

DOI: 10.32730/imz.0137-9941.18.2.05

OPRACOWANIE PROGNOZ KRAJOWEJ PRODUKCJI STALI Z UWZGLĘDNIENIEM TECHNOLOGII WYTWARZANIA DO 2022 ROKU

Celem niniejszej publikacji jest opracowanie prognoz wielkości produkcji stali ogółem i według technologii wytwarzania (proces konwertorowy i elektryczny) w krajowym hutnictwie. W artykule przedstawiono przebieg linii trendów wielkości produkcji stali według poszczególnych procesów wytwarzania w latach 2000–2017. Poszczególne trendy poddano interpretacji, a następnie dokonano predykcji zmian w ich przebiegu do 2022 roku. Jako instrumenty (metody) prognozowania zastosowano adaptacyjne modele wygładzania wykładniczego.

Słowa kluczowe: prognoza, sektor stalowy, produkcja stali, proces konwertorowy produkcji stali, proces elektryczny produkcji stali

FORECASTS FOR POLISH STEEL PRODUCTION ACCORDING TO THE USED PRODUCTION TECHNOLOGIES UNTIL 2022

The aim of the article is to forecast total steel production and according to the used technology (Bessemer and electrical process) in Poland. The article presents the course of trends in steel production according to manufacturing processes over the period of 2000–2017. A prediction of their changes until 2022 was developed based on the interpretation of the trends. Adaptive exponential smoothing models were used during forecasting.

Keywords: forecast, steel industry, steel production, Bessemer steel production process, electrical steel production process

1. WSTĘP

W gospodarce rynkowej przedsiębiorstwa produkcyjne zmuszone są do przewidywania przyszłych (możliwych) scenariuszy zdarzeń. Warunkiem dobrego zarządzania staje się umiejętność zastąpienia działania odwołującego się do intuicji przez uporządkowaną analizę na pewnym poziomie abstrakcji. Intuicyjne myślenie musi zostać uzupełnione obiektywnym wnioskowaniem na poziomie modelu sytuacji i dostrzeżonego problemu. Metody prognozowania produkcji należą do najczęściej wykorzystywanych do opracowania strategii działań w ustalonym przez menedżerów okresie. Kluczowym aspektem prognozowania produkcji jest ustalenie jej rozmiarów (wielkości) w najbliższym okresie (planowanie krótkookresowe) lub latach (planowanie średnio- i długookresowe). Zasady konstruowania prognoz są przedstawione (wraz z przykładami) w wielu publikacjach z zakresu ekonometrii i statystyki. Książki takich autorów, jak: T. Szapiro [14], J. Gajda [5], B. Borkowski, H. Dudek, W. Szczęsny [3], A.D. Aczel [1], B. Guzik, D. Appenzeller, W. Jurek [6], B. Radziłkowska [11], J. Nazarko (red.) [9], A. Snarska [12], D. Błaszczuk [2], W. Szkutnik, M. Balcerowicz-Szkutnik [15], T. Nowak [10], D. Witkowska [16], K. Kukuła (red.) [8], M. Sobczyk [13], R. Czyżycki, M. Hundert, R. Klóska [4], S. Krawiec [7], opisują metody prognozowania. Przedstawiona w publikacjach [1–16] metodyka

prognozowania została uwzględniona przez autorkę na etapie wyboru metod, umożliwiających opracowanie prognoz dla produkcji stali.

