

2

KRÓTKOTERMINOWE PROGNOZY KRAJOWEJ WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI I PROPORCJI POMIĘDZY PRODUKCJĄ W PROCESIE ZINTEGROWANYM I ELEKTRYCZNYM

2.1 WPROWADZENIE

Przedsiębiorstwa w dynamicznym otoczeniu prognozują zmiany dotyczące wielu różnych obszarów działalności. Planując działania, trzeba z góry oceniać zbiór problemów i poczynań, które dają szansę dojścia do pożądaných wyników. Elementem procesu planistycznego jest prognozowanie. Prognozowanie jest angażowaniem się w przyszłość, aby podejmować działania proaktywne. Wybieganie myślą w przyszłość, pozwala odpowiedzieć na pytanie: „Co się zdarzy ?” i/lub „Jakie zmienią się analizowane wielkości ?” Prognozowanie ma sens tylko wówczas, gdy obejmuje się nim odpowiednio duży zbiór danych empirycznych. W przypadku przewidywania lub prognozowania stosuje się ekstrapolację lub intrapolację z użyciem wielu metod statystyczno-ekonometrycznych. Wybór metod pozostaje w gestii badacza. Dla potrzeb niniejszej publikacji dokonano weryfikacji metod statystycznych, wybierając te, które charakteryzowały się najmniejszym błędem prognostycznym.

Celem niniejszej publikacji było opracowanie prognoz statystycznych krótkoterminowych wielkości produkcji stali do 2020 roku w rozbiciu na produkcję stali według stosowanych technologii wytwarzania. Praca powstała na podstawie danych statystycznych. Do zbudowania prognozy wykorzystano dane wielkości produkcji stali ogółem, w tym stali konwertorowej i elektrycznej od roku 2000 do roku 2015. Prognozy ex-ante zbudowano dla okresu od roku 2016 do roku 2020 – okres 5-ciu lat. Opracowano model trendu pełzającego – prognozowanie metodą wag harmoniczných, dla badanych zjawisk w krajowym przemyśle stalowym.

2.2 POSTĘPOWANIE METODYCZNE W PROGNOZOWANIU WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI OGÓŁEM I WEDŁUG PROCESÓW WYTWARZANIA

W celu zbudowania prognozy wielkości produkcji stali ogółem i w rozbiciu na poszczególne technologie stosowane w przemyśle stalowym w Polsce do 2020 roku (5 lat), użyto modeli adaptacyjnych i ekonometrycznych (liniowe, nieliniowe oraz z uwzględnieniem autokorelacji). Przyjęto dwie ścieżki postępowania metodycznego. Procedura metodyczna pierwsze była następująca:

Etap 1. Zbudowanie prognozy dla produkcji stali ogółem.

Etap 2a1. Zbudowanie prognozy dla produkcji stali w procesie konwertorowym.

Etap 2a2. Oszacowanie prognozy dla produkcji stali w procesie elektrycznym.

Z kolei druga obejmowała:

Etap 1. Zbudowanie prognozy dla produkcji stali ogółem.

Etap 2b1. Zbudowanie prognozy dla produkcji stali w procesie elektrycznym.

Etap 2b2. Oszacowanie prognozy dla produkcji stali w procesie konwertorowym.

Przyjęte postępowanie metodyczne wynikało z tego, że stal otrzymana w procesach konwertorowym i elektrycznych składała się na produkcję stali ogółem.

Tabela 2.1 Zbiór optymalnych metod prognostycznych dla badanych obszarów prognoz

Prognozowanie produkcji stali ogółem					
Nr	Nazwa metody lub modelu prognozy	Błąd ex post		Błąd ex ante	Uwagi związane z parametrami modelu
		ψ	RMSE*	ψ	
1.	Metoda trendu pełzającego - prognozowanie metodą wag harmonicznych	0,044	0,521	0,0230	Liczba elementów w segmencie k = 4
2.	Modele autoregresyjne AR (1,2,4,5)	0,061	0,692	0,0190	Model AR(1,2,4,5)
3.	Modele autoregresyjne AR (1,4,5)	0,066	0,703	0,0065	Model AR(1,4,5)
4.	Model kwadratowy Holta w formule addytywnej (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,088	0,911	0,1092	Min. wart.: ψ $\alpha = 0,0001$; $\beta = 0,2398$; $\Phi = 0,2597$
5.	Model kwadratowy Holta w formule addytywnej (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,088	0,911	0,1124	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,0001$; $\beta = 0,2395$; $\Phi = 0,2569$
6.	Model liniowy (w celach poglądowych)	0,089	0,924	0,0914	$R^2 = 0,1521$; $p = 0,1340$
Prognozowanie produkcji stali konwertorowej					
Nr	Nazwa metody lub modelu prognozy	Błąd ex post		Błąd ex ante	Uwagi związane z parametrami modelu
		RMSE*	ψ	ψ	
1.	Metoda trendu pełzającego - prognozowanie metodą wag harmonicznych	0,059	0,379	0,0046	Liczba elementów w segmencie k = 4
2.	Modele autoregresyjne AR (1)	0,124	0,772	0,0499	Model AR(1)
Prognozowanie produkcji stali otrzymywanej w procesie elektrycznym					
Nr	Nazwa metody lub modelu prognozy	Błąd ex post		Błąd ex ante	Uwagi związane z parametrami modelu
		RMSE*	ψ	ψ	
1.	Modele autoregresyjne	0,039	0,171	0,0340	Model AR(1,2,6) $R^2 = 0,7340$
2.	Metoda trendu pełzającego - prognozowanie metodą wag harmonicznych	0,041	0,172	0,0615	Liczba elementów w segmencie k = 4

Błąd ex ante wyznaczono dla roku 2015

Źródło: Obliczenia własne

Stosując, w trakcie realizacji prognoz poszczególne metody statystyczne, za kryterium optymalizacji wartości prognozy punktowej, przyjęto minimalną wartość jednego z błędów: pierwiastka kwadratowego obliczanego ze średniego kwadratowego błędu prognoz pozornych RMSE* i średniej wartości względnego błędu prognoz wygasłych ψ [10, 11, 14]. Spośród przetestowanych metod prognostycznych wybrano prognozy optymalne, biorąc pod uwagę zdefiniowane wyżej kryteria takiego poszukiwania. Ze zbioru metod optymalnych wybrano metodę najlepszą. Tą metodą była metoda trendu pełzającego z użyciem prognozowania metodą wag harmonicznyc. Na tabeli 2.1 zestawiono zbiór metod optymalnych w przedmiotowym temacie badań, na przykładzie prognozowania wielkości produkcji stali Postępowanie metodyczne, weryfikację poszczególnych metod statystycznych, powtórzono w odniesieniu do produkcji stali w procesach konwertorowym i elektrycznym.

