

Małgorzata KOZDRÓJ-WEIGEL

## BADANIA SYSTEMOWE GOSPODARKI ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO (KWK)

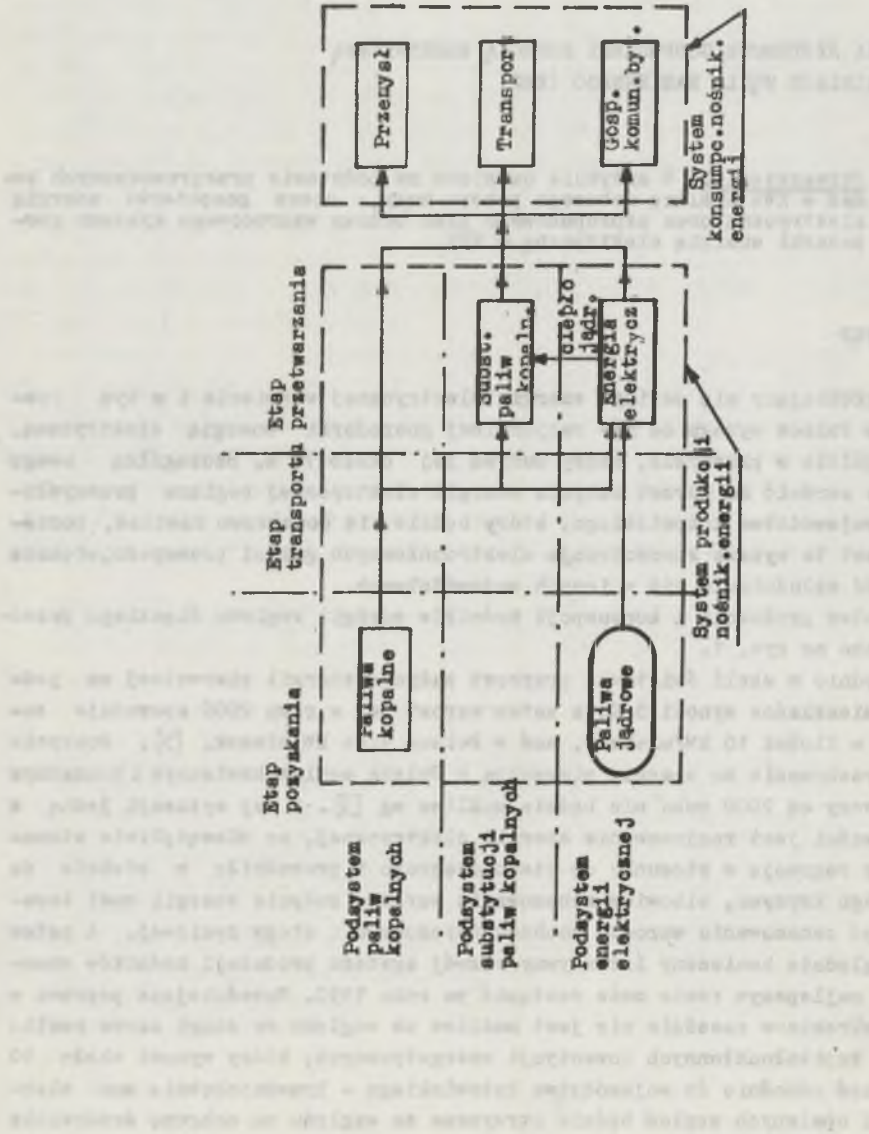
**Streszczenie.** W artykule omówiono na podstawie przeprowadzonych badań w KWK analizę dobowego poboru mocy, ocenę gospodarki energią elektryczną oraz zaproponowano plan budowy wzorcowego systemu gospodarki energią elektryczną w KWK.

### 1. WSTĘP

Pogłębiający się deficyt energii elektrycznej w świecie i w tym również w Polsce wymaga od nas racjonalnej gospodarki energią elektryczną, szczególnie w przemyśle, który zużywa jej około 70 %. Szczególną uwagę trzeba zwrócić na wzrost zużycia energii elektrycznej regionu przemysłowego województwa katowickiego, który będzie się dodatkowo nasilał, ponieważ jest tu wyższa koncentracja elektrochłonnych gałęzi przemysłu, większa gęstość zaludnienia niż w innych województwach.

System produkcji i konsumpcji nośników energii regionu śląskiego przedstawiono na rys. 1.

Średnio w skali światowej przyrost zużycia energii pierwotnej na jednego mieszkańca wynosi 5 %, a zatem wzrost ten w roku 2000 spowoduje zużycie w ilości 10 kW/mieszk., zaś w Polsce 9,64 kW/mieszk. [3]. Pokrycie zapotrzebowania na energię pierwotną w Polsce węglem kamiennym i brunatnym począwszy od 2000 roku nie będzie możliwe wg [3]. W tej sytuacji jedną z możliwości jest racjonowanie energii elektrycznej, co niewątpliwie stanowiłoby regresję w stosunku do stanu obecnego i prowadziło w efekcie do ogólnego kryzysu, albowiem zahamowanie wzrostu zużycia energii musi towarzyszyć zahamowaniu wzrostu dochodu narodowego i stopy życiowej. A zatem bezwzględnie konieczny intensywny rozwój systemu produkcji nośników energii w najlepszym razie może nastąpić po roku 1990. Wcześniejsza poprawa w tym zakresie w zasadzie nie jest możliwa ze względu na długi okres realizacji kapitałochłonnych inwestycji energetycznych, który wynosi około 10 lat, zaś odnośnie do województwa katowickiego - prawdopodobnie moc elektrowni opalanych węglem będzie utrzymana ze względu na ochronę środowiska na poziomie obecnym.



