materiałowej w komorze maszyn ciężkich (KMC). Zaobserwowano, iż brak płynności w dostarczaniu części i nie realizowanie zamówień składanych przez mechaników skutkuje przestojami pracy, brakiem możliwości naprawy maszyny, dopuszczeniem do pracy urządzeń nie w pełni sprawnych. Stwierdzono, że należy usprawnić system zamawiania i dostarczania części, określić zapasy bezpieczeństwa dla wybranych części umożliwiające zapewnienie ciągłości prac i dokonywanie napraw bez zbędnej zwłoki.

Należy również zaznaczyć, że w kopalni dostarczenie części do miejsca jej przeznaczenia jest bardzo skomplikowanym procesem, na który składa się transport poziomy naziemny, transport pionowy, a następnie poziomy podziemny. W związku z tym jeśli wystąpi awaria i nastąpi konieczność wymiany części, a część ta nie znajduje się w danym momencie w KMC, wówczas maszyna może zostać wyłączona z pracy na długi okres. Również dostarczenie części z magazynu do KMC jest dość czasochłonne i wymaga zaangażowania środka transportu (najczęściej landrowera). Często dostarczenie części zajmuje całą zmianę, przez co naprawa może odbyć się dopiero na kolejnej zmianie.

Gospodarka zapasami jest jednym z podstawowych elementów zarządzania przedsiębiorstwem [7]. Obecnie przedsiębiorstwa dążą do tego, aby ilość zapasów materiałowych w przedsiębiorstwie była jak najniższa, ponieważ obniża to koszty magazynowania. Jednak należy zwrócić uwagę, że taka polityka firmy może prowadzić do wystąpienia innych problemów (strat), które mogą wystąpić jeśli poziom zapasów jest zbyt niski. W tabeli 1 zaprezentowano zestawienie potencjalnych strat jakie wywoływane są przez brak części zamiennych lub utrzymywania ich nadmiernych zapasów [8].

Tab. 1 Potencjalne straty wynikające z niedoboru lub nadmiaru części zamiennych

Potencjalne straty wynikające z braku części zamiennych	Potencjalne straty wynikające z utrzymywania nadmiernych zapasów części
Wydłużenie czasu naprawy	Koszty tworzenia zapasów
Brak dyspozycyjności maszyny do pracy	Koszty utrzymania zapasów - kapitałowe (zamrożenie kapitału)
Zagrożenie niewykonania planu produkcyjnego z powodu niedostępności maszyny znajdującej się w awarii	Koszty utrzymania zapasów - magazynowania (koszty powierzchni magazynowej: rzeczowe i osobowe związane z przeciętym składowaniem i wydawaniem towaru)
Dezorganizacja pracy mechaników	Koszty utrzymania zapasów - obsługi zapasów (wydatki związane z ubezpieczeniem zapasów)
Dezorganizacja pracy operatora	Koszty utrzymania zapasów - ryzyka (np. uszkodzenia zapasu podczas magazynowania)

W przedsiębiorstwie z branży wydobywczej, które charakteryzuje tradycyjne podejście do sterowania poziomem zapasów przedstawione straty będą występować. Dlatego też zastosowanie elementów systemu ssącego dla części zamiennych powinno wpłynąć na skrócenie czasu napraw (poprzez eliminację oczekiwania na części), zwiększenie tym samym dyspozycyjności maszyny do pracy, wyeliminowania zagrożenia niewykonania planu produkcyjnego, a także na poprawę organizacji pracy mechaników i operatorów. Z kolei w przypadku gdy w firmie utrzymywane są nadmierne zapasy części zamiennych,

wprowadzenie elementów systemu ssącego powinno obniżyć koszty tworzenia i utrzymania zapasów.

