

Bożena GAJDZIK  
Jan SZYMSZAL  
Politechnika Śląska  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii  
Katedra Inżynierii Produkcji

## **PROGNOZOWANIE METODĄ C.C. HOLTA WIELKOŚCI PRODUKCJI I ZATRUDNIENIA W PRZEMYŚLE STALOWYM W POLSCE DO 2020 ROKU**

**Streszczenie.** W publikacji przedstawiono statystykę rynku stalowego w Polsce. Struktura pracy składa się z dwóch części, z których pierwsza jest opisem sytuacji na rynku i zmian w wielkości produkcji stali i zatrudnieniu w latach 1990-2014, część druga to modelowanie prognostyczne wielkości produkcji i zatrudnienia do 2020 roku. Wykonana analiza może być podstawą do wyznaczania strategii działań przedsiębiorstw hutniczych.

**Słowa kluczowe:** produkcja, zatrudnienie, przemysł stalowy

## **PROGNOSIS OF STEEL PRODUCTION AND EMPLOYMENT IN POLISH STEEL MARKET BY USING C.C. HOLT METHOD**

**Abstract.** The publication presents the statistics on steel market in Poland. The structure of the work consists of two parts, the first of which is a description of the steel market and changes in steel production and employment in the years 1990-2014, the second is a prognostic modeling of production and employment by 2020. The analysis can be the basis for strategic planning in metallurgical enterprises.

**Keywords:** production, employment, steel industry

## 1. Wprowadzenie

O ukształtowaniu się rynku stalowego w Polsce zdecydowała transformacja systemu gospodarczego. Pakiet reform gospodarczych przyjętych na przełomie lat 1989 i 1990 zmienił dotychczasowy system gospodarki. Od 1990 roku rozpoczął się proces budowania podstaw gospodarki rynkowej. Warunkiem koniecznym dostosowania przedsiębiorstw do nowych struktur gospodarczych była ich prywatyzacja i restrukturyzacja. Proces przemian organizacyjnych objął wszystkie branże przemysłu. Wyzwaniem dla gospodarki polskiej była restrukturyzacja przedsiębiorstw przemysłu ciężkiego, które w systemie centralnie sterowanej gospodarki stanowiły bazę rozwoju gospodarczego. Wśród kluczowych sektorów przemysłu, poddanych procesom przebudowy, był sektor stalowy. Do 1990 roku sektor ten tworzyły państwowe przedsiębiorstwa, duże kombinaty hutnicze (megahuty) i mniejsze huty (minihuty). Stan polskich przedsiębiorstw hutniczych, w momencie rozpoczęcia wolnorynkowej reformy gospodarczej, wymagał wielkoobszarowych przekształceń. Poszczególne huty były sterowane i finansowane centralnie (dotacje, subwencje). Produkcja hutnicza była nieracjonalna, ponieważ wydajność była zbyt mała (urządzenia obsługiwane przez zbyt dużą liczbę pracowników), a technologia wytwarzania była przestarzała i kosztowna w utrzymaniu (nadmierne zużycie energii i surowców, wysokie koszty remontów, niska jakość wyrobów). Przedsiębiorstwa były nierentowne i nadmiernie zadłużone wobec innych podmiotów i instytucji publicznych<sup>1</sup>. Wielkość produkcji nie była dostosowana do popytu na rynku. Przedsiębiorstwa wytwarzały wyroby o niskim stopniu przetworzenia. Asortyment wyrobów nie był dostosowany do potrzeb nowych odbiorców. Po wejściu Polski do Unii Europejskiej wzrosły wymagania rynkowe odbiorców, których sprostanie wymagało potwierdzenia właściwymi certyfikatami. W lipcu 1990 roku Ministerstwo Przemysłu i Handlu, po uzgodnieniu z Bankiem Światowym, zdecydowało o potrzebie opracowania koncepcji restrukturyzacji hutnictwa żelaza i stali. Pierwszy program restrukturyzacji sektora został przyjęty w 1992 roku (opracowany na bazie studium kanadyjskiego). Programowa restrukturyzacja hut, która była nadzorowana przez Komisję Europejską, została zakończona w 2006 roku. Restrukturyzacja sektora hutniczego była alternatywą dla likwidacji lub upadłości zadłużonych przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa państwowe nie miały środków na dalsze finansowanie działalności. Sektor stalowy w całości sprywatyzowano. W procesie przekształceń własnościowych uczestniczył kapitał zagraniczny, który stworzył, w warunkach gospodarki rynkowej,

---

<sup>1</sup> Gajdzik B.: Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych. Politechnika Śląska, Gliwice 2013.

zupelnie nowe podmioty gospodarcze. W okresie restrukturyzacji przedsiębiorstwa musiały ograniczyć liczbę zatrudnionych. Dominowały zwolnienia grupowe w związku z likwidacją całych zakładów przemysłowych. W latach dziewięćdziesiątych w sektorze hutniczym pracowało ponad 140 tys. osób, przy ogólnym zatrudnieniu w kraju 4 175 027 osób. Sektor hutniczy pod względem liczby zatrudnionych spośród wszystkich branż przemysłu zajmował pozycję 11, najwięcej osób było zatrudnionych w górnictwie<sup>2</sup>. Systematyczna redukcja zatrudnienia miała przyczynić się do wzrostu wydajności pracy. Przy produkcji ponad 12 mln Mg stali na jednego zatrudnionego przypadało mniej niż 100 ton.