Rys. 1

Użytkowanie węgla w elektrowniach poza województwem katowickim a wytwarzających energię elektryczną z przeznaczeniem dla województwa katowickiego jest również niekorzystnym rozwiązaniem, towarzyszą temu dodatkowe koszty i straty energii spowodowane koniecznością transportu węgla poza województwo i przesłania energii elektrycznej z powrotem do tego regionu.

A zatem do czasu instalowania reaktorów wytwarzających około 30% mocy całego systemu energetycznego w 2000 roku, należy szukać rozwiązania, które pozwoli bardziej racjonalnie użytkować energię.

Porównanie wskaźników produkcji przemysłowej w Polsce, Francji, RFN pozwala stwierdzić, że wskaźnik zużycia energii w Polsce jest nieproporcjonalnie wysoki w stosunku do wskaźnika produkcji przemysłowej, co wskazuje na niską przeciętną sprawność przemian energetycznych, czyli na niewłaściwe wykorzystanie posiadanych w kraju zasobów energetycznych.

Znacznie większy przyrost zużycia energii elektrycznej w KWK w porównaniu z innymi przemysłami w ostatnich 20 latach był spowodowany:

- postępem elektryfikacji kopalń,
- postępem mechanizacji wybierania,
- zwiększeniem się trudności eksploatacyjnych z rosnącą głębokością kopalń,
- koncentracją wydobycia z równoczesnym wzrostem mocy zainstalowanych maszyn i urządzeń w kopalniach.

Należy się liczyć, że zużycie to będzie się utrzymywać, a nawet rosnać z tych samych powodów.

Poza tym wzrastające wydobycie roczne KWK zwiększy dodatkowo zużycie energii elektrycznej, które już obecnie kształtuje się na wysokości około 11% wyprodukowanej w kraju energii elektrycznej. Aby uniknąć wspomnianego wyżej racjonowania energii elektrycznej, które dotyczyłoby również KWK, należy w okresie krótkoterminowym, w którym nie będą osiągalne inne źródła paliw i energii pozwalające pokryć pogłębiający się deficyt, oszczędnie użytkować paliwa i energię elektryczną przy zachowanej strukturze konsumpcji.

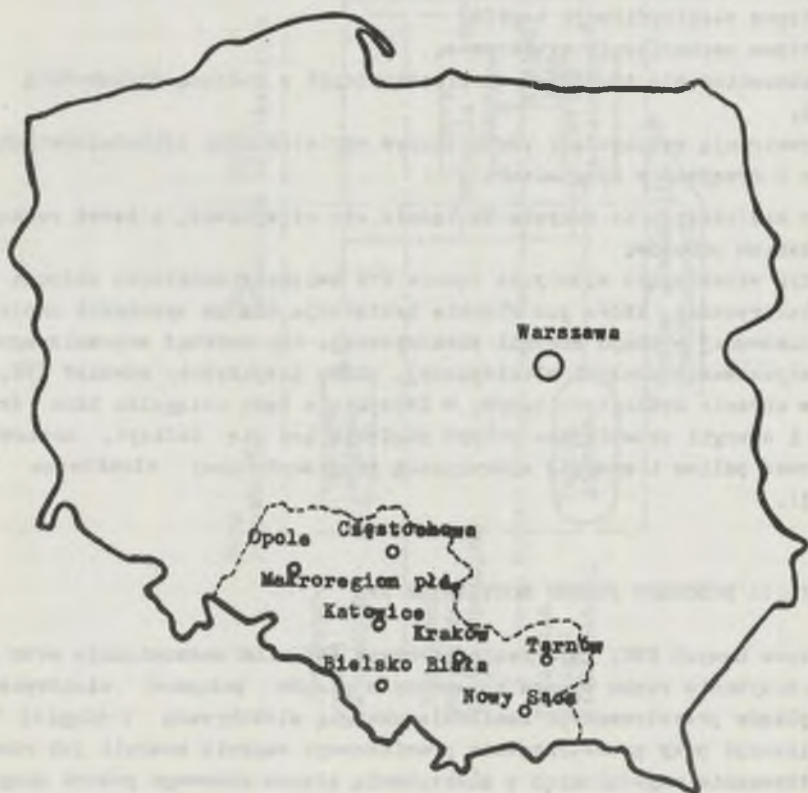
## 2. ANALIZA DOBOWEGO POBORU MOCY PRZEZ KWK

Budowa nowych KWK, integracja czynnych KWK, ich modernizacja oraz bieżące utrzymanie ruchu wymaga opracowania planów połączeń elektrycznych oraz planów przestrzennych zasilania energią elektryczną i ciągłej ich aktualizacji przy przestrzeganiu przewidzianego zużycia energii jak również przestrzegania uzgodnionych z elektrownią planów dobowego poboru mocy.

Przebieg poboru mocy przez KWK jest bardzo zróżnicowany w czasie, powodujący duże wahania, co utrudnia pracę elektrowni, albowiem musi ona być stale przygotowana na krótkotrwałe obciążenia szczytowe, zaś przy obciążeniu zmniejszonym jest niewykorzystana energetycznie. Dla zilustrowania