Celem niniejszej publikacji jest prognozowanie wielkości produkcji stali w Polsce w układzie: produkcja stali ogółem oraz według poszczególnych technologii wytwarzania (konwertorowej, elektrycznej). Opracowanie prognoz poprzedzono statystyczną analizą danych. W opracowaniu prognoz korzystano z ciągu danych (roczna produkcja stali w milionach ton) za okres 2000–2017. Prognozy do 2022 roku wyznaczono za pomocą metod należących do grupy modeli adaptacyjnych. Wybór tych metod podyktowany był przyjęciem założenia, że w ciągu najbliższych lat nie wystąpią istotne zmiany w dotychczasowym sposobie oddziaływania różnych czynników określających wartość zmiennej prognozowanej [7], czyli nie wystąpią znaczne wahania w produkcji stali wytwarzanej przy użyciu stosowanej technologii [17]. Założenie zostało przyjęte na podstawie realizowanej polityki rozwoju przemysłu hutniczego w kraju i w Unii Europejskiej [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/metals/steel_en]. W publikacji przedstawiono prognozy wiarygodne statystycznie na podstawie analizy błędów prognoz ex-post (za okres 2000–2017): średniego kwadratowego błędu prognoz RMSE– Root Mean Square Error (RMSE mierzy o ile średnio odchylają się realizacje zmiennej prognozowanej od obliczonych pro-

gnoz) oraz względnej średniej wartości błędu prognoz Ψ (Ψ wskazuje jaka część błędu bezwzględnego przypada na jednostkę rzeczywistej wartości badanej zmiennej) [7]. Błędy średnie są miarą różnicy między wartością prognozy i zaobserwowaną wartością zmiennej prognozowanej. Błąd prognozy – dokładność prognozy – wyznaczono na podstawie danych rzeczywistych z lat 2000–2017, dla których znana była wielkość produkcji stali w Polsce. Błąd prognozy Ψ , informujący o ile procent średnio prognoza różni się od wartości rzeczywistej, przyjęto na poziomie 10÷15%.

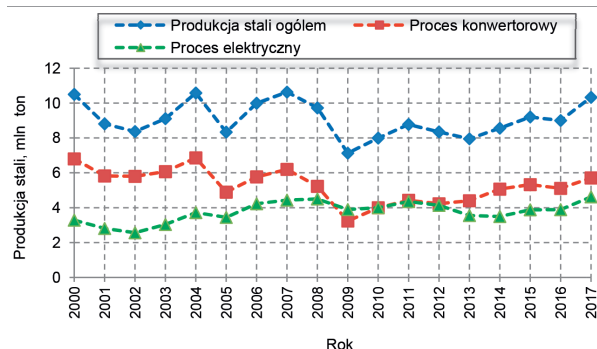
2. ANALIZA TRENDÓW WYTWARZANIA STALI W POLSCE W OKRESIE 2000–2017

Dane dotyczące wielkości produkcji stali (ogółem i według stosowanych technologii wytwarzania) pozyskano z raportów [18, 19] World Steel Association i Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej w Katowicach (dostęp: www.worldsteel.org, www.hiph.org/ANALIZY_RAPORTY/raporty.php). W analizowanych latach 2000–2017 w krajowym hutnictwie dominowały dwie technologie produkcji stali: proces zintegrowany (wielkie piece i konwertory) oraz proces elektryczny. Technologie te uznawane są za podstawowe w przemyśle metalurgicznym [20]. Do 2002 roku w krajowym przemyśle stalowym stosowano jeszcze proces martenowski, który w tym roku został wycofany (dane do tego procesu z lat 2000–2002 nie zostały uwzględnione w tworzeniu modeli prognostycznych ze względu na niski udział technologii martenowskiej w produkcji stali ogółem: w 2000 roku 3,8%, w 2001 roku 2,3%, a w 2002 roku 1,2%) [19]. Na rys. 1 przedstawiono trendy produkcji stali w Polsce w latach 2000–2017.

Tabela 1. Produkcja stali ogółem i według stosowanej technologii wytwarzania w Polsce [18, 19]

Table 1. Total steel production and according to the applied manufacturing technology in Poland [18, 19]