2.3 PRODUKCJA STALI I PROPORCJE POMIĘDZY PRODUKCJĄ W PROCESIE ZINTEGROWANYM I ELEKTRYCZNYM

Stal, pomimo rozwoju konkurencyjnych materiałów, nadal zaliczana jest do podstawowych materiałów konstrukcyjnych. W ostatnich latach produkcja stali na świecie dynamicznie wzrosła. W roku 2004 przekroczyła ona poziom 1 mld ton [16]. W 2015 roku na świecie wyprodukowano 1,592 mld ton. Ze względu jednak na nadwyżkę zdolności produkcyjnych, w 2015 roku w porównaniu z rokiem poprzednim odnotowano spadek produkcji o około 2% [20]. Nadwyżka zdolności produkcyjnych w skali globalnej jest w wysokości 700 milionów ton [12]. Rynki światowe odczuwają stopniowo spowolniony wzrost gospodarki chińskiej – spadek popytu na stal odnotowano w sektorach konsumujących stal (budownictwo, przemysł motoryzacyjny, transport, AGD). W ujęciu jednak długoterminowym sytuacja na światowym rynku stali wykazuje tendencję wzrostową, z niewielkim spadkiem w 2015 roku. Od 1995 roku przeciętna stopa wzrostu produkcji była dodatnia. Według danych World Steel Association w latach 1995-2000 wzrost wynosił 2,5%, w kolejnych latach 2001-2005 odnotowano wzrost o 6,2%, w następnych o 4,5% i mniejszy w latach 2010-2014, bo na poziomie 3,8% [20].

W Europie do 2008 roku produkcja wykazywała tendencje rosnącą. Najwięcej stali w Europie wyprodukowano w 2007 roku, 210 mln ton. Po wystąpieniu skutków światowego kryzysu gospodarczego trend produkcji stali w krajach Unii Europejskiej wykazywał wahania. W 2015 roku wyprodukowano w Europie o około 2% mniej stali niż w roku poprzednim (w 2014 roku produkcja stali wynosiła 168 mln ton) [3, 4].

W Polsce produkcja stali od 2008 roku nie przekracza 10 mln ton. W 2015 roku wyprodukowano w kraju 9,2 mln ton stali (wzrost w stosunku do roku poprzedniego o 8%) przy wykorzystaniu 73% zdolności produkcyjnych [12]. Najwyższy wolumen produkcji w ostatniej dekadzie odnotowano w 2007 roku – 10,7 mln ton [5].

Współcześnie stale wytapia się w konwertorach (proces zintegrowany: wielki piec, konwertory, COS – ciągle odlewanie stali) oraz w piecach elektrycznych (przede wszystkim łukowych). Przewidywany przez ekspertów [9], na umowny 2050 rok, stan rozwoju technologii hutniczych nie ulegnie większym zmianom, wymienione technologie uznawane są za podstawowe (bazowe) w sektorze metalurgicznym. W Polsce istnieją dwie stalownie konwertorowe (konwertory typu TBM-Thyssen Blast Metalurgie, LD – Linz-Donawitz), po jednej w Krakowskim i Dąbrowskim Oddziale ArcelorMittal Poland. Proces technologiczny, to połączenie konwertorów z ciągłym odlewaniem stali. Pozostałe huty stosują piec elektryczne. Zaletami tej technologii jest wykorzystywanie złomu stalowego (podstawowe tworzywo żelazonośne), głównie zbiórkowego (poamortyzacyjnego) i z poprodukcyjnych odpadów hut, do wytopu stali – niższa energochłonność w porównaniu z procesem wytwarzania stali w hutach zintegrowanych (w układzie wielki piec – konwertor tlenowy) [7]. Technologia wytwarzania stali w piecach elektrycznych określana jest jako EAF od Electric Arc Furnace, a w konwertorach jako BOF – Basic Oxygen Furnace.

Do 2002 roku huty w kraju stosowały również piec martenowskie. Technologia została jednak wycofana ze względów ekonomicznych i środowiskowych. W Polsce więcej stali wytwarzanej jest w procesie zintegrowanym niż w procesie elektrycznym, chociaż występowały sytuacje odwrotne (taka sytuacja miała miejsce w latach 2009-2010 i była spowodowana wyłączeniem zbędnych mocy produkcyjnych w hutach zintegrowanych) [5]. Obecnie (dane z 2015 roku) 58% stali wytwarzanych jest w procesie konwertorowym a 42% w procesie elektrycznym [12]. W krajach Unii Europejskiej (27 krajów) proporcje te są nieco wyższe bo 61% to stal konwertorowa a 39% to stal wytapiana w piecach elektrycznych. Produkcja stali produkowanej w kraju wykazuje niższy o około 3% udział stali wytwarzanej w procesie konwertorowym w porównaniu z Unią Europejską i o około 17% w odniesieniu do produkcji światowej. Na świecie stal konwertorowa stanowi ponad 75% ogólnej produkcji (tabela 2.2) [15].

Tabela 2.2 Przykładowe udziały stali konwertorowej i elektrycznej w produkcji stali ogółem

Wyszczególnienie	Polska [%]				UE [%]				Świat [%]			
	2005	2010	2012	2015	2005	2010	2012	2015	2005	2010	2012	2015
Udział stali konwertorowej	58,7	49,9	50,5	58,0	61,1	58,7	58,4	61,0	65,3	65,2	70,5	75,0
Udział stali elektrycznej	41,3	50,1	49,5	42,0	38,9	41,3	41,6	39,0	34,7	34,8	29,5	25,0

Źródło: Zestawiono na podstawie: World Steel in Figures, 2006, 2011, 2013, 2015, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org; European Steel in Figures 2007/2011, 2008/2012 EUROFER; Polski przemysł stalowy, Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice, 2006, 2011, 2013, 2016, dostęp: www.hiph.org/polski_przemysl_stalowy [20.10.2016].

