

WSTĘP

Przemysł wydobywczy oraz przetwórczy węgla kamiennego w Polsce funkcjonuje głównie w oparciu o surowiec krajowy w niewielkim stopniu uzupełniany importem. Podstawowym surowcem poza węglem energetycznym są tzw. **węgłe koksujące** typu 34 oraz 35 (Polska Norma 2018), których wielkość wydobycia oscyluje w okolicach 13 mln ton rocznie (GUS, 2015; Raport GIG 2022). Wzrost gospodarczy jest nierozdzielnie związany z wysokim zapotrzebowaniem na stal, co wiąże się z koniecznością produkcji wysokiej jakości koksu – paliwa wykorzystywanego m.in. w hutnictwie żelaza. Od początku XXI wieku, produkcja stali surowej na świecie (crude steel) wzrosła z 850 mln ton do ponad 1800 mln ton w latach 2021-22, przy produkcji koksu przekraczającej 600 mln ton w drugiej dekadzie XXI wieku. Warto zauważyć, iż globalna produkcja koksu stale rośnie (Fig. 1). Głównym producentem węgla koksowego i koksu w Polsce jest **Grupa Kapitałowa Jastrzębskiej Spółki Węglowej**, która posiada cztery kopalnie podziemne oraz trzy koksownie. Udział węgla koksowego w ogólnej produkcji w Polsce stale rośnie – z 13,5% w 2013 r. do 21% w 2022 r. (Raport GIG 2022 Raport JSW 2022).

Procesy technologiczne, zgodnie z którymi produkuje się koks, wymagają stałej kontroli na każdym etapie przebiegu procesu, co jest istotnym warunkiem utrzymania oczekiwanych parametrów produktu, wydajności i poprawności technologii oraz zapewnienia rentowności i bezpieczeństwa instalacji. Nowoczesne baterie koksownicze wymagają użycia najwyższej jakości koksu charakteryzującego się wysoką wytrzymałością koksu po reakcji (CSR) i umiarkowanym wskaźnikiem reaktywności koksu (CRI).

METODYKA

Produkcja jak najlepszej jakości koksu zależy od dwóch głównych parametrów: składu mieszanki węgla (wsadu) oraz warunków panujących w piecu koksowniczym podczas zachodzącego procesu koksowania. Powstawanie koksu o dużej wytrzymałości i odpowiedniej reaktywności zależy od składu i właściwości koksujących mieszaniny. Najpopularniejszymi i powszechnie stosowanymi wskaźnikami, znanymi z określania wytrzymałości poreakcyjnej, są **CRI** (wskaźnik reakcji koksu) i **CSR** (wytrzymałość koksu po reakcji). Aby scharakteryzować niebezpieczeństwo koksowania, należy przeprowadzić badania uwzględniające wilgotność, zawartość popiołu i siarki, części lotnych, rozszerzalność, dylatację, skurcz, objętość, CRI/CSR, które zostały uwzględnione w nowym modelu obliczeniowym opracowanym w CLP-B Sp. z o.o., który **numerycznie opisuje niebezpieczeństwo procesu koksowania**:

$$S^k = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^k \frac{(P_i + O_i + |P_i - O_i|) \cdot W_i}{2 \cdot R_i}}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

S^k – Punkty bezpieczeństwa dla wyznacznika k-parametrowego
P – k-elementowa tablica parametrów
O – k-elementowa tablica odchyłek
W – k-elementowa tablica wag
R – k-elementowa tablica rang
Koksowanie niebezpieczne: $S^k > S^k_{niebezp}$
Koksowanie obciążone ryzykiem: $S^k_{niebezp} \geq S^k > S^k_{ryzyko}$
Koksowanie bezpieczne: $S^k \leq S^k_{ryzyko}$
 $S^k_{niebezp}$ – wartość krytyczna dla koksowania niebezpiecznego dla wyznacznika k-parametrowego
 S^k_{ryzyko} – wartość krytyczna dla koksowania obciążonego ryzykiem dla wyznacznika k-parametrowego