Lp.	Rok	Produkcja stali ogółem mln ton	Proces konwertorowy mln ton	Proces elektryczny mln ton
1	2000	10,498	6,800	3,285
2	2001	8,809	5,823	2,809
3	2002	8,367	5,799	2,561
4	2003	9,107	6,070	3,037
5	2004	10,578	6,858	3,721
6	2005	8,336	4,893	3,443
7	2006	9,992	5,766	4,225
8	2007	10,631	6,198	4,433
9	2008	9,727	5,225	4,502
10	2009	7,128	3,236	3,893
11	2010	7,993	3,995	3,998
12	2011	8,776	4,424	4,353
13	2012	8,348	4,227	4,132
14	2013	7,950	4,399	3,551
15	2014	8,558	5,067	3,491
16	2015	9,202	5,323	3,879
17	2016	9,000	5,110	3,890
18	2017	10,330	5,706	4,624
Suma produkcji		163,334	94,917	67,828
Średnia produkcja		9,074	5,273	3,768



Rys. 1. Trendy produkcji stali w Polsce w latach 2000–2017 [oprac. na podst. 18, 19]

Fig. 1. Trends in steel production in Poland in 2000–2017 [based on 18, 19]

Analiza chronologiczna krajowej produkcji stali ogółem oraz według poszczególnych technologii wytwarzania w latach 2000–2017 pozwala stwierdzić, że:

- produkcja stali w poszczególnych latach oscylowała od 8 do nieco ponad 10 mln ton, tylko w okresie światowego kryzysu ekonomicznego, którego skutki w Polsce odczuwano w latach 2009–2010, produkcja stali spadła poniżej 8 mln ton (w 2009 roku wyprodukowano w Polsce 7,13 mln ton stali, a w kolejnym roku (2010) produkcja wzrosła do 7,99 mln ton stali),
- roczna produkcja przekraczająca 10 mln ton stali została odnotowana w latach: 2000, 2004, 2007 oraz 2017 (po dziesięciu latach od ostatniej wysokiej produkcji stali w 2017 roku wyprodukowano 10,33 mln ton stali) [19],
- średnioroczna produkcja stali w badanym okresie wynosiła 9,07 mln ton, produkcję nieprzekraczającą tego poziomu zarejestrowano w latach: 2001–2002, 2005, 2009–2014 oraz 2016; okres 2009–2014 był

najdłuższym w najnowszej historii hutnictwa w Polsce z produkcją poniżej 9 mln ton (okres 6-letni),

- więcej stali produkuje się w kraju w procesie konwertorowym niż w elektrycznym (z wyjątkiem 2009 roku), najwięcej stali konwertorowej wytworzono w 2004 roku (ponad 6,8 mln ton), a najmniej w 2009 roku – tylko 3,1 mln ton, natomiast najwyższy poziom produkcji stali w piecach elektrycznych odnotowano w 2008 roku – 4,5 mln ton stali, a najniższy w 2002 roku – tylko 2,5 mln ton, w latach 2010–2012 w okresie wyłączenia niektórych wielkich pieców (z powodu modernizacji) tyle samo stali wytworzono w konwertorach co w piecach elektrycznych (każdej nieco ponad 4 mln ton rocznie), po 2012 roku więcej produkowano stali konwertorowej niż elektrycznej,
- średnioroczna produkcja stali otrzymanej w procesie konwertorowym w badanym okresie wynosiła 5,27 mln ton, a średnioroczna produkcja stali wytopionej w piecach elektrycznych – 3,77 mln ton.

Dane, na podstawie których dokonano powyższego wniosku, zestawiono w tabeli 1.

Na podstawie danych (Tab. 1) i przebiegu trendów produkcji stali (Rys. 1), aby korzystać z metod prognozowania wykonano analizę szeregu czasowego w aspekcie wnioskowania statystycznego, ustalając:

- brak wyraźnej tendencji rosnącej lub malejącej w odniesieniu do badanych trendów produkcji stali ogółem oraz produkcji stali w procesie konwertorowym, jak i w procesie elektrycznym,
- brak charakteru addytywnego lub multiplikatywnego zmian w badanym zjawisku,
- niewystępowanie regularnych (cyklicznych) wahań w produkcji stali – badane zjawisko cechuje natomiast występowanie wahań okresowych (sezonowych) będących rezultatem koniunktury na stal,
- występowanie wahań nieregularnych lub losowych, czyli czynników trudnych do przewidzenia, a oddziaływujących na wielkość produkowanej stali np. kryzys ekonomiczny na świecie wywołany przez amerykański sektor bankowy w 2008 roku,
- nieregularność w przebiegu trendów produkcji stali w latach 2000–2017 wyklucza zastosowanie liniowych modeli prognozowania.