#### **4. Adaptacja systemu ssącego do warunków przemysłu wydobywczego**

Implementacja wprost systemu ssącego na grunt kopalni jest niemożliwa do zrealizowania ze względu na wiele czynników, nie tylko tych wynikających z charakteru produkcji, ale także wywodzących się z aspektów organizacyjnych i technicznych. A zatem próby zastosowania tego systemu w procesach *stricte* wydobywczych nie mają merytorycznego uzasadnienia. Mimo to elementy systemu ssącego można wdrożyć w tych obszarach kopalni, w których występuje przepływ różnego typu materiałów. Do miejsc, które w szczególności mogą zostać wsparte działaniem systemu ssącego należą magazyny i komory maszyn ciężkich. Jak zostało wspomniane, procesem, który w szczególności wymaga wprowadzenia usprawnień jest proces zarządzania częściami zmiennymi w KMC.

Do opracowania szczegółowej koncepcji modyfikacji systemu zarządzania częściami zamiennymi i materiałami w KMC konieczna była realizacja pewnych zadań wstępnych. Należy podkreślić, że implementacja nowych rozwiązań powinna następować stopniowo – początkowo dla wybranych części, następnie powinna zostać rozszerzona dla wszystkich części szybko rotujących.

W celu ustalenia listy części, które należałoby objąć systemem ssącym powołano specjalną grupę, w skład której weszli wybrani pracownicy dołowi. Po spotkaniu tej grupy wyselekcjonowana została wstępna lista części. Następnie w oparciu tę listę opracowano ankietę, aby uszczegółwić i zweryfikować podane informacje. Celem przeprowadzenia ankiety było wytypowanie listy części, których najbardziej brakuje w KMC oraz tych, które są najczęściej wykorzystywane. Zdecydowano, że na podstawie wskazanych części, które są najczęściej stosowane wytypowana zostanie lista części szybko rotujących.

Warto zauważyć, że zapasy - niezależnie od postaci i lokalizacji - różnią się między sobą tzw. rotacją, inaczej szybkością obrotu. Utrzymywane w zapasie dobra mogą rotować szybko, wolno lub mogą nie rotować wcale. Trudno wskazać uniwersalne kryterium pozwalające na jednoznaczne odróżnienie pozycji wolno rotujących od szybko rotujących, jednak na potrzeby realizacji przedsięwzięcia należy pewne kryterium przyjąć. Ze względu na brak szczegółowych danych dotyczących rotacji części w komorze, którą objęto obszarem pilotażowym przyjęto, że w początkowej fazie za części szybko rotujące uznane będą te, z których pracownicy korzystają najczęściej. W toku dalszych prac definicja części szybko rotujących zostanie uszczegółowiona i zostanie przyjęte kryterium pozwalające na selekcję części rotujących wolno i szybko. Do ustalenia takiego kryterium konieczne będzie zebranie danych w oparciu o szczegółowy monitoring obrotu częściami w tej komorze.

##### **4.1. Podejście do wdrożenia elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich**

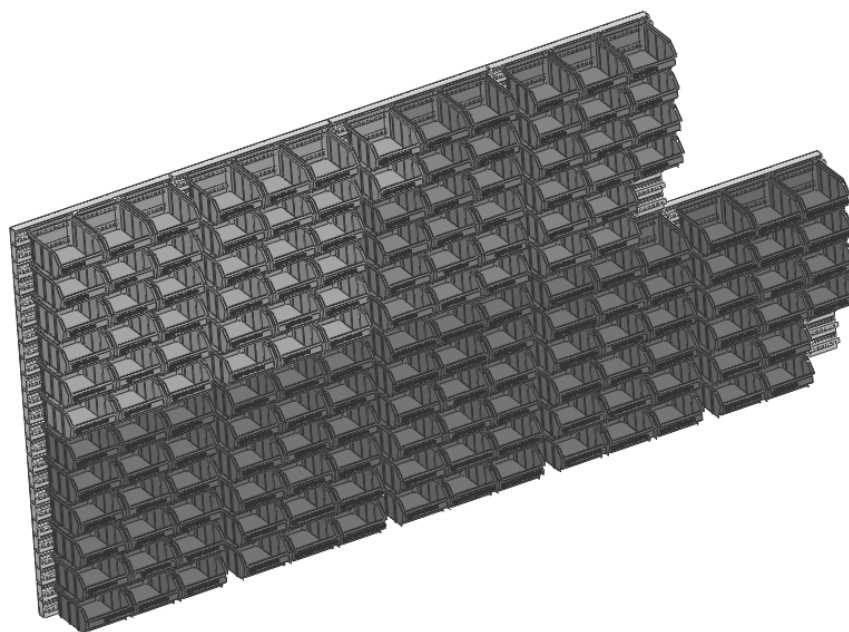
Po przeprowadzeniu ankiety opracowanej na podstawie części wskazanych przez grupę pracowników, ostateczna lista została zweryfikowana i zatwierdzona przez kadre zarządzającą. Następnie, w oparciu o dane historyczne, dokonano szacunkowych wyliczeń średniego zużycia poszczególnych typów części. Wyróżniono cztery grupy części, które zostały objęte obszarem pilotażowym: szybko rotujące elementy łączne (śruby, podkładki, nakrętki), szybko rotujące części małogabarytowe, szybko rotujące części wielkogabarytowe, tzw. węże, czyli przewody hydrauliczne. Kryterium podziału na te grupy części stanowił sposób przechowywania. Założono, że elementy łączne i części