Poza technologią konwertorową i elektryczną w ujęciu globalnym wykazywana jest jeszcze produkcja stali w piecach martenowskich. Udział procesów martenowskich w produkcji ogółem stali na świecie jest nieznaczący (w 2015 roku stanowił on zaledwie 0,3%) [20]. W Unii Europejskiej technologia martenowska

należy do historycznych (ostatni raz wykazana w zestawieniach statystycznych w 2010 roku na poziomie 0,655 mln ton) [17].

2.4 ANALIZA PRZEBIEGU CZASOWEGO PRODUKCJI STALI OGÓŁEM I WEDŁUG PROCESÓW WYTWARZANIA W POLSCE

Korzystając z danych statystycznych (tabela 2.3) przedstawiono przebiegi czasowe badanych wielkości: produkcja stali ogółem, produkcja stali w procesach konwertorowym i elektrycznym. Analizowane wielkości przedstawiono za lata 2000-2015.

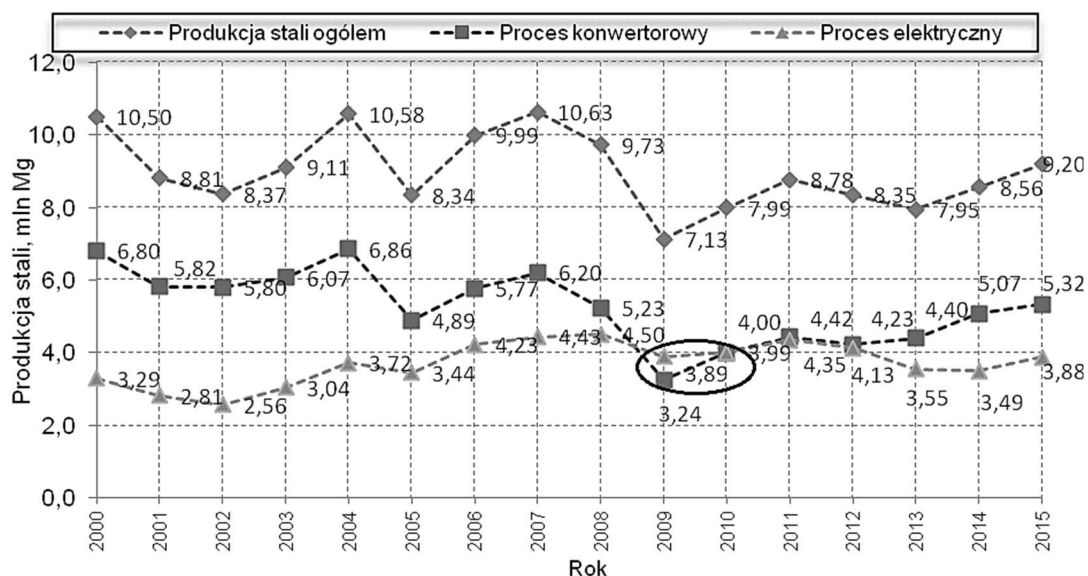
Tabela 2.3 Produkcja stali ogółem i według procesów w latach 2000-2015

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

Źródło: Polski przemysł stalowy. Roczne raporty Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej w Katowicach; dostęp: www.hiph.org/polski_przemysl_stalowy [20.10.2016].

W latach 2000-2002 występowała w Polsce produkcja stali w piecach martenowskich (kolor szary w tabeli 2.3) lecz jej udział nie był znaczący (w latach 2000, 2001, 2002 produkcja stali w Polsce w procesie martenowskim wynosiła odpowiednio: 0,0413%, 0,0177% i 0,0072%).

Przebieg czasowy analizowanych zjawisk przedstawiono na rys. 2.1. Ogólnie przebieg szeregu badanych zjawisk jest trudny ze względu na zbudowanie wiarygodnej prognozy – występują dość duże wahania przypadkowe (najczęściej koniunkturalne). Nie można wyłonić wahań sezonowych (cyklicznych) w analizowanych wielkościach. W przypadku wielkości produkcji stali można zauważyć lekki trend malejący. Produkcja stali konwertorowej do 2009 roku wykazywała lekki trend malejący, a w latach 2009-2015 rosnący. Odwrotną sytuację odnotowano w przypadku produkcji stali w piecach elektrycznych. Do 2009 roku tendencja rosnąca, a w dwóch kolejnych latach malejąca i znowu rosnąca. Na rys. 2.1 zaznaczono również sytuację, kiedy to w latach 2009-2010 produkcja stali konwertorowej miała niższy udział w produkcji stali ogółem niż stal elektryczna.



Rys. 2.1 Produkcja stali ogółem i według procesów wytwarzania w latach 2000-2015
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych: Polski przemysł stalowy. Roczne raporty Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej w Katowicach; dostęp: www.hiph.org/polski_przemysl_stalowy [20.10.2016].

Najwięcej stali wytwarzanej jest w przedsiębiorstwie hutniczym ArcelorMittal Poland. Przedsiębiorstwo produkuje rocznie około 5 mln ton stali. W 2015 roku wyprodukowano w przedsiębiorstwie 5,2 mln ton stali [8], co stanowi prawie 55% ogólnej produkcji stali w kraju. Przedsiębiorstwo ArcelorMittal Poland wytwarza stal w procesie konwertorowym. Ponad 70% wytworzonej w przedsiębiorstwie stali, przypada na oddział w Dąbrowie Górniczej (dawna Huta Katowice), a niecałe 30% na oddział w Krakowie (dawna Huta im. T. Sendzimira) (tabela 2.4).