Powyższe stwierdzenia potwierdziły, przyjętą w celu pracy, metodę prognozowania z wykorzystaniem modeli adaptacyjnych. Modele tej grupy cechuje duża elastyczność i zdolność dostosowania do nieregularnych zmian kierunku trendu, jak również ewentualnych zniekształceń wahań sezonowych (przypadkowych). Przy użyciu tych modeli przyjmuje się, że rozwój prognozowanych zjawisk może być segmentowy, czyli gładki jedynie w określonych przedziałach czasowych.

3. WYNIKI PROGNOZ PRODUKCJI STALI W POLSCE W OKRESIE 2018–2022

Prezentację uzyskanych prognoz przedstawiono według użytych metod prognostycznych bez szczegółowych zapisów statystycznych [1–16]. W prognozowaniu wielkości produkcji stali ogółem i według stosowanych procesów zastosowano następujące modele adaptacyjne:

1. Model średniej ruchomej prostej i ważonej,
2. Model wygładzania wykładniczego,
3. Model wykładniczo-autoregresyjny.

3.1. PROGNOZY UZYSKANE PRZY UŻYCIU MODELU ŚREDNIEJ RUCHOMEJ PROSTEJ I MODELU ŚREDNIEJ RUCHOMEJ WAŻONEJ

W modelu średniej ruchomej prognoza zmiennej na moment (lub okres) t jest średnią arytmetyczną prostą lub ważoną z k ostatnich obserwacji z szeregu [7]. Dla potrzeb prognozowania wielkości produkcji stali w Polsce przyjęto wielkość k (stałą wygładzania) równą 2 lub 3. Prognozy opracowano dla szeregu czasowego kształtującego się wokół wartości stałej (przeciętnej). Wyniki prognozowanych wielkości produkcji stali ogółem i w podziale na stosowane technologie zestawiono w tabeli 2.

Spośród zestawionych w tabeli 2 modeli najlepsze dopasowanie (najniższe błędy prognoz) wykazuje model średniej ważonej dla $k = 3$ $w_1 = 0,1$; $w_2 = 0,2$; $w_3 = 0,7$. Uwzględniając wszystkie zestawione w tabeli 2 prognozy, można przyjąć, że roczna produkcja stali w najbliższych latach w Polsce będzie na poziomie oscylującym wokół 10 mln ton. Można zakładać, że przy sprzyjającej koniunkturze na stal produkcja sektora hutniczego w Polsce przekroczy poziom 10 mln ton (prognozy modelu średniej ważonej dla $k = 2$ $w_1 = 0,3$; $w_2 = 0,7$), natomiast przy spadku popytu na stal prognozowana produkcja będzie wynosić od 9,511 mln ton do 9,692 mln ton (model średniej ruchomej dla $k = 3$) lub w wariancie umiarkowanie pesymistycznym wyniesie 9,665–9,873 mln ton stali wytwarzanej rocznie (model średniej ruchomej dla $k = 2$). Prognozy dla stali wytwarzanej w procesie konwertorowym (zintegrowanym: wielki piec i konwertor) w ujęciu rocznym zgodnie z modelem średniej ważonej dla $k = 3$ $w_1 = 0,1$; $w_2 = 0,2$; $w_3 = 0,7$ są na poziomie około 5,5 mln ton, stanowiąc ponad 50% prognozowanej produkcji ogółem. Stal wytwarzana w piecach elektrycznych stanowi mniej niż 50% produkcji ogółem. Scenariusz prognostyczny wydaje się być optymistyczny, ponieważ roczna produkcja będzie przekraczać 4 mln ton stali.