małogabarytowe będą przechowywane w pojemnikach, części wielkogabarytowe bez pojemników na regale, z kolei dla przechowywania przewodów hydraulicznych zostanie zaprojektowany specjalny regał.

Na podstawie wyliczonych wartości średniego zużycia poszczególnych typów części dokonano oceny, czy w komorze maszyn ciężkich należy utrzymywać zapas danego typu elementu, a także wyznaczono poziomy minimalne i maksymalne w odniesieniu do dobranego pojemnika.

Opracowano dwa alternatywne podejścia. W pierwszym zaprojektowano system przechowywania elementów łącznych kompleksowo dla całej komory (dla wszystkich typów wykorzystywanych maszyn dołowych). W drugim podejściu przygotowano koncepcję przechowywania tylko elementów łącznych dedykowanych jednemu typowi maszyn. Wybór podejścia pozostawiono kadrze zarządzającej kopalni.

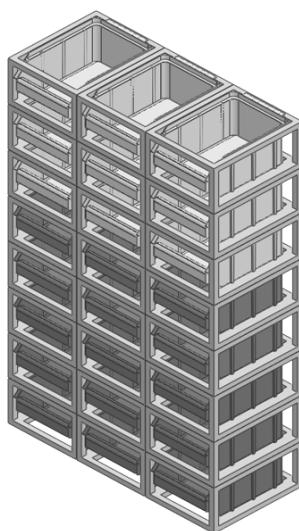
Pierwsze podejście zakładało, że części znormalizowane (śruby, nakrętki, podkładki) będą przechowywane w pojemnikach o dużej standardowej pojemności, umieszczone na tablicach, po dwa pojemniki dla każdego typu części. Podczas gdy z pierwszego z nich pracownicy pobierają części, drugi stanowi rezerwę. Oznacza to, że minimalny poziom zapasów na tablicy wynosić będzie jeden pojemnik (który nie musi być pełny), a maksymalny dwa pojemniki. Masa przechowywanych elementów w jednym pojemniku nie może przekraczać 3 kg. Wizualizację tego rozwiązania przedstawiono na rysunku 1. Zaproponowano czerwone pojemniki dla śrub, niebieskie dla podkładek i pomarańczowe dla nakrętek. Do wizualizacji opracowanych koncepcji wykorzystano oprogramowanie do modelowania 3D.



Rys. 1. Wizualizacja sposobu przechowywania elementów łącznych (podejście pierwsze)

Drugie podejście przewiduje, że dla elementów łącznych konieczny będzie zakup 9 pojemników do przechowywania nakrętek (żółte pojemniki), 6 pojemników do

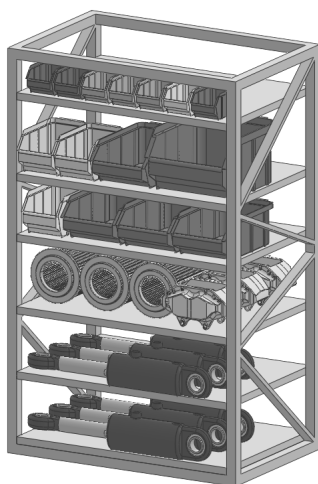
przechowywania podkładek (niebieskie pojemniki) i 9 pojemników do przechowywania śrub (czerwone pojemniki). Wizualizację rozmieszczenia pojemników zamieszczono na rysunku 2.