## **2. Dynamika i struktura produkcji, zatrudnienia i wydajności w hutnictwie**

### **2.1. Sytuacja na rynku stalowym**

Rynek stalowy w Polsce należy (prawie w całości) do kapitału zagranicznego. Kapitał zagraniczny ma 90% zdolności produkcyjnych polskiego rynku stalowego. Strukturę rynku tworzą następujące grupy kapitałowe: ArcelorMittal, CMC, CELSA, ISD<sup>3</sup>. Główne zakłady produkcji stali w Polsce to: 9 stalowni, 10 walcowni wyrobów płaskich, 9 walcowni wyrobów długich, 12 walcowni rur i kształtowników zimnogiętych<sup>4</sup>. Produkcja stali realizowana jest w procesach konwertorowym (2 stalownie) i elektrycznym (7 stalowni). W latach dziewięćdziesiątych w Polsce funkcjonowało 27 hut. Zdolności produkcyjne były wykorzystane w 50%. Obecnie zdolności produkcyjne są wykorzystywane w 68%<sup>5</sup>. Zużycie jawne stali (wielkość produkcji + import – eksport) pokrywane jest przez dostawy krajowe i import. Bilans handlu z zagranicą według ilości i wartości od końca lat dziewięćdziesiątych jest ujemny (przewaga eksportu nad importem)<sup>6</sup>.

Do końca 2002 roku stal wytwarzano również w piecach martenowskich. Najwięcej czynnych pieców martenowskich było w 1965 roku – 96 pieców. W latach następnych liczba pieców systematycznie spadała. Dla przykładu, w 1992 roku czynnych było 37

---

<sup>2</sup> Aktywność gospodarowania w przemyśle w latach 1985-1990. GUS, Warszawa 1990, s. 118.

<sup>3</sup> Gajdzik B., Sroka W.: Analytic study of the capital restructuring process in metallurgical enterprises around the World and in Poland. „Metalurgija”, Vol. 51, No. 2, 2012, p. 265-268.

<sup>4</sup> Kozicz J., Dzienniak S.: Problemy przemysłowych odbiorców gazu na przykładzie przemysłu stalowego. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice 2014, www.hiph.org.

<sup>5</sup> Polski przemysł stalowy. Raport HIPH, Katowice 2015, s. 20.

<sup>6</sup> Gajdzik B.: Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych. Politechnika Śląska, Gliwice 2013, s. 171, na podstawie danych GUS i HIPH.

pieców martenowskich<sup>7</sup>. Piece martenowskie zostały wycofane, ponieważ były nieopłacalne ekonomicznie<sup>8</sup>. Technologia martenowska wycofana została z hut prawie na całym świecie (tylko 0,5 mln Mg stali surowej na świecie wytwarza się w piecach martenowskich, co stanowi 0,03% produkcji). Więcej stali wytwarza się w konwertorach niż w piecach elektrycznych. W 2014 roku 59% produkcji stali w Polsce wytworzono w procesach konwertorowych<sup>9</sup>, w Unii Europejskiej udział procesów konwertorowych wynosił 61%, a na świecie 73,9%<sup>10</sup>. Z kolei produkcja stali w procesach elektrycznych stanowiła w Polsce 41%<sup>11</sup>, w krajach Wspólnoty Europejskiej 39%, a w produkcji światowej 25,6%<sup>12</sup>. W tabeli 1 zestawiono produkcję stali według podstawowych procesów wytwarzania (ujęcie procentowe).

Tabela 1

## Udział procesów wytwarzania w produkcji stali w Polsce

<b>ROK</b>	<b>Proces konwertorowy</b>	<b>Proces elektryczny</b>	<b>Proces martenowski</b>
1990	52,94	18,38	28,68
1991	55,34	19,51	25,24
1992	64,29	17,35	18,37
1993	69,66	22,47	19,10
1994	63,64	21,82	14,55
1995	64,96	22,22	12,82
1996	63,81	25,71	10,48
1997	65,50	26,20	9,17
1998	62,63	32,32	5,05
1999	61,36	34,09	4,55
2000	64,76	31,43	3,81
2001	65,91	31,82	2,27
2002	69,05	29,76	1,19
2003	67,03	32,97	Technologia wycofana
2004	65,09	34,91	-
2005	54,22	45,78	-
2006	58,00	42,00	-
2007	58,49	41,51	-
2008	53,61	46,39	-
2009	45,07	54,93	-
2010	49,94	50,06	-
2011	50,40	49,60	-
2012	51,19	48,81	-
2013	55,00	45,00	-
2014	58,00	41,00	-

Źródło: Dane GUS i HIPH, zobacz: Gajdzik B.: Restrukturyzacja..., op.cit., s. 94.

<sup>7</sup> Więcej informacji w: Gajdzik B.: Restrukturyzacja..., op.cit., s. 92, na podstawie danych GUS.

<sup>8</sup> Garbarz B.: Postęp technologiczny w hutnictwie zgodny z zasadą zrównoważonego rozwoju. Prace Instytutu Metalurgii Żelaza, nr 3, 2008, s. 1-7.

<sup>9</sup> Polski przemysł stalowy. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice 2015, www.hiph.org.

<sup>10</sup> World steel in figures 2015. World Steel Association, worldsteel.org.

<sup>11</sup> Polski..., op.cit.

<sup>12</sup> World..., op.cit.

Rynek stalowy w Polsce nie należy do czołówki światowej pod względem wielkości produkcji. W światowym rankingu Polska wśród 20 największych producentów jest na pozycji 19. Produkcja jest kilka razy mniejsza w porównaniu z innymi krajami europejskimi, a kilkadziesiąt w odniesieniu do Chin, Japonii i Stanów Zjednoczonych. W 2014 roku na świecie wyprodukowano 1 665 mln Mg stali<sup>13</sup>. W Polsce wyprodukowano 8,6 mln Mg stali<sup>14</sup>. Największym producentem stali są Chiny. W 2014 roku wyprodukowały 822 mln Mg (49,4% produkcji światowej). Drugą pozycję zajmuje Japonia 110 mln Mg, a trzecią Stany Zjednoczone 88 mln Mg<sup>15</sup>. W 2015 roku produkcja stali w Polsce wzrosła do 9,5 mln Mg<sup>16</sup>.