3.2. PROGNOZY UZYSKANE PRZY UŻYCIU MODELU WYGŁADZANIA WYKŁADNICZEGO

W tej grupie modeli rozpatrywano zbiór metod prognozowania, których wspólną cechą było wygładzanie szeregu dynamicznego za pomocą średniej ważonej z wagami określonymi wykładniczo [7]. Dla potrzeb badań zastosowano: prosty model wygładzania wykładniczego oraz model pojedynczego wygładzania wykładniczego Browna. Uzyskane prognozy w prostym modelu wygładzania wykładniczego przy różnych parametrach alfa (α) oscylowały od 9,170 do 9,328 mln ton stali rocznie, w tym prognozy dla stali konwertorowej od 5,572 do 5,511 mln ton, a stali uzyskanej w piecach elektrycznych 4,624 mln ton. Prognozy te zostały odrzucone po uwzględnieniu kryteriów oceny wiarygodności statystycznej prognoz. Natomiast pozytywną weryfikację uzyskały prognozy skonstruowane przy użyciu modelu pojedynczego wygładzania wykładniczego Browna, zestawiono w tabeli 3.

Na podstawie zestawionych w tabeli 3 prognoz można przyjąć, że roczna produkcja stali w najbliższych latach w Polsce będzie wynosiła poniżej 10 mln ton. Produkcja stali wytworzonej w konwertorach nie przekroczy 5,5 mln ton rocznie, a prognozy dla produkcji stali elektrycznej są na poziomie 4,5 mln ton – uzyskane prognozy wykazują trend malejący w najbliższych latach.

Tabela 2. Prognozy produkcji stali ogółem i według stosowanej technologii wytwarzania w Polsce – model średniej ruchomej prostej i model średniej ruchomej ważonej**Table 2. Forecasts for total steel production and according to the applied manufacturing technology in Poland – model of simple moving average and model of weighted moving average**

Prognoza produkcji stali	Rok	Model średniej ruchomej dla $k = 2$	Model średniej ruchomej dla $k = 3$	Model średniej ważonej dla $k = 2$ $w_1 = 0,4$ $w_2 = 0,6$	Model średniej ważonej dla $k = 2$ $w_1 = 0,3$ $w_2 = 0,7$	Model średniej ważonej dla $k = 3$ $w_1 = 0,1$ $w_2 = 0,2$ $w_3 = 0,7$
Ogółem (mln ton)	2018	9,665	9,511	9,798	9,931	9,951
	2019	9,998	9,614	10,011	10,051	9,932
	2020	9,831	9,818	9,926	10,015	9,976
	2021	9,914	9,647	9,960	10,026	9,964
	2022	9,873	9,692	9,946	10,022	9,963
Błąd prognozy	Ψ	0,113	0,100	0,110	0,108	0,099
	RMSE	1,233	1,145	1,201	1,181	1,143
W procesie konwertorowym (mln ton)	2018	5,408	5,380	5,468	5,527	5,549
	2019	5,557	5,399	5,563	5,581	5,536
	2020	5,483	5,495	5,525	5,565	5,556
	2021	5,520	5,424	5,540	5,570	5,551
	2022	5,501	5,439	5,534	5,568	5,550
Błąd prognozy	Ψ	0,143	0,146	0,136	0,137	0,132
	RMSE	0,901	0,884	0,877	0,862	0,853
W procesie elektrycznym (mln ton)	2018	4,257	4,131	4,330	4,404	4,403
	2019	4,441	4,215	4,448	4,470	4,396
	2020	4,349	4,323	4,401	4,450	4,420
	2021	4,395	4,223	4,420	4,456	4,413
	2022	4,372	4,254	4,412	4,454	4,413
Błąd prognozy	Ψ	0,112	0,114	0,106	0,101	0,097
	RMSE	0,492	0,526	0,474	0,454	0,460

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych empirycznych zamieszczonych w tabeli 1 i zgodnie z metodyką konstruowania prognoz dla szeregu czasowego kształtującego się wokół wartości stałej (przeciętnej) [7].