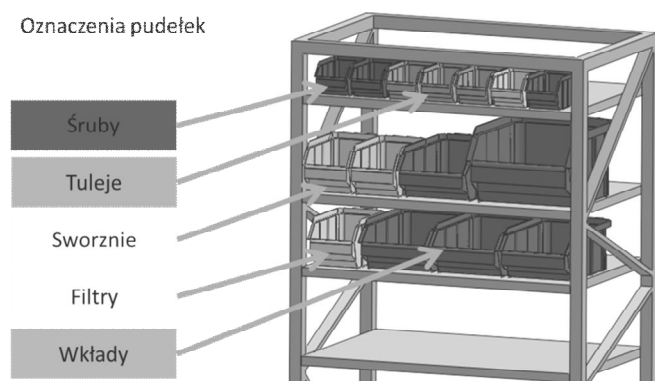
Rys. 2. Wizualizacja rozmieszczenia poszczególnych typów elementów łącznych w dobranych pojemnikach (podejście drugie)

Analogiczne działania wykonano dla pozostałych części. Wyznaczono poziomy minimalne i maksymalne zapasów poszczególnych części. Określono siedem typów części zamiennych – śruby (duże), zaciski, siłowniki, sworznie, tuleje, filtry oraz wkłady. Dla odpowiednich rodzajów części dobrano pojemniki. Zarówno dla elementów łącznych, jak i pozostałych części dobrano odpowiednie regały, na których części będą przechowywane. Zarówno pojemniki, jak i regały oraz tablice, muszą być wykonane z odpowiednich materiałów, dostosowanych do warunków panujących w komorze maszyn ciężkich. Materiały te powinny być m.in. odporne na wilgoć, zapylenie oraz wysokie temperatury, a także wytrzymałe. Po wykonaniu obliczeń zalecono zakup 2 pojemników do przechowywania śrub (czerwone pojemniki), 3 pojemników do przechowywania tulei (zielone pojemniki), 2 pojemników do przechowywania filtrów (szare pojemniki), 2 pojemników do przechowywania sworzni (żółte pojemniki) oraz 6 pojemników do przechowywania wkładów (niebieskie pojemniki). Ustalono ponadto, że półki, na których przechowywane będą siłowniki zostaną odpowiednio zabezpieczone tak, aby uniemożliwić ich stoczenie się. Wszystkie pojemniki i półki zostaną odpowiednio oznaczone zgodnie z zasadami 5S. Wizualizację rozmieszczenia części zamiennych zamieszczono na rysunkach 3 i 4.





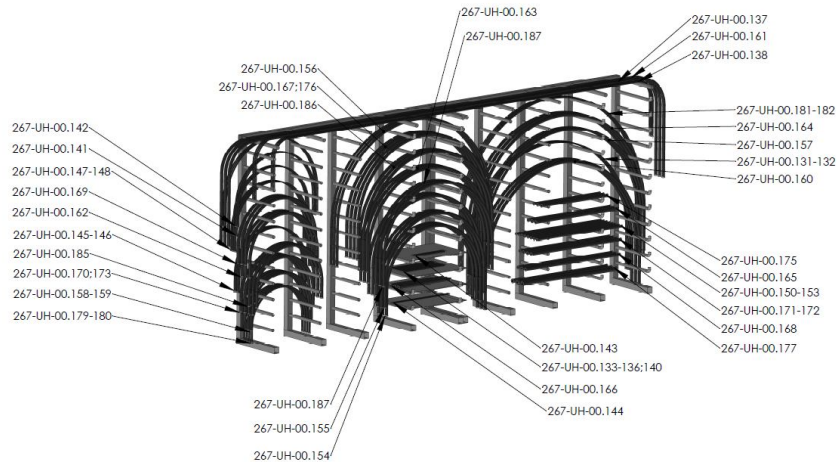
Rys. 3. Wizualizacja rozmieszczenia części zamiennych na regale



Rys. 4. Rozłożenie pojemników na części zamienne na regale

Na powyższych rysunkach przedstawiono symbolicznie sposób rozłożenia pojemników na części zamienne.