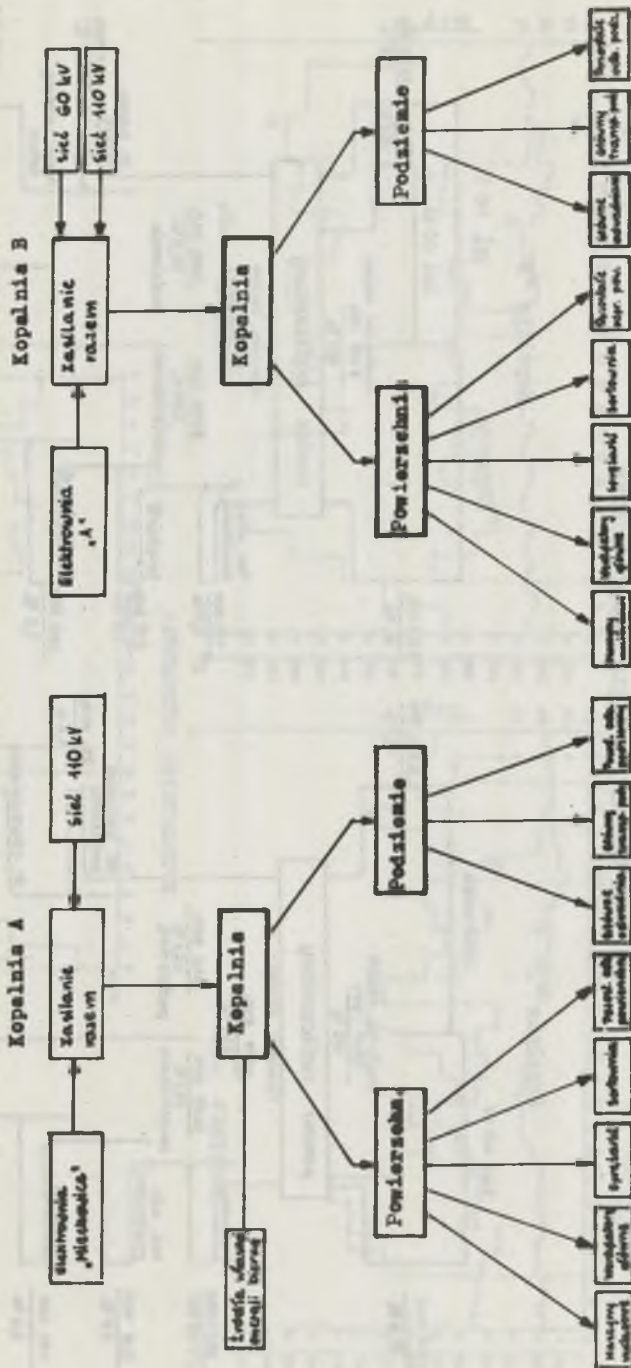


kształtowanie się poboru mocy przez KWK na tle ogólnego poboru mocy w makroregionie południowym (rys. 2) posłużono się przykładem zaczerpniętym z dwu KWK A i B, przedstawiając na rys. 3 schemat blokowy węzłów technologicznych, na rys. 4 - rozdział energii na węzły technologiczne, na rys. 5 - wykres obciążenia doby roboczej dla makroregionu południowego oraz KWK A i B, na rys. 6 - wykres obciążenie doby świątecznej dla makroregionu południowego oraz KWK A i B, na rys. 7 - rozdział energii na węzły technologiczne w KWK o ciągłym systemie pracy, na rys. 8 - wykres obciążenia doby roboczej przed wprowadzeniem ciągłego systemu pracy, na rys. 9 - wykres dobowego obciążenia makroregionu południowego i obciążenia wszystkich KWK w tym regionie, na rys. 10 - dobowe wykresy obciążeń wszystkich KWK resortu MGIE, w tab. 1 - karte informacyjna dla resortu MGIE w zakresie średniego wydobycia t/d, średniego miesięcznego zużycia energii kWh/t.



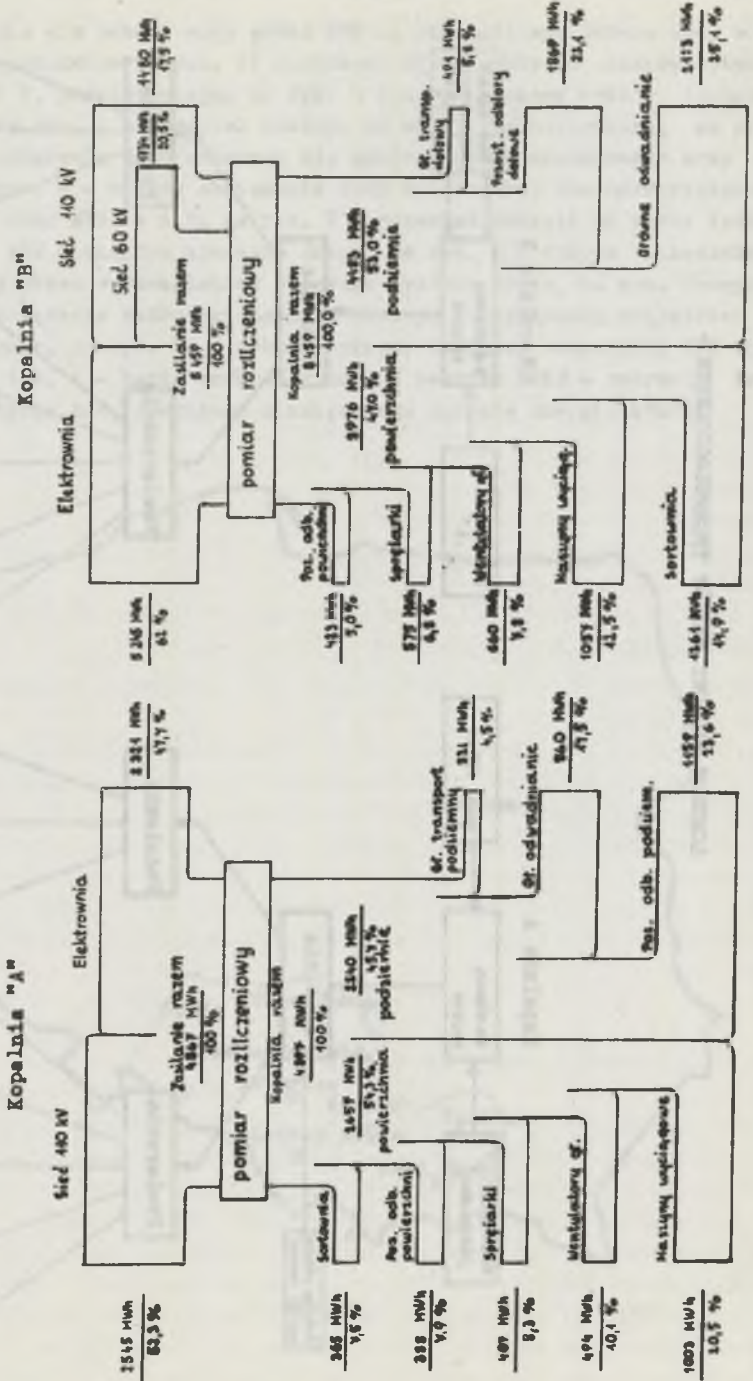
Rys. 2.