## 2.2. Dynamika produkcji stali w latach 1990-2014

W 1990 roku w Polsce wyprodukowano 13,6 mln Mg stali. Był to najwyższy poziom produkcji osiągnięty w okresie przemian gospodarczych. Przed transformacją systemu największy poziom odnotowano w 1980 roku w wysokości 19,5 mln Mg stali. Najniższa produkcja to 7,1 mln Mg w 2009 roku (skutek światowego kryzysu ekonomicznego). Od kilku lat produkcja (po nasileniu się skutków światowego kryzysu ekonomicznego) nie przekracza 10 mln Mg stali rocznie (rys. 1). Ograniczenie produkcji wynikało z konieczności dostosowania wielkości do popytu rynkowego. Czynnikiem pozarynkowym ograniczenia produkcji była likwidacja nierentownych hut i wycofanie przestarzałej technologii (likwidacja pieców martenowskich).

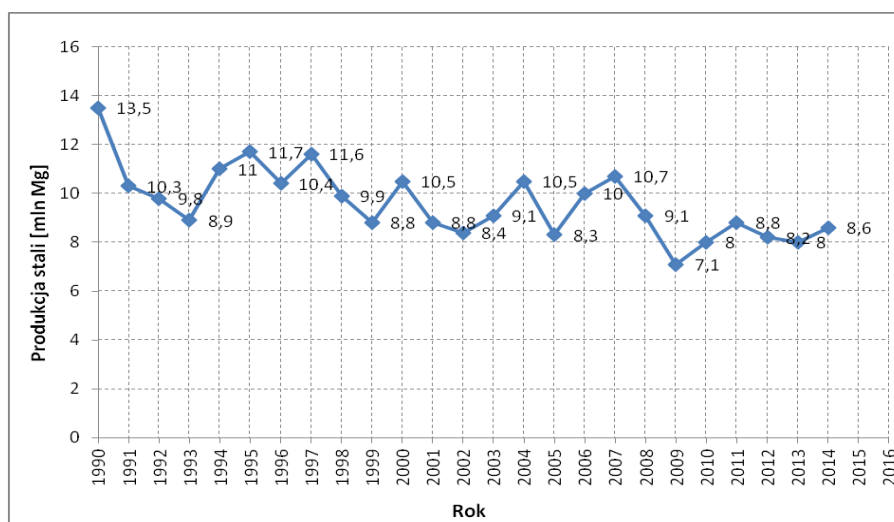
---

<sup>13</sup> Ibidem.

<sup>14</sup> Polski..., op.cit., s. 20-21.

<sup>15</sup> World..., op.cit.

<sup>16</sup> Rynek stalowy w Polsce. Raport HIPH, Katowice 2016.



Rys. 1. Produkcja stali ogółem w Polsce w latach 1990-2014

Fig. 1. Steel production in Poland in 1990-2014

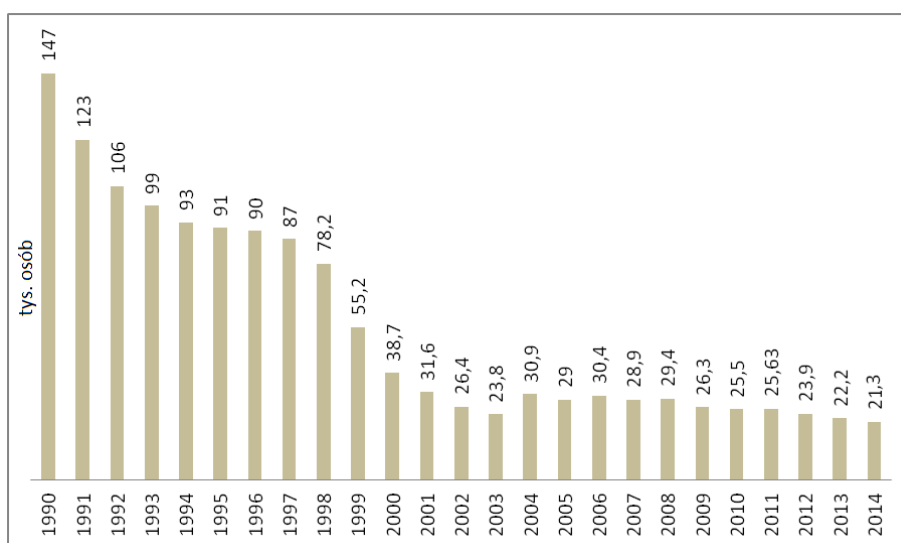
Źródło: Opracowanie na podstawie: Roczników Statystycznych Przemysłu. GUS, Warszawa; Polski przemysł stalowy. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice (roczne wydania).

### 2.3. Dynamika zatrudnienia w przemyśle hutniczym w latach 1990-2014

W 1990 roku w przemyśle hutniczym pracowało 147 tys. osób. Wysoki poziom zatrudnienia w gospodarce centralnie sterowanej był spowodowany obowiązkiem pracy. Największe huty w Polsce zatrudniały kilkadziesiąt tysięcy osób. Huta w Krakowie zatrudniała 38,4 tys. osób. W Hucie Katowice pracowało 28,6 tys. ludzi. Poziom zatrudnienia w hutach był nieadekwatny do wielkości produkcji. Do pracowników sektora hutniczego zaliczano pracowników z zakładów nieprodukcyjnych, w tym służby remontowe, firm transportowych, pracowników działów obsługi hut, pracowników ośrodków wypożyczynkowych należących do hut i innych podmiotów *non-core business*. Podmioty te z czasem wydzielono ze struktur organizacyjnych hut i rozpoczęły funkcjonowanie na własny rachunek. Liczbowe zmniejszenie zatrudnienia było finansowane ze środków centralnych i pomocowych (Hutniczy Pakiet Socjalny, Hutniczy Pakiet Aktywizujący). W latach 1990-2014 z przemysłu hutniczego odeszło ponad 120 tys. pracowników (rys. 2)<sup>17</sup>. W 2014 roku w sektorze pracowało 21,3 tys. osób. Największym pracodawcą na rynku stalowym jest przedsiębiorstwo ArcelorMittal Poland. W przedsiębiorstwie zatrudnionych jest 11 889 osób (większość na umowę o pracę)<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> Gospodarka „Rynek pracy”, Z hut odeszło 127 tysięcy pracowników. 23 maja 2013, [www.ostrowiecka.pl/gospodarka/rynek-pracy/5713-z-hut-odeszlo-127-tysiecy-pracownikow](http://www.ostrowiecka.pl/gospodarka/rynek-pracy/5713-z-hut-odeszlo-127-tysiecy-pracownikow).