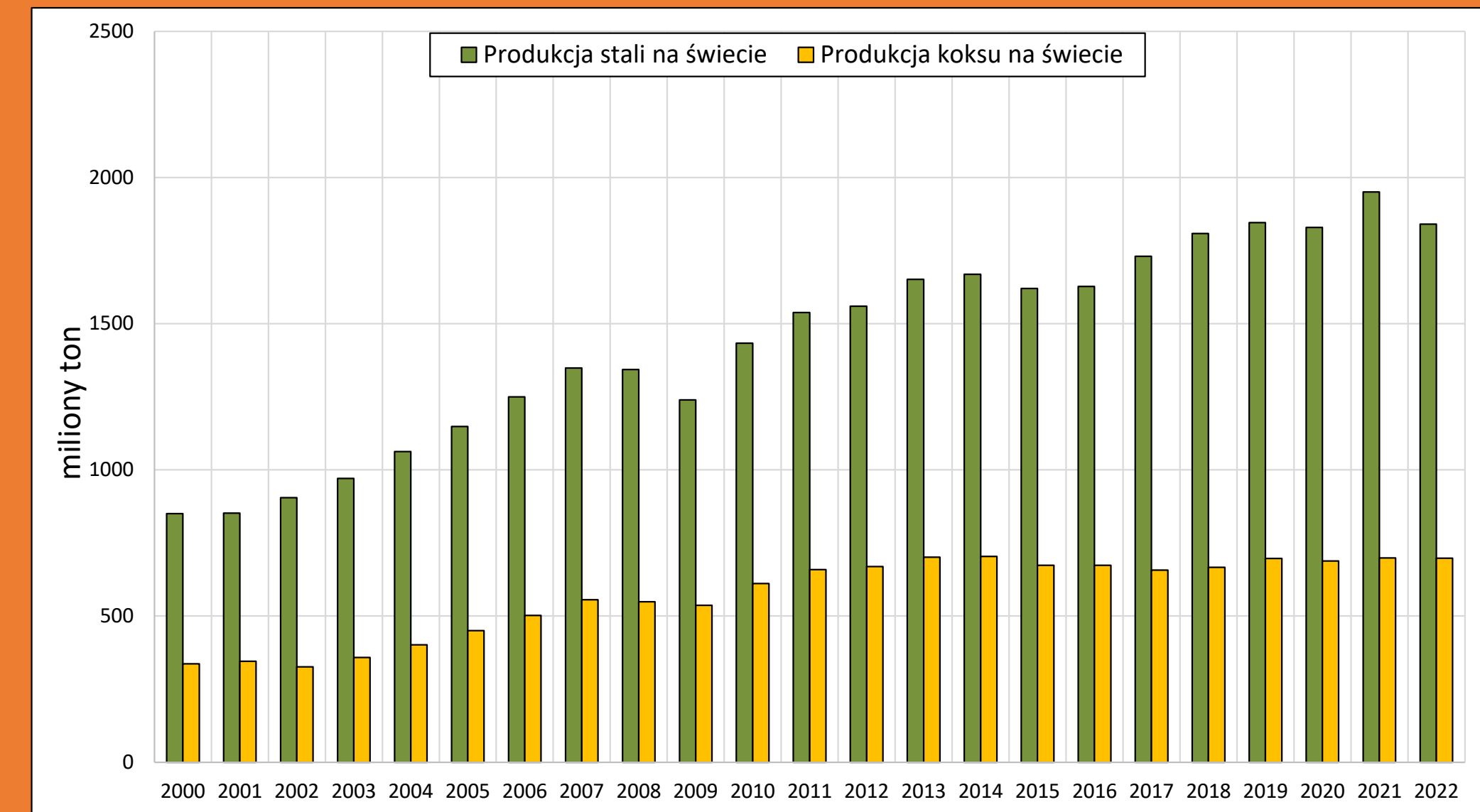


Fig. 1 – Światowa produkcja stali oraz koksu w latach 2000 – 2022 (Raport JSW 2022)