Tabela 2.4 Udział poszczególnych producentów w produkcji stali w procesie konwertorowym i elektrycznym

Przedsiębiorstwo	2012 rok	2013 rok	2014 rok	Udział w produkcji ogółem
	[tony]	[tony]	[tony]	[%]
Razem przemysł stalowy/produkcja stali w procesie konwertorowym	4 226 542	4 399 432	5 066 954	100
ArcelorMittal Poland	4 226 542	4 399 432	5 066 954	100
ArcelorMittal Poland Oddział w Dąbrowie Górniczej	3 028 562	3 057 934	3 719 497	73,4
ArcelorMittal Poland Oddział w Krakowie	1 197 980	1 341 498	1 347 457	26,6
Razem przemysł stalowy/produkcja stali w procesie elektrycznym	4 131 618	3 550 904	3 491 464	100
ArcelorMittal Warszawa S.A.	568 322	554 970	547 870	15,7
Celsa „Huta Ostrowiec” Sp. z o.o.	1 196 560	1 023 458	1 204 066	34,5
CMC Poland Sp. z o.o.	1 424 047	1 274 089	1 038 817	29,8
Ferrostal Łabędy Sp. z o.o.	303 810	324 645	381 477	10,9
Huta Stali Jakościowych	159 052	181 049	200 925	5,8
ISD Huta Częstochowa	394 440	95 987	20 746	0,6

Źródło: Przemysł stalowy. Roczne raporty Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej w Katowicach

Huty, które stosują technologię wytapiania stali w piecach elektrycznych to: Arcelor Mittal Warszawa S.A. (dawna Huta Warszawa) (15,7% w produkcji ogółem stali elektrycznej); CMC Poland Sp. z o.o. (dawna Huta Zawiercie) (29,8%); Celsa „Huta Ostrowiec” Sp. z o.o. (34,5%); Ferrostal Łabędy Sp. z o.o. (Huta Łabędy) (10,9%); Huta Stali Jakościowych (5,8%) oraz ISD Huta Częstochowa (0,6%) (tabela 2.4).

2.5 PROGNOZOWANIE ZMIAN W WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI OGÓŁEM I WEDŁUG PROCESÓW WYTWARZANIA – MODEL TRENDU PEŁZAJĄCEGO – PROGNOZOWANIE METODĄ WAG HARMONICZNYCH

W prognozowaniu zmian badanego zjawiska połączono model trendu pełzającego z prognozowaniem metodą wag harmonicznych.

Założenia:

1. Wybrano segmenty po $k = 4$ obserwacje
2. Wagi, czyli współczynniki uwzględniające starzenie się informacji obliczono wg wzoru [1]:

$$C_{t+1}^n = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^t \frac{1}{n-1}$$

Prognozy ex-ante obliczono wg wzoru [1]:

$$y_T^* = y_n + (T - n) \cdot \left(\sum_{i=2}^n w_i \cdot c_i \right) \quad \text{dla } T = n+1, \dots, \tau$$

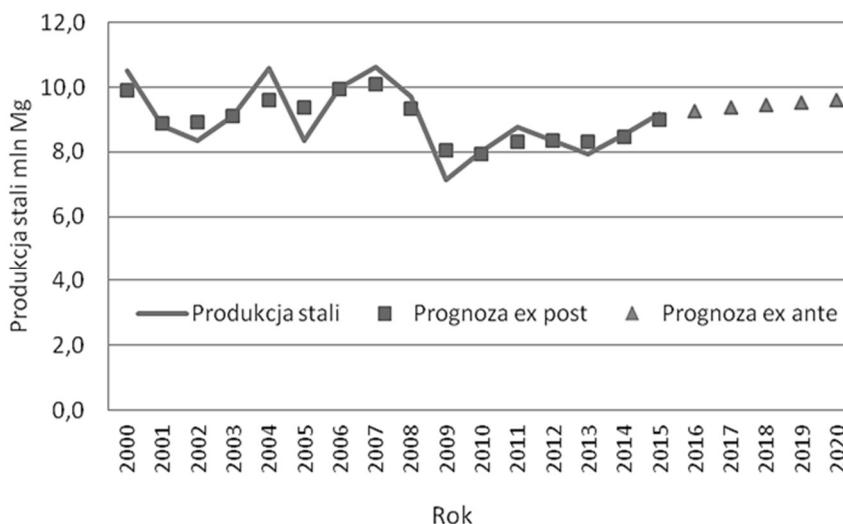
Uzyskane rezultaty modelowania przedstawiono na wykresach. Dla przykładu, w tabeli 2.5 zestawiono wyniki prognozowania wielkości produkcji stali ogółem do 2020 roku.

Tabela 2.5 Prognozowanie zmian w wielkości produkcji ogółem [mln ton]

Wartości modelowe Y w poszczególnych segmentach k=4													Estymatory parametrów trendu liniowego dla podokresów		Wt przyrosty		Ct-wagi harmoniczne		WtCt		$\frac{ y_t - y_t^* }{y_t}$	$\frac{(y_t - y_t^*)^2}{y_t}$						
LP	Rok	Produkcja stali ogółem	y ^t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Segm.											
1	2000	10,498	9,888	9,9													1	-0,46	932,8									
2	2001	8,809	8,867	9,4	8,3												2	0,60	-1201,8	-1,0204	0,0044444	0,0044444	-0,004534	0,007	0,003			
3	2002	8,367	8,923	9,0	8,9	8,9											3	0,14	-266,7	0,0556	0,0047619	0,009206	0,000512	0,066	0,309			
4	2003	9,107	9,123	8,5	9,5	9,0	9,4										4	0,04	-72,7	0,2000	0,0051282	0,014335	0,002866	0,002	0,338			
5	2004	10,578	9,596		10,1	9,2	9,5	9,6									5	0,18	-353,6	0,4731	0,0055556	0,019890	0,009410	0,093	0,585			
6	2005	8,336	9,393			9,3	9,5	9,8	8,9								6	0,48	-956,1	-0,2034	0,0060606	0,025951	-0,005278	0,127	1,117			
7	2006	9,992	9,941				9,6	10,0	9,4	10,8							7	-0,95	1915,1	0,5483	0,0066667	0,032617	0,017885	0,005	0,003			
8	2007	10,631	10,090					10,2	9,9	9,8	10,4						8	-1,05	2120,2	0,1488	0,0074074	0,040025	0,005955	0,051	0,293			
9	2008	9,727	9,347						10,4	8,9	9,4	8,7					9	-0,20	407,9	-0,7427	0,0083333	0,048358	-0,035914	0,039	0,145			
10	2009	7,128	8,048							7,9	8,3	8,5	7,4				10	0,44	-885,1	-1,2994	0,0095238	0,057882	-0,075211	0,129	0,845			
11	2010	7,993	7,947								7,3	8,3	7,8	8,4			11	-0,06	120,2	-0,1002	0,0111111	0,068913	-0,006907	0,006	0,002			
12	2011	8,776	8,313									8,1	8,3	8,3	8,6		12	-0,11	220,1	0,3657	0,0133333	0,082326	0,030107	0,053	0,215			
13	2012	8,348	8,367										8,7	8,2	8,5	8,0	13	0,32	-629,9	0,0536	0,0166667	0,098993	0,005309	0,002	0,000			
14	2013	7,950	8,299											8,2	8,4	8,4			-0,0683	0,0222222	0,121215	-0,008278	0,044	0,121				
15	2014	8,558	8,462												8,3	8,7			0,1634	0,0333333	0,154549	0,025257	0,011	0,009				
16	2015	9,202	8,990													9,0			0,5284	0,6666670	0,221215	0,116901	0,023	0,045				
17	2016		9,280																				0,078080	0,044	0,521			
18	2017		9,358																						ψ	RMSE*		
19	2018		9,437																									
20	2019		9,515																									
21	2020		9,593																									