SCHEMAT BLOKOWY WZGLĘD TECHNOLOGICZNYCH



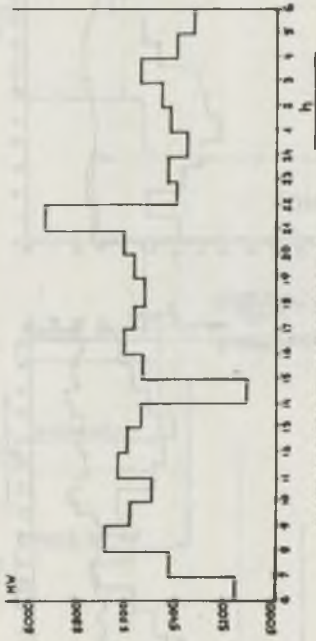
Rys. 3

ROZDZIAŁ ENERGII NA WZŁĘŻY TECHNOLOGICZNE

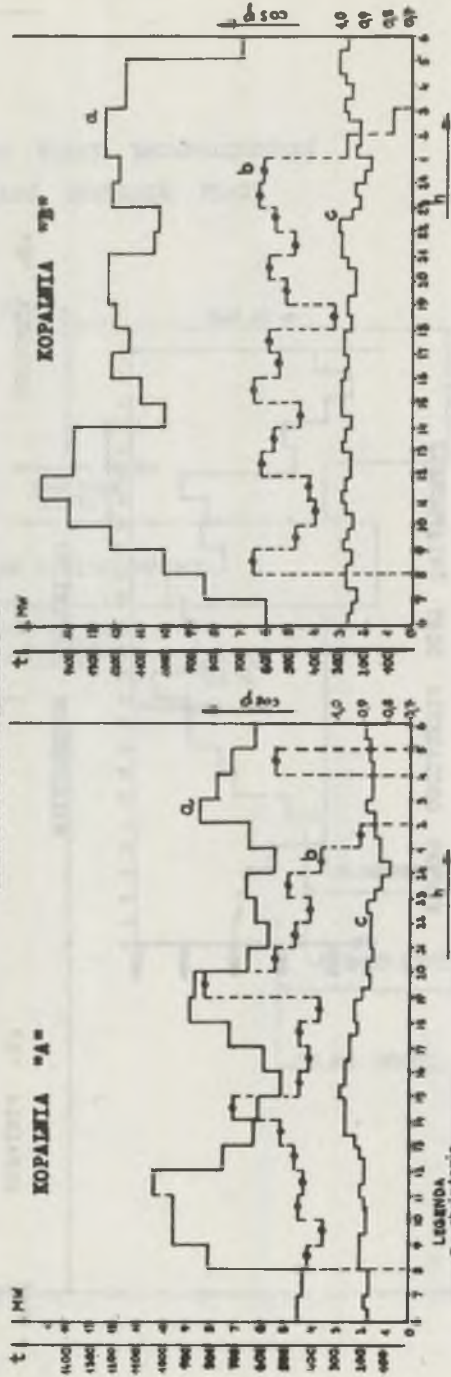


Rys. 4

WYKRES OBCIĄŻENIA DOBY ROBOCZEJ



MAKROREGION POŁUDNIOWY

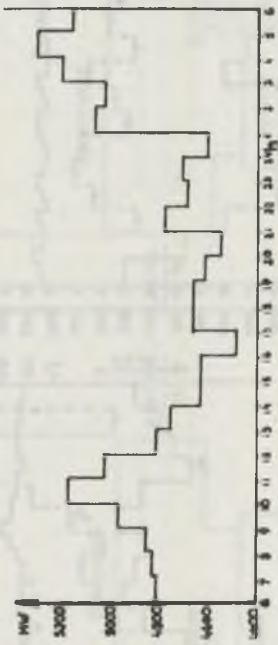


LEGENDA  
 a - energia  
 b - energia w  
 c - ciepło

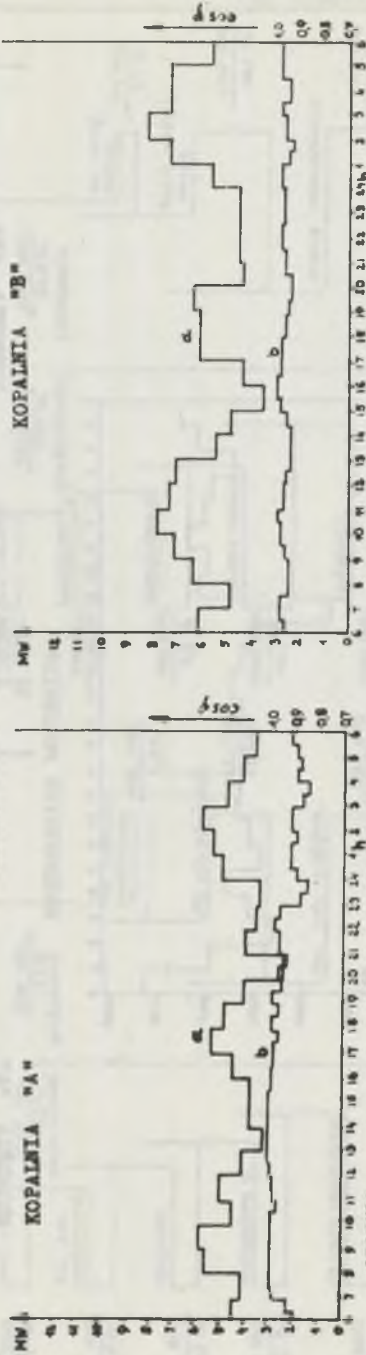
Rys. 5



## WYKRES OBLICZENIA DOBY ŚWIĄTECZNEJ

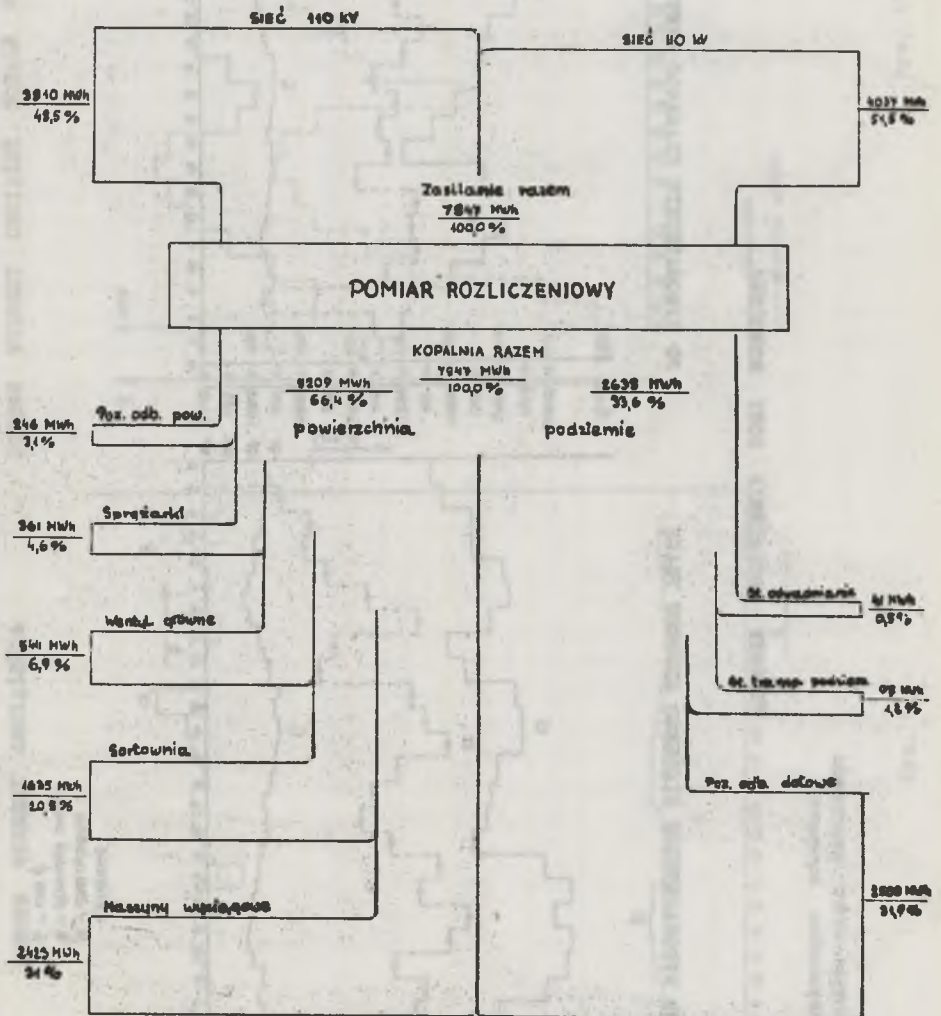


## MAKROREGION POLUDNIOWY





ROZDZIAŁ ENERGII NA WĘZŁY TECHNOLOGICZNE  
W KOPALNI O CIĄGŁYM SYSTEMIE PRACY

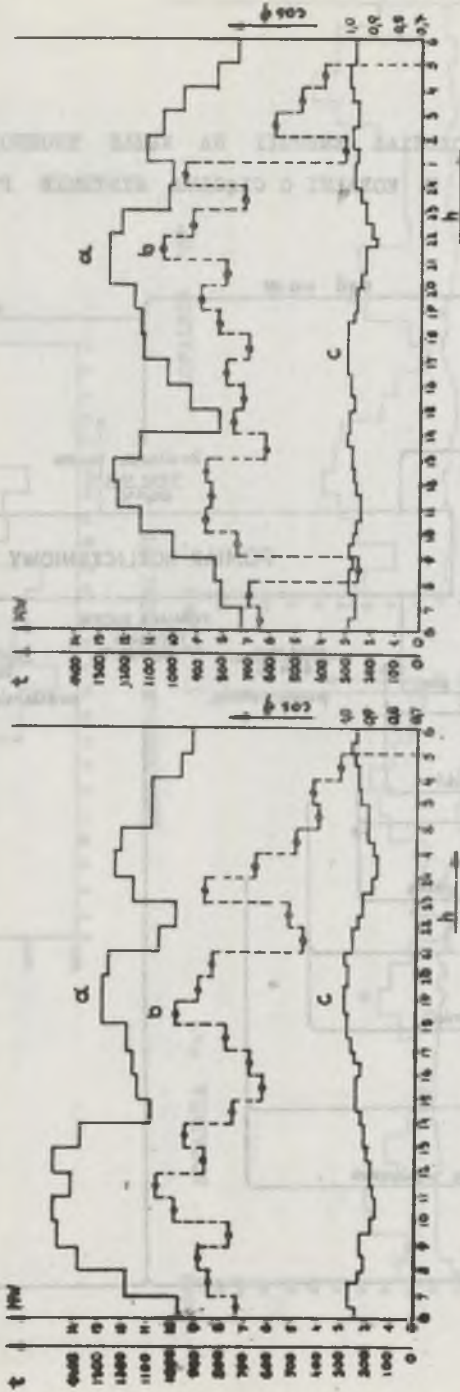


Rys. 7

WYKRESY OBCIĄŻENIA DOBY ROBOCZEJ

PRZED WPROWADZENIEM CIĄGŁEGO SYSTEMU PRACY

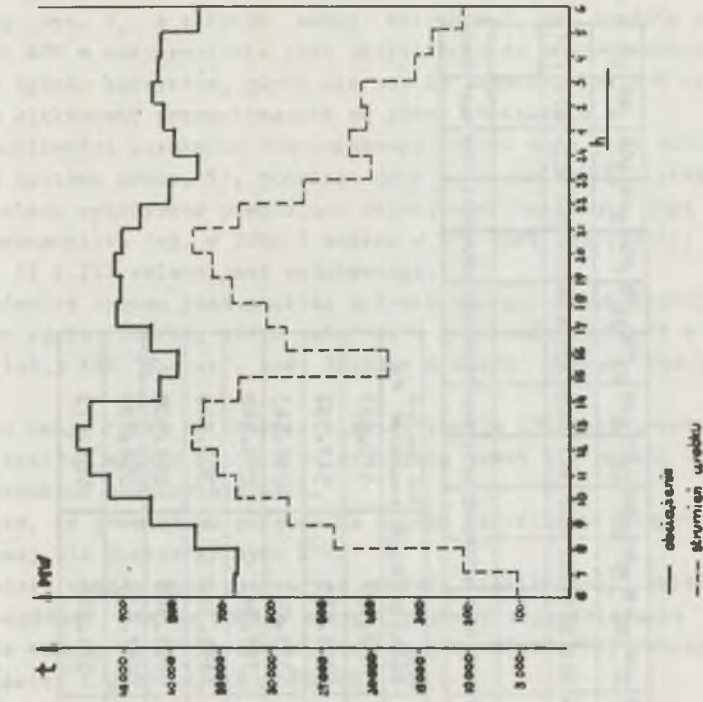