Tabela 3. Prognozy produkcji stali ogółem i według stosowanej technologii wytwarzania w Polsce – model pojedynczego wykładniczego wykładniczego Browna**Table 3. Forecasts for total steel production and according to the applied manufacturing technology in Poland – model of Brown's simple exponential smoothing**

	Rok	Prognoza produkcji stali ogółem	Produkcja w procesie konwertorowym	Produkcja w procesie elektrycznym
Model pojedynczego wykładniczego wykładniczego	2018	9,637	5,476	4,549
	2019	9,444	5,396	4,515
	2020	9,391	5,368	4,500
	2021	9,376	5,359	4,493
	2022	9,372	5,356	4,490
Błędy prognoz dla różnych parametrów wykładniczego (α) z zakresu (0,1)	Ψ	0,096; 0,097	0,123; 0,123	0,095; 0,096
	RMSE	1,078; 1,076	0,826; 0,827	0,441; 0,437
	Dla α	0,2774; 0,2494	0,3466; 0,3487	0,5246; 0,4526

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych empirycznych zamieszczonych w tabeli 1 i zgodnie z metodyką modeli wykładniczego wykładniczego [7].

3.3. PROGNOZY UZYSKANE PRZY UŻYCIU MODELU WYKŁADNICZO-AUTOREGRESYJNEGO

Ostatnią kategorią modeli użytych do wyznaczenia prognoz dla szeregu czasowego kształtującego się wo-

kół wartości stałej (przeciętnej) były modele wykładniczo-autoregresyjne. Opracowano modele: dla $k = 3$, $l = 2$ i dla $k = 2$, $l = 2$. Prognozy uzyskane przy użyciu modelu wykładniczego, zgodnie z metodyką przedstawianą w publikacji [7], zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Prognozy produkcji stali ogółem i według stosowanej technologii wytwarzania w Polsce – modele wykładniczo-autoregresyjne

Table 4. Forecasts for total steel general and according to the applied manufacturing technology in Poland – exponential autoregressive models

Prognoza produkcji stali	Rok	Model wykładniczo-autoregresyjny $k = 3$	Model wykładniczo-autoregresyjny $k = 2$
Ogółem (mln ton)	2018	9,201	9,425
	2019	9,004	9,120
	2020	8,961	9,094
	2021	8,977	9,084
	2022	8,977	9,084
Błąd prognozy	Ψ	0,099	0,089
	RMSE	1,096	1,040
Dla parametrów	α opt.	0,1463	
	$\beta_1; \beta_2; \beta_3$ dla $k = 3$	0,7; 0,2; 0,1	0,1937
	$\beta_1; \beta_2$ dla $k = 2$		0,7; 0,3
	$\delta_1; \delta_2$	0,8; 0,2	0,8; 0,2
W procesie konwertorowym (mln ton)	2018	5,447	5,710
	2019	5,337	5,498
	2020	5,275	5,433
	2021	5,266	5,408
	2022	5,264	5,400
Błąd prognozy	Ψ	0,131	0,127
	RMSE	0,849	0,844
Dla parametrów	α opt.	0,381	
	* $\beta_1; \beta_2; \beta_3$ dla $k = 3$	0,7; 0,2; 0,1	0,3901
	$\beta_1; \beta_2$ dla $k = 2$		0,7; 0,3
	* $\delta_1; \delta_2$	0,8; 0,2	0,8; 0,2
W procesie elektrycznym (mln ton)	2018	4,613	4,636
	2019	4,595	4,573
	2020	4,557	4,550
	2021	4,544	4,537
	2022	4,537	4,532
Błąd prognozy	Ψ	0,102	0,094
	RMSE	0,472	0,445
Dla parametrów	α opt.	0,5566	
	$\beta_1; \beta_2; \beta_3$ dla $k = 3$	0,7; 0,2; 0,1	0,5141
	$\beta_1; \beta_2$ dla $k = 2$		0,7; 0,3
	$\delta_1; \delta_2$	0,8; 0,2	0,8; 0,2

* zmiany na poziomie poszczególnych wag nie wpływały w sposób znaczący na wartość prognoz

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych empirycznych zamieszczonych w tabeli 1 i zgodnie z metodyką modeli wykładniczo-autoregresyjnych [7].