Źródło: Obliczenia własne

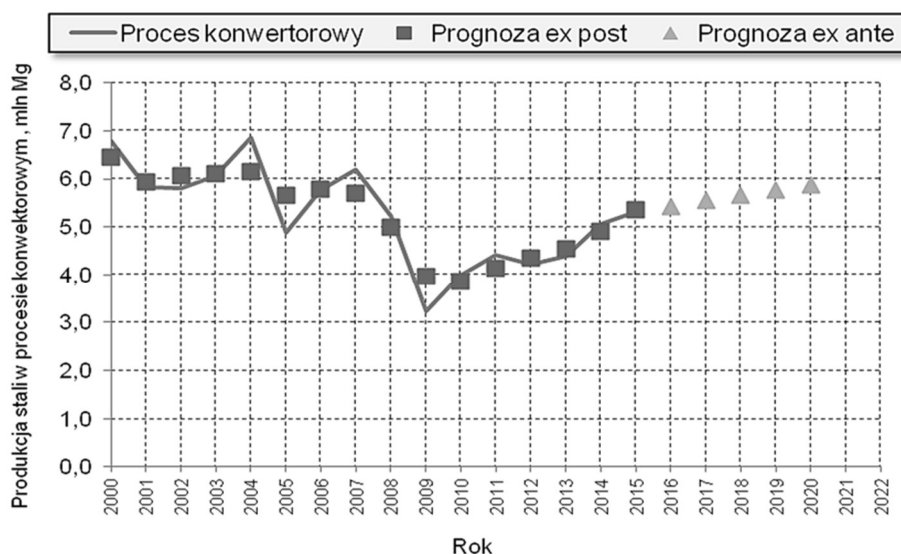
Na podstawie modelu trendu pełzającego z prognozowaniem metodą wag harmonicznych wyznaczono następujące wielkości produkcji stali: 9,280 mln ton w 2016 roku; 9,358 mln ton w 2017 roku; 9,437 mln ton w 2018 roku; 9,515 mln ton w 2019 roku i 9,593 mln ton w 2020 roku. Prognozowana wielkości stali wykazuje nieznaczny trend rosnący (rys. 2.2).



Rys. 2.2 Prognozy wielkości produkcji stali ogółem do 2020 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przedstawionej w publikacji metodyki badań

Prognozując wielkości produkcji stali w procesie konwertorowym uzyskano następujące poziomy: 5,433 mln ton w 2016 roku; 5,542 mln ton w 2017 roku; 5,652 mln ton w 2018 roku; 5,761 mln ton w 2019 roku; 5,871 mln ton w 2020 roku. Udziały procentowe produkcji stali w procesie konwertorowym w produkcji stali ogółem ujęto w tabeli 2.6. Na rys. 2.3 przedstawiono trendy wyznaczonej prognozy – jest to również trend rosnący.



Rys. 2.3 Prognozy wielkości produkcji stali w procesie konwertorowym o 2020 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przedstawionej w publikacji metodyki badań

Prognozy wielkości produkcji stali w procesie elektrycznym przedstawiają się następująco: 3,850 mln ton w 2016 roku; 3,820 mln ton w 2017 roku, 3,790 mln ton w 2018 roku; 3,761 mln ton w 2019 roku; 3,731 mln ton w 2020 roku. Udziały procentowe produkcji stali w procesie elektrycznym w produkcji stali ogółem ujęto w tabeli 2.6.

Tabela 2.6 Proporcje pomiędzy produkcją w piecach konwertorowych i elektrycznych

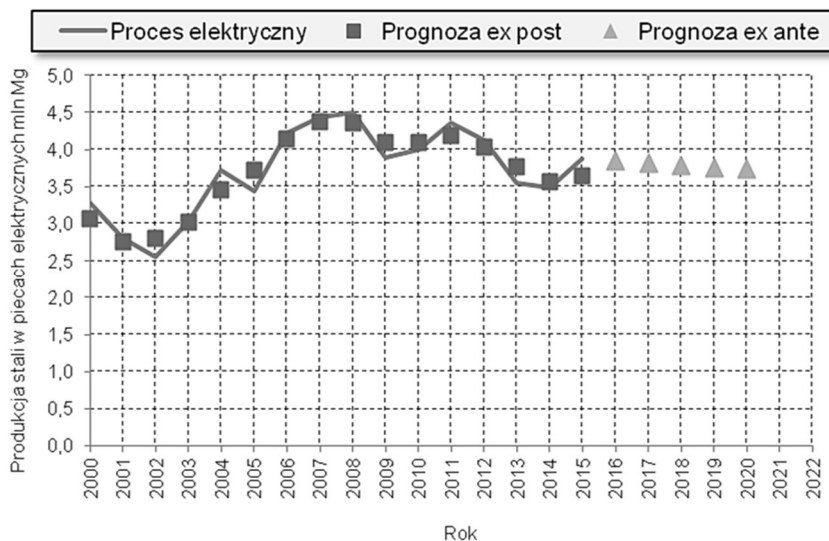
Rok	Produkcji stali w procesie konwertorowym [%]	Produkcja stali w procesie elektrycznym [%]
2000	64,7	31,3
2001	66,1	31,9
2002	69,3	30,7
2003	66,6	33,4
2004	64,8	35,2
2005	58,7	41,3
2006	57,7	42,3
2007	58,3	41,7
2008	53,7	46,3
2009	45,4	54,6
2010	49,9	50,1
2011	50,4	49,6
2012	50,6	49,4
2013	55,3	44,7
2014	59,2	40,8
2015	57,8	42,2
2016	58,5	41,5
2017	59,2	40,8
2018	59,9	40,1
2019	60,5	39,5
2020	61,2	38,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych: Polski przemysł stalowy. Roczne raporty Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej w Katowicach; dostęp: www.hiph.org/polski_przemysl_stalowy [20.10.2016]

Na rys 2.4 przedstawiono trendy wyznaczonej prognozy – jest to trend nieznacznie malejący.