PO WPROWADZENIU CIĄGŁEGO SYSTEMU PRACY



LEGENDA  
 a - obciążenie  
 b - strumień energii  
 c - cos φ

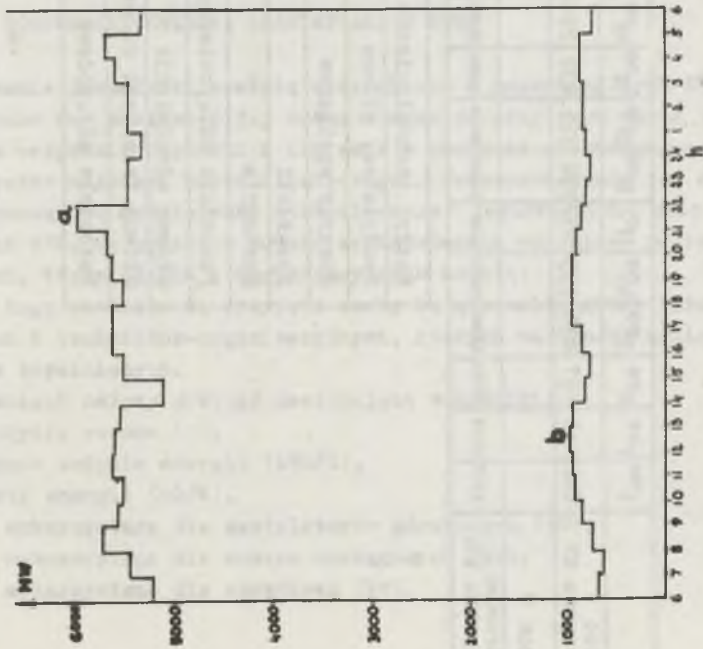
Rys. 8

DOBOWE WYKRESY OBCIĄŻEŃ KOPALNIA WĘGLA KAMIENNEGO



Rys. 10

DOBOWE WYKRESY OBCIĄŻENIA



a - makroregion południowy  
b - kopalnie węgla kamiennego

Rys. 9



## KARTA INFORMACYJNA

Wszystkie kWk w reworcie MGIE  
 Wydobycie t/d .....624081  
 Średnie miesięczne zużycie  
 energii kWh/t .....32,52

	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	4000	5000	
Moc czynna MW	682	616	757	846	935	972	996	971	832	794	846	920	915	922	908	971	809	755	804	826	846	835	830	751				
cos φ																												
Strumień urobku t/h	4360	4046	41950	4664	43900	45911	48800	47437	43504	41650	41100	40385	41100	46560	48462	43418	41400	40642	42141	40914	41502	41330	41650	40920				

Węzły technologiczne	Moc zainstalowana kW	Moc urządzeń pracujących kW
Wentylatory Główna	273.997	140.991
Maszyny wyciągowe	724.551	541.392
Sprężarki	393.021	276.543
Sortownia	397.342	293.868
Pozostałe odb.powierzch.	459.342	303.914
Główna odwadnianie	793.960	254.508
Główny transport dożowy	487.619	374.136
Pozostałe odb.dożowe	924.265	585.673

Tab.1

Interpretacja tych wyników jest czytelna i nie wymaga wyjaśnień. Ciekawy wydaje się rys. 9, z którego można wnioskować, że średnie obciążenie wszystkich KWK w makroregionie jest przybliżone do równomiernego, co niewątpliwie byłoby korzystne, gdyby nie to, że poszczególne KWK są zasilane z różnych elektrowni przygotowanych na różne obciążenia.