Uzyskane prognozy z zastosowaniem modelu wykładniczo-autoregresyjnego charakteryzuje trend malejący. Produkcja stali ogółem z prognozowanego poziomu 9,201 mln ton (model $k = 3$) lub 9,425 mln ton (model $k = 2$) w 2018 roku spadnie do 8,977 mln ton (model $k = 3$) lub 9,084 mln ton (model $k = 2$) w 2022 roku. Prognozy dla produkcji stali w procesie konwertorowym z poziomu 5,447 mln ton (model $k = 3$) lub 5,710 mln ton (model $k = 2$) w 2018 roku spadnie do 5,264 mln ton (model $k = 3$) lub 5,400 mln ton (model $k = 2$). Prognozowana produkcja stali wytwarzanej w procesie elektrycznym w 2018 roku wyniesie 4,613 mln ton (model $k = 3$) lub 4,636 mln ton (model $k = 2$) i spadnie do

4,537 mln ton (model $k = 3$) lub 4,532 mln ton (model $k = 2$) w 2022 roku.

4. PODSUMOWANIE

Analizując przedstawione wyniki prognoz (Tab. 2–4), przy założeniu kształtowania się szeregu czasowego wokół wartości przeciętnej, co pozwoliło na zastosowanie do ich konstruowania modelu średniej ruchomej prostej, modelu średniej ruchomej ważonej, prostego modelu wygładzania wykładniczego, modelu pojedynczego wygładzania wykładniczego oraz modelu wy-

kładniczo-autoregresyjnego, z uwzględnieniem błędów prognoz można przyjąć możliwe scenariusze zmian:

- scenariusz optymistyczny: prognozowana roczna produkcja stali na poziomie 10 mln ton i powyżej tego poziomu (model średniej ważonej dla $k = 2$), z prognozowaną produkcją stali uzyskanej w konwertorach powyżej 5,5 mln ton stali wytwarzanej rocznie, a w piecach elektryczno-łukowych około 4,5 mln ton stali wytwarzanej rocznie (modele średniej ruchomej), łączna produkcja roczna byłaby na poziomie 10 mln ton,
- scenariusz pesymistyczny: prognozowana roczna produkcja stali na poziomie niewiele ponad 9 mln ton lub poniżej 9 mln ton stali wytwarzanej rocznie (model wykładniczo-autoregresyjny $k = 3$), z prognozowaną produkcją w procesie konwertorowym na poziomie około 5 mln ton stali, a elektrycznym 4 mln ton stali wytwarzanej rocznie,
- scenariusz bazowy (średniowy) – mieszczący się pomiędzy scenariuszem optymistycznym i pesymistycznym to prognozowana produkcja stali na rocznym poziomie około 9,4 mln ton stali przy nieznacznych zmianach w wielkości stali wytworzonej w konwertorach (około 58% produkcji łącznej) i stali produkowanej w piecach elektrycznych (42%) – model pojedynczego wygładzania wykładniczego Browna.

Prognozowana produkcja stali będzie podlegać zmianom w zależności od koniunktury na rynku. Na wielkość produkcji stali znaczny wpływ mają bowiem uwarunkowania gospodarcze i sytuacja ekonomiczna odbior-