<sup>18</sup> Gajdzik B.: Analiza zmian w poziomie zatrudnienia w hutnictwie w długim okresie. Kwartalnik Naukowy „Organizacja i Zarządzanie”, nr 2(30). Politechnika Śląska, Gliwice 2015, s. 49-64; Raport Zrównoważonego Rozwoju ArcelorMittal Poland, [www.arcelormittal.com](http://www.arcelormittal.com).



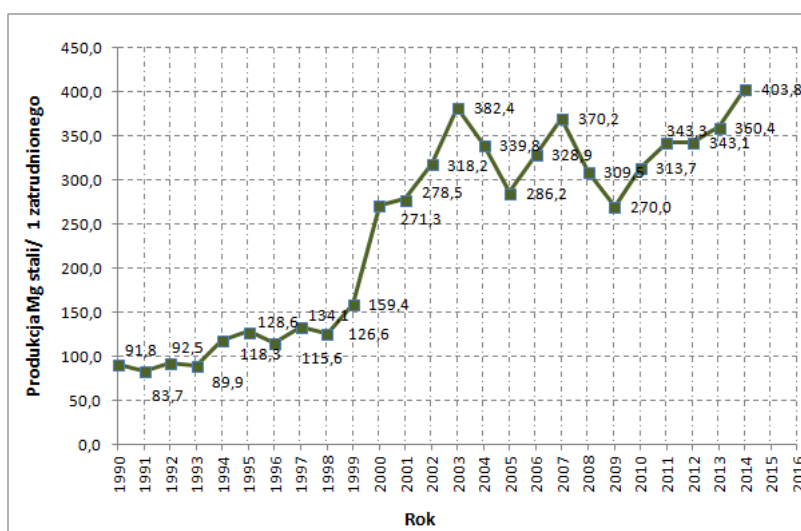
Rys. 2. Wielkość zatrudnienia w sektorze hutniczym w latach 1990-2014

Fig. 2. Employment in steel industry in 1990-2014

Źródło: Opracowanie na podstawie: Roczników statystycznych przemysłu. GUS, Warszawa; Polski przemysł stalowy. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice (roczne wydania).

#### 2.4. Dynamika wielkości produkcji na 1 zatrudnionego w latach 1990-2014

Nadmierne zatrudnienie w okresie transformacji było nieadekwatne do wielkości produkcji. W 1990 roku na pracownika przypadało 91,8 Mg stali. W 2014 roku uzyskano 403,8 Mg stali na 1 osobę (jest to o 4,5 razy więcej niż w 1990 roku) (rys. 3).



Rys. 3. Wielkość produkcji stali na 1 zatrudnionego w latach 1990-2014

Fig. 3. Steel production per employer in 1990-2014

Źródło: Opracowanie na podstawie: Roczników statystycznych przemysłu. GUS, Warszawa; Polski przemysł stalowy. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice (roczne wydania).

### 3. Modelowanie prognostyczne rynku stalowego w Polsce

Na podstawie danych empirycznych (tabela 2) podjęto próbę dopasowania modelu prognostycznego. Czasokres prognozy ustalono na lata 2015-2020.

Tabela 2

Produkcja, zatrudnienie i wielkość produkcji stali  
na 1 zatrudnionego w latach 1990-2014

Lp	Rok	Produkcja stali [mln Mg]	Zatrudnienie w sektorze hutniczym [tys. osób]	Produkcja Mg stali/ 1 zatrudnionego
1	1990	13,5	147	91,8
2	1991	10,3	123	83,7
3	1992	9,8	106	92,5
4	1993	8,9	99	89,9
5	1994	11	93	118,3
6	1995	11,7	91	128,6
7	1996	10,4	90	115,6
8	1997	11,6	86,5	134,1
9	1998	9,9	78,2	126,6
10	1999	8,8	55,2	159,4
11	2000	10,5	38,7	271,3
12	2001	8,8	31,6	278,5
13	2002	8,4	26,4	318,2
14	2003	9,1	23,8	382,4
15	2004	10,5	30,9	339,8
16	2005	8,3	29	286,2
17	2006	10	30,4	328,9
18	2007	10,7	28,9	370,2
19	2008	9,1	29,4	309,5
20	2009	7,1	26,3	270,0
21	2010	8	25,5	313,7
22	2011	8,8	25,63	343,3
23	2012	8,2	23,9	343,1
24	2013	8	22,2	360,4
25	2014	8,6	21,3	403,8

Źródło: Opracowanie na podstawie: Roczników statystycznych przemysłu. GUS, Warszawa; Polski przemysł stalowy. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice (wydania roczne).

Do zbudowanie prognozy wielkości produkcji stali (ogółem i na 1 zatrudnionego) oraz zatrudnienia wykorzystano dwuparametrowy model wyrównywania wykładniczego C.C. Holta – model właściwy do wykorzystania w przypadku stwierdzenia istotnej zmiany w tendencji rozwojowej zmiennej prognozowanej<sup>19</sup>. W prognozowaniu zastosowano dwuparametrowy model wyrównywania wykładniczego. Model ten należy do grupy adaptacyjnych metod prognozowania i znajduje często zastosowanie, gdy ma się do czynienia z szeregami czasowymi, w których wyróżnia się wyraźną składową systematyczną pod postacią zwykłego trendu liniowego wraz z wahaniami przypadkowymi<sup>20</sup>. Autor opisywanej metody uwzględnił ponadto możliwości zmian jednocześnie w czasie przebiegu samego

<sup>19</sup> Dittmann P.: Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie. Oficyna, Kraków 2008.