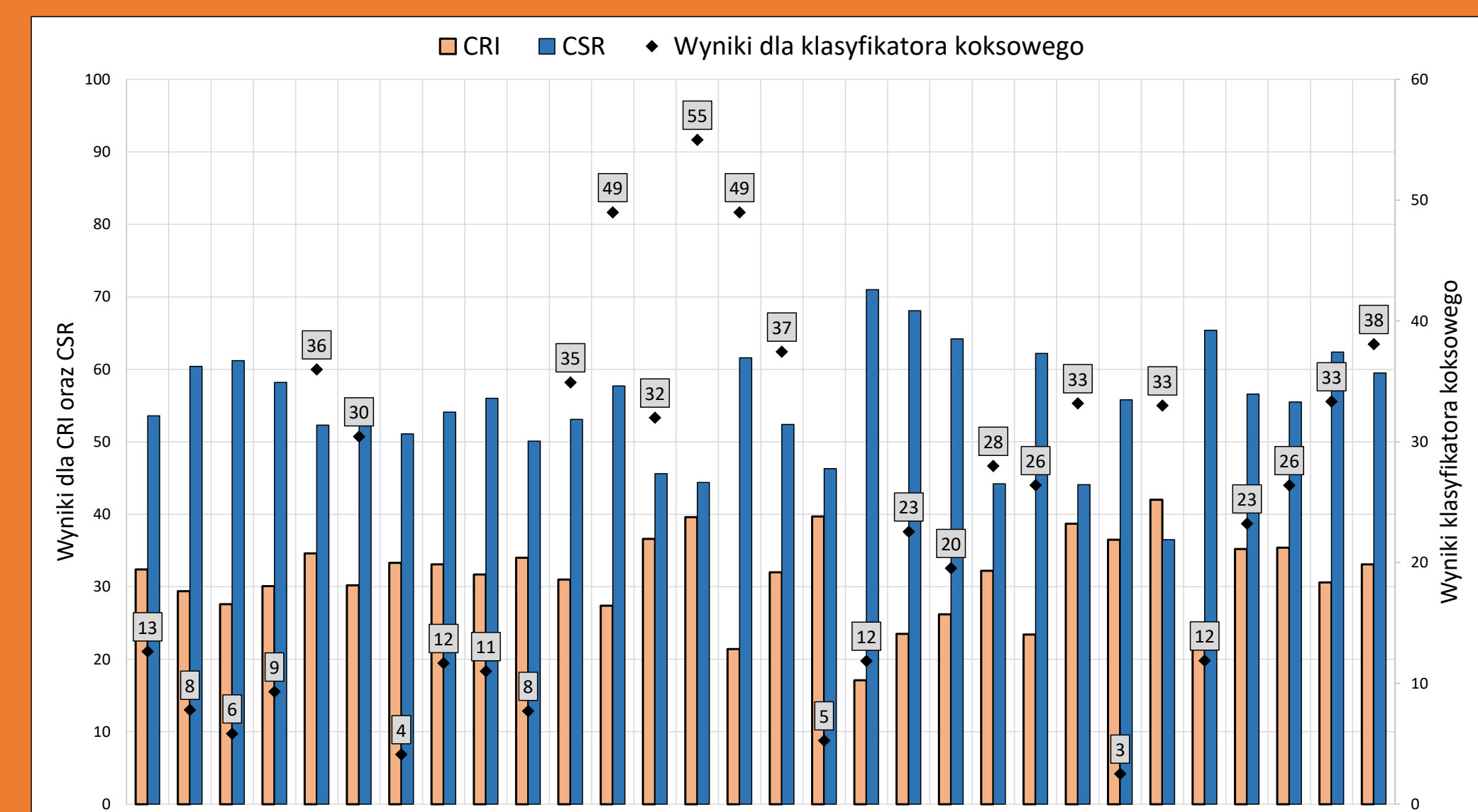


Fig. 2 – Wybrane wartości CRI/CSR zestawione z modelem obliczeniowym opracowanym w CLP-B Sp. z o.o.

WYNIKI BADAŃ ORAZ PODSUMOWANIE

Identyfikacja ryzyka wpisuje się w nowoczesny przemysł oraz w zrównoważone wykorzystanie surowców krytycznych jakimi są węgle koksowe. Na podstawie zaproponowanego modelu obliczeniowego, średni wynik równania wyniósł 33, co wskazuje, że proces koksowania może być **ryzykowny**, przy czym większość wyników zawierała się poniżej 30 – co świadczy o możliwie **bezpiecznym** koksowaniu (Fig. 2). W większości przypadków otrzymano pożądane przez przemysł koksowniczy wartości dla bezpiecznej pracy baterii koksowniczych, gdzie wskaźnik CSR był wysoki, a CRI stosunkowo niski (Fig. 2). Innowacyjna, obliczeniowa metoda badań paliw stałych zawiera się w trzech zakresach określających niebezpieczeństwo procesu koksowania:

< 30 – koksowanie bezpieczne; 30 – 35 koksowanie ryzykowane; > 35 koksowanie niebezpieczne.

Badania przeprowadzone w CLP-B Sp. z o.o. potwierdzają, iż optymalny dobór surowców i skład mieszanki węgla koksowego (Fig. 3) bezpośrednio przyczynia się do realizacji zasady zrównoważonego rozwoju poprzez efektywniejsze wykorzystanie zasobów naturalnych uzyskując lepsze parametry procesu koksowania, których efektem jest mniejsze zapotrzebowanie na energię oraz wolniejsze zużycie baterii koksowniczych.



Fig. 3 – Mieszanka węgla koksowego (zdj. lewe) oraz gotowy produkt – koks (zdj. prawe)