ców stali. Przygotowane prognozy obarczone są błędem prognostycznym. Każda prognoza została wykonana z wykorzystaniem metodologii prognostycznej. Dalsza analiza wyników uzyskanych prognoz z uwzględnieniem podziału produkcji stali na odpowiednie technologie (konwertory i piece elektryczne) wymaga uwzględnienia czynników makroekonomicznych w procesie decyzyjnym. Stal wytworzona w konwertorach, z rudy żelaza, jest znacznie droższa od stali otrzymanej w piecach elektryczno-łukowych, proces produkcji odbywa się przy kilkukrotnie większej emisji dwutlenku węgla, zaś stal jest znacznie czystsza pod względem metalurgicznym. Z tych powodów jest ona przeznaczana na bardziej odpowiedzialne wyroby, głównie wyroby płaskie. Stal w procesie elektrycznym wytwarzana jest ze złomu stalowego i jej jakość w znacznym stopniu zależy od jakości złomu i procesu jego segregacji. Stal z tego procesu przeznaczona jest głównie na mniej odpowiedzialne wyroby masowego przeznaczenia, przede wszystkim wyroby długie. Determinantami decydującymi o wielkości produkcji stali są między innymi dostępność surowców – o możliwości stosowania procesu elektrycznego do wytwarzania stali decyduje dostępność do złomu stalowego o odpowiedniej jakości (bilans złomu) oraz końcowe przeznaczenie wyrobów. Aspekty decyzyjne, takie jak bilans złomu i dostępność surowca powinny być uwzględnione w procesie decyzyjnym na poziomie przedsiębiorstw hutniczych, które skorzystałyby z opracowanych wyników prognoz.

LITERATURA

- [1] A.D. Aczel. *Statystyka w zarządzaniu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2004.
- [2] D. Błaszczuk. *Wstęp do prognozowania i symulacji*, Wyd. 2. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006.
- [3] B. Borkowski, H. Dudek, W. Szczepny. *Ekonometria. Wybrane zagadnienia*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2003.
- [4] R. Czyżycki, M. Hundert, R. Klóska. *Wybrane zagadnienia z prognozowania*. Szczecin: Wydawnictwo Economicus, 2006.
- [5] J. Gajda. *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck, 2001.
- [6] B. Guzik, D. Appenzeller, W. Jurek. *Prognozowanie i symulacje. Wybrane zagadnienia*. Poznań: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 2004.
- [7] S. Krawiec. *Adaptacyjne modele wygładzania wykładniczego jako instrumenty prognozowania krótkoterminowego zjawisk ilościowych*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2014.
- [8] K. Kukuła (red.). *Wprowadzenie do ekonometrii w przykładach i zadaniach*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2007.
- [9] J. Nazarko (red.). *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem, cz. III. Prognozowanie na podstawie modeli adaptacyjnych*, Białystok: Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, 2005.
- [10] T. Nowak. *Ekonometria*. Warszawa: Wydawnictwo Colorful Media, 2006.
- [11] B. Radzikowska. *Metody prognozowania. Zbiór zadań*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, 2004.
- [12] A. Snarska. *Statystyka. Ekonometria. Prognozowanie*. Warszawa: Wydawnictwo Placet, 2005.
- [13] M. Sobczyk. *Prognozowanie. Teoria. Przykłady. Zadania*. Warszawa: Wydawnictwo Placet, 2008.
- [14] T. Szapiro. *Decyzje menedżerskie z Excelem*. Warszawa: PWE, 2000.
- [15] W. Szkutnik, M. Balcerowicz-Szkutnik. *Wstęp do metod ekonometrycznych. Metody i zadania*. Katowice: Śląska Wyższa Szkoła Zarządzania, 2006.
- [16] D. Witkowska. *Podstawy ekonometrii i teorii prognozowania*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna, 2006.
- [17] B. Gajdzik. *Porestrukturyzacyjne modele funkcji produkcji dla przemysłu hutniczego z prognozami i scenariuszami zmian w wielkości produkcji stali*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2018.
- [18] World Steel Association. Steel Statistical Yearbook. [Online] Dostępny z: www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook-.html.
- [19] Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa w Katowicach. Polski przemysł stalowy 2018. [Online] Dostępny z: http://www.hiph.org/ANALIZY_RAPORTY/pps.php.
- [20] B. Gajdzik. Analiza i predykcja trendów technologii wytwarzania stali w Polsce, Europie i na świecie. *Prace Instytutu Metalurgii Żelaza*, 2017, 69 (2), s. 58–67.