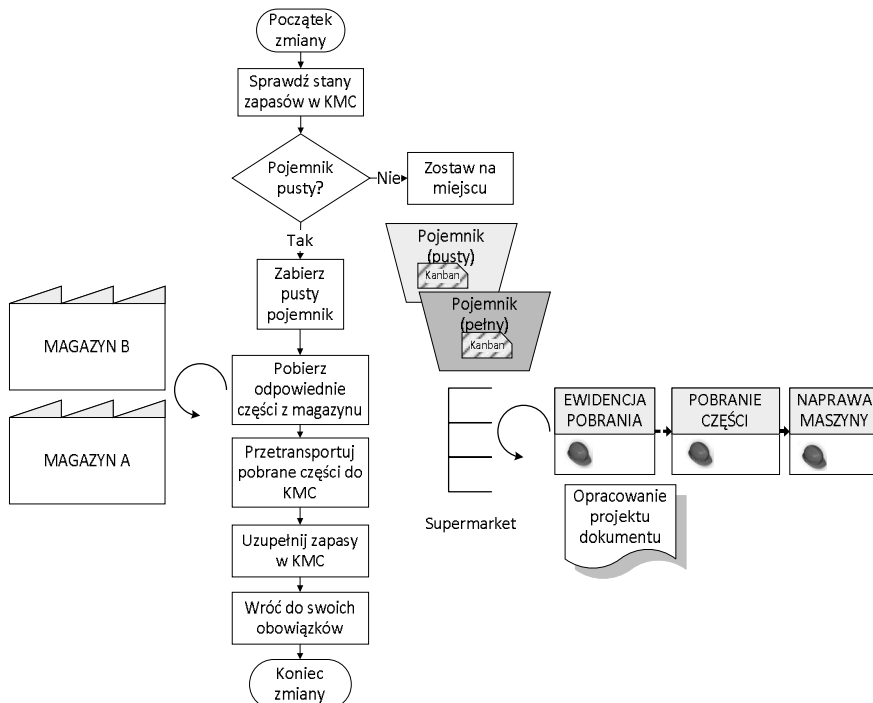
Analogiczne działania przeprowadzono dla przewodów hydraulicznych. Wyznaczono minimalne i maksymalne poziomy zapasów, a także zaprojektowano specjalny system do przechowywania węży oraz opracowano sposób ich rozmieszczenia. Wizualizację zamieszczono na rysunku 5. W ramach postępu prac nad przygotowaniem koncepcji wdrożenia elementów systemu ssącego opracowany został szczegółowy kosztorys tego przedsięwzięcia, obejmujący zarówno koszty wszystkich pojemników, jak i regałów oraz wykonywanego na zamówienie systemu przechowywania przewodów hydraulicznych.



Rys. 5. Wizualizacja rozmieszczenia przewodów hydraulicznych

#### 4.2. Założenia funkcjonowania elementów systemu ssącego w przemyśle wydobywczym

W ostatnim kroku budowania koncepcji funkcjonowania elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich opracowano procedurę uzupełniania zapasów. Została on schematycznie zaprezentowany na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat przedstawiający procedurę uzupełniania zapasów