Jedną z możliwości uzyskania równomiernego poboru mocy jest dobór odpowiedniego systemu pracy, tj. podziału doby na odpowiednią liczbę zmian, w których zmiany wydobywcze powodujące największe obciążenia mogą być odpowiednio przesunięte (np. w ZSRR I zmiana w KWK jest najczęściej naprawczą, natomiast II i III zmiana jest wydobywczą).

Istotną również sprawą jest analiza zużycia energii elektrycznej na tonę wydobytego węgla (kWh/t), które waha się w granicach od 14,85 w KWK "Jowisz" do 148,3 KWK "Thorez", zaś średnio dla KWK całego resortu MGiE 32,52.

Biorąc pod uwagę fakt, że obecnie elektryfikacja KWK jest prawie całkowita, taki rozrzut wydaje się nie do przyjęcia nawet dla kopalń o odbiegających warunkach eksploatacyjnych.

Widać zatem, że przewidziona gospodarka wymaga weryfikacji zużycia energii elektrycznej dla poszczególnych KWK.

Aby prowadzić ciągłą analizę zużycia energii elektrycznej, należy prowadzić szczegółowy pomiar poboru energii poprzez zainstalowanie liczników kWh, a dla większych odbiorców amperomierzy i watomierzy, szczególnie w rozdzielniach i podstacjach głównych.

### 3. OCENA GOSPODARKI ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ W KWK

Porównanie gospodarki energią elektryczną w poszczególnych KWK całego resortu może dać możliwość jej oceny w czasie, przy czym muszą być uwzględnione wszystkie czynniki i ich waga w procesie elektrochłonności, co można uzyskać metodami probabilistycznymi. Przeprowadzenie tej oceny należy rozpocząć od wydzielenia statystycznie jednorodnych grup spośród wszystkich KWK, co wynika z dużego zróżnicowania warunków geologicznych, górniczych, technicznych i organizacyjnych kopalń.

Podstawą tego podziału są przyjęte cechy będące wskaźnikami górniczo-geologicznymi i techniczno-organizacyjnymi, których wielkości oblicza się ze statystyk kopalnianych.

W rozważaniach należy przyjąć następujące wskaźniki:

- $x_1$  - wydobyte roczne (t),
- $x_2$  - średnie zużycie energii (kWh/t),
- $x_3$  - koszty energii (zł/t),
- $x_4$  - moc wykorzystana dla wentylatorów górniczych (kW),
- $x_5$  - moc wykorzystana dla maszyn wyciągowych (kW),
- $x_6$  - moc wykorzystana dla sprężarek (kW),

- $x_7$  - moc wykorzystana dla sortowni (kW),
- $x_8$  - moc wykorzystana dla pozostałych odbiorców powierzchni (kW),
- $x_9$  - moc wykorzystana dla głównego transportu dołowego (kW),
- $x_{10}$  - wydajność pracy (kg/rdn),
- $x_{11}$  - średnie nachylenie pokładów ( $Q_0^0$ ),
- $x_{12}$  - średnia wysokość przodkowa (m),
- $x_{13}$  - średnia długość frontu eksploatacyjnego (m),
- $x_{14}$  - dopływ wody do kopalni ( $m^3/min$ ),
- $x_{15}$  - średnia głębokość eksploatacji (m),
- $x_{16}$  - średni dzienny postęp ściany z podsadzką hydrauliczną (m/d),
- $x_{17}$  - średni dzienny postęp ścian zawałowych (m/d),
- $x_{18}$  - procentowy udział wydobycia ze ścian z obudową zmechanizowaną (%),
- $x_{19}$  - zmienność (il.zm./d),
- $x_{20}$  - koszty robocizny (zł/t),
- $x_{21}$  - koszty materiałowe (zł/t),
- $x_{22}$  - koszty amortyzacji (zł/t),
- $x_{23}$  - natężenie robót przygotowawczych (m/1000 t),
- $x_{24}$  - średni dzienny postęp chodników kamiennych (m/d),
- $x_{25}$  - średni dzienny postęp chodników kamiennie-węglowych (m/d),
- $x_{26}$  - średni dzienny postęp chodników węglowych (m/d),
- $x_{27}$  - wartość środków trwałych brutto (tys.zł).

Informacje te zostaną zestawione w macierzy danych. W celu wyeliminowania wpływu wyboru jednostek miary poszczególnych cech przeprowadzić należy ich standaryzację.

Rozważana będzie  $m = 27$  wymiarowa zmienna losowa ( $X_1, X_2, \dots, X_m$ ), której wszystkie możliwe wartości stanowią zbiór punktów w przestrzeni  $m$ -wymiarowej. Próba losowa ( $x_1, x_2, \dots, x_m$ ) jest więc punktem tej przestrzeni. Wszystkie elementy próby będą losowane z tej samej zbiorowości generalnej, którą stanowią informacje pochodzące z  $N = 61$  KWK i dotyczące ww. wskaźników.

Istotą proponowanego modelu jest przemieszczenie oraz łączenie elementów podzbiorów. Jako podstawę postępowania przyjęć należy badanie odległości cech.

$$d_{kl} = \left[ \sum_{i=1}^m /x_{ki} - x_{li}/^2 \right]^{1/2}$$

Następnie należy przeprowadzić postępowanie iteracyjne eliminowania cech wg kryterium największej jednorodności. Zatrzymanie tego postępowania następuje w oparciu o testowanie testem F - Snedecora. W rezultacie uzyska się liczbę podziałów różniących się jednorodnością podzbiorów.



Uzyskując podział KWK na grupy statystycznie jednorodne, należy dla każdej z wydzielonych grup znaleźć kopalnię, której prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia kWh/t w konwencjonalnie przyjętym przedziale czasu dla danej grupy będzie najniższe, co jest równoważne z najlepszą aktualnie gospodarką energią elektryczną tej grupy.

Usystematyzowanie według wielkości wyżej omówionego prawdopodobieństwa KWK, danej grupy, będzie określało ich pozycję w zakresie gospodarności energią elektryczną.