Nieznaczny spadek produkcji stali w piecach elektrycznych może być spowodowany ograniczeniem mocy produkcyjnych hut. Na polskim rynku stali miały miejsce już takie gwałtowne spadki produkcji stali w procesach elektrycznych, np. w 2012 roku ISD Huta Częstochowa wyprodukowała 394440 ton stali, a dwa lata później 20746 ton (spadek o 95%).

Uzyskane wyniki wszystkich prognoz – model trendu pełzającego z prognozowaniem harmonicznym wag zestawiono w tabeli 2.7.



Rys. 2.4 Prognozy wielkości produkcji stali w procesie elektrycznym do 2020 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przedstawionej w publikacji metodyki badań

Tabela 2.7 Zbiorcze zestawienie uzyskanych prognoz wielkości produkcji stali ogółem i według procesów technologicznych

Rok	Prognozowana wielkość produkcji stali ogółem [mln ton]	Prognozowana wielkość produkcji stali w procesie konwertorowym [mln ton]	Prognozowana wielkość produkcji stali w procesie elektrycznym [mln ton]
2016	9,280	5,433	3,850
2017	9,358	5,542	3,820
2018	9,437	5,652	3,790
2019	9,515	5,761	3,761
2020	9,593	5,871	3,731

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przedstawionej w publikacji metodyki badań

2.6 PROGNOZOWANIE WIELKOŚCI PRODUKCJA STALI WEDŁUG PROCESÓW W DOSTĘPNYCH OPRACOWANIACH

Prognozowanie wielkości produkcji stali było realizowane dla Polskiego Komitetu Energetyki Elektrycznej [13]. Na podstawie opracowanych scenariuszy, produkcja stali nie przekracza obecnych zdolności produkcyjnych, a proporcje pomiędzy produkcją w piecach elektrycznych a konwertorowych zmieniają się nieznacznie na korzyść produkcji w piecach elektrycznych (tabela 2.8). Prognozy wykonywano w 2007 roku, przyjmując jako dane empiryczne produkcję stali w latach 1996-2006 (tabela 2.8). Prognozy wielkości produkcji stali i proporcji pomiędzy produkcją w piecach elektrycznych i konwertorowych wyznaczono do 2030 roku. Na podstawie danych opracowano dwa scenariusze: bazowy i umiarkowany (tabela 2.8).

Tabela 2.8 Prognozy wielkości produkcji stali i proporcji pomiędzy produkcją w piecach konwertorowych i elektrycznych (łukowych)

Rok	Statystyka		Bazowy				Umiarkowany			
	Stal BOF [mln ton]	Stal EAF [mln ton]	Stal BOF [mln ton]	Stal BOF [%]	Stal EAF [mln ton]	Stal EAF [%]	Stal BOF [mln ton]	Stal BOF [%]	Stal EAF [mln ton]	Stal EAF [%]
1996	6,757	2,554								
1997	7,531	2,994								
1998	6,223	3,143								
1999	5,452	3,022								
2000	6,794	3,290								
2001	5,823	2,809								
2002	5,799	2,561								
2003	6,070	3,037								
2004	6,858	3,721								
2005	5,001	3,443								
2006	5,766	4,242								
2010	Prognozy		7,000	58,3	5,000	41,7	6,200	59,6	4,200	40,4
2015	Prognozy		7,200	55,4	5,800	44,6	6,300	59,4	4,300	40,6
2020	Prognozy		7,400	53,6	6,400	46,4	6,400	57,2	4,800	42,8
2025	Prognozy		7,400	52,1	6,800	47,9	6,500	56,5	5,000	43,5
2030	Prognozy		7,400	51,4	7,000	48,6	6,600	56,9	5,000	43,1

Objaśnienia: konwertorowa stalownia – Basic Oxygen Furnace (BOF), stalownia elektryczna (piec elektryczny) – Electric Arc Furnace (EAF).

Źródło: Raport 2030: Wpływ proponowanych regulacji unijnych w zakresie wprowadzenia europejskiej strategii rozwoju energetyki wolnej od emisji CO₂ na bezpieczeństwo energetyczne Polski, a w szczególności możliwości odbudowy mocy wytwórczych wykorzystujących paliwa kopalniane oraz poziom cen energii elektrycznej. Zał. 2. Założenia dotyczące poziomów aktywności i energochłonności wyróżnionych rodzajów produkcji lub usług, Warszawa, czerwiec 2008. Prace wykonała firma Badania Systemowe EnergoSys na zlecenie PKEE, dostęp: www.toe.pl/plwybrane-dokumenty/rok-2008?download=455:załącznik-2

Ponieważ prognoza była wyznaczana w 2007 roku można odnieść prognozowane wielkości z lat 2010 i 2015 do produkcji rzeczywistej (tabela 2.9). Zestawienie to pozwoli ustalić różnice pomiędzy wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi. Otrzymane różnice (dodatnie) świadczą o zawyżonych wielkościach prognoz w rozpatrywanych scenariuszach. W przypadku scenariusza bazowego dynamika zmian jest większa niż w scenariuszu umiarkowanym. Przyjmując wskaźniki dynamiki zmian za błędy w prognozach, dokonano weryfikacji wielkości w prognozach na 2020 rok i lata następne (tabela 2.10). Dynamikę zmian obliczono według następującej formuły [2, 6]:

$$D_z = \frac{P_z - W_r}{P_z} \times 100\%$$

gdzie:

D_z – wskaźnik dynamiki zmian,

P_z – prognozowana wielkości badanego zjawiska,

W_r – wielkość rzeczywista.