Zgodnie z opracowanym schematem, dedykowany temu zadaniu pracownik (tzw. mleczarz) na początku zmiany sprawdza stany zapasów części w KMC. Jeśli widzi, że poziom zapasów osiągnął poziom minimum, wówczas zabiera pusty pojemnik (lub kartę Kanban – w zależności od typu części) i udaje się z nim do magazynu. Po pobraniu odpowiednich części z magazynu transportuje je do KMC. Tam uzupełnia zapasy, a następnie wraca do swoich innych obowiązków. Ponadto należy wyznaczyć osobę odpowiedzialną za dostosowywanie poziomów minimalnych i maksymalnych. Początkowe poziomy należy uznać za poziomy szacunkowe. Następnie należy ponownie wyznaczyć poziom min/max po dwóch tygodniach od wdrożenia. Kolejna korekta poziomów min/max powinna mieć miejsce po miesiącu od pierwszej aktualizacji, następnie po kolejnym miesiącu i docelowo po dwóch miesiącach od ostatniej korekty. Należy zweryfikować czy częstotliwość pracy mleczarza powinna odbywać się raz na zmianę czy też raz na dobę. Wówczas zapas części powinien wystarczyć odpowiednio na całą zmianę lub cztery zmiany.

Wdrożenie koncepcji elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich wymaga ponadto powołania zespołu pracowników, opracowania i przyznania budżetu, przyporządkowania nowych funkcji, zadań, zakresów odpowiedzialności, przygotowania wzorów odpowiednich dokumentów lub modyfikacji istniejących, a także przygotowania ścieżki obiegu dokumentów.

## 5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono koncepcję adaptacji systemu ssącego do warunków przedsiębiorstwa z branży wydobywczej. Zaprezentowano założenia systemu ssącego oraz koncepcji Kanban. Scharakteryzowano także specyfikę przemysłu wydobywczego oraz przedstawiono podejście do wdrożenia elementów systemu ssącego w komorze maszyn ciężkich w pewnym przedsiębiorstwie górniczym.

Zaprezentowana koncepcja dotyczy wybranej komory maszyn ciężkich. Dalsze badania nad rozwinięciem przedstawionego rozwiązania powinny objąć obszar pozostałych komór oraz magazynów. Dopiero wówczas korzyści jakie niesie ze sobą wdrożenie zasad systemu ssącego mogą przełożyć się na wymierne efekty. Implementacja elementów systemu ssącego w dłuższym okresie czasu powinna przełożyć się na optymalizację procesu zarządzania zapasami części zamiennych, dzięki czemu wyeliminowane zostanie marnotrawstwo, a koszty zostaną zredukowane. Przedstawiona w artykule koncepcja powinna docelowo objąć wszystkie szybko rotujące części zamienne. Należy jednak zaznaczyć, że efektywne wdrożenie zasad systemu ssącego w kopalni wymaga dużego nakładu pracy i środków ze strony kadry zarządzającej.

## Literatura

1. Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
2. Lean Lexicon a graphical glossary for Lean Thinkers 2008. The Lean Enterprise Institute Cambridge, MA, USA 2008.
3. Rother M., Shook L.: Naucz się widzieć. Eliminacja marnotrawstwa poprzez mapowanie strumienia wartości. Wydawnictwo Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław 2009.
4. Dubiel Ł.: System ssący. Top Logistyk, nr 2, kwiecień – maj 2009.

5. Kanban, czyli sterowanie produkcją według zasad Lean Manufacturing. <http://lean.org.pl/kanban-sterowanie-produkcja/> z dnia 3.01.2014 r.
6. Król R., Zimroz R., Stolarczyk Ł.: Analiza awaryjności układów hydraulicznych samojezdnych maszyn roboczych stosowanych w KGHM POLSKA MIEDŹ S.A., Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Nr 128, Nr 36.
7. Kardas E.: Prognozowanie produkcji jako czynnik kształtujący poziom zapasów w przedsiębiorstwie hutniczym, Logistyka 4/2010.
8. Kozik P., Sęp J.: Planowanie zapotrzebowania części zamiennych silnika lotniczego w prototypie informatycznego systemu DEL. Zarządzanie Przedsiębiorstwem, Nr 4, 2012.

Mgr inż. Maria ROSIENKIEWICZ

Mgr inż. Joanna HELMAN

Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji

Wydział Mechaniczny

Politechnika Wrocławska

50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5

tel./fax: 71 320 43 84

e-mail: [maria.rosienkiewicz@pwr.wroc.pl](mailto:maria.rosienkiewicz@pwr.wroc.pl)

[joanna.helman@pwr.wroc.pl](mailto:joanna.helman@pwr.wroc.pl)