Usystematyzowanie to zmieni się, gdy nastąpią istotne zmiany cech będących podstawą podziału na grupy statystycznie jednorodne. W celu przeprowadzenia wnioskowania statystycznego w przedmiotowym zakresie na podstawie danych empirycznych z kopalń niezbędny jest dobór takich rozkładów prawdopodobieństwa, które będą dobrze opisywały rozpatrywane zagadnienie.

Zastosowanie do oceny metod probabilistycznych w danej grupie spełnia warunek konieczny dla obiektywnego rozeznania gospodarności w zakresie zużycia energii (kWh/t), jakim jest uwzględnienie wszystkich czynników i ich wagi w tym procesie, dotyczyć to może całej KWK lub poszczególnych węzłów technologicznych.

#### 4. PLAN BUDOWY WZORCOWEGO SYSTEMU GOSPODARKI ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

W oparciu o uprzednie rozważania plan budowy wzorcowego systemu gospodarki energią elektryczną w KWK winien przebiegać następująco:

1. Wykonać typologiczny podział KWK na grupy statystycznie jednorodne.
2. Wyznaczyć prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia kWh/t dla wszystkich KWK danej grupy. Po spełnieniu p. 1 i p. 2 wyłonić należy dla danej statystycznie jednorodnej grupy kopalnię o ogólnie najlepszej gospodarce tą energią, tj. takiej, której prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia kWh/t będzie najmniejsze. Biorąc jednak pod uwagę to, że w poszczególnych węzłach technologicznych i innych KWK tej grupy może wystąpić mniejsze prawdopodobieństwo przekroczenia średniego zużycia kWh/t aniżeli w KWK ogólnie najlepszej, w związku z tym należy realizować punkt 3.
3. Budujemy wzorzec w oparciu o te węzły technologiczne, które mają najmniejsze prawdopodobieństwo przekroczenia średniej zużycia kWh/t w tej grupie.

W praktyce mogą występować pewne zróżnicowania w wyposażeniu poszczególnych węzłów technologicznych, których aktualnie nie da się zunifikować, należy je uwzględnić przez wprowadzenie odpowiednich współczynników korygujących.

Wymienione rozważania dotyczą zużycia kWh/t, natomiast działania dotyczące równomierności obciążenia doby roboczej wymagają działań organizacyjnych polegających na szerokim wprowadzeniu kroczącego systemu zmian konserwacyjno-naprawczych. System ten polega na tym, że wydobywanie z części ogniw wybierkowych (ścian, zabierak) jest prowadzone np. na zmianie B i C, a zmiana A jest konserwacyjno-naprawczą, dla innej części zmiana A i C jest wydobywczą, zaś zmiana B - konserwacyjno-naprawczą i również dla pozostałej części ogniw produkcyjnych zmiana A i B jest wydobywczą, zaś zmiana C konserwacyjno-naprawczą.

Praktycznie wprowadzenie takiego organizowania wydobywania, konserwacji oraz napraw nie powinno nastęrczać trudności. W efekcie należy spodziewać się bardziej równomiernego wykresu obciążenia doby roboczej.

## 5. WNIOSKI

Badania systemowe gospodarki energią elektryczną w KWK zewalają na:

1. Typologiczny podział KWK całego resortu Ministerstwa Górnictwa i Energetyki na grupy statystycznie jednorodne, co z kolei poprzez zawężenie produkcji powoduje bardziej precyzyjną analizę metodami matematycznymi istniejącej gospodarki energią elektryczną.
2. Probabilistyczną ocenę KWK w zakresie zużycia kWh/t z jednoczesną możliwością ich uszeregowania przyjmując wielkość prawdopodobieństwa przekroczenia średniego zużycia kWh/t jako miernik gospodarności energią elektryczną dla całej kopalni i jej węzłów technologicznych.
3. Budowę wzorcowego systemu gospodarki energią elektryczną w KWK danej grupy.

## LITERATURA

- [1] Burski J., Ziembicki W.: Metoda klasyfikacji zbiorów. Przegląd Statystyczny 2/1974.
- [2] Burski J., Ziembicki W.: Metoda grupowania zmiennych losowych. Przegląd Statystyczny 4/1975.
- [3] Czechowicz W., Deptuła M.: Niektóre problemy rozwoju systemów produkcji nośników energii w skali kraju i województwa katowickiego. PAN IBS z.22, Warszawa 1978.
- [4] Czarny J.: Zastosowanie taksonomii wrocławskiej w niektórych zagadnieniach techniczno-organizacyjnych w hutnictwie. Komunikat na Konferencji Statystycznych i Operacyjnych Zastosowań Matematyki - Warszawa 1962.
- [5] Fisz M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 1967.

- [6] Górecki M.: Teoria sterowania. PWN, Kraków 1979.
- [7] Kozysa J.: Typologiczny podział kopalń ze względu na wskaźniki techniczno-organizacyjne metodą taksonomiczną. (Praca doktorska).
- [8] Kulikowski R.: Sterowanie w wielkich systemach. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1974.

Wpłynęło do Redakcji 16.07.1982 r.

Recenzent: Doc. dr inż. Bolesław Firgenek

#### СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

#### Р е з ю м е

В настоящей работе, на основе проведенных на каменноугольных шахтах исследований, дан анализ суточного расхода мощности, оценка электроэнергетического хозяйства, а также предложен план строительства образцовой системы электроэнергетического хозяйства на каменноугольных шахтах.

#### SYSTEM INVESTIGATIONS OF ELECTRIC ENERGY MANAGEMENT IN HARD COAL-MINES

#### S u m m a r y

In virtue of the carried out investigations in hard coal-mines the article discusses the analysis of twenty-four hours power consumption and the estimation of electric energy management. Also the plan of making a model system of electric energy management in hard coal-mines was proposed.