Tabela 2.9 Różnice pomiędzy wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi w wielkości produkcji stali ogółem i w procesach technologicznych

Nr	Wyszczególnienie	2010	Wskaźnik Dz	2015	Wskaźnik Dz
1	Scenariusz bazowy – prognoza wielkości produkowanej stali ogółem [mln ton] (Pz)	12,000	-	13,000	-
2	Rzeczywiste wielkości produkowanej stali [mln ton] (Wr)	7,993	-	9,202	-
Różnica między wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi [mln ton] (1-2)		4,007	33,39%	3,798	29,21%
3	Scenariusz bazowy – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton] (Pz)	7,000	-	7,200	-
4	Rzeczywiste wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton] (Wr)	3,995	-	5,323	-
Różnica między wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi [mln ton] (3-4)		3,005	42,92%	1,877	26,06%
5	Scenariusz bazowy – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton] (Pz)	5,000	-	5,800	-
6	Rzeczywiste wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton] (Wr)	3,998	-	3,879	-
Różnica między wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi [mln ton] (5-6)		1,002	20,04%	1,921	33,12%
7	Scenariusz umiarkowany – prognoza wielkości produkowanej stali ogółem [mln ton] (Pz)	10,400	-	10,600	-
8	Rzeczywiste wielkości produkowanej stali [mln ton] (Wr)	7,993	-	9,202	-
Różnica między wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi [mln ton] (7-8)		2,407	23,14%	1,398	13,19%
9	Scenariusz umiarkowany – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton] (Pz)	6,200	-	6,300	-
10	Rzeczywiste wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton] (Wr)	3,995	-	5,323	-
Różnica między wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi [mln ton] (9-10)		2,205	35,56%	0,977	15,50%
11	Scenariusz umiarkowany – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton] (Pz)	4,200	-	4,300	-
12	Rzeczywiste wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton] (Wr)	3,998	-	3,879	-
Różnica między wielkościami prognozowanymi a rzeczywistymi [mln ton] (11-12)		0,202	4,8%	0,421	9,79%

Źródło: Prognoza z: Raportu 2030: Wpływ proponowanych regulacji unijnych w zakresie wprowadzenia europejskiej strategii rozwoju energetyki wolnej od emisji CO₂ na bezpieczeństwo energetyczne Polski, a w szczególności możliwości odbudowy mocy wytwórczych wykorzystujących paliwa kopalniane oraz poziom cen energii elektrycznej. Zał. 2. Dane statystyczne dot. wielkości produkcji stali z raportów: Polski przemysł stalowy, HIPH, Katowice.

Tabela 2.10 Zweryfikowane prognozy wielkości produkcji stali ogółem i według technologii wytwarzania

Nr	Wyszczególnienie	Dz*	2020		2025		2030	
			Pz	Pz*	Pz	Pz*	Pz	Pz*
1	Scenariusz bazowy – prognoza wielkości produkowanej stali ogółem [mln ton]	33,39%	13,800	9,192	14,200	9,459	14,400	9,592
		29,21%		9,769		10,052		10,194
2	Scenariusz bazowy – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton]	42,92%	7,400	4,224	7,400	4,224	7,400	4,224
		26,06%		5,471		5,471		5,471
3	Scenariusz bazowy – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton]	20,04%	6,400	5,117	6,800	5,437	7,000	5,5972
		33,12%		4,280		4,548		
4	Scenariusz umiarkowany – prognoza wielkości produkowanej stali ogółem [mln ton]	23,14%	11,200	8,608	11,500	8,839	11,600	8,916
		13,19%		9,723		9,983		10,070
5	Scenariusz umiarkowany – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton]	35,56%	6,400	4,124	6,500	4,189	6,600	4,253
		15,50%		5,408		5,492		5,577
6	Scenariusz umiarkowany – prognoza wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton]	4,8%	4,800	4,570	5,000	4,760	5,000	4,760
		9,79%		4,330		4,510		4,510

wskaźniki dynamiki z tabeli 9 dla lat 2010, 2015, Pz – prognoza skorygowana

Źródło: Opracowanie własne.

Skorygowane prognozy [13] odniesiono do prognoz wielkości produkcji stali ogółem i w rozbiciu na poszczególne procesy technologiczne wykonanych na bazie modelu trendu pełzającego z prognozowaniem metodą wag harmonicznych. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 2.11.

Tabela 2.11 Zestawienie prognozowanych zmian w wielkości produkcji stali ogółem i według procesów technologicznych w 2020 roku

Wyszczególnienie	Model trendu pełzającego	Scenariusz bazowy PKEE	Scenariusz umiarkowany PKEE
Prognoza wielkości produkowanej stali ogółem [mln ton]	9,593	9,192-9,769	8,608-9,723
Prognoza wielkości produkowanej stali w technologii BOF [mln ton]	5,871	4,224-5,471	4,124-5,408
Prognoza wielkości produkowanej stali w technologii EAF [mln ton]	3,731	4,280-5,117	4,330-4,570

Źródło: Opracowanie własne.

2.7 WNIOSKI

Na podstawie zestawienia (tabela 2.11) można wnioskować, że poszczególne prognozy wielkości produkowanej stali w Polsce nie przekroczą w 2020 roku 10 mln ton. W scenariuszu optymistycznym przedsiębiorstwa hutnicze wyprodukują około 9,7 mln ton, a w scenariuszu umiarkowanym od 9,2 do 9,5 mln ton. Za scenariusz pesymistyczny można uznać produkcję na poziomie 8,6 mln ton. Udział stali otrzymywanej w technologii BOF w produkcji stali ogółem, może przyjąć dwa brzegowe scenariusze: udział tej technologii będzie nadal znaczący (dochodzący nawet do 60% produkcji ogółem) lub będzie spadał, a nieznacznie wzrastał udział stali otrzymywanej w piecach elektrycznych. W tym drugim scenariuszu udziały poszczególnych technologii w produkcji stali ogółem nieznacznie będą różnić się od obecnych (tabela 2.6). Można wnioskować, że w 2020 roku w zakresie technologii wytwarzania stali w Polsce nie będzie większych zmian (dotychczasowe proporcje zostaną utrzymane). W długiej perspektywie (przewidywania do 2050 roku) [9] wraz ze wzrostem udziału odzyskiwanego złomu z obecnego 45% do 70%, spowoduje zwiększenie udziału procesu elektrycznego w produkcji stali. Dotychczasowe proporcje, że około 60% to stal otrzymywana w procesie konwertorowym zostaną odwrócone – to udział stali otrzymywanej w piecach elektrycznych będzie wynosił 60%. Dojście do proporcji 40% proces zintegrowany i 60% piece elektryczne podyktowane jest wymogami ekologicznymi – ograniczenie emisji CO₂ (przyjęte proporcje spowodują zmniejszenie emisji CO₂ z obecnego poziomu 1,8 do 0,6 tony na tonę stali w 2050 roku) [9]. Rezultatem zmian technologicznych będą również oszczędności energetyczne – obniżenie zużycia energii z obecnego poziomu 21 GJ do 8,6 GJ na tonie stali. W perspektywie jednak najbliższych 3 lat (prognoza krótkoterminowe do 2020 roku) polski sektor stalowy nie odnotuje większych zmian. Obecne zdolności produkcyjne to 13,055 mln ton stali surowej, w tym w procesie zintegrowanym 7,6 mln ton.