<sup>20</sup> Gajda B.: Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze. C.H. Beck, Warszawa 2001.



trendu, jak również poziomu podstawowego prognozowanej zmiennej<sup>21</sup>. Wykorzystanie modelu opracowanego przez C.C. Holta wymaga dokonania optymalizacji tzw. startowych (początkowych) wartości oznaczonych we wzorach (1) parametrów, takich jak  $F_1$  oraz  $S_1$ . Holt zalecił, aby wartości te były szacowane zgodnie z następującą zależnością:

$$F_1 = y_1, S_1 = y_2 - y_1 \quad (1)$$

Z zależności tej wynika, że za wielkość pierwszej z ocen średniej wyrównanej prognozy powinna zostać przyjęta wartość pierwszej rzeczywistej (empirycznej) obserwacji, natomiast za wartość występującego trendu powinna zostać przyjęta różnica między rzeczywistymi: drugiej i pierwszej wartości badanego szeregu. Sam proces wygładzania danego szeregu czasowego prowadzi się, w tej metodzie dla okresów od drugiego aż do ostatniego (czyli dla  $t \in \overline{2, T}$ ) przez wyznaczenie wartości średniej (wyrównywania danych) oraz występujący trend (czy też raczej wyrównywanie danego trendu). Autor metody podał następujące zależności<sup>22</sup>:

$$F_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + S_{t-1}), \quad (2)$$

$$S_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)S_{t-1}. \quad (3)$$

Występujący we wzorze (2) składnik  $F_t$  wyraża średnią wartość prognozowaną, poddaną wyrównaniu wykładniczemu (włącznie do okresu  $t$ ). Składnik  $S_t$  natomiast obliczano zgodnie ze wzorem (3). Jest on odzwierciedleniem różnicy między średnimi wartościami  $F_t$  i  $F_{t-1}$ , stanowiącymi miarę stwierdzonego przyrostu trendu. Można zauważyć, że zależność (3) uśrednia wykładniczo omawiany przyrost. Jednocześnie Holt zaproponował, aby oba parametry wygładzania  $\alpha$  i  $\beta$  zawierały się w przedziale zamkniętym od zera do jedności [0;1] (zobacz: Sobczyk, 2008). Średni poziom szeregu szacowany jest jako średnia ważona dla bieżących wartości empirycznych szeregu oraz uzyskanej oceny nowej średniej na podstawie danych z poprzednich okresów. Jeśli chodzi o właściwą prognozę szeregu czasowego  $y_t^*$  (tzw. prognozę *ex-ante*) przy wykorzystaniu przedmiotowego modelu Holta, to przeprowadza się ją oczywiście dla okresów spełniających warunek  $t > T$ . W tym celu przeprowadza się operację sumowania wartości średniej z ostatniego okresu  $F_T$  z oszacowanymi wartościami współczynników nachylenia trendu  $S_T$  w ostatnim okresie pomnożonego przez wartość różnicy obliczanej między danym numerem okresu konstruowanej prognozy a numerem okresu uważanego za ostatni, dla którego wyznaczono wagowe parametry wygładzania  $\alpha$  oraz  $\beta$  zgodnie z zależnością<sup>23</sup>:

<sup>21</sup> Więcej w: Snarska A.: Statystyka, Ekonometria, Prognozowanie. Placet, Warszawa 2005; Sobczyk M.: Prognozowanie. Teoria, przykłady, zadania. Placet, Warszawa 2008.

<sup>22</sup> Ibidem.

<sup>23</sup> Ibidem.

$$y_t^* = F_T + (t-T)S_T. \quad (4)$$

Do optymalizacji wartości parametrów wygładzania  $\alpha$  i  $\beta$  wykorzystano wielkość względnego średniego błędu prognoz wygasłych  $\Psi$ , gdyż zgodnie z danymi literatury przedmiotu [1-4], wartość tego błędu jest mało wrażliwa na rzadkie duże błędy. Błąd ten wyznaczono w ten sposób, iż po oszacowaniu wartości prognozy  $y_t$  dla każdego z okresów  $t$

(gdzie  $t \in \overline{1, T}$ ) należy obliczyć iloraz, który stanowi wartość względnej różnicy  $\frac{|y_t - y_t^*|}{y_t}$ . We

wzorze tym  $y_t$  oznacza empiryczną wartość, czyli realizację zmiennej  $Y$  w danym okresie  $t$ . Następnie wartość obliczonej sumy względnych wartości należy podzielić przez ich liczbę, co ukazuje następujący wzór:

$$\Psi = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - y_t^*|}{y_t} \quad (5)$$

Optymalizację parametrów  $\alpha$  i  $\beta$  przyjętego modelu C.C. Holta dokonano wykorzystując narzędzie optymalizacyjne *Solver* arkusza kalkulacyjnego Excel.

### 3.1. Prognozowanie zmian w wielkości produkcji

W metodzie prognozowania opartej na dwuparametrowym modelu wyrównywania wykładniczego C.C. Holta minimalną wartość błędów prognoz wygasłych uzyskano dla parametrów:  $\alpha = 0,665$  i  $\beta = 0,457$ . Względny średni błąd prognoz wygasłych wynosi 0,1545, a pierwiastek średniego kwadratowego błędu prognoz wygasłych  $RMSE^* = 1,186$ . Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3, a dopasowanie prognoz do danych empirycznych przedstawiono na rys. 4.

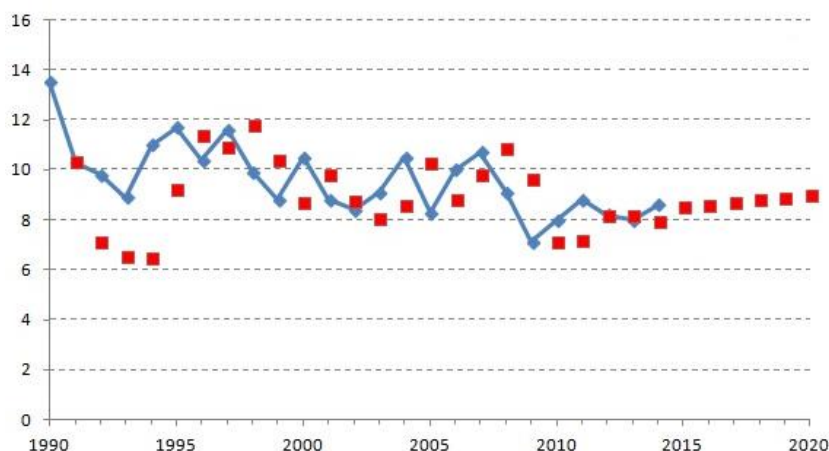
Wniosek ogólny: Prognoza *ex ante* (na lata 2015-2010) uzyskana w metodzie Holta wskazuje, że w ciągu kolejnych 6 lat (do 2020 roku) powinien nastąpić wzrost produkcji stali o ok. 300 tys. Mg.

Tabela 3

Prognozowanie wielkości produkcji stali metodą C.C. Holta

Okres	Rok	Produkcja stali [mln Mg]	F	S	y	$\frac{ y_t - \bar{y}_t }{y_t}$	$(y_t - \hat{y}_t)^2$
1	1990	13,5	13,50	-3,20			
2	1991	10,3	10,30	-3,20	10,30	0,000	0,000
3	1992	9,8	8,90	-2,38	7,10	0,276	3,224
4	1993	8,9	8,10	-1,65	6,52	0,268	2,513
5	1994	11	9,47	-0,27	6,45	0,414	9,170
6	1995	11,7	10,86	0,49	9,20	0,213	2,756
7	1996	10,4	10,72	0,20	11,35	0,091	0,400
8	1997	11,6	11,37	0,41	10,92	0,059	0,206
9	1998	9,9	10,53	-0,16	11,78	0,190	1,558
10	1999	8,8	9,32	-0,64	10,36	0,178	1,082
11	2000	10,5	9,89	-0,09	8,68	0,173	1,458
12	2001	8,8	9,14	-0,39	9,80	0,114	0,445
13	2002	8,4	8,51	-0,50	8,74	0,041	0,052
14	2003	9,1	8,74	-0,17	8,02	0,119	0,518
15	2004	10,5	9,85	0,42	8,57	0,184	1,649
16	2005	8,3	8,96	-0,18	10,27	0,238	1,719
17	2006	10	9,59	0,19	8,78	0,122	0,658
18	2007	10,7	10,39	0,47	9,78	0,086	0,373
19	2008	9,1	9,69	-0,07	10,86	0,194	1,372
20	2009	7,1	7,95	-0,83	9,62	0,356	2,817
21	2010	8	7,70	-0,56	7,11	0,111	0,348
22	2011	8,8	8,24	-0,06	7,14	0,189	1,220
23	2012	8,2	8,19	-0,05	8,18	0,002	0,000
24	2013	8	8,05	-0,10	8,14	0,018	0,009
25	2014	8,6	8,38	0,10	7,95	0,076	0,187
26	2015	Prognoza			8,48	0,1545	1,186
27	2016	Prognoza			8,58	Ψ	RMSE*
28	2017	Prognoza			8,68		
29	2018	Prognoza			8,78	1,3401	
30	2019	Prognoza			8,89		
31	2020	Prognoza			8,99		
<b>alfa</b>	<b>0,665</b>					<b>0,995301</b>	
<b>beta</b>	<b>0,457</b>					<b>0,166604</b>	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie modelowania prognostycznego.



Rys. 4. Prognozowanie wielkości produkcji stali metodą C.C. Holta

Fig. 4. Prognosis by C.C. Holt method

Źródło: Opracowanie własne na podstawie modelowania prognostycznego.

### 3.2. Prognozowanie zmian w zatrudnieniu

Na podstawie dwuparametrowego modelu wyrównywania wykładniczego C.C. Holta minimalną wartość błędów prognoz wygasłych uzyskano dla parametrów:  $\alpha = 0,981$  i  $\beta = 0,612$  (tabela 4).

Tabela 4

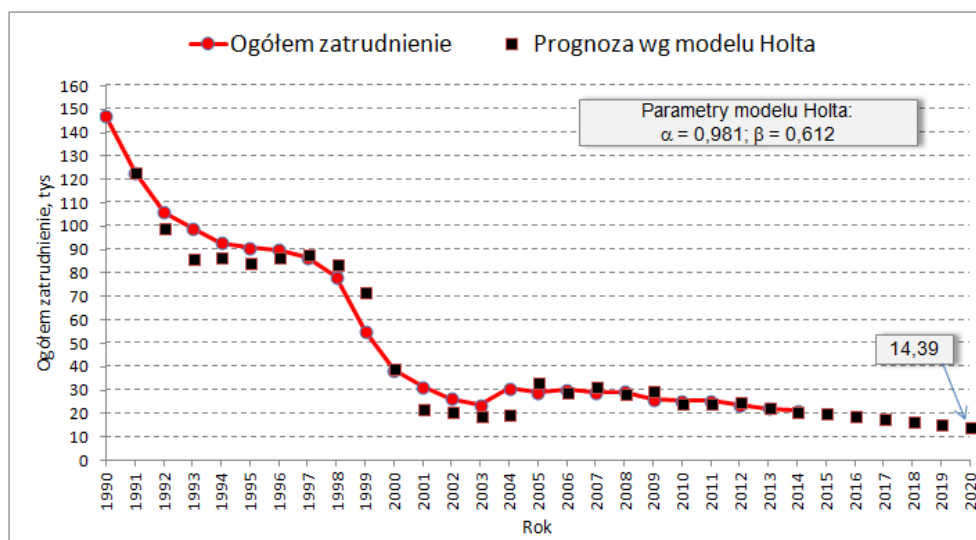
Prognozowanie zatrudnienia w przemyśle hutniczym  
metodą C.C. Holta

Okres	Rok	Ogółem zatrudnienie	F	S	y	$\frac{ y_i - \bar{y}_i }{x_i}$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
1	1990	147	147,00	-24,00			
2	1991	123	123,00	-24,00	123,00	0,00	0,00
3	1992	106	105,87	-19,80	99,00	0,07	47,16
4	1993	99	98,75	-12,04	86,07	0,13	160,96
5	1994	93	92,88	-8,27	86,72	0,07	38,01
6	1995	91	90,88	-4,44	84,61	0,07	39,26
7	1996	90	89,93	-2,30	86,44	0,04	12,17
8	1997	86,5	86,52	-2,98	87,63	0,01	1,23
9	1998	78,2	78,30	-6,19	83,54	0,07	27,46
10	1999	55,2	55,52	-16,34	72,12	0,31	275,39
11	2000	38,7	38,71	-16,63	39,19	0,01	0,23
12	2001	31,6	31,42	-10,92	22,08	0,30	87,18
13	2002	26,4	26,29	-7,38	20,50	0,22	33,46
14	2003	23,8	23,71	-4,44	18,91	0,21	23,01
15	2004	30,9	30,68	2,54	19,26	0,38	130,31
16	2005	29	29,08	0,01	33,22	0,15	17,12
17	2006	30,4	30,38	0,80	29,09	0,04	1,66
18	2007	28,9	28,94	-0,57	31,17	0,08	4,96
19	2008	29,4	29,38	0,05	28,38	0,03	1,01
20	2009	26,3	26,36	-1,83	29,43	0,12	9,42
21	2010	25,5	25,48	-1,25	24,53	0,04	0,91
22	2011	25,63	25,60	-0,41	24,23	0,05	1,88
23	2012	23,9	23,92	-1,19	25,19	0,05	1,61
24	2013	22,2	22,21	-1,51	22,74	0,02	0,28
25	2014	21,3	21,29	-1,15	20,70	0,03	0,35
26	2015	Prognoza			20,14	0,1042	6,175
27	2016	Prognoza			18,99	Ψ	RMSE*
28	2017	Prognoza			17,84		
29	2018	Prognoza			16,69		
30	2019	Prognoza			15,54		
31	2020	Prognoza			14,39		
<b>alfa</b>	<b>0,981</b>						
<b>beta</b>	<b>0,612</b>						

Źródło: Opracowanie własne na podstawie modelowania prognostycznego.

Wniosek ogólny: Prognoza *ex ante* (na lata 2015-2010) uzyskana zgodnie z metodą C.C. Holta wskazuje, że do 2020 roku nastąpi spadek zatrudnienia w sektorze hutniczym o około 7 tys. osób.

W najbliższych latach zatrudnienie w hutnictwie spadnie do poziomu 14,4 tys. osób (rys. 5). Prognoza ta pokrywa się z opinią ekspertów rynku o dalszej redukcji zatrudnienia w przedsiębiorstwach zaliczanych do sektora hutnictwa. Eksperci przewidują zatrudnienie na poziomie ponad 15 tys. osób.



Rys. 5. Prognozowanie zatrudnienia metodą C.C. Holta

Fig. 5. Prognosis by C.C. Holt method

Źródło: Opracowanie własne na podstawie modelowania prognostycznego.

### 3.3. Prognozowanie zmian w wielkości produkcji stali na 1 zatrudnionego

Zgodnie z modelem C.C. Holta minimalną wartość błędów prognoz wygasłych uzyskano dla parametrów:  $\alpha = 0,704$  i  $\beta = 0,377$ . Produkcja stali na 1 zatrudnionego w najbliższych latach będzie rosła (rys. 6). W 2020 rok na 1 zatrudnionego będzie przypadło 519,52 Mg stali (tabela 5).

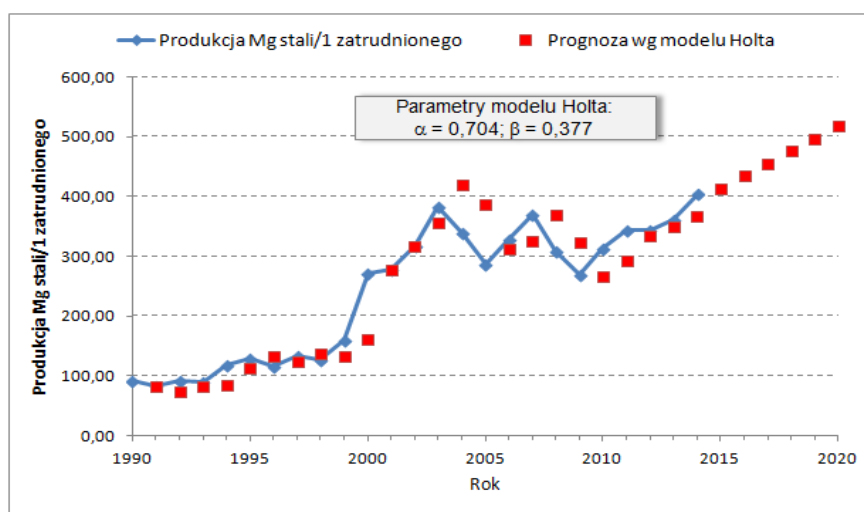
Wniosek ogólny: Prognoza *ex ante* (na lata 2015-2010) uzyskana metodą C.C. Holta wskazuje, że do 2020 roku nastąpi wzrost wydajności liczonej jako wielkość produkcji stali na 1 zatrudnionego. Prognozowany poziom 519,52 jest zgodny z tendencjami na europejskim i światowym rynku stali. Szacowany poziom wydajności na rynkach Wspólnoty to 570 Mg stali, a światowych nawet wyższy (hutnictwo japońskie uzyskuje wydajność na poziomie 700 Mg na 1 zatrudnionego).

Tabela 5

Prognozowanie wielkości produkcji stali na 1 zatrudnionego metodą C.C. Holta

Okres	Rok	Produkcja Mg stali/1 zatrudnionego	F	S	Model Holta	$\frac{ y_t - \hat{y}_t }{y_t}$	$(y_t - \hat{y}_t)^2$
1	1990	91,84	91,84	-8,10			
2	1991	83,74	83,74	-8,10	83,74	0,000	0,000
3	1992	92,45	87,47	-3,64	75,64	0,182	139,874
4	1993	89,90	88,10	-2,03	83,83	0,067	18,221
5	1994	118,28	108,73	6,51	86,07	0,272	513,486
6	1995	128,57	124,62	10,05	115,25	0,104	87,886
7	1996	115,56	121,22	4,98	134,67	0,165	180,869
8	1997	134,10	131,76	7,08	126,20	0,059	30,920
9	1998	126,60	130,23	3,83	138,84	0,097	74,135
10	1999	159,42	151,90	10,56	134,06	0,159	318,480
11	2000	271,32	239,05	39,43	162,46	0,401	5865,981
12	2001	278,48	278,48	39,43	278,48	0,000	0,000
13	2002	318,18	318,10	39,50	317,91	0,001	0,036
14	2003	382,35	375,02	46,07	357,61	0,065	303,137
15	2004	339,81	363,90	24,51	421,09	0,239	3270,175
16	2005	286,21	316,50	-2,60	388,41	0,357	5170,363
17	2006	328,95	324,49	1,39	313,90	0,046	112,057
18	2007	370,24	357,09	13,16	325,88	0,120	974,305
19	2008	309,52	327,52	-2,95	370,25	0,196	1825,331
20	2009	269,96	286,15	-17,44	324,57	0,202	1476,388
21	2010	313,73	300,38	-5,50	268,71	0,143	1002,855
22	2011	343,35	328,98	7,36	294,89	0,141	1162,538
23	2012	343,10	341,09	9,15	336,34	0,020	22,597
24	2013	360,36	357,36	11,83	350,24	0,028	50,664
25	2014	403,76	393,51	21,00	369,20	0,086	591,259
26	2015	Prognoza			414,51	0,1313	31,086
27	2016	Prognoza			435,51	Ψ	RMSE*
28	2017	Prognoza			456,51		
29	2018	Prognoza			477,52		
30	2019	Prognoza			498,52		
31	2020	Prognoza			519,52		
alfa	0,704						
beta	0,377						

Źródło: Opracowanie własne na podstawie modelowania prognostycznego.



Rys. 6. Prognozowanie wielkości produkcji stali na 1 zatrudnionego metodą C.C. Holta

Fig. 6. Prognosis of production per employer by C.C. Holt method

Źródło: Opracowanie własne na podstawie modelowania prognostycznego.

#### 4. Podsumowanie

Wykonane modelowanie prognostyczne przy użyciu metody C.C. Holta może być podstawą planowania strategicznego. Uwzględniając uzyskane wyniki prognostyczne, można zakładać nieznaczny wzrost produkcji stali (o około 300 ton) przy redukcji zatrudnienia do poziomu 14,4 tys. osób. Uzyskane prognozy pozwalają na wyższą wydajność mierzoną wielkością produkcji stali na 1 zatrudnionego. Rekomendacje do dalszych badań: w celu potwierdzenia prognoz zaleca się wykonanie modelowania przy użyciu innych metod (prognozowanie oparte na modelu liniowym, prognozowanie oparte na jednoparametrowym modelu wyrównania wykładniczego Browna czy prognozowanie oparte na modelu autoregresyjnym AR (1) i (1,4)).

#### Bibliografia

1. Aktywność gospodarowania w przemyśle w latach 1985-1990, GUS, Warszawa 1990.
2. Dittmann P.: Prognozowanie w przedsiębiorstwie, Metody i ich zastosowanie. Oficyna a Wolters Kluwer business, Kraków 2008.
3. Gajda B.: Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze. C.H. Beck, Warszawa 2001.
4. Gajdzik B.: Analiza zmian w poziomie zatrudnienia w hutnictwie w długim okresie. Kwartalnik Naukowy „Organizacja i Zarządzanie”, nr 2(30). Politechnika Śląska, Gliwice 2015.
5. Gajdzik B.: Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych. Politechnika Śląska, Gliwice 2013.
6. Gajdzik B., Sroka W.: Analytic study of the capital restructuring process in metallurgical enterprises around the World and in Poland. „Metalurgija”, Vol. 51, No. 2, 2012.
7. Garbarz B.: Postęp technologiczny w hutnictwie zgodny z zasadą zrównoważonego rozwoju. Prace Instytutu Metalurgii Żelaza, nr 3, 2008.
8. Gospodarka „Rynek pracy”, Z hut odeszło 127 tysięcy pracowników, 23 maja 2013. [www.ostrowiecka.pl/gospodarka/rynek-pracy/5713-z-hut-odeszlo-127-tysiecy-pracownikow](http://www.ostrowiecka.pl/gospodarka/rynek-pracy/5713-z-hut-odeszlo-127-tysiecy-pracownikow).
9. Kozicz J., Dzienniak S.: Problemy przemysłowych odbiorców gazu na przykładzie przemysłu stalowego. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice 2014, [www.hiph.org](http://www.hiph.org).
10. Polski przemysł stalowy. Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice 2015, [www.hiph.org](http://www.hiph.org).

11. Raport Zrównoważonego Rozwoju ArcelorMittal Poland, [www.arcelormittal.com](http://www.arcelormittal.com).
12. Snarska A.: Statystyka, Ekonometria, Prognozowanie. Placet, Warszawa 2005.
13. Sobczyk M.: Prognozowanie. Teoria, przykłady, zadania. Placet. Warszawa 2008.
14. World steel in figures 2015. World Steel Association, [worldsteel.org](http://worldsteel.org).