LITERATURA

1. A.D. Aczel. *Statystyka w zarządzaniu*. Warszawa: PWN, 2011
2. L. Bednarski. *Analiza finansowa w przedsiębiorstwie*. Warszawa: PWE, 2007.
3. *European Steel in Figures*. EUROFER, 2007-2011, 2008-2012. Pobrano z: www.eurofer.org [Dostęp: 10.05.2015]
4. *European Steel in Figures*. EUROFER, 2011-2015, Pobrano z: <http://www.eurofer.org/News%26Events/PublicationsLinksList/201605-ESF.pdf> [Dostęp: 10.10.2016]
5. B. Gajdzik. *Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych*. Monografia. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2013.
6. M. Gorczyńska, M. Wieczorek-Kosmala, K. Znanińska. *Finanse przedsiębiorstwa*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, 2008.
7. A. Łędzki, K. Zieliński, A. Klimczyk. *Podstawy technologii wytwarzania i przetwarzania. Część V Stalownictwo* (materiały wewnętrzne). Kraków:

- Akademia Górniczo-Hutnicza *im. Stanisława Staszica* w Krakowie Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, 2010.
8. Nasza stal, Twój świat. Raport Zrównoważonego Rozwoju. ArcelorMittal Poland: Dąbrowa Górnicza, 2016, Pobrano z: www.arcelormittal.com [Dostęp: 22.10.2016].
 9. J. Paduch, W. Szulc. „Renesans przemysłu stalowego w Unii Europejskiej”. *Prace Instytut Metalurgii Żelaza*, nr 3, 2014, s. 3-11.
 10. Z. Pawłowski. *Prognozy ekonometryczne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1973.
 11. Z. Pawłowski. *Zasady predykcji ekonometrycznej*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1982.
 12. *Polski przemysł stalowy*. Roczne raporty Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowej w Katowicach; Pobrano z: www.hiph.org/polski_przemysl_stalowy [Dostęp: 20.10.2016].
 13. Raport 2030: Wpływ proponowanych regulacji unijnych w zakresie wprowadzenia europejskiej strategii rozwoju energetyki wolnej od emisji CO₂ na bezpieczeństwo energetyczne Polski, a w szczególności możliwości odbudowy mocy wytwórczych wykorzystujących paliwa kopalniane oraz poziom cen energii elektrycznej. Zał. 2. Założenia dotyczące poziomów aktywności i energochłonności wyróżnionych rodzajów produkcji lub usług, Warszawa, czerwiec 2008. Prace wykonała firma Badania Systemowe EnergoSys na zlecenie PKEE, Pobrano z: www.toe.pl/plwybrane-dokumenty/rok-2008?download=455:załącznik-2 [Dostęp: 20.10.2016].
 14. W. Sadowski. *Ekonometria*. Warszawa: Wydawnictwo Prywatnej Wyższej Szkoły Handlowej, 1997.
 15. W. Szulc. *Transformacja polskiego hutnictwa żelaza do gospodarki wolnorynkowej (z uzupełnieniami)*. Gliwice: Instytut Metalurgii Żelaza, 2014.
 16. *World Steel in Figures 2005*. World Steel Association (worldsteel); Pobrano z: worldsteel.org. [Dostęp: 20.10.2016].
 17. *World Steel in Figures 2011*. World Steel Association (worldsteel); Pobrano z: worldsteel.org. [Dostęp: 20.10.2016].
 18. *World Steel in Figures 2013*. World Steel Association (worldsteel); Pobrano z: worldsteel.org. [Dostęp: 20.10.2016].
 19. *World Steel in Figures 2014*. World Steel Association (worldsteel); Pobrano z: worldsteel.org. [Dostęp: 20.10.2016].
 20. *World Steel in Figures 2015*. World Steel Association (worldsteel); Pobrano z: worldsteel.org. [Dostęp: 20.10.2016].

Data przesłania artykułu do Redakcji: 10.2016

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 12.2016

dr inż. Bożena Gajdzik
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
Katedra Inżynierii Produkcji
ul. Krasińskiego 8,
40-019 Katowice, POLSKA
e-mail: Bozena.Gajdzik@polsl.pl

dr hab. inż. Jan Szymuszal, prof. Pol. Śl.
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
Katedra Inżynierii Produkcji
ul. Krasińskiego 8,
40-019 Katowice, POLSKA
e-mail: Jan.Szymuszal@polsl.pl

KRÓTKOTERMINOWE PROGNOZY KRAJOWEJ WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI I PROPORCJI POMIĘDZY PRODUKCJĄ W PROCESIE ZINTEGROWANYM I ELEKTRYCZNYM

Streszczenie: Prognozowanie jest elementem procesu podejmowania decyzji, w którym wypracowuje się pożądany obraz przyszłego stanu przedsiębiorstwa i określa sposoby jego osiągnięcia. Opracowanie prognoz jest postępowaniem świadomym i opartym na jakiejś metodzie. W niniejszej publikacji zastosowano metody statystyczno-ekonometryczne. Prognozowanie dotyczyło produkcji stali i proporcji pomiędzy stosowanymi technologiami. Zakresem badań objęto krajowym przemysł stalowy. Ze względu na czasokres przewidywań, który przyjęto do 2020 roku, wyznaczone prognozy uznano za krótkoterminowe.

Słowa kluczowe: prognoza, produkcja stali, proces zintegrowany, piece elektryczne

SHORT-TERM FORECAST NATIONAL PRODUCTION OF STEEL AND RATIO BETWEEN THE INTEGRATED PRODUCTION PROCESS AND ELECTRIC

Abstract Forecasting is part of the decision-making process, which generates the desired image of the future state of the enterprise and identifies ways to achieve it. Development of forecasts is aware of the proceedings and based on some method. In this publication, the methods of statistical and econometric are used. Forecasting related to steel production and the ratio between the applied technologies. The scope of the research included the domestic steel industry. Due to the duration of predictions, which was adopted 2020, they set the forecast was for the short-term.

Key words: forecast, steel production, integrated production